

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK EĞİTİMİ



SANAL GERÇEKLİK ORTAMINDA GEOMETRİ ÖĞRETİMİ

KIVANÇ TOPRAKLIKOĞLU

DOKTORA TEZİ

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Gülcan ÖZTÜRK (Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Ayşen KARAMETE
Doç. Dr. Hüseyin GÜNEŞ
Doç. Dr. Ahmet DELİL
Doç. Dr. Bülent Nuri ÖZCAN

BALIKESİR, ŞUBAT - 2025

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Kıvanç TOPRAKLIKOĞLU

ÖZET

**SANAL GERÇEKLIK ORTAMINDA GEOMETRİ ÖĞRETİMİ
DOKTORA TEZİ
KIVANÇ TOPRAKLIKOĞLU
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK EĞİTİMİ
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. GÜLCAN ÖZTÜRK)**

BALIKESİR, ŞUBAT - 2025

Bu çalışmanın amacı, 10. sınıf uzay geometri ünitesi katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına, geometri dersine ilişkin tutumlarına ve sanal ortamda buradalık algılarına etkisini incelemektir. Çalışmada ayrıca öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkındaki görüşleri belirlenmiştir. Araştırma yönteminin, karma yöntemler deneysel araştırmaları olarak benimsendiği bu araştırmanın nicel kısmında statik grup ön test-son test deneysel desen kullanılmıştır. Nitel kısmında ise durum çalışması deseni benimsenmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında Balıkesir ilinin bir ilçesinde bulunan bir Anadolu lisesinde öğrenim gören 30 ortaöğretim 10. sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Çalışmanın nicel verileri, Geometri Başarı Testi, Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği ve Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği ile toplanmıştır. Nitel veriler ise yarı yapılandırılmış görüşmelerle elde edilmiştir. Nicel verilerin analizinde karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi ve kovaryans analizi kullanılmıştır. Nitel veriler, içerik analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Nicel verilerin analizi sonucunda, öğrencilerin; geometri başarı testi puanlarının deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı ve deneysel etki düzeyinin yüksek olduğu, Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği puanlarının deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olmadığı, Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği ön test puanları ile son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ancak deney ve kontrol gruplarının puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Nitel verilerin analizi sonucunda, öğrencilerin öğretim süreci hakkında olumlu görüşler belirttikleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak geometri öğretimi gerçekleştirilmesine yönelik farklı araştırmalar yapılması konusunda önerilerde bulunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Sanal gerçeklik, Metaverse, öğretim tasarımı, matematik eğitimi, geometri öğretimi, uzay geometri, katı cisimler, prizmalar

ABSTRACT

TEACHING GEOMETRY IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

PH. D THESIS

KIVANÇ TOPRAKLIKOĞLU

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION

MATHEMATICS EDUCATION

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. GÜLCAN ÖZTÜRK)

BALIKESİR, FEBRUARY - 2025

This study aims to examine the effect of using a Metaverse application in a virtual reality environment on students' geometry achievement, geometry attitudes and perceptions of virtual reality presence in teaching the 10th grade subject "solid geometry". It also reveals students' views on teaching geometry with a Metaverse application in a virtual reality environment. Adopting mixed methods experimental research, the quantitative part applied static group pretest-posttest experimental design. The qualitative part adopted case study design. The study group involves 30 Anatolian high school students in grade 10th in Balıkesir during the 2023-2024 academic year. Quantitative data were collected with Geometry Achievement Test, Geometry Attitude Scale and Virtual Environment Presence Scale. Qualitative data were obtained from semi-structured interviews. Two-way analysis of variance with repeated measures and analysis of covariance were applied for quantitative data and content analysis method was used for qualitative data. Quantitative data analysis revealed that experimental and control groups' Geometry Achievement Test scores were significantly different and experimental effect level was high. Regarding Geometry Attitude Scale scores, no statistically significant difference was detected between experimental and control groups. Concerning the Virtual Environment Presence Scale, while a significant difference between the pre-test and post-test scores was detected, no statistically significant difference was found between experimental and control groups' scores. Qualitative data analysis revealed students' positive opinions on teaching geometry using a Metaverse application in a virtual reality environment. Finally, suggestions were made for further research on teaching geometry using a Metaverse application in a virtual reality environment.

KEYWORDS: Virtual reality, Metaverse, instructional design, mathematics education, teaching geometry, solid geometry, solid objects, prisms

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Durumu.....	2
1.1.1 Geometri ve Uzamsal Düşünme Becerilerinin Önemi.....	2
1.1.2 Öğretimde Soyut Kavramların Anlaşılma Güçlüğü.....	4
1.1.3 Teknolojinin Eğitimdeki Evrimi ve Sanal Gerçeklik.....	7
1.1.4 Metaverse ve Eğitim: Geleceğin Öğrenme Ortamları.....	8
1.1.5 Metaverse’ün Sanal Gerçeklik Teknolojisiyle İlişkisi	11
1.2 Araştırmanın Amacı.....	12
1.3 Araştırmanın Önemi.....	13
1.4 Problem Cümlesi.....	15
1.5 Alt Problemler.....	16
1.6 Sayıtlar.....	16
1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları	17
1.8 Tanımlar	17
2. KURAMSAL MODELLER VE ALANYAZIN TARAMASI	18
2.1 Çalışmaya Yön Veren Kuramsal Modeller	18
2.1.1 SAMR Modeli.....	19
2.1.2 TPACK Çerçevesi.....	20
2.1.3 Teknoloji Kabul Modeli	21
2.1.4 APIL Kuramı.....	23
2.1.5 VRID Modeli	23
2.1.6 Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı Modeli	25
2.1.7 ADDIE Modeli.....	26
2.1.8 Yenilenmiş Bloom Taksonomisi.....	28
2.1.8.1 Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin Boyutları.....	29
2.1.9 Edgar Dale’in Yaşantı Konisi	32
2.2 Alanyazın Taraması	34
2.2.1 Öğretimde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar	34
2.2.2 Matematik Öğretiminde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar.....	39
2.2.3 Öğretimde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar	42
2.2.4 Matematik Öğretiminde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar	45
3. YÖNTEM	49
3.1 Araştırma Yaklaşımı ve Paradigması.....	49
3.2 Araştırma Deseni	49
3.3 Araştırmanın Katılımcıları	52
3.4 Sanal Gerçeklik Ortamında Metaverse Uygulaması ile Öğretim Süreci	54

3.4.1 Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi için Metaverse Uygulaması Geliştirme.....	54
3.4.1.1 Analiz	54
3.4.1.1.1 Metaverse Uygulaması için Uygun Cihaz Seçimi.....	56
3.4.1.1.2 Metaverse Uygulaması Geliştirme Yazılımı Seçimi	57
3.4.1.2 Tasarım.....	59
3.4.1.3 Geliştirme	60
3.4.1.4 Uygulama	62
3.4.1.5 Değerlendirme	63
3.4.2 Metaverse Uygulaması ile Deney Grubunda Öğretimin Gerçekleştirilmesi.....	63
3.5 Veri Toplama Araçları	72
3.5.1 Kişisel Bilgi Formu.....	72
3.5.2 Geometri Başarı Testi	72
3.5.3 Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği.....	76
3.5.4 Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği	77
3.5.5 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu	77
3.6 Etik	78
3.7 Verilerin Analizi	78
3.8 Geçerlik ve Güvenirlik.....	80
4. BULGULAR VE YORUMLAR	82
4.1 Birinci Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar.....	82
4.2 İkinci Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar.....	86
4.3 Üçüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar	91
4.4 Dördüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar.....	96
5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	128
5.1 Birinci Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma.....	128
5.2 İkinci Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma.....	129
5.3 Üçüncü Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma.....	131
5.4 Dördüncü Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma.....	133
5.5 Öneriler	138
6. KAYNAKLAR	139
EKLER	167
EK A: Kişisel Bilgi Formu	167
EK B: Geometri Başarı Testi.....	168
EK C: Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği.....	171
EK D: Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği.....	172
EK E: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu.....	176
EK F: Etik Kurul Onayı.....	177
EK G: Milli Eğitim Müdürlüğü Araştırma İzni.....	179
ÖZGEÇMİŞ	181

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: SAMR modeli (Hamilton vd., 2016)	19
Şekil 2.2: TPACK çerçevesi (Schmidt vd., 2008)	20
Şekil 2.3: Teknoloji Kabul Modeli (Vankatesh ve Bala, 2008).....	22
Şekil 2.4: VRID modeli (Chen, 2009)	24
Şekil 2.5: Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı modeli (Tepe, 2021)	25
Şekil 2.6: ADDIE modeli (Grafinger, 1988'den aktaran Molenda, 2015)	27
Şekil 2.7: Orijinal ve yenilenmiş Bloom taksonomileri (Wilson, 2001)	30
Şekil 2.8: Edgar Dale'in Yaşantı Konisi (Dale, 1969)	32
Şekil 3.1: Araştırma prosedürü diyagramı	51
Şekil 3.2: Üç boyutlu modellerin Tinkercad ekran görüntüsü	61
Şekil 3.3: Öğrencilerin uyum eğitimi fotoğrafı	65
Şekil 3.4: Birim küp etkinliğine ait uygulama içi görüntüsü	66
Şekil 3.5: Dikdörtgen prizmaların alan ve hacim hesaplamalarını içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü	67
Şekil 3.6: Piramit hacmini hesaplamayı içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü.....	68
Şekil 3.7: Küp açınımı etkinliğine ait uygulama içi görüntü	69
Şekil 3.8: Hacmin korunumu ile ilgili etkinliğe ait uygulama içi görüntü.....	70
Şekil 3.9: Öğrencilerin geliştirilen Metaverse uygulamasını kullanırken fotoğrafı-1	71
Şekil 3.10: Öğrencilerin geliştirilen Metaverse uygulamasını kullanırken fotoğrafı-2	71
Şekil 4.1: GBT puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği.....	84
Şekil 4.2: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda GBT puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği	86
Şekil 4.3: GDİTÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği	89
Şekil 4.4: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda GDİTÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği	91
Şekil 4.5: SOBÖ'ye ait varyans analizi görsel sonuçları	93
Şekil 4.6: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda SOBÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği	95
Şekil 4.7: Birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar.....	96
Şekil 4.8: Birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler.....	97
Şekil 4.9: İkinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	98
Şekil 4.10: İkinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	99
Şekil 4.11: Üçüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	101
Şekil 4.12: Üçüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	102
Şekil 4.13: Dördüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar.....	103
Şekil 4.14: Dördüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler.....	104
Şekil 4.15: Beşinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar.....	105
Şekil 4.16: Beşinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler.....	106
Şekil 4.17: Altıncı görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar.....	107
Şekil 4.18: Altıncı görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	108
Şekil 4.19: Yedinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	109
Şekil 4.20: Yedinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	110
Şekil 4.21: Sekizinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	112
Şekil 4.22: Sekizinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler.....	113
Şekil 4.23: Dokuzuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	114
Şekil 4.24: Dokuzuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler ..	115

Şekil 4.25: Onuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	117
Şekil 4.26: Onuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	118
Şekil 4.27: On birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar	119
Şekil 4.28: On birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler	120
Şekil 4.29: On ikinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar.....	121
Şekil 4.30: On ikinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler.....	122

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Statik grup ön test-son test deseni	52
Tablo 3.2: Katılımcıların demografik özellikleri	53
Tablo 3.3: Test geliştirme sürecinde izlenen adımlar	73
Tablo 3.4: Katı cisimler konusuna ait kazanımlar tablosu	74
Tablo 3.5: Geometri başarı testi soru havuzunda bulunan maddelerin belirtke tablosu	74
Tablo 3.6: Deney ve kontrol gruplarının ön test- son test fark puanları Shapiro Wilk testi sonuçları	79
Tablo 3.7: GBT, GDİTÖ ve SOBÖ'ye ait ölçümlerin güvenilirlik katsayıları.....	80
Tablo 4.1: GBT puanlarına ait betimsel istatistikler	82
Tablo 4.2: GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları	82
Tablo 4.3: GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA sonuçları.....	84
Tablo 4.4: GDİTÖ puanlarına ait betimsel istatistikler.....	87
Tablo 4.5: GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları	87
Tablo 4.6: GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA sonuçları.....	89
Tablo 4.7: SOBÖ puanlarına ait betimsel istatistikler	91
Tablo 4.8: SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi sonuçları	92
Tablo 4.9: SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler kovaryans analizi sonuçları	94
Tablo 4.10: Birinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	98
Tablo 4.11: İkinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	100
Tablo 4.12: Üçüncü görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	102
Tablo 4.13: Dördüncü görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	104
Tablo 4.14: Beşinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	106
Tablo 4.15: Altıncı görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	108
Tablo 4.16: Yedinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	111
Tablo 4.17: Sekizinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	113
Tablo 4.18: Dokuzuncu görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	116
Tablo 4.19: Onuncu görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	118
Tablo 4.20: On birinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema	120
Tablo 4.21: On ikinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema.....	123

KISALTMALAR LİSTESİ

ADDIE	: Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation
ANCOVA	: Kovaryans Analizi
ANOVA	: Varyans Analizi
APIL	: Actioned Pedagogy for Immersive Learning
COVID-19	: Coronavirus Disease 2019
GBT	: Geometri Başarı Testi
GDİTÖ	: Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği
HMD	: Head-Mounted Display
KGİ	: Kapsam Geçerlilik İndeksi
KGO	: Kapsam Geçerlilik Oranı
NCTM	: National Council of Teachers of Mathematics
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
O₁	: 1. Ölçüm
O₂	: 2. Ölçüm
O₃	: 3. Ölçüm
O₄	: 4. Ölçüm
SAMR	: Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition
SOBÖ	: Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği
STEAM	: Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics
TPACK	: Technological Pedagogical Content Knowledge
VRID	: Virtual Reality Instructional Design

ÖNSÖZ

Gerçek nedir? On binlerce yıldır cevabını aradığımız, bulamadıkça yeni gerçeklikler yaratma arzumuzu tetikleyen o soru... Olası cevapların tümü bir yana, daha ne olduğunu bilemediğimiz ancak üzerinde yol aldığımız çemberin başlangıç noktasını bulmayı isterken kendi gerçekliğimizi yaratmaya devam ediyoruz. Mavi ya da kırmızı... Hangisinin gerçek olduğunu bilmesem de kendi geçekliğim için büyük adım sayılabileceğini düşündüğüm bu çalışmam, umuyorum ki ilerleyen yıllarda çok sayıda bilim insanı için büyük öneme sahip çalışmaların ortaya çıkmasında küçük bir adım olur.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde çok küçük olsa dahi bir dokunuşa sahip olan herkese teşekkür etmek istesem de en büyük teşekkürü sayın hocam, danışmanım, lisans ve lisans sonrası her süreçte yanımda olan Doç. Dr. Gülcan ÖZTÜRK için ayırıyorum. Bugüne kadar öğrencisi olduğum, bugünden sonra da “her zaman öğrencisi olarak kalacak bir çalışma arkadaşı” olacağım için gurur duyuyorum ve kendimi çok şanslı hissediyorum.

Bu çalışmanın yürütülmesinde emeklerini esirgemeyen ve zorlu geçen zamanlarımda anlayışlarıyla yanımda olan çok sevdiğim hocam Doç. Dr. Ayşen KARAMETE'ye ve Doç. Dr. Hüseyin GÜNEŞ'e çok teşekkür ederim. Çalışmanın birden fazla aşamasında desteklerini aldığım Prof. Dr. Gürhan DURAK'a ve okul öncesi öğretmenlerimden lisansüstü dersler aldığım öğretmenlerime kadar başta annem Nurten TOPRAKLIKOĞLU olmak üzere emek veren tüm öğretmenlerime çok teşekkür ederim. Tezi değerlendirmiş olan jüri üyeleri Doç. Dr. Ahmet DELİL ve Doç. Dr. Bülent Nuri ÖZCAN'a, sarf ettikleri emekleri için çok teşekkür ederim. Etik kaygılardan dolayı isimlerini veremediğim, çalışmayı gerçekleştirdiğimiz öğrencilere ve desteklerini esirgemeyen bilişim teknolojileri öğretmenleri ile okul idarecilerine, yabancı dil bilgisiyle çalışmanın gerçekleşmesinde önemli yardımları olan Güzin BOZKURT'a, çalışma temposunu yoğunlaştırarak tez çalışmamda vakit ayırmamda önemli desteği olan çalışma arkadaşım Emine BAYATA'ya, Daire Başkanımız İbrahim TUNÇTÜRK'e ve tez çalışmamda bana yardım edebilmek ümidiyle ellerinden gelen bir şey olup olmadığını soran tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Yaşamımdaki yerlerini ve benim için ne anlam ifade ettiklerini anlatmak için söyleyeceğim her şey az kalacağından, sadece kalbimin en derinindeki şükürlerimi sunabileceğim ailem Nurten TOPRAKLIKOĞLU, Mehmet TOPRAKLIKOĞLU, Yılmaz TOPRAKLIKOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim. Çalışmamı, doktora eğitimime başlarken yanımda olan ancak bitirdiğimi görmeye ömrü vefa etmeyen babama adıyorum.

Balıkesir, 2025

Kıvanç TOPRAKLIKOĞLU

1. GİRİŞ

Matematik; niceliklerin, yapıların, uzayın ve değişimin incelenmesini kapsayan geniş bir disiplindir. Sayılar, semboller ve mantıksal akıl yürütme kullanılarak desenleri, ilişkileri ve nicel bilgileri analiz etme ve anlama süreçlerini içerir (Nasution vd., 2022). Geometri, matematiksel yapılar ve bunların uzayda temsil edilen ilişkileri üzerine bir disiplindir (Friedman, 1995). Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) (2000), geometriyi “şekil ve uzay çalışmaları bütünü” olarak tanımlamıştır. Geometri, yalnızca büyük çeşitliliği ve kapsamı nedeniyle değil, aynı zamanda görsel sunumlar, bilgisayar animasyonu, sanal gerçeklik, tıp, robotik, geometrik modelleme ve bilgisayar destekli tasarım gibi pratik uygulamaları nedeniyle de son derece zengin bir bilgi alanıdır.

Geometrinin önemi ve popüleritesine rağmen, geometri öğretimi ve öğrenimiyle ilgili birçok zorluk vardır ve araştırmalar, öğrencilerin çoğunun geometri öğreniminde güçlük yaşadığını belirtmektedir (Sutiarso vd., 2018; Wahab vd., 2016). Ayrıca araştırmalar geometrinin hem öğrencilerin öğrenmekte zorlandığı hem de öğretmenlerin öğretmekte zorlandığı soyut ve karmaşık bir matematik bileşeni olduğunu ortaya koymaktadır (Gambari vd., 2014).

NCTM (2000) raporunda, geometri öğretiminde üç boyutlu geometrik cisimlerin kullanımına önem verilmesi ve öğrencilere uzamsal becerilerini geliştirebilecekleri olanaklar sunulması gerektiği vurgulanmıştır. Üç boyutlu cisimler geleneksel öğretim ortamlarında, iki boyutlu bir düzleme sahip olan ders kitapları ve yazı tahtaları üzerinde temsil edildiğinden, statik bir görünüme sahiptir. Öğrenciler bu tür çizimlerle üç boyutlu cisimleri algılamakta zorluk yaşamakta ve ilerleyen yıllarda üç boyutlu düşünme becerilerinde eksiklikler yaşamaktadırlar (Accascina ve Rogora, 2006). Bunun bir sonucu olarak geometrik cisimler ve hacim hesaplamaları gibi üç boyutlu düşünme yeteneğinin gerekli olduğu konuların öğrenilmesinde zorluklar yaşanmaktadır (Accascina ve Rogora, 2006; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021).

Eğitim teknolojisindeki geniş çaplı değişimlerden etkilenen sosyal alanlar, fen alanları ve matematik eğitimi alanındaki geometri öğretiminin dönüşümü dikkat çekmektedir. COVID-19 pandemisiyle birlikte geometri öğretiminde teknoloji destekli öğretim ortamlarını ve çevrimiçi öğrenmeyi desteklemek için bir ihtiyaç oluşmuştur (Naidoo, 2022). Eğitimde

yenilikçi ve dijital teknolojilerin kullanımıyla öğretme, öğrenme ve araştırma süreçlerinin daha yenilikçi, yaratıcı ve verimli yöntemlerle yürütülmesi fırsatı doğmuştur (Truong ve Diep, 2023). Ayrıca dijital teknolojilerin eğitim ve öğretimde kullanımı, öğrencilerin modern dijital yeterlilikleri edinmesi için gerekli bir bileşen olarak görülmektedir (Salynskaya ve Yasnitskaya, 2022).

Öğretimde dijital teknolojilerin kullanımı, son yıllarda öğretim ve öğrenme alanlarında yenilikçi yaklaşımlara zemin hazırlayarak öğretim ortamlarını yenileyici ve dönüştürücü bir güç olmuştur. Dijital teknolojilerdeki hızlı ilerlemeler ve sanal gerçeklik uygulamalarının ortaya çıkışı, eğitim ve öğretim ortamlarını önemli ölçüde etkilemiştir (Lampropoulos ve Keramopoulos, 2022; Lvov ve Popova, 2019; Natale vd., 2020; Rashid vd., 2021; Serin, 2020).

Sanal gerçeklik teknolojisi, üç boyutlu ortamlar yaratma yeteneği ile çeşitli disiplinlerde öğrenme deneyimini geliştirme konusunda büyük bir potansiyel taşımaktadır (Buchori vd., 2022; Su vd., 2022; Vesisenaho vd., 2019). Geometri öğretiminde sanal gerçeklik kullanımı, öğrencilerin sanal geometrik cisimlerle etkileşimde bulunmasına ve bu cisimleri manipüle etmesine olanak tanır. Bu sayede öğrenciler, geometrik ilişkiler ve soyut kavramlar hakkında daha derin bir anlayış geliştirebilirler (Natale vd., 2020; Schmid, 2023; Su vd., 2022).

Günümüzde geometri gibi görselleştirmeye yatkın konuların öğretiminde çok sık olmasa da artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri kullanılmaktadır (Rashevskaya vd., 2020). Ancak geometri dersinde kalıcı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için etkileşimli etkinliklerin öğrencilere uygun ortamlarda, mekanlarda ve zamanlarda uygulanması gerekmektedir (Kerpiç ve Bozkurt, 2011). İzleyen bölümde sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi konusunda alanyazına dayalı bilgilerle birlikte çalışmanın problem durumu verilmiştir.

1.1 Problem Durumu

1.1.1 Geometri ve Uzamsal Düşünme Becerilerinin Önemi

Jones (2000), matematikteki birçok modern gelişmenin büyük ölçüde geometrideki gelişmelere bağlı olduğunu belirtmiştir. Sembolik olanı geometriye dönüştürme sanatı olan matematiksel görselleştirme alanı ve matematiğin ana alanlarıyla yakından ilişkili bir disiplin olan dinamik sistemler üzerindeki çalışmalar, bu gelişmelere örnek gösterilebilir. Matematik ve geometrideki gelişmelerin devam edebilmesi için okullarda geometri

öğrenimine daha fazla önem verilmesi teşvik edilmektedir (Septia vd., 2018). Öğrencilerin görsel düşünme becerilerini geliştirmek, matematikle ilgili diğer alanlardaki problemlerin çözümüne yardımcı olmak, soyutlama sorunları yaşayan öğrencilere destek sağlamak ve dünyanın form ve uzaydan oluştuğunu kavramalarına yardımcı olmak için geometri öğretimi, matematik ders programına dahil edilmiştir ve okullarda öğretilmektedir (Anwar, 2022; Kilicoglu, 2020).

Dünya genelinde birçok ülkede, ders programlarına geometrinin dahil edilmesindeki amaç, öğrencilerin problem çözüme, görselleştirme, sezgi, eleştirel düşünme, perspektif, varsayımda bulunma, mantıksal tartışma, tümdengelimsel akıl yürütme ve kanıt üretme becerilerini geliştirmelerini sağlamaktır (Huang, 2016). Ayrıca okullarda geometri öğretiminin amacı, öğrencilerin görselleştirme becerileri geliştirmeleri, uzamsal yeteneklere ve geometrik modelleme becerilerine sahip olmaları ve bu becerileri problem çözmek için kullanmalarınıdır (NCTM, 2000).

Öğrencilerin iki boyuta sahip düzlemlerde temsil edilen üç boyutlu cisimleri tam olarak algılayamaması, geometri öğretimindeki zorlukların ve başarısızlıkların önemli nedenlerinden biridir ve bu nedenle öğrenciler küçük yaşlardan itibaren yeterli görselleştirme becerisi edinmemektedirler (Accascina ve Rogora, 2006; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021). Bu sorunun üstesinden gelebilmek için, teknolojik araçlardan öğrenme amacıyla yararlanılarak öğrencinin öğretim sürecinin merkezinde yer aldığı bir öğretim yaklaşımı benimsenmesi gereklidir. Ayrıca geometri öğretiminde kâğıt ve kalemle yapılan iki boyutlu çalışmalar yerine, somut nesnelere ve üç boyutlu ortamda oluşturulacak üç boyutlu cisimler üzerinde uygulamalı etkinliklere ağırlık verilmesi önerilmektedir (Çetintav, 2023; İbili ve Şahin, 2015).

Öğretim ortamlarında teknoloji kullanımı giderek artmaktadır. Okullarda yazı tahtası kullanılarak da olsa bilgisayar ya da akıllı mobil cihazlar kullanılarak da olsa geometrik cisimler iki boyutlu düzlem üzerinde gösterilmektedir. Üç boyutlu cisim üç boyutlu ortamda görmenin ve tanımanın en iyi bilinen yolu somut nesnelere ile öğretim olabilir (İbili ve Şahin 2013). Ancak her boyuttaki her geometrik cisim için somut nesne tedarik etmek neredeyse imkânsızdır. Uzay geometri, katı cisimler ve diğer geometrik cisimlerin alan ve hacimlerinin hesabı gibi üç boyutlu cisimlerin doğru algılanması ve uzamsal yeteneğin kullanılmasını gerektiren konuların iki boyutlu düzlem üzerinde öğrenilmesi oldukça zordur

(Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021). Öğretim ortamlarındaki üç boyuta sahip silindir, koni ve prizmalar gibi cisimlerin iki boyuta sahip düzlem üzerindeki etkileşimli olmayan gösterimleri, öğrencilerin üç boyutlu cisimleri algılamasında ve bu cisimlerin özelliklerini öğrenmesinde zorlanmalarına ve yanlış öğrenmelere neden olabilmektedir (Accascina ve Rogora, 2006).

1.1.2 Öğretimde Soyut Kavramların Anlaşılma Güçlüğü

Matematik ve geometri gibi soyut temellere dayanan disiplinlerde soyut kavramların anlaşılmasındaki zorluk, her zaman karşılaşılan bir sorun olmuştur. Bu zorluk, soyut kavramların öğretilmesindeki süreçleri önemli ölçüde etkilemektedir. Birçok çalışma, soyut kavramların öğrenilmesiyle ilgili zorluğu inceleme konusu yapmış ve soyut kavramların somutlaştırılması yoluyla öğrenimin kolaylaştırılmasına dair önerilerde bulunmuştur (Gadanidis, 2017; Tran vd., 2020; Uyen, vd., 2021; Veith vd., 2022).

Tran vd. (2020) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, öğretmenler genellikle matematik dersinde içeriğin fazla sayıda soyut kavram içermesi nedeniyle, bu konuları ve teoremleri öğretmekte zorluk yaşamaktadır. Benzer şekilde Veith vd. (2022), soyut cebir öğretimi sürecinde öğrencilerin, soyut fikirleri anlamada zorluklar yaşadığını vurgulamışlardır. Soyut kavramları anlamada karşılaşılan bir diğer zorluk ise görsel modellerin ve temsillerin eksikliğidir. Gadanidis (2017), soyut kavramları somutlaştırmanın öğrencilerin karmaşık problemleri ve ilişkileri kavramalarına yardımcı olabileceğini, bilgi ve detayların sadeleştirilmesinin bu süreçte önemli olduğunu ifade etmiştir.

Soyut kavramların öğretilmesindeki temel zorluklardan biri, öğrencilerin bu fikirleri kavramalarında ve görselleştirmelerinde karşılaştığı zorluklardır. Geometri konularında öğrencilerin karşısına çıkan soyut kavramlar, öğrencilerin kolayca ilişki kurabileceği somut fiziksel temsillere genellikle sahip değildir (Nurrahmah vd., 2021; Yılmaz ve Argün, 2018). Bu durum, teorik bilgi ile kavramların pratik uygulamaları arasında bir kopukluğa yol açarak öğrenme sürecini engelleyebilir.

Bu zorluğu aşmak için araştırmacılar, soyut kavramların öğretiminde görsel yardımcıları ve somutlaştırmayı kolaylaştıran dijital teknolojilerin öğretim ortamlarında kullanılmasının önemini vurgulamışlardır (Bakar, 2023). Bilgisayar destekli dinamik geometri yazılımlarının ve dijital görselleştirme teknolojilerinin kullanılması, öğrencilerin soyut

kavramları daha ilişkilendirilebilir bir şekilde anlamalarına yardımcı olarak soyut kavramları kavramalarını sağlamaktadır (Bakar, 2023).

Soyut kavramların öğretimindeki zorlukları aşma çabaları, öğretmenlerin yenilikçi öğretim teknolojilerini ve sanal gerçeklik gibi dijital teknolojileri kullanma konusundaki sınırlı deneyimlerine ve yetersiz isteklerine takılabilir. Öğretmenler, dijital teknolojileri ve alternatif yaklaşımları geometri öğretiminde etkili bir şekilde kullanma konusunda gerekli beceri, istek ve özgüvenden yoksun olurlarsa bu durum öğrencilerin soyut kavramları kavrayabilme yeteneklerini engelleyebilir (Permatasari ve Andayani, 2021). Bu engeli ortadan kaldırmak için araştırmacılar, öğretmenlere sanal gerçeklik gibi yenilikçi öğretim teknolojilerini kullanma konusunda mesleki gelişim fırsatları sunmanın önemini vurgulamışlardır (Gokbulut ve Durnali, 2023; Mystakidis, 2021; Nelson ve Ahn, 2018). Sanal gerçeklik gibi yenilikçi öğretim teknolojilerini kullanma konusunda öğretmenleri gerekli beceri ve bilgilerle donatmak, özellikle matematik ve geometri konularındaki soyut kavramların öğretimini ve öğrenimini kolaylaştırabilir (İbili, 2013).

Geometri öğretiminde soyut kavramların ve uzamsal yetenek gerektiren konuların öğretilmesi, öğrencilerin soyut kavramları görselleştirme ve anlama konusunda zorluklar yaşaması nedeniyle uzun zamandır öğretmenler için uğraş gerektiren bir konu olmuştur (Mystakidis, 2021). Ancak sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerindeki hızlı ilerlemeler, geometri öğretiminde soyut kavramlar ve uzamsal yetenek gerektiren konularla ilgili öğrenme deneyimini geliştirmek için umut verici çözümler sunmaktadır (Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2023a, 2023b).

Sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin soyut geometri kavramlarını öğretmedeki temel avantajlarından biri, öğrencilerin sanal nesnelere etkileşime girmelerini ve onları manipüle etmelerini sağlayan, sürükleyici üç boyutlu ortamlar yaratabilmeleridir (Moral Sanchez ve Siller, 2022; Pahmi, vd., 2023; Tai, 2023). Etkileşimli ve görsel olarak ilgi çekici sanal ortamlar, öğrencilerin geometrik cisimlerin özelliklerini, dönüşümlerini ve bağıntılarını daha derinlemesine anlamalarına yardımcı olabilir (Nicolas ve Trgalova, 2019). Metaverse'ün öğretim teknolojisi olarak kullanılması, öğrencilere keşfetme, deneme ve iş birliği yapmak için sanal bir alan sunarak yaratıcılıklarını ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine zemin hazırlayabilir (Pahmi vd., 2023). Metaverse'ün geometri öğretiminde araç olarak kullanılması sayesinde öğretmenler, öğrencilerin farklı öğrenme stillerine ve

öğrenme hızlarına uygun, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturabilirler (Díaz vd., 2020; Kongpha ve Chatwattana, 2023).

Sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin geometri öğretiminde başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için öğretmenlerin dijital teknolojileri kullanma konusunda gerekli beceri ve bilgiye sahip olması, öğrencilerin ihtiyaçlarına cevap verebilmesi ve rehberlik edebilmesi gerekmektedir (Rahman vd., 2023; Zega, 2023). Bunun için öğretmenlere yenilikçi teknolojileri kullanabilmelerini amaçlayan kapsamlı ve iyi planlanmış eğitimler verilmeli ve öğretmenler bu konuda desteklenmelidir (Sapliyan, 2023; Yılmaz ve Coşkun Şimşek, 2023). Halihazırda var olan öğretim ortamlarından Metaverse ortamına geçiş süreci düşünüldüğünde öğrencilerin, öğretmenlerin ve yöneticilerin gerekli bilgi ve rehberlik yeteneklerine sahip olmaları çok önemlidir (Kuş, 2021). Yöneticilerin ve öğretmenlerin yenilikçi öğretim ortamlarına ve araçlarına karşı önyargılı yaklaşımları, yeni teknolojilerin kullanımına karşı direnç göstermeleri, teknoloji okur yazarlıklarında ve teknoloji kullanımlarında karşılaşılabilecek bilgi veya deneyim eksiklikleri, öğretim açısından problemlere yol açabilir (Uzun Hazneci, 2019). Öğretmenlerin Metaverse’te öğretim ortamları oluşturmak için gerekli bilgiye sahip olmamaları, öğrencilerin pedagojik ihtiyaçlarının ve ders içeriklerinin üç boyutlu sanal uygulamalara uyarlanmasının tam anlamıyla planlı bir şekilde gerçekleşmemiş olması, öğrencilerin Metaverse’te öğretim süreçlerine odaklanmasının kolaylıkla kontrol edilememesi gibi sorunlar, Metaverse’teki öğretim ortamlarıyla ilgili çözülmesi gereken potansiyel sorunlardır (Kye vd., 2021).

Kullanıcı dostu ve pedagojik olarak uygun olan sanal gerçeklik ve Metaverse tabanlı öğrenme ortamlarının geliştirilmesi önemlidir (Michos ve Hernández Leo, 2020). Araştırmalar, Metaverse gibi sanal öğrenme alanlarının, iş birliği yaparak öğrenmeye imkân veren bir yapıda olmasının, oyunlaştırılmasının ve ülkenin eğitim ilkeleriyle uyumlu olacak şekilde tasarlanmasının önemli olduğunu göstermektedir (Eşin ve Özdemir, 2022; Jovanović ve Milosavljević, 2022). Öğretmenler, Metaverse teknolojisinin sürükleyici, etkileşimli ve iş birlikli doğasından yararlanarak geometrideki soyut kavramların öğrenilmesinde ortaya çıkan engelleri aşabilirler. Sanal gerçeklik teknolojisinin bağıntıları görselleştirme imkânı sunan ve uzamsal görselleştirmeyi artıran özelliklerini kullanan öğretmenler, öğrencilerin geometri konularını daha derinlemesine anlamalarına yardımcı olabilir ve onların öğrenme deneyimlerini geliştirebilirler (Fernández, 2017).

1.1.3 Teknolojinin Eğitimdeki Evrimi ve Sanal Gerçeklik

Teknolojinin eğitim ve öğretim ortamlarında kullanılması, öğrencileri teknoloji odaklı bir geleceğe hazırlamada büyük önem taşımaktadır (Htet, 2023). Yapay zekâ, büyük veri, blok zinciri ve sanal gerçeklik gibi dördüncü sanayi devrimini şekillendiren kritik teknolojilerin eğitim ve öğretim ortamlarında benimsenmesi, eğitim sisteminde yenilikçi değişikliklere yol açmıştır (Shenkoya ve Kim, 2023). Bu değişim, öğrenme ortamlarının kişiselleştirilmesine ve öğretimde öğrenci odaklı deneyimlere odaklanılabilmesine imkân tanımıştır (Kuzu, 2020).

Gelişmiş teknolojilerin öğretim ortamlarına entegrasyonu son yıllarda fazlaca çalışılan bir konu olmasının yanında, COVID-19 pandemisinin getirdiği kısıtlamalar sonucunda öğretim teknolojileri daha hızlı bir biçimde öğretim süreçlerine entegre edilmeye başlanmıştır (Fandir, 2024). Ayrıca öğrenme yönetim sistemleri, sanal gerçeklik teknolojisi ve iş birlikli web araçlarının geliştirilmesi, öğretimin sınırlarını yeniden tanımlamış ve fiziksel öğretim ortamlarının ötesine geçerek, öğrenci ve öğretmenlerin uzaktan bağlantı kurabilmelerini sağlamıştır (Hassan, 2023).

Matematik öğretimine teknoloji entegrasyonu birçok ülke için önemli bir araştırma konusu olmuştur (Attard vd., 2020; Filiz ve Güneş, 2022; Mazana vd., 2019; Onoshakpokaiye, 2023; Zakaria ve Khalid, 2016). Web tabanlı ve sanal gerçeklik tabanlı öğrenme platformlarının tasarlanması, geliştirilmesi ve geliştirilen teknolojilerin öğretim ortamlarında kullanılması konusunda araştırmaların yapılmasıyla, matematik öğretiminin zorluklarının aşılması ve yüksek gereksinimlerin karşılanması hedeflenmiştir (Liang vd., 2023). Böylece dijital teknolojilerin öğretim ortamlarında başarılı, etkili ve verimli biçimde kullanımı ile öğrencilerin öğrenme deneyimlerinin geliştirilerek 21. yüzyılın teknolojik taleplerine hazırlanmalarına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Sosyal medya, oyun ve sanal gerçeklik unsurlarının bir arada bulunduğu sanal bir ortam olan Metaverse, iş ve oyun dünyasının yanı sıra eğitim alanında da ilgi görmeye başlamıştır (Lampropoulos ve Keramopoulos, 2022; Rashid vd., 2021). Metaverse, öğrencilerin kendilerine karmaşık gelen soyut geometrik ilkelerle olan etkileşimlerini kolaylaştırmaya yardım edebilir. Ayrıca Metaverse, iş birlikli ve etkileşimli bir sanal alan sunarak öğrencilerin geometrik ilkeleri kavrayış biçimlerini geliştirebilir (Díaz vd., 2020; Kongpha ve Chatwattana, 2023; Li ve Yu, 2023; Sapliyan, 2023; Yılmaz ve Coşkun Şimşek, 2023).

Sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin öğretim ortamlarında kullanımının başarılı, etkili ve verimli olabilmesi, kapsamlı öğretmen eğitimleriyle, kullanıcı dostu hale getirilmeleriyle ve pedagojik açıdan uygun sanal öğrenme ortamlarının geliştirilmesiyle mümkün olabilir (Eşin ve Özdemir, 2022; Fernández, 2017; Jovanović ve Milosavljević, 2022; Liu, 2023; Michos ve Hernández Leo, 2020; Rahman vd., 2023; Zega, 2023). Ayrıca öğretim ortamlarında kullanılacak sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin, öğrencilerin öğrenme süreçlerini engellemek yerine geliştirmesini sağlamak için öğretmenlerin gerekli bilgi ve beceriyle donatılması önemlidir. Öğretmenlerin dijital teknolojileri verimli kullanabilmeleri için öğrencilerine uygun pedagoji bilgisine ve öğretim ortamlarında teknoloji tabanlı araçları kullanmada yeterli bilgiye sahip olmaları gerekmektedir (Naidoo ve Singh-Pillay, 2020).

1.1.4 Metaverse ve Eğitim: Geleceğin Öğrenme Ortamları

Dijital teknolojinin hızla geliştirilmesiyle öğretim ortamları küresel ölçekte hem paradigma değişimine hem de dijital teknolojilerin kullanımında bir dönüşüme uğramıştır (Xu vd., 2024). Öğretim ortamlarında dijital teknolojilerin kullanımı, son yıllarda oldukça yenilikçi ve dönüştürücü bir güç haline gelmiştir. Bunun bir sonucu olarak artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin yükselişi, eğitim paradigmasını yeniden şekillendirmektedir (Lampropoulos ve Keramopoulos, 2022; Lvov ve Popova, 2019; Natale vd., 2020; Rashid vd., 2021; Serin, 2020).

Metaverse kavramına etimolojik açıdan bakıldığında Antik Yunanca'da "meta" ön eki, "sonra" ve "ötesi" anlamlarına gelmektedir. "Verse" ise evren anlamına gelen "universe" sözcüğünden türemiştir ve Metaverse Türkçeye "öte evren", "evren ötesi" olarak tercüme edilebilir. Metaverse kavramı, 1981'de Vernor Vinge'nin "True Names" romanında ortaya çıkmış ve daha sonra Neal Stephenson'un 1992'deki "Snow Crash" adlı bilimkurgu romanında yer almıştır (Sun vd., 2022). Buna ek olarak William Gibson'ın 1984'te çıkan bilimkurgu romanı "Neuromancer'da Metaverse kavramı "siber uzay" olarak ifade edilmiştir (Köse, 2021). 2003'te başlatılan "Second Life" adlı oyun yazılımı, Metaverse'ün ilk örnekleri arasında sayılmıştır (Lamb, 2022). Öğretim ortamlarında kullanımıyla ilgili birçok çalışmaya (Grenfell ve Warren, 2010; İşgör Şimşek ve Baltacı, 2024; Jee, 2014; Kavanagh, vd., 2017; Omar vd., 2018; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2023a) rastlamanın mümkün olduğu Second Life platformu, güncel Metaverse fikrine geçişi sağlayan önemli kilometre taşı ve sanal dünya tarihinin önemli adımlarından biri olma özelliği taşımaktadır.

Metaverse, kullanıcıların kendilerini dijital avatarlarla temsil ederek sosyal, ekonomik ve kültürel etkileşimde bulunduğu sanal bir ortam olarak tanımlanabilir (Lampropoulos ve Keramopoulos, 2022). Bu ortam, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik ve karma gerçeklik gibi çeşitli teknolojilerle desteklenen sürekli ve sürükleyici bir deneyim sunar (Alkan ve Bolat, 2022; Rahman vd., 2023; Weinberger, 2022).

Metaverse ile sürükleyici ve bedensel bir dijital deneyim yaratmak amaçlandığından “mobil internetin halefi” olarak tanımlanabilir (Xu vd., 2024). Nihai Metaverse’ün, sanal ve fiziksel dünyaların birleşimini sağlayan yapay zekâ, blok zinciri (blockchain) ve nesnelerin interneti gibi birden fazla teknolojinin birleşimi şeklinde var olması mümkündür (Chengoden vd., 2023; Rahman vd., 2023; Wang vd., 2023). Metaverse’ü tanımlayan birkaç temel unsur; kalıcılık, sürükleyicilik, ileri düzey hesaplama, sosyalleşme ve merkeziyetsizliktir (Reyes vd., 2023; Ng, 2022; Weinberger, 2022). Metaverse, iş dünyasında, sağlık, eğitim ve öğretim alanlarında yenilikçi ve dönüştürücü bir potansiyele sahipken ve iş birliği, öğrenme ve deneyimler için yeni fırsatlar sunarken aynı zamanda gizlilik, güvenlik ve kötüye kullanımla ilgili endişelere de neden olabilmektedir (Battal ve Taşdelen, 2023; Ng, 2022; Suh ve Ahn, 2022).

Sürükleyici, birbirine bağlı ve sürekli var olan bir dijital dünya yaratmayı amaçlayan, gelişmekte olan, evrilen ve nihai versiyonuna ulaşma amacı taşıyan bir kavram olan Metaverse; gelecekte nasıl yaşayacağımızı, çalışacağımızı iletişimde ve etkileşimde bulunacağımızı önemli ölçüde etkileyecek sonuçlara sahip bir teknolojidir (Lee, 2022). Metaverse, her zaman her yerde gerçek yaşama en yakın öğrenme deneyimi, zamandan ve mekândan bağımsız teknolojik imkanlarla dolu bir öğrenme ortamı, sanal ortamda bireyselleştirilmiş öğretim imkanı, grupla çalışma seçeneği, öğrencilerin derslere katılma ve kazanımları edinme motivasyonları gibi eğitsel fırsatlar sunabilir (Akpinar ve Akyıldız, 2022). Ayrıca Metaverse ortamı, ırk, cinsiyet ve fiziksel eşitsizlikleri ortadan kaldırmaya yardımcı olabilir (Duan vd., 2021).

Metaverse, yapay zekâ teknolojisinden de güç alarak, var olması istenen imkânların gerçekleştirilebileceği, aynı yerde ve aynı zamanda öğretim zorunluluğunu aşarak eğitimin sürdürülebilirliğine katkı sunacak bir ortam olarak görülebilir (Kye vd., 2021). Öğretimde Metaverse teknolojisinin kullanılmasıyla, öğrencilerin derse aktif katılımını destekleyici ve öğretmenlerin etkileşimli öğretim süreci yürütebilecekleri bir alan meydana getirilerek hem

öğretme hem de öğrenme ihtiyaçlarının aynı anda karşılanması sağlanabilir (Guo ve Gao, 2022).

Metaverse kavramı zamanla üç boyutlu sanal ortamlar ve sanal gerçeklik ile ilişkilendirilmiştir (Zyda, 2022). 2011 yılında yayımlanan “Ready Player One” romanı ve yönetmenliğini Steven Spielberg’ün yaptığı 2018 yılında vizyona giren aynı isimli filmde, Oasis adlı bir Metaverse tasvir edilmiştir (Kim, 2021). Metaverse kavramı, sanal dünyalarda kişilerin dijital yansımaları aracılığıyla etkileşim ve deneyim sunan bir ortamı ifade etmektedir (Kim, 2021). Hwang ve Chien’e (2022) göre Metaverse, paylaşılan, kalıcı, merkeziyetsiz ve yapay zekâ ile desteklenen sanal ortamlar olarak tanımlanmaktadır. Bu ortamların etkili olabilmesi için çoklu kullanıcı desteği, veri tabanı ve blok zinciri teknolojisi gereklidir.

Metaverse’ün tanımlarında, Metaverse’ün ölçeklenebilir bir simülasyon yazılımı olduğu, fiziksel sınırlamalarının olmadığı, gerçek dünyayı simüle etmeyi amaçlayan yeni bir internet türü olduğu belirtilmiştir (Jovanović ve Milosavljević, 2022; Park, 2022). İnternet dünyasının üçüncü devrimi olarak ifade edilen Web 3.0, Metaverse kavramının popülerleşmesiyle birlikte çokça adından bahsedilen bir konu haline gelmiştir. Web 1.0’ın sunucular üzerinden işletilmesi ve Web 2.0’da platformlar aracılığıyla bir yere üye olunduktan sonra bilgiye sürekli erişimin mümkün hale gelmesi, günümüzde Web 3.0’ın tartışılmasına zemin hazırlamıştır. Web 3.0, Metaverse temelli dijital ortamlar sayesinde internet üzerinde “aracısız” bir varoluş biçimini ifade etmektedir (Karaarslan ve Yazıcı Yılmaz, 2023). Bu yeni internet anlayışı, bir hizmet sağlayıcısına bağlı kalmadan, merkeziyetsiz şekilde dijital dünyada bulunma imkânı sunmaktadır. Örneğin, blok zinciri teknolojisinin sanal para birimlerini herhangi bir otoriteye ihtiyaç duymadan ekonomik bir değer olarak işlevsel hale getirmesi, Web 3.0 teknolojisiyle mümkün olmuştur. Bu bağlamda, Metaverse, birden fazla dijital dünyayı bir araya getiren ve Web 3.0 altyapısına dayalı bir platform olarak öne çıkmaktadır (Fan vd., 2024). Web 2.0, kullanıcıların internette var olmasını ve birbiriyle etkileşimde bulunmasını sağlarken, Web 3.0, sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerle yeni bir dijital evren yaratmayı hedeflemektedir. Bu evrenin, herhangi bir otoriteye ya da merkeze bağlı olmadan işleyebileceği ve kullanıcılarına daha bağımsız bir sanal ortam deneyimi sunacağı öngörülmektedir (Lee, 2022).

Günümüz öğretmenlerinin, öğrencilerin ihtiyaçlarını iyi analiz edebilmeleri ve öğrencileri öğrenmeye motive eden değişkenleri iyi anlamaları gerekmektedir (Schlechty, 2001). Öğrencilerin, ilgi çekici bulacakları ve aynı zamanda gerekli kazanımları edinebilecekleri yeni okul biçimlerine yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu okulların, öğretmenlerin kendi benimsedikleri yaklaşımlara göre değil, öğrencilerin arzu edeceği modern paradigmlar çerçevesinde tasarlanması önemlidir. Metaverse uygulamaları bu açıdan öğretimi planlayanlar için önemli avantajlar sunmaktadır. Öğrencilerin ilgilerini çekebilecek ve derse katılımlarında yüksek motivasyon sağlayabilecek sanal öğretim ortamı oluşturabilmek bu avantajlardan biridir (Lin vd., 2022). Metaverse kavramı, eğlence sektöründeki kullanımıyla ve oyunlara kazandırdığı yeni boyutla sınırlandırılmamalı ve eğitim alanındaki potansiyeli görmezden gelinmemelidir (Guo ve Gao, 2022). Metaverse teknolojisinin geliştirilmesi, yalnızca bu teknolojiye yatırımlar yapan ülkelerle sınırlı kalmamalı, ülkemizdeki öğretimi planlayanlar da dijital teknolojilere dayalı yeni paradigmların inşasında gerekli adımları atmalıdırlar. Öğrenenlerin, 21. yüzyıl becerileri inşa edebilmelerine yardımcı olabilecek Metaverse deneyimleri, öğretim ortamlarında uygulamaya geçirilmelidir (Hirsh Pasek vd., 2022).

1.1.5 Metaverse'ün Sanal Gerçeklik Teknolojisiyle İlişkisi

Sanal gerçeklik, bir sanal gerçeklik gözlüğünün başa takılarak gerçek dünyayı görmenin engellendiği, yalnızca sanal dünyayı görebilmenin mümkün olduğu, kullanıcının tamamen ekrandan yansıyan görüntülerle baş başa kaldığı, kullanıcıyı sanal dünyaya taşıyan bir teknolojidir. Sanal gerçeklik ortamında genellikle tek bir kullanıcıya yönelik deneyimler elde edilmektedir. Sanal gerçeklik çoğunlukla oyun, eğlence, eğitim ve simülasyon amacıyla kullanılmaktadır (Cham vd., 2023; Çolakoğlu vd., 2023; Ouerghemmi, 2023). Metaverse ise farklı amaçla tasarlanmış sanal ortamların kapatılmadığı ve sürekli olarak var olduğu, genellikle kullanıcılar arası etkileşimin yaşandığı bir dijital evrendir. Sosyal etkileşim oluşturma ve topluluklar halinde var olma amacıyla dijital yaşam alanı olarak kullanılabilir. Metaverse'ün nihai amacının, sanal ortamlara genişletilmiş gerçeklik teknolojileriyle erişim sağlanması olarak düşünülse de Metaverse uygulamaları günümüzde artırılmış gerçeklik uygulamaları, masaüstü bilgisayarlar ve mobil cihazlarla da kullanılabilir. Metaverse çok kullanıcı, merkeziyetsiz ve sosyal deneyim odaklıdır. Ayrıca ekonomik ve sanal varlıkların sahipliğini de içerebilir (Ali, 2023; Durmaz, 2023; Khalid, 2023; Rahman vd., 2023; Sun vd., 2022).

Sanal gerçeklik, yüksek grafik işlem gücüne, yüksek çözünürlüklü ekranlara ve lenslere sahip başa takılan donanım odaklı bir teknolojidir (Çolakoğlu vd., 2023; Ouerghemmi vd., 2023). Metaverse ise ağ bağlantısı, bulut bilişim ve blockchain gibi teknolojilere dayanmaktadır. Metaverse; sanal ekonomiler, avatarlar ve sürekli etkileşimli ortamlar içermekte ve sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve mobil teknolojilerle bir arada çalışabilmektedir (Rahman vd., 2023; Sun vd., 2022).

Sanal gerçeklikteki deneyimler genellikle belli bir zaman aralığıyla sınırlıdır. Kullanıcı sanal gerçeklik başlığını çıkardığında deneyim sona ermektedir. Sanal gerçeklik ortamının sosyal boyutu sınırlıdır. Sanal gerçeklik ortamı birden fazla kullanıcı tarafından kullanılıyor olsa da genelde bireysel bir deneyim ön plandadır ve kullanıcı genellikle yalnız bir deneyim yaşamaktadır. Metaverse ise sürekli açık durumdadır ve herkesin erişimine açıktır. Birçok kullanıcı aynı anda etkileşimde bulunabilmekte ve benzer deneyimleri paylaşabilmektedir. Metaverse küresel çapta ya da daha küçük toplulukları bir araya getirme potansiyeline sahiptir (Cruz vd., 2022; Oliveira ve Cruz, 2023). Sanal gerçeklik belirli bir sanal ortama odaklanırken Metaverse, sanal gerçekliği ve diğer dijital teknolojileri de kapsayan geniş kapsamlı, sosyal, ekonomik ve teknolojik bir ekosistemdir. Sanal gerçeklik, Metaverse'ün bir bileşeni olabilir ancak Metaverse, sanal gerçeklikle sınırlı değildir (Park ve Kim, 2022; Yıldız ve Bozkurt, 2023).

İncelenen alanyazında belirtildiği üzere geometri öğretiminin daha verimli şekilde gerçekleştirilmesi için öğretim ortamıyla birlikte, öğretim ortamındaki geometrik cisimlerin de iki boyutlu ortamdan üç boyutlu ortama taşınabilmesi gereklidir (Accascina ve Rogora, 2006; İbili ve Şahin, 2015; Topraklıkoğlu, 2018). Bu sonuçtan hareketle, geometri başarısını artırılabilirlik amacıyla sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirilmesi planlanmıştır. Buna göre araştırmanın amacı ve önemi ile problem ve alt problemleri, izleyen bölümlerde ifade edilmiştir.

1.2 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programında yer alan (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) 10. sınıf düzeyindeki uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına, geometri dersine ilişkin tutumlarına ve sanal ortamda buradalık algılarına etkisini incelemek amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmaya katılan öğrencilerin

sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkındaki görüşlerinin belirlenmesi de hedeflenmiştir.

1.3 Araştırmanın Önemi

Sanal gerçeklik ortamında öğretimin öğrenci başarısına olumlu etkisi olduğunu tespit eden araştırmalara (Bogusevski vd., 2020; Molina Carmona vd., 2018; Rojas Sánchez vd., 2022) göre, bu teknolojilerin kullanıldığı öğrenme ve öğretim etkinlikleri, öğrencilere aktif öğrenme ve yapılandırmacılığa dayalı öğrenmeye katılma fırsatı sağlamaktadır (Han ve Lim, 2020; Park ve Sohm, 2020). Bunun nedeni, sanal gerçeklik ya da artırılmış gerçekliğin öğrencinin beş duyusunu uyarması ve zaman, mekân ve maliyet kısıtlamaları veya riskleri nedeniyle gerçek dünyada deneyimlemesi zor olan öğrenme etkinliklerine katılma fırsatı sağlamasıdır (Suh ve Ahn, 2022). Öğretim kurumları, geleneksel sınıflar yerine Metaverse’ü kullanarak hiçbir kısıtlamanın olmadığı tamamen esnek bir ortamda yönetici, öğretmen ve öğrencilerin iletişim kurmaları için gerçekçi bir platform sağlayarak çeşitli tekniklerden yararlanabilir. Bu nedenle Metaverse; öğretmenlerin, öğrencilerin ve öğrenme modellerinin hibrit ve iş birlikli sınıflarda etkileşime girebileceği sanal bir dünya sunarak teknoloji kullanımını bakımından gelişmiş bir öğretim kurumunun oluşturulmasına yardımcı olabilir (Akour vd., 2022).

Akıllı telefonların insan hayatının bir parçası olmasıyla birlikte sosyal medya, yaşamın her alanında kullanılmaya başlanmışlardır. Yakın gelecekte sanal gerçeklik teknolojilerinin de hayatın vazgeçilmez bir parçası olması öngörüldüğünde Metaverse kavramının, eğitim de dahil her alanda kullanılan bir kavram olacağı ifade edilebilir (Rospigliosi, 2022). Teknolojinin Moore yasasına bağlı şekilde ilerlediğini düşünmeyenler için Metaverse fikri çok abartılan ve geleceği olmayan bir yatırım olarak görülebilirken dünyanın en güçlü şirketleri tüm yatırımlarını bu alana doğru kaydırmakta ve Metaverse’ü sosyal teknolojinin nihai hedefi olarak görmektedirler (Hughes, 2022; Shalf, 2020; Stokel Walker, 2022). Nihai Metaverse’ün böyle yatırımlar çekmesinin nedeni internetin bir sonraki versiyonu ve Second Life dünyasının daha gerçekçi bir versiyonu olacağına düşünülmesidir (Yemenici, 2022).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki geliştirmelerle birlikte, öğrenme ve öğretim-sürecinin geleneksel paradigmasını değiştirme gücüne sahip çeşitli dijital araçlar eğitime kazandırılmıştır. Mobil öğrenme, ters yüz edilmiş sınıf ve sosyal ağlar gibi diğer öğretim teknikleri, öğrenme araçları ile entegrasyonu sağlanmış sanal dünyalar, öğretim süreçlerinin

yapılandırılması için sayısız olanak sunmaya başlamıştır (Torun ve Dargıt, 2015). Böylece, dinamik ve etkileşimli öğretime yaklaşan yeni ve etkili öğretim teknolojileri için araştırma alanı doğmuştur (Díaz vd., 2020). Metaverse'ün etkililiği, sosyal etkileşimli özelliklerinde ve gerçeğe en yakın kişiselleştirilmiş kullanıcı deneyiminde yatmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar, öğrenme ve öğretim ortamlarında kullanıcıların algıları ve memnuniyet dereceleri ile ilgili bulgular elde etmektedirler (Ng vd., 2021).

Metaverse kavramı eğitim alanına yeni katılan bir kavram olmamakla birlikte bugüne kadar Metaverse'ün öğrenme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır (Süleymanoğulları vd., 2022). Kemp ve Livingstone (2006), Second Life adlı üç boyutlu bilgisayar yazılımı kullanarak öğrencilerin öğrenme deneyimlerini geliştirmek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmayı Metaverse kavramı üzerine inşa etmiştir. Collins (2008), Metaverse ortamının gelecekte sanal bir sosyalleşme alanı olarak kullanılabilceğini ve üniversitelerin bu teknolojiye yararlanması gerektiğini belirtmiştir. Schlemmer ve Backes (2015), Metaverse ortamlarında kullanılan avatarların pedagojik yönüne dikkat çekmiş ve öğretim ortamlarında kullanımının etkilerini incelemiştir. Ayrıca Metaverse teknolojisinin geleceğini belirleyebilmek için 2006 yılında çeşitli sektörlerden katılımcıları ağırlayan bir zirve düzenlenmiştir. Bu zirvede Metaverse teknolojisinin 10 yıllık bir yol haritası çıkarılması amaçlanmıştır (Smart vd., 2007).

Günümüzde önemini her geçen gün artıran sanal gerçeklik teknolojileri, Facebook şirketinin adını Meta olarak güncellemesi ve kurucusu Mark Zuckerberg'in açıklamaları ile Metaverse kavramı çevresinde tartışılmaya başlanmıştır (Moenandar vd., 2022). Pek çok firmanın ve kurumun Metaverse odaklı stratejilerinden bahsetmeleri, giderek her sektörde bu alana ilgi duyulmasına neden olmuştur (Kashiripoor, 2023).

Mobil teknolojinin hızlı ilerlemesi ve derin öğrenme sayesinde, Metaverse'ün ilk sürümlerine kıyasla her zaman ve her yerde eğitime erişim kolaylaşmış, görme ve dil tanıma doğruluğu iyileştirilerek daha sürükleyici ortamlar geliştirilmiştir (Park ve Kim, 2022). Sürükleyici sanal gerçeklik teknolojilerinin ortaya çıkışı, Metaverse ortamında öğretim amaçlı kullanılmak üzere uygulama geliştirme çalışmalarının hızlanmasına yol açmıştır (Kuş, 2021). Metaverse'ün gelişimi, öğrencilerin derslerine sanal olarak katılmalarını sağlamakla kalmayıp gerçek sınıf ortamında var olan hatta var olması zor ya da tehlikeli olan unsurlara erişimin yolunu açmıştır (Suzuki vd., 2020).

Günümüzde geometri gibi görselleştirmeye yatkın konuların öğretiminde çok sık olmasa da artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri kullanılmaktadır (Rashevskaya vd., 2020). Ancak bu teknolojiler, kullanılan donanımların yetersiz olmasından dolayı öğrencilerin geometrik cisim üzerinde etkileşime girmesini sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Öğrenciler artırılmış gerçeklik kullanarak geometrik cisimleri görüntüleyebilmekte, büyütüp küçülebilmekte ve döndürebilmektedir. Ancak ilgili geometrik cisimi düzenleyememekte, şeklin üzerine açıortay ve kenarortay gibi farklı bileşenler ekleyememekte ya da istediği farklı bir cisimi çizememektedir. Tüm bu etkileşim kısıtlamaları cep telefonu ve cardboard olarak adlandırılan gözlükler kullanılarak gerçekleştirilen sanal gerçeklik uygulamaları için de geçerlidir. Bu etkileşim sınırlılıklarını aşmanın bir yolu Kafaya Monte Ekran (Head-Mounted Display [HMD]) olarak adlandırılan sanal gerçeklik gözlükleridir (Girard, 2021). Bu cihazlar ve cihazlara uygun bir yazılım sayesinde öğrenciler istedikleri geometrik cisimleri gerçek üç boyutlu ortamda çizebilir, cisimi değiştirebilir, uzunluk ölçümü yaparak hacim ve alan hesabı yapabilir ve somut bir nesne ile girebileceği etkileşimden daha fazlasını elde edebilir.

Geometri öğretiminde üç boyutlu cisimlerin, iki boyutlu düzlem üzerine çizilerek ya da temsil edilerek öğretilmesinin, öğrencilerin bilgiyi somutlaştırmasını yeterince desteklemediği görülmüştür (Accascina ve Rogora, 2006; İbili ve Şahin, 2015; Topraklıkoğlu, 2018; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021). Bu nedenle geometrik cisimlerin yapısı, alan ve hacim hesabı gibi konuların öğretiminde gerçek yaşama benzer üç boyutlu ortam sağlayan sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin öğrencilerin geometri başarılarına, geometri dersine ilişkin tutumlarına ve sanal ortamda buradalık algılarına etkisinin olacağı düşünülmüştür ve bu çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir.

1.4 Problem Cümlesi

Bu çalışmanın problem cümlesi, “Ortaöğretim 10. sınıf düzeyinde uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına, geometri dersine ilişkin tutumlarına ve sanal ortamda buradalık algılarına etkisi nedir ve öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin görüşleri nelerdir?” olarak belirlenmiştir.

1.5 Alt Problemler

Araştırmanın alt problemleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına etkisi var mıdır?
2. Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarına etkisi var mıdır?
3. Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarına etkisi var mıdır?
4. Öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin görüşleri nelerdir?

1.6 Sayıtlar

Araştırmanın sayıtları aşağıda verilmiştir:

1. Araştırmada kullanılan ölçme araçlarından başarı testi ve görüşme formu geçerlik ve güvenilirlik ilkelerine uygun geliştirilmiştir. Araştırmada kullanılan ölçekler için geçerlik ve güvenilirlik çalışması farklı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. İlgili açıklamalar yöntem bölümünde yer almaktadır. Bu nedenle ölçme araçlarının ölçtükleri özellikler bakımından geçerli ve güvenilir oldukları varsayılmaktadır.
2. Uzay geometri ünitesi katı cisimler konusunun öğretimi için kullanılan Metaverse uygulamasının, verilmesi gereken kazanımları öğrencilere kazandırabilecek nitelikte olduğu varsayılmaktadır.
3. Deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin veri toplama araçlarındaki sorulara içtenlikle cevap verdikleri varsayılmaktadır.
4. Araştırmada kullanılan ölçme araçlarının ön test ve son testleri arasında sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi dışında verileri etkileyebilecek herhangi bir öğretimsel durumun yaşanmadığı varsayılmaktadır.

1.7 Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu araştırmanın katılımcıları, Türkiye'nin batısında bulunan bir şehir merkezindeki bir ortaöğretim kurumunun 10. sınıflarında öğrenim gören 30 öğrenci ile sınırlıdır.
2. Araştırmadan elde edilen bulgular, araştırmaya katılan öğrencilerden elde edilen test, ölçek ve gözlem formu verileri ile sınırlıdır.
3. Araştırmadaki fiziksel ve dijital öğretim ortamı, zaman ve maddi olanaklardan dolayı temin edilebilen materyaller ile sınırlıdır.
4. Araştırmanın nitel verileri, deney grubunda bulunan öğrencilerin ifadeleriyle sınırlıdır.
5. Araştırmanın bulguları ve sonuçları, Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) 10. sınıf düzeyinde uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusu ve "Dik prizmalar ve dik piramitlerin uzunluk, alan ve hacim bağıntılarını oluşturur" kazanımı ile sınırlıdır.

1.8 Tanımlar

Sanal gerçeklik: Sanal gerçeklik; kullanıcıyı gerçek dünyadan izole eden, bilgisayarlar ve özel donanımlar (sanal gerçeklik gözlükleri, kulaklıklar, eldivenler, kontrol cihazları gibi) kullanılarak kullanıcıya sanal bir ortamda varlık hissi yaratan ve kullanıcıya tamamen yapay bir çevrede etkileşimde bulunma imkânı veren bir görüntüleme teknolojisidir (Alqahtani vd., 2017).

Metaverse: Metaverse; yaşanılan fiziksel ortamın gerçekliğini üç boyutlu algılanan dijital ortamla birleştiren, sürekli, kalıcı ve aynı anda birden çok kullanıcının dijital yapay nesnelere gerçek zamanlı ve dinamik etkileşim kurabildiği sanal bir ortamdır (Mystakidis, 2022).

Sanal ortamda buradalık: Sanal ortamda buradalık; bir kişinin bir sanal ortamda kendini orada hissedip hissetmediğiyle ilgili olan, fiziksel, duygusal veya zihinsel olarak bir varlık hissetmesi ve bu varlığı deneyimlemesi durumudur (Mikropoulos ve Strouboulis, 2004).

Hareket hastalığı: Hareket hastalığı; iç kulak, göz ve vücudun hareket algılayan diğer duyu sistemleri arasında oluşan uyumsuzluk veya çelişkili sinyaller sonucu ortaya çıkan baş dönmesi ve mide bulantısı durumudur. Genellikle otomobil ve gemi gibi taşıtlarda veya sanal gerçeklik uygulamaları gibi görsel hareketlerin yoğun olduğu ortamlarda meydana gelir (Chang vd., 2020).

2. KURAMSAL MODELLER VE ALANYAZIN TARAMASI

Bu bölümde, çalışmaya yön veren kuramsal modellere ve ilgili açıklamalarına yer verilmiştir. Ardından araştırma konusu ile ilgili yapılan alanyazın taraması sunulmuştur.

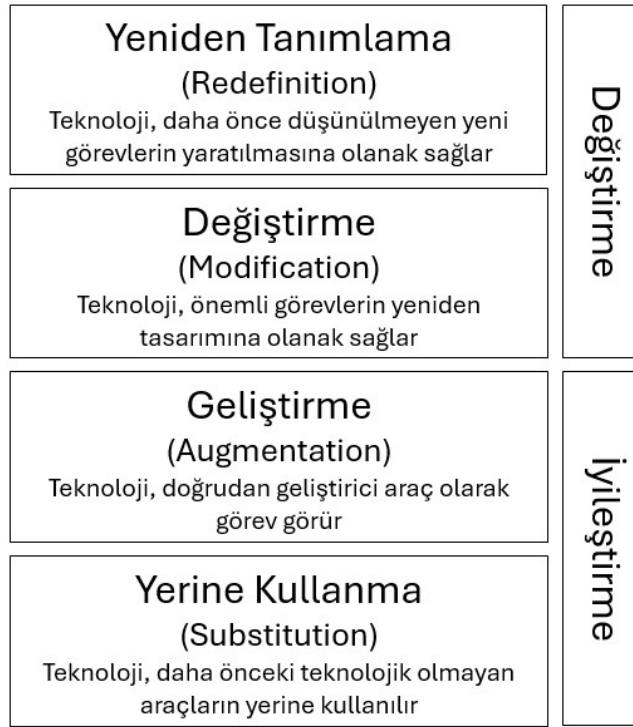
2.1 Çalışmaya Yön Veren Kuramsal Modeller

Yeni teknolojik araçlar, öğrenme fırsatları sunarak öğretim deneyimlerini dönüştürmek için yenilikçi yollar sağlamaktadır (Puentedura, 2008). Ancak araçlar tek başına okul deneyimini yeniden tanımlamak için yeterli değildir (Hamilton vd., 2016). Öğrenme ve teknolojiyle ilgili teoriler, öğretimdeki yenilikleri ve öğretim teknolojilerinin potansiyellerini anlamlandırmaya yardımcı olabilir. Öğretmenlerin rolü, öğrettikleri konuyu ve öğretim metodolojilerini bilmenin ötesine geçmiştir. Öğretmenlerin artık teknolojik araçlardan yararlanan bir öğrenme deneyiminin nasıl tasarlanacağını bilmeleri gerekmektedir (Koehler vd., 2007, Van den Berg, 2019). Dalgarno'ya (2014) göre öğretmenler bir teknolojinin sadece nasıl kullanılacağını değil, niçin kullanılacağını da açıklayabilmelidir. Ayrıca sınıf içi ve çevrimiçi iletişimin birden çok kanalını yönetirken bilişsel yükü de azaltmalıdırlar. Öğretmenler, katılımı artırmak ve iş birlikli öğrenmeyi geliştirmek için yeni ve birbirinden farklı teknolojiler kullanabilirler (Dalgarno, 2014). İşbirlikli öğrenmeye katkı sunan yeni teknolojilerden sürükleyici sanal gerçekliğin öğretim ortamlarında kullanılması için daha fazla sayıda araştırma ve uygulama girişiminde bulunulmalıdır (Southgate, 2020).

Çalışmaya yön veren kuramsal modeller; Yerine kullanma, Geliştirme, Değiştirme ve Yeniden Tanımlama (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition [SAMR]) modeli (Puentedura, 2006); Teknolojik Pedagojik İçerik Bilgisi (Technological Pedagogical Content Knowledge [TPACK]) çerçevesi (Koehler ve Mishra 2005); Teknoloji Kabul Modeli (Technology Acceptance Model) (Venkatesh ve Davis, 2000); Sürükleyici Öğrenme için Eyleme Geçirilmiş Pedagoji (Actioned Pedagogy for Immersive Learning [APIL]) kuramı (Southgate, 2020); Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı (Virtual Reality Instructional Design [VRID]) modeli (Chen, 2009); Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı modeli (Tepe, 2021); Analiz, Tasarım, Geliştirme, Uygulama ve Değerlendirme (Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation [ADDIE]) modeli (DeSimone vd., 2002; Molenda, 2015); Yenilenmiş Bloom Taksonomisi (Krathwohl, 2002) ve Edgar Dale'in Yaşantı Konisi (Dale, 1969) şeklindedir. İzleyen bölümlerde bu modeller ve kuramlar tanıtılmıştır.

2.1.1 SAMR Modeli

Puentedura'nın (2006) SAMR modeli, teknolojilerin öğrenci öğrenmesini dönüştürmede nasıl daha fazla veya daha az etkiye sahip olduğunu değerlendirmek için geliştirilmiştir (bkz. Şekil 2.1). SAMR harfleri modelin dört farklı seviyesini göstermektedir: Yerine kullanma (Substitution), Geliştirme (Augmentation), Değiştirme (Modification) ve Yeniden tanımlama (Redefinition).



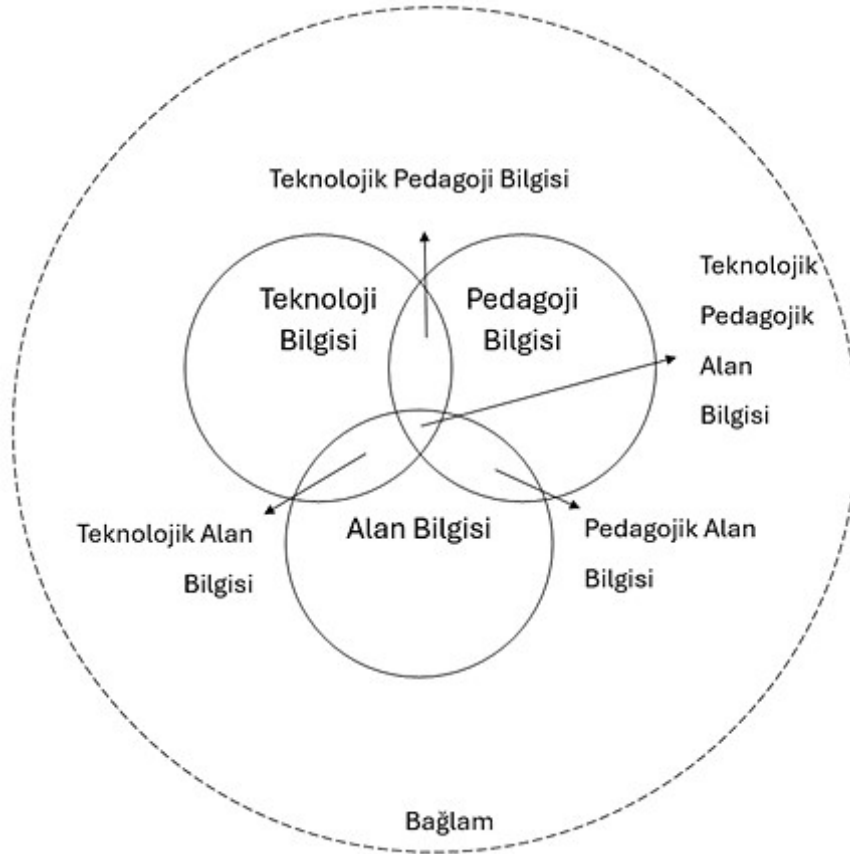
Şekil 2.1: SAMR modeli (Hamilton vd., 2016)

Puentedura (2008), tüm seviyelerin öğrencilerin öğrenmesinde rol oynayabileceğini ancak iyi tasarlanmış ve işlenmiş bir dersin, öğrencilerin yeniden tanımlama seviyesinde daha büyük bir gelişme gösterebileceğini açıklamaktadır. Popülerliğine rağmen, SAMR modeli bir teori tarafından desteklenmemektedir (Hamilton vd., 2016). Hamilton vd. (2016), eleştirel incelemelerinde modelin teknolojik aracın kendisinden ziyade üstbilişsel rehberliğin olumlu etkisini gösteren diğer çalışmalara dayandığını belirtmektedir. Yaygın kullanımına rağmen SAMR modeli, yeni bir teknolojiyi sınıfa entegre etmenin karmaşık dinamiklerini değerlendirmek için yeterli olmayabilir ancak öğretmenlere üstbilişsel bir süreçte rehberlik etmek için diğer çerçevelerle birleştirilebilir.

Bu çalışmada, öğrencilerin sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojisini derslerinde kullanırken kademeli olarak cihaza ve sanal ortama alışmasında bir çerçeve olarak SAMR modelinden yararlanılmıştır. Sanal gerçeklik gözlüğünü ilk defa öğretim amaçlı kullanan öğrenciler için teknoloji, doğrudan geliştirici araç olarak görev almıştır.

2.1.2 TPACK Çerçevesi

TPACK çerçevesi, 2005 yılında Koehler ve Mishra tarafından geliştirilmiştir (bkz. Şekil 2.2). Daha derin bir anlayış oluşturan bir ders tasarlarken öğretmenlerin ihtiyaç duyduğu teknoloji, pedagoji ve içerik bilgisi arasındaki karmaşık ve dinamik ilişkiyi anlamak için tasarlanmıştır.



Şekil 2.2: TPACK çerçevesi (Schmidt vd., 2008)

Koehler ve Mishra (2005), bu alanların nasıl kesiştiğini göstermekle ilgilenmişlerdir. Puentedura (2008), tüm alanların kesişim kümesi olan TPACK'i, belirli bir teknolojik araç türü ile belirli bir konuya belirli bir yaklaşım oluşturmak için pedagoji, içerik ve teknolojinin

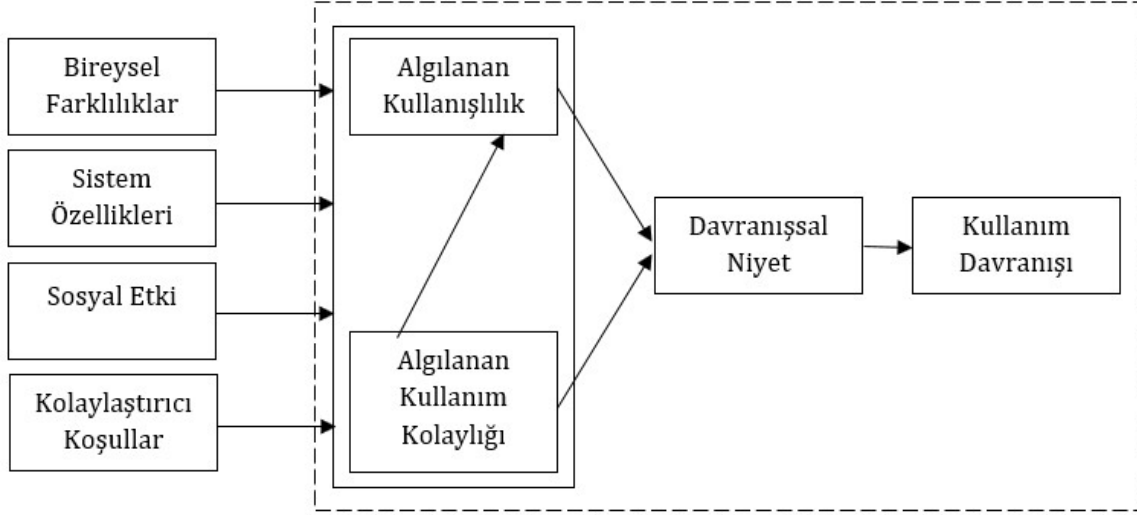
etkileşim içinde bulunduğu bir çerçeve olarak nitelendirmektedir. Bu çerçeveyi kullanarak tasarlanan bir öğretim sürecinde, istenen sonuçları elde edebilmek için hangi bilgilere ve araçlara ihtiyaç duyulduğunu belirlemeye rehberlik edecek Şekil 2.2’de belirtilen yedi odak alan bulunur (Puentedura, 2008).

Öğretmenlerin teknoloji entegrasyonunu yalnızca bir araç olarak değil, öğretim sürecini zenginleştiren bir bileşen olarak görmesine yardımcı olan TPACK çerçevesinden, teknolojiyi pedagojik ve alan bilgisiyle harmanlayarak öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha etkili hale getirmek için yararlanılabilir (Rodgers, 2018). Teknolojik araçlardan, öğrenme deneyimini geliştirecek şekilde yararlanmanın bir yolu olarak kullanılabilir TPACK çerçevesi, öğretmenlerin teknoloji entegrasyon becerilerini geliştirmek için öğretmen eğitim programlarında kullanılabilir (Stinken Rösner vd., 2023).

Bu çalışmada teknolojiyi öğretim ortamına entegre etmek için TPACK çerçevesinden yararlanılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen öğretim sürecinde kullanılan sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin, öğrencilerin pedagojik özelliklerine ve öğrencilerin pedagojik özellikleri dikkate alınarak öğretimi hedeflenen geometri konusuna uygun olmasına önem verilmiştir.

2.1.3 Teknoloji Kabul Modeli

Venkatesh ve Davis’in (2000) geliştirdiği Teknoloji Kabul Modeli, kullanıcıların bilgi teknolojilerini kabul etme ve kullanma niyetlerini tahmin etmek ve anlamak için yaygın olarak kullanılan teorik bir çerçevedir (Venkatesh ve Davis, 2000). Teknoloji Kabul Modeli, kullanıcıların teknolojiyi benimseme davranışlarını açıklamak için kullanılan bir modeldir (Bagozzi, 2007; Sussman ve Siegal, 2003). Teknoloji Kabul Modelinin temelinde, bireyin bir teknolojiyi kullanma niyetinin, iki ana inanç olan algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığı tarafından belirlendiği düşüncesi bulunmaktadır. Algılanan fayda, bireyin bir teknolojiyi kullanmanın kendi performansını geliştireceğine olan inanç düzeyini ifade ederken algılanan kullanım kolaylığı ise, bireyin söz konusu teknolojiyi kullanırken fazla çaba harcamayacağına olan inancını ifade eder. Teknoloji Kabul Modeli, algılanan fayda ve algılanan kullanım kolaylığının, bireyin teknoloji kullanımına yönelik tutumunun ana belirleyicileri olduğunu ve davranışsal niyeti etkilediğini öne sürmektedir. Kullanım niyeti ise doğrudan kullanım davranışını etkilemektedir (Venkatesh ve Davis, 2000).



Şekil 2.3: Teknoloji Kabul Modeli (Vankatesh ve Bala, 2008)

Teknoloji Kabul Modeli; çevrimiçi bankacılık (Pikkarainen vd., 2004), e-öğrenme (Charles, 2024; Copeland ve Franzese, 2021; Nayak, 2022; Ronnie vd., 2011) ve mobil teknolojiler (Alharbi, 2023) gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmıştır. Genel olarak Teknoloji Kabul Modeli, bilgi teknolojilerinin kullanıcılar tarafından nasıl kabul edildiğini anlamak ve kullanıcıların teknolojiyi kabul edip etmeyeceklerini tahmin etmek için sade bir çerçeve sağlamaktadır. Kullanıcıların teknolojiyi kullanım niyetleri ve teknolojiyi kullanma davranışlarındaki değişikliği açıklama özelliği, Teknoloji Kabul Modelini bilgi sistemleri araştırmalarında etkili ve yaygın kullanılan modellerden biri haline getirmiştir (Ma ve Liu, 2004; Venkatesh ve Davis, 2000).

Bu çalışmada, ilk kez sanal gerçeklik gözlüğü kullanan ve Metaverse uygulamasından öğretim amaçlı yararlanan öğrencilerin bulunması sebebiyle, öğrencilerin teknolojiyi kabul edip etmeyeceklerini tahmin etmek ve kullanım niyetlerini anlayabilmek için Teknoloji Kabul Modelinden yararlanılmıştır. Öğrencilerin gözlük kullanma, baş ağrısı ya da baş dönmesine yatkınlık durumları gibi bireysel özellikleri ile sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojisinin geometri öğrenmelerini kolaylaştırdığını ya da zorlaştırdığını düşünmeleri, teknolojiyi kabul etmelerindeki önemli etkenlerden olan kullanım kolaylığını ve algılanan kullanılabilirliği etkilemiştir. Ancak öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin analizi sonucunda öğrencilerin teknoloji kabul düzeylerinin yüksek olduğu ve öğretim amaçlı sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerini kullanma davranışına devam edebilecekleri düşünülmüştür.

2.1.4 APIL Kuramı

Southgate (2020), sürükleyici öğrenme ortamlarıyla ilgili pedagoji, uygulama ve diğer alanyazını birleştirerek APIL kuramını geliştirmiştir. Kuramın amacı, sanal gerçeklik uygulamalarının bilinçli bir şekilde kullanılmasıyla farklı öğretim hedeflerine ulaşmaları için öğretmenlere rehberlik etmektir. Sürükleyici öğrenme ortamları, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerden yararlanarak, eğitsel çıktıları önemli ölçüde geliştirebilecek zengin, etkileşimli deneyimler sunan üç boyutlu dijital ortamlardır. Bu kuram, öğrenci katılımını, motivasyonunu ve genel öğrenme memnuniyetini artırmada sürükleyici öğrenme ortamlarının etkisini öne çıkarmaktadır. Araştırmalar, sürükleyici öğrenme ortamlarının geleneksel öğretim uygulamalarının yerini alabileceğini ve öğrencilerin derslere katılımını teşvik ederek karmaşık kavramların anlaşılmasını kolaylaştırabileceğini ortaya koymuştur (Wu vd., 2021; Lattke vd., 2021; Blair vd., 2021; Shen vd., 2022).

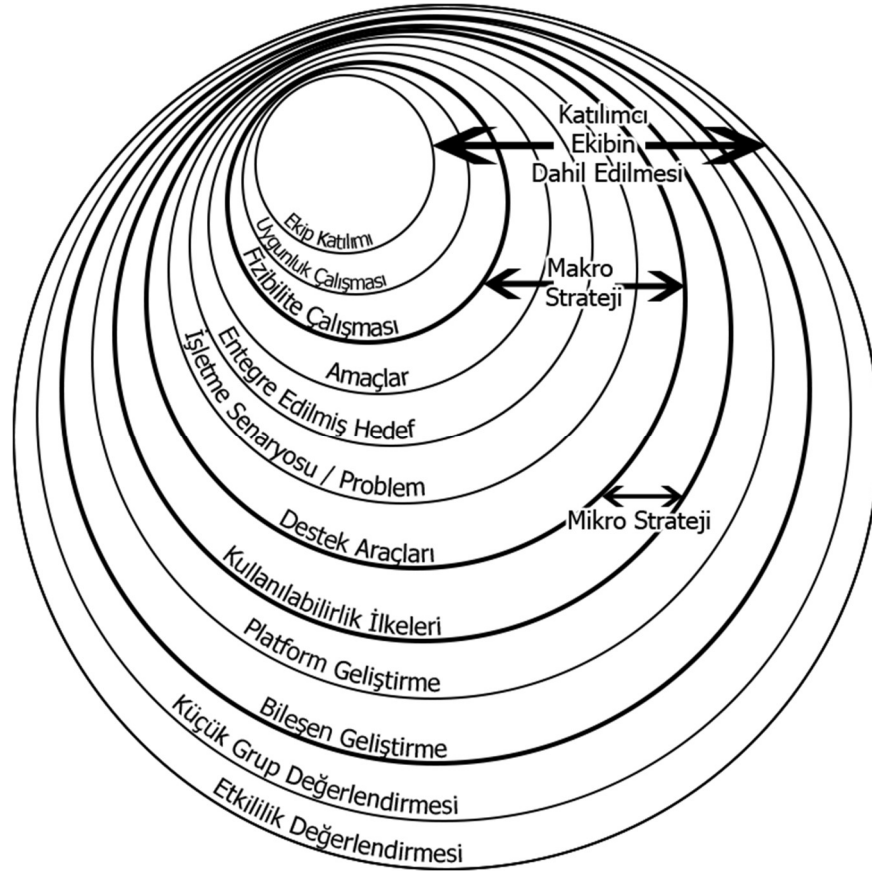
Southgate'e (2020) göre öğretmenler, sanal gerçeklik ortamında öğrencilerin hangi deneyimleri elde edeceğini tanımlamalı, öğrencilerin sanal gerçeklikte iş birliği yapabilmeleri, problem çözebilmeleri ve kendi başlarına sanal ortamda hareket edebilmeleri için planlamalar yapmalı, öğrencilerin gelişim özelliklerine göre donanım ve yazılım seçimine dikkat etmelidirler. Sanal gerçeklik sadece öğrenmeyi kolaylaştıran bir araç veya ekipman olarak değil, aynı zamanda öğretimsel bir strateji olarak bilinçli bir şekilde seçilmeli, tasarlanmalı ve kullanılmalıdır (Cruz, 2024).

Bu çalışmada öğrencilerin derse katılımını, motivasyonunu ve öğrenme memnuniyetlerini artırabilmek için APIL kuramından yararlanılarak öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında iş birliği yaparak çalışabilmeleri ve sanal ortamda rahat hareket edebilmeleri için uyum eğitiminin verilmesi gibi planlamalar yapılmış, Metaverse uygulaması seçilmiş ve sanal ortamın tasarımıyla ilgili önlemler alınmıştır. Sanal gerçeklik ortamı sürükleyici bir öğretim ortamı olarak kullanıldığından öğrencilerin sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamaları sayesinde derse karşı ilgilerinin ve dikkatlerinin artacağı düşünülmüştür.

2.1.5 VRID Modeli

Reigeluth ve Frick (1999) tarafından belirtildiği gibi, yeni bilgi teknolojisi araçlarının öğretim amaçlı kullanımında eğitimcilere rehberlik sağlamak için daha fazla öğretim tasarımı modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bir öğretim tasarımı modeli, öğretim süreci

sonunda öğrencilerin elde edeceği kazanımları en iyi şekilde elde edebilmesi için öğretim sürecini planlarken ve hazırlarken kullanılan bir çerçevedir (Reigeluth, 1999). Bu bağlamda VRID, Chen (2009) tarafından ortaya konulan ve öğretim amaçlı sanal ortam oluşturmak için rehberlik sunan bir öğretim tasarımı ve geliştirme modelidir. Şekil 2.4'te VRID modelinin temsili yer almaktadır.



Şekil 2.4: VRID modeli (Chen, 2009)

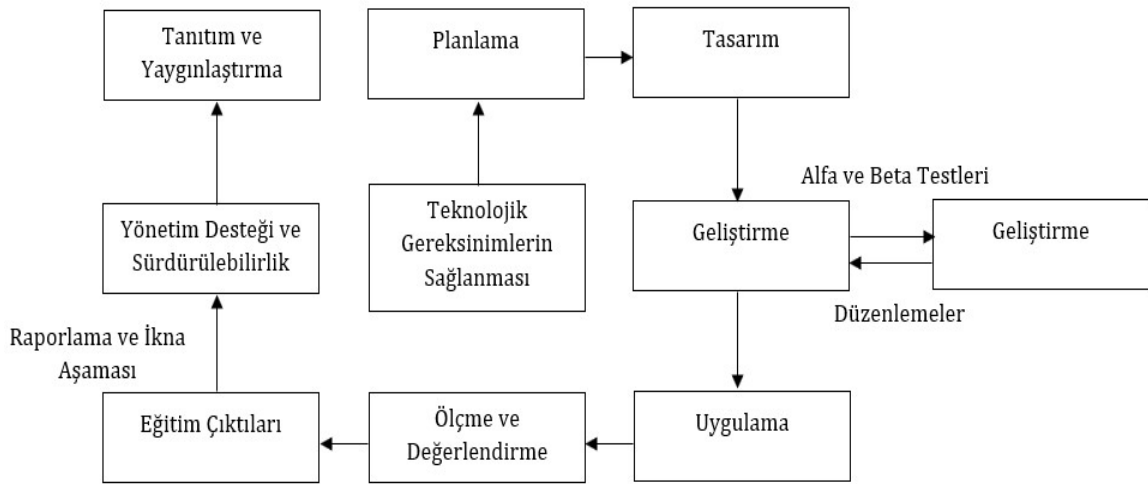
Şekil 2.4'teki VRID modelinin merkezindeki en küçük daire, öğretim tasarımı ve geliştirme sürecinin başlangıç noktasını işaret etmektedir. Modelde izlenen yol; en içteki halkada belirtilen görevleri, ardından makro stratejileri yani tasarım aşamalarını, daha sonra mikro stratejileri ve geliştirme aşamalarını ve son olarak en dış halkalardaki değerlendirme aşamalarını gerçekleştirmektir (Chen, 2009). Bununla birlikte, tüm bu aşamalar boyunca görevlerin gerçekleştirilmesi, modeli takip eden kişiye sürekli bir geri bildirim sağlamaktadır. Sonuç olarak, öğretim tasarımı süreci en içteki halkadan en dıştaki halkaya

doğru doğrusal olarak ilerlemek yerine alınan geri bildirimler sonucunda her halkadaki görevlerin tamamlanmasıyla gerçekleşmektedir (Chen, 2009).

Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamasının kullanıldığı bu çalışmada sanal gerçeklik ortamında gerçekleşecek öğretimin fiziksel sınıf ortamında gerçekleşen alışlagelmiş ğretim sürecinden farklı olabileceği dűřünűlműřtűr. Bu farklılıkların neler olabileceği ve hangi önlemlerin alınarak sürecin nasıl yönetileceği sorularına cevap bulabilmek için VRID modeli ereve olarak kullanılmıştır. Buna göre, çalışmadan önce kűűk bir grupla pilot çalışmalar yapılmış, katılımcılardan alınan dnűtler sonucunda sanal ortamdaki Metaverse uygulamasında iyileştirmeler yapılmış, ğretim sürecinde karşılaşılabilecek potansiyel sorunlar belirlenmiş ve destek araçları hazırlanmıştır.

2.1.6 Sanal Gerçeklik ğretim Tasarımı Modeli

Sanal Gerçeklik ğretim Tasarımı modeli, öğrencilerin sanal gerçeklik ortamlarında daha iyi ğrenebilmelerine rehberlik etmek amacıyla Tepe (2021) tarafından önerilen bir ğretim tasarımı modelidir. Sanal Gerçeklik ğretim Tasarımı modeli, öğretimsel hedeflerin belirlenmesi ile başlamaktadır (bkz. Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Sanal Gerçeklik ğretim Tasarımı modeli (Tepe, 2021)

Sanal gerçeklik ortamlarında öğrenme için, tasarlama ve geliştirme aşamalarından önce kavramları analiz etmek önemlidir (Salzman vd., 1999). Sanal gerçeklik tabanlı ğretim süreçlerinde, kapsam ve sınırlılıkların yanı sıra kullanılacak kaynaklar ve ğrenci

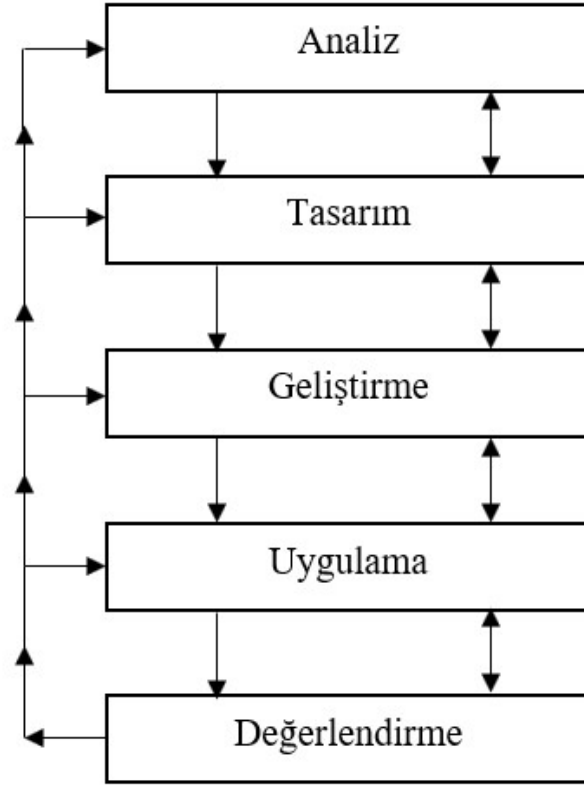
özelliklerinin tanımlanması da önerilmektedir (Alessi ve Trollip, 2001). Sanal gerçeklik ortamında öğrenme sürecinin nasıl ilerleyeceğini açıklayan bir senaryonun hazırlanması büyük önem taşır (Chen vd., 2004). Ayrıca uygulamada yer alan içeriklerin öğrenciler için öğretici ve aynı zamanda eğlenceli olacak şekilde etkileşime dayalı bir deneyim sunmasına özen gösterilmelidir. Geliştirme aşamasında, sanal gerçeklik ortamında kullanılacak metin, ses ve görseller tasarlanarak bir prototip oluşturulmalıdır. Hazırlanan bu prototipin testleri yapılarak proje ekibi tarafından incelenmeli ve karşılaşılan grafiksel ve yazılımsal hatalar düzeltilmelidir. Ardından, düzenlemeleri tamamlanan prototip, başka testler yapılarak alan uzmanları ve gerçek kullanıcılar tarafından test edilerek değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada, sanal ortamda Metaverse uygulamasının tasarlanması ve geliştirilmesi haricindeki öğretim süreci, Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı modelinin işaret ettiği süreçler gerçekleştirilerek yürütülmüştür. Öğretim ortamındaki uygulamadan önce teknolojik gereksinimler sağlanmış, öğretim süreci için planlama yapılmıştır. Bu süreç; tasarım, geliştirme, uygulama ve değerlendirme yapılarak devam etmiştir. Öğretim çıktıları, araştırmanın verilerinin toplandığı test ve ölçekler ile kontrol edilmiş ve bu süreç raporlaştırılmıştır. Teknolojik gereksinimlerin sağlanması aşamasından itibaren yönetim desteği alınmıştır. Sürdürülebilirlik, tanıtım ve yaygınlaştırma basamaklarının gerçekleştirilebilmesi için daha fazla zaman gerektiği düşünülmektedir.

2.1.7 ADDIE Modeli

ADDIE modeli; 1975 yılında ihtiyaçların analiz edilmesi, tasarımın planlanması, geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi için bir çerçeve yaklaşım olarak geliştirilmiştir. ADDIE modelinin temelinde öğrencilerin bilgi ve performans analizlerinin yapılarak eksikliklerin ve nedenlerinin belirlenmesi ile öğretim materyali geliştirilmesi süreçleri bulunmaktadır (Keith, 2021; Reiser ve Dempsey, 2007).

Molenda (2015), ADDIE modelini öğrenme ve öğretim materyalleri geliştirmek için kullanılan sistematik bir süreç olarak tanımlamıştır. Öğretim ihtiyaçlarını belirleme, öğrenci performansını değerlendirme ve uygun öğretim stratejilerini oluşturma sürecinde öğretim tasarımcılarına rehberlik etmeyi amaçlayan ADDIE modeli, Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6: ADDIE modeli (Grafinger, 1988'den aktaran Molenda, 2015)

ADDIE modelinin ilk aşaması olan analiz aşaması, öğretim sürecinin başlangıcında yer almakta ve öğretimin amacının net bir şekilde belirlenmesini sağlamaktadır. Bu aşamada hedef kitle, öğretim ihtiyaçları, mevcut beceriler ve öğretim kaynakları gibi faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Analiz aşaması, sürecin planlanması açısından kritik öneme sahip bir aşmadır (Deng, 2023; DeSimone vd., 2002; Molenda, 2015). Tasarım aşamasında, ihtiyaç analizi sürecinde elde edilen bulgulara dayanarak öğretim ve öğrenme süreci, tasarımın amaç ve hedeflerine uygun biçimde şekillendirilir (Campbell, 2014). Ne öğrenileceği, ihtiyaç analizi aşamasında belirlenirken, nasıl öğrenileceği ise tasarım aşamasında kararlaştırılmaktadır (McGriff, 2000). Geliştirme aşamasında, önceki aşamalarda oluşturulan tasarımlara dayalı olarak öğretim tasarımının hayata geçirilmesi sağlanmaktadır. Bu aşamada, öğretim materyalleri, içerikler ve araçlar oluşturulup test edilmekte, eksiklikler belirlenip gerekirse yenilenmektedir. Öğretim tasarımına son hali verilen geliştirme aşamasında tasarım sınanır ve düzeltme amaçlı kontroller yapılır (McGriff, 2000; Şimşek, 2014). Uygulama aşamasında, öğretim programının gerçek dünyada öğrencilere sunulması süreci yer almaktadır. Bu aşama, tasarım ve geliştirme

sürecinde ortaya çıkan materyallerin ve yöntemlerin uygulamaya konması süreçlerini içermektedir. Uygulama aşamasında araştırmacı aktif olarak rol almaktadır. Ayrıca öğrencilerin sürece aktif katılımları sağlanarak geri bildirimleri toplanmaktadır (DeSimone vd., 2002; Molenda, 2015; Şimşek, 2014). ADDIE modelinin son aşaması olan değerlendirme aşamasında, öğretim tasarımının etkililiği belirlenmekte ve geliştirilen tasarımın öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına ne düzeyde karşılık verdiği analiz edilmektedir. Bu aşamada ayrıca öğretim süreci boyunca ve öğretim süreci sonunda, uygulamanın kalitesi gözden geçirilir (DeSimone vd., 2002; Molenda, 2015). ADDIE modelinde, yalnızca öğretim çıktıları değil öğretim süreci de değerlendirilmekte ve hem biçimlendirici hem de düzey belirleme yaklaşımları bir arada uygulanmaktadır. Biçimlendirici değerlendirme, tasarım sürecini iyileştirmek amacıyla yapılırken, düzey belirleme yaklaşımı öğrencilerin hedeflere ulaşma derecelerini ölçmektedir.

Bu çalışmada sanal ortamda Metaverse uygulamasının tasarlanması ve geliştirilmesi için ADDIE modelinden yararlanılmıştır. Analiz aşamasında; ihtiyaç analizi, ortam analizi, hedef kitle analizi ve içerik analizi yapılmıştır. Tasarım aşamasında; öğretim süreci tasarımı, öğretim sürecinde yararlanılacak etkinliklerin ve soruların üç boyutlu tasarımı, Metaverse uygulamasının tasarımı ve öğrencilerin Metaverse uygulamasını daha rahat kullanmalarını sağlayacak uyum eğitimi sürecinin tasarımı yapılmıştır. Geliştirme aşamasında etkinlikler modellenmiş ve sanal gerçeklik ortamı oluşturulmuştur. Uygulama aşamasında, geliştirilen ortam kullanılarak öğrenme hedeflerine ulaşmak amacıyla öğretim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme aşamasında, geometri öğretimi için geliştirilen Metaverse uygulamasının etkililiği değerlendirilmiştir.

2.1.8 Yenilenmiş Bloom Taksonomisi

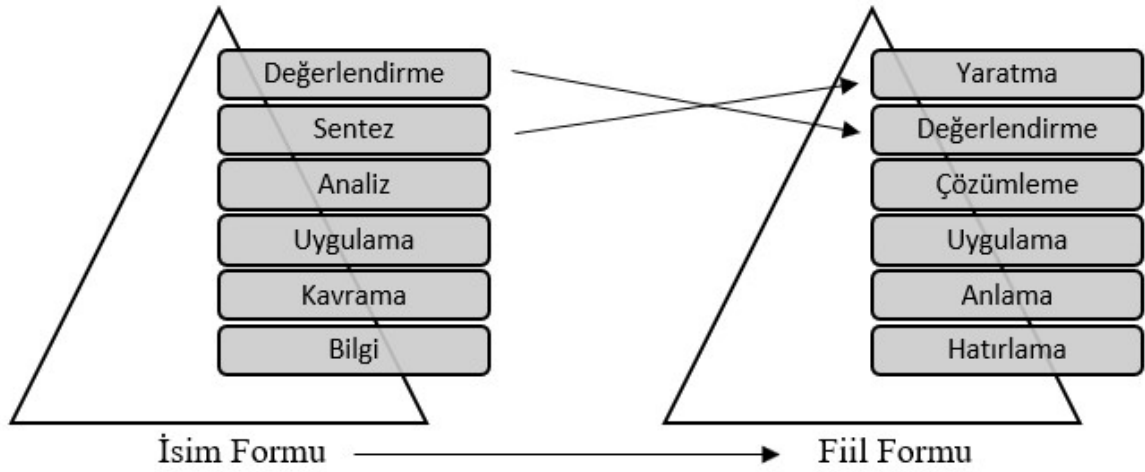
Bloom Taksonomisi, uzun yıllar boyunca eğitimde yaygın olarak kullanılmış ve ihtiyaçlara yeterli şekilde yanıt vermiştir. Ancak teknolojinin hızlı ilerlemesi, çağın gerektirdiği değişimler ve öğretimden beklenen hedeflerin farklılaşmasıyla birlikte bu taksonominin güncellenmesine olan ihtiyaç artmıştır. 2001 yılında, Bloom'un öğrencisi olan Krathwohl ve Anderson, taksonomi üzerinde çalışmalar yaparak onu yeniden düzenlemiş ve yenilenmiş Bloom taksonomisi adıyla literatüre kazandırmıştır (Bümen, 2010).

Anderson ve Krathwohl, Bloom taksonomisini günümüz öğretim anlayışına uygun hale getirmek amacıyla yenilemişlerdir (Huitt, 2009). Ayrıca Bloom Taksonomisinde yer alan

basamaklarda gerçekleştirilmesi gerekenlerin tamamlanmadan bir üst basamağa geçilememesinin sert bir fikir olduğu düşünülüp eleştirilmesi, analiz ve değerlendirme basamaklarıyla ilgili farklı düşüncelerin bulunması, bilişsel süreçlerin tek bir boyutta yer alarak basitten karmaşığa giden yönde sıralanması ve taksonominin bireysel farklılıkları ihmal ettiğinin düşünülmesi, yenilenmiş Bloom taksonomisinin ortaya çıkmasının nedenleridir (Bümen, 2010; Tuğrul, 2002; Tutkun ve Okay, 2011). Bu yenileme ile taksonomideki basamakların adları isim durumundan eylem belirten kelimelere dönüştürülmüş ve taksonominin son iki basamağının sıralamadaki yerleri değiştirilmiştir. Krathwohl (2002)'a göre yenilenmiş taksonomi, yapısal yenilikler sunarak öğretimin planlanması sürecinin güncellenmesini sağlamıştır. Bütün basamakların içeriği, kapsamlı ve anlaşılır hale getirilmiştir. Bloom taksonomisindeki bilgi basamağı eylem ve isim özelliğini aynı anda taşıırken yenilenmiş Bloom taksonomisinde bu çelişki giderilerek isim ve eylem boyutları iki ayrı biçimde ele alınmıştır. İsim ögesi, taksonominin bilgi boyutunu tanımlarken, eylem ögesi ise taksonominin bilişsel süreç boyutunu tanımlamıştır. Orijinal taksonomi, öğretim hedeflerini bilgi, kavrama, uygulama, analiz, sentez ve değerlendirme basamaklarında sınıflandıran tek boyutlu bir çerçeve sunmuştur. Ancak yenilenmiş taksonomi, bilişsel süreçler boyutu ve bilgi boyutu olmak üzere iki boyutlu bir yapı sunmaktadır. Bu yenilik, günümüz öğretim anlayışlarıyla daha ilgili ve uygulanabilir bir çerçeve oluşturmuştur (Crowe vd., 2008; Pizà Mir, 2022; Öztürk, 2021; Öztürk vd., 2020; Tuma ve Nassar, 2021).

2.1.8.1 Yenilenmiş Bloom Taksonomisinin Boyutları

Şekil 2.7'de orijinal Bloom taksonomisi ile yenilenmiş Bloom taksonomisinin basamaklarının bir karşılaştırması yer almaktadır (Wilson, 2001).



Şekil 2.7: Orijinal ve yenilenmiş Bloom taksonomileri (Wilson, 2001)

Şekil 2.7 incelendiğinde orijinal Bloom taksonomisindeki bazı basamakların yerlerinin ve isimlerinin değiştirilerek Yenilenmiş Bloom Taksonomisi olarak yeni halini aldığı görülebilir. Orijinal taksonomide yer alan bilgi basamağının ismi hatırlama olarak, kavrama basamağının ismi anlama olarak, analiz basamağının ismi çözümleme olarak, sentez basamağının ismi ise yaratma olarak isim formundan fiil formuna dönüştürülürken uygulama ve değerlendirme basamakları fiil formunda olduklarından basamakların orijinal taksonomideki isimleri korumuştur. Sentez ve değerlendirme basamaklarının sıralaması ise yer değiştirmiştir.

Hatırlama basamağı, bilgiyi hafızadan temel olarak geri getirmeyi, kavramları ve bilgileri tanıma veya hatırlama gibi becerileri gerektiren basamaktır (Krathwohl, 2002). Bu basamakta öğretmen, öğrencilerden bir kümenin elemanlarını listelemelerini ya da bir konudaki anahtar terimleri tanımlamalarını isteyebilir. Cook vd. (2013), öğretim ortamlarında başarılı öğrenci performansının, özellikle öğrenmenin ilk aşamalarında bilgiyi hatırlama yeteneğine büyük ölçüde bağlı olduğunu ifade etmiştir.

Anlama basamağı, öğrencilerin materyali anladıklarını gösterdikleri, kavramları yorumlama, özetleme ya da kendi kelimeleriyle açıklama gibi becerileri sergiledikleri basamaktır (Krathwohl, 2002). Bu basamakta, öğrencilerden bir konunun günlük yaşamdaki önemini açıklamaları veya bir bilimsel teoriyi özetlemeleri istenebilir. Bu basamak, öğrencilerin sadece bilgiyi ezberlemelerini önlemek için değil, aynı zamanda anlamını ve sonuçlarını

kavramalarını sağlamak için gereklidir. Zgheib ve Dabbagh (2020), öğrenenlerin içerikle anlamlı bir şekilde etkileşim kurmalarını sağlayarak daha derin öğrenme deneyimleri yaşadıkları bu basamağın kritik bir adım olduğunu vurgulamıştır.

Uygulama basamağı, bilgiyi yeni durumlarda kullanmayı, sorunları çözmeyi, deneyler yapmayı veya teorileri gerçek dünya senaryolarına uygulamayı gerektiren basamaktır (Krathwohl, 2002). Bu basamakta öğrencilerden matematiksel formülleri kullanarak günlük yaşam problemlerini çözmeleri ya da bilimsel teorileri gerçek bir problem senaryosunda uygulamaları istenebilir. Çünkü teorik bilgiyi uygulamaya geçirmek, genellikle üst düzey düşünme becerilerinin öncüsü niteliğindedir (Lau vd., 2002).

Çözümleme basamağı, öğrenenlerin bilgiyi bileşenlerine ayırmalarını ve yapısını anlamalarını, ilişkileri incelemelerini ve fikirler arasında bağlantı kurmalarını gerektiren basamaktır (Krathwohl, 2002). Örneğin, öğrencilerden bir teoremin ispatını yapmaları için teoriyi analiz etmeleri ya da bir bilimsel çalışmanın metodolojisini değerlendirmek için çalışmayı analiz etmeleri istenebilir. Bu basamak, öğrencilerin içerikle daha derin ve eleştirel bir şekilde etkileşim kurmalarını teşvik ettiği için eleştirel düşünme becerilerini geliştirmek açısından önemlidir. Adams (2015), çözümleme basamağının, öğrencilerin argümanların etkililiğini ve bilgilerin geçerliliğini değerlendirmelerini sağlayan üst düzey bilişsel beceriler içerdiğini belirtmektedir.

Değerlendirme basamağı, belli kriterlere ve standartlara dayalı yargılarda bulunmayı, bir sanat eserini eleştirmeyi, bir argümanın geçerliliğini değerlendirmeyi ya da bir soruna bulunan çözümün etkililiğini incelemeyi gerektiren basamaktır (Krathwohl, 2002). Örneğin, öğrencilerden farklı bilimsel teorilerin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmeleri istenebilir. Krathwohl'a (2002) göre değerlendirme basamağı, öğrenenlerin çeşitli kaynaklardan bilgi sentezleyerek bilinçli yargılarda bulunmalarını gerektiren karmaşık bir bilişsel süreçtir.

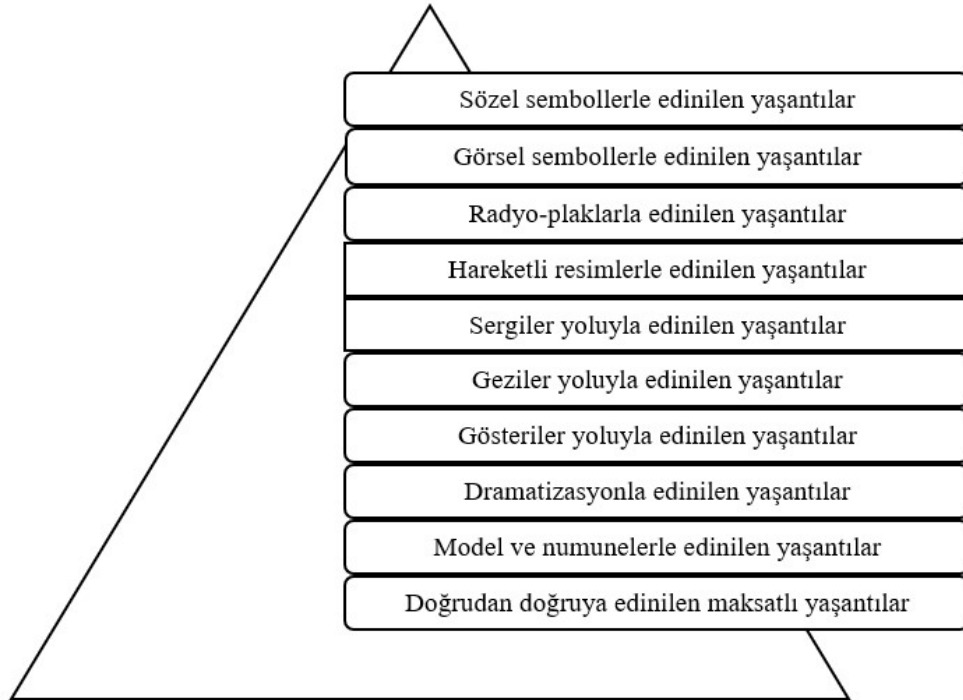
En üst seviyede yer alan yaratma basamağı, öğrencilerin yeni fikirler ya da ürünler üretmek için bilgiyi sentezlemelerini, yeni bir deney tasarımlarını ya da bir teori ortaya koymalarını gerektirir. Bu basamakta öğrencilerden, bilgi ve becerilerini yenilik yapmak ve özgün çalışmalar ortaya koymak için kullanmaları beklenmektedir (Krathwohl, 2002). Öztürk (2021), yaratma basamağında konunun derin bir şekilde anlaşılmasının ve öğrencilerin

benzersiz bakış açılarını ifade etmelerine olanak tanınması gerektiğinin önemini vurgulamıştır.

Bu çalışmadaki veri toplama araçları arasında olan geometri dersi başarı testinin geliştirilmesinde, yenilenmiş Bloom taksonomisinden yararlanılmıştır. Geometri başarı testinin geliştirilmesi aşamasında soru havuzu oluşturulurken, soruların birden fazla ancak olabildiğince üst düzey bilişsel süreçler içermesi tercih edilmiştir. Veri toplama araçları bölümündeki Tablo 3.4'teki geometri başarı testi belirtke tablosunda, geometri başarı testi soru havuzunda bulunan hangi maddelerin hangi Yenilenmiş Bloom Taksonomisi basamağında buldukları yer almaktadır.

2.1.9 Edgar Dale'in Yaşantı Konisi

Edgar Dale'in Yaşantı Konisi, çeşitli eğitim araçlarının ve deneyimlerin öğrenmeyi nasıl kolaylaştırdığına dair bir çerçeve sunmaktadır (Priyatna vd., 2019). Bu çerçeve, birden fazla duyunun dahil olduğu öğrenme deneyimlerinin bilgiyi kalıcı hale getirdiğini ve böylece öğrenme ve hafıza sürecini geliştirdiğini öne sürmektedir (Nazarnia ve Subramaniam, 2016; Putri vd., 2023).



Şekil 2.8: Edgar Dale'in Yaşantı Konisi (Dale, 1969)

Öğrenme deneyimlerinin bir hiyerarşi içinde sunulduğu yaşantı konisinin görsel temsilde doğrudan somut deneyimler en altta yer alırken soyut temsiller en üstte bulunmaktadır (Astuti ve Purnamayanti, 2022). Koninin üst kısımlarında görsel-işitsel materyaller, gösterimler ve sözel semboller öğrenme aracı olarak kullanılmakta ve öğrenme deneyimleri daha soyut biçimde gerçekleşmektedir. Öğrencilerin doğrudan deneyimlediği uygulamalı etkinlikler ve simülasyonların yer aldığı koninin en alt seviyelerindeki deneyimlerin en yüksek seviyede bilgi kalıcılığı sağladığı düşünülmektedir. Koninin yapısı, öğrenme sürecine ne kadar fazla duyu katılırsa öğrenme deneyiminin o kadar etkili olacağını göstermektedir (Liu, 2024). Yapılan çalışmalar, eğitimde görsel-dijital araçların kullanılmasının yalnızca okumaya veya dinlemeye dayalı alışılmış yöntemlere kıyasla bilginin kalıcılığını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Davis ve Summers, 2015; Putri vd., 2023).

Edgar Dale'in yaşantı konisinin en alt bölümünde yer alan simülasyonlar yoluyla gerçekleştirilen deneysel öğrenmenin, pasif öğrenme yöntemlerine kıyasla öğrenme eğrisini daha verimli hale getirdiği gösterilmiştir (Cecep vd., 2024; Gaikwad vd, 2017; Nazarnia ve Subramaniam, 2016). Aktif öğrenme deneyimi, öğrencilerin doğrudan deneyimler yoluyla öğrenmeye dahil edilmesini savunan yenilikçi eğitim paradigmalarıyla da uyumludur (Liu, 2024).

Edgar Dale'in Yaşantı Konisi, eğitimcilerin etkili öğrenme süreçleri tasarlamalarına yardımcı olabilecek çoklu duyuşsal etkileşimin ve somuttan soyuta doğru ilerleyen bir öğrenme sürecinin yer aldığı bir çerçeve sunmaktadır. Geometri öğretimini sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse etkinlikleriyle gerçekleştirmek, yaşantı konisinin en alt basamaklarındaki deneyimlerin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Çünkü sanal ortamlar, öğrencilere etkileşimli ve deneysel öğrenme fırsatları sunmaktadır. Öğrenciler, oldukça gerçekçi tasarlanabilecek bir sanal ortamda üç boyutlu geometrik şekilleri doğrudan manipüle edebildiği, bu şekilleri döndürme, parçalarına ayırma veya birleştirme işlemleri yapabildiği için bu tür etkinlikler, koninin en alt basamağındaki doğrudan doğruya maksatlı yaşantılar basamağıyla uyumludur ve öğrencilerin yalnızca teorik bilgileri öğrenmesini değil, aynı zamanda bu bilgileri gerçek hayatta nasıl kullanabileceklerini anlamalarını sağlamaktadır.

2.2 Alanyazın Taraması

Bu bölümde araştırma konusuyla ilgili alanyazın incelemesine yer verilmiştir. Yapılan alanyazın incelemesi; Öğretimde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar, Matematik Öğretiminde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar, Öğretimde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar ve Matematik Öğretiminde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar başlıkları altında ele alınarak açıklanmıştır.

2.2.1 Öğretimde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, eğitim ve öğretim alanında gerçekleştirilmiş sanal gerçeklik konusunu içeren çalışmalara yer verilmiştir. Öğretimde sanal gerçeklik konusunda yapılmış çalışmaların amaçları belirtilerek ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

Öğretimde sanal gerçeklikle ilgili yapılan çalışmalarda, sanal gerçeklik tabanlı öğrenme ortamlarının hali hazırda kullanılan alışlagelmiş yöntemlere kıyasla daha etkili olduğu, öğrencilerin yaratıcılık, liderlik ve aktif öğrenme gibi becerilerini geliştirdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, sanat tarihi, moleküler biyoloji, astronomi ve adli bilimler gibi farklı disiplinlerde sanal gerçeklik uygulamalarının etkili olduğu görülmüştür. Çalışmalar, sanal gerçeklik teknolojisinin etkileşimli, keşfedici ve uygulamalı öğrenme deneyimleri sunarak öğretim sürecine önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur.

Başaran (2010), sanal gerçekliğin öğretimde kullanılmasına ilişkin üniversitede öğrenim gören 202 öğrencinin görüşlerini anket yardımıyla incelediği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda sanal gerçekliğin öğrenciler için ilgi çekici olduğu, öğrencilerin derste aktif olmalarını sağladığı, görsel yolla öğrenen öğrenciler için daha uygun olduğu, konuyu anlamaya yardımcı olduğu, hızlı ve anlamlı öğrenmeyi sağladığı ve derse konsantre olmayı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çoruh (2011) gerçekleştirdiği çalışmada, öğrenme modeli olarak sanal gerçeklik uygulamalarından yararlanmış ve bu uygulamaların öğrencilerin akademik başarıları ile bilginin kalıcılığı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Deneysel desende gerçekleştirilmiş çalışmada, mimarlık fakültesinde ve güzel sanatlar fakültesinde verilen sanat tarihi dersine yönelik olarak sanal gerçeklik uygulamaları geliştirilmiştir. Bu süreçte mimari yapıların fotoğrafları çekilmiş, üç boyutlu modelleri tasarlanmış ve bu tasarımlar bir oyun motoruna aktarılmıştır. Araştırma bulguları, sanal gerçeklik ortamında gerçekleşen öğretimin,

geleneksel öğretim yöntemine kıyasla akademik başarıyı ve kalıcılığı artırdığını göstermiştir. Ayrıca tutum ölçeğinden elde edilen veriler incelendiğinde öğrencilerin birçoğunun öğrenme sürecinde sanal gerçeklik kullanılmasının önemli olduğu ve derslerinde tamamlayıcı bir nitelik taşıdığı görüşünde birleştiği belirlenmiştir.

Keskitalo (2012), sağlık eğitimi alanında birinci sınıf öğrencisi olan 97 katılımcının, sanal gerçeklik ortamlarında eğitim ve öğretime ilişkin beklentilerini analiz etmek amacıyla bir araştırma gerçekleştirmiştir. Çalışmada ayrıca öğrencilerin eğitmenlere yönelik beklentileri ile akademik benlik algıları değerlendirilmiştir. Araştırma verileri, 2009 bahar döneminde Finlandiya'daki iki farklı üniversitede toplanmış ve anket yöntemi kullanılmıştır. Nitel ve nicel analiz yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bu çalışmada, öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında dizayn edilmiş öğretim sürecine ilişkin beklentilerinin yüksek olduğu ortaya konmuştur. Özellikle yaşça daha büyük öğrencilerde bu beklentilerin daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Crouch (2014), tasarladığı sanal gerçeklik oyununun, öğrencilerin fizik yasalarını öğrenmelerine ve fen dersine yönelik tutumlarına etkisini incelemiştir. Araştırma, fiziksel bir bilim müzesinin simüle edildiği sanal bir ortamda iki hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, tasarlanan sanal gerçeklik oyununun fizik yasalarının öğrenilmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladığını göstermiştir. Bununla birlikte, öğrencilerin fen dersine yönelik tutum puanlarında benzer bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Araştırma, gelecekteki sanal gerçeklik oyunlarının teknik unsurlarının ve oyun sürelerinin dikkatle belirlenmesi yönünde önerilerde bulunmuştur.

Tan ve Waugh (2014), ortaokul öğrencilerinin DNA, protein ve hücresel yapıları üç boyutlu olarak keşfedebilmelerini sağlamak amacıyla bir sanal gerçeklik ortamı geliştirmiştir. Deneysel desenin kullanıldığı çalışmada, öğrencilerin moleküler yapıları ve bu yapıların arasındaki etkileşimlerin neler olduğunu öğrenmelerine yönelik web tabanlı bir sanal gerçeklik ortamı hazırlanmıştır. Sonuçlar, geleneksel modellerin ve diyagramların moleküler biyolojik süreçleri temsil etmede yetersiz kaldığını ortaya koyarken, sanal gerçeklik ortamlarının öğrencilerin derse bağlılığını artırdığı ve öğrenme başarılarını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.

Hussein ve Nätterdal (2015), eğitsel amaçla tasarlanan sanal gerçeklik uygulamalarının faydalarını eğitsel amaçla kullanılan mobil uygulamaların faydalarıyla karşılaştıran bir çalışma gerçekleştirmiştir. Gök cisimlerinin öğrenilmesi için geliştirilen bir sanal gerçeklik uygulaması ile 20 öğrenci ve 5 öğretmenin katılımıyla yapılan araştırmada, nitel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bulgular, sanal gerçeklik teknolojisinin özellikle etkileşim gerektiren konular için etkili olduğunu ve mobil uygulamaların aktif öğrenmeye sağladığı katkılardan daha fazla katkı sağladığını göstermiştir.

Tüzün vd. (2016), üç boyutlu sanal ortamların, katılımcıların buradalık algılarına etkisini incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, 24 üniversite öğrencisi ile yapılan görüşmelerden nitel veriler elde edilirken, sosyal buradalık ölçeği kullanılarak nicel veriler toplanmıştır. Araştırma sonuçları, katılımcıların buradalık düzeylerinin orta düzeyin üzerinde olduğunu ve bu düzeyin cinsiyete göre farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Ayrıca katılımcıların görüşleri doğrultusunda buradalık hissini destekleyen çok kullanıcı sanal ortam özellikleri belirlenmiştir.

Cardwell vd. (2017), olay yeri inceleme tekniklerini öğretmek amacıyla bir üniversitede adli bilim alanında sanal gerçeklik teknolojisini kullanmıştır. Bu çalışmada, olay yeri incelemenin simüle edildiği bir sanal gerçeklik uygulaması geliştirilmiş ve uygulanabilirliği öğrenci görüşleri ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, sanal gerçeklik ortamındaki olay yeri inceleme uygulamasının etkileşimli öğrenme deneyimleri sunmada etkili bir araç olabileceğini göstermiştir.

Kaleci vd. (2017), sanal gerçeklik uygulamalarında karşılaşılabilecek sorunları tespit etmek ve bu sorunlara yönelik olası çözümleri belirleyebilmek amacıyla 20 üniversite öğrencisinin katılımıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sanal gerçeklik ortamlarına yönelik kullanıcı görüşlerini aldıkları çalışmalarında kullanıcılar, görüşlerini çeşitli temalar altında belirtmiştir. Kullanıcıların, sanal gerçeklik uygulamalarının farklı alanlarda uygulanabilirliğinin yüksek olduğunu belirttikleri, sanal gerçeklik uygulamalarıyla ilgili olumlu ve olumsuz deneyim yaşadıkları, eğitim ve öğretime katkı ve derse karşı motivasyonu artırma amaçlı sanal gerçeklik uygulamalarından yararlanılabileceğini ve iyileştirilmesi gereken yönleri olduğunu belirttikleri görülmüştür.

Lin vd. (2017), buluş yoluyla öğrenmeye yönelik olarak tasarlanmış bir sanal gerçeklik uygulamasının, öğrencilerin yaratıcılık ve liderlik becerileri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneysel desende gerçekleştirilen çalışma, Tayvan'daki bir üniversitede öğrenim gören toplam 104 öğrencinin katılımıyla yürütülmüştür. Araştırma bulguları, buluş yoluyla öğrenmenin öğrencilerin yaratıcılığı üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu ve liderlik becerilerini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca sanal gerçeklik ortamı ile keşfedici öğretimin bir araya gelmesinin yaratıcılık ve liderlik becerilerini en yüksek seviyede desteklediği tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, teknolojinin öğretimde yaratıcılık ve liderlik becerilerinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir.

Tepe (2019), biçimlendirici araştırma yönteminin tasarım vakası alt yöntemini kullanarak gerçekleştirdiği çalışmasında, başa takılı görüntüleyicilerle desteklenmiş sanal gerçeklik uygulamalarının ders materyali olarak etkililiğini araştırmıştır. Çalışma, 96 öğrencinin katılımıyla yapılmış, deney grubunda ve karşılaştırma gruplarında ders başarılarının istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı görülmüştür. Katılımcılar, sanal gerçeklik uygulamalarına yönelik olumlu görüşlerini belirtmiş ve bu uygulamaların deney gruplarındaki öğrencilerde yüksek düzeyde bir buradalık algısı oluşturduğu sonucuna ulaşmıştır.

An vd. (2020), sanal gerçeklik tabanlı öğretimlerin öğrenciler üzerinde ne gibi etkileri olduğunu incelemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında çeşitli araştırma raporlarını ve makaleleri incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, sanal gerçeklik tabanlı öğretimin; serbest hareketin, fiziksel ve duyuşsal etkileşimlerin geliştirilmesi yoluyla daha gerçekçi bir deneyime yol açtığı, öğrencilere öğrenme deneyimini derinleştirmek ve genişletmek için üç boyutlu ve gerçekçi bir ortam sağladığı, sınırlılıkları arasında ise hareket hastalığına neden olma, gözlerde rahatsızlığa neden olma ve içerik eksikliği olduğu belirtilmiştir.

Soroko vd. (2021) çalışmalarında, öğretmenlerin Fen, Teknoloji, Mühendislik, Sanat ve Matematik (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics [STEAM]) odaklı bir öğrenme ortamı oluşturmak için sanal gerçekliği kullanma yaklaşımlarını ve anlamlarını analiz etmeyi ve STEAM öğretiminin uygulanması ve geliştirilmesi için sanal gerçekliğin temel gerekliliklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada ortaöğretim öğrencileri için dışbükey aynalar ve bunların özel görüş ve insan güvenliği açısından önemi hakkında bir

öğretim projesi önerilmiştir. Çalışmada öğretmenlerin, öğrencilerin yeni teknolojileri kullanarak öğrenmeyle ilgili kaynakları doğru bir şekilde seçebilmeleri için yeni metodolojilerin tanıtılmasında kilit rol oynadıkları, sanal gerçekliğin yalnızca öğrenme sürecinde değil aynı zamanda öğrencilerin günlük yaşamındaki bireysel yaratıcılıkları için bir ilham kaynağı olduğu, yaratıcı düşünmeyi teşvik ettiği ve öğrencilerin STEAM derslerine yönelik motivasyonlarının arttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Mado vd. (2022), COVID-19 salgınının, öğrencilerin evde sanal gerçeklik kullanımını ne ölçüde etkilediğini, sanal gerçekliğin uzaktan eğitim koşullarında nasıl yenilikçi bir rol oynayabileceğini ve öğrencilerin sanal gerçeklik kullanarak uzaktan öğrenmesini engelleyebilecek zorlukların neler olduğunu araştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 17 yaşına kadar olan öğrenciler ve öğrencilerin velileri olan 311 katılımcıdan anket yoluyla veri toplanmıştır. Çalışmada, COVID-19 karantina önlemlerinin başlamasından sonra öğrencilerin sanal gerçeklik kullanımında önemli derece artış olduğu, sanal gerçekliğin çocukların sosyo-duygusal öğrenmesinde önemli bir rol oynayabileceği, öğrenciler için uygun öğretimsel sanal gerçeklik içeriği bulma konusunda zorluklar yaşandığı belirlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin annelerinin fiziksel rahatsızlıklar, oyun oynamaya karşı olumsuz tutumlar ve sanal gerçekliğin sürükleyici nitelikleriyle ilgili endişeleri nedeniyle çocuklarının sanal gerçeklik kullanmasını istemedikleri sonuçlarına ulaşılmıştır.

Silva Díaz vd. (2023), STEM öğretiminde farklı teknolojik kaynakları öğretim amaçlı kullanmak için gerekli becerileri ve bilgiyi geliştirmek amacıyla tasarım tabanlı araştırma ve karma yöntem yaklaşımlarıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında, 10 üniversite öğrencisine 23 çoktan seçmeli sorunun yer aldığı anket uygulanmış ve 4 açık uçlu soru yardımıyla görüşmeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, öğrencilerin öğretimde teknoloji kullanımına yönelik olumlu tutum sergiledikleri, eğlence ve öğretim amaçlı artırılmış ve sanal gerçeklik kullanımının artması gerektiği, sanal gerçeklik teknolojisinin öğrencilerin derste kendilerine olan güvenlerini artırdığı ve ilköğretimde STEM öğrenimi için bir kaynak olarak sanal gerçeklik kullanımının önemli görüldüğü tespit edilmiştir.

Frewen vd. (2024), COVID-19 salgını döneminde önceden kaydedilmiş 360° videolar kullanılarak psikolojinin eş zamanlı olmayan çevrimiçi öğretimi sırasında tatmin edici ve sürükleyici bir mekansal-zamansal varlık deneyimi oluşturmak için sanal gerçeklik

kullanımının etkilerini belirlemeyi amaçladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 53 lisans öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilen ve meditasyon ile psikobiyoloji konularının akıllı telefon, bilgisayar ve sanal gerçeklik cihazları kullanılarak aktarıldığı çalışmada öğrenciler, sanal gerçekliğe maruz kaldıklarında kontrol koşuluna göre daha yüksek memnuniyet ve olumlu etki ile ilgili düşünceler bildirmişlerdir. Ancak akıllı telefon ya da bilgisayar ve sanal gerçeklik cihazları arasında öğretim sonrası bilgi sınavı puanlarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Öğretimde sanal gerçeklik kullanımıyla ilgili alanyazında ulaşılabilen çalışmalar genel hatlarıyla incelendiğinde sanal gerçeklik tabanlı öğrenme ortamlarının geleneksel yöntemlere kıyasla öğrencilerin akademik başarılarını ve bilgi kalıcılığını artırdığı görülmüştür. Ayrıca bu teknolojinin yaratıcı düşünme, liderlik, problem çözme ve aktif öğrenme gibi becerileri desteklediği vurgulanmıştır. Farklı disiplinlerde gerçekleştirilen uygulamalar, sanal gerçekliğin derse katılımı artırdığını ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sunduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, öğrencilerin derse olan ilgilerini ve motivasyonlarını artırdığı, özellikle görselleştirme gerektiren konuların daha iyi anlaşılmasını sağladığı belirlenmiştir. Ancak hareket hastalığı ve içerik eksikliği gibi teknik sınırlamalar ve cihazların erişilebilirliğine dair bazı zorluklar da dile getirilmiştir. Genel olarak, sanal gerçeklik teknolojisinin öğretimde etkili bir araç olduğu ve öğrencilerin deneyimlerini derinleştirerek öğrenme süreçlerine değer kattığı sonucuna ulaşılmıştır.

2.2.2 Matematik Öğretiminde Sanal Gerçeklikle İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, matematik öğretiminde sanal gerçeklik konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Matematik öğretiminde sanal gerçeklik konusunda yapılmış çalışmaların amaçları belirtilerek ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

Matematik öğretiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan çalışmalar, sanal gerçeklik teknolojisinin matematik ve geometri öğrenimine önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Matematik öğretiminde sanal gerçeklik kullanımının problem çözme ve görselleştirme becerilerini geliştirdiği, teorik bilgileri daha anlaşılır hale getirdiği, akademik başarıda artışa neden olduğu ve dikkat çekici bir öğrenme ortamı sunarak derse yönelik motivasyonu artırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Keskin (2017) tarafından 214 öğretmen adayının katılımıyla gerçekleştirilen çalışmada, öğretimde sanal gerçeklik kullanımı hakkında matematik öğretmeni adaylarının ne düşündüklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, öğretmen adaylarının sanal gerçekliğin görselleştirme becerilerini geliştirdiği, teorik bilgileri daha kolay anlamayı sağladığı ve dikkat çekici bir öğrenme ortamı sunduğu yönünde görüş bildirdiği tespit edilmiştir.

Altun ve Kahveci (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sanal gerçeklik destekli öğretim materyalinin öğrencilerin geometrik cisimlerle ilgili alan ve hacim sorularına doğru yanıt verme becerileri üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Çalışmanın bulguları, sanal gerçeklik uygulamalarının dikkat ve öğrenme sorunları yaşayan öğrencilerin belirli bir konuya odaklanmalarını ve dikkatlerini sürdürmelerini desteklediğini ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra, sanal gerçeklik teknolojisinin eğlenceli uygulamalar sunarak öğrenciler üzerinde olumlu etkiler yarattığı vurgulanmıştır.

Hsu (2021), masaüstü tabanlı bir sanal gerçeklik gözlüğü (Htc Vive) ve hepsi bir arada bir sanal gerçeklik gözlüğü (Htc Vive Focus) kullanarak öğrencilerin öğrenmeleri üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçladığı çalışmasında, 30'u deney grubunda 12'si kontrol grubunda olmak üzere 42 öğrenciden nicel veriler toplamış ve aynı öğrencilerle görüşmeler yaparak nitel veriler toplamıştır. Tüm araştırma sürecinin 150 dakika sürdüğü belirtilen araştırmanın hem öğretim sürecine hem de anket tasarımına, Bloom Taksonomisinin ilk dört basamağı dahil edilmiştir. Araştırmanın bulguları, her iki gruptaki öğrenme etkinliği sonucunda öğrencilerin öğrenmelerinde deneyden önce ve sonra anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Öğrencilerle yapılan görüşmelerden, sanal gerçeklikle desteklenen öğretim materyallerinin olumlu karşılandığı ve sanal gerçeklikle desteklenen öğrenme etkinliklerinin daha etkili olduğunun düşünüldüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Su vd. (2022), sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak sanal gerçeklik içinde geometri öğrenme uygulaması geliştirmek ve öğrencilerin teknolojiye olan kabul düzeyi, öğrenme motivasyonu ve performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, üçgen piramit ve koni hacmini hesaplamayla ve üçgen ağırlık merkezi bulmayla ilgili öğretim gerçekleştirmişlerdir. Sanal gerçeklik uygulamasıyla yapılan öğretim sonucunda, öğrencilerin öğrenme motivasyonu ve performansı önemli ölçüde artmıştır. Öğrenciler, sanal gerçeklik uygulaması sayesinde yeni konuları anlamakta kendilerine daha fazla

güvendiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca öğrencilerin teknoloji kabul seviyelerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Arwin vd. (2023), beşinci sınıfta öğrenim gören 200 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirdikleri yarı deneysel çalışmalarında, ilkökul öğrencilerinin geometri becerilerinin sanal gerçeklik kullanımından nasıl etkilendiğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın sonucunda sanal gerçeklikle tasarlanan matematik oyunları aracılığıyla öğrenim gören öğrencilerin, alışlagelmiş öğrenme yöntemlerini kullananlara kıyasla başarı testlerinde daha iyi performans gösterdikleri ve öğrencilerin sanal gerçeklik uygulamalarını kullanarak matematiksel kavramları daha iyi anlayabilecekleri tespit edilmiştir.

Çakıroğlu vd. (2024), hem öğretimde sanal gerçeklik hem de gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımlarını sanal gerçekçi matematik eğitimi olarak birleştirerek ele aldıkları çalışmalarında, öğrencilerin matematik okuryazarlığı becerilerini geliştirmek için sanal araçları kullanmanın potansiyelini araştırmayı amaçlamışlardır. Altıncı sınıfta öğrenim gören 20 öğrencinin katılımıyla gerçekleşen çalışmanın sonucunda sanal gerçeklik kullanımının, gerçekçi matematik eğitimi için yaratıcı ve esnek problem çözme senaryoları oluşturmada etkili olduğu, öğrencilerin işbirlikçi bir şekilde çalışmasına olanak sağladığı, öğrencilerin tahminlerde bulunarak ve problemlerin çözümlerini yorumlayarak yeni alanları keşfetmelerine yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sanal araçların, matematik okuryazarlığını geliştirmek için gerçekçi matematik eğitime başarılı bir şekilde entegre edilebileceği belirtilmiştir.

Matematik öğretiminde sanal gerçeklik kullanımıyla ilgili alanyazında ulaşılabilen çalışmalar genel hatlarıyla incelendiğinde matematik öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımının, öğrencilerin problem çözme ve görselleştirme becerilerini geliştirirken teorik bilgileri daha anlaşılır hale getirdiği, akademik başarıyı artırdığı ve motivasyonu güçlendiren dikkat çekici bir öğrenme ortamı sunduğu görülmüştür. Sanal gerçeklik teknolojisinin, özellikle geometri öğreniminde öğrencilerin dikkatlerini belirli bir konuya odaklamalarını sağladığı, öğrenme süreçlerini eğlenceli hale getirerek olumlu etkiler yarattığı ve öğrenme etkinliklerini alışlagelmiş yöntemlerle birleştirerek daha etkili sonuçlar elde edilmesine olanak tanıdığı belirtilmiştir. Ayrıca sanal gerçeklik uygulamaları, öğrencilerin öğrenme motivasyonlarını artırmış, matematiksel kavramları öğrenmelerinde

etkili olmuş, yaratıcı ve esnek problem çözme senaryoları oluşturarak matematik okuryazarlığı becerilerini geliştirmiştir.

2.2.3 Öğretimde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, öğretim alanında Metaverse kullanımı konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Öğretimde Metaverse kullanımı konusunda yapılmış çalışmaların amaçları belirtilerek ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

Öğretimde Metaverse kullanımı konusunda yapılmış çalışmalar, Metaverse uygulamalarının öğrencilerin teknik ve sosyal becerilerini geliştirmekle kalmayıp motivasyonu artırarak öğrenmeyi desteklediğini, öğretim süreçlerine önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Metaverse'ün öğretim amaçlı kullanımı, sınıf dışı öğrenmeyi daha katılımcı bir öğrenme deneyimi haline getirme potansiyeli taşımaktadır. Çalışmalar, sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin eğitimin geleceğini şekillendiren önemli araçlar olduğunu ve eğitimcilerin bu alandaki bilgilerini artırarak öğrenciler için daha verimli öğrenme ortamları oluşturabileceklerini göstermektedir.

Crespo vd. (2013), Metaverse'ün ilk hali sayılabilecek çok kullanıcı, çevrimiçi ve eğitsel amaçla kullanılan bilgisayar oyunlarının öğretim ortamlarında kullanılmasıyla ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, eğitsel amaçlı bilgisayar oyunlarının, öğrencilerin günlük yaşamlarındaki akademik ve sosyal becerilerinin gelişimini desteklediği, öğrenmelerine yardımcı olduğu, derse yönelik motivasyonu artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca oyunların öğretim açısından en önemli avantajının, öğrencilerin sosyal öğrenme süreçlerini desteklemesi olduğu belirtilmiştir.

Jeon ve Jung (2021), sanal ve gerçek dünyalar arasındaki bağlantıya dayanan Metaverse'e odaklanmış ve öğretim için Metaverse tabanlı bir platform önermiştir. Metaverse tabanlı platform, çevrimiçi öğretim ekosistemi göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır. Metaverse platformunun yalnızca çevrimiçi öğrenmenin ve öğretimin gerçekleştirilebileceği bir yapı olduğu değil, iletişim ve empati gibi bütünsel öğretim faaliyetlerinin de gerçekleştirilebileceği bir yapı olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada, Metaverse platformunun güvenlik ve etik yönden beklentileri karşılayamayan yönlerinin bulunmasına rağmen Metaverse ortamında birlikte çalışma olanağı bulan öğrenciler arasındaki etkileşimin öğretimsel açıdan beklentileri karşıladığına dikkat çekilmiştir.

Siyaev ve Jo (2021), Boeing 737 uçağının bakımında Metaverse ve karma gerçeklik teknolojilerinin kullanımını araştırmayı amaçladıkları çalışmada karma gerçeklik öğretim sistemi önermişlerdir. Çalışmada ayrıca sesli komutları ve İngilizce ile Korece dillerini algılayarak uygun geri bildirimler sağlayan, sesli komutları ve dil tanımayı işlemek için derin öğrenme tabanlı bir konuşma etkileşim modülü geliştirilmiştir. Önerilen sistemin, karma gerçeklik ortamında sanal nesnelere daha etkili ve sezgisel bir etkileşim sağlayarak uçak bakım eğitimini ve operasyonları önemli ölçüde geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Hwang ve Chien (2022), Metaverse'ün kesin bir tanımını sunma amacını taşıyan çalışmalarında Metaverse'ü günümüzün en umut verici teknolojilerinden biri olarak tanımlamışlardır. Çalışmada Metaverse'ün öğretim amaçlı kullanımı ile nadiren karşılaşıldığı, çoğu akademisyenin Metaverse'ün özelliklerinden habersiz olduğu belirtilmiş ve Metaverse'ün eğitim alanındaki potansiyel kullanımları ve zorlukları tartışılmıştır. Çalışma sonunda, bilgisayar bilimi ve eğitim teknolojisi alanındaki akademisyenlerin Metaverse'ün ne olduğu ve öğretim amaçları için nasıl kullanılabileceği konusunda kapsamlı bir anlayışa sahip olmaları gerektiği önerilmiştir.

Indarta vd. (2022), Metaverse'ün popüleritesinin son zamanlarda zirve yaptığını, artırılmış gerçekliğe ve sanal gerçekliğe dayalı dijital öğrenme ortamlarının kullanımının, Metaverse teknolojisinin eğitim alanında benimsenmesini hızlandırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmada, Metaverse'ün, salgın nedeniyle sınırlı sınıf kapasitesi, sınıfa katılmak için sınırlı mesafe, zaman vb. gibi öğretim engellerinin üstesinden gelebileceği, öğrencinin öğrenme deneyiminden ödün vermeden daha katılımcı çevrimiçi öğrenmeye olanak tanıdığı ve Metaverse'ün önümüzdeki 10-15 yıl içinde yaşamın birçok alanına nüfuz etmesinin beklendiği belirtilmiştir.

Suh ve Ahn (2022), sanal ortamın, ilköğretim çocuklarının hayatlarındaki yerini belirlemek için Metaverse'teki öğrencilerin deneyimlerini ve tutumlarını yapılandırmacı bir bakış açısıyla ele almıştır. Çalışmada, Kore'deki 336 ilköğretim öğrencisine 18 maddelik bir anket uygulanarak öğrencilerin nasıl git gide yeni öğretim araçlarının odak noktası haline geldiği incelenmiştir. Bulgular, ilköğretim çocuklarının ortalama %97.9'unun Metaverse ile karşılaştığını ve %95.5'inin Metaverse'ün doğrudan günlük yaşamlarına bağlı olduğuna inandığını tespit etmiştir.

Yağcı ve Şentürk (2023), fen bilimleri eğitiminde Metaverse uygulamalarının yerini ortaya koymak amacıyla doküman analizinden faydalandıkları nitel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, fen bilimleri eğitiminde Metaverse kullanımının, öğrencilerin ilgisini çeken sürükleyici bir öğrenme deneyimi yaşattığı, iş birliği halinde öğrenme ve gerçekleştirilmesi zor deneyleri gerçekleştirme fırsatları sunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca öğrenme sürecinde Metaverse teknolojisiyle ilgili yaşanabilecek teknik aksaklıkların öğrencilerin öğrenmelerini olumsuz yönde etkileyebileceği endişeleri bulunduğu ancak Metaverse'ün fen bilimleri eğitiminde etkili bir araç olabileceği belirtilmiştir. Buna ek olarak, Metaverse ortamındaki sanal laboratuvar uygulamalarının, sorgulama yoluyla öğrenmeye imkan sağlayarak anında geri bildirimler ve bilginin zihinde yapılandırılması sayesinde öğrenciler için önemli katkılar sağlayabileceği belirlenmiştir.

Gao ve Lee (2024), Pingyao antik kentini konu alan gençlik kültürel miras öğretiminde bir Metaverse platformu kullanmanın etkisini araştırmayı amaçladıkları çalışmalarında, 90 öğrenciyle deneysel bir süreç yürütmüşlerdir. Sunum tabanlı öğretim, video tabanlı öğretim ve Metaverse tabanlı öğretim alan üç farklı grubun bulunduğu çalışmanın sonucunda öğrenme motivasyonu, buradalık algısı, öğrenme başarısı ve öğrenme memnuniyeti açısından üç deney grubu arasında anlamlı farklılıklar bulunurken, etkinlik ve kolaylık açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Video tabanlı öğretim ve Metaverse tabanlı öğretim, sunum tabanlı öğretime kıyasla öğrencilerin motivasyonunu ve daldırmayı artırma açısından daha etkili olduğu görülmüştür. Öğrenme başarısı ve öğrenme memnuniyeti açısından öğrenciler, Metaverse tabanlı öğretim sayesinde yüksek düzeyde öğrenme başarısı ve memnuniyet göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, Metaverse tabanlı öğretim yaklaşımının öğrenme motivasyonu, daldırma deneyimi, öğrenci başarısı ve öğrenme memnuniyeti ile ilgili olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir.

Öğretimde Metaverse kullanımıyla ilgili alanyazında ulaşılabilen çalışmalar genel hatlarıyla incelendiğinde Metaverse uygulamalarının, öğretimde akademik ve sosyal becerileri geliştirmenin yanı sıra öğrencilerin motivasyonunu artırarak öğretim süreçlerine önemli katkılar sağladığı ve sınıf dışı öğrenmeyi daha katılımcı bir deneyime dönüştürme potansiyeli taşıdığı görülmüştür. Araştırmalar, Metaverse'ün eğitimin geleceğini şekillendiren bir araç olduğunu ve öğretmenlerin bu teknolojiyi kullanarak öğrencilere daha verimli öğrenme ortamları sunabileceklerini ortaya koymuştur. Ayrıca Metaverse destekli platformların öğrenme motivasyonunu, öğrenci memnuniyetini ve buradalık algısını

artırdığı ve öğrenme başarısını güçlendirdiği görülmüştür. Bununla birlikte, bu teknolojinin teknik ve etik kısıtlamalarına rağmen, gelecekte eğitim engellerini aşmak ve daha geniş kitlelere ulaşmak için etkili bir yöntem olarak benimsenmesinin beklendiği belirtilmiştir.

2.2.4 Matematik Öğretiminde Metaverse Kullanımıyla İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, matematik öğretiminde Metaverse konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Matematik öğretiminde Metaverse konusunda yapılmış çalışmaların amaçları belirtilerek ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

Metaverse teknolojisinin matematik öğretimindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu teknolojilerin öğrencilerin öğrenme deneyimlerini zenginleştirdiğini ve başarılarını artırabileceğini göstermektedir. Matematik öğretiminde Metaverse konusunda yapılan çalışmalara göre Metaverse uygulamaları, öğrencilerin derslerden daha fazla keyif almasını ve öğretmenlerin keşfedici etkinlikleri tasarlayarak konuları daha ilgi çekici hale getirmesini sağlamıştır. Buna göre Metaverse teknolojisi, öğretim ortamlarını ve süreçlerini yenileme ve öğrencilere daha etkileşimli, yaratıcı öğrenme fırsatları sunma açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Louro ve Fraga'nın (2010) görsel matematik, duygusal ve estetik bilgi işlem konularında yaptığı çalışmada Metaverse'ün duygusal ve estetik hesaplama etkilerini sanal gerçeklik teknolojilerinin sağladığı görsel matematik yoluyla keşfetmek amaçlanmıştır. Çalışma, alanyazın incelemesi türünde yapılmış ve çalışmada üç boyutlu Metaverse yazılımlarının kullanımı incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda sürükleyici sanal dünyaların duygusal ve estetik hesaplama olan etkilerini belirleyebilmek için dinamik uzamsal üç boyutlu yazılımlar inşa etmek ve görsel matematik gibi alanların Metaverse ile ilişkisini keşfetmek gerektiği belirtilmiştir.

Flanagan vd. (2011); matematik, fizik ve sanat disiplinlerini konu alarak yaptıkları çalışmada matematik, fizik ve sanatın ortak yönlerinin gerçek hayatta olduğu gibi sanal dünyalarda da var olup olmadığını ve sanal dünyalara yansımalarını tartışmayı amaçlamışlardır. Çalışma alanyazın incelemesi türündedir ve çalışmada Second Life kullanımı incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda sanal dünyaların, bilimin yaygınlaşması için önemli bir araç olarak görüldüğü belirtilmiştir.

Tonéis (2011) bulmacalar konusunda yaptığı çalışmada, bulmacaların bilgisel özelliğine odaklanarak Metaverse'ü içsel yaratıcılığı geliştiren doğal bir süreç olarak belirli açılardan incelemiştir. Araştırma, alanyazın incelemesi türünde ve sanal gerçeklik teknolojisinin incelendiği bir çalışmadır. Çalışmanın sonucunda; hatalarla öğrenmenin buluşsal yöntemin bir parçası olduğu, bulmacaların öğrenciyi çözümü aramaya, bilgiyi sorgulamaya, veri toplamaya, varsayımda bulunmaya, tahminde bulunmaya teşvik ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca yaratıcı düşünceyi teşvik etmek için Metaverse bulmacalarındaki deneyime güvenilebileceği belirtilmiştir.

Barry vd. (2015) matematik öğretiminde sanal probleme dayalı öğrenme konusunda lisans öğrencileriyle yaptığı çalışmada, sanal probleme dayalı öğrenme ortamının (Metaverse) göz kırpma davranışı üzerindeki etkisini incelemek ve Metaverse kullanımının belirli bağımlı değişkenlere etkisini tespit etmeyi amaçlamışlardır. Çalışma nitel desende yürütülmüş ve üç boyutlu yazılım teknolojisi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda öğrencilerin dersten keyif aldığı, problemlerin zorluğu ile öğrencilerin göz kırpma sayısının ilişkili olduğu, öğretmenlerin göz kırpma sistemini kullanmalarının sanal bir derste daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Reyes (2020) matematiğin temelleri konusunda 14-16 yaş arasındaki 192 öğrenci ile yaptığı çalışmada, Meksika'daki özel bir eğitim kurumunun orta-üst başarı seviyesindeki öğrencilerinin Metaverse mobil uygulamasına dayalı artırılmış gerçeklik öğretim stratejilerinin uygulanmasına ilişkin algılarını analiz etmeyi amaçlamıştır. Çalışma bir ölçek geliştirme çalışmasıdır. Çalışmanın sonucunda matematik öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamasının öğrenci performansını önemli ölçüde desteklediği, sınıfta artırılmış gerçeklik teknolojilerini kullanma eğiliminin artmakta olduğu ve bu araçların aracılık ettiği stratejiler kullanıldığında öğrenmedeki değişikliklere ilişkin algının daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Alvaro Farfan vd. (2020) matematik, dil, kimya, tarih disiplinlerinde lisans öğrenimi gören üçüncü sınıf öğrencileri ile yaptıkları çalışmada, genel ilgi alanlarındaki herhangi bir akademik konuda lisans öğrencilerine uygulanan öğretimsel değerlendirme amaçlı Metaverse olarak bilinen üç boyutlu sanal bir ortam geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma karma desende yürütülmüş ve Open Sim uygulaması kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda Open Sim uygulaması ile öğrenim gören öğrencilerin başarılarında artış meydana geldiği ancak ön test ve son test arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Topraklıkoğlu ve Öztürk (2023a), matematik öğretimi alanında Metaverse kullanımının olası avantajlarını ve dezavantajlarını tartıştıkları, matematik öğretimi alanında Metaverse kullanımını inceledikleri bir alanyazın taraması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada alanyazın taraması yapılmış, “Metaverse” ve “matematik”, “matematik eğitimi”, “matematik öğretimi” veya “matematik öğrenimi” anahtar kelimeleriyle Web of Science, Scopus, Academia, ResearchGate ve Google Scholar gibi veri tabanlarında yer alan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmaların amacı, kapsamı, kullanılan teknoloji, araştırma yöntemi ve Metaverse ortamında matematik öğretimi ile ilgili bulgulara odaklanılan çalışmanın sonucunda Metaverse kavramı etrafında şekillenen yeni bilgi iletişim paradigmasının eğitim, uzaktan çalışma, pazarlama, ekonomi ve eğlence gibi birçok alanda dönüşüm yaratma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir.

Eşin ve Özdemir (2022), öğretmenlerin Metaverse kavramına ilişkin bilgi, tutum ve farkındalıklarının belirlenmesi amacıyla farklı bölgelerdeki ortaokullarda görev yapan 70 matematik öğretmenin katılımıyla yakınsak paralel karma yöntemle bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada öğretmenlerin, Metaverse’ün matematik öğretiminde kullanılabilirliği hakkındaki görüşlerinin genel olarak olumlu olduğu, Metaverse’ün daha çok geometride somutlaştırma için kullanılabileceğini ve Metaverse’ü yararlı bulduklarını belirttikleri belirlenmiştir. Ayrıca Metaverse kavramına ilişkin bilgi, tutum ve farkındalık puanlarının cinsiyete göre anlamlı bir şekilde farklılaşmadığı ortaya konulmuştur. Metaverse kavramına ilişkin araştırma eksikliğinin nedenleri; kişisel nedenler, olumsuz tutumlar, Metaverse ile ilgili nedenler ve kaynak yetersizliği olarak temalandırılmıştır.

Wu vd. (2023) çalışmalarında; sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, ayna dünyalar ve yaşam kaydı olarak dört teknoloji altında ele aldıkları Metaverse’ün matematik öğretimindeki olası faydalarını incelemiştir. Çalışmada Pisagor teoremi konusu örnek alınarak oyun tabanlı öğretim kavramına dayalı bir matematik öğretim modeli önerilmiştir. Bu modelde; öğrenme hedeflerinin ve öğrencilerin analizi yapılmakta, senaryo ve karakterler oluşturulmakta, sahnelerin tasarımı test edilmekte, yeniden tasarlanmakta ve uygulanmakta, kullanılacak sahneler belirlenmekte, kullanılacak materyaller bulunmakta ya da oluşturulmakta, sahneler inşa edilip süslenmektedir. Sonuç olarak tasarlanan bu modelin matematik öğretiminin ve öğreniminin Metaverse ile bütünleştirilmesi için temel fikirler sağladığı ifade edilmiştir.

Alali ve Wardat (2024), öğretmenlerin üstün yetenekli öğrencilere yönelik temel matematik öğretimini geliştirmek için Metaverse teknolojisini nasıl kullandıklarını ve üstün yetenekli öğrencilere yönelik temel matematik öğretiminde Metaverse teknolojisinin entegrasyonuna yönelik tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olup olmadığını incelemeyi amaçladıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 132 katılımcının oluşturduğu örneklemden elde edilen bulgular, öğretmenlerin Metaverse teknolojisini kabul ettiklerini ve etkin bir şekilde kullandıklarını ortaya koymuştur. Ayrıca Metaverse teknolojisinin ilköğretim düzeyinde matematik öğretiminde kullanımı konusunda iki veya daha fazla hizmet içi eğitim kursunu tamamlamış öğretmenlerin Metaverse teknolojisini kullanma eğiliminin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Matematik öğretiminde Metaverse kullanımıyla ilgili alanyazında ulaşılabilen çalışmalar genel hatlarıyla incelendiğinde matematik öğretiminde Metaverse kullanımının öğrenci başarısını artırabileceği, öğrenme deneyimlerini zenginleştirebileceği ve öğretim süreçlerini dönüştürebileceği konusunda önemli bulgular ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalarda genel olarak Metaverse uygulamaları, öğrencilerin dersten daha fazla keyif almalarını sağlamış ve öğretmenlerin konuları daha ilgi çekici hale getirmelerini mümkün kılmıştır. Metaverse uygulamalarının, öğretim süreçlerinde yenilikçi ve etkileşimli öğrenme fırsatları sunarak geleneksel sınıf ortamlarını dönüştürme potansiyeline sahip olduğu, öğrencilerin konuları daha derinlemesine keşfetmelerine ve hesaplama yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olduğu ve matematiksel kavramların öğrenilmesine katkı sağladığı vurgulanmıştır. Metaverse uygulamalarının matematik öğretimindeki etkisini inceleyen çalışmalar, Metaverse uygulamalarının öğrenci performansını artırdığını, öğrencilere daha etkileşimli ve oyun tabanlı öğretim fırsatları sunan modeller geliştirilmesine katkı sağladığını ve öğrencilerin eğlenerek öğrendiklerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, Metaverse teknolojisinin, matematik öğretiminde kullanılan alışlagelmiş yöntemlere alternatif olarak, daha etkileşimli ve yaratıcı bir öğrenme deneyimi sunduğu ve matematik öğretimine yönelik potansiyelinin giderek arttığı söylenebilir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın yöntemi ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Araştırma yaklaşımı ve paradigması, araştırma deseni, araştırmanın katılımcıları, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile öğretim süreci, veri toplama süreci, verilerin analizi, geçerlik ve güvenirlik başlıkları altında araştırmanın yöntemi açıklanmıştır.

3.1 Araştırma Yaklaşımı ve Paradigması

Çalışmada benimsenen araştırma yöntemi, en genel çerçevede karma yöntemdir. Karma yöntem tercih edilmesinin nedeni, araştırmada elde edilen nicel ve nitel verilerin tümünden yararlanılmak istenmesi ve eksik yorumlama yapmaktan kaçınmaktır (Creswell, 2017). Veri toplama araçları yoluyla elde edilen nicel ve nitel veriler bir araya getirilirken nitel ve nicel veri analizi yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Bu sayede, araştırmanın sonuçlarını teyit etmek ve sonuçların birbirleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Nicel veri toplama araçlarından elde edilen nicel verilerin, katılımcılardan elde edilen nitel verilerle birlikte yorumlanarak bağlama göre çıkarımlarda bulunan araştırmanın paradigması yorumlayıcı paradigmadır. Yorumlayıcı paradigma, gerçekliğin ve bilginin öznel ve bağlamsal olduğunu savunan bir yaklaşımdır (Karataş, 2017). Yorumlayıcı paradigma, pozitivist paradigmanın nesnel ve genellenebilir bilgi anlayışından sıyrılarak kişilerin deneyimlerini ve bakış açılarını anlamaya odaklanmaktadır (Neuman, 2013). Yorumlayıcı paradigmada araştırmacı, katılımcıların bakış açılarını derinlemesine anlamaya çalışmaktadır (Karataş, 2017). Yorumlayıcı paradigmada gerçeklik; katılımcıların deneyimleri, algıları ve yorumları aracılığıyla inşa edilmektedir (Jennings, 2001). Araştırmacı, katılımcıların bakış açılarını anlamaya çalışmaktadır ve onların deneyimlerini, anlamlarını ve bağlamsal özelliklerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır (Çetintaş, 2015).

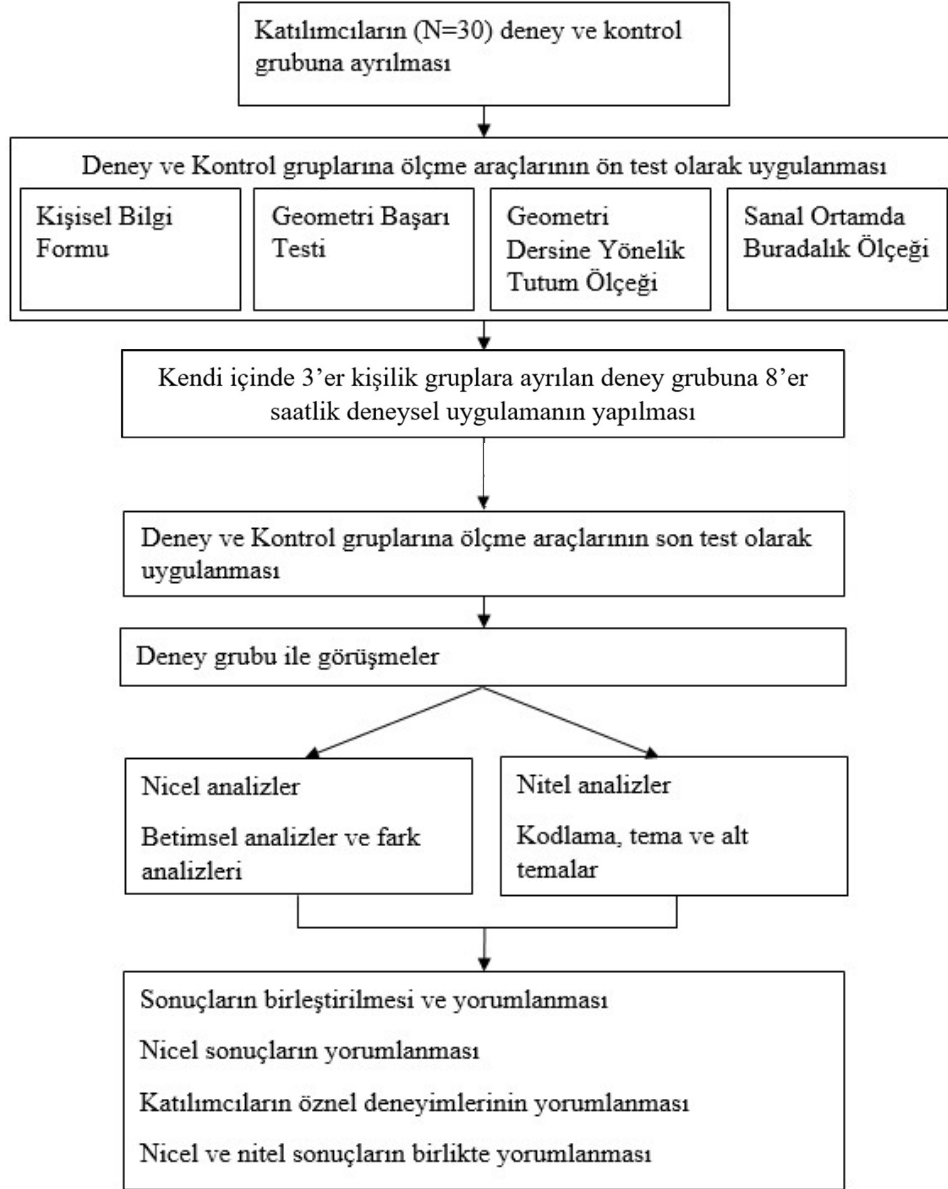
3.2 Araştırma Deseni

Karma yöntem araştırmalarının özelliklerini taşıyan bu çalışmada, karma yöntemler deneysel deseni (mixed methods experimental design) benimsenmiştir. Karma yöntemler deneysel deseni hem nicel hem nitel verilerin toplanması, analiz edilmesi ve verilerin bütünleştirilmesi süreçlerinin deneysel tasarıma dahil edildiği bir karma yöntem yaklaşımıdır (Creswell ve Plano Clark, 2018). Karma yöntemler deneysel deseninde, müdahalenin işe yarayıp yaramadığını ve nasıl işe yaradığını anlamak için deneysel çalışma

sonuçlarını desteklemek üzere nitel veriler toplanmaktadır (Creswell ve Plano Clark, 2018; Kong vd., 2018).

Karma yöntemler deneysel deseninde araştırmacılar, deneysel bir sürecin öncesinde, deneysel süreç sırasında ya da deneysel sürecin sonrasında nicel ve nitel veriler toplamaktadır. Nitel veriler, deneysel sürecin tasarlanmasına, deneysel sonuçların daha ayrıntılı olarak incelenmesine ve müdahalenin neden işe yaramış ya da yaramamış olabileceğinin açıklanmasına yardımcı olmaktadır (Plano Clark vd., 2015). Nitel veriler, deneysel sürecin en uygun noktasında (deneysel sürecin öncesinde, sırasında ya da sonrasında) toplanmaktadır ve nitel bulguların deneysel sonuçlara nasıl katkı sağladığı belirlenmektedir.

Karma yöntemler deneysel deseni üç adımdan oluşan bir prosedüre sahiptir (Creswell ve Plano Clark, 2018). İlk adımda, nitel verilerin deneysel süreçte nasıl kullanılacağı ve bu verilere neden ihtiyaç duyulduğu belirlenmektedir. Nitel verilerin müdahaleden önce, müdahale sırasında veya sonrasında (ya da tüm bu aşamalarda) toplanıp toplanmayacağına karar verilmektedir. İkinci adımda deney gerçekleştirilmektedir. Bunun için deneysel tasarımı yönlendiren kavramsal model belirlenmekte ve katılımcılar deney ve kontrol gruplarına atanmakta, deneysel uygulama tasarlanıp uygulanmaktadır. Nicel veriler; betimsel istatistikler ve fark analizleri kullanılarak analiz edilip nicel araştırma soruları yanıtlanır. Deneysel sürecin içinde nitel verilerin nerede ve nasıl toplanacağı belirlenmekte ve nitel araştırma sorularını yanıtlamak için bu veriler toplanıp analiz edilmektedir. nc adımda, nitel bulguların deneyi nasıl geliştirdiği belirlenmektedir. Bunun için, nitel bulguların kullanımına dair özel kanıtlar sunulmakta ve nitel bulguların deneysel süreci nasıl geliştirdiği yorumlanmaktadır. Bu çalışmadaki üç adımdan oluşan karma yöntemler deneysel deseni için belirlenen araştırma prosedürü Şekil 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3.1: Araştırma prosedürü diyagramı

Çalışmanın nicel kısmı statik grup ön test-son test deneysel desene uygun yürütülürken nitel kısmında durum çalışması deseni benimsenmiştir. Statik grup ön test-son test deseni deneysel araştırmalarda kullanılan, grupların eşitlenmediği yani deney ve kontrol grubundaki katılımcıların bu gruplara rastgele atanmadığı bir araştırma desendir (Büyüköztürk vd., 2014; Fraenkel vd., 2012) (bkz. Tablo 3.1). Bu desenin tercih edildiği çalışmalarda gruplar arasında başta eşitlik sağlanmasa da müdahalenin etkisi ön test ve son test arasındaki farklarla değerlendirilebilir (Fraenkel vd., 2012). Sonuçların güvenilirliği için eşitlenmemiş gruplar arasındaki baştaki farklılıklar göz önünde bulundurularak analizler yapılmalıdır (Creswell ve Plano Clark, 2018; Fraenkel vd., 2012).

Tablo 3.1: Statik grup ön test-son test deseni

Grup	Ön test	İşlem	Son test
Deney	O ₁	X	O ₃
Kontrol	O ₂		O ₄

Paker'e (2017) göre durum çalışması, belirli bir süreye yayılabilen araştırmalarda, odaklanılmış sorulara dayanarak elde edilen gözlemler, sesli veya görsel kayıtlar ile yazılı materyallerden yararlanılarak detaylı bir şekilde betimleme yapmayı amaçlamaktadır. Ayrıca tematik bir yapı üzerinden mantıklı çıkarımlarla örüntüler geliştirmek ve bunları analiz etmek hedeflenmektedir.

3.3 Araştırmanın Katılımcıları

Bu çalışmanın katılımcıları, Balıkesir ilinin bir merkez ilçesinde yer alan bir Anadolu lisesinde öğrenim gören, matematik dersini aynı öğretmenin verdiği iki farklı şubenin 10. sınıf öğrencileridir. Her iki şubeden 15 öğrenci olmak üzere toplam 30 öğrenci çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Şubeler seçilirken matematik dersini aynı öğretmenin vermiş olmasına dikkat edilmiştir. Bunun sebebi şubelerden birinde bulunan öğrencilerle deney grubunun, diğerinde bulunan öğrencilerle kontrol grubunun oluşturulmak istenmesidir. Matematik dersini aynı matematik öğretmeninden alan iki şube seçilerek matematik derslerinin farklı işlenmesinin önüne geçilmesi ve öğretmen faktörü sebebiyle oluşabilecek farklılıkların engellenmesi amaçlanmıştır. Deney ve kontrol gruplarının oluşturulacağı şubeler, kura çekilerek rastgele belirlenmiştir.

Deney grubunda gerçekleşen deneysel süreç, öğrencilerin kendi şubelerindeki matematik ders saatinde ve bazı diğer seçmeli derslerinin olduğu saatlerde ilgili ders öğretmenlerinden ve okul idaresinden izin alınarak gerçekleştirilmiştir. Bunun sebebi deney grubundaki 15 öğrencinin üçerli gruplar halinde birer ders saati sürecek etkinliklere katılmasıdır. Üç kişiden oluşan bir grup, çalışmanın deneysel sürecine katılırken diğer üç kişiden oluşan gruplar kendi matematik derslerine katılmamıştır. Bunun nedeni deneysel süreç dışında matematik dersinden edinilen kazanımların kontrol edilmek istenmesidir. Araştırmanın kontrol grubunda bulunan öğrencilerle herhangi bir öğretim gerçekleştirilmemiştir.

Bu çalışmada, öğrencilerin geometri dersi uzay geometri ünitesi katı cisimler konusunda yer alan “Dik prizmalar ve dik piramitlerin uzunluk, alan ve hacim bağıntılarını oluşturur” kazanımıyla ilgili başarıları ölçülmüştür. Bu kazanım ilk kez ortaöğretim matematik dersi öğretim programında 10. sınıfta ve daha sonra da 11. sınıfta yer almaktadır. Çalışmanın katılımcılarının 10. sınıf öğrencilerden seçilmesinin nedeni daha önce katı cisimler konusunu öğrenen öğrencilerin önceki öğrenmelerinden kaynaklanabilecek etkinin kontrol altında tutulmak istenmesidir. Çalışmanın katılımcılarının çalışmayla ilgili olabilecek demografik özelliklerine göre dağılımı Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Katılımcıların demografik özellikleri

		Deney Grubu	Kontrol Grubu	Toplam
Cinsiyet	Kadın	12	8	20
	Erkek	3	7	10
Daha önceki dijital gerçeklik deneyimleri	Artırılmış Gerçeklik	1	1	2
	Sanal Gerçeklik	1	1	2
	Her ikisi de	4	6	10
	Yok	9	7	16
Sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olma durumu	Var	5	1	6
	Yok	10	14	24
Sanal gerçeklik ekipmanı kullanma deneyimini etkileyebilecek durum	Numaralı Gözlük Kullanımı	3	9	12
	Hareket Hastalığı	4	4	8
	Yok	8	2	10
	Toplam	15	15	30

Tablo 3.2’de görüldüğü gibi deney grubu 12’si kadın ve 3’ü erkek olmak üzere 15 öğrenciden, kontrol grubu 8’i kadın ve 7’si erkek olmak üzere 15 öğrenciden oluşmaktadır. Ortaöğretim 10. sınıf öğrencisi olan katılımcıların tümü kendi istekleri doğrultusunda gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır ve çalışmaya katılabilmeleri için veli onam formu aracılığıyla velilerinin onayı alınmıştır. Deney grubunda bulunan 1 öğrenci artırılmış gerçeklik, 7 öğrenci sanal gerçeklik, 4 öğrenci hem artırılmış gerçeklik hem de sanal gerçeklik teknolojilerini daha önce deneyimlediğini ifade ederken 9 öğrencinin ise daha önce herhangi bir dijital gerçeklik teknolojisi deneyimi olmamıştır. Kontrol grubunda bulunan 1 öğrenci artırılmış gerçeklik, 1 öğrenci sanal gerçeklik, 6 öğrenci hem artırılmış gerçeklik hem de sanal gerçeklik teknolojilerini daha önce deneyimlediğini ifade ederken 7 öğrencinin ise daha önce herhangi bir dijital gerçeklik teknolojisi deneyimi olmamıştır. Deney grubu öğrencilerinden 5’i kendi sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olduğunu ifade ederken, 10

öğrenci sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olmadığını belirtmiştir. Kontrol grubundan 1 öğrenci kendi sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olduğunu ifade ederken, 14 öğrenci sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olmadığını belirtmiştir. Deneysel sürece katılan deney grubundan 3 öğrenci numaralı gözlük kullandığını, 4 öğrenci de hareket hastalığına sahip olduğunu belirtmiştir. Numaralı gözlük kullanan 3 öğrenci, üçerli çalışma gruplarında farklı gruba yerleştirilmiştir ve sanal gerçeklik gözlüklerinden bir tanesine gözlükle kullanma aparatı yerleştirilerek deneysel uygulama sırasında numaralı gözlük kullanan öğrencilerin bu gözlüğü kullanmaları sağlanmıştır. Deneysel uygulama sırasında herhangi bir sorun yaşayacak ya da kendini rahatsız hissedecek öğrencilerin olması durumunda kendi istekleriyle uygulamayı sonlandırabilecekleri kendilerine ifade edilmiştir.

3.4 Sanal Gerçeklik Ortamında Metaverse Uygulaması ile Öğretim Süreci

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması ile öğretim süreci iki bölüm olarak ele alınmıştır. Bu bölümler; sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirme ve Metaverse uygulaması ile deney grubunda öğretimin gerçekleştirilmesidir.

3.4.1 Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi için Metaverse Uygulaması Geliştirme

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması, öğretim tasarımı modellerinden Analiz, Tasarım, Geliştirme, Uygulama ve Değerlendirme (ADDIE) modeline (DeSimone vd., 2002; Molenda, 2015; Werner ve DeSimone, 2012) uygun olarak geliştirilmiştir. Bu bölümde ADDIE modelinin her aşamasında yapılan çalışmalar açıklanmıştır.

3.4.1.1 Analiz

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirme sürecinin ilk basamağı, analiz basamağıdır. Analiz basamağında, uygulama geliştirmeye başlamadan önce ihtiyaç analizi, ortam analizi, hedef kitle analizi ve içerik analizi yapılmış, konuyla ilgili alanyazın incelenmiş ve pilot çalışmalar yapılmıştır.

Ortaöğretim düzeyinde matematik dersi, düşük başarı oranları ile dikkat çekmektedir (Barnett vd., 2018). Matematik dersinin geometri konuları, öğrencilerin uzamsal yeteneklerini kullanmalarını gerektirdiğinden daha zor öğrenilen konular içermektedir

(Akay, 2013; Fujita ve Jones, 2007; Gök Kurt vd., 2015). Üç boyutlu katı cisimlerde alan ve hacim hesaplamaları, cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri ve cisim köşegeni ile ilgili sorular, görselleştirme becerisi gerektiren ve öğretiminde gerçek ya da sanal cisimlerin kullanılmasının önemli olduğu konulara aittir. Alanyazın incelemesi sonucunda geometri konularının öğretiminde sorun yaşandığı ve geometri öğretimi için sanal ya da gerçek cisimlerin manipüle edilebildiği bir uygulamaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır (Hwang vd., 2009; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021). Bu nedenle çalışmadaki hedef kazanımın, Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018) 10. sınıf düzeyinde uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusuna ait “Dik prizmalar ve dik piramitlerin uzunluk, alan ve hacim bağıntılarını oluşturur” kazanımı olmasına karar verilmiştir.

Üç boyutlu cisimlerin gerçek üç boyutlu ortamlarda öğretiminde, iki boyutlu ortamlarda öğretime kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Gülburnu, 2013; İbili ve Şahin, 2015; Topraklıkoğlu, 2018; Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2021) Üç boyutlu cisimlerin üç boyutlu ortamda öğretimi, yaşadığımız çevrede gerçek üç boyutlu nesnelere ya da üç boyutlu sanal ortamlarda mümkün olabilir. Öğretimde gerçek nesnelerin kullanımı oldukça etkili olmakla birlikte içeriğin zengin olmaması, materyal hazırlama zorluğu, aynı anda tüm öğrencilerin materyali incelemesinin zor olması ve sınırlı manipülasyon gibi birtakım kısıtlamaları ve zorlukları da bulunmaktadır (İbili ve Şahin, 2015; Pişkin Tunç vd., 2012). Yaşadığımız çevreden farklı olarak sağlanabilecek üç boyutlu ortamlar, sanal gerçeklik gözlükleri ve hologram gibi teknolojilerle mümkün olabilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisi, hologram teknolojisine kıyasla hem daha az maliyetli hem de daha kolay ulaşılabilmesi nedeniyle geometri öğretimi için tercih edilebilecek bir seçenek olarak düşünülmüştür.

Sanal gerçeklik ortamı, öğretim ortamı olarak kararlaştırıldıktan sonra hedef kitleye en uygun sanal gerçeklik ortamının ne olabileceği analiz edilmiştir. Bunun için öğrencilerle görüşmeler yapılmış ve daha önce sanal gerçeklik uygulamaları ile ilgili deneyimleri sorulmuştur. Öğrencilerin içinde daha önce cardboard ve bilgisayara bağlanan sanal gerçeklik gözlükleri ile deneyimleri olan öğrenciler olduğu gibi hiçbir sanal gerçeklik gözlüğü ile deneyimi olmayan öğrenciler de vardır. Böylece öğretim sürecine başlamadan önce öğrencilere, seçilen sanal gerçeklik gözlüğünün kullanımı ile ilgili bir eğitim verilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Ortaöğretim düzeyindeki geometri konuları, öğrencilerin üst bilişsel becerilerini ve eleştirel düşünme becerilerini kullanmalarını gerektirmektedir (Mandacı Şahin ve Kendir, 2013; Nasution ve Sinaga, 2017). Bu nedenle öğrencilerin, konuların anlatımından çok buluş yoluyla öğrenme etkinliklerinin yer aldığı, sosyal etkileşim gerektiren akran öğrenme yöntemi gibi yöntemlerin kullanılabilmesi grup çalışmaları yapmaları, bireysel hızlarında öğrenmelerini sağlayacak esnek bir öğretim süreci içinde olmaları gerekmektedir (Asmaroini vd., 2024; Onu vd., 2024). Metaverse uygulamaları, sanal gerçeklik ortamında tüm bu unsurları barındırabilmektedir (Kim, 2021; Kye vd., 2021; Phakamach vd., 2022). Bu nedenle sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirmeye karar verilmiştir. Birbirinden farklı özellikte sanal gerçeklik gözlükleri ve farklı Metaverse uygulamaları olduğundan hedef kitledeki öğrenciler için uygun sanal gerçeklik gözlüğü ve Metaverse uygulaması seçimi yapılmıştır.

3.4.1.1.1 Metaverse Uygulaması için Uygun Cihaz Seçimi

Sanal gerçeklik gözlükleri arasında önemli farklar bulunmakla birlikte, kablosuz ve bağımsız çalışabilen cihazlar, taşınabilirlik ve kullanıcı deneyimi açısından büyük avantajlar sunmaktadır (Romoser vd., 2024; Trinidad-Fernández vd., 2023). Cardboard olarak adlandırılan gözlükler, mobil cihazlarla kullanılmak üzere geliştirilmiş olup, sınırlı bir işlem gücü ve düşük çözünürlük nedeniyle uzun süreli sanal gerçeklik deneyimlerine uygun değildir. Diğer yandan, bilgisayara kablolarla bağlanan sanal gerçeklik gözlükleri güçlü işlemciler sayesinde yüksek performans sağlasa da kablo bağımlılığı, kullanıcı hareketlerini kısıtlayarak özellikle geniş alan gerektiren öğretim ortamlarında kullanıcı deneyimini sınırlamaktadır (Liu vd., 2024). Kablosuz bir cihaz olan Meta Quest 2, kullanıcıların sanal ortamlarda özgürce hareket etmelerine olanak tanıyarak öğretim ortamlarında daha akıcı bir deneyim sunmaktadır (Hagge, 2024). Bu özellik, geometri gibi fiziksel hareket ve etkileşim gerektiren alanlarda öğretim sürecini daha etkin hale getirmektedir (Nakov vd., 2023).

Meta Quest 2, gelişmiş etkileşim ve kullanıcı deneyimi sunan bir cihaz olarak cardboard ve kablo ile çalışan sanal gerçeklik gözlüklerinden ayrılmaktadır (Rockcastle vd., 2024). Cardboard gözlükler kısa süreli deneyimler için uygunken, daha detaylı tasarlanmış öğretim ortamlarındaki uzun süreli kullanımda konforlu değildir. Ayrıca etkileşim de oldukça sınırlıdır ve çoğunlukla pasif deneyimler sunmaktadır. Meta Quest 2 ise el hareketlerini tanıma, dokunsal geri bildirim ve gelişmiş kontrol mekanizmaları sayesinde kullanıcıların sanal nesnelere etkileşimde bulunmalarına imkân tanımaktadır. Ayrıca kablosuz ve hafif

tasarımı, kullanıcıların hareket özgürlüğünü koruyarak sanal öğretim deneyimlerinin sürekliliğini sağlamaktadır. Bu sayede öğrenciler, geometrik cisimleri doğal el hareketleriyle manipüle ederek farklı açılardan inceleyebilir ve kavramları üç boyutlu olarak öğrenebilirler (Su vd., 2022).

Kolay kurulum ve kullanım açısından Meta Quest 2'nin bağımsız çalışabilme özelliği önemli bir avantaj sunmaktadır. Cardboard gözlüklerin basit kurulum avantajı olmasına rağmen, cihaz performansı uzun süreli ve yoğun sanal gerçeklik deneyimleri için yeterli değildir (King ve Salvo, 2024). Diğer yandan, bilgisayara bağlanan sanal gerçeklik gözlüklerinin karmaşık kurulum gereksinimleri ve güçlü donanım ihtiyaçları, sınıf ortamlarında kullanımını zorlaştırabilir. Meta Quest 2 ise herhangi bir ek donanım gerektirmeden hızlıca kurulabilir, kullanıcıların yalnızca gözlüğü takarak öğretim ortamına kolayca dahil olmalarına olanak tanıyabilir (Liu vd., 2024; Rockcastle vd., 2024).

Meta Quest 2'nin yüksek çözünürlüklü ekranı (bir göz için 1832 x 1920 pixel) ve güçlü işlemcisi (Snapdragon XR2 Gen 1), cardboard gözlüklerin sınırlı çözünürlüklerine kıyasla çok daha net ve gerçekçi bir görsel deneyim sağlamaktadır (Law vd., 2024; Rendevski, 2022). Bağımsız çalışabilen bir cihaz olan Meta Quest 2, taşınabilir yapısı sayesinde kablolu birçok sanal gerçeklik gözlüğünden daha iyi performans sunarak öğretim uygulamaları için gerekli kalite ve hız ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir (Baldoni vd., 2024). Bu özellik, sanal öğretim ortamlarında, öğrencilerin görsel kaliteden ödün vermeden etkileşimde bulunmalarını sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Yukarıda bahsedilen özellikleri nedeniyle çalışmada geliştirilen Metaverse uygulaması için Meta Quest 2 sanal gerçeklik gözlüğünün uygun olacağına karar verilmiştir.

3.4.1.1.2 Metaverse Uygulaması Geliştirme Yazılımı Seçimi

Metaverse uygulaması için geliştirme yazılımının seçimi hem öğretim amaçları hem de teknik gereksinimler göz önünde bulundurularak verilmesi gereken stratejik bir karardır (Lee vd., 2022). Bu seçimde, geliştirilecek uygulamanın içeriği, hedef kitlenin özellikleri, kullanılacak cihazların kapasitesi ve bütçe gibi değişkenler dikkate alınmalıdır (Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2023b). Metaverse uygulamalarının öğretim amaçlı kullanımları, özellikle soyut kavramların görselleştirilmesi ve etkileşimli hale getirilmesi gereken konularda oldukça etkilidir ancak bu uygulamalar için ideal geliştirme yazılımı seçilirken yazılımın sağladığı araçların öğretim amaçlarına ne derece uyum sağladığına dikkat

edilmelidir. Öğrencilerin aktif katılımını teşvik eden, etkileşimi kolaylaştıran ve gerektiğinde özelleştirme imkânı sunan geliştirme yazılımları bu bağlamda öne çıkmaktadır (Topraklıkoğlu ve Öztürk, 2023b).

Metaverse uygulamasının tasarımının, öğretim için kullanılacak sanal gerçeklik gözlüğü ile uyumlu olması gerekmektedir. Kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri, bilgisayar bağlantısına gerek duymayan ve kendi uygulama mağazasına sahip olan Meta Quest 2 sanal gerçeklik gözlükleridir. Bu nedenle, etkinliklerin uygulanması için Meta uygulama mağazasındaki uygulamalar taranmıştır. Geometri öğretimi için özelleştirilmiş bir Metaverse uygulaması geliştirme yazılımı bulunmamaktadır. Bu nedenle geometri öğretimi için kullanılacak Metaverse uygulamasının geliştirilmesi amacıyla en uygun yazılımların sanal çalışma ortamı sağlayan yazılımlar ile üç boyutlu çizim ve mimarlık yazılımları olabileceği düşünülmüştür. Meta uygulama mağazasında bulunan üç boyutlu çizim uygulamalarından yüksek puanlı ve kullanışlı olanlarının Arthur, ShapesXR ve Gravity Sketch yazılımları olduğu belirlenmiştir. Arthur, kullanıcıların sanal ofis alanları oluşturarak ekipleriyle toplantılar düzenlemesini, iş birliği yaparak projelerini yönetmesini sağlayan sanal çalışma ortamı sunmayı amaçlayan bir Metaverse yazılımıdır (Arthur Technologies, 2024). ShapesXR (ShapesXR, 2023) ve Gravity Sketch (Gravity Sketch, 2019) ise birer üç boyutlu çizim yazılımlarıdır. Bu yazılımlar; geometrik cisimlerin çizimi, görüntü ve ses kalitesi, çoklu kullanıcı destekleri, uygulama içindeki hata oranları, kullanıcı girişi ve verilerin depolanması, kontrolcülerin kullanımı ve arayüz tasarımı gibi kullanım özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu yazılımlar arasında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirmeye en uygun yazılımın Gravity Sketch olduğuna karar verilmiştir. Yazılım seçim süreci Geliştirme aşamasında ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Gravity Sketch yazılımı, Metaverse uygulamaları için özellikle geometri gibi alanlarda etkili bir geliştirme ortamı sunmaktadır (Gravity Sketch, 2019). Bu yazılımın tercih edilmesindeki başlıca nedenler, hazır bir matematik öğretimi altyapısı bulunmaması ve özel yazılım geliştirme maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Gravity Sketch, çizim tabanlı bir yazılım olmasına karşın, geometri konularını etkileşimli bir Metaverse uygulamasına dönüştürmek için uygun bir altyapı sağlamıştır. Bu seçim, hazır bir yazılım geliştirme yeteneği veya bütçesi bulunmadığında öğretmenlerin mevcut yazılımlardan maksimum fayda sağlayabileceklerini gösteren iyi bir örnektir. Uygulamanın cihaz uyumluluğu ve kolay

erişilebilirliği de karar sürecinde etkili olmuş, öğretim ortamında kesintisiz bir deneyim sunulmasına katkı sağlamıştır.

Metaverse uygulamalarında geliştirme ortamı seçerken ortamın sunduğu etkileşim imkanları, öğretim sürecini zenginleştiren en önemli faktörlerden biridir. Gravity Sketch, kullanıcıların üç boyutlu nesnelere doğrudan etkileşime geçmelerine olanak tanıyan yapısıyla, öğrencilere geometri şekillerini doğrudan manipüle edebilme ve farklı açılardan inceleyebilme imkânı sunmuştur (Gravity Sketch, 2019). Bu tür etkileşimler, özellikle geometri gibi görsel destek gerektiren derslerde öğrencilerin kavramları daha kolay anlamlarını sağlayabilir. Bu bağlamda Gravity Sketch'in bir çizim programı olmasına karşın, öğretimde işlevsel bir araç olarak Metaverse uygulamasında geometri öğrenmeyi destekleyebileceği düşünülmüştür.

3.4.1.2 Tasarım

Geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirme sürecinin ikinci basamağı Tasarımdır. Tasarım basamağında, analizi yapılan durumlardan yararlanılarak uygulama yapılacakmış gibi düşünülür ve kâğıt üstünde bir taslak oluşturulur (Werner ve DeSimone, 2012). Analiz basamağında gerçekleştirilenler tasarım basamağına yansıtılır. ADDIE modelinin döngüsel bir yapısı olduğundan tasarım basamağından sonraki basamaklarda gerçekleştirilen değişikliklere göre tasarım basamağında da gerekli değişiklikler yapılır. Tasarım basamağında, analiz aşamasında belirlenen konunun kazanımlarına uygun olacak şekilde öğretim süreci tasarımı, öğretim sürecinde yararlanılacak etkinliklerin ve soruların üç boyutlu tasarımı, APIL kuramı çerçevesinde öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında iş birliği yaparak çalışabilmelerini ve Metaverse uygulamasını daha rahat kullanmalarını sağlayacak uyum eğitimi sürecinin tasarımı yapılmıştır.

Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun kazanımları için Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018) ayrılan süre 20 ders saatidir. Geometri öğretimi için Metaverse uygulamasında kullanılmak üzere dört adet Meta Quest 2 sanal gerçeklik gözlüğü bulunduğundan 15 öğrenciyle üçer kişilik gruplar halinde çalışılmıştır. Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018) katı cisimler konusunun kazanımları için ayrılan sürenin tamamının sadece etkinliklerin uygulanmasına ayrılmasının doğru olmayacağı düşünülmüştür. Bu nedenle 20 ders saatinin 8 saati, geometri öğretimi için Metaverse uygulamasındaki etkinlikler için ayrılmıştır.

Metaverse uygulamasının tasarımı için Gravity Sketch yazılımı içerisinde öğretimin yapılacağı sanal ortam planlanmıştır. Sanal ortamın tasarımında sınıf ortamına benzer kapalı bir fiziksel yapının içinde sürecin işlenmesi için üç boyutlu bir ortam oluşturulmuştur. Bu sanal ortam sade, gerçekçi, duvarlarının desenlerle kaplandığı, hareket özgürlüğüne izin veren ancak etkinliklerin iç içe girmediği bir ortam şeklinde tasarlanmıştır.

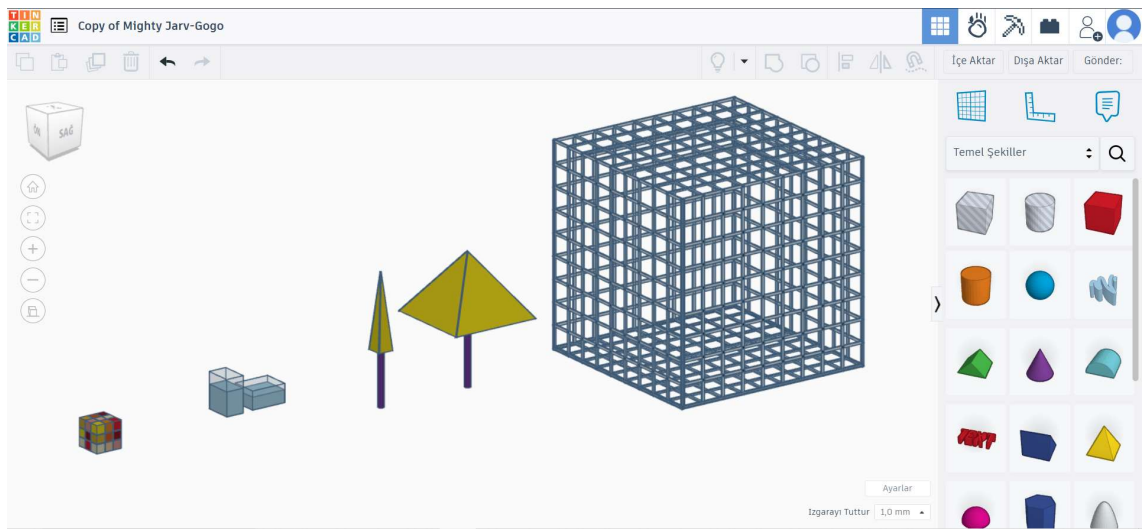
Geometri öğretimi için Metaverse uygulamasının tasarımındaki analiz basamağında, Metaverse uygulamalarını daha önce deneyimlememiş öğrencilerin olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle öğretim sürecinden önce öğrencilerin sanal gerçeklik gözlüğünü akıcı şekilde kullanabilmesi için sanal gerçeklik gözlüğüne ve Metaverse uygulamasına uyum sağlama eğitimi tasarlanmıştır. Sanal gerçeklik gözlüğünü ilk defa öğretim amaçlı kullanan öğrenciler için SAMR modeli çerçevesinde teknolojinin doğrudan geliştirici araç olarak görev aldığı bu uyum eğitiminin tasarımında, kişilerden biri öğretmen olmak üzere dörder kişiden oluşan her bir çalışma grubu için bir ders saati sürecek bir eğitim planlanmıştır. Bu eğitimin içeriğinin; sanal gerçeklik gözlüğünün üzerindeki tuşların işlevlerinin öğrenilmesi, kontrolcüler üzerindeki butonların sanal gerçeklik gözlüğünün işletim sistemi için olan işlevlerinin ve Gravity Sketch programı için olan işlevlerinin öğrenilmesi, Gravity Sketch programında hareket etme, çizim yapma, yazı yazma, büyütme ve küçültme ve daha birçok manipülasyonun öğrenilmesi çerçevesinde olması planlanmıştır.

Tasarım aşamasında son olarak, geometri öğretimi için Metaverse uygulamasının etkililiği hakkında fikir edinebilmek amacıyla öğretimin sonundaki değerlendirme sürecinin tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda, öğrencilerin Metaverse uygulaması hakkındaki görüşlerinin yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak belirlenmesi için görüşme sorularının hazırlanması amaçlanmıştır. Bu sayede öğrencilerin sanal gerçeklik gözlüğü ile olan deneyimleri, Metaverse uygulaması ile olan deneyimleri ve geometri öğrenme süreci ile olan deneyimlerinin geometri öğretimi için Metaverse uygulamasının etkililiği hakkında bilgi vereceği düşünülmüştür.

3.4.1.3 Geliştirme

Geometri öğretimi için Metaverse uygulamasının geliştirme süreci, tasarım aşamasında ortaya konan planların uygulamaya geçirilmesi ile başlamıştır. Geliştirme aşamasında, etkinliklerin modellenmesi ve sanal gerçeklik ortamının oluşturulması aşamaları gerçekleştirilmiştir.

Tasarım aşamasında, geometri öğretimi için Metaverse uygulamasının üç boyutlu tasarımlarının ilk olarak 3ds Max üç boyutlu modelleme yazılımı kullanılarak ortaya çıkarılması planlanmıştır. Ancak geometrik cisimlerin çizimi, geometrik olmayan cisimlerin modellenmesinden daha kolay olduğundan 3ds Max gibi gelişmiş bir yazılım kullanmanın zamanı verimli kullanma açısından uygun olmayacağı geliştirme aşamasında anlaşılmış ve etkinliklerin tasarımı için daha basit yazılımlara yönelmenin doğru olacağı düşünülmüştür. Sonuç olarak, Metaverse uygulaması içindeki etkinliklerin üç boyutlu modelleri Tinkercad yazılımında tasarlanmıştır. Tasarlanan modellere ait Tinkercad ekran görüntüsü Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Üç boyutlu modellerin Tinkercad ekran görüntüsü

Metaverse uygulaması ilk olarak Arthur yazılımında oluşturulmaya başlanmıştır. Ancak Metaverse’ün son yıllarda ortaya çıkan bir çalışma alanı olması nedeniyle bu tür sanal gerçeklik tabanlı Metaverse yazılımları son yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. Bu nedenle, bu tür yazılımlarda bazı yazılımsal hatalar meydana gelebilmektedir ve özellikle ücretsiz sürümlerinde bu hataların çözümü kullanıcılar tarafından bulunamamaktadır. Tasarlanan Metaverse uygulaması ilk denemelerde Arthur programında stabil çalışsa da daha sonraki pilot uygulamalarda bazı yazılımsal hatalarla karşılaşılmıştır. Farklı bir Metaverse yazılımı arayışına girilmesi sonucunda ShapesXR ve Gravity Sketch yazılımları denenmiştir. ShapesXR yazılımının kontrolünün zor ve ortam tasarımı yeteneklerinin az olması nedeniyle Metaverse uygulamasının geliştirilmesi için Gravity Sketch yazılımı seçilmiştir. Sonuç

olarak Tinkercad yazılımında tasarlanan etkinlik modelleri, gerekli görsel ayarlamaların ve ortam ayarlamalarının yapıldığı Gravity Sketch yazılımına entegre edilmiştir.

Gravity Sketch yazılımı içerisinde geometri öğretiminin yapıldığı sanal ortam olan Metaverse uygulaması geliştirilmiştir. Metaverse uygulamasının geliştirilmesinde işlem hızını en az etkileyeceği düşünülen sade çizimler tercih edilmiştir. Ancak olabildiğince gerçekçi ortam görünümü elde edebilmek amacıyla bazı sanal yüzeyler desenlerle kaplanmıştır. Loft daire şeklinde tasarlanan sanal ortamın bir duvar bölümüne birim küplerden oluşan bir etkinlik, bir diğer duvar bölümüne dikdörtgen prizmaların alan ve hacim hesaplamasını içeren bir etkinlik, başka bir bölümüne piramit hacmini hesaplamayı içeren bir etkinlik, asma kat kısmına küp açınımlarını hesaplamadan oluşan bir etkinlik ve bir bölüme de hacmin korunumu ile ilgili bir etkinlik yerleştirilmiştir. Etkinliklerin bulunduğu yerler arasında öğrenciler ışınlanma ya da sürüklenme yöntemiyle gezinebilmektedir. Etkinliklerin çizimleri, yazılımın katmanlar özelliği sayesinde ayrı katmanlarda yapılmıştır. Etkinliklerdeki geometrik cisimler gerektiğinde kilitlemiştir. Bu sayede her bir öğrenci grubunun öğretim sürecinde yaptığı değişiklikler etkinliklerdeki cisimlerin yerleşimini ve biçimlerini bozmadan gerçekleştirilmiştir. Etkinliklerle ilgili ayrıntılara Metaverse uygulaması ile deney grubunda etkinliklerin gerçekleştirilmesi bölümünde yer verilmiştir.

3.4.1.4 Uygulama

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması geliştirildikten sonra matematik öğretmenliği programında öğrenim gören dokuz öğretmen adayı ile pilot uygulama yapılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirilmesi aşamasında hedef kitleden farklı öğrenim seviyesindeki katılımcılarla çalışılmasının nedeni, katılımcılara kolay ulaşılabilmesi, bu sayede hızlı geri dönüt alma ve hızlı düzenlemeler yapma imkânı bulunması ve bu aşamadaki uygulamanın öğretim amaçlı değil Metaverse uygulamasının geliştirilmesi amaçlı yapılmasıdır.

VRID modeli dikkate alınarak öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilen pilot uygulama aşamasında, öğretim uygulamasındaki tüm aşamalar birebir işletilmeye çalışılmıştır. Bu aşamada, geliştirilen Metaverse uygulamasında oluşan ya da öğretim uygulaması sırasında oluşabilecek teknik hataların tespit edilmesi ve önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Uygulama sırasında sanal gerçeklik gözlüğünün başa oturabilmesinin önemli olduğu, bunun için

katılımcılara nasıl yardım edilmesi gerektiği ve bu işlemler için ayrılacak süre belirlenmiştir. Sanal ortam içindeki geometri etkinlikleri, öğretmen adayları tarafından deneyimlenmiştir. Verdikleri dönütler sayesinde, etkinliklerde yer alan sorularda öğretim süresinden kazanmak için kolay hesaplanacak değerlerin kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Etkinliklerde en çok zorlanılabilecek ve süre kaybı yaşanabilecek noktalar tespit edilmiş ve öğretim uygulaması sırasında bu noktalara dikkat edilmesi gerektiği not edilmiştir.

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması tasarlama ve geliştirme sürecinin uygulama aşaması, kullanıcıların geri bildirimleri ve tasarımın düzenlenmesi için alınan notlardaki düzenlemelerin gerçekleştirilmesi sonucunda son halini alana kadar döngüsel olarak işletilmiştir. Uygulama aşamasının sonucunda, geliştirilen materyalin öğretim sürecinde uygulanması için hazır olduğu düşünülmüş ve materyalin değerlendirilmesi aşamasına geçilmiştir.

3.4.1.5 Değerlendirme

Geometri öğretimi için geliştirilen Metaverse uygulamasının etkililiğini değerlendirmek amacıyla uygulamanın sonunda katılımcıların görüşleri alınmıştır. Değerlendirme süreci, öğretim etkinliklerinin ne derece başarılı olduğu ve katılımcıların sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimine ilişkin düşünceleri hakkında bilgiler vermiştir. Katılımcılardan alınan geri bildirimler, öğretim sürecinin etkililiğini ve Metaverse uygulamasının geometri öğretimi için uygunluğunu anlamak açısından önemlidir. Öğretmen adaylarının katılımıyla gerçekleştirilen uygulama ve değerlendirme sürecinden bağımsız olarak ortaöğretim öğrencileri ile gerçekleştirilen öğretim uygulaması sürecinde de materyalin değerlendirme süreci devam etmiştir. Öğretim sürecindeki değerlendirme aşamasında yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak öğrencilerden sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için kullanılan Metaverse uygulaması hakkındaki görüşleri alınmıştır. Öğrencilerin uygulama hakkındaki genel olarak olumlu görüşlerini içeren ifadeleri, dördüncü alt probleme yönelik bulgular ve yorumlar bölümünde yer almaktadır.

3.4.2 Metaverse Uygulaması ile Deney Grubunda Öğretimin Gerçekleştirilmesi

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için geliştirilen Metaverse uygulaması öğrencilerle buluşturulmuş ve etkinlikler planlandığı şekilde yürütülmüştür. Bu aşamada, öğrencilerin öğretim sürecine aktif katılımını sağlamak, süreç boyunca karşılaşılan zorlukları çözmek ve hedeflenen öğrenme çıktılarının elde edilmesini desteklemek için

aşağıda bahsedildiği gibi Sanal Gerçeklik Öğretim Tasarımı modelinin işaret ettiği çeşitli süreçler işletilmiştir.

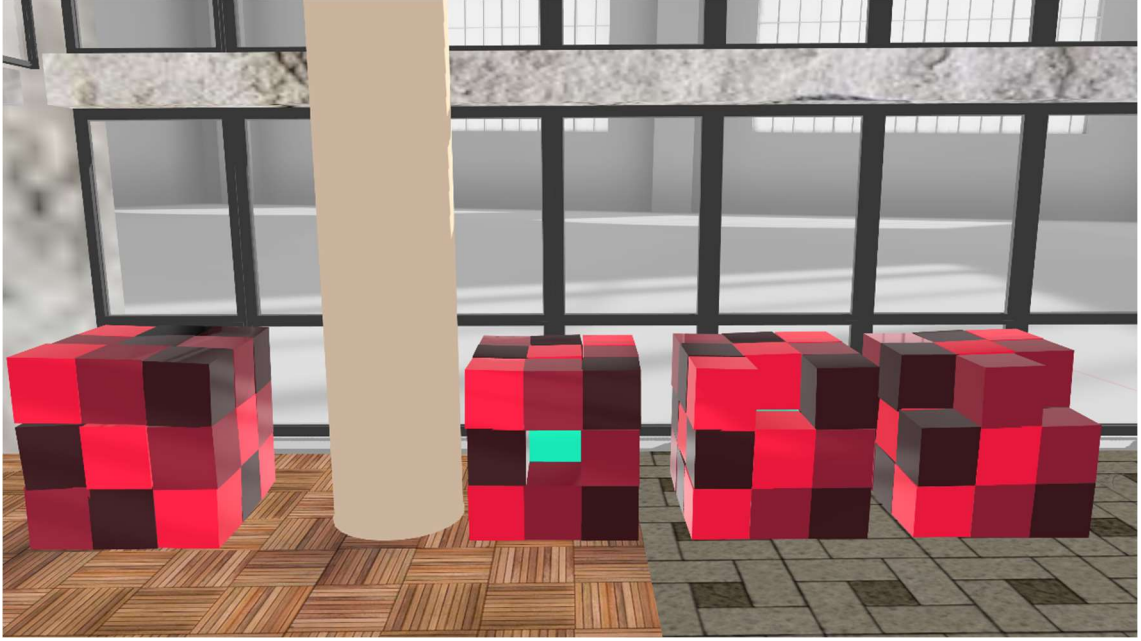
Öğretim etkinlikleri, dört adet sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak bir öğretmen (bu çalışmadaki araştırmacılardan biri) ve üç öğrencinin gruplar halinde Metaverse uygulamasını kullanmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Sekiz ders saati süren bu süreçte, öğrenciler grup çalışması yöntemleriyle etkinlikleri tamamlamıştır. Öğrenciler, Metaverse uygulamasında ışınlanma ve sürükleme yöntemlerini kullanarak farklı etkinlik alanlarına erişmiştir. Öğretim sürecinde gerçekleştirilen toplam beş etkinlikte, öğrencileri doğrudan yönlendirme yerine öğrencilerin kendi keşiflerini yapmasına olanak tanınmıştır.

Öğretim süreci, öğrencilerin sanal gerçeklik gözlüğü ve Metaverse uygulamasına uyum eğitimi ile başlamıştır. Uyum eğitiminde öğrenciler, cihazın fiziksel ve yazılımsal işlevlerini öğrenmiş, kontrolcüler üzerindeki butonların kullanımını deneyimlemiş ve Gravity Sketch yazılımındaki objeler ve avatar üzerinde temel manipülasyon becerilerini geliştirmiştir. Uyum eğitimi, her bir grup için bir ders saatinde tamamlanmış ve öğrencilerin uygulama esnasında cihazı rahatça kullanabilmesi hedeflenmiştir. Şekil 3.3, öğrencilerin sanal gerçeklik gözlüğü ve Metaverse uygulamasına uyum eğitimi esnasında çekilen bir fotoğrafın, öğrencilerin kimliğini açığa çıkarmaması için değişiklikler yapılmış halini göstermektedir.



Şekil 3.3: Öğrencilerin uyum eğitimi fotoğrafı

Birim küplerden oluşan birinci etkinlikte öğrencilerden, küplerin ön yüzüne doğru bakacak şekilde sanal ortamda yerleşmeleri istenmiştir. Birim küplerin ön yüzüne bakan öğrencilere gördükleri birim küplerde kaçar küp olduğu sorulmuştur. Daha sonra küplerin yanına giderek birim küplerden oluşan büyük küpleri, farklı yönlerden incelemeleri istenmiştir. Küpleri farklı yönlerden inceleyen öğrenciler, büyük oranda doğru yanıt vermişlerdir. Daha sonra öğrencilerden, eksik olan küpler nedeniyle büyük küplerin yüzey alanlarında değişim olup olmayacağını bulmaları ve nedenini açıklamaları istenmiştir. Etkinlikte yer alan birim küpler Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Birim küp etkinliğine ait uygulama içi görüntüsü

Dikdörtgen prizmaların alan ve hacim hesaplamalarını içeren ikinci etkinlik için Şekil 3.5'te görülen birim kafes hazırlanmıştır. Birim kafesin her bir yüzeyinde 81 kare yer almaktadır. Bu karelerden yararlanarak kafesin içerisine dikdörtgen prizmalar çizilebilmekte, alanları ve hacimleri birim karelerden yararlanılarak hesaplanabilmektedir. Bu etkinlikte öğrencilerle birlikte çeşitli geometrik cisimler oluşturularak bu cisimlerin alanlarının ve hacimlerinin hesaplanması sağlanmıştır. Ayrıca cisim köşegeni çizilerek oluşturulan soru tiplerine benzer etkinlikler yapılarak öğrencilerin görmesi ve anlaması zor olabilen ayrıtları üç boyutlu ortamda daha kolay görebilmesi amaçlanmıştır. Dikdörtgen prizmaların alan ve hacim hesaplamalarını içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Dikdörtgen prizmaların alan ve hacim hesaplamalarını içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü

Piramit hacmini hesaplamayı içeren üçüncü etkinlikte, geometri başarı testinde yer alan beşinci soruya benzer bir etkinlik gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte kâğıt üstündeki iki boyutlu çizimin gerçekte nasıl görüneceğini öğrencilerin görmesi istenmiştir. Ayrıca üç boyutlu cismin üzerinde yüzey alanı hesaplamaları yapılarak gerçek hayat problemlerinin gerçek hayatta çözülmesi deneyimi yaşamaları sağlanmıştır. Piramit hacmini hesaplamayı içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü Şekil 3.6’da yer almaktadır.



Şekil 3.6: Piramit hacmini hesaplamayı içeren etkinliğe ait uygulama içi görüntü

Küp açınımları ile ilgili dördüncü etkinlikte öğrencilere, bir küpün çeşitli açınımları olan şekiller ile küp açınımı oluşturmayan şekiller verilmiştir. Öğrencilerden öncelikle hangisinin küp açınımı olabileceğini bulmaları istenmiştir. Doğru açınımı bulamayan öğrencilere öncelik verilerek ilgili şeklin yanına gidip ellerindeki kontrolcüler yardımıyla kendilerinin küp oluşturması istenmiştir. Gerekliğinde farklı örnekler verilerek neden ilgili açınımın bir küp oluşturamayacağı öğrencilere yaparak yaşayarak gösterilmiştir. Küp açınımı etkinliğine ait uygulama içi görüntü Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Küp açınımlı etkinliğine ait uygulama içi görüntü

Hacmin korunumu ile ilgili beşinci etkinlikte öğrencilere içi sıvı dolu bir dikdörtgen prizma verilmiştir. Bu dikdörtgen prizmanın içindeki suyun yüksekliğini ve prizmanın boyutlarını, uygulamanın araçlar bölümünde bulunan ölçme aracı yardımıyla ölçmeleri ve bu ölçüleri not etmeleri istenmiştir. Daha sonra bu prizmanın, kısa kenarlarından biri üzerinde döndürüldüğünde prizmayı dolduracak sıvının hacmini hesaplamaları ve ölçmeleri istenmiştir. Hesaplama sonucunda çıkan değer ile ölçme sonucunda çıkan değeri karşılaştırmaları ve karşılaştırma sonucu hakkında yorumlarda bulunmaları istenmiştir. Hacmin korunumu ile ilgili etkinliğe ait uygulama içi görüntü Şekil 3.8’de verilmiştir.

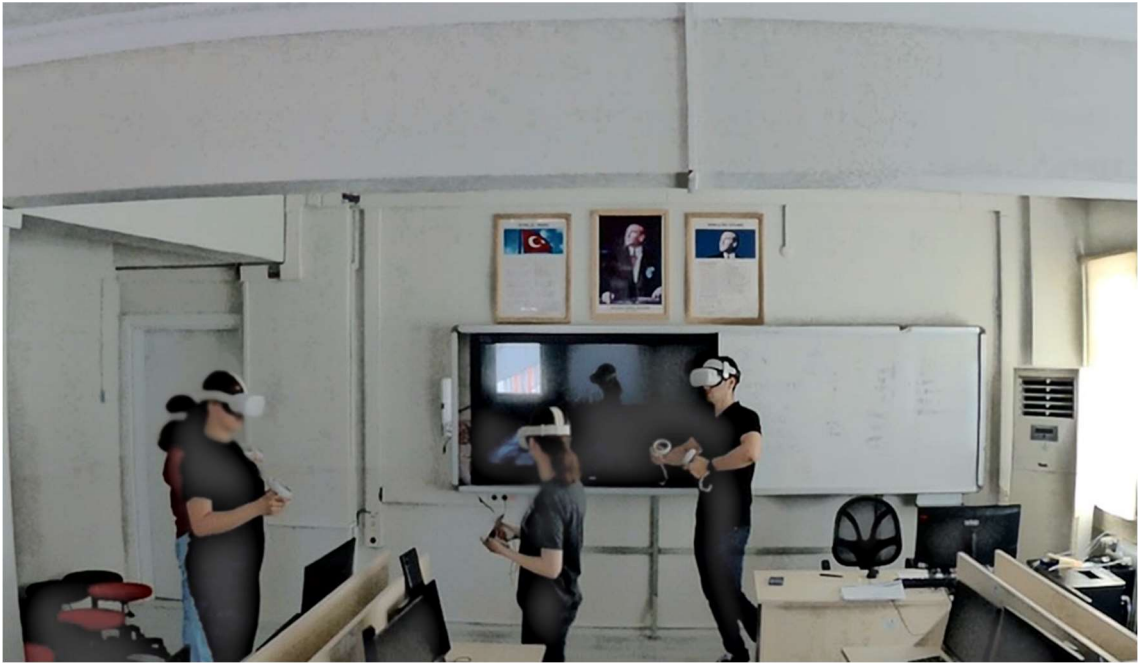


Şekil 3.8: Hacmin korunumu ile ilgili etkinliğe ait uygulama içi görüntü

Gruplar içindeki öğrenciler, birbirleriyle fikir alışverişinde bulunarak etkinlikleri çözmüş ve bu süreçte sosyal etkileşim yoluyla öğrenme gerçekleşmiştir. Gruplar içinde her öğrencinin bireysel hızında öğrenmesine olanak tanınmış, böylece hem hızlı öğrenen hem de daha fazla zamana ihtiyaç duyan öğrencilerin süreçten maksimum verim alması sağlanmıştır. Şekil 3.9’da ve Şekil 3.10’da öğrencilerin, geliştirilen Metaverse uygulamasını kullanırken çekilen fotoğrafları, kimliklerini açığa çıkarmaması adına değişiklikler yapılmış halleriyle yer almaktadır.



Şekil 3.9: Öğrencilerin geliştirilen Metaverse uygulamasını kullanırken fotoğrafı-1



Şekil 3.10: Öğrencilerin geliştirilen Metaverse uygulamasını kullanırken fotoğrafı-2

Uygulama esnasında teknik aksaklıklar veya öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında zorlandığı anlar not edilmiş ve acil çözümler üretilmiştir. Örneğin, cihazla ilgili yaşanan kontrolcü sorunlarında pil değişimi sağlanmış ya da yeniden eşleştirme yapılmıştır. Şarjı bitmeye yaklaşan cihazlar taşınabilir bataryalara bağlanmıştır. Sonuç olarak, öğretim

uygulaması aşaması, öğrencilerin hem teknolojiyi deneyimlediği hem de geometri kazanımlarını edindiği bir süreç olarak tamamlanmıştır.

3.5 Veri Toplama Araçları

Çalışmaya katılan öğrencilerin çalışma için önemli olabilecek özelliklerini belirleyebilmek için araştırmacı tarafından geliştirilen kişisel bilgi formu kullanılmıştır. Çalışmanın nicel verileri; öğrencilerin geometri başarı puanları, geometri dersine ilişkin tutum puanları ve sanal ortamda buradalık algılarına ilişkin puanlardır. Bu veriler, Geometri Başarı Testi (GBT), Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği (GDİTÖ) ve Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği (SOBÖ) kullanılarak çalışma sonunda toplanmıştır. Çalışmanın nitel verileri sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamasına ve geometri öğretimine ilişkin düşünceleridir. Çalışmadaki nitel veriler deneysel sürecin sonunda yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Nicel ve nitel veri toplama araçlarına ait bilgiler, izleyen bölümde başlıklar halinde verilmiştir.

3.5.1 Kişisel Bilgi Formu

Çalışmanın katılımcılarının cinsiyeti, daha önceki dijital gerçeklik deneyimleri, sanal gerçeklik gözlüğüne sahip olma durumları ve sanal gerçeklik ekipmanı kullanma deneyimini etkileyebilecek durumları hakkında bilgi edinebilmek amacıyla kişisel bilgi formu (EK A) hazırlanmıştır. Öğrencilerin verdikleri bilgiye göre öğretim süreci planlanmış, nicel bulguları yorumlamak ve tartışmak için veri elde edilmek istenmiştir. Gözlük ya da lens kullanan öğrenciler için sanal gerçeklik gözlüklerine yükseltici aparat takılmıştır. Daha önce sanal gerçeklik gözlüğü kullanan ve kullanmayan öğrencilerin uyum eğitimlerine katılacakları gruplar belirlenmiştir. Kişisel bilgi formu aracılığıyla toplanan veriler, araştırmanın katılımcıları bölümünde verilmiştir.

3.5.2 Geometri Başarı Testi

Uygulamaya katılan ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusundaki başarılarını ölçmek için Geometri Başarı Testi (GBT) geliştirilmiştir. Test geliştirme sürecinde izlenen adımlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Test geliştirme sürecinde izlenen adımlar

Adımlar	Test geliştirme adımlarında yapılanlar
Kazanımların belirlenmesi	<ul style="list-style-type: none">• Matematik öğretim programında bulunan 10. sınıf uzay geometri ünitesi katı cisimler konusuna ait kazanımların belirlenmesi.
Soru havuzu oluşturulması	<ul style="list-style-type: none">• MEB tarafından yayımlanmış soruların incelenerek soru havuzunun oluşturulması
Uzman görüşü ve geçerlik incelemesi	<ul style="list-style-type: none">• Kazanıma ait alt boyutların sorulara dağılımını ortaya çıkarabilmek amacıyla belirtke tablosunun (bkz. Tablo 3.4) hazırlanması.• Lisansüstü eğitim almış matematik öğretmenlerinden uzman görüşlerinin alınması.• Uzman görüşlerinin analizi ve testten çıkarılması uygun görülen maddelerin belirlenmesi.
Pilot uygulama Testin uygulanması Verilerin analizi	<ul style="list-style-type: none">• 15 öğrencinin katılımıyla pilot uygulamanın yapılması.• 11. sınıfta öğrenim gören 292 öğrenciye testin uygulanması.• Madde güçlük indeksinin ve madde ayırt edicilik indeksinin belirlenmesi.• Ortalama güçlük değerinin ve ortalama ayırt edicilik değerlerinin belirlenmesi.• İç tutarlık katsayısının (KR-20) belirlenmesi.
Testin son halini alması	<ul style="list-style-type: none">• Madde güçlük indeksi ile madde ayırt edicilik indeksi uygun olmayan maddelerin testten çıkarılması.• Geometri başarı testinin son halinin elde edilmesi

Geometri başarı testinde yer alan maddelerin testten çıkarılmasına ya da testte kalmasına, Webb'in (1997) ortaya koyduğu aşağıda bulunan ölçütlere göre karar verilmiştir.

1. Kategorilerin birliği: Ölçme aracındaki maddelerin, öğrenme hedeflerini temsil edebilme durumu hakkında bilgi veren ölçüttür. Kategorilerin birliğini sağlamak için test maddeleri ile öğretim programındaki öğrenme hedefleri eşleştirilir. Alan uzmanlarının yaptığı eşleştirmelerin birbirleriyle uyumlarının oranı incelenir.
2. Uygun bilgi aralığı: Testte yer alan maddeler ile öğrenme hedeflerinin uyumu hakkında bilgi veren ölçüttür. Test maddesinde test edilen davranış ile öğrencilerin kazanması hedeflenen davranış arasındaki uyumun oranını ortaya koymak amaçlanmaktadır.
3. Dengeli temsil: Test maddelerinin öğrenme hedeflerine dağılımı hakkında bilgi veren ölçüttür. Ölçülen davranış için öğretim programında birden fazla kazanım olması durumunda her bir kazanımın test maddelerinde dengeli biçimde temsil edilmesi beklenir.

Kategorilerin birliği ölçütünü test etmek için 10. sınıf katı cisimler konusunun Ortaöğretim Matematik Dersi Öğretim Programında (MEB, 2018) yer alan kazanımları incelenmiştir. Konu ile ilgili kazanım ve kazanımın alt boyutlarının hangi test maddeleriyle ilgili oldukları Tablo 3.4’te yer almaktadır.

Tablo 3.4: Katı cisimler konusuna ait kazanımlar tablosu

Kazanımlar	Kazanım alt boyutu	Madde numarası
10.6.1.1. Dik prizmalar ve dik piramitlerin uzunluk, alan ve hacim bağıntılarını oluşturur.	a) Üçgen, dörtgen ve altıgen dik prizma/piramit ile sınırlandırılır.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36
	b) Gerçek hayat problemlerine yer verilir.	2, 17, 18, 21, 26, 28, 29, 31, 34, 35
	c) Bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanır.	3, 6, 9, 13, 21, 32, 35

Katı cisimler konusuna ait kazanıma yönelik hazırlanmış soruların Yenilenmiş Bloom Taksonomisinde (Anderson, 1999) hangi basamaklarda yer aldıkları, Tablo 3.5’teki geometri başarı testi belirtke tablosunda gösterilmiştir.

Tablo 3.5: Geometri başarı testi soru havuzunda bulunan maddelerin belirtke tablosu

Yenilenmiş Bloom Taksonomisi Basamakları	Soru numaraları
Anlama	3, 15, 33
Uygulama	1, 4, 6, 9, 10, 13, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 34, 35
Analiz Etme	2, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 36

Çoktan seçmeli maddelerin yer aldığı geometri başarı testinde, Yenilenmiş Bloom Taksonomisine göre anlama, uygulama ve analiz etme basamaklarında yer alan maddeler olduğu ancak en üst ve en alt basamaklarda herhangi bir maddenin yer almadığı görülmektedir. Bunun, test maddelerinin çoktan seçmeli olması ve ilgili kazanımın öğrencilerin orijinal bir ürün elde etme becerilerini ölçmeye yönelik olmamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Başarı testini oluşturan maddeler, MEB tarafından yayımlanmış ders kitapları ve kazanım kavrama testlerinden seçilerek, maddelerin belirlenen kazanımlara uygun olmaları ve kapsam geçerliğini sağlamları hedeflenmiştir. Öğrencilerin daha önce ilgili test maddeleri ile karşılaşmış olabileceği göz önünde bulundurularak maddelerde bulunan değerler değiştirilmiştir.

Test maddelerinin, uygun bilgi aralığı ölçütüne uygun olması için uzman incelemesi gerçekleştirilmiştir. Alpar'a (2010) göre uzman görüşüne başvurulmuş uzman sayısının beşin üzerinde olması gerekir. Kapsam geçerliğinin ve görünüş geçerliğinin sağlanabilmesi amacıyla lisansüstü eğitim almış dokuz matematik öğretmeninden uzman görüşleri alınmıştır. Test maddelerini inceleyen uzmanlar, geometri başarı testindeki maddelerin öğretim programında yer alan ilgili konuya yönelik kazanımı karşıladığı görüşünde fikir birliği sağlamışlardır. Maddelerin öğrenciler tarafından anlaşılabilirliğinin yükseltilmesi ve matematiksel dilin uygunluğunun sağlanması açısından alan uzmanlarından gelen dönütler değerlendirilerek maddelerin yazımında gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Alpar'a (2010) göre kapsam geçerlilik oranı (KGO) ile kapsam geçerlilik indeksi (KGİ) hesaplanarak uzman görüşlerinin değerlendirilmesi ve uygun değerleri karşılamayan maddelerin testten çıkarılması gereklidir. Bunun için her bir soruya "gerekli" olduğu yönünde görüş bildiren uzman sayısı (UG) ve "toplam uzman sayısı" (TU) olmak üzere $KGO = [UG / (TU / 2)] - 1$ işlemi ile test maddelerine ait KGO değerleri hesaplanmıştır (Alpar, 2010). Sıfır ya da negatif KGO değerine sahip maddeler testten çıkarılmıştır. Pozitif KGO değerine sahip maddelerin 0.62 değerinden küçük olanları testten çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda testte 30 madde kalmıştır. Alpar (2010)'a göre, test maddelerinin KGO değerlerinin ortalaması olan KGİ değerinin ise 0.67'den büyük olması gerekmektedir. Testte kalan 30 sorunun KGİ değeri 0.68 olarak hesaplanmıştır.

Taslak başarı testi 11. sınıfa devam eden 15 öğrenciye uygulanmıştır. Bu pilot çalışmanın amacı öğrencilerin maddeleri cevaplandırmak için gerekli süre içinde cevaplandırabilme durumlarını incelemek ve öğrencilerin anlamakta zorlandığı maddelerin olup olmadığını tespit etmektir. Pilot çalışma sonunda 1. ve 14. maddedeki yazım hataları düzeltilmiş ve 1, 21, 26, 28 ve 29. maddelerdeki şekillerin boyutları ve renk tonları düzenlenerek maddeler zorluk seviyesine göre yeniden sıralanmıştır.

Yapılan uzman görüşü değerlendirmeleri ve pilot çalışma sonucunda başarı testinde kalan 30 madde ile taslak başarı testi oluşturulmuştur. Taslak başarı testi, Balıkesir ilinde bulunan ortaöğretim kurumlarının 11. sınıflarında öğrenim gören 292 öğrenciye uygulanmıştır. Taslak test formu uygulaması sonucunda elde edilen veriler; teste ait nokta çift serili korelasyon katsayılarının (Alpar, 2010), madde güçlüklerinin, alt %27 - üst %27 karşılaştırması yoluyla madde ayırt ediciliklerinin ve testin Kuder-Richardson 20 (KR-20) güvenilirlik katsayısının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Nokta çift serili korelasyon hesaplaması sonucunda korelasyon katsayısı 0.50'den küçük olan maddelerin (6, 10, 12, 16, 17, 18, 20, 23, 25, 27, 29) testten çıkarılmasına karar verilmiştir (Tekin, 2008). Madde güçlüğü değerlerinin hesaplanması sonucunda madde güçlük değeri 0.30 ile 0.50 arasındaki (Büyüköztürk vd., 2014) maddelerin (10, 12, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) çok kolay ve çok zor olarak değerlendirilmesi sebebiyle testten çıkarılmasına karar verilmiştir. Madde ayırt edicilik değerlerinin hesaplanması sonucunda madde ayırt edicilik değeri 0.30'un altında (Büyüköztürk vd., 2014) olan maddelerin (1, 10, 12, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) testten çıkarılmasına karar verilmiştir. Analizler sonucunda taslak başarı testinden çıkarılması gereken maddeler (1, 6, 10, 12, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30) belirlenmiştir. Testten çıkarılan maddeler sonucunda 20 maddeden oluşan teste ait ölçümlerin KR-20 güvenilirlik katsayısı 0.81 olarak hesaplanmıştır. Yapılan tüm analizler sonucunda 20 maddenin başarı testinde kalmasına karar verilmiş ve Geometri Başarı Testinin son hali oluşturulmuştur (EK B).

3.5.3 Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği

Uygulamaya katılan ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin geometri dersine ilişkin tutum düzeylerini belirlemek için Su Özenir (2008) tarafından geliştirilen Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği (GDİTÖ) kullanılmıştır (EK C). Ölçek beşli likert tipinde 12 olumlu, 14 olumsuz toplam 26 maddeden oluşmaktadır ve tek faktörlüdür. Ölçekten alınabilecek toplam puan 26 ile 130 arasındadır. Puanların değerlendirilmesinde kullanılan ölçekleme; 26-46 (hiç katılmıyorum), 47-67 (katılmıyorum), 68-88 (kararsızım), 89-109 (katılıyorum) ve 110-130 (tamamen katılıyorum) şeklindedir. Bu hesaplama, aralık uzunluğu=(maksimum puan-minimum puan+1) / düzey sayısı olarak hesaplanmış ve her bir düzey için toplam puan aralığı bu aralık uzunluğuna göre hesaplanmıştır (Tekin, 2008).

3.5.4 Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

Uygulamaya katılan ortaöğretim 10. sınıf öğrencilerinin sanal ortamda buradalık algı düzeylerini belirlemek için Witmer ve Singer (1998) tarafından geliştirilen ve Özdiç (2010) tarafından Türkçeye uyarlanan Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği (SOBÖ) kullanılmıştır (EK D). Ölçeğin orijinal hali, 32 maddeden ve 4 faktörden oluşmaktadır. Kullanıcıların sanal ortam deneyimlerinde buradalık algısını etkileyen faktörler; kontrol faktörü, duyuşsal faktör, dikkat dağıtma faktörü ve gerçeklik faktörüdür. Kontrol faktöründe 13 madde, duyuşsal faktörde 11 madde, dikkat dağıtma faktöründe 6 madde ve gerçeklik faktöründe 7 madde bulunmaktadır. Kullanıcıların sanal ortam deneyimleri sırasında olaylar üzerindeki kontrol seviyeleri, kontrol faktörü kavramıyla açıklanmaktadır. Bu süreçte duyuşların etkin bir şekilde kullanılması, duyuşsal faktör olarak tanımlanmıştır. Kullanıcıların çevrelerindeki fiziksel ortam farkındalığı, dikkat dağıtma faktörüyle; sanal ortamın kullanıcıya ne ölçüde gerçekçi geldiği ise gerçeklik faktörüyle ilişkilendirilmiştir (Witmer ve Singer, 1998). Türkçeye uyarlanan SOBÖ, 27 maddeden oluşmaktadır ve her madde yedili likert tipindedir. Ölçeğin kaç faktörden oluştuğuna dair bilgiye ulaşılamadığından ölçeğin orijinalindeki faktörlerin korunduğu kabul edilmiştir. Ölçekten alınabilecek toplam puan 27 ile 189 arasındadır. Puanların değerlendirilmesinde kullanılan ölçekleme, 27-49 (hiç katılmıyorum), 50-72 (katılmıyorum), 73-95 (kısmen katılmıyorum), 96-118 (kararsızım), 119-141 (kısmen katılıyorum), 142-164 (katılıyorum) ve 165-189 (tamamen katılıyorum) şeklindedir.

3.5.5 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Çalışmanın deneysel sürecine katılan öğrencilerin sanal ortamda geometri öğretimine ilişkin görüşlerini belirlemek için, öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ekiz (2003), görüşme yönteminin bireylerin ne düşündüklerini ve neden bu şekilde düşündüklerini anlamının yanı sıra, duyuş, tutum ve davranışlarını etkileyen faktörleri keşfetmeye olanak sağlayan bir veri toplama yöntemi olduğunu ifade etmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşme yönteminde, görüşme soruları önceden hazırlanmakla birlikte görüşme sırasında bu soruların yeniden düzenlenip sorulabilmesine olanak tanıyan bir esneklik sağlanır (Ekiz, 2003). Görüşmelerin gerçekleştirilmesi için alanyazın taraması yapılmış ve bir görüşme formu geliştirilmiştir. Bu formdaki soruların geçerliliğini artırmak amacıyla, alanında uzman iki akademisyenden geri bildirim alınmış ve uzmanların önerileri doğrultusunda forma son şekli verilmiştir (EK E).

3.6 Etik

Çalışmanın deneysel sürecinin etik açıdan uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla Balıkesir Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu'na başvurulmuş ve 03.03.2023 tarihli E-199928322-108.01-234777 sayılı resmi yazıda belirtilen etik kurul onayı alınmıştır (EK F). Ayrıca Milli Eğitim Müdürlüklerine bağlı kurumlarda araştırma yapmak için gerekli, 24.08.2023 tarihli E-99191664-605.01-82010791 sayılı resmi yazıda belirtilen araştırma izni (EK G), Balıkesir Milli Eğitim Müdürlüğüne başvuru yapılarak alınmıştır.

3.7 Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen nicel verilerin analizinde test ve ölçekler yardımıyla toplanan veriler IBM SPSS Statistics 27 programı ile analiz edilmiştir. Araştırma sorularına göre parametrik veya parametrik olmayan testlerden hangisinin kullanılacağını belirlemek amacıyla verilerin normal dağılıp dağılmadığı normallik analizi ile belirlenmiştir. Parametrik testlerin kullanılabilmesi için aşağıda bulunan varsayımların karşılanması gereklidir (Can, 2017).

1. Veriler en az aralık ölçeğinde olmalıdır.
2. Veriler normal dağılıma uymalıdır (Normallik varsayımı).
3. Gruplar birden fazla ise grupların varyansları eşit olmalıdır.
4. Farklı gruplarda yer alan katılımcıların fark puanları birbirinden bağımsız ölçülmelidir.

Analizlere geçmeden önce test ve ölçeklerden elde edilen puanlara ait verilerin, parametrik testlerin kullanımı için gerekli varsayımları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Araştırmada veri toplama aracı olarak kullanılan ölçekler ve geometri başarı testi eşit aralıklı olduklarından birinci normallik varsayımı sağlanmıştır. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Shapiro Wilk testi ile kontrol edilmiştir. Ak (2008) gözlem sayısının 30'dan küçük olduğunda, Can (2017) ise 50'den küçük olduğunda Shapiro-Wilk testi kullanılarak verilerin normal dağılıp dağılmadığının tespit edilebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmanın deney grubunda 15 öğrenci, kontrol grubunda 15 öğrenci olduğundan araştırmadan elde edilen nicel verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için araştırmanın verilerinin elde edildiği test ve ölçeklerden alınan puanların farklarıyla Shapiro Wilk testleri yapılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında bulunan öğrencilerin başarı testi ve ölçeklerden

aldıkları puanların ön test- son test fark puanlarının Shapiro Wilk testleri Tablo 3.6’da yer almaktadır.

Tablo 3.6: Deney ve kontrol gruplarının ön test- son test fark puanları Shapiro Wilk testi sonuçları

Ölçek/Test	sd	Deney grubu		Kontrol grubu	
		İstatistik	Anlamlılık	İstatistik	Anlamlılık
GBT fark puanı	15	0.907	0.123	0.894	0.078
GDİTÖ fark puanı	15	0.980	0.968	0.938	0.352
SOBÖ fark puanı	15	0.951	0.546	0.928	0.252

Not. sd: serbestlik derecesi

Tablo 3.6 incelendiğinde Shapiro Wilk testine göre, veri toplama aracı olarak kullanılan test ve ölçeklerin tümüne ait fark puanlarının deney ve kontrol grupları için normal dağıldığı ve verilerin normallik varsayımını karşıladığı görülmektedir. Parametrik testlerin kullanılması için gerekli olan varsayımlar sağlandığı için katılımcıların ön test ve son test verilerinde deney ve kontrol grupları arasında fark olup olmadığını tespit etmek için parametrik testlerden karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) ve karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler kovaryans analizi (ANCOVA) yapılması uygun görülmüştür (Denis, 2021). Denis’e (2021) göre, “karma tasarım” terimi hem grup içi hem de gruplar arası faktörlerin dahil edilmesi anlamına gelmektedir. Mauchly’nin küresellik testi istatistiklerinin anlamlı olmaması ($p < .05$) durumunda ANOVA ve ANCOVA ile ilgili varsayımlar karşılanmadığından Huynh-Feldt düzeltmesi (Field, 2016) kullanılmıştır.

Sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi için Metaverse uygulaması kullanılarak gerçekleştirilen öğretim sonrasında, katılımcılarla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış ve bu görüşmelerden elde edilen veriler yazılı hale getirilmiştir. Ardından, içerik analizi yöntemi kullanılarak veriler incelenmiştir. İçerik analizi, toplanan verilerin kavramsallaştırılmasının ardından, ortaya çıkan kavramlar doğrultusunda düzenlenmesi ve bu düzenlemelere göre temaların belirlenmesiyle gerçekleştirilen bir analiz ve yorumlama sürecidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). İçerik analizi, veri analizi yazılımı kullanılmadan araştırmacı tarafından yapılmıştır.

3.8 Geçerlik ve Güvenirlik

Geçerlik, nicel araştırmalarda ölçme aracının hedeflenen özelliği ne derece doğru ölçtüğünü ifade ederken nitel araştırmalarda, araştırmacının incelediği unsuru tarafsız bir biçimde gözlemlemesi ya da ele alması olarak tanımlanır (Bademci, 2011; Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bir ölçme aracının aynı koşullarda yapılan tekrarlı ölçümlerde gösterdiği tutarlılık ve kararlılığı ifade eden gösterge ise güvenirlik olarak adlandırılır (Ercan ve Kan, 2004).

Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarından biri olan GBT'nin geliştirilmesi süreci veri toplama araçları bölümünde açıklanmıştır. GBT'nin KR-20 güvenirlik katsayısı hesaplanarak geçerli ve güvenilir olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan diğer veri toplama araçları olan GDİTÖ ve SOBÖ'den elde edilen ölçümlerin güvenirlikleri Cronbach'ın alfa güvenirlik katsayısı kullanılarak ölçülmüştür. Likert tipi bir ölçek ile yapılan ölçümlerin güvenirliği Cronbach'ın Alfa güvenirlik katsayısı ile ifade edilmektedir (Bademci, 2011; Gözüm ve Aksayan, 2003). GBT, GDİTÖ ve SOBÖ'ye ait ölçümlerin güvenirlik katsayıları Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7: GBT, GDİTÖ ve SOBÖ'ye ait ölçümlerin güvenirlik katsayıları

	Ön testler			Son testler		
	GBT	GDİTÖ	SOBÖ	GBT	GDİTÖ	SOBÖ
Güvenirlik katsayıları	0.818	0.890	0.965	0.901	0.960	0.925

Tablo 3.7 incelendiğinde GBT ön testine ait ölçümler için hesaplanan KR-20 güvenirlik katsayısının 0.818, GBT son testine ait ölçümler için hesaplanan KR-20 güvenirlik katsayısının 0.901 olduğu görülebilir. GDİTÖ'nün Su Özenir (2008) tarafından hesaplanan Cronbach'ın alfa değeri 0.920 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada hesaplanan Cronbach'ın alfa değeri ise GDİTÖ ön testine ait ölçümler için 0.890 ve GDİTÖ son testine ait ölçümler için 0.960'tır. SOBÖ'nün, Özdiñç (2010) tarafından hesaplanan Cronbach'ın alfa değeri 0.770'tir. Bu çalışmada hesaplanan Cronbach'ın alfa değeri ise SOBÖ ön testine ait ölçümler için 0.965 ve SOBÖ son testine ait ölçümler için 0.925'tir. Büyüköztürk vd. (2014), bir ölçümdeki 0.70 ve üzerindeki değerlere sahip güvenirlik katsayısının, ölçümün güvenilir olma koşulunu sağlama açısından önemli olduğu görüşündedir. Buna göre, araştırmada veri toplama amacıyla kullanılacak ölçeklere ait ölçümlerin güvenilir olduğu söylenebilir.

Nitel verilerin analizi sonucundaki güvenilirliği sağlamak amacıyla, öğrencilerle yapılan görüşmelerin yazıya dökülmesiyle elde edilen verilerin içerik analizinde gerçekleştirilen kodlamaları kontrol edilmiştir. Kodlama uyuşumunun sağlanabilmesi için, beş katılımcıya ait veriler ikinci bir araştırmacı tarafından kodlanmıştır. Kodlayıcılar arası uyuşum oranı, şu formülle hesaplanmıştır: Güvenirlik = (uyuşum olan kategorilerin sayısı) / (uyuşum olan ve olmayan kategorilerin toplam sayısı) (Miles ve Huberman, 1994). Kodlayıcılar arası veri analizi güvenilirliğinin sağlandığından söz edebilmek için uyuşum oranınının 0.70'in üzerinde olması gerekmektedir (Miles ve Huberman, 1994). Rastgele seçilen beş öğrenciyle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler için ikinci araştırmacı tarafından yapılan kodlamaların sonucunda, kodlayıcılar arası uyuşum oranı $Güvenirlik = 107/120 = 0.89$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, görüşme verilerinin kodlanmasıyla yapılan veri analizinin güvenilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca kodlamaların güvenilirliğini sağlamak için, rastgele seçilen beş öğrenciyle yapılan görüşmelerden elde edilen veriler bir ay sonra tüm verileri kodlayan araştırmacı tarafından yeniden kodlanmış ve aynı formül kullanılarak $Güvenirlik = 115/120 = 0.96$ olarak hesaplanmıştır. Miles ve Huberman (1994), verilerin iç tutarlılık açısından güvenilirliği için bu oranının yaklaşık 0.90 olmasının yeterli olduğunu ifade etmiştir.

4. BULGULAR VE YORUMLAR

Bu bölümde, çalışmanın alt problemlerini oluşturan araştırma sorularına cevap bulabilmek için veri toplama araçları kullanılarak toplanan verilerin analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda ulaşılan bulgular sunulmuş ve yorumlanmıştır.

4.1 Birinci Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın birinci alt problemi olan, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına etkisi var mıdır?” sorusuna cevap bulabilmek amacıylaGBT’ye ait puanların betimsel istatistik sonuçları incelenmiştir (bkz. Tablo 4.1).

Tablo 4.1: GBT puanlarına ait betimsel istatistikler

Grup	N	Ön test		N	Son test	
		\bar{X}	S		\bar{X}	S
Deney	15	12.27	2.25	15	15.27	1.34
Kontrol	15	4.47	2.36	15	5.00	2.42

Not. N: Katılımcı Sayısı, \bar{X} : Ortalama, S: Standart Sapma

Tablo 4.1 incelendiğinde deney grubunun GBT ön test puanlarının ortalamasının 12.27, son test puanlarının ortalamasının 15.27 olduğu ve kontrol grubunun GBT ön test puanlarının ortalamasının 4.47, son test puanlarının ortalamasının 5.00 olduğu görülebilir. Deney grubunun 3 puanlık GBT ön test-son test ortalama puan farkı, kontrol grubunun 0.53 puanlık GBT ön test-son test ortalama puan farkından fazladır. Deney ve kontrol gruplarının ortalama puanlarında gözlenen farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek için karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA yapılmış ve analizin sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
Grup (deney-kontrol)	1224.0167	1224.0167	209.319**	0.882
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	46.817	46.817	14.269**	0.338
Grup*ölçüm zamanı	22.817	22.817	6.954*	0.199

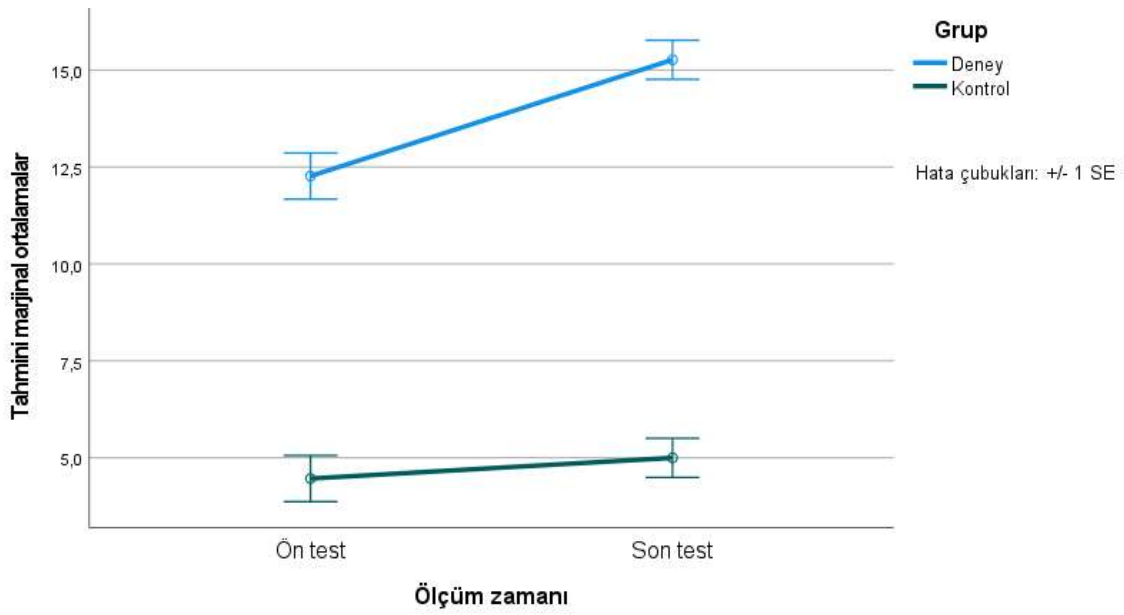
Not. *p<.05, **p<.001

Tablo 4.2 incelendiğinde kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık olduğu görülebilir, $F(1,28)=209.319$, $p<.001$, $\eta^2=0.882$. Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayrımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre anlamlı olduğu ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak GBT puanını etkilemiştir. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.882>0.50$ olduğu görülmektedir. Field'e (2009) göre kısmi eta kare değerlerinin 0.10 değerinde olması düşük düzeyde etkiyi, 0.30 değerinde olması orta düzeyde etkiyi, 0.50 değerinde veya daha fazla olması yüksek düzeyde etkiyi göstermektedir. Buna göre sanal ortamda geometri öğretiminin, öğrencilerin geometri dersi başarısına etkisinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Tablo 4.2 incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasında da anlamlı bir fark olduğu görülmektedir, $F(1,28)=14.269$, $p<.001$, $\eta^2=0.338$. Buna göre, deney grubu ya da kontrol grubu ayrımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında anlamlı biçimde fark olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrenciler kendi gruplarında gördükleri öğrenim sonunda GBT puanlarını artırmışlardır. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.338>0.30$ olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının GBT ön testi ve son testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olduğu görülebilir, $F(1,28)=6.954$, $p<.05$, $\eta^2=0.199$. Buna göre, farklı gruplardaki öğrencilerin farklı zamanlardaki GBT puanları arasındaki farkın anlamlı olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin anlamlı biçimde farklı oranlarda öğrendiği görülmüştür. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.199>0.10$ olduğu görülmüştür.

Bu bulgulara göre, katılımcıların GBT puanlarının deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olduğu ve etkisinin yüksek düzeyde olduğu, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve etkisinin orta düzeyde olduğu ve grupların GBT ön test puanları ile son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu ve etkisinin düşük düzeyde olduğu söylenebilir. GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar (estimated marginal means) grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: GBT puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği

Şekil 4.1 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının GBT ön test puanlarının eşit olmadığı görülebilir. Ön test puanlarında gözlenen eşitsizliği gidermek için GBT ön test puanlarını eş değişken olarak kullanarak karma tasarımlı iki yönlü tekrarlanan ölçümler ANCOVA yapılmıştır (bkz. Tablo 4.3).

Tablo 4.3: GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
GBT ön test	114.609	114.609	62.993**	0.700
Grup (deney-kontrol)	64.736	64.736	35.581**	0.569
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	65.242	65.242	35.859**	0.570
Ön test*ölçüm zamanı	42.743	42.743	23.493**	0.465
Grup*ölçüm zamanı	64.736	64.736	35.581**	0.569

Not. *p<.05, **p<.001

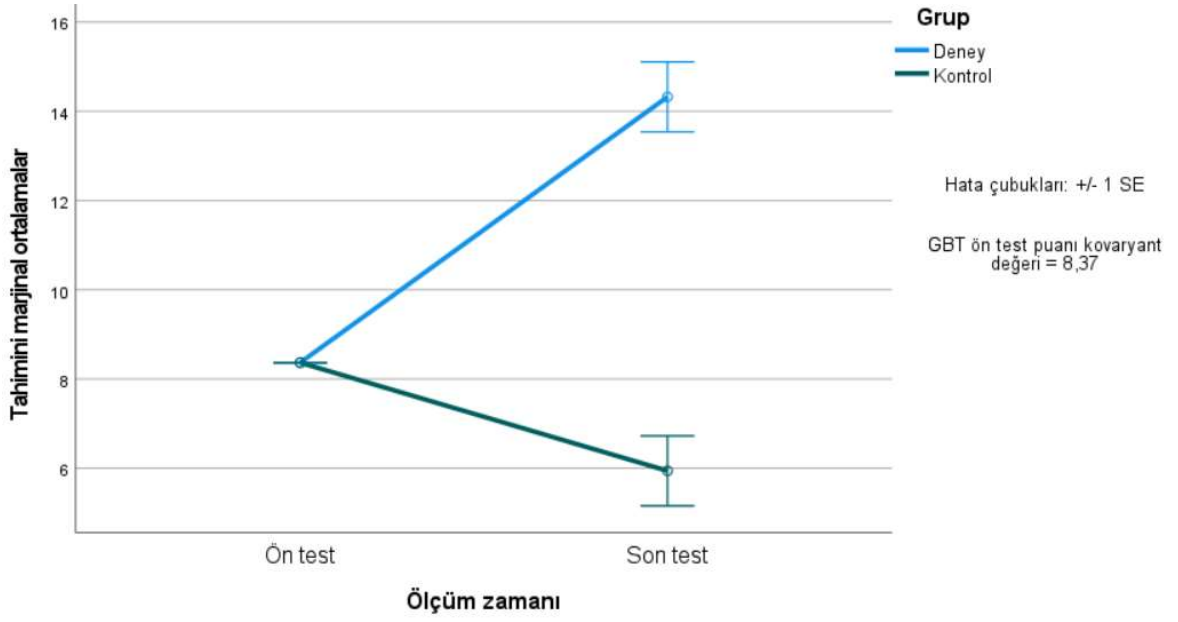
Tablo 4.3 incelendiğinde ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık olduğu görülebilir, $F(1,28)=64.734$, $p<.001$, $\eta^2=0.569$. Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayrımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre anlamlı olduğu

ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak GBT puanını etkilemiştir. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.569>0.50$ olduğu görülmektedir. Buna göre sanal ortamda geometri öğretiminin, öğrencilerin geometri dersi başarısına yüksek etkisinin olduğu söylenebilir.

Tablo 4.3 incelendiğinde ön test puanları sabit tutulduğunda öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir, $F(1,28)=35.581$, $p<.001$, $\eta^2=0.569$. Buna göre, deney grubu ya da kontrol grubu ayrımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında anlamlı fark olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrenciler kendi gruplarında gördükleri öğrenim sonunda GBT puanlarını anlamlı biçimde değiştirmişlerdir. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.569>0.50$ olduğu görülmüştür.

Tablo 4.3 incelendiğinde ön test puanları sabit tutulduğunda deney ve kontrol gruplarının GBT ön test ve son test ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olduğu görülebilir, $F(1,28)=35.859$, $p<.001$, $\eta^2=0.570$. Buna göre, farklı gruplardaki öğrencilerin farklı zamanlardaki GBT puanları arasındaki farkın anlamlı olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin anlamlı biçimde farklı oranlarda öğrendiği görülmüştür. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.570>0.50$ olduğu görülmüştür.

Bu bulgulara göre, ön test puanları sabit tutulduğunda katılımcıların GBT puanlarının deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olduğu ve yüksek etkisinin olduğu, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve yüksek etkisinin olduğu ve grupların GBT ön testinden ve son testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olduğu ve yüksek etkisinin olduğu söylenebilir. GBT puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar grafiği Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda GBT puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği

Şekil 4.2 incelendiğinde GBT ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda GBT’den alınan puanların, deney grubunun ön testi ve son testi arasında artış, kontrol grubunun ön testi ve son testi arasında azalış gösterdiği görülebilir. Kontrol grubundaki düşüşün nedeni, deney grubunda öğretim yapıldığı süre içinde kontrol grubunda herhangi bir öğretim yapılmamış olması ya da kontrol grubundaki öğrencilerin veri toplama aracındaki tüm soruları yanıtlayamamış olmaları olabilir.

4.2 İkinci Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın ikinci alt problemi olan, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarına etkisi var mıdır?” sorusuna cevap bulabilmek amacıyla GDİTÖ’ye ait puanların betimsel istatistik sonuçları incelenmiştir (bkz. Tablo 4.4).

Tablo 4.4: GDİTÖ puanlarına ait betimsel istatistikler

Grup	N	Ön test		N	Son test	
		\bar{X}	S		\bar{X}	S
Deney	15	82.73	18.55	15	86.47	20.58
Kontrol	15	81.73	17.67	15	79.40	16.36

Not. N: Katılımcı Sayısı, \bar{X} : Ortalama, S: Standart Sapma

Tablo 4.4 incelendiğinde deney grubunun GDİTÖ'den aldığı ön test puanlarının ortalaması 82.73'ken son test ortalaması 86.47'ye yükselmiştir. Kontrol grubunun GDİTÖ'den aldığı ön test puanlarının ortalaması 81.73'ken son test puanları ortalaması 79.40'a düşmüştür. Deney grubunun GDİTÖ ön testinden ve GDİTÖ son testinden aldıkları puanlar arasındaki 3.74 puanlık fark, kontrol grubunun GDİTÖ ön testinden ve GDİTÖ son testinden aldıkları puanlar arasındaki -2.33 puanlık farktan mutlak değer olarak daha fazladır. Ayrıca deney grubundaki ve kontrol grubundaki öğrencilerin GDİTÖ'ye verdikleri cevaplar, ölçekteki kararsızım seviyesindedir ve ön testten son teste değişmemiştir. Kontrol grubunun GDİTÖ puanlarında ön testten son teste düşüş olmasının olası nedenleri tartışma, sonuç ve öneriler bölümünde tartışılmıştır. Deney ve kontrol gruplarının ortalama puanlarında gözlenen farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek için karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA yapılmış ve analizin sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
Grup (deney-kontrol)	122.008	204600.208	774.788**	0.965
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	7.350	7.350	0.050	0.002
Grup*ölçüm zamanı	138.017	138.017	0.946	0.033

Not. *p<.05, **p<.001

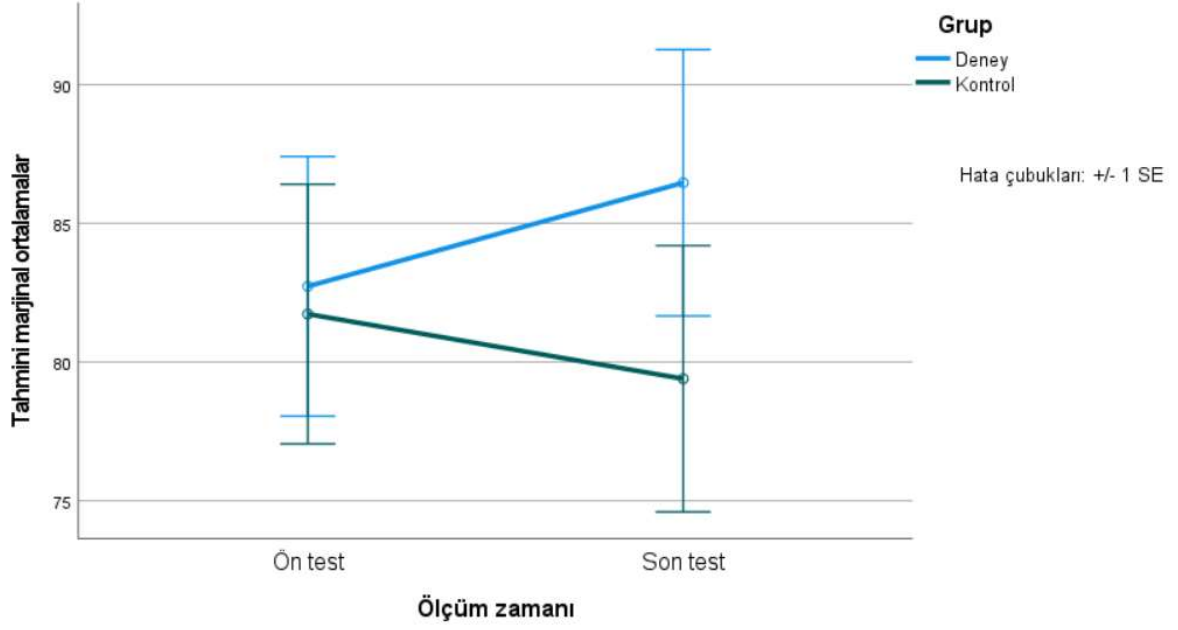
Tablo 4.5 incelendiğinde kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir, $F(1,28)=774.788$, $p<.001$, $\eta^2=0.965$. Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayrımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak GDİTÖ'den alınan puanı etkilemiştir. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.965>0.50$ olduğu görülmektedir. Buna göre sanal ortamda

geometri öğretiminin, öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumları üzerindeki etkisinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Tablo 4.5 incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir, $F(1,28)=0.050$, $p>.05$, $\eta^2=0.002$. Buna göre, deney grubu ya da kontrol grubu ayrımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında fark olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrencilerin kendi gruplarında gördükleri öğrenim, geometri dersine ilişkin tutumları üzerinde etkili değildir.

Tablo 4.5 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının GDİTÖ ön testi ve son testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür, $F(1,28)=0.946$, $p>.05$, $\eta^2=0.033$. Buna göre, farklı gruplardaki öğrencilerin farklı zamanlardaki GDİTÖ puanları arasındaki farkın anlamlı olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumları anlamlı biçimde farklı değildir.

Bu bulgulara göre, katılımcıların GDİTÖ'den aldıkları puanların deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olduğu ve etkisinin yüksek düzeyde olduğu, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ve grupların GDİTÖ ön testinden ve son testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar grafiği Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3: GDİTÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği

Şekil 4.3 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının GDİTÖ ön test puanlarının eşit olmadığı görülebilir. Ön test puanlarında gözlenen eşitsizliği gidermek için GDİTÖ ön test puanlarını eş değişken olarak kullanarak karma tasarımlı iki yönlü tekrarlanan ölçümler ANCOVA yapılmıştır (bkz. Tablo 4.6).

Tablo 4.6: GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
GDİTÖ ön test	11505.862	11505.862	94.649**	0.778
Grup (deney-kontrol)	157.559	157.559	1.296	0.046
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	799.727	799.727	6.579	0.196
Ön test*ölçüm zamanı	802.929	802.929	6.605	0.197
Grup*ölçüm zamanı	157.559	157.559	1.296	0.046

Not. * p<.05, ** p<.001

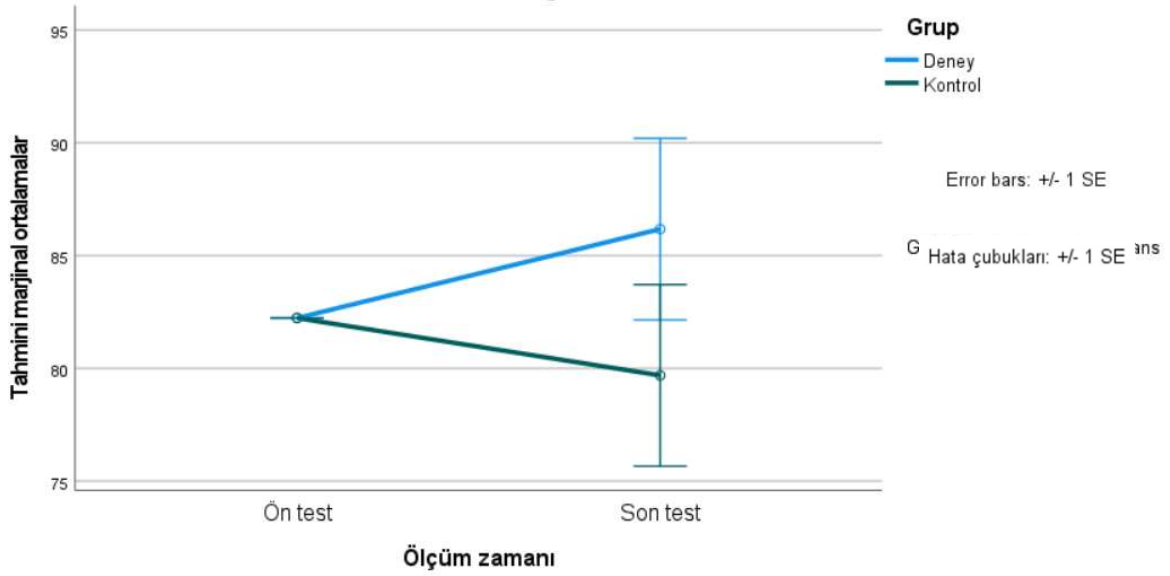
Tablo 4.6 incelendiğinde ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür. ($F(1,28)=1.296$, $p>.05$, $\eta^2=0.046$). Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayrımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre anlamlı olmadığı

ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak GDİTÖ'den alınan puanı etkilememiştir.

Tablo 4.6 incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir, $F(1,28)=6.579$, $p>.05$, $\eta^2=0.196$. Buna göre, deney grubu ya da kontrol grubu ayrımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrencilerin kendi gruplarında gördükleri öğrenim, geometri dersine ilişkin tutumları üzerinde etkili olmamıştır.

Tablo 4.6 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının GDİTÖ ön testi ve son testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür, $F(1,28)=1.296$, $p>.05$, $\eta^2=0.046$. Buna göre, farklı gruplardaki öğrencilerin farklı zamanlardaki GDİTÖ puanları arasındaki farkın anlamlı olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumları anlamlı biçimde farklı değildir.

Bu bulgulara göre, katılımcıların GDİTÖ'den aldıkları puanların deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olmadığı, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı, grupların GDİTÖ ön testinden ve son testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. GDİTÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar grafiği Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda GDİTÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği

Şekil 4.4 incelendiğinde GDİTÖ ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda GDİTÖ’den alınan puanların, deney grubunun ön testi ve son testi arasında artış, kontrol grubunun ön testi ve son testi arasında azalış gösterdiği görülebilir. Bu durumun olası nedenlerine sonuç, tartışma ve öneriler bölümünde yer verilmiştir.

4.3 Üçüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın üçüncü alt problemi olan, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarına etkisi var mıdır?” sorusuna cevap bulabilmek amacıyla SOBÖ’ye ait puanların betimsel istatistik sonuçları incelenmiştir (bkz. Tablo 4.7).

Tablo 4.7: SOBÖ puanlarına ait betimsel istatistikler

Grup	N	Ön Test		N	Son Test	
		\bar{X}	S		\bar{X}	S
Deney	15	66.13	36.81	15	74.80	24.83
Kontrol	15	90.73	31.26	15	81.27	26.52

Not. N: Katılımcı Sayısı, \bar{X} : Ortalama, S: Standart Sapma

Tablo 4.7 incelendiğinde deney grubunun SOBÖ'den aldığı ön test puanlarının ortalaması 66.13'ken son test ortalaması 74.80'e yükselmiştir. Kontrol grubunun SOBÖ'den aldığı ön test puanlarının ortalaması 90.73'ken son test puanları ortalaması 81.27'ye düşmüştür. Deney grubunun SOBÖ ön testinden ve SOBÖ son testinden aldıkları puanlar arasındaki 8.67 puanlık fark, kontrol grubunun SOBÖ ön testinden ve SOBÖ son testinden aldıkları puanlar arasındaki -9.46 puanlık farktan mutlak değer olarak daha azdır. Ayrıca deney grubundaki öğrencilerin SOBÖ ön testine verdikleri cevaplar ölçekte katılmıyorum seviyesindeyken SOBÖ son testine verdikleri cevaplar kısmen katılmıyorum seviyesine yükselmiştir. Kontrol grubundaki öğrencilerin SOBÖ'ye verdikleri cevaplar ön testten son teste değişiklik göstermeyerek kısmen katılıyorum seviyesinde kalmıştır. Kontrol grubunun SOBÖ puanlarında ön testten son teste düşüş olmasının olası nedenlerine sonuç, tartışma ve öneriler bölümünde yer verilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının ortalama puanlarında gözlenen farklılığın anlamlı olup olmadığını belirlemek için karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA yapılmış ve analizin sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
Grup (deney-kontrol)	3619.267	3619.267	262.785**	0.904
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	2.400	2.400	0.006	0.000
Grup*ölçüm zamanı	1233.067	1233.067	2.877	0.093

Not. *p<.05, **p<.001

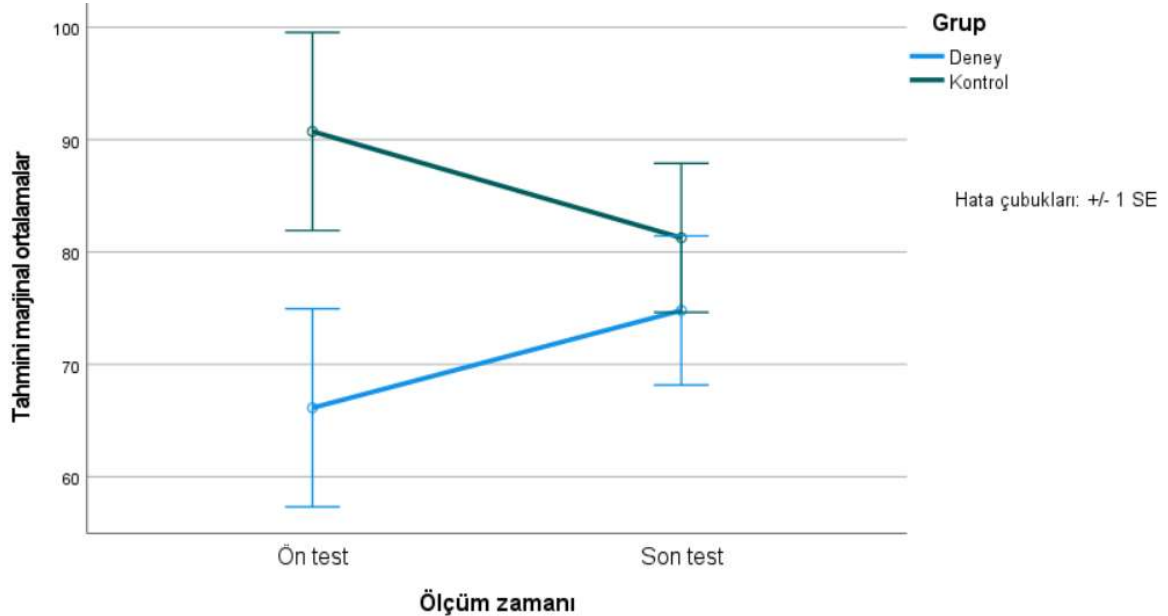
Tablo 4.8 incelendiğinde kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir, $F(1,28)=262.785$, $p<.001$, $\eta^2=0.904$. Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayrımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak SOBÖ'den alınan puanı etkilemiştir. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.904>0.50$ olduğu görülmektedir. Buna göre sanal ortamda geometri öğretiminin, öğrencilerin sanal ortamda bulunuşluk algılarına etkisinin yüksek düzeyde olduğu söylenebilir.

Tablo 4.8 incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir, $F(1,28)=2.400$, $p>.05$, $\eta^2=0.000$. Buna göre, deney grubu ya da

kontrol grubu ayrımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında fark olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrencilerin kendi gruplarında gördükleri öğrenim, sanal ortamda bulunuşluk algıları üzerinde etkili değildir.

Tablo 4.8 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının SOBÖ ön testi ve son testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür $F(1,28)=2.877$, $p>.05$, $\eta^2=0.093$. Buna göre, farklı gruplardaki öğrencilerin farklı zamanlardaki SOBÖ puanları arasındaki farkın anlamlı olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sanal ortamda bulunuşluk algıları anlamlı biçimde farklı değildir.

Bu bulgulara göre, katılımcıların SOBÖ'den aldıkları puanların deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olduğu ve etkisinin yüksek düzeyde olduğu, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ve grupların SOBÖ ön testinden ve son testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar grafiği Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5: SOBÖ'ye ait varyans analizi görsel sonuçları

Şekil 4.5 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının SOBÖ ön test puanlarının eşit olmadığı görülebilir. Ön test puanlarında gözlenen eşitsizliği gidermek için SOBÖ ön test puanlarını eş değişken olarak kullanarak karma tasarımlı iki yönlü tekrarlanan ölçümler ANCOVA yapılmıştır (bkz. Tablo 4.9).

Tablo 4.9: SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler kovaryans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	η^2
SOBÖ ön test	32704.356	4656.766	19.572**	0.420
Grup (deney-kontrol)	46.390	46.390	0.195	0.007
Ölçüm zamanı (ön test-son test)	4656.766	4656.766	19.572**	0.420
Ön test*ölçüm zamanı	5577.423	5577.423	23.441**	0.465
Grup*ölçüm zamanı	46.390	46.390	0.195	0.007

Not. *p<.05, **p<.001

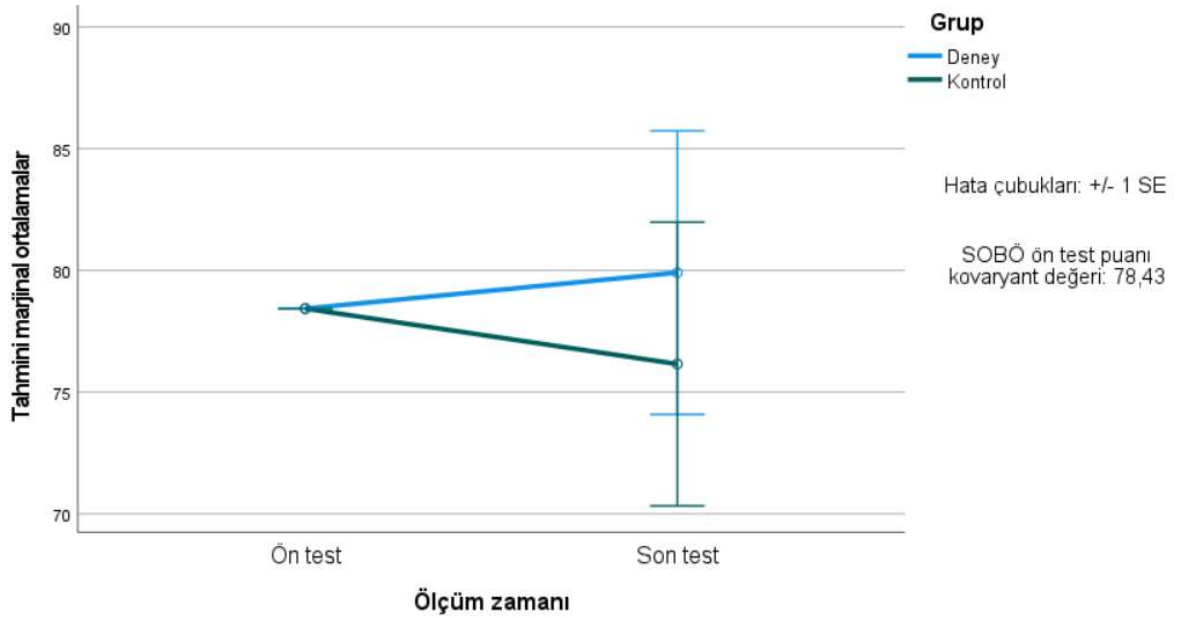
Tablo 4.9 incelendiğinde ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda kontrol grubu ile deney grubunun ortalama puanları arasında anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür, $F(1,28)=0.195$, $p>.05$, $\eta^2=0.007$. Buna göre, gruplar arasındaki farkın ön test ve son test ayırımı olmadan ölçme aracından alınan toplam puanlara göre anlamlı olmadığı ifade edilebilir. Başka bir ifadeyle, deney grubunda ya da kontrol grubunda olmak SOBÖ'den alınan puanı etkilememiştir.

Tablo 4.9 incelendiğinde öğrencilerin ön test ve son test puan ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir, $F(1,28)=19.572$, $p<.001$, $\eta^2=0.420$. Buna göre, deney grubu ya da kontrol grubu ayırımı yapılmadan araştırmaya katılan tüm öğrencilerin ön test puanları ile son test puanları arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle hem deney grubundaki hem de kontrol grubundaki öğrencilerin kendi gruplarında gördükleri öğrenim, sanal ortamda bulunuşluk algıları üzerinde etkili olmuştur. Bu anlamlı farklılığın etki değerine bakıldığında, $\eta^2=0.420>0.10$ olduğu görülmektedir. Buna göre öğrencilerin aldıkları geometri öğreniminin, öğrencilerin sanal ortamda bulunuşluk algılarını düşük düzeyde etkilediği söylenebilir.

Tablo 4.9 incelendiğinde deney ve kontrol gruplarının SOBÖ ön testi ve son testi ortalama puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür, $F(1,28)=0.195$, $p>.05$, $\eta^2=0.007$.

Buna göre, farklı gruptaki öğrencilerin farklı zamanlardaki SOBÖ puanları arasındaki farkın anlamlı olmadığı söylenebilir. Bir başka ifadeyle deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin sanal ortamda bulunışluk algıları anlamlı biçimde farklı değildir.

Bu bulgulara göre, katılımcıların SOBÖ'den aldıkları puanların deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı biçimde farklı olmadığı, ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ve etkisinin düşük düzeyde olduğu, grupların SOBÖ ön testinden ve son testinden aldıkları puanlar arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. SOBÖ puanlarına ait karma tasarımlı iki yönlü tekrarlı ölçümler ANCOVA'nın görsel sonuçları olan tahmini marjinal ortalamalar grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

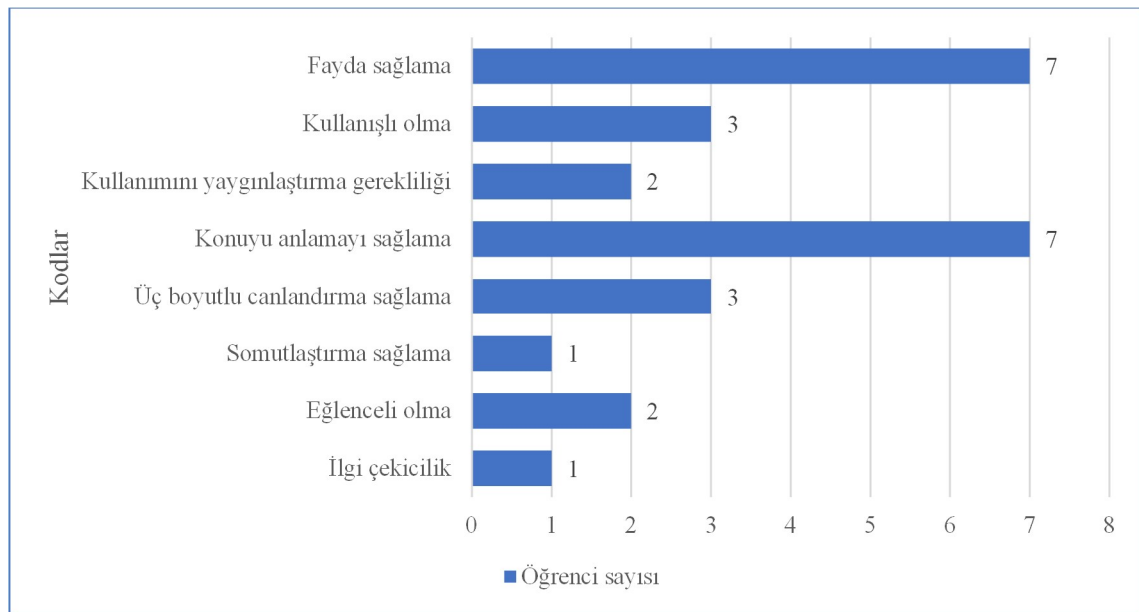


Şekil 4.6: Ön testin eş değişken olarak kullanıldığı durumda SOBÖ puanlarının tahmini marjinal ortalamalar grafiği

Şekil 4.6 incelendiğinde SOBÖ ön test puanlarının eş değişken olarak kullanılması durumunda SOBÖ'den alınan puanların, deney grubunun ön testi ve son testi arasında artış, kontrol grubunun ön testi ve son testi arasında azalış gösterdiği görülebilir. Bu durumun olası nedenlerine sonuç, tartışma ve öneriler bölümünde yer verilmiştir.

4.4 Dördüncü Alt Probleme Yönelik Bulgular ve Yorumlar

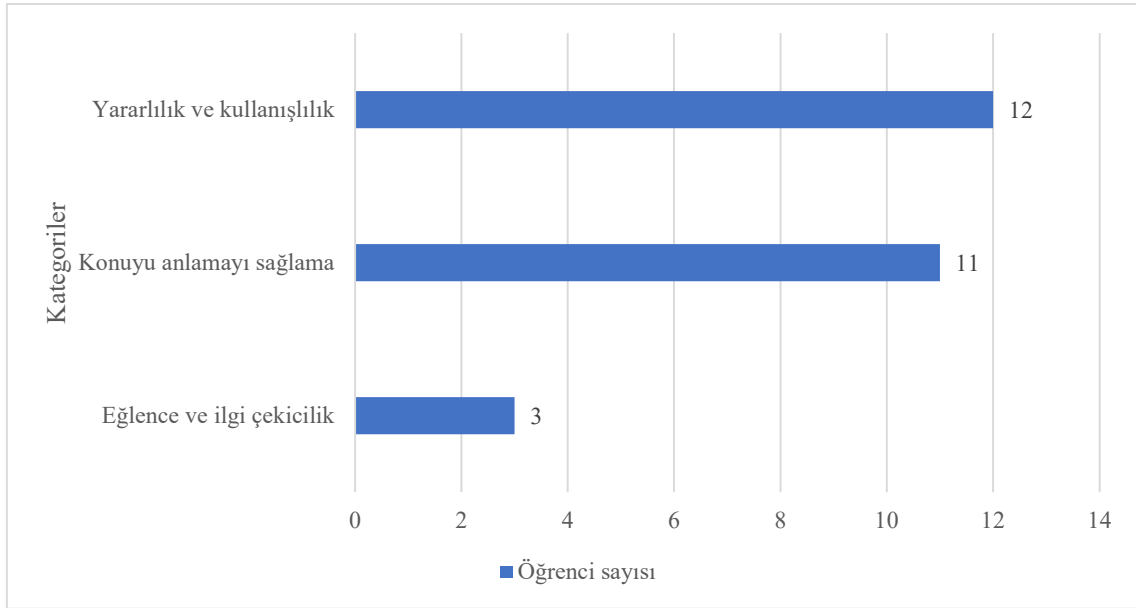
Araştırmanın dördüncü alt problemi olan, “Öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin görüşleri nelerdir?” sorusuna cevap bulabilmek için öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen verilerle içerik analizi yapılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmelerde, Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen ilk soru “Eğitim ve öğretimde sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusudur. Öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.7’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.7: Birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.7’de görülebileceği üzere sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkında çıkarılan kodlar; “fayda sağlama” (7 öğrenci), “kullanışlı olma” (3 öğrenci), “kullanımını yaygınlaştırma gerekliliği” (2 öğrenci), “konuyu anlamayı sağlama” (7 öğrenci), “üç boyutlu canlandırma sağlama” (3 öğrenci), “somutlaştırma sağlama” (1 öğrenci), “eğlenceli olma” (2 öğrenci) ve “ilgi çekicilik” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin, “konuyu anlamayı sağlama” ve “somutlaştırma sağlama” kodları “*Bence, kavraması güç konuların somut bir şekilde aktarılmasını kolaylaştırabilir*” (K-9) ifadesinden, “konuyu anlamayı sağlama” ve “ilgi çekicilik” kodları “*ders konuları daha ilgi çekici bir hal alıyor aynı zamanda bazı konular daha anlaşılır oluyor*” (K-7) ifadesinden

elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.8’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.8: Birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

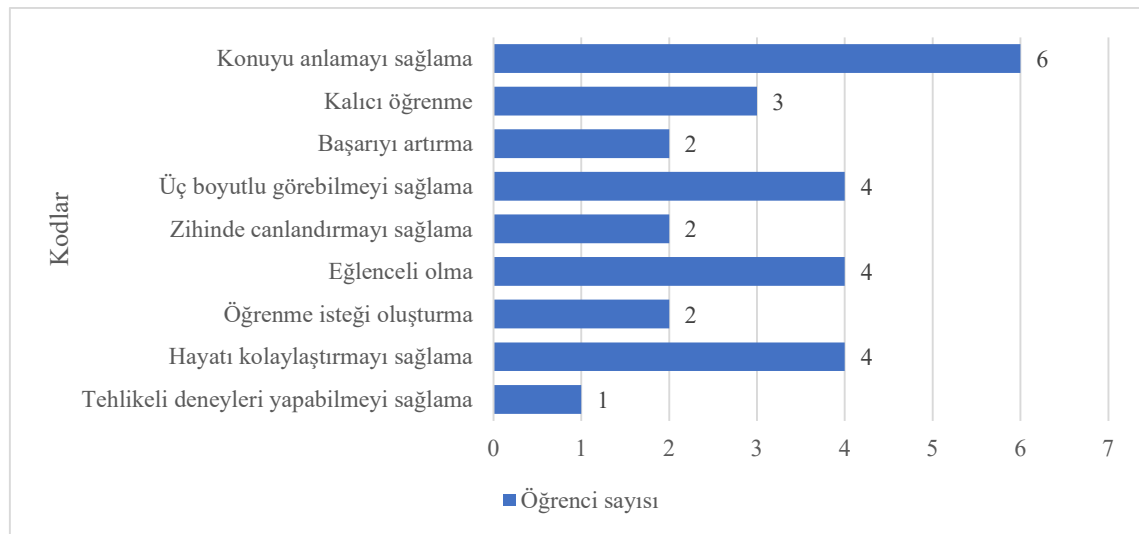
Şekil 4.8’de görülebileceği üzere sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkında oluşturulan kategoriler; “yararlılık ve kullanılabilirlik” (12 öğrenci), “konuyu anlamayı sağlama” (11 öğrenci) ve “eğlence ve ilgi çekicilik” (3 öğrenci) kategorileridir. “Eğitim ve öğretimde sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10: Birinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci sayısı	Kodlar	Kategoriler	Tema
7	Fayda sağlama	Yararlılık ve kullanışlılık	Eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar
3	Kullanışlı olma		
2	Kullanımını yaygınlaştırma gerekliliği		
7	Konuyu anlamayı sağlama	Konuyu anlamayı sağlama	
3	Üç boyutlu canlandırma sağlama		
1	Somutlaştırma sağlama		
2	Eğlenceli olma	Eğlence ve ilgi çekicilik	
1	İlgi çekicilik		

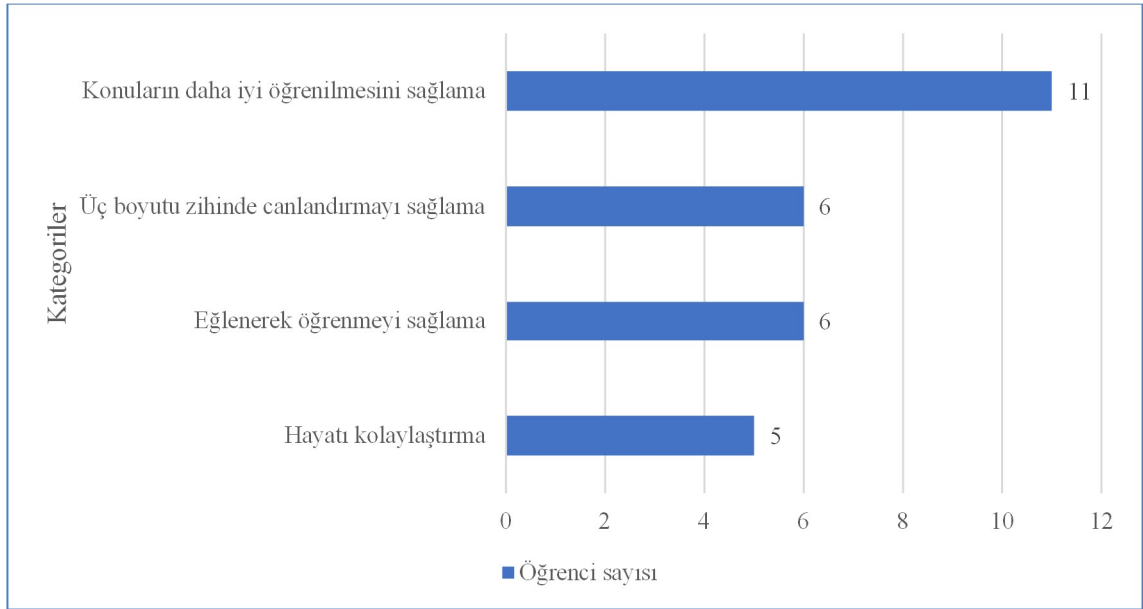
Tablo 4.10 incelendiğinde öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkında; geometri öğretimi amacıyla kullanıldığında anlaşılması zor konuları somutlaştırarak geometri öğrenimini kolaylaştırdığını, uygulamayı eğlenceli ve ilgi çekici olma açısından avantajlı bulduklarını düşündükleri sonucuna ulaşılabilir. Buna göre, sanal gerçeklik gözlüğü kullanımının öğretimde yararlı, kullanışlı bir araç olduğu ve öğretimsel avantajlarının bulunduğu söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen ikinci soru “Metaverse uygulamalarının avantajlarından bahsedebilir misiniz?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse uygulamalarının avantajları hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.9’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.9: İkinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.9’da görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının avantajları hakkında oluşturulan kodlar; “konuyu anlamayı sağlama” (6 öğrenci), “kalıcı öğrenme” (3 öğrenci), “başarıyı artırma” (2 öğrenci), “üç boyutlu görebilmeyi sağlama” (4 öğrenci), “zihinde canlandırmayı sağlama” (2 öğrenci), “eğlenceli olma” (4 öğrenci), “öğrenme isteği oluşturma” (2 öğrenci), “hayatı kolaylaştırmayı sağlama” (4 öğrenci) ve “tehlikeli deneyleri yapabilmeyi sağlama” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin, “konuyu anlamayı sağlama” kodu “Eğitimde özellikle geometri konularının daha iyi anlaşıldığını düşünüyorum” (K-11) ifadesinden, “başarıyı artırma” ve “konuyu anlamayı sağlama” kodları “Ders konusunda oldukça yardımcı olduğunu düşünüyorum. Anlamayı kolaylaştırıyor ve performansı artırıyor. Aynı zamanda oyun oynarken içindeymiş gibi hissettiriyor ve daha zevkli hale getiriyor” (K-12) ifadesinden, “üç boyutlu görebilmeyi sağlama”, “eğlenceli olma” ve “tehlikeli deneyleri yapabilmeyi sağlama” kodları “Geometrik şekilleri 3D olarak görmek daha önce kafamda oturtamadığım soruların mantığını anlamamı sağladı” ve “Gayet eğlenceli, zihnimizde canlandırma gerektiren boyutlu cisimlerde ve deneyleri gerçek hayatta yapulamayacak kadar tehlikeli deneyleri sanalda deneyimleyebiliriz” (K-6) ifadelerinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.10’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.10: İkinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

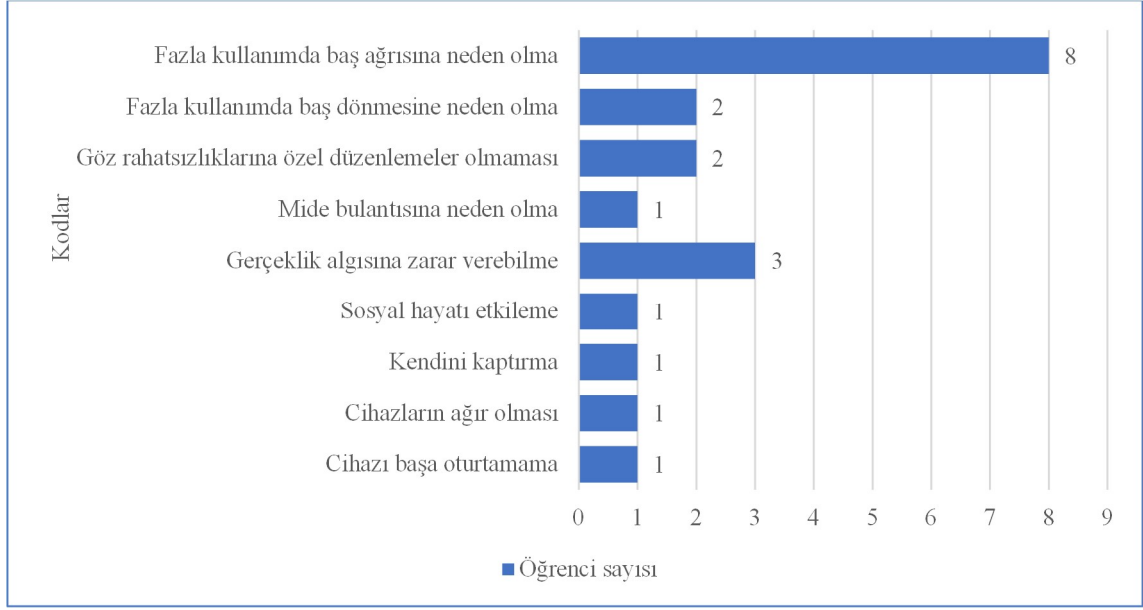
Şekil 4.10’da görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının avantajları hakkında oluşturulan kategoriler; “konuların daha iyi öğrenilmesini sağlama” (11 öğrenci), “üç boyutlu cisimleri zihinde canlandırmayı sağlama” (6 öğrenci), “eğlenerek öğrenmeyi sağlama” (6 öğrenci) ve “hayatı kolaylaştırma” (5 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarının avantajlarından bahsedebilir misiniz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11: İkinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı		Kategoriler	Tema
6	Konuyu anlamayı sağlama	Konuların daha iyi öğrenilmesini sağlama	Genel avantajlar ve değerlendirmeler
3	Kalıcı öğrenme		
2	Başarıyı artırma		
4	Üç boyutlu görebilmeyi sağlama	Üç boyutu zihinde canlandırmayı sağlama	
2	Zihinde canlandırmayı sağlama		
4	Eğlenceli olma	Eğlenerek öğrenmeyi sağlama	
2	Öğrenme isteği oluşturma		
4	Hayatı kolaylaştırmayı sağlama	Hayatı kolaylaştırma	
1	Tehlikeli deneyleri yapabilmeyi sağlama		

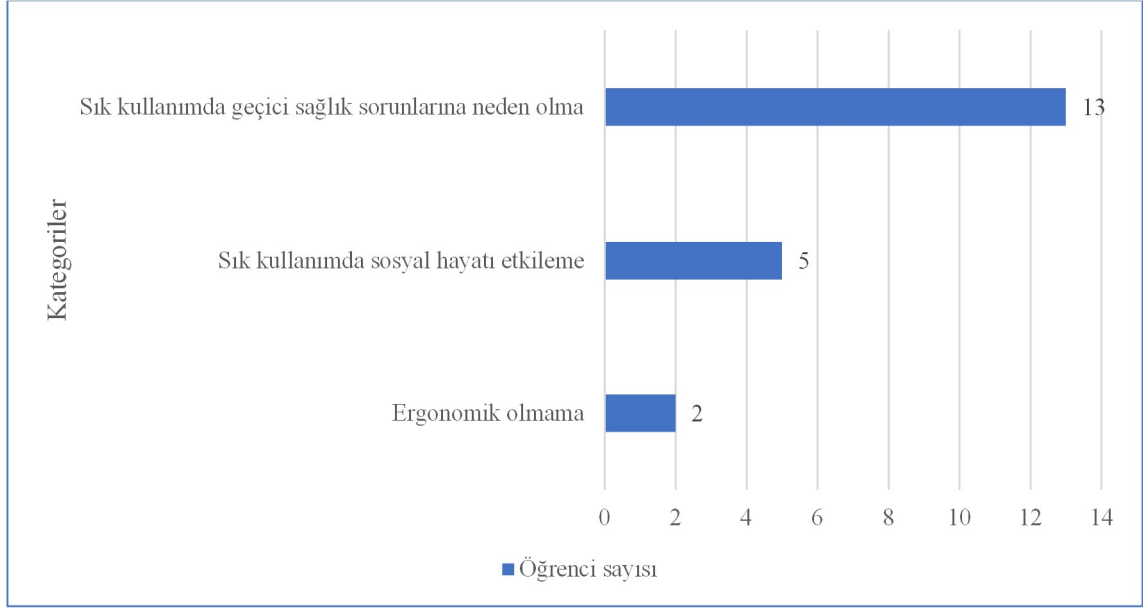
Tablo 4.11 incelendiğinde öğrencilerin Metaverse uygulamalarının avantajları hakkında; konuların öğrenimini ve öğretim sürecini kolaylaştırdığını, eğlenerek öğrenmeyi sağladığından derslere yönelik motivasyonu artırdığını, üç boyutlu cisimleri anlamada ve zihinde canlandırılmasında yardımcı olduğunu ve gerçek hayatta oluşturulamayan eğitim ve öğretim senaryoları oluşturulabildiğinden hayatı kolaylaştırdığını düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının konuların daha iyi öğrenilmesini sağlama gibi öğretimsel faydaları ve öğrenmeye yönelik motivasyon oluşturma gibi eğlence odaklı faydaları olduğu söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen üçüncü soru “Metaverse uygulamalarının dezavantajlarından bahsedebilir misiniz?” sorusudur. Öğrencilerin, Metaverse uygulamalarının dezavantajları hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.11’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.11: Üçüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.11’de görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının dezavantajları hakkında oluşturulan kodlar; “fazla kullanımda baş ağrısına neden olma” (8 öğrenci), “fazla kullanımda baş dönmesine neden olma” (2 öğrenci), “göz rahatsızlıklarına özel düzenlemeler olmaması” (2 öğrenci), “mide bulantısına neden olma (1 öğrenci)”, “gerçeklik algısına zarar verebilme” (3 öğrenci), “sosyal hayatı etkileme” (1 öğrenci), “kendini kaptırma” (1 öğrenci), “göz cihazların ağır olması” (1 öğrenci) ve “cihazı başa oturtamama” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “gerçeklik algısına zarar verebilme” kodu “*Gözlüğü ilk çıkardığım zaman gerçeklik algım ilk 5 dakika gidiyor*” (K-5) ifadesinden ve “fazla kullanımda baş ağrısına neden olma” kodu ve “sosyal hayatı etkileme” kodu “*Çok sık kullanılırsa baş ağrısı yaratabilir. İnsan kendini kaptırırsa oyun oynarken sosyal hayatını etkileyebilir*” (K-4) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.12’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.12: Üçüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

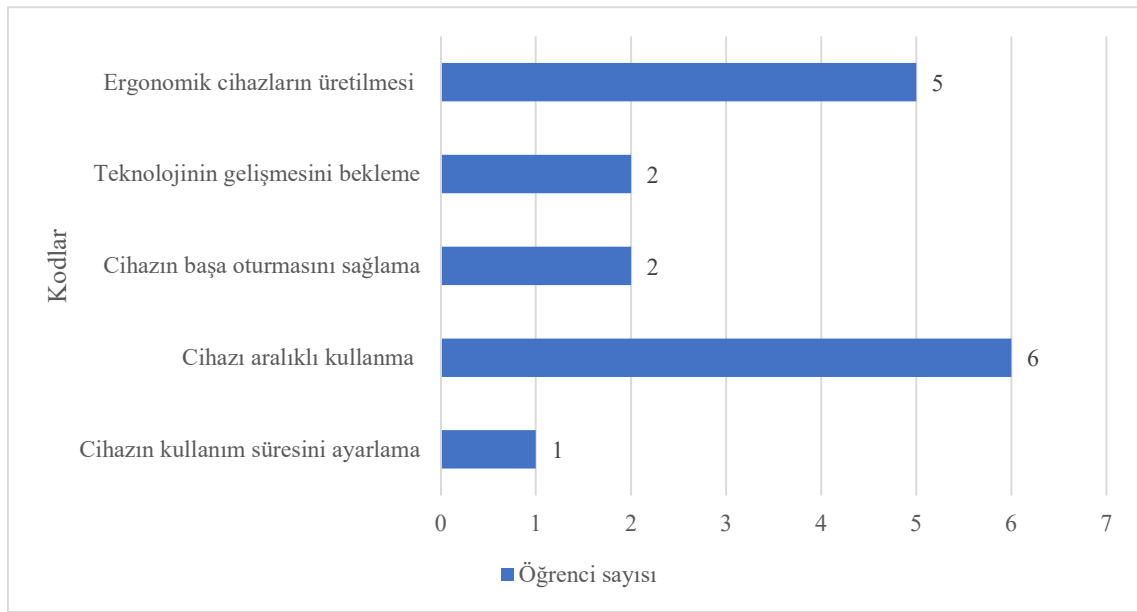
Şekil 4.12’de görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının dezavantajları hakkında oluşturulan kategoriler; “sık kullanımda geçici sağlık sorunlarına neden olma” (13 öğrenci)”, “sık kullanımda sosyal hayatı etkileme” (5 öğrenci) ve “ergonomik olmama” (2 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarının dezavantajlarından bahsedebilir misiniz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: Üçüncü görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci sayısı	Kodlar	Kategoriler	Tema
8	Fazla kullanımda baş ağrısına neden olma	Sık kullanımda geçici sağlık sorunlarına neden olma	Sağlık ve ergonomi ile ilgili endişeler
2	Göz rahatsızlıklarına özel düzenlemeler olmaması		
2	Sağlık açısından olumsuzluk yaratabilme		
1	Fazla kullanımda baş dönmesine neden olma	Sık kullanımda sosyal hayatı etkileme	
3	Gerçeklik algısına zarar verebilme		
1	Kendini kaptırma		
1	Sosyal hayatı etkileme	Ergonomik olmama	
1	Mide bulantısına neden olma		
1	Cihazların ağır olması		

Tablo 4.12 incelendiğinde öğrencilerin Metaverse uygulamalarının dezavantajları hakkında; sanal gerçeklik gözlüklerinin uzun süre kullanılması durumunda sağlık açısından olumsuz etkileri olduğunu, ergonomik olmayışının bir dezavantaj olduğunu ve sosyal hayatı etkileme potansiyeline sahip olduğunu düşündükleri sonucuna ulaşmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının karşılaştırıldığı cihazların sağlığı olumsuz etkileyebilecek yönlerinin ve bununla ilgili endişelerin dezavantaj oluşturduğu söylenebilir.

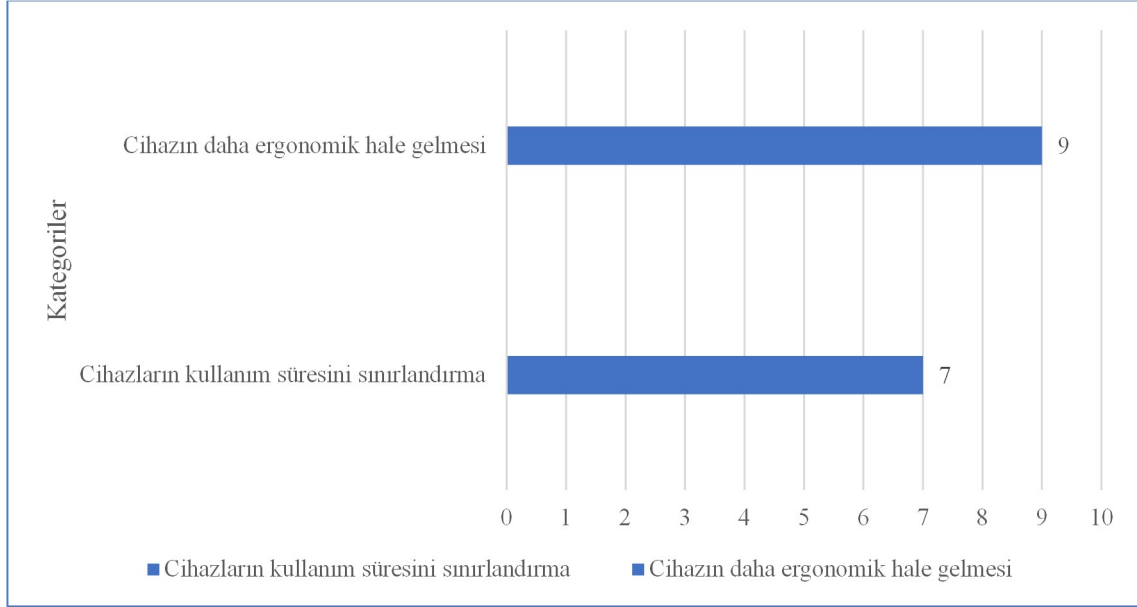
Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen dördüncü soru “Metaverse uygulamalarının dezavantajları nasıl önlenebilir?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse uygulamalarının dezavantajlarının nasıl önleneceği hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.13’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.13: Dördüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.13’te görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının dezavantajlarının nasıl önleneceği hakkında oluşturulan kodlar; “ergonomik cihazların üretilmesi” (5 öğrenci), “teknolojinin gelişmesini bekleme” (2 öğrenci), “cihazın başa oturmasını sağlama” (2 öğrenci), “cihazı aralıklı kullanma” (6 öğrenci) ve “cihazın kullanım süresini ayarlama” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “ergonomik cihazların üretilmesi” kodu “*Kullanılan araç ve gereçler daha hafif hale getirilebilir ve kafaya daha kolay takılması sağlanabilir*” (K-13)

ifadesinden ve “cihazı aralıklı kullanma” kodu “*Daha az süreli kullanımda ya da aralıklı kullanımda böyle bir sorun kalmayacağını düşünüyorum*” (K-14)” ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.14’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.14: Dördüncü görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

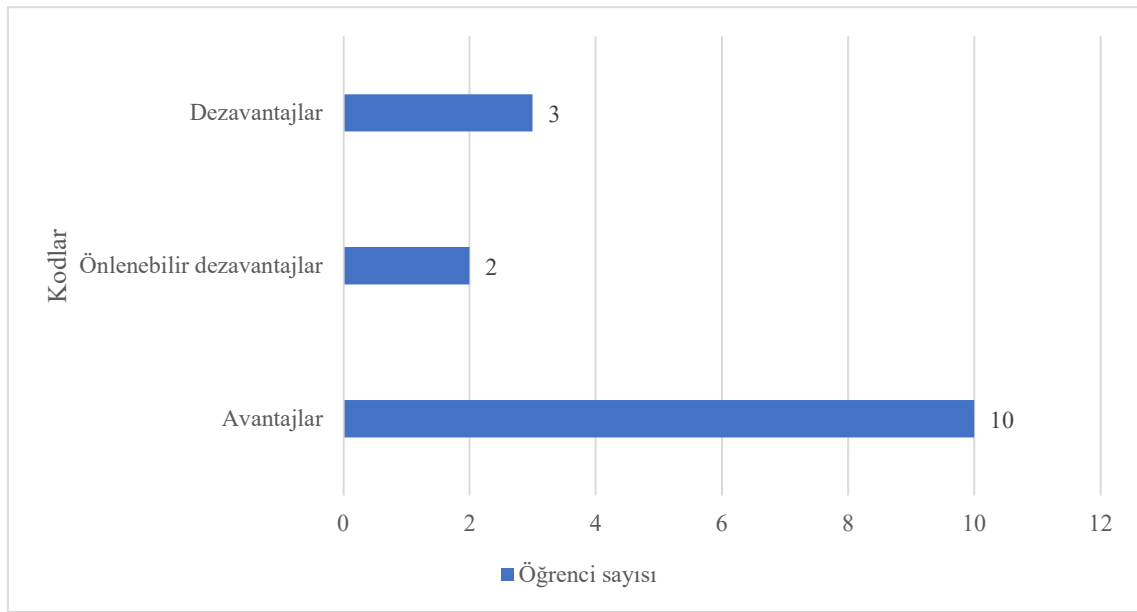
Şekil 4.14’te görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının dezavantajlarının nasıl önleneceği hakkında oluşturulan kategoriler; “cihazın daha ergonomik hale gelmesi” (9 öğrenci) ve “cihazların kullanım süresini sınırlandırma” (7 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarının dezavantajları nasıl önlenebilir?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.13’te verilmiştir.

Tablo 4.13: Dördüncü görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı	Kategoriler	Tema
5	Ergonomik cihazların üretilmesi	Kullanım ve ergonomi ile ilgili iyileştirmelerin gerekliliği
2	Teknolojinin gelişmesini bekleme	
2	Cihazın başa oturmasını sağlama	
6	Cihazı aralıklı kullanma	Cihazların kullanım süresini sınırlandırma
1	Cihazın kullanım süresini ayarlama	

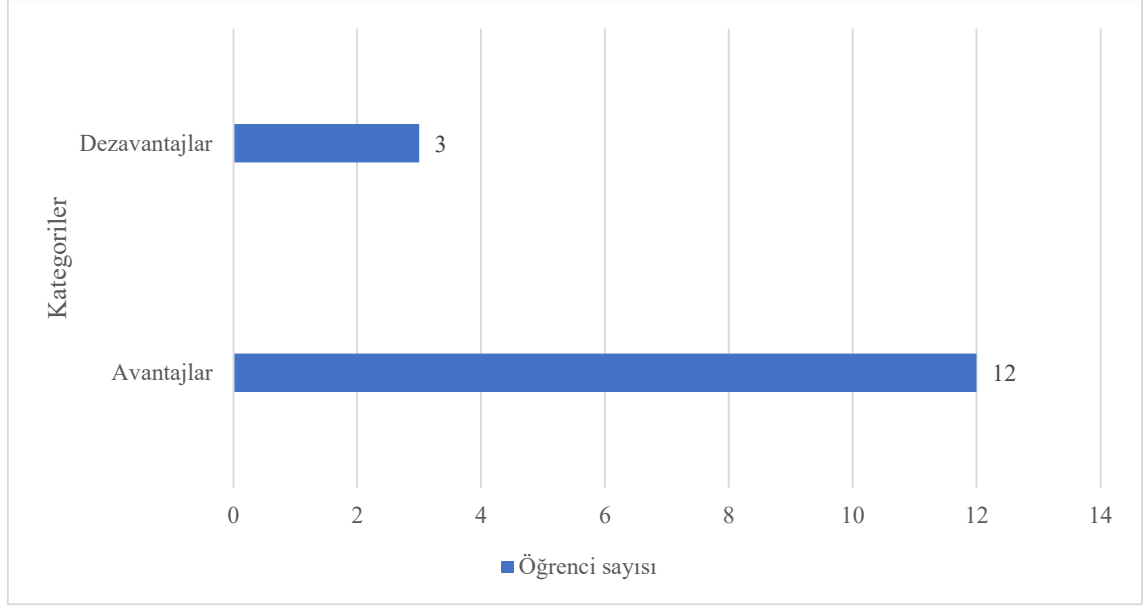
Tablo 4.13 incelendiğinde öğrencilerin Metaverse uygulamalarının dezavantajlarının nasıl önleneceği hakkında, sanal gerçeklik gözlüklerinin ergonomik hale getirilmesi ve kullanım sürelerinin sınırlandırılması gerektiğini düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının çalıştırıldığı sanal gerçeklik cihazlarının kullanımı ve ergonomisi ile ilgili iyileştirmelerin yapılması gerektiği söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen beşinci soru “Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında sizce hangisi daha ağır basıyor?” sorusudur. Öğrencilerin, Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında hangisinin daha ağır bastığı hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.15’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.15: Beşinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.15’te görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında hangisinin daha ağır bastığı hakkında oluşturulan kodlar; “dezavantajlar” (3 öğrenci), “önlenebilir dezavantajlar” (2 öğrenci) ve “avantajlar” (10 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “önlenebilir dezavantajlar” kodu “*Bence avantajları daha ağır basıyor çünkü dezavantajları basit bir şekilde önlenebilir*” (K-9) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.16’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.16: Beşinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

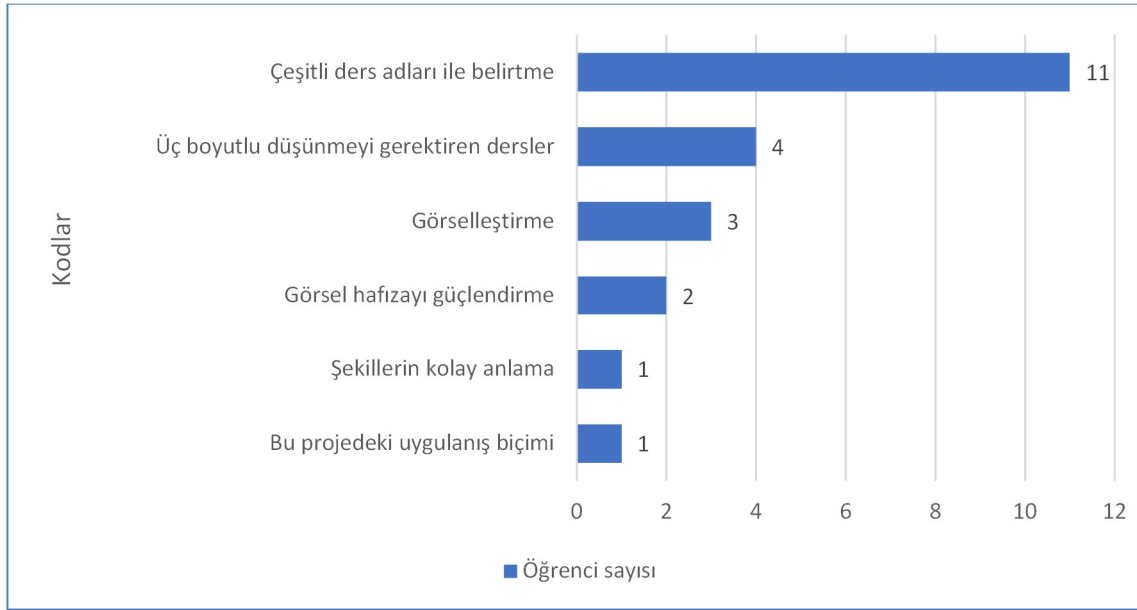
Şekil 4.16’da görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında hangisinin daha ağır bastığı hakkında oluşturulan kategoriler, “dezavantajlar” (3 öğrenci) ve “avantajlar” (12 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında sizce hangisi daha ağır basıyor?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.14’te verilmiştir.

Tablo 4.14: Beşinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı	Kategoriler	Tema
3	Dezavantajlar	Avantajlı yönlerin üstünlüğü
2	Önlenebilir dezavantajlar	
10	Avantajlar	Avantajlar

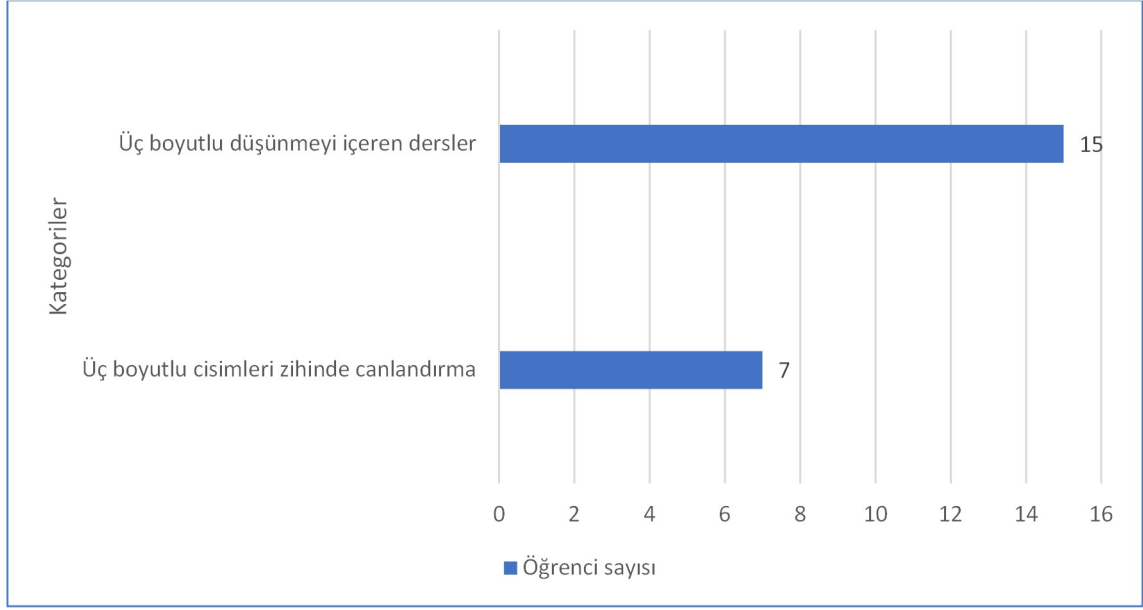
Tablo 4.14 incelendiğinde öğrencilerin Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında hangisinin daha ağır bastığı hakkında, Metaverse uygulamalarının avantajlarının ağır bastığını düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının avantajlı yönlerinin, dezavantajlı yönlerine karşı üstün geldiği söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen altıncı soru “Metaverse uygulamalarını derslerde nasıl kullanmak istersiniz?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse uygulamalarını derslerde nasıl kullanmak istediklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.17’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.17: Altıncı görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.17’de görülebileceği üzere öğrencilerin Metaverse uygulamalarını derslerde nasıl kullanmak istedikleri hakkında oluşturulan kodlar; “çeşitli ders adları ile belirtme” (11 öğrenci), “üç boyutlu düşünmeyi gerektiren dersler” (4 öğrenci), “görselleştirme” (3 öğrenci), “görsel hafızayı güçlendirme” (2 öğrenci), “şekilleri kolay anlama” (1 öğrenci) ve “bu projedeki uygulama biçimi” (1 öğrenci), kodlarıdır. Örneğin “çeşitli ders adları ile belirtme” kodu matematik, geometri, yabancı dil, fizik, kimya, biyoloji ve coğrafya ders adlarını belirterek nasıl kullanmak istediklerini ifade eden öğrenci yanıtlarından ve “görselleştirme” kodu “Fizikte 3 boyutlu olayları daha iyi kafamda görselleştirmek için kullanmak isterim aynı zamanda geometri de buna dahil” (K-7) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.18’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.18: Altıncı görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

Şekil 4.18’de görülebileceği üzere öğrencilerin Metaverse uygulamalarını derslerde nasıl kullanmak istedikleri hakkında oluşturulan kategoriler; “üç boyutlu düşünmeyi içeren dersler” (15 öğrenci) ve “üç boyutlu cisimleri zihinde canlandırma” (7 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarını derslerde nasıl kullanmak istersiniz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.15’te verilmiştir.

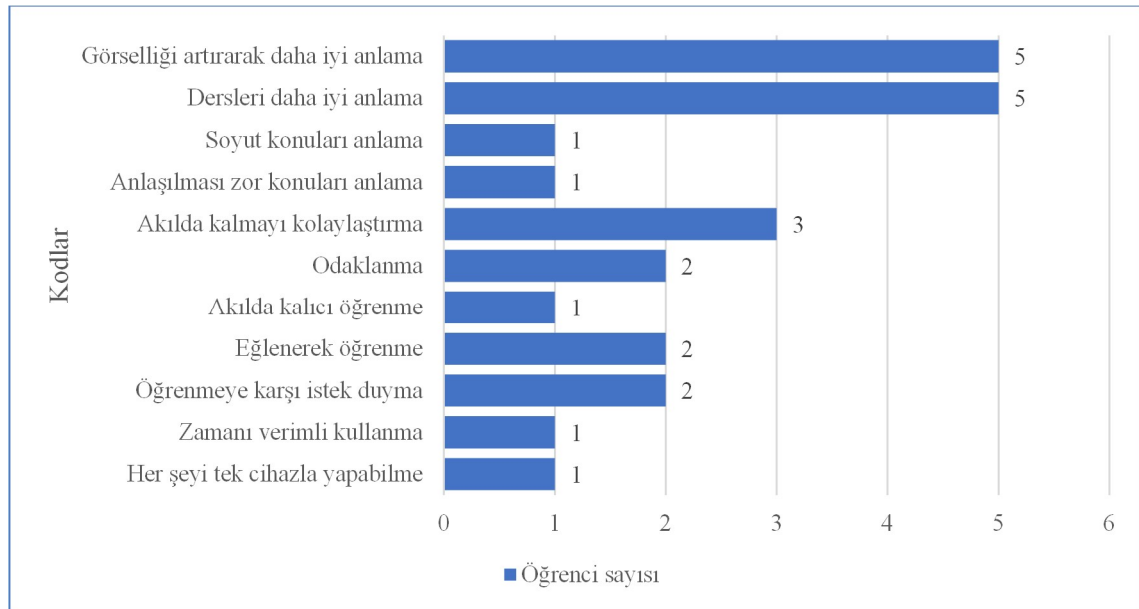
Tablo 4.15: Altıncı görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodları	Kategoriler	Tema
11	Çeşitli ders adları ile belirtme	Eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar
4	Üç boyutlu düşünmeyi gerektiren dersler	
3	Görselleştirme	Üç boyutlu cisimleri zihinde canlandırma
2	Görsel hafızayı güçlendirme	
1	Şekillerin daha kolay anlaşılması	
1	Bu projedeki uygulama biçimi	

Tablo 4.15 incelendiğinde öğrencilerin Metaverse uygulamalarını üç boyutlu görsellerin yer aldığı derslerde uzamsal yetenek gerektiren konuların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla ve gerçek hayatta yapılması zor deneylerin gerçekleştirilmesi amacıyla kullanmayı

düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının eğitim ve öğretimde üç boyutlu görsellerin yer aldığı konuların daha iyi anlaşılmasını sağladığı ve üç boyutlu cisimlerin zihinde canlandırılmasını kolaylaştırdığının öğrenciler tarafından düşünüldüğü söylenebilir.

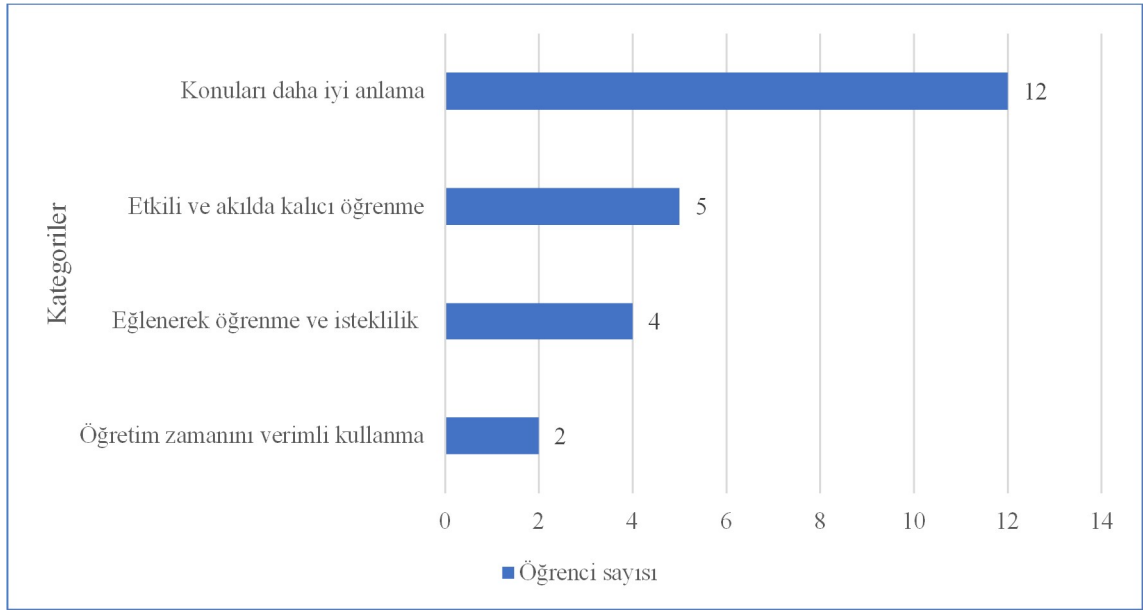
Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen yedinci soru “Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmenize nasıl katkı sağlayabileceğini düşünüyorsunuz?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmelerine nasıl katkı sağlayabileceği hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.19’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.19: Yedinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.19’da görülebileceği üzere, Metaverse uygulamalarının öğrencilerin derslerde öğrenmelerine nasıl katkı sağlayabileceği hakkında oluşturulan kodlar; “görselliği artırarak daha iyi anlama” (5 öğrenci), “dersleri daha iyi anlama” (5 öğrenci), “soyut konuları anlama” (1 öğrenci), “anlaşılması zor konuları anlama” (1 öğrenci), “akılda kalmayı kolaylaştırma” (3 öğrenci), “odaklanma” (2 öğrenci), “akılda kalıcı öğrenme” (1 öğrenci), “eğlenerek öğrenme” (2 öğrenci), “öğrenmeye karşı istek duyma” (2 öğrenci), “zamanı verimli kullanma” (1 öğrenci) ve “her şeyi tek cihazla yapabilme” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “anlaşılması zor konuları anlama” kodu “*Konuları daha rahat anlamamızı ve kafamızda*

daha iyi oturtmamızı sağlayabilir” (K-11) ifadesinden, “akılda kalmayı kolaylaştırma” ve “öğrenmeye karşı istek duyma” kodları “*Sıkıcı ve anlaşılması zor olan konularda öğrencilerin ilgisini çekebilir aynı zamanda anlatılması zor olan konularda daha iyi bir görsel sunabilir farklı bir araç olduğu içinde akılda kalmayı kolaylaştırabilir*” (K-7) ifadesinden ve “zamanı verimli kullanma” kodu “*Öğrenciler daha kolay dersi anladığı için vakitten kar olacağını düşünüyorum*” (K-13) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.20’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.20: Yedinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

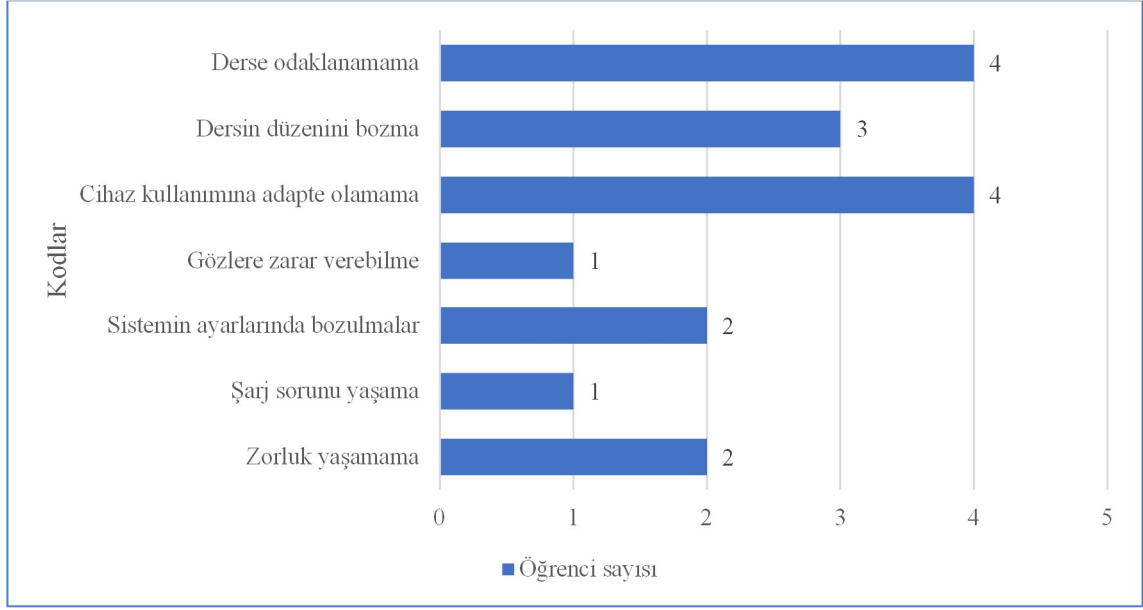
Şekil 4.20’de görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının öğrencilerin derslerde öğrenmelerine nasıl katkı sağlayabileceği hakkında oluşturulan kategoriler; “konuları daha iyi anlama” (12 öğrenci), “eğlenerek öğrenme ve isteklilik ” (4 öğrenci) ve “öğretim zamanını verimli kullanma” (2 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmenize nasıl katkı sağlayabileceğini düşünüyorsunuz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.16’da verilmiştir.

Tablo 4.16: Yedinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı		Kategoriler	Tema
5	Görselliği artırarak daha iyi anlama	Konuları daha iyi anlama	Motivasyon ve eğlence odaklı faydalar
5	Dersleri daha iyi anlama		
1	Soyut konuları anlama		
1	Anlaşılması zor konuları anlama		
3	Akılda kalmayı kolaylaştırma	Etkili ve akılda kalıcı öğrenme	
2	Odaklanma		
1	Akılda kalıcı öğrenme		
2	Eğlenerek öğrenme	Eğlenerek öğrenme ve isteklilik	
2	Öğrenmeye karşı istek duyma		
1	Zamanı verimli kullanma	Öğretim zamanını verimli kullanma	
1	Her şeyi tek cihazla yapabilme		

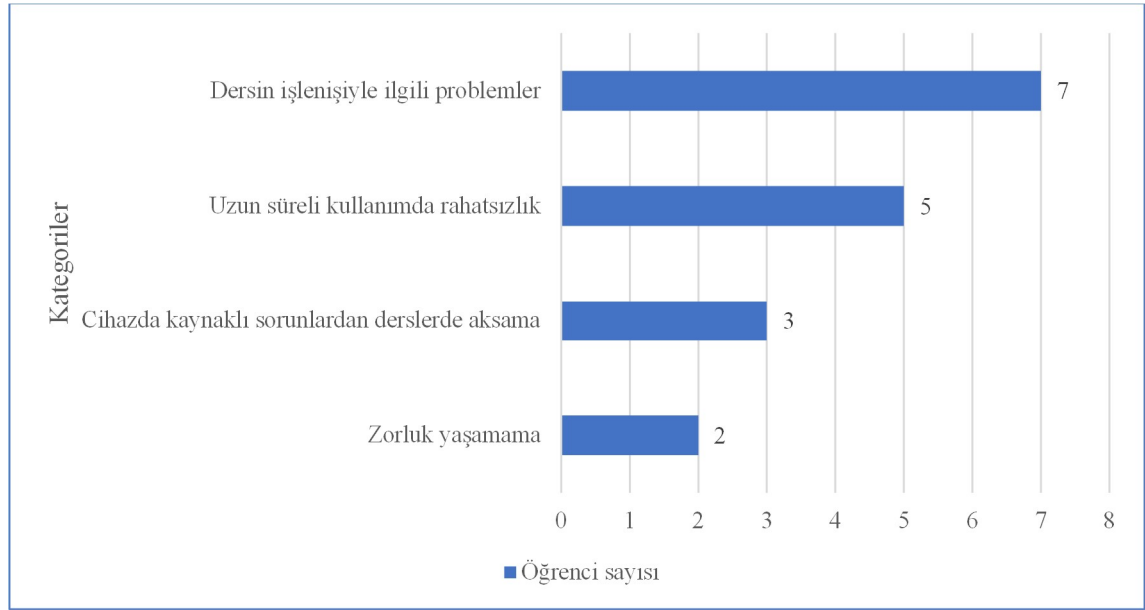
Tablo 4.16 incelendiğinde öğrencilerin, Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmelerine nasıl katkı sağlayabileceği hakkında, etkili ve akılda kalıcı öğrenme ile zamanı verimli kullanmayı sağladığı için öğrenmeye yönelik motivasyon oluşturduğunu düşündükleri sonucuna ulaşmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının eğitim ve öğretimde kullanımının derse yönelik motivasyon oluşturan eğlence odaklı ve öğrenmede etkili faydaları olduğu söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen sekizinci soru “Metaverse uygulamaları, derslerde öğrenmenizi hangi açılardan zorlaştırabilir?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmelerini hangi açılardan zorlaştırabileceği hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.21’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.21: Sekizinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.21’de görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının derslerde öğrencilerin öğrenmelerini hangi açılardan zorlaştırabileceği hakkında oluşturulan kodlar; “derse odaklanamama” (4 öğrenci), “dersin düzenini bozma” (3 öğrenci), “cihaz kullanımına adapte olamama” (4 öğrenci), “gözlere zarar verebilme” (1 öğrenci), “sistemin ayarlarında bozulmalar” (2 öğrenci), “şarj sorunu yaşama” (1 öğrenci) ve “zorluk yaşamama” (2 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “zorluk yaşamama” kodu “*Çok fazla zorlaştırabileceğini düşünmemekteyim*” (K-1) ifadesinden, “ders düzenini bozma” kodu “*Öğrenciler dersi kaynatabilir aynı zamanda öğretmenlerin işi de zorlaşabilir teknolojiyle çok içli dışlı olmak sağlık sorunlarına da sebebiyet verebilir*” (K-7) ifadesinden ve “şarj sorunu yaşama” kodu ise “*Çıkartıp takmak ya da eğer şarjı biterse dersten atılmak gibi bazı şeyler zorlaştırır*” (K-5) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.22’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.22: Sekizinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

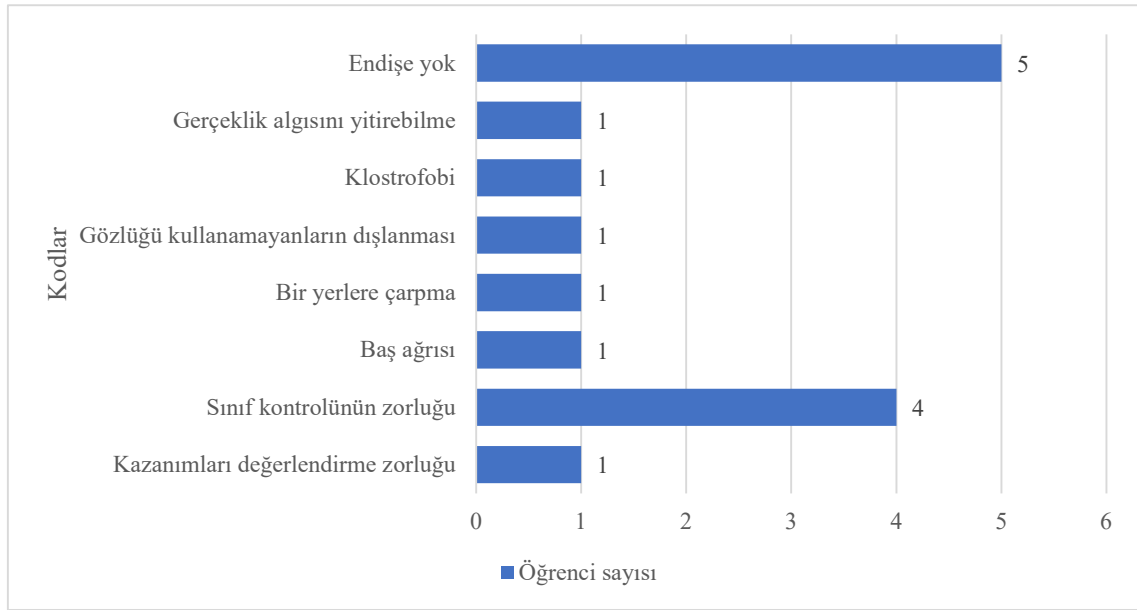
Şekil 4.22’de görülebileceği üzere Metaverse uygulamalarının derslerde öğrencilerin öğrenmelerini hangi açılardan zorlaştırabileceği hakkında oluşturulan kategoriler; “dersin işlenişiyile ilgili problemler” (7 öğrenci), “uzun süreli kullanımda rahatsızlık” (5 öğrenci), “cihazda kaynaklı sorunlardan derslerde aksama” (3 öğrenci) ve “zorluk yaşamama” (2 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse uygulamaları, derslerde öğrenmenizi hangi açılardan zorlaştırabilir?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17: Sekizinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı	Kategoriler	Tema
4	Derse odaklanmayı zorlaşabilme	Teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi endişeleri
3	Dersin düzenini bozma	
4	Cihaz kullanımına adapte olamama	Uzun süreli kullanımda rahatsızlık
1	Gözlere zarar verebilme	
2	Sistemin ayarlarında bozulmalar	Cihazda kaynaklı sorunlardan derslerde aksama
1	Şarj sorunu yaşama	
2	Zorluk yaşamama	Zorluk yaşamama

Tablo 4.17 incelendiğinde öğrencilerin, Metaverse uygulamalarının derslerde öğrenmelerini hangi açılardan zorlaştırabileceği hakkında, zorlaştırıcı bir etkisinin olmadığını söyledikleri gibi derste uzun süreli kullanımda rahatsızlık verebileceğini, derse odaklanmayı zorlaştırabileceğini ve sanal gerçeklik gözlüğü ile ilgili teknolojik sorunlar yaşanması halinde derslerin aksayabileceğini düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamasının derslerde kullanımının teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi endişeleri nedeniyle öğrenmeyi zorlaştırabileceğinin öğrenciler tarafından düşünüldüğü söylenebilir.

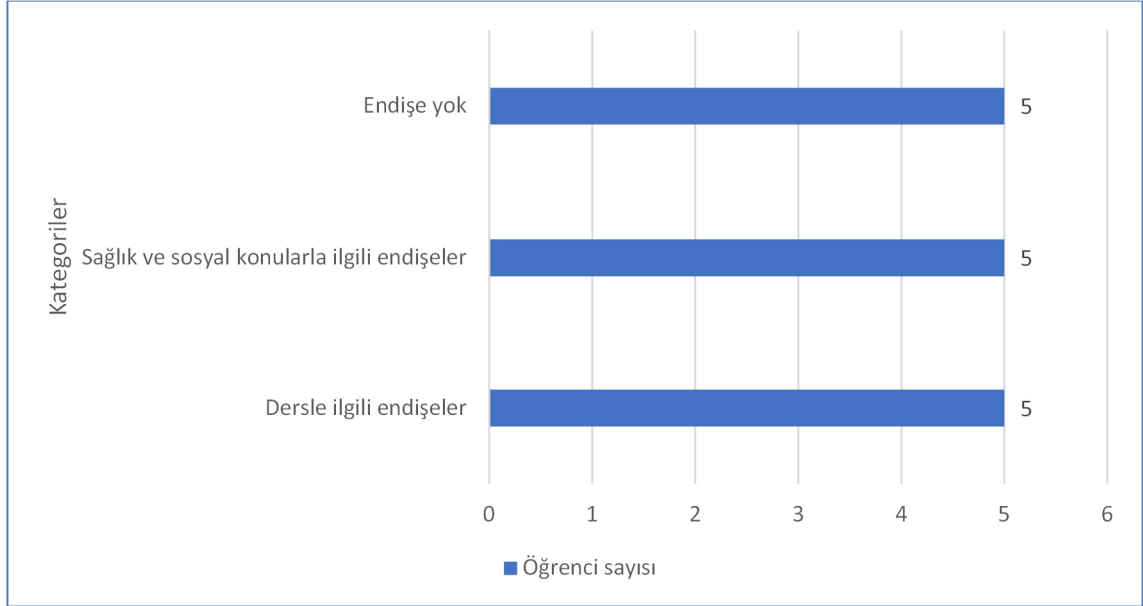
Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen dokuzuncu soru “Derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleriniz nelerdir?” sorusudur. Öğrencilerin derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişelerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.23’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.23: Dokuzuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.23’te görülebileceği üzere öğrencilerin derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleri hakkında oluşturulan kodlar; “endişe yok” (5 öğrenci), “gerçeklik algısını yitirebilme” (1 öğrenci), “klostrofobi” (1 öğrenci), “gözlüğü kullanamayanların dışlanması” (1 öğrenci), “bir yerlere çarpma” (1 öğrenci), “baş ağrısı” (1 öğrenci), “sınıf kontrolünün zorluğu” (4 öğrenci) ve “kazanımları değerlendirme zorluğu” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “endişe yok” kodu “*Herhangi bir endişem bulunmamakta*” (K-1) ifadesinden ve “bir yerlere

çarpma” kodu “*Bir yerlere çarpıp sakatlıklar çıkarmam*” (K-10) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.24’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.24: Dokuzuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

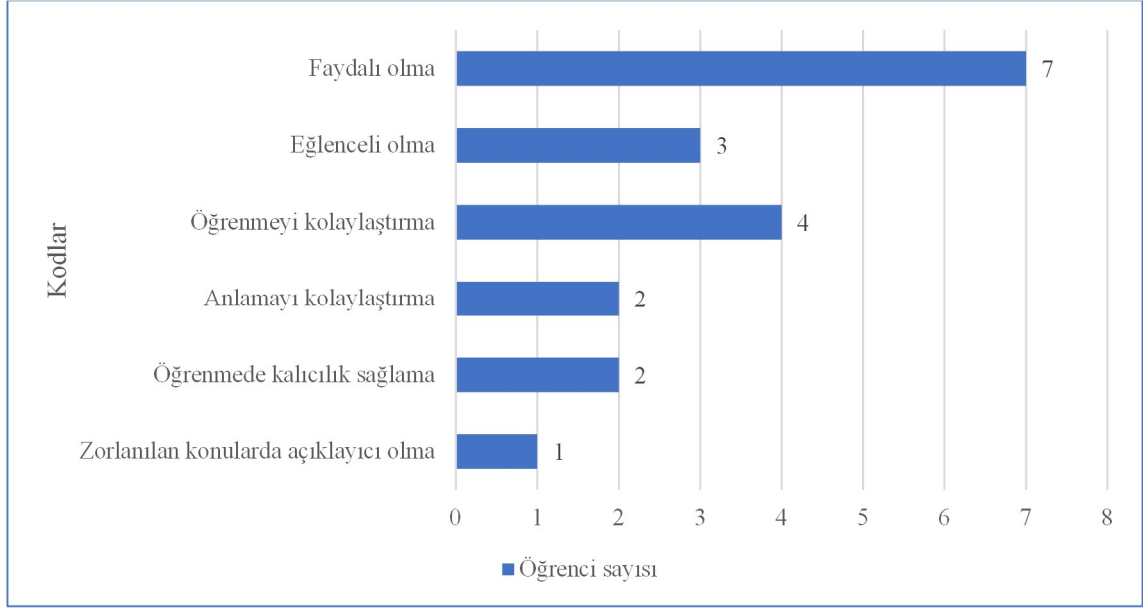
Şekil 4.24’te görülebileceği üzere öğrencilerin derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleri hakkında oluşturulan kategoriler; “endişe yok” (5 öğrenci), “sağlık ve sosyal konularla ilgili endişeler” (5 öğrenci) ve “dersle ilgili endişeler” (5 öğrenci) kategorileridir. “Derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleriniz nelerdir?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18: Dokuzuncu görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci sayısı	Kodlar	Kategoriler	Tema
5	Endişe yok	Endişe yok	Teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi
1	Gerçeklik algısını yitirebilme	Sağlık ve sosyal konularla ilgili endişeler	yönetimi endişeleri
1	Klostrofobi		
1	Gözlüğü kullanamayanların dışlanması		
1	Bir yerlere çarpma		
1	Baş ağrısı		
4	Sınıf kontrolünün zorluğu	Dersle ilgili endişeler	
1	Kazanımları değerlendirme zorluğu		

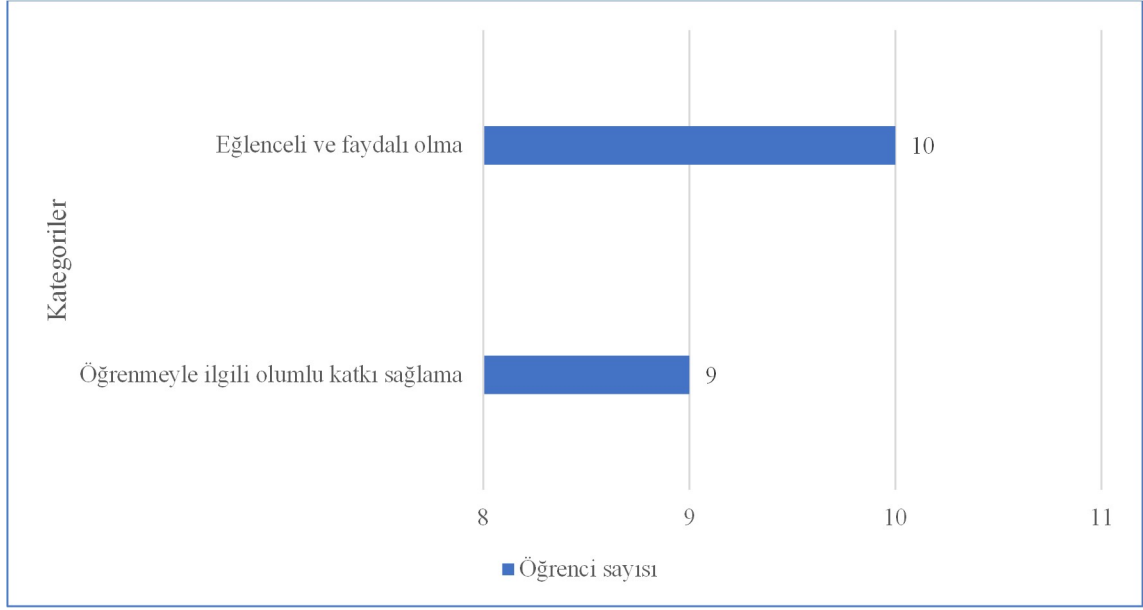
Tablo 4.18 incelendiğinde derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleri olmayan öğrencilerin olduğu görüldüğü gibi, oluşabilecek sağlık problemleri ve sınıf yönetimi ile ilgili endişeleri olan öğrencilerin de bulunduğu görülmektedir. Buna göre Metaverse uygulamalarının çalıştığı cihazlarda teknik sorunların yaşanmasının ve sanal gerçeklikle öğretim sırasında dersin düzenini bozacak davranışların yaşanabilmesinin öğrenciler tarafından potansiyel sorunlar ve endişelere olarak görüldüğü söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen onuncu soru “Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.25’te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.25: Onuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.25'te görülebileceği üzere Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında oluşturulan kodlar; “faydalı olma” (7 öğrenci), “eğlenceli olma” (3 öğrenci), “öğrenmeyi kolaylaştırma” (4 öğrenci), “anlamayı kolaylaştırma” (2 öğrenci), “öğrenmede kalıcılık sağlama” (2 öğrenci) ve “zorlanılan konularda açıklayıcı olma” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “faydalı olma” ve “anlamayı kolaylaştırma” kodları, “*Yararlı olduğunu düşünüyorum. Özellikle prizma gibi 3 boyutlu düşünmek gereken konularda öğrencilerin konuyu kafalarında daha iyi oturtmasını sağlıyor*” (K-10) ifadesinden ve “eğlenceli olma” kodu, “*Çok eğlenceliydi ve mantıklıydı açıkçası*” (K-13) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.26’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.26: Onuncu görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

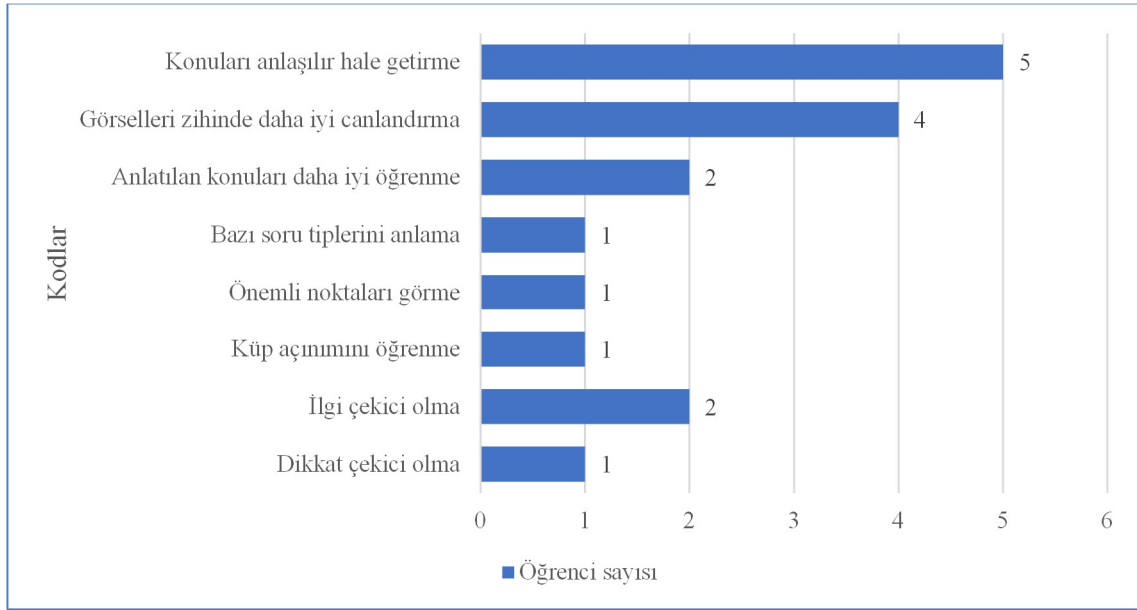
Şekil 4.26’da görülebileceği üzere Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında oluşturulan kategoriler; “eğlenceli ve faydalı olma” (10 öğrenci), “öğrenmeyle ilgili olumlu katkı sağlama” (9 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında ne düşünüyorsunuz?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19: Onuncu görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci Kodlar sayısı	Kategoriler	Tema
7	Fayda sağlama	Motivasyon ve eğlence odaklı faydalar
3	Eğlenceli olma	
4	Öğrenmeyi kolaylaştırma	
2	Anlamayı kolaylaştırma	
2	Öğrenmede kalıcılık sağlama	
1	Zorlanılan konularda açıklayıcı olma	

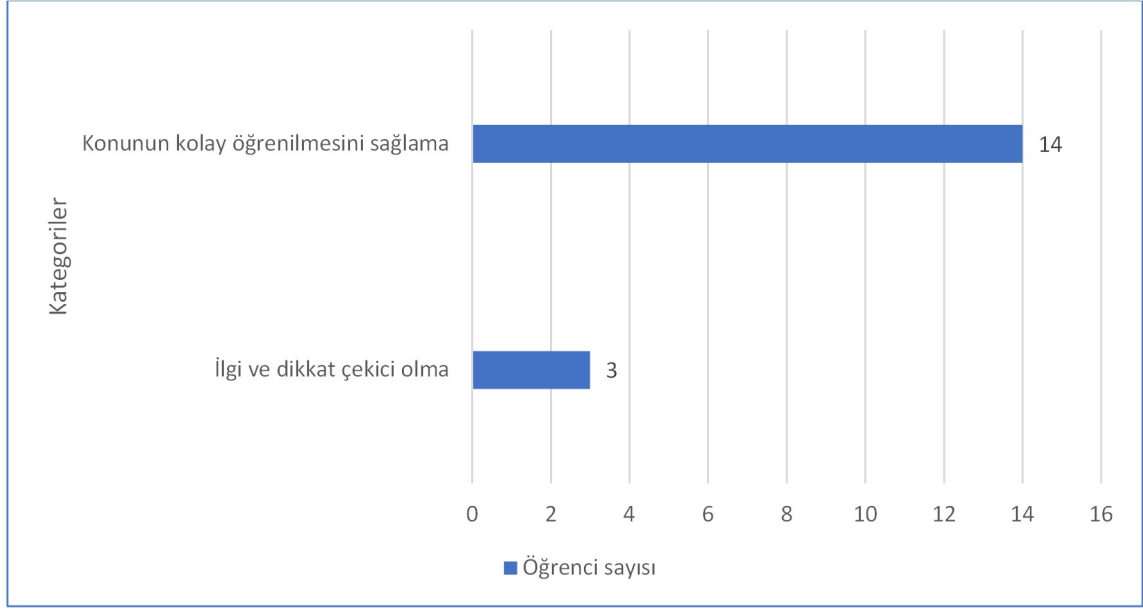
Tablo 4.19 incelendiğinde öğrencilerin, Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında, öğrenmeyi kolaylaştıran ve derste eğlenerek öğrenmeyi sağlayan faydalı bir araç olduğunu düşündükleri sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse uygulamalarının öğrenmeyi kolaylaştıran eğlenceli ve faydalı bir araç olduğu söylenebilir.

Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen on birinci soru “Deneyimlediğiniz Metaverse etkinliklerinin geometri öğrenmenize katkısı hakkındaki görüşleriniz nelerdir?” sorusudur. Öğrencilerin deneyimledikleri Metaverse etkinliklerinin geometri öğrenmelerine katkısı hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.27’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.27: On birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.27’de görülebileceği üzere öğrencilerin deneyimledikleri Metaverse etkinliklerinin geometri öğrenmelerine katkısı hakkında oluşturulan kodlar; “konuları anlaşılır hale getirme” (5 öğrenci), “görselleri zihinde daha iyi canlandırma” (4 öğrenci), “anlatılan konuları daha iyi öğrenme” (2 öğrenci), “bazı soru tiplerini anlama” (1 öğrenci), “önemli noktaları görme” (1 öğrenci), “küp açılımını öğrenme” (1 öğrenci), “ilgi çekici olma” (2 öğrenci) ve “dikkat çekici olma” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “önemli noktaları görme” kodu, “*Sanal ortamda 3 boyutlu olduğundan gerçek sorular üzerinde göremediğim önemli noktaları gördüğüm için artık çok daha rahat şekilde soruları çözebiliyorum*” (K-6) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.28’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.28: On birinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

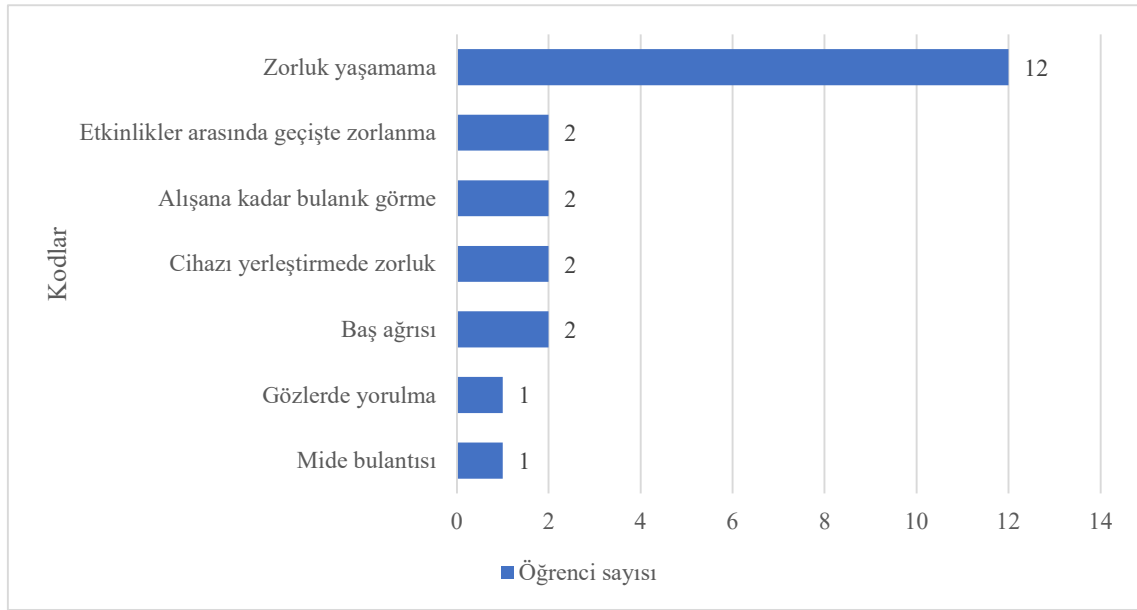
Şekil 4.28’de görülebileceği üzere öğrencilerin deneyimledikleri Metaverse etkinliklerinin geometri öğrenmelerine katkısı hakkında oluşturulan kategoriler; “konunun kolay öğrenilmesini sağlama” (14 öğrenci) ve “ilgi ve dikkat çekici olma” (3 öğrenci) kategorileridir. “Deneyimlediğiniz Metaverse etkinliklerinin geometri öğrenmenize katkısı hakkındaki görüşleriniz nelerdir?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20: On birinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci sayısı	Kodlar	Kategoriler	Tema
5	Konuları anlaşılır hale getirme	Konunun kolay öğrenilmesini sağlama	Eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar
4	Görselleri zihinde daha iyi canlandırma		
2	Anlatılan konuları daha iyi öğrenme		
1	Bazı soru tiplerini anlama		
1	Önemli noktaları görme		
1	Küp açılımını öğrenme		
2	İlgi çekici olma	İlgi ve dikkat çekici olma	
1	Dikkat çekici olma		

Tablo 4.20 incelendiğinde öğrencilerin deneyimledikleri Metaverse etkinliklerinin öğrenmeye yönelik motivasyonu yükselterek ve konunun öğrenilmesini sağlayarak geometri öğrenmelerine katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, Metaverse uygulamalarının konuları ilgi çekici hale getirdiği, anlamayı kolaylaştırarak ve akılda kalıcılığı artırarak geometri öğrenmeye katkı sağladıkları söylenebilir.

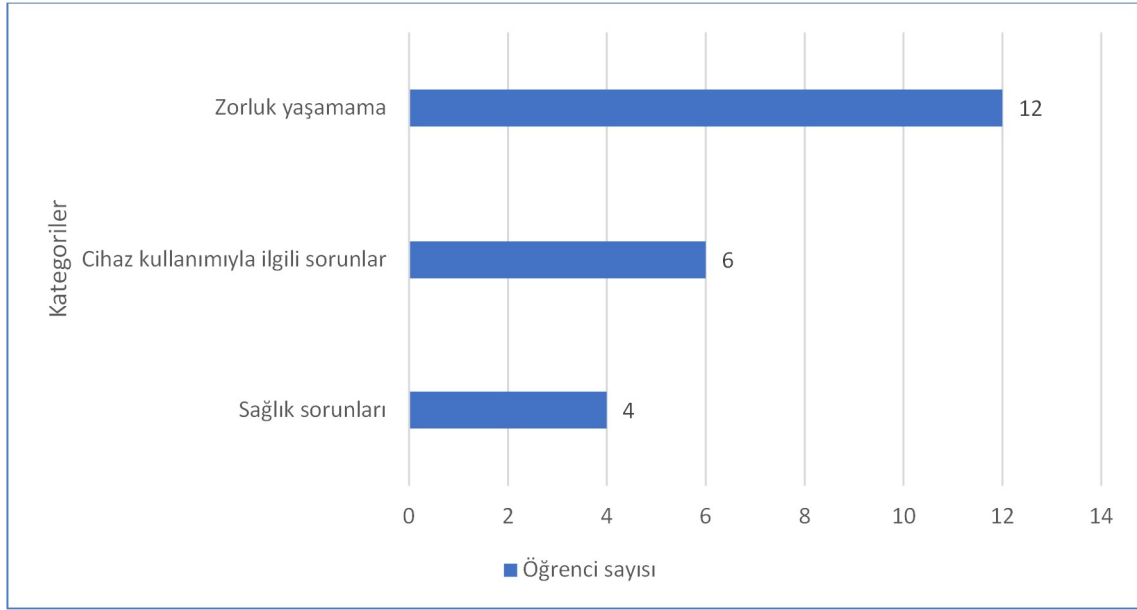
Yarı yapılandırılmış görüşmelerde Metaverse ortamında geometri etkinliklerine ilişkin öğrencilere yöneltilen on ikinci soru “Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında herhangi bir zorluk veya problem yaşadınız mı? Evet ise açıklar mısınız?” sorusudur. Öğrencilerin Metaverse ortamında geometri etkinlikleri sırasında yaşadıkları zorluklar hakkında ne düşündüklerine dair yanıtlarından oluşturulan kodlar Şekil 4.29’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.29: On ikinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kodlar

Şekil 4.29’da görülebileceği üzere öğrencilerin Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında yaşadıkları zorluklar hakkında oluşturulan kodlar; “zorluk yaşamama” (12 öğrenci), “etkinlikler arasında geçişte zorlanma” (2 öğrenci), “alışana kadar bulanık görme” (2 öğrenci), “cihazı yerleştirmede zorluk” (2 öğrenci), “baş ağrısı” (2 öğrenci), “gözlerde yorulma” (1 öğrenci) ve “mide bulantısı” (1 öğrenci) kodlarıdır. Örneğin “zorluk yaşamama” kodu, “*Bir problem yaşamadım*” (K-3) ifadesinden, “alışana kadar bulanık görme” ve “baş

ağrısı” kodları, “*Bazen bulanık gördüm ve sonlara doğru baş ağrısı olur gibi oldu. Alışmak biraz zor oldu ama yine de alıştım*” (K-4) ifadesinden ve “*etkinlikler arasında geçişte zorlanma*” kodu ise “*Sadece yer değiştirirken ve etkinlikler arasında geçiş yaparken biraz zorlandım ama eğer alışık olsaydım bu bir sorun sayılmazdı o yüzden önemli bir sorun olduğunu düşünmüyorum.*” (K-9) ifadesinden elde edilmiştir. Oluşturulan kodlardan elde edilen kategoriler Şekil 4.30’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.30: On ikinci görüşme sorusuna verilen cevaplardan oluşturulan kategoriler

Şekil 4.30’da görülebileceği üzere öğrencilerin Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında yaşadıkları zorluklar hakkında oluşturulan kategoriler; “zorluk yaşamama” (12 öğrenci), “cihaz kullanımıyla ilgili sorunlar” (6 öğrenci) ve “sağlık sorunları” (4 öğrenci) kategorileridir. “Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında herhangi bir zorluk veya problem yaşadınız mı? Evet ise açıklar mısınız?” sorusuna öğrencilerin verdiği yanıtlardan oluşturulan kodlar, kategoriler ve tema Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21: On ikinci görüşme sorusuna ait kodlar, kategoriler ve tema

Öğrenci sayısı	Kodlar	Kategoriler	Tema
12	Zorluk yaşamama	Zorluk yaşamama	Dezavantajlar ve olumsuz yönler
2	Etkinlikler arasında geçişte zorlanma	Cihaz kullanımıyla ilgili sorunlar	
2	Alışana kadar bulanık görme		
2	Cihazı yerleştirmede zorluk		
2	Baş ağrısı	Sağlık sorunları	
1	Gözlerde yorulma		
1	Mide bulantısı		

Tablo 4.21 incelendiğinde Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında herhangi bir zorluk yaşamayan öğrenciler olduğu gibi gözlerin zorlanmasıyla ilgili ve kullanıma alışamama nedeniyle sorun yaşayan öğrencilerin de olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında bazı öğrencilerin, sanal gerçeklik cihazlarının yapısından kaynaklanan bazı olumsuzluklar yaşadıkları ancak çoğu öğrencinin herhangi bir zorluk yaşamadığı söylenebilir.

Öğrencilerin yarı yapılandırılmış görüşmelerde sorulan sorulara verdikleri cevaplardan elde edilen kodlardan kategorilere, kategorilerden de temalara ulaşılmıştır. Eğitim ve öğretimde sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı hakkındaki düşünceleri öğrenilmek istenen öğrenciler, genel olarak sanal gerçeklik gözlüğünün öğretim amaçlı kullanımda anlaşılması zor konuları somutlaştırarak öğrenimini kolaylaştırdığını, derslere yönelik motivasyonlarını artırdığını belirtmişlerdir.

Sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının avantajlarından söz eden öğrenciler genel olarak Metaverse uygulamalarının, konuların öğrenimini ve öğretim sürecini kolaylaştırdığını, derslere yönelik motivasyonu artırdığını, üç boyutlu cisimleri anlamada ve üç boyutlu cisimlerin zihinde canlandırılması konusunda yardımcı olduğunu ve Metaverse uygulamaları yardımıyla gerçek hayatta oluşturulamayan eğitim ve öğretim senaryolarının oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının dezavantajlarından da söz eden öğrenciler genel olarak, sanal gerçeklik gözlüklerinin uzun süre kullanımda sağlık açısından olumsuz etkileri olabileceğinden, gerçeklik algısını bir süre kaybetmeye neden olabileceğinden ve Metaverse'ün sosyal hayatı etkileme potansiyeli olan bir teknoloji olduğundan bahsetmişlerdir. Ancak sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse

uygulamalarının dezavantajlarının, sanal gerçeklik gözlüklerinin kullanım süresinin sınırlandırılması ve daha ergonomik hale getirilerek sağlık üzerindeki etkilerinin azaltılması yoluyla giderilebileceğini ifade ederek Metaverse uygulamalarının avantajlarının ağır bastığını belirtmişlerdir.

Öğrenciler, sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının derslerde kullanımıyla ilgili üç boyutlu görsellerin yer aldığı derslerde uzamsal yetenek gerektiren konuların daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla ve gerçek hayatta yapılması zor deneylerin gerçekleştirilmesi için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu uygulamaların anlamlı ve kalıcı öğrenme sağladığını, öğrenmeye yönelik motivasyon oluşturduğunu ve zamanı verimli kullanmaya yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.

Sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının öğrenme üzerindeki zorlaştırıcı etkilerini ifade eden öğrencilerin bir kısmı, sanal gerçeklik gözlüklerinin uzun süreli kullanımda rahatsızlık verebileceğini ve derse odaklanmayı zorlaştırabileceğini ya da teknik sorunların yaşanabileceğini belirtirken bir kısmı da öğrenmeyi zorlaştırıcı bir yönünün olmadığını, kullanımına alışmak için zaman gerektiğini belirtmişlerdir. Öğretim ortamlarında sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı hakkında herhangi bir endişesi olmayan öğrenciler olduğu gibi oluşabilecek sağlık problemleriyle ve sınıf yönetimiyle ilgili endişeleri olan öğrenciler de bulunmaktadır. Sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının öğrenme üzerindeki kolaylaştırıcı etkilerini ifade eden öğrenciler, bu uygulamaların; öğrenmeyi kolaylaştıran, derste eğlenerek öğrenmeye imkân veren, öğrenmeye yönelik motivasyonu yükselterek konunun öğrenilmesini sağlayan faydalı bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmanın katılımcıları olan 15 öğrenci ile yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin analizi sonucunda, sekiz ana temanın ortaya çıktığı görülmüştür. Bu temalar; “eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar”, “motivasyon ve eğlence odaklı faydalar”, “sağlık ve ergonomi ile ilgili endişeler”, “teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi endişeleri”, “dezavantajlar ve olumsuz yönler”, “kullanım ve ergonomi ile ilgili iyileştirmelerin gerekliliği”, “avantajlı yönlerin üstünlüğü”, “genel avantajlar ve değerlendirmeler” şeklindedir.

“Eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar” teması, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamalarının, eğitim ve ğretim sürecini kolaylaştırma yönüyle ön plana çıktığına dikkat çekmektedir. Öğrencilerin, eğitim ve öğretimde genel kullanım kolaylıkları temasında bahsettikleri avantajlar sayesinde sanal ortamda Metaverse uygulamaları, soyut ve anlaşılması zor konuları somutlaştırarak öğrencilerin anlamlı ve kalıcı öğrenmelerine katkıda bulunmaktadır. Özellikle yaparak yaşayarak öğrenmenin zor olduğu konular için sanal gerçeklik teknolojisi, gerçekçi bir ortamda uygulanabilirlik sağlama açısından önemlidir. Bu durum hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin zamanlarını verimli kullanmasını, ğretim sürecini daha etkili ve akılda kalıcı bir hale getirmeyi sağlamaktadır. Ayrıca ğrenciler üç boyutlu görsellerin ve simülasyonların kullanımının önemli olduğu uzamsal yetenek gerektiren matematik, fen bilimleri ve coğrafya gibi alanlarda, üç boyutlu cisimleri sanal ortamda Metaverse uygulamaları sayesinde daha iyi kavrayabilir ve zihinsel modellerini güçlendirebilirler. Sanal gerçeklik teknolojileri, öğrencilerin soyut kavramları zihinsel olarak canlandırmalarını kolaylaştırırken, ğretim ortamlarında yenilikçi ve dönüştürücü bir ğretim teknolojisi olarak yer almaktadır.

“Motivasyon ve eğlence odaklı faydalar” teması, sanal ortamda Metaverse uygulamalarının öğrencilerin içsel motivasyonlarını artırma ve dersleri daha eğlenceli hale getirme işlevine dikkat çekmektedir. ğrenme sürecinin eğlenceli hale getirilmesi, öğrencilerin dikkatlerini derslere daha iyi odaklamalarını ve öğrenme sürecinden keyif almalarını sağlama yönünden önemli görülmektedir. Görsel olarak ilgi çekici sanal gerçeklik uygulamaları, öğrencilerin hem derse motive olmasını hem de derse aktif katılarak anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmesini kolaylaştırabilir.

“Sağlık ve ergonomi ile ilgili endişeler” teması altında sanal gerçeklik teknolojilerinin uzun süreli kullanımının getirebileceği olumsuz etkiler ele alınmıştır. Gözlerin zorlanması, gerçeklik algısının kaybolması ve cihazların ergonomik olmaması gibi sorunlar, kullanıcıların sanal gerçeklik gözlüklerine n yargıyla bakmasına neden olabilir ve süreç içinde gerçekleşebilecek uyumlarını zorlaştırabilir. Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamalarının öğretimde etkin kullanılabilmesi için sanal gerçeklik gözlüklerinin ergonomisinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu gözlüklerin kullanım sürelerinin sınırlandırılması gibi önlemler alınarak ğretim sürecinde olası sağlık problemlerinin önüne geçilmeye çalışılmalıdır.

“Teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi endişeleri” teması altında öğrenciler, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamalarıyla ilgili öğretim sürecinde ortaya çıkabilecek teknik ve organizasyonel problemleri ifade etmişlerdir. Özellikle sanal gerçeklik gözlüklerinin arızalanması, yazılımların güncel olmaması ve sınıfta bu teknolojilerin kullanımı sırasında yaşanabilecek pil kullanımından kaynaklanan sorunlar gibi zaman kaybı faktörleri, öğretim sürecinin akışını olumsuz etkileme potansiyeli taşımaktadır. Buna ek olarak, sınıf yönetimiyle ilgili endişeler de sanal gerçeklik uygulamalarının etkin şekilde uygulanmasını zorlaştıran etmenler arasındadır. Teknolojinin sınıf düzenini bozabileceği ya da öğrencilerin dikkatini dağıtabileceği yönündeki kaygılar, öğretmenlerin bu araçları kullanma konusundaki tereddütlerini artırabilir. Bu nedenle, etkili bir sınıf yönetimi stratejisi, teknik destek mekanizmaları ve sanal gerçeklik teknolojisi kullanımıyla ilgili öğretmenlere planlı eğitimler verilmelidir.

“Dezavantajlar ve olumsuz yönler” teması altında öğrenciler, sanal gerçeklik teknolojisi kullanımının sosyal hayat ve öğrenme süreçleri üzerindeki olumsuz etkilerini vurgulamışlardır. Uzun süre sanal ortamda bulunma sebebiyle gerçek dünyayla olan bağlantıların bir süreliğine kaybedilmesi endişesi, sosyal hayatın kısıtlanması endişesi ve uzun süreli kullanımlarda ergonomik rahatsızlıklar yaşanabilmesi durumu öğrenciler tarafından dile getirilmiştir. Ancak bu olumsuzluklar; teknolojinin planlı ve bilinçli biçimde öğretim ortamına adapte edilmesi, kullanıcı deneyimleri sonucundaki geri dönütlerin dikkate alınarak kullanıcılar için özelleştirilmiş ekipmanlar kullanılması ve kullanım sürelerinin kısıtlanmasıyla aşılabılır. Olumsuz yönler, sanal gerçeklik gözlüklerinin daha fazla geliştirilip hafiflemesinden ve diğer sorunlara yol açmayacak şekilde yeniden tasarlanmasından önce tamamen ortadan kaldırılamasa da ortaya çıkan sorunlara yönelik farkındalık yaratılarak daha bilinçli bir sanal gerçeklik kullanımı sağlanabilir.

“Kullanım ve ergonomi ile ilgili iyileştirmelerin gerekliliği” temasında öğrenciler, sanal gerçeklik uygulamalarının dezavantajları olarak uzun süre kullanımda başta ağrıya ve gözlerde yorulma gibi olumsuz etkilerini vurgulamışlardır. Bu olumsuz etkilerin sanal gerçeklik cihazlarının ergonomik olmamasından kaynaklanmış olabileceği öğrenciler tarafından belirtilmiştir. Öğrenciler bu dezavantajların, sanal gerçeklik cihazlarının sağlığa olan etkilerinin en aza indirecek biçimde kullanılması ve daha ergonomik yapıda tasarlanması ile öncelenebileceğini belirtmişlerdir.

“Avantajlı yönlerin üstünlüğü” temasında öğrenciler, sanal gerçeklik uygulamalarının öğretim amaçlı kullanımında dezavantajlı yönlerinin olmasına rağmen avantajlı yönlerinin daha ağır bastığını vurgulamışlardır. Geometri öğretiminde Metaverse uygulaması kullanan öğrenciler, öğrenilen konuyu oldukça iyi anladıklarını, derse dikkatlerini verebildiklerini, eğlenerek öğrendiklerini ve üç boyutlu nesnelere üç boyutlu ortamda görebilmenin çok önemli bir avantaj olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle öğrenciler; sanal gerçeklik cihazı kullanma sayesinde yakaladıkları öğrenme fırsatlarının, bu cihazların getirdiği dezavantajlara kıyasla daha ağır bastığı fikrine sahiptirler.

“Genel avantajlar ve değerlendirmeler” temasında öğrenciler, Metaverse uygulamalarının sunduğu yenilikçi ve çok boyutlu öğrenme ortamlarının öğretim süreçlerini dönüştürme potansiyelinden, anlamlı ve kalıcı öğrenme için bir fırsat olarak öne çıktığından bahsetmişlerdir. Öğrencilere karmaşık problemleri çözme, soyut kavramları anlamlandırma ve yaratıcı düşünme gibi beceriler kazandırma açısından sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamasının avantajları ağır basmaktadır. Dezavantajlarına rağmen, bu tür uygulamaların planlı bir şekilde kullanılması, eğitimde dijital dönüşüm sürecine önemli katkılar sunabilir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırmadan elde edilen bulgular, alanyazındaki benzer çalışmalarla karşılaştırılarak tartışılmıştır. Ayrıca çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda bazı önerilerde bulunulmuştur.

5.1 Birinci Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın birinci alt problemi, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri başarılarına etkisi var mıdır?” şeklinde belirlenmiştir. Öğrencilerin geometri başarıları üzerinde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan geometri öğretiminin etkisi olup olmadığına, nicel veri toplama araçlarından elde edilen veriler analiz edilerek karar verilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin, öğrencilerin geometri başarılarını artırdığı ve alışılmış yöntemlerle yapılan geometri öğretiminden daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan geometri öğretiminin öğrenci başarısını artırmada yüksek etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu sonuç, sanal gerçeklik ortamında öğretimin öğrenci başarısına olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşan Altun ve Kahveci (2019), Alvaro Farfan vd. (2020), Bogusevschi vd. (2020), Çoruh (2011), Molina Carmona vd. (2018), Rojas Sánchez vd. (2022) ve Arwin vd.’nin (2023) çalışmalarında elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Bir konunun öğretiminde etkisi belirlenmeye çalışılan uygulamaların, öğretim tasarımlarının, modellerin ya da teorilerin alanyazında genel olarak olumlu etkileriyle karşılaşılmaktadır. Alışılmış öğretim yöntemleri dışına çıkıldığında öğrencilerin akademik başarılarında olumlu ve anlamlı gelişmeler yaşandığı söylenebilir. Bu durum, öğrencileri aktif olarak öğrenme sürecine dahil etmeyle ve öğrenmeye yönelik motivasyonlarının yükseltmesiyle ilgili olabilir.

Matematik ya da geometri konularının öğretimini konu alan ilgili çalışmalarda kullanılan Metaverse uygulamaları, web tarayıcıları üzerinden ulaşılabilen iki boyutlu ortamlardır. Sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak yapılan öğretimlerin çoğunda ya cardboard gibi sürükleyici olmayan ve manipülasyon yetenekleri sınırlı cihazlar kullanılmıştır ya da kullanılan sanal gerçeklik yazılımı öğrencilerin iş birliği içinde çalışmasına izin veren,

yüksek etkileşim özelliğine sahip cihazlar değildir. Bu tür cihazlarla gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda katılımcıların akademik başarılarında artış tespit edilse de bu sonuç işlenen konunun özellikleriyle de ilgili bir durumdur. Bu çalışma kapsamında ele alınan konu üç boyutlu cisimlerin öğrenilmesi ile ilgilidir ve cisimleri farklı yönlerden görmeyi, zihinde canlandırmayı ve döndürmeyi içeren uzamsal yetenek gerektiren konulardır. Bu konular özelinde web tarayıcısı tabanlı Metaverse ortamlarında ya da sanal gerçeklik ortamında yapılan deneysel bir öğretim sürecine rastlanmamıştır. Bunun nedeni, bahsedilen sanal gerçeklik cihazlarının pahalı olması sebebiyle fazla araştırma imkânı bulunamaması olabilir. Ancak zor öğrenilen konuların öğretime fayda sağlayacaksa bu tür cihazlara ulaşım desteklenmelidir. Bunun nedenle, bu cihazların öğrenci başarısına etkisinin yüksek olduğu sonucuna ulaşarak bu sonucun genellenebilir hale gelmesine yardımcı olacak araştırmaların yapılması önemlidir.

Bu çalışmada geometri öğretimi gerçekleştirmek için kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri, benzer konuda yapılmış farklı bir bilimsel araştırma projesi desteği ile elde edilmiştir. Sınırlı sayıda elde edilen sanal gerçeklik gözlükleri ile aynı anda üç öğrenciyle geometri öğretimi süreci yürütülebilmiştir. Kısıtlı imkanlarla gerçekleştirilen öğretim sonucunda dahi öğrencilerin başarısında anlamlı bir artış görülmesi, geometri öğretimi için geliştirilen sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamasının öğrenci başarısını artırmada umut vadeci olarak görülmesine neden olmuştur. Ancak daha fazla sanal gerçeklik gözlüğüne ulaşma imkânı bulabilecek araştırmacıların bir sınıfın tüm öğrencilerine aynı anda ve ilgili öğretim programında kazanımların edinilebilmesi için gerekli görülen süre boyunca uygulama yapması, sonuçların genellenebilirliği üzerinde daha fazla etki yaratabilir.

5.2 İkinci Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın ikinci alt problemi, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarına etkisi var mıdır?” şeklinde belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin, öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişime neden olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal gerçeklik tabanlı bir uygulamanın moleküler geometri öğrenimine yardımcı olup olmadığını araştırdıkları çalışmalarında Brown vd. (2020), sanal gerçeklik kullanımının

öğrencilerin derse yönelik motivasyonlarını artırdığı ve moleküler geometri konularına yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışma kapsamında, öğrencilerin geometriye yönelik tutumları ile ilgili elde edilen bulguların Brown vd.'nin (2020) elde ettiği bulgularla örtüşmediğini söylemek çok doğru olmayacaktır. Çünkü bu çalışmada geometri dersine ilişkin tutum, ölçek yardımıyla ölçülmüş ve nicel veriler elde edilmiştir. Ayrıca deney grubu öğrencilerinin geometri dersine ilişkin tutum puanlarının ön testten son teste artış gösterdiği ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığı Şekil 4.4'te görülebilir. Ancak Brown vd.'nin (2020) derse ilişkin tutumla ilgili elde ettiği bulguların araştırmacıların gözlemlerine dayalı nitel verilerle desteklendiği belirtilmektedir. Brown vd. (2020) nitel bulguların hangi yöntemle nasıl elde edildiği ile ilgili veri analizi ve bulgulara araştırmalarında açıkça yer vermemişlerdir. Bu çalışmada da öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarının olumlu olduğunu söyleyebileceğimiz nitel sonuçlar elde edilmiştir. Bu yönüyle bu çalışmada elde edilen sanal gerçeklik kullanımının öğrencilerin geometri dersine yönelik tutumlarını nasıl etkilediği ile ilgili nitel bulguların, Brown vd.'nin (2020) çalışmalarında öne sürdüğü argümanla örtüştüğü söylenebilir. Bu konuda kesin bir yargıya ulaşmak için çalışmanın daha büyük bir örnekleme ile tekrarlanması gerektiği ifade edilebilir.

Sunzuma vd.'nin (2013) çalışması, öğrencilerin derse ilişkin olumlu tutum geliştirmesinin o dersteki başarı ile doğru orantılı olduğu göstermiştir. Buna göre, sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimine devam edilmesi halinde öğrencilerin geometri dersi başarısının artacağı ve dolayısıyla derse ilişkin tutumlarında olumlu yönde değişim olacağı söylenebilir. Sunzuma vd.'ne (2013) göre bir derse karşı olumlu tutum geliştirmeyi etkileyen bir diğer değişken de dersi veren öğretmenin öğrencilere yaklaşım stratejisidir. Öğrencilere karşı olumlu tutum sergileyen öğretmen, öğrencilerin derse yönelik olumlu tutum geliştirmesine neden olabilmektedir. Derse ilişkin tutumu etkileyen bir çok faktör olduğundan sanal gerçeklik ortamında öğretimin, öğrencilerin derse ilişkin tutumunu nasıl etkilediğine odaklanan farklı araştırmaların gerçekleştirilmesine ihtiyaç olduğu söylenebilir.

Wong vd. (2023), 175 üniversite öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında Teknoloji Kabul Modelinde yer alan algılanan fayda ile tutum arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Buna sonuca göre, öğrencilerin bir teknolojiye ya da derse yönelik olumlu tutum geliştirebilmesi için o teknolojinin ya da dersin kendisine faydalı olduğunu düşünmesi gerekmektedir. Bu çıkarıma göre, öğrencilerin geometri dersine ilişkin olumlu tutum geliştirebilmesi için geometri dersinin faydasını hissetmeleri ve geometri

dersinde sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamasıyla öğrendikleri konuların günlük hayatlarında etkilerini görmeleri gerekmektedir. Bu etkinin kazanılması uzun zaman alacağından, gelecek araştırmaların sanal ortamda işlenen geometri dersine yönelik tutum çerçevesinde boylamsal olarak şekillendirilmesi önerilebilir.

Gerçekleştirilen çalışmada, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin, öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişime neden olmamasının olası nedenlerinden biri, tutum puanlarındaki değişimin daha uzun süreli etkiler gerektirmesi olabilir. Öğrencilerin geometri dersine ilişkin tutumlarında anlamlı bir değişiklik olmamasının bir başka nedeni, geometri dersine ilişkin yüksek düzeyde tutuma sahip olan öğrencilerin araştırmanın örneklemini oluşturmuş olması olabilir.

Her birey farklıdır, farklı durumlardan etkilenebilir ve bu durum derslerine yönelik düşüncelerini etkileyebilir. Bazı öğrenciler sanal gerçeklik gözlüğü ile ilgili deneyimlerini derslerine olan düşüncelerine yansıtabilirken bazı öğrenciler ise o gün aldığı sevinçli ya da üzücü bir haber dolayısıyla olumlu ya da olumsuz düşüncelerini derse yansıtabilir. Bu durum derse yönelik tutumlarını kısa sürede değiştirmese de o an doldurdukları ölçek formuna işaretledikleri cevapları değiştirebilir. Bu gibi durumlar araştırmalarda kontrol edilemeyen faktörler olduğundan bu faktörlerin etkilerini en aza indirmek için daha fazla sayıda örnekleme çalışmak gereklidir. Ancak bu araştırma için sınırlı sayıdaki sanal gerçeklik gözlükleri ile aynı anda üç öğrenciyle çalışabilme imkânı bulunabilmiştir. Daha fazla araştırma olanağına sahip olabilecek araştırmacıların, sanal ortamda geometri öğretimi çalışmalarını daha fazla sayıda katılımcı ile daha uzun sürede gerçekleştirilen bir öğretimle yürütmesi, öğrencilerin derse ilişkin tutumlarında anlamlı bir değişime neden olup olmayacağı konusunda daha net çıkarımlar yapılmasını sağlayabilir.

5.3 Üçüncü Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın üçüncü alt problemi, “Uzay geometri ünitesinin katı cisimler konusunun öğretiminde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılmasının öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarına etkisi var mıdır?” şeklinde belirlenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin, öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak araştırmanın kontrol grubunda bulunan öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarında

azalış tespit edilmiştir. Buna göre, sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan geometri öğretiminin, öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarını artırmada yüksek etkiye sahip olduğu söylenebilir. Buna göre, bu çalışmada elde edilen Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan geometri öğretiminin, öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarını artırmada yüksek etkiye sahip olduğu bulgusunun, Tüzün vd. (2016), Tepe (2019) ve Gao ve Lee'nin (2024) çalışmalarında elde edilen bulgularla örtüştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğrenimi gören öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarında artış olmasının akla gelen bir nedeni şu olabilir: Deney grubu öğrencileri, sanal gerçeklik gözlüğü kullanmak için uzun sayılabilecek bir süre olan bir ders saati boyunca sanal gerçeklik ortamında bulunmuşlardır. Bu durum, deney grubu öğrencilerinin içinde buldukları fiziksel ortamı görememelerine ve hissedememelerine, bir anda içine girdikleri sanal ortamda görmeye ve hareket etmeye başlamalarına neden olmuştur. Öğretim sürecinin sonunda sanal gerçeklik gözlüğünü çıkarttıkları anda öğrenciler, bir süre önce içinde buldukları fiziksel ortamı bir anda fark etmişlerdir. Bu nedenle sanal ortamda buradalık algısı ölçeğinin maddelerine, kendilerini sanal ortamda hissettikleri yönünde cevaplar vermişlerdir.

Deney grubundaki öğrencilerin sanal ortamda buradalık algıları ön testten son teste anlamlı biçimde yükseltmiştir ancak gerçekleştirilen öğretimin öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarına etkisinin düşük düzeyde olduğu bulunmuştur. Sanal gerçeklik gözlüğünü kafasına yerleştirmekte güçlük çeken öğrenciler bulunmaktadır. Bu öğrenciler, kendileriyle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde belirttikleri gibi sanal gerçeklik gözlüğünü kullanırken gözlerinin yorulması, başlarının ağrması gibi rahatsızlıklar duymuşlardır. Duydukları rahatsızlıklardan dolayı öğretim süreci içinde sanal gerçeklik gözlüğünü başlarından çıkarma ihtiyacı duymuşlardır. Sanal gerçeklik gözlüğünü ara sıra ya da sık sık başından çıkaran öğrencilerin kendilerini sanal gerçeklik ortamında hissedememeleri, sanal ortamda buradalık algılarını belirleyen ölçek maddelerine kendilerini sanal ortamda hissedemedikleri yönünde cevap vermiş olmaları olağan bir durumdur. Bu nedenle sonuç, anlamlı derecede farklı ancak yüksek etki düzeyinde çıkmamış olabilir. Bu durumun hem öğrencilerin bireysel özellikleriyle hem de ağırlık ve konfor bakımından hala beklenenden daha düşük performans gösteren sanal gerçeklik gözlükleriyle ilgili olduğu düşünülebilir. Piyasada birçok farklı modeli ve özelliği bulunan sanal gerçeklik gözlükleri olduğu unutulmamalıdır. Bu çalışma

kapsamında ulaşılması mümkün olamamış sanal gerçeklik gözlüklerinin ğretim amaçlı kullanılması, öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarına ne düzeye etki edeceği bilinmemektedir. Daha konforlu ve gelişmiş sanal gerçeklik gözlüklerine ulaşma imkânı bulunan araştırmacıların, öğrencilerin sanal ortamda buradalık algılarını ölçmesi önerisinde bulunulabilir. Çünkü sanal ortamda bulunuşluk düzeyi yüksek olan öğrencinin, kendini bulunduğu sanal ortamın bir parçası olarak hissedeceği ve sanal ortamdaki ğretim sürecine de yüksek düzeye dikkatini vereceği düşünülmektedir.

5.4 Dördüncü Alt Probleme Yönelik Sonuçlar ve Tartışma

Çalışmanın dördüncü alt problemi, “ğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin görüşleri nelerdir?” şeklinde belirlenmiştir. Öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin görüşlerini belirlemek için yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Öğrencilerin sorulan sorulara verdikleri yanıtlardan içerik analizi ile kategorilere ve ana temalara ulaşılmıştır. Öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimine ilişkin düşünceleri; “eğitim ve öğretimde kullanım kolaylıkları ve avantajlar”, “motivasyon ve eğlence odaklı faydalar”, “sağlık ve ergonomi ile ilgili endişeler”, “teknolojik sorunlar ve sınıf yönetimi endişeleri”, “dezavantajlar ve olumsuz yönler”, “kullanım ve ergonomi ile ilgili iyileştirmelerin gerekliliği”, “avantajlı yönlerin üstünlüğü” ve “genel avantajlar ve değerlendirmeler” temaları altında toplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen, öğrencilerin sanal gerçeklik teknolojisi ve Metaverse uygulamaları hakkındaki görüşleri, Başaran (2010), Cardwell vd. (2017), Eşin ve zdemir (2022), Hsu (2021), Kaleci vd., (2017), Kekin (2017), Silva Dıaz vd. (2022), Soroko vd. (2021) ve Tepe'nin (2019) alışmalarındaki olumlu ğrenci görüşleriyle benzerlik göstermektedir. Buna göre, öğrencilerin sanal gerçeklik ortamındaki öğrenim deneyimlerinin benzer olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Görüşmelerden elde edilen bulgulara göre öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri hakkında olumlu görüşlere sahip oldukları belirtilebilir. Geometri dersinin sadece bir konusu ile ilgili sanal ortamda Metaverse uygulamasını kullanarak etkinlikler gerçekleştiren öğrenciler, öğrenmelerine yardımcı olduğunu dşndekileri için sanal gerçeklik ve Metaverse teknolojilerinin diğer dersler için de kullanılmasını istediklerini belirtmişlerdir. Öğrencilerde bu yönde bir düşüncenin oluşmasını sağlayan unsurların; sanal gerçeklik ortamının sürükleyici, motive edici ve eğlenerek öğrenmeyi

sağlayan yapısı olduğu düşünülebilir. Çalışmanın deneysel sürecinde yer alan öğrenciler, araştırmacının daha önceden tanıdığı öğrenciler değildir. Okullarındaki kendi matematik derslerinde, derse nasıl katılım sağladıkları bilinmemektedir. Ancak çalışmanın deneysel sürecinde öğrencilerin derste sorular sorduğu, etkinlikleri bir an olsun bırakmadan yapmaya çalıştığı gözlemlenmiştir. Öğretim süreci sırasında öğrenciler sanal gerçeklik gözlüğünün kontrolü hakkında çok sayıda soru sormamışlar, bir işlevi nasıl gerçekleştireceklerini kendileri bulmaya çalışmışlardır. Bu durum, öğrencilerin keşfedici yapıda olduğu anlamına ya da sanal gerçeklik ortamının onları keşfetmeye yönlendirdiği anlamına gelebilir. Öğrencinin pasif konumda olduğu anlatım ve sunum yoluyla öğrenme süreçlerinde, öğrencinin dikkatinin dağılması ve dersten kopması oldukça kolaydır. Etrafındaki bir kişi, bir nesne ya da aklındaki bir düşünceyle ilgilenmeye başlayabilir ve öğretmenin verdiği bilgiyi kaçırabilir ya da anlamlandırarak kadar dikkatli dinleyemeyebilir. Sanal gerçeklik ortamında ise sanal öğretim ortamından kopmasının tek yolu sanal gerçeklik gözlüğünü başından çıkarmasıdır. Aksi halde derse ve dersin konusuna özel olarak hazırlanan öğretim ortamı haricinde bir yerde bulunması ve dikkatinin başka bir unsura kayması olası değildir. Ayrıca öğretmenin sesi, öğretmen kendisinden uzakta dahi olsa sanal gerçeklik gözlüğünün kulaklıklarından gelmektedir.

Öğretimde sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanımı, çok yönlü ele alınması gereken bir süreçtir. Öğretmenin teknoloji okuryazarlığı ve teknoloji kullanım düzeyi, öğrencilerin yeni teknolojileri benimseme durumları, sanal gerçeklik ekipmanlarının izin verdiği etkileşim yetenekleri ve teknik özellikleri, öğretim ortamında bulunan internet bağlantısının kalitesi, sanal gerçeklik gözlüğünün kullanım süresine bağlı olarak şarjın azalması sonucu kabloyla prize bağlama ya da taşınabilir bataryalara bağlama gereksinimi, bunlar için gereken ekstra donanım ve uygun fiziksel ortam gereksinimi ve sanal gerçeklik gözlüklerinin maliyeti bunlardan bazılarıdır. Bunlardan biri ya da birkaçının yetersiz olması, Teknoloji Kabul Modeline göre öğrencilerin Metaverse teknolojilerini kullanma davranışına devam etme durumlarını etkileyebilir ve sanal gerçeklik ortamında öğretim hakkında olumsuz görüşler ifade edilmesine neden olabilir. Bu nedenle sanal gerçeklik ortamında öğretimin avantajlı ya da dezavantajlı olarak algılanması, sürecin ne kadar iyi planlandığına ve maddi imkanlara bağlı olarak değişebilmektedir. Öğretim ortamlarına teknolojinin entegrasyonu için maddi imkanların ayrılabilirdiği dönemlerde, her okulda bilgisayar laboratuvarı kurulması, her sınıfa en az bir bilgisayar ve projeksiyon cihazı sağlanması gibi uygulamaların hayata geçirildiği bilinmektedir. Daha sonra, okullardaki bilgisayarların

sistem gereksinimleri güncel şartlara yeterli gelmedikçe bakımlarının aksatılması ve kullanım dışı kalmaları gibi sonuçlarla karşılaşmıştır. Günümüzde bilgisayarların ve projeksiyonların yerini akıllı tahtalar almıştır. Gelecekte akıllı tahtalar da güncel gereksinimleri karşılayamadıkça eskimiş bir teknoloji olarak kullanımlarına son verilebilir ve yerini sanal gerçeklik gibi yeni teknolojiler alabilir. Bu nedenle sanal gerçeklik teknolojilerinin geliştirilmeye yeni başladığı içinde bulunduğumuz dönemlerde, bu teknolojilerin öğretim ortamlarına en iyi şekilde entegre edilebilmesi ve en verimli şekilde yararlanılabilmesi için sanal gerçeklik teknolojilerinin öğretim amaçlı kullanımları konusundaki akademik araştırmalara yer verilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Öğretmenin; öğrencinin hal, hareket ve davranışlarını sanal gerçeklik gözlüğü takılıyken görememesi bir sınırlılık olarak algılanabilir. Ancak sanal gerçeklik gözlüğünün üzerindeki entegre kameralar sayesinde kullanıcı, sanal gerçeklik gözlüğünün yanına iki defa tıkladığında gerçek görüntüye geçiş yapabilmektedir. Çalışmada kullanılan modelde dört adet siyah beyaz kamera ile gerçekleşen bu özellik daha düşük modellerde bulunmayabilir. Daha yüksek modellerde ve farklı markalarda ise daha yüksek çözünürlüklü kameralar ve karma gerçeklik deneyimi sunan daha gelişmiş özelliklerin de olduğu bilinmektedir. Buna göre, öğretmenin sanal gerçeklik ortamında sınıf yönetimi sağlama durumunun, öğretim sürecinde kullanılan ekipmanların özelliğine göre farklılık gösterdiği söylenebilir.

Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması ile geometri öğretimi hakkında bazı öğrencilerin sınıf yönetiminin zor olmasıyla ilgili görüş bildirdiği görülmüştür. Araştırmacının öğretim sürecindeki gözlemlerine göre sınıf yönetimi ile ilgili herhangi bir sorun yaşanmamıştır. Aksine öğrenciler sadece dersin konusuyla ilgili soru sormak dışında konuşmamış ya da istenmeyen herhangi bir davranış sergilememişlerdir. Öğrencilerin bu konudaki endişesinin okuldaki diğer derslerinde yaşanan sınıf yönetimi sorunlarının genellenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Öğretim ortamlarında kullanma şansı verilen cep telefonu ve tablet gibi mobil cihazların eğer öğretim süreci iyi planlanmamışsa sınıf yönetimi sorunları yaşatması muhtemeldir (Arslan ve Şumuer, 2020; Delil, 2017). Çünkü öğrenci sınıf ortamında anlatılan dersi dinliyor ya da öğretmenin yönlendirmelerine uyuyor gibi görünebilir ancak mobil cihazla ve arkadaşlarıyla ders dışı etkileşime girebilmesi çok kolaydır. Sanal gerçeklik gözlüğü kullanımında ise öğrenci tamamen derse özgü tasarlanmış sanal ortamdadır ve o ortam dışında başka bir yerde bulunma ve izin verilenler hariç başka etkileşimlerde bulunma şansı yoktur. Ayrıca aynı sanal ortamda

bulunan öğretmen; öğrencilerin el, kol ve baş hareketlerini avatarlar aracılığıyla gözlemleyebilir, başlığını çıkaran öğrencinin avatarındaki değişimden bu durumu anlayabilir ve müdahale edebilir. Öğrencilerin, sanal gerçeklik gözlüğünün sınıf yönetimini ne kadar olumsuz etkileyebileceği hakkında fikir sahibi olabilmeleri için, kendi ders öğretmenleriyle uzun süre bu cihazı derslerinde kullanmaları gerektiği düşünülmektedir. Ancak araştırmacıların, sanal gerçeklik gözlüğü kullanımının sınıf yönetimi üzerindeki etkilerini inceleyen ve öğretmenlerin konu hakkındaki fikirlerine başvurdukları bir çalışma yapmaları önerilebilir.

Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulaması kullanılarak yapılan geometri öğretimi sürecinde öğrenciler, kullandıkları sanal gerçeklik gözlüğü ile ilgili bazı sorunlar yaşamışlar ve bunları görüşme formunda belirtmişlerdir. Bu sorunlardan biri baş ağrısı sorunudur. Sanal gerçeklik gözlüklerinin bazı kişilerde araba tutma diye bilinen hareket hastalığı (motion sickness) yaratabildiği bilinmektedir (Kocaoğlu, 2022; Ohya vd., 2007). Bu durum bireyin kendisinin durduğu halde bulunduğu ortamda hareket halinde olması sebebiyle yaşanmaktadır. Örneğin kişi arabada durur ancak arabayla birlikte hareket halindedir. Aynı şekilde kişi bulunduğu fiziksel ortamda hareketsiz şekilde dursa da sanal gerçeklik ortamında gördüğü görüntüden dolayı hareket halinde olduğunu hisseder. Ancak sanal gerçeklik gözlüğü kullanımının baş ağrısı yaptığı yönünde bir fikir birliği bulunmamaktadır (Shiri vd., 2013; Chen vd., 2024). Sanal gerçeklik gözlüğünün başa oturtulması sırasında kayışlarının fazla sıkı ayarlanmış olması baş ağrısına neden olmuş olabilir. Işık hassasiyeti olan bireylerde, gözlerin yoğun ışık alması nedeniyle dolaylı olarak baş ağrısına neden olabilir. Çalışmaya başlamadan önce öğrencilere baş dönmesi, baş ağrısı ve mide bulantısı gibi bir durum yaşamaları halinde gözlüğü çıkarıp çalışmaya son verebilecekleri bildirilmiştir. Buna rağmen hiçbir öğrenci gözlüğü çıkarmamış ve uygulamaya son vermeyi tercih etmemiş hatta böyle bir durumdan söz etmemiştir. Bunun nedeni ders süresi sonuna doğru böyle bir rahatsızlık hissetmeleri ya da hafif baş ağrısını önemsememeleri olabilir. Sanal gerçeklik gözlüklerinin sağlığa etkileri önemli bir konu olarak görülmelidir. Bu konu hakkında sağlık, mühendislik ve eğitim disiplinlerinden araştırmacıların iş birliği halinde detaylı araştırmalar yapmaları önerilebilir.

Çalışmada kullanılan sanal gerçeklik gözlüklerinin herkesin rahatlıkla karşılayamayacağı bir maliyet gerektirdiği ve bu nedenle yaygınlaşmasının zor olacağı düşünülebilir. Ancak yeni geliştirilen teknolojilerin, ilk yıllarında her zaman fazla maliyetli olduğu bilinmektedir

(Baykal Eriş, 2011). Bunun sebebi araştırma ve geliştirme süreçlerindeki harcamaların maliyet olarak tüketiciye yansımadır. Üretilen ürünler yaygınlaştıkça maliyetlerinin düştüğü ve bu ürünleri satın almanın kolaylaştığı bilinmektedir. Çalışmada kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri yaklaşık olarak ortalama performansa sahip bir dizüstü bilgisayar fiyatındadır ve bilgisayar ile yapılabilen işlerin hemen hepsi bu sanal gerçeklik gözlüğüyle de yapılabilir. Bu nedenle, eğer öğrenci başarısını artırmada etkili olduğu ve öğretim sürecini daha verimli hale getirdiği akademik çalışmalar ve projeler yoluyla netleştirilirse öğrencilerin sanal gerçeklik gözlükleri edinmeleri, başarılarını artırmaları yolunda bir gereksinim haline gelebilir.

Bu çalışmanın sanal gerçeklik ortamında gerçekleştirilmesinin nedeni, üç boyutlu geometrik cisimlerin üç boyutlu ortamlarda öğrenilmesi gerektiği argümanıdır. Çünkü üç boyutlu cisimlerin iki boyutlu düzleme aktarılması sırasında bilgi kaybı gerçekleşmektedir (Altıkardeş ve Koyunkaya, 2021). Çalışmada yer alan birim küplerden oluşan etkinlikte görülebileceği gibi cismin arkada kalan bölümünü görebilmenin tek yolu cismin arkasına geçmektir. Bu durumu öğrencinin anlayabileceği şekilde iki boyutlu düzlemi temsil eden kâğıda aktarmak da olası değildir. Yalnızca bilgisayar ya da telefon ekranlarında bazı uygulamalar aracılığıyla üç boyutluymuş gibi görüntülenebilir. Ancak bu görüntüler de ekranların iki boyutlu düzlem olması sebebiyle üç boyutluymuş gibi algılanan ama gerçekte iki boyutlu görüntülerdir. Üç boyutlu ortamların yalnızca gerçek fiziksel dünya, sanal gerçeklik ortamı ve hologramlar olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada, araştırmacının deneysel süreçteki gözlemlerine göre daha önce sanal gerçeklik ortamında bulunmayan öğrenciler, sanal ortama girdikleri anda şaşkınlık yaşamışlardır. Bu sanal ortam, sanal gerçeklik gözlüğünün ekranlarının çözünürlüğünün, grafik işlemcisinin ve lenslerinin kalitesinin izin verdiği ölçüde gerçeğe yakın bir deneyim sunmaktadır. Buna rağmen öğrencilerin sanal dünyayı gerçek dünyaya benzettiği, bazı öğrencilerin gerçek dünyadan daha iyi olduğunu söyledikleri not edilmiştir. Böyle bir ortamda gerçek yaşam problemleri oluşturulabilir. Geometri, fizik, kimya, coğrafya ve yabancı dil gibi birçok alanda gerçek hayatta gerçekleşmesi zor çalışmalar sanal ortamda yapılabilir. Gerçek hayatta tehlikeli olması ya da maliyetli olması gibi sorunlardan dolayı yapılamayan çalışmaların sanal gerçeklik ortamında yapılabilmesi, gerçeğe en yakın deneyimi yaşatması açısından öğretim ortamlarında mutlaka değerlendirilmesi gereken bir fırsat olarak görülmektedir.

5.5 Öneriler

Sanal gerçeklik ortamında Metaverse uygulamasıyla gerçekleştirilen geometri öğretimi, öğrencilerin geometri başarılarını olumlu yönde etkilemiştir. Sanal gerçeklik ortamında kullanılan Metaverse uygulaması ve sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi süreci hakkında öğrenciler, olumlu görüşlerini bildirmişlerdir. Bu çalışmanın bulgularından elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki öneriler sunulabilir:

- 1- Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen öğretim materyallerinin öğretim ortamlarında yer edinebilmesi için eğitim yöneticilerinin ve yatırımcıların desteği artmalıdır.
- 2- Öğretmenlerin sanal gerçeklik teknolojilerine ve Metaverse uygulamalarına erişimi desteklenmelidir.
- 3- Geometri dersine ilişkin tutumları pozitif yönde etkileyebilecek stratejiler geliştirilmeli ve sanal ortamda gerçekleşecek öğretim süreçleri bu stratejilerle entegre edilmelidir.
- 4- Sanal gerçeklik uygulamalarının kullanımında yaşanan teknik sorunları azaltmak için sanal gerçeklik gözlükleri daha konforlu ve ulaşılabilir hale getirilmelidir.
- 5- Öğrencilerin sanal gerçeklik gözlüklerini ve Metaverse uygulamalarını etkin bir şekilde kullanabilmesi için rehberlik ve destek sağlanmalıdır.
- 6- Daha geniş örneklerle benzer araştırmalar yapılarak bulguların genellenebilirliği artırılmalıdır.
- 7- Sanal gerçeklik ortamındaki Metaverse uygulamalarının uzun vadeli etkilerini inceleyen boylamsal çalışmalar yapılmalıdır.
- 8- Matematik öğretimi için özelleştirilmiş Metaverse uygulamaları geliştirilmeli, öğretimde kullanımı sağlanmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.
- 9- Bulunuşluk algısını yükseltmek için daha gerçekçi ve etkileşimli sanal ortamlar geliştirilmelidir.
- 10- Sanal ortamda öğretim uygulamaları için kullanılabilirlik testleri yapılarak öğrenci deneyimleri iyileştirilmelidir.
- 11- Sanal ortamda Metaverse uygulaması tasarlayanların, geliştirenlerin ve uygulayanların; öğrencilerin kullanımını en rahat biçimde gerçekleştirecekleri uygulama içi kontrollere yer vermeleri, avatarların uygulama içinde çok fazla hareket etmeyecekleri bir ortam oluşturarak hareket hastalığı ihtimalini en aza indirmeleri, sanal gerçeklik cihazının en uygun şekilde başa oturduğundan emin olmaları ve sanal gerçeklik cihazı kullanım süresini bir defada en fazla 20 dk olacak şekilde kısıtlamaları önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Accascina, G., & Rogora, E. (2006). Using Cabri 3D diagrams for teaching geometry. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(1), 11-22. <https://eric.ed.gov/?id=EJ874199>
- Adams, N. (2015). Bloom's taxonomy of cognitive learning objectives. *Journal of the Medical Library Association*, 103(3), 152-153. <https://doi.org/10.3163/1536-5050.103.3.010>
- Akour I. A., Al Maroof R. S., Alfaisal R., & Salloum S. A. (2022). A conceptual framework for determining Metaverse adoption in higher institutions of gulf area: An empirical study using hybrid SEM-ANN approach. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100052. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100052>
- Akpınar, B., & Akyıldız, T. Y. (2022). Yeni eğitim ekosistemi olarak metaversal öğretim. *Journal of History School*, 56, 873-895. <https://doi.org/10.29228/joh.56881>
- Alali, R., & Wardat, Y. (2024). Assessing the utilization level of metaverse: Teaching mathematics at the primary level. *International Journal of Distance Education Technologies*, 22(1), 1-20. <https://doi.org/10.4018/IJDET.346988>
- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development* (3rd ed.). Allyn & Bacon.
- Alharbi, J. (2023). Mall as a language learning tool for Saudi EFL university learners: An empirical study with reference to TAM. *Journal of Language Teaching and Research*, 15(1), 271-280. <https://doi.org/10.17507/jltr.1501.30>
- Alkan, S., & Bolat, Y. (2022). Metaverse in education: An informative literature review. *The Journal of International Education Science*, 9(32), 267-295. <https://doi.org/10.29228/INESJOURNAL.63949>
- Alpar, R. (2010). *Spor, sağlık ve eğitim bilimlerinden örneklerle uygulamalı istatistik ve geçerlik-güvenirlilik*. Detay Yayıncılık.
- Alqahtani, A. S., Daghestani, L. F., & Ibrahim, L. F. (2017). Environments and system types of virtual reality technology in Steam: A survey. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(6), 77-89. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2017.080610>
- Altıkardeş, E., & Yiğit Koyunkaya, M. (2021). Katı cisimler konusuna yönelik tasarlanan teknoloji destekli bir öğretim sürecinin değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(1), 41-76. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.715862>

- Altun, H., & Kahveci, G. (2019). Sanal gerçeklik tabanlı öğretim materyalinin öğrenme güçlüğü olan öğrencilerde geometriye dayalı problem çözme üzerine etkililiği. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 1(13), 460-482. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.562047>
- Alvaro Farfan, A., Sánchez-Guerrero, J., Gavilanes-Lopez, W., & Santiago-Chávez, N. (2020). Application of Metaverses as an evaluation tool in the baccalaureate. In M. Auer, H. Hortsch, P. Sethakul (Eds.), *The impact of the 4th industrial revolution on engineering education* (pp. 598-606). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40271-6_59
- An, M. Y., Ko, K. A., & Kang, E. J. (2020). Problems and directions of development through analysis of virtual reality-based education in Korea. *International Journal of Information and Education Technology*, 10(8), 552-556. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.8.1423>
- Anderson, L. W. (1999). *Rethinking Bloom's taxonomy: Implications for testing and assessment*. University of South Carolina. <https://eric.ed.gov/?id=ED435630>
- Anwar, A., Turmudi, T., Juandi, D., Wahyuni, R., & Muntazhimah, M. (2022). Visual thinking skills in solving geometry problems based on learning style: A grounded theory study. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 11(3), 635-642. <https://european-science.com/eojnss/article/view/6452>
- Arslan, Y., & Şumuer, E. (2020). COVID-19 döneminde sanal sınıflarda öğretmenlerin karşılaştıkları sınıf yönetimi sorunları. *Milli Eğitim Dergisi*, 49(1), 201-230. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.791453>
- Arwin, Kenedi, A. K., Anita, Y., Hamimah, & Afrian, R. (2023). The impact of the virtual-based disaster learning model on elementary students' understanding of COVID-19 disaster-learning. *European Journal of Educational Research*, 12(2), 1059-1069. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.1059>
- Astiti, N., & Purnamayanti, N. (2022). Identification of the needs couples against prenatal class program in Badung regency. *Indonesian Journal of Nursing and Midwifery*, 10(1), 76. [https://doi.org/10.21927/jnki.2022.10\(1\).76-88](https://doi.org/10.21927/jnki.2022.10(1).76-88)
- Attard, C., Calder, N., Holmes, K., Larkin, K., & Trenholm, S. (2020). Teaching and learning mathematics with digital technologies. In J. Way, C. Attard, J. Anderson, J. Bobis, H. McMaster & K. Cartwright (Eds.), *Research in Mathematics Education in Australasia 2016-2019* (pp. 319-347). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4269-5_13

- Bagozzi, R. P. (2007). The legacy of the technology acceptance model and a proposal for a paradigm shift. *Journal of the association for information systems*, 8(4), 3. <https://doi.org/10.17705/1jais.00122>
- Bakar, E. (2023). Fen bilimleri dersinde beceri eğitimi için disiplinlerarası ilişkilendirme. *Milli Eğitim Dergisi*, 52(1), 513-536. <https://doi.org/10.37669/milliegitim.1309008>
- Barry, D. M., Ogawa, N., Dharmawansa, A., Kanematsu, H., Fukumura, Y., Shirai, T., Yajima, K., & Kobayashi, T. (2015). Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in Metaverse. *Procedia Computer Science*, 60, 1195-1204. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.181>
- Başaran, F. (2010). *Öğretmen adaylarının eğitimde sanal gerçeklik kullanımına ilişkin görüşler (Sakarya üniversitesi BÖTE örneği)* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Battal, A., & Taşdelen, A. (2023). The use of virtual worlds in the field of education: A bibliometric study. *Participatory Educational Research*, 10(1), 408-423. <http://dx.doi.org/10.17275/per.23.22.10.1>
- Baykal Eriş, D. (2011). *İnovasyon maliyetleri ve bir uygulama* [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Blair, C., Walsh, C., & Best, P. (2021). Immersive 360° videos in health and social care education: A scoping review. *BMC Medical Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-021-03013-y>
- Bogusevschi, D., Muntean, C., & Muntean, G. M. (2020). Teaching and learning physics using 3d virtual learning environment: A case study of combined virtual reality and virtual laboratory in secondary school. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 39(1), 5-18. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1248093>
- Brown, C., Alrmuny, D., Williams, M., Whaley, B., & Hyslop, R. (2020). Visualizing molecular structures and shapes: A comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling. *Chemistry teacher international*, 3(1), 69-80. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0009>
- Buchori, A., Prasetyowati, D., & Wijayanto. (2022). Design of virtual lab geometry using virtual to supplement learning in mathematics classes. *Kne Social Sciences*, 7(19), 444-453. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i19.12464>
- Bümen, N. T. (2010). Program geliştirmede bir dönüm noktası: Yenilenmiş Bloom taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 31(142) 3-14. <https://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/837>

- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2014). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Pegem Akademi
- Çakıroğlu, Ü., Güler, M., Dündar, M., & Coşkun, F. (2023). Virtual reality in realistic mathematics education to develop mathematical literacy skills. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(17), 4661-4673. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2219960>
- Campbell, P. (2014). Modifying Addie: Incorporating new technologies in library instruction. *Public Services Quarterly*, 10(2), 138-149. <https://doi.org/10.1080/15228959.2014.904214>
- Cardwell, A, Murray, J., Croxton, R., & Nurse, B. (July 2017). The use of virtual reality in education and learning: A case study for teaching crime scene investigation. 9th *International Conference on Education and New Learning Technologies*. Barcelona, Spain. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.1630>
- Cecep, C., Amalia, A., Hafidz, A., Alwi, M., & Sania, S. (2024). The analysis of experiential learning method of dale's cone experience model in improving the effectiveness of Arabic language learning. *Izdihar Journal of Arabic Language Teaching Linguistics and Literature*, 7(1), 25-40. <https://doi.org/10.22219/jiz.v7i1.30823>
- Çetintaş, A. (2015). Sosyolojik kuramlara hakim temel paradigmlar çerçevesinde toplum-birey dualizmi. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(1), 25-42. <https://dergipark.org.tr/tr/download/issue-full-file/28894>
- Çetintav, G. (2023). *Geometri öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımının ortaokul öğrencilerin öz düzenleme becerilerine, akademik motivasyonlarına ve başarılarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bartın Üniversitesi.
- Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual reality sickness: A review of causes and measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(17), 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Charles, C. (2024). Using the technology acceptance model to understand attitudes about smartphone translators for EFL writing. *The Korean Association of General Education*, 18(1), 165-183. <https://doi.org/10.46392/kjge.2024.18.1.165>
- Chen, C. J. (2009). Theoretical bases for using virtual reality in education. *Themes in science and technology education*, 2(1), 71-90. <https://www.learntechlib.org/p/148622/>

- Chen, C. J., Toh, S. C., & Wan M. F. (2004). The theoretical framework for designing desktop virtual reality-based learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, 15(2), 147-167. <https://www.learntechlib.org/primary/p/12841/>
- Chen, Q. C., Fleming, A., Lepkowsky, A., & Narouze, S. (2024). Virtual reality cybersickness and the headache patient. *Pain Medicine*, 25(6), 367-369. <https://doi.org/10.1093/pm/pnae014>
- Chengoden, R., Victor, N., Huynh-The, T., Yenduri, G., Jhaveri, R. H., Alazab, M., Bhattacharya, S., Hegde, P., Maddikunta, P. K. R., & Gadekallu, T. R. (2023). Metaverse for healthcare: a survey on potential applications, challenges and future directions. *IEEE Access*, 11, 12765-12795. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3241628>
- Çolakoğlu, Ü., Anış, E., Esen, Ö., & Tuncay, C. S. (2024). The evaluation of tourists' virtual reality experiences in the transition process to Metaverse. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, 7(3), 1475-1500. <https://doi.org/10.1108/JHTI-09-2022-0426>
- Collins, C. (2008). Looking to the future: Higher education in the Metaverse. *Educause Review*, 43(5), 51-63. <https://er.educause.edu/-/media/files/article-downloads/erm0853.pdf>
- Cook, E., Kennedy, E., & McGuire, S. (2013). Effect of teaching metacognitive learning strategies on performance in general chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 90(8), 961-967. <https://doi.org/10.1021/ed300686h>
- Copeland, C., & Franzese, J. (2021). Using the technology acceptance model to understand attitudes about a virtual learning environment for EFL writing. *The Korean Association of General Education*, 15(5), 215-227. <https://doi.org/10.46392/kjge.2021.15.5.215>
- Çoruh, L. (2011). *Sanat tarihi dersinde bir öğrenme modeli olarak sanal gerçeklik uygulamasının etkililiğinin değerlendirilmesi (Erciyes Üniversitesi mimarlık ve güzel sanatlar fakülteleri örneği uygulaması)* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Crespo, R. G., Escobar, R. F., Aguilar, L. J., Velazco, S., & Sanz, A. G. C. (2013). Use of ARIMA mathematical analysis to model the implementation of expert system courses by means of free software OpenSim and Sloodle platforms in virtual university campuses. *Expert Systems with Applications*, 40(18), 7381-7390. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.06.054>

- Creswell J. W., & Plano Clark V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage.
- Creswell, J. W. (2017). *Araştırma deseni: Nitel, nicel ve karma yöntem yaklaşımları* (3. baskı) (S. B. Demir, çev. ed.) (Çalışmanın orijinali 2014'te yayımlanmıştır). Eğiten Kitap.
- Crouch, I. D. (2014). *On the effect of virtual reality on student understanding of and interest in physics* [Unpublished master's thesis]. Michigan Technological University.
- Crowe, A., Dirks, C., & Wenderoth, M. (2008). Biology in Bloom: implementing Bloom's taxonomy to enhance student learning in biology. *CBE-Life Sciences Education*, 7(4), 368-381. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-05-0024>
- Cruz, M., Oliveira, A., & Pinheiro, A. (December 2022). Flowing through virtual animated worlds-perceptions of the Metaverse. *2022 Euro-Asia Conference on Frontiers of Computer Science and Information Technology (FCSIT)* (pp. 241-245), Beijing, China. <https://doi.org/10.1109/fcsit57414.2022.00057>
- Cruz, S. (2024). Explore first approach in a virtual and immersive learning environment with ChatGPT. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 14(3), e202435. <https://doi.org/10.30935/ojcm/14639>
- Dale, E. (1969). *Audio-visual methods in teaching* (3rd ed.). Dryden Press. https://ocw.metu.edu.tr/file.php/118/dale_audio-visual_20methods_20in_20teaching_1_.pdf
- Dalgarno, B. (2014). Polysynchronous learning: A model for student interaction and engagement. In B. Hegarty, J. McDonald, & S. K. Loke (Eds.), *Rhetoric and Reality: Critical perspectives on educational technology* (pp. 673-677). Ascilite Dunedin. <https://doi.org/10.14742/apubs.2014.1311>
- Davis, B., & Summers, M. (2015). Applying Dale's cone of experience to increase learning and retention: A study of student learning in a foundational leadership course. *Qscience Proceedings*, 2015(4), 6. <https://doi.org/10.5339/qproc.2015.wcee2014.6>
- Delil, S. (2017). Using of mobile devices as an education material: Contribution of correctly designed mobile education applications to learning. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(1), 200-207. <https://doi.org/10.24289/ijsser.270650>
- Deng, Y. (October 2023). Research on application mode of ADDIE model in programming course. 4th *International Conference on Big Data and Informatization Education*, Zhangjiajie, China. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-238-5_100

- Denis, D. J. (2021). *Applied univariate, bivariate, and multivariate statistics: Understanding statistics for social and natural scientists, with applications in SPSS and R* (2nd ed.). Wiley.
- DeSimone, R. L., Werner, J. M., & Harris, D. M. (2002). *Human resource development*. Cengage Learning.
- Díaz, J., Saldaña, C., & Ávila, C. (2020). Virtual world as a resource for hybrid education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(15), 94-109. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
- Doz, D., Felda, D., & Cotič, M. (2022). High school students' attitudes towards geometry: an exploratory factor analysis. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(6), 2090-2104. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7504>
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021, October). Metaverse for social good: A university campus prototype. *29th ACM international conference on multimedia*, Virtual Event China. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.08985>
- Erkuş, A. (2012). *Psikolojide ölçme ve ölçek geliştirme-1: Temel kavramlar ve işlemler*. Pegem Akademi.
- Eşin, Ş., & Özdemir, E. (2022). The Metaverse in mathematics education: The opinions of secondary school mathematics teachers. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 5(4), 1041-1060. <https://doi.org/10.31681/jetol.1149802>
- Fan, S., Yecies, B., Zhou, Z. I., & Shen, J. (2024). Challenges and opportunities for the web 3.0 Metaverse turn in education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1935-1950. <https://doi.org/10.1109/tlt.2024.3385505>
- Fandir, A. (2024). Transformation of Islamic education: implementation of technological innovation in education management. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 10(1), 187. <https://doi.org/10.58258/jime.v10i1.6625>
- Fernández, M. (2017). Augmented-virtual reality: how to improve education systems. *Higher Learning Research Communications*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v7i1.373>
- Field, A. (2016). *Discovering statistics: Repeated measures ANOVA*. <https://discoveringstatistics.com/repository/repeatedmeasures.pdf>
- Filiz, T., & Güneş, G. (2022). Öğrenme güçlüğü yaşayan ilkökul öğrencilerinin pandemi sürecindeki matematik öğrenme ve öğretme deneyimlerine bir bakış. *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 20-50. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.990761>

- Fitria, T. N., & Simbolon, N. E. (2022). Possibility of Metaverse in education: Opportunity and threat. *SOSMANIORA: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 1(3), 365-375. <https://journal.literasisains.id/index.php/sosmaniora/article/download/821/552>
- Flanagan, T., Delphin, G., Fargis, M., & Lexington, C. (2011). When art meets science in Second Life. *Journal of Applied Mathematics*, 4(4), 163-172. http://www.aplimat.com/files/Journal_volume_4/Number_4.pdf
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Frewen, P., Oldrieve, P., & Law, K. (2024). Teaching psychology in virtual reality. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 10(4), 526-535. <https://doi.org/10.1037/stl0000341>
- Friedman, M. (1995). Poincaré's conventionalism and the logical positivists. *Foundations of Science*, 1(2), 299-314. <https://doi.org/10.1007/bf00124615>
- Gadanidis, G. (2017). Artificial intelligence, computational thinking, and mathematics education. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 34(2), 133-139. <https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0048>
- Gaikwad, N., Bhalerao, P., Maner, T., & Mule, V. (2017). Teaching surgical skills in obstetrics and gynecology using cadaver simulation: An innovative teaching learning method. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 5(10), 4411. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20174569>
- Gambari, I. A., Ezenwa, V. I., & Anyanwu, R. C. (2014). Comparative effects of two modes of computer-assisted instructional packages on solid geometry achievement. *Contemporary Educational Technology*, 5(2), 110-120. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/252223>
- Gao, K., & Lee, D. (2024). Exploring the effect of youth cultural heritage education using the metaverse platform: A case study of "Pingyao Ancient City". *IEEE Access*, 12, 89234-89247. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3417256>
- Girard, J. (2021). *Ready, teacher one* [Unpublished master's thesis]. Ontario Tech University.
- Gokbulut, B., & Durnali, M. (2023). Professional skills training in developing digital materials through augmented and virtual reality applications. *Psychology in the Schools*, 60(11), 4267-4292. <https://doi.org/10.1002/pits.22991>

- Grenfell, J., & Warren, I. (2010). Virtual worlds to enhance student engagement. *The International Journal of Technology, Knowledge, and Society*, 6(1), 25-40. <https://doi.org/10.18848/1832-3669/cgp/v06i01/56066>
- Guo, H., & Gao, W. (2022). Metaverse-powered experiential situational English-teaching design: an emotion-based analysis method. *Frontiers in Psychology*, 13, 859159. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M., & Akcaoglu, M. (2016). The substitution augmentation modification redefinition (SAMR) model: A critical review and suggestions for its use. *TechTrends*, 60(5), 433-441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Han, S. L., & Lim, C. I. (2020). Research trends on augmented reality education in Korea from 2008 to 2019. *Journal of Educational Technology*, 36(3), 505-528. <https://doi.org/10.17232/KSET.36.3.505>
- Hassan, G. (2023). Technology and the transformation of educational practices: a future perspective. *International Journal of Economic Business Accounting Agriculture Management and Sharia Administration*, 3(1), 1596-1603. <https://doi.org/10.54443/ijebas.v3i1.1136>
- Hirsh Pasek, K., Zosh, J. M., Hadani, H. S., Golinkoff, R. M., Clark, K., Donohue, C., & Wartella, E. (2022). *A whole new world: Education meets the Metaverse*. Brookings Institution. <https://www.brookings.edu/articles/a-whole-new-world-education-meets-the-metaverse/>
- Hsu, Y. C. (2021). Exploring the effectiveness of two types of virtual reality headsets for teaching high school mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8), em1986. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10996>
- Htet, K. (2023). Empowering the future transformative education practices in Myanmar. *Journal of Asian Multicultural Research for Educational Study*, 4(4), 10-15. <https://doi.org/10.47616/jamres.v4i4.471>
- Huang, H. (2016). Curriculum interventions for area measurement instruction to enhance children's conceptual understanding. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1323-1341. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9745-7>
- Hughes, I. (2022). The Metaverse: Is it the future? *Itnow*, 64(1), 22-23. <https://doi.org/10.1093/itnow/bwac011>
- Huitt, W. (2009). *Bloom et al. 's taxonomy of the cognitive domain*. Educational Psychology Interactive. Valdosta State University.

- Hussein, M., & Natterdal, C. (2015). *The benefits of virtual reality in education: A comparison study* [Unpublished Bachelor of Science Thesis in Software Engineering and Management]. Chalmers University of Technology & University of Gothenburg. <https://typeset.io/pdf/the-benefits-of-virtual-reality-in-education-a-comparision-3omwkbqdi.pdf>
- Hwang, G. J., & Chien, S. Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the Metaverse in education: An artificial intelligence perspective, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
- İbili, E. (2013). Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- İbili, E., & Şahin, S. (2013). Artırılmış gerçeklik ile interaktif 3D geometri kitabı yazılımının tasarımı ve geliştirilmesi: ARGE3D. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-8. <https://doi.org/10.5578/fmbd.6213>
- İbili, E., & Şahin, S. (2015). Investigation of the effects on computer attitudes and computer self-efficacy to use of augmented reality in geometry teaching. *Necatibey Faculty of Education Journal of Electronics, Science and Mathematics*, 9(1), 332-350. <https://doi.org/10.17522/nefefmed.84518>
- Indarta, Y., Ambiyar, A., Samala, A. D., & Watrianthos, R. (2022). Metaverse: Tantangan dan peluang dalam pendidikan [Metaverse: Challenges and opportunities in education]. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 3351-3363. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2615>
- İşgör Şimşek, E., & Baltacı, Ş. (2024). A systematic examination of Metaverse technologies, with emphasis on Second Life as a pedagogical instrument. *Journal of Computers in Education*, 1-30. <https://doi.org/10.1007/s40692-024-00329-8>
- Jee, M. J. (2014). From first life to Second Life: evaluating task-based language learning in a new environment. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 40(1). <https://doi.org/10.21432/t2f595>
- Jennings, G. (2001). *Tourism research* (2nd edition). Wiley.
- Jeon, J., & Jung, S. K. (2021). Exploring the educational applicability of Metaverse-based platforms. *The Korean Society for Information Education*, 361-368. <https://www.koreascience.or.kr/article/CFKO202130548299122.pdf>

- Jones, K. (2000). Teacher knowledge and professional development in geometry. *Proceedings of the British society for research into learning mathematics*, 20(3), 109-114. <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/41293>
- Jovanović, A., & Milosavljević, A. (2022). Vortex Metaverse platform for gamified collaborative learning. *Electronics*, 11(3), 317. <https://doi.org/10.3390/electronics11030317>
- Kaleci, D., Tepe, T., & Tüzün, H. (2017). Üç boyutlu sanal gerçeklik ortamlarındaki deneyimlere ilişkin kullanıcı görüşleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 21(3), 669-689. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/360060>
- Karaarslan, E., & Yazıcı Yılmaz, S. (2023). Metaverse and decentralization. In F. S. Esen, H. Tinmaz, & M. Singh (Eds.), *Metaverse: Technologies, opportunities and threats* (pp. 31-44). Springer Nature Singapore.
- Karataş, Z. (2017). Sosyal bilim araştırmalarında paradigma değişimi: Nitel yaklaşımın yükselişi. *Türkiye Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 68-86. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/360845>
- Kashiripoor, M. M. (2023). Metaverse city: Definition and direction development for urban planning and architecture. *Vestnik of Brest State Technical University*, 3(132), 2-10. <https://doi.org/10.36773/1818-1112-2023-132-3-2-10>
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science & Technology Education*, 10(2), 85-119. <https://www.learntechlib.org/p/182115/>
- Kemp, J., & Livingstone, D. (2006). Putting a Second Life “Metaverse” skin on learning management systems. In D. Livingstone & J. Kemp (Eds.), *Proceedings of the Second Life education workshop at the Second Life community convention* (pp. 13-18). The University of Paisley.
- Kerpiç, A., & Bozkurt, A. (2011). Etkinlik tasarım ve uygulama prensipleri çerçevesinde 7. sınıf matematik ders kitabı etkinliklerinin değerlendirilmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(16), 303-318. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/183028>
- Keskitalo, T. (2012). Students’ expectations of the learning process in virtual reality and simulation-based learning environments. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(5), 841-856. <https://ajet.org.au/index.php/AJET/article/view/820/117>

- Kilicoglu, E. (2020). Ortaokul matematik ders kitabı etkinliklerinde soyutlama becerisinin incelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(3), 628-650. <https://doi.org/10.17860/mersinefd.736764>
- Kim, J. (2021). Advertising in the Metaverse: Research agenda. *Journal of Interactive Advertising*, 21(3), 141-144. <https://doi.org/10.1080/15252019.2021.2001273>
- Kocaoğlu Y. (2022). Hareket hastalığı ve sanal ortam. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 16(1), 22-39. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2225495>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 32(2), 131-152. <https://doi.org/10.2190/0EW7-01WB-BKHL-QDYV>
- Koehler, M., Mishra, P., & Yahya, K. (2007). Tracing the development of teacher knowledge in a design seminar: Integrating content, pedagogy and technology. *Computers and Education*, 49(3), 740-762. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.012>
- Kongpha, R., & Chatwattana, P. (2023). The virtual interactive learning model using imagineering process via Metaverse. *Higher Education Studies*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.5539/hes.v13n1p35>
- Köse, M. (2023, 10 Ocak). *Metaverse nedir ve neden çok önemlidir? Yaşamlarımızı dijital bir evrene taşıyabilir miyiz? Evrim Ağacı*. <https://evrimagaci.org/metaversenedir-ve-neden-cok-onemlidir-yasamlarimizi-dijital-bir-evrene-tasiyabilir-miyiz-11135>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-264. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Kuş, O. (2021). Metaverse: Dijital büyük patlamada fırsatlar ve endişelere yönelik algılar. *Intermedia International e-journal*, 8(15), 245-266. <https://doi.org/10.21645/intermedia.2021.109>
- Kuzu, O. (2020). Digital transformation in higher education: a case study on strategic plans. *Higher Education in Russia*, 29(3), 9-23. <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-29-3-9-23>
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of Metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18, 32. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- Lamb, H. (2022). Second Life lessons. *Engineering & Technology*, 17(4), 1-9. <https://doi.org/10.1049/et.2022.0407>

- Lampropoulos, C., & Keramopoulos, E. (2022). Virtual reality in education: a comparative social media data and sentiment analysis study. *International Journal of Recent Contributions from Engineering Science & It*, 10(03), 19-32. <https://doi.org/10.3991/ijes.v10i03.34057>
- Lattke, S., Morgado, L., Afonso, A., Penicheiro, F., Morgado, L., & Moreira, J. (May 2021). Work in progress immersing e-facilitators in training: The perspective of project faville-facilitators of virtual learning. *2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network*. California. <https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459355>
- Lau, K., Ang, J., & Rajalingam, P. (2022). Very short answer questions in team-based learning: Limited effect on peer elaboration and memory. *Medical Science Educator*, 33(1), 139-145. <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01716-5>
- Lee, J. (2022). A study on the intention and experience of using the Metaverse. *European Journal of Bioethics* 13(1), 177-192. <https://doi.org/10.21860/j.13.1.10>
- Li, M., & Yu, Z. (2023). A systematic review on the Metaverse-based blended English learning. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1087508>
- Liang, X., Liang, X., & Min, S. (2023, July). The design and development of online learning platform of college mathematics based on PHP. In X. Yuan, Y. Kurniawan & Z. Ji (Eds). *Proceedings of the 2023 4th International Conference on Education, Knowledge and Information Management* (pp. 1482-1487). Cambridge. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-172-2_162
- Lin, H., Wan, S., Gan, W., Chen, J., & Chao, H. C. (2022, December). Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. *2022 IEEE International Conference on Big Data*. Osaka, Japan. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.14951>
- Lin, M. T. Y., Wang, J. S., Kuo, H.-M., & Luo, Y. (2017). A study on the effect of virtual reality 3D exploratory education on students' creativity and leadership. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3151-3161. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00709a>
- Liu, J. (2023). Research on the exploration of the future trends of online teaching evaluation based on the perspective of the Metaverse. *Advances in Educational Technology and Psychology*, 7(10), 103-112. <https://doi.org/10.23977/aetp.2023.071017>
- Liu, M. (2024). Instructors' usage of mobile learning applications in classroom and its impact on the learners' performance. *World Journal of Educational Research*, 11(1), 48-56. <https://doi.org/10.22158/wjer.v11n1p48>

- Louro, D., Fraga, T., & Pontuschka, M. (2009). Metaverse: Building affective systems and its digital morphologies in virtual environments. *Journal For Virtual Worlds Research*, 2(5), 2-14. <https://doi.org/10.4101/jvwr.v2i5.950>
- Lvov, M., & Popova, H. (2019). Simulation technologies of virtual reality usage in the training of future ship navigators. *Educational Dimension*, 1, 159-180. <https://doi.org/10.31812/educdim.v53i1.3840>
- Ma, Q., & Liu, L. (2004). The technology acceptance model. *Journal of Organizational and End User Computing*, 16(1), 59-72. <https://doi.org/10.4018/joeuc.2004010104>
- Mado, M., Fauville, G., Jun, H., Most, E., Strang, C., & Bailenson, J. N. (2022). Accessibility of educational virtual reality for children during the COVID-19 pandemic. *Technology, Mind, and Behavior*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.1037/tmb0000066>
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of learning and motivation*, 41, 85-139. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(02\)80005-6](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(02)80005-6)
- Mazana, M., Montero, C., & Oyelere, S. (2019). Information and communication technology in mathematics education-integration readiness in Tanzania higher education institutions. In K. Rannenber (Ed.). *IFIP Advances in information and communication technology* (pp. 409-420). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19115-3_34
- McGriff, S. J. (2000). *Instructional system design (ISD): Using the ADDIE model*. <https://snazlan.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/03/instructional-system-design-isd-using-the-addie-model.pdf>
- Michos, K., & Hernández Leo, D. (2020). CIDA: A collective inquiry framework to study and support teachers as designers in technological environments. *Computers & Education*, 143, 103679. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103679>
- Mikropoulos, T. A., & Strouboulis, V. (2004). Factors that influence presence in educational virtual environments. *Cyberpsychology & Behavior*, 7(5), 582-591. <https://doi.org/10.1089/cpb.2004.7.58>
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2018). *Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. MEB Basımevi.
- Moenandar, S. J., Beerends-Pavlovic, S., van den Berg, B., & Coughlan, G. (2022). A brave new internet: Hacking the narrative of Mark Zuckerberg's 2021 introduction of the Metaverse. *Narrative Works*, (11), 125-148. <https://doi.org/10.72028/1108958ar>

- Molenda, M. (2015). In search of the elusive ADDIE model. *Performance improvement*, 54(2), 34-36. <https://doi.org/10.1002/pfi.4930420508>
- Molina Carmona, R., Pertegal Felices, M. L., Jimeno Morenilla, A., & Mora Mora, H. (2018). Virtual reality learning activities for multimedia students to enhance spatial ability. *Sustainability*, 10(4), 1074. <https://doi.org/10.3390/su10041074>
- Moral Sanchez, S. N., & Siller, H. S. (2022). Learning geometry by using virtual reality. *Proceedings of the Singapore National Academy of Science*, 16(01), 61-70. <https://doi.org/10.1142/S2591722622400051>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Mystakidis, S., Fragakaki, M., & Filippousis, G. (2021). Ready teacher one: Virtual and augmented reality online professional development for K-12 schoolteachers. *Computers*, 10(10), 134. <https://doi.org/10.3390/computers10100134>
- Naidoo, J. (2022). Technology-based pedagogy for mathematics education in south Africa: sustainable development of mathematics education post COVID-19. *Sustainability*, 14(17), 10735. <https://doi.org/10.3390/su141710735>
- Naidoo, J., & Singh-Pillay, A. (2020). Teachers' perceptions of using the blended learning approach for stem-related subjects within the fourth industrial revolution. *Journal of Baltic Science Education*, 19(4), 583-593. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.583>
- Nasution, A. I., Dewi, I., & Armanto, D. (2022). Development of blended learning-based learning tools to improve mathematical creativity ability and self-efficacy of high school students. *Development*, 13(5), 12-18. <https://doi.org/10.7176/jep/13-5-02>
- Natale, A., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in k-12 and higher education: a 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>
- Nayak, P. (2022). Impact of virtual learning on perceived mental health of college students during COVID-19 pandemic. *Teorija in Praksa*, 59(3), 644-664. <https://doi.org/10.51936/tip.59.3.644-664>
- Nazarnia, S., & Subramaniam, K. (2016). Role of simulation in perioperative echocardiography training. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 21(1), 81-94. <https://doi.org/10.1177/1089253216655874>
- Nelson, M. E., & Ahn, B. (2018, October). Virtual reality activities for teaching engineering students' professional development skills. *2018 IEEE Frontiers in Education Conference*. San Jose, California. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659258>

- Nesbo, E. (2021, October 11). *The Metaverse vs. virtual reality: 6 key differences*. Makeuseof. <https://www.makeuseof.com/metaverse-vs-virtual-reality>
- Neuman, W. L. (2013). *Social research methods: Qualitative and quantitative approaches*. Pearson Education.
- Ng, D. T. K. (2022). What is the Metaverse? Definitions, technologies and the community of inquiry. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(4), 190-205. <https://doi.org/10.14742/ajet.7945>
- Ng, W. C., Lim, W. Y. B., Ng, J. S., Xiong, Z., Niyato, D., & Miao, C. (2021). Unified resource allocation framework for the edge intelligence-enabled Metaverse. *ICC 2022-IEEE International Conference on Communications*, Seoul, South Korea. <https://doi.org/10.1109/ICC45855.2022.9838492>
- Nicolas, X., & Trgalova, J. (2019, February). A virtual environment dedicated to spatial geometry to help students to see better in space. *Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Utrech. <https://hal.science/hal-02428742v1/document>
- Nurrahmah, A., Zaenuri, & Wardono (2021). Analysis of students difficulties in mathematical abstraction thinking in the mathematics statistic course. *Journal of Physics: Conference Series 1918*, 4, 042112. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042112>
- Ohyama, S., Nishiike, S., Watanabe, H., Matsuoka, K., Akizuki, H., Takeda, N., & Harada, T. (2007). Autonomic responses during motion sickness induced by virtual reality. *Auris Nasus Larynx*, 34(3), 303-306. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2007.01.002>
- Oliveira, A., & Cruz, M. (2023). Virtually connected in a multiverse of madness?: Perceptions of gaming, animation, and Metaverse. *Applied Sciences*, 13(15), 8573. <https://doi.org/10.3390/app13158573>
- Omar, E., Drewsh, A., & Ahmed, A. (2018). Test the effect of perceived satisfaction, motivation and anxiety on Second Life environment in distance learning model: structural equation modeling. *International Journal of Modern Education Studies*, 2(1), 34. <https://doi.org/10.51383/ijonmes.2018.19>
- Onoshakpokaiye, O. E. (2023). Incorporation of ICT into education: the requirement for emerging nations to coordinate ICT in the educating and learning of mathematics successfully. *Journal Plus Education*, 34(2), 172-191. <https://www.uav.ro/jour/index.php/jpe/article/view/1933/1828>

- Ouerghemmi, C., Ertz, M., Bouzlama, N., & Tandon, U. (2023). The impact of virtual reality (VR) tour experience on tourists' intention to visit. *Information, 14*(10), 546. <https://doi.org/10.24250/jpe/2/2023/oeo/>
- Özdiñç, F. (2010). *Üç-boyutlu çok-kullanıcılı sanal ortamların oryantasyon amaçlı kullanılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Öztürk, G. (2021). Pre-service teachers' skills in analysing achievements in regard to the revised bloom's taxonomy. *International Journal of Progressive Education, 17*(1), 277-293. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.329.18>
- Öztürk, G., Karamete, A., & Çetin, G. (2020b). An analysis of learning outcomes in information technologies and software curriculum based on revised Bloom's taxonomy. *Cukurova University Faculty of Education Journal, 49*(2), 1061-1097. <https://doi.org/10.14812/cufej.605091>
- Pahmi, S., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhaimin, L. H., Kuncoro, K. S., & Usodo, B. (2023). Assessing the influence of augmented reality in mathematics education: A systematic literature review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 22*(5), 1-25. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.1>
- Park, H. R., & Sohm, E. N. (2020). Korean research trends on the educational effects of media based on virtual reality and augmented reality technology. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction, 20*(5), 725-741. <https://doi:10.18178/ijiet.2020.10.9.1439>
- Park, M. (2022). A study on the possibilities of using Metaverse in mathematics education. *Journal of the Korean School Mathematics Society, 25*(4), 397-422. <https://doi.org/10.30807/ksms.2022.25.4.005>
- 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>
- Permatasari, G. I., & Andayani, S. (2021). Teachers' challenges in teaching geometry using augmented reality learning media. *Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 10*(4), 2159. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.3889>
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H., & Pahnla, S. (2004). Consumer acceptance of online banking: An extension of the technology acceptance model. *Internet Research, 14*(3), 224-235. <https://doi.org/10.1108/10662240410542652>

- Pizà Mir, B. (2022). Curriculum analysis according to Bloom's revised taxonomy in science and mathematics. *Journal of Positive School Psychology*, 6(8), 10125-10130. <https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/12601>
- Plano Clark, V. L., & Sanders, K. (2015). The use of visual displays in mixed methods research: Strategies for effectively integrating the quantitative and qualitative components of a study. In M. T. McCrudden, G. Schraw, & C. W. Buckendahl (Eds.), *Use of visual displays in research and testing: Coding, interpreting, and reporting data* (pp. 177-206). Information Age Publishing.
- Priyatna, A., Suryani, N., & Ardianto, D. (2019, April). The innovation of digital learning media based on local history: A conceptual model. *Proceedings of the 1st Seminar and Workshop on Research Design, for Education, Social Science, Arts, and Humanities*. Central Java, Indonesia. <https://doi.org/10.4108/eai.27-4-2019.2286783>
- Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, technology, and education in the state of Maine*. Hippasus. http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2006_11.html
- Puentedura, R. R. (2008). *TPACK and SAMR: Models for enhancing technology integration [Episode 1]. As we may teach: Educational technology, from theory into practice*. Hippasus. <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/000025.html>
- Putri, A., Widyastuti, T., Putri, R., & Heriyanto, Y. (2023). Dental story sticker media as an effort to increase dental and oral health knowledge of elementary school students. *Journal Center of Excellent: Health Assistive Technology*, 1(2), 82-86. <https://doi.org/10.36082/jchat.v1i2.1278>
- Rahman, M., Sejan, M., Aziz, M., Kim, D., You, Y., & Song, H. (2023). Spectral efficiency analysis for IRS-assisted MISO wireless communication: A Metaverse scenario proposal. *Mathematics*, 11(14), 3181. <https://doi.org/10.3390/math11143181>
- Rashevskaya, N., Semerikov, S., Zinonos, N., Tkachuk, V., & Shyshkina, M. (2020, 13 May). Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Augmented Reality in Education*. Kyiev. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/726856/>
- Rashid, S., Khattak, A., Ashiq, M., Rehman, S., & Rasool, M. (2021). Educational landscape of virtual reality in higher education: bibliometric evidences of publishing patterns and emerging trends. *Publications*, 9(2), 1-17. <https://doi.org/10.3390/publications9020017>

- Reigeluth, C. M. (1999). What is instructional-design theory and how is it changing? C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 5-29). Lawrence Erlbaum Associates.
- Reigeluth, C. M., & Frick, T. W. (1999). Formative research: A methodology for creating and improving design theories. C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 633-652). Lawrence Erlbaum Associates.
- Reyes, C. E. G. (2020). High school students' views on the use of Metaverse in mathematics learning. *Metaverse*, 1(2), 1-9. <https://doi.org/10.54517/met.v1i2.1777>
- Reyes, C. E. G., Peláez Sánchez, I. C., Glasserman Morales, L. D., & López Caudana, E. O. (2023). The Metaverse and complex thinking: opportunities, experiences, and future lines of research. *Frontiers in Education*, 8, 1-13. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1166999>
- Rodgers, D. (2018, January). *The TPACK framework explained (with classroom examples)*. Schoology. <https://www.schoology.com/blog/tpackframework-explained>.
- Rojas Sánchez, M. A., Palos Sánchez, P. R., & Folgado Fernández, J. A. (2022). Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28, 1-38. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11167-5>
- Ronnie, H. S., Shroff, R., Deneen, C., & Ng, E. (2011). Analysis of the technology acceptance model in examining students' behavioural intention to use an e-portfolio system. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(4). <https://doi.org/10.14742/ajet.940>
- Rospigliosi, P. A. (2022). Metaverse or Simulacra? Roblox, Minecraft, Meta and the turn to virtual reality for education, socialization and work. *Interactive Learning Environments*, 30(1), 1-3. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2022899>
- Salynskaya, T., & Yasnitskaya, A. (2022). Key knowledge and skills university students need in a digital environment. *Upravlenie*, 10(3), 72-79. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2022-10-3-72-79>
- Salzman M. C., Dede C., Loftin R. B., & Chen J. (1999). A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8, 293-316. <https://doi.org/10.1162/105474699566242>

- Sapliyan, S. (2023). Constructionism imagineering learning model via Metaverse to enhance young innovators. *Journal of Education and Learning*, 12(4), 81. <https://doi.org/10.5539/jel.v12n4p81>
- Schlechty, P. C. (2001). *Shaking up the schoolhouse: How to support and sustain educational innovation*. Jossey-Bass.
- Schlemmer, E., & Backes, L. (2015). *Learning in Metaverses: Co-existing in real virtuality*. IGI Global.
- Schmid, A. (2023). Geogebra as a constructivism teaching tool for visualization geometry using VR and AR. *E-learning & Artificial Intelligence*, 15, 253-264. <https://doi.org/10.34916/el.2023.15.20>
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of research on Technology in Education*, 42(2), 123-149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Septia, T., Prahmana, R. C. I., & Wahyu, R. (2018). Improving students spatial reasoning with course lab. *Journal on Mathematics Education*, 9(2), 327-336. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1194316.pdf>
- Serin, H. (2020). Virtual reality in education from the perspective of teachers. *Revista Amazonia Investiga*, 9(26), 291-303. <https://doi.org/10.34069/ai/2020.26.02.33>.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton-Mifflin.
- Shalf, J. (2020). The future of computing beyond Moore's law. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2166), 20190061. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0061>
- Shen, Y., Wang, Z., Li, M., Yuan, J., & Gu, Y. (2022). An empirical study of geography learning on students' emotions and motivation in immersive virtual reality. *Frontiers in Education*, 7, 831619. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.831619>
- Shenkoya, T., & Kim, E. (2023). Sustainability in higher education: Digital transformation of the fourth industrial revolution and its impact on open knowledge. *Sustainability*, 15(3), 2473. <https://doi.org/10.3390/su15032473>
- Shiri, S., Feintuch, U., Weiss, N., Pustilnik, A., Geffen, T., Kay, B., Meriner, Z., & Berger, I. (2013). A virtual reality system combined with biofeedback for treating pediatric chronic headache--a pilot study. *Pain Medicine*, 14(5), 621-627. <https://doi.org/10.1111/pme.12083>

- Silva Díaz, F., Marfil Carmona, R., Narváez, R., Silva Fuentes, A., & Carrillo Rosúa, J. (2023). Introducing virtual reality and emerging technologies in a teacher training stem course. *Education Sciences*, *13*(10), 1044. <https://doi.org/10.3390/educsci13101044>
- Şimşek, A. (2014). *Öğretim tasarımı*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Siyaevev, A., & Jo, G. S. (2021). Towards aircraft maintenance Metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality. *Sensors*, *21*(6), 2066. <https://doi.org/10.3390/s21062066>
- Smart, J., Cascio, J., & Paffendorf, J. (2007, January). *Metaverse roadmap. pathways to the 3d web: A cross-industry public foresight project*. <https://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/wiki/images/1/19/MetaverseRoadmapOverview.pdf>
- Soroko, N. V., Soroko, V. M., Mukasheva, M., Montes, M. M. A., & Tkachenko, V. A. (2021). Using of virtual reality tools for the development of steam education in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools*, *86*(6), 87-105. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4749>
- Southgate, E. (2020). *Virtual reality in curriculum and pedagogy: Evidence from secondary classrooms*. Routledge.
- Stinken Rösner, L. Hofer, E. Rodenhauer, A., & Abels, S. (2023). Technology implementation in pre-service science teacher education based on the transformative view of TPACK: Effects on pre-service teachers' TPACK, behavioral orientations and actions in practice. *Education Sciences*, *13*(7), 732. <https://doi.org/10.3390/educsci13070732>
- Stokel Walker, C. (2022). Welcome to the Metaverse. *New Scientist*, *253*(3368), 39-43. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(22\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(22)00018-5)
- Su Özenir, Ö. (2008). *Likert tipi ölçeklerde madde analizinde kullanılan iki farklı korelasyon tekniğinin farklı dağılımlı örneklerde incelenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Mersin Üniversitesi.
- Su, Y., Cheng, H., & Lai, C. (2022). Study of virtual reality immersive technology enhanced mathematics geometry learning. *Frontiers in Psychology*, *13*, 760418. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.760418>
- Suh, W., & Ahn, S. (2022). Utilizing the Metaverse for learner-centered constructivist education in the post-pandemic era: An analysis of elementary school students. *Journal of Intelligence*, *10*(1), 17. <https://doi.org/10.3390/jintelligence10010017>

- Süleymanoğulları, M., Özdemir, A., Bayraktar, G., & Vural, M. (2022). Metaverse scale: Study of validity and reliability. *Anatolia Sport Research*, 3(1), 47-58. <http://dx.doi.org/10.29228/anatoliasr.25>
- Sun, J., Gan, W., Chao, H. C., & Yu, P. S. (2022). *Metaverse: Survey, applications, security, and opportunities*. arXiv preprint arXiv: 2210.07990. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.07990>
- Sun, P., Zhao, S., Yang, Y., Liu, C., & Pan, B. (2022). How do plastic surgeons use the Metaverse: A systematic review. *Journal of Craniofacial Surgery*, 34(2), 548-550. <https://doi.org/10.1097/scs.00000000000009100>
- Sunzuma, G., Masocha, M., & Zezekwa, N. (2013). Secondary school students' attitudes towards their learning of geometry: a survey of Bindura urban secondary schools. *Greener Journal of Educational Research*, 3(8), 402-410. <https://doi.org/10.15580/gjer.2013.8.051513614>
- Sussman, S. W., & Siegal, W. S. (2003). Informational influence in organizations: An integrated approach to knowledge adoption. *Information Systems Research*, 14(1), 47-66. <https://www.jstor.org/stable/23015729>
- Sutiarso, S., Coesamin, M., & Nurhanurawati (2018). The effect of various media scaffolding on increasing understanding of student's geometry concepts. *Journal on Mathematics Education*, 9(1), 95-102. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1173673.pdf>
- Suzuki, S. N., Kanematsu, H., Barry, D. M., Ogawa, N., Yajima, K., Nakahira, K. T., Shirai, T., Kawaguchi, M., Kobayashi T., & Yoshitake, M. (2020). Virtual experiments in Metaverse and their applications to collaborative projects: the framework and its significance. *Procedia Computer Science*, 176, 2125-2132. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.249>
- Tai, N. C. (2023). Applications of augmented reality and virtual reality on computer-assisted teaching for analytical sketching of architectural scene and construction. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(3), 1664-1681. <https://doi.org/10.1080/13467581.2022.2097241>
- Tan, S., & Waugh, R. (2013). Use of virtual reality in teaching and learning molecular biology. In Y. Cai (Ed.), *3D immersive and interactive learning* (pp. 17-43). Springer.
- Tanriverdi, V. (2001). *A virtual reality interface design (VRID) model and methodology* [Unpublished doctoral dissertation]. Tufts University.

- Tanriverdi, V., & Jacob, R. J. (2001, November). VRID: A design model and methodology for developing virtual reality interfaces. In *VRST '01: Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology* (pp. 175-182). <https://doi.org/10.1145/505008.505042>
- Tavşancıl, E. (2005). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi (2. baskı)*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Tekin, H. (2008). *Eğitimde ölçme ve değerlendirme (19. baskı)*. Yargı.
- Tepe, T. (2019). *Başa takılan görüntüleyiciler için geliştirilmiş sanal gerçeklik ortamlarının öğrenme ve buradalık algısı üzerine etkilerinin incelenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Tepe, T. (2021, Nisan). Sanal gerçeklik öğrenme ortamları için alternatif bir öğretim tasarımı çerçevesi. N. Şimşek & M. E. Kalgı (Ed.), *International Symposium on Current Developments In Science* içinde (s. 203-214). Gaziantep Üniversitesi. https://www.biltek.org/_files/ugd/614b1f_7571e98edb6c4148860b2bc13d8d08ea.pdf
- Tonéis, C. N. (2011). Puzzles as a creative form of play in Metaverse. *Journal For Virtual Worlds Research*, 4(1), 3-21. <https://doi.org/10.4101/jvwr.v4i1.1901>
- Topraklıkoğlu, K. (2018). *Üç boyutlu modellemenin kullanıldığı artırılmış gerçeklik etkinlikleri ile geometri öğretimi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Balıkesir Üniversitesi.
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin uzamsal yetenekleri ve geometriye yönelik tutumları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 13(2), 564-587. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.539402>
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2021). Teaching geometry through augmented reality activities using three-dimensional modelling. *International Online Journal of Educational Sciences*, 13(5), 1325-1342. <https://doi.org/10.15345/iojes.2021.05.003>
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2023a). The Metaverse and mathematics education: A literature review. In G. Durak & S. Çankaya (Ed.), *Shaping the future of online learning: Education in the Metaverse* (pp. 250-266). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6513-4.ch013>
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2023b). Eğitimde Metaverse: Uygulama örnekleri. A. M. Güneş & E. Yüncül (Ed.). *Eğitimde yeni paradigmalar* içinde (s. 479-514). Nobel Akademik Yayıncılık.

- Torun, F., & Dargut, T. (2015). Mobil öğrenme ortamlarında ters yüz sınıf modelinin gerçekleştirilebilirliği üzerine bir öneri. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 20-29. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/399575>
- Tran, T., Nguyen, T. T. T., Le, T. T. T., & Phan, T. A. (2020). Slow learners in mathematics classes: the experience of Vietnamese primary education. *Education 3-13*, 48(5), 580-596. <https://doi.org/10.1080/03004279.2019.1633375>
- Truong, T., & Diep, Q. (2023). Technological spotlights of digital transformation in tertiary education. *IEEE Access*, 11, 40954-40966. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3270340>
- Tuğrul, B. (2002). Bloom'un taksonomik süreçlerine etkileşimci taksonomi açısından bir bakış. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23, 267-274. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hunefd/issue/7815/102647>
- Tuma, F., & Nassar, A. (2021). Applying Bloom's taxonomy in clinical surgery: Practical examples. *Annals of Medicine and Surgery*, 69, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.102656>
- Tutkun, Ö. F., & Okay, S. (2012). Bloom'un yenilenmiş taksonomisi üzerine genel bir bakış. *Sakarya University Journal of Education*, 1, 14-22. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/192275>
- Tüzün, H., Sırakaya Alsancak, D., Tekin Altıntaş, A., & Yaşarerren, S. (2016). Üç-boyutlu çok-kullanıcılı sanal ortamlarda buradalığın incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(3), 475-490. <https://doi.org/10.16986/HUJE.2016015867>
- Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston. <https://bibliotecadigital.mineduc.cl/bitstream/handle/20.500.12365/17719/Principles%20and%20Standards%20for%20School%20Mathematics.pdf>
- Uyen, B. P., Tong, D. H., Loc, N. P., & Thanh, L. N. P. (2021). The effectiveness of applying realistic mathematics education approach in teaching statistics in grade 7 to students' mathematical skills. *Journal of Education and E-Learning Research*, 8(2), 185-197. <https://doi.org/10.20448/journal.509.2021.82.185.197>
- Uzun Hazneci, Ö. (2019). Güncel artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanımı üzerine bir inceleme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Uluslararası*, 100, 26-28. <https://hdl.handle.net/20.500.12415/1216>

- Veith, J. M., Beste, M. L., Kindervater, M., Krause, M., Straulino, M., Greinert, F., & Bitzenbauer, P. (2023). Mathematics education research on algebra over the last two decades: Quo vadis? *Frontiers in Education*, 8, 1211920. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1211920>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V., & Davis, F. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. (2019). Virtual reality in education: focus on the role of emotions and physiological reactivity. *Journal of Virtual Worlds Research*, 12(1), 1-15. <https://doi.org/10.4101/jvwr.v12i1.7329>
- Wahab, R. A., Abdullah, A. H. B., Abu, M. S. B., Bt Mokhtar, M., & Bt Atan, N. A. (2016). A case study on visual spatial skills and level of geometric thinking in learning 3D geometry among high achievers. *Man in India*, 96(1-2), 489-499. https://serialsjournals.com/index.php?route=product/product/volumearticle&issue_id=134&product_id=366
- Wang, H., Ning, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., & Daneshmand, M. (2023). A survey on the Metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(16), 14671-14688. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3278329>
- Webb, N. (1997). *Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education. Research Monograph No. 6*. National Institute for Science Education Madison, WI. <https://eric.ed.gov/?id=ED414305>
- Weinberger, M. (2022). What is Metaverse? A definition based on qualitative meta-synthesis. *Future Internet*, 14(11), 310. <https://doi.org/10.3390/fi14110310>
- Werner, J., & DeSimone, R. (2012). *Human resource development*. Mason.
- Wilson, L. O. (2001). *Bloom's taxonomy revised: Understanding the revised version of Bloom's taxonomy*. The second principle. <https://thesecondprinciple.com/essential-teaching-skills/blooms-taxonomy-revised>

- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7(3), 225-240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wong, E., Hui, R., & Kong, H. (2023). Perceived usefulness of, engagement with, and effectiveness of virtual reality environments in learning industrial operations: the moderating role of openness to experience. *Virtual Reality*, 27(3), 2149-2165. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00793-0>
- Wu, C., Tang, Y., Tsang, Y., & Chau, K. (2021). Immersive learning design for technology education: A soft systems methodology. *Frontiers in Psychology*, 12, 745295. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.745295>
- Wu, X., Chen, Y., & Wu, Y. (2023). Exploration of mathematics education by Metaverse technology. *2023 IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology*. Chongqing, China. <https://doi.org/10.1109/ICEIT57125.2023.10107894>
- Xu, J., Jiang, T., Wei, M., & Qing, Z. (2024). The digital transformation of vocational education: Experience and reflections of Shenzhen Polytechnic University. *Vocation, Technology & Education*, 1(2), 1-12. <https://doi.org/10.54844/vte.2024.0522>
- Yağcı, A., & Şentürk, C. (2023). Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde Metaverse. *Educatione*, 2(2), 262-288. <https://doi.org/10.58650/educatione.1299434>
- Yemenici, A. D. (2022). Entrepreneurship in the world of Metaverse: Virtual or real? *Journal of Metaverse*, 2(2), 71-82. <https://doi.org/10.57019/jmv.1126135>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. (9. genişletilmiş baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, S. K., & Bozkurt, G. (2023). Sanal gerçekliğin yeni anakarası: Metaverse. *TRT Akademi*, 8(17), 268-293. <https://doi.org/10.37679/trta.1203353>
- Yılmaz, M., & Coşkun Şimşek, M. (2023). The use of virtual reality, augmented reality, and the Metaverse in education: The views of preservice biology and mathematics teachers. *Mier Journal of Educational Studies Trends & Practices*, 13(1), 64-80. <https://doi.org/10.52634/mier/2023/v13/i1/2422>
- Yılmaz, R., & Argün, Z. (2018). Role of visualization in mathematical abstraction: The case of congruence concept. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(1), 41-57. <https://doi.org/10.18404/ijemst.328337>

- Zakaria, N. A., & Khalid, F. (2016). The benefits and constraints of the use of information and communication technology (ICT) in teaching mathematics. *Creative Education*, 7(11), 1537-1544. <https://doi.org/10.4236/ce.2016.711158>
- Zega, Y. K. (2023). Christian education in the church: strategies for entering the Metaverse era. In S. E. Zaluchu (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Theology, Humanities and Christian Education 2022* (pp. 251-262), Medan, Indonesia. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-160-9_28
- Zgheib, G., & Dabbagh, N. (2020). Social media learning activities (SMLA): Implications for design. *Online Learning*, 24(1), 50-66. <https://doi.org/10.24059/olj.v24i1.1967>
- Zyda, M. (2022). Let's rename everything "the Metaverse!". *Computer*, 55(3), 124-129. <https://doi.org/10.1109/MC.2021.3130480>

EKLER

EKLER

EK A: Kişisel Bilgi Formu

Bu çalışmanın amacı, lise öğrencilerinin sanal gerçeklik ortamında geometri öğrenme deneyimlerini incelemektir. Çalışmada soruları yanıtlamanız için tahminen 10 dakika ayırmanız istenmektedir. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptiriniz.

Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız sorumlu araştırmacıya ulaşabilirsiniz. Çalışma tamamlandığında sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Katkılarınız için teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Gülcan ÖZTÜRK

Öğr. Gör. Kıvanç Topraklıkoğlu

SORULAR

1. Cinsiyetiniz nedir?
2. Daha önce deneyimlediğiniz dijital gerçeklik teknolojileri nelerdir?
3. Dijital gerçeklik teknolojilerini hangi cihazda/cihazlarda deneyimlediniz?
4. Kendinize ait sanal gerçeklik gözlüğünüz var mı?
5. Bir gün içinde sanal gerçeklik gözlüğü ile ne kadar süre geçiriyorsunuz?
6. Numaralı gözlük ya da lens kullanıyor musunuz?
7. Gözlerinizle ilgili devam eden en bir rahatsızlığınız var mı?
8. Hareket hastalığınız var mı? Otomobilde/otobüste yolculuk yaparken baş dönmesi ya da mide bulantısı yaşıyor musunuz?
9. Doktor tarafından teşhisi konmuş, günlük hayatta dikkat etmenizi gerektiren bir rahatsızlığınız var mı?

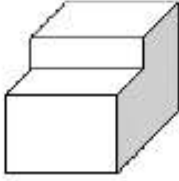
EK B: Geometri Başarı Testi

- Sınıf: 10 /
- Kız Erkek

Bu başarı testi, Balıkesir Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Gükan ÖZTÜRK'in danışman olduğu Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Doktora Programı öğrencisi Kıvanç TOPRAKLIKOĞLU'nun sanal gerçeklik ortamında geometri öğretimi konulu tez çalışması kapsamında hazırlanmıştır. Testin sonucu, okulunuzla ilgili herhangi bir başarının göstergesi sayılmayacaktır. Testin iş galınma süresi bir ders saattir. Cevaplarınızı cevap anahtarına kodlamayı unutmayınız. Başarılar.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
B	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
C	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
D	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
E	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

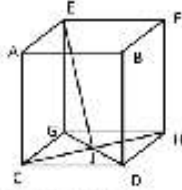
1)



Bir küpün bir köşesinden şekildeki gibi bir kare dik prizma kesilip alınıyor. Geriye kalan cismin hacmi 120 cm^3 ve alanı küpün alanından 32 cm^2 daha az olduğuna göre kesilip alınan prizmanın hacmi kaç cm^3 'tür?

- A) 64 B) 96 C) 100 D) 125 E) 144

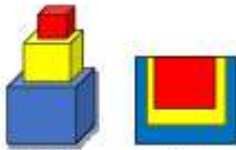
2)



Şekildeki küpün hacmi 64 cm^3 'tür. Buna göre, $A(GJE)$ kaç cm^2 'dir?

- A) $4\sqrt{2}$ B) 6 C) $4\sqrt{3}$ D) $8\sqrt{2}$ E) $8\sqrt{3}$

3)



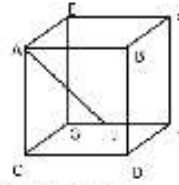
Şekil-1

Şekil-2

Şekil-1'deki gibi üst üste konulan küplerin Şekil-2'de üstte n görünümleri ve alınmıştır. Şekil-2'deki mavi bölgenin alanı 45 cm^2 , sarı bölgenin alanı 20 cm^2 , kırmızı bölgenin alanı ise 16 cm^2 'dir. Buna göre, Şekil-1'deki mavi küp ile sarı küpün hacimlerinin farkı kaç cm^3 'tür?

- A) 296 B) 386 C) 488 D) 513 E) 657

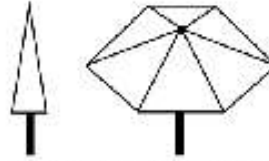
4)



Şekildeki küpte, $|GJ| = 3 \text{ cm}$ ve $|AC| = 4 \text{ cm}$ 'dir. Buna göre $|AJ|$ kaç cm 'dir?

- A) 5 B) $\sqrt{34}$ C) $\sqrt{41}$ D) $4\sqrt{3}$ E) $2\sqrt{13}$

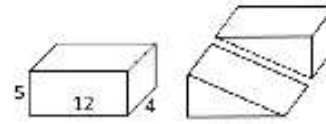
5)



Yukarıdaki şekilde kapalı halde bulunan şemsiyenin sapı 10 cm dışındadır. Şemsiye şekildeki gibi açılıncı yan yüzeyleri eşkenar üçgen olan altgen piramit şeklini almaktadır. Piramidin yan yüzeylerinin alanının toplamı $5400\sqrt{3} \text{ cm}^2$ olduğuna göre şemsiyenin sapının boyu kaç cm 'dir?

- A) 50 B) 60 C) 70 D) 80 E) 90

6)



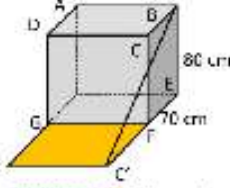
Şekil-1

Şekil-2

Aynı uzunlukları 5 cm , 12 cm ve 4 cm olan Şekil-1'deki dikdörtgen prizma Şekil-2'deki gibi iki eş parçaya kesiliyor. Buna göre bu parçalardan birinin yüzey alanı kaç cm^2 'dir?

- A) 140 B) 172 C) 180 D) 186 E) 192

7)



Şekildeki dikdörtgenler prizması şeklindeki dolabın B noktası ile kapağın C' noktası demir çubuk ile bağlanmıştır.
 $|EF| = 70$ cm
 $|BE| = 80$ cm ve
 $|CF| \perp |FC'|$ olduğuna göre B ile C' arasındaki demir çubuğun uzunluğu kaç cm'dir?

- A) 144 B) 150 C) 170 D) 190 E) 210

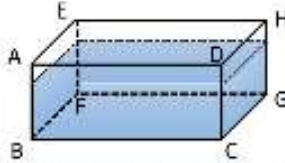
8)



Şekildeki kare dik prizmada J noktası, CDGH karesinin ağırlık merkezidir.
 $|CD| = 4$ cm ve $|AC| = 10$ cm olduğuna göre, $A(EGJ)$ kaç cm^2 'dir?

- A) $10\sqrt{2}$ B) $10\sqrt{3}$ C) 20 D) 24 E) $20\sqrt{3}$

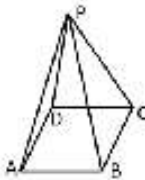
9)



Şekildeki dikdörtgen prizmanın $\frac{2}{3}$ 'ü su ile doludur.
 $|BC| = 8$ cm, $|CG| = 6$ cm, $|HG| = 4$ cm olduğuna göre, bu prizma CGHD yüzeyi üzerine yatırılırsa suyun yüksekliği kaç cm olur?

- A) 4 B) $\frac{14}{3}$ C) $\frac{16}{3}$ D) 6 E) $\frac{20}{3}$

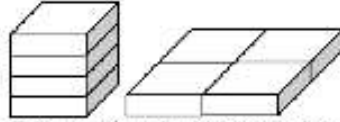
10)



PABCD dik kare piramidin bütün ayrıtları eşit ve 6 birimdir.
A noktasından başlayan ve yan duvar yüzeylerinden geçmek şartıyla C noktasına giden en kısa uzaklık kaç birimdir?

- A) 6 B) $6\sqrt{2}$ C) $6\sqrt{3}$ D) 12 E) $6 + 6\sqrt{2}$

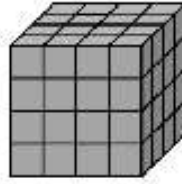
11)



Taban ayrıtlarından birinin uzunluğu 6 cm ve yüksekliği 8 cm olan kare dik prizma şeklindeki gibi 4 eş parçaya bölünüyor. Bu eş parçalar, yan yana getirilerek yüksekliği 2 cm olan kare dik prizma elde ediliyor.
Buna göre elde edilen bu prizmanın yüzey alanı kaç cm^2 'dir?

- A) 240 B) 264 C) 324 D) 384 E) 412

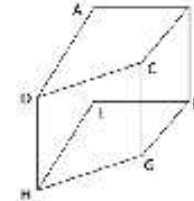
12)



Bir ayrıtı 4 birim olan yukarıdaki küpün tüm yüzeyi boyandıktan sonra eş parçalara kesilerek şekildedeki gibi 64 tane birim küp elde ediliyor.
Buna göre, elde edilen birim küplerden kaç tanesinin sadece iki yüzeyi boyalıdır?

- A) 20 B) 24 C) 28 D) 30 E) 32

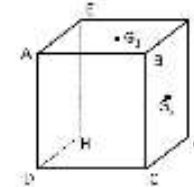
13)



Yukarıdaki şekildedeki tabanı dik yamuk olan dik prizmada,
 $|AD| \parallel |BC|$ ve $|AD| \perp |AB|$ dir.
 $|AD| = 6$ cm, $|DH| = 6$ cm, $|FG| = 3$ cm,
 $|HG| = 5$ cm olmak üzere prizmanın hacmi kaç cm^3 'tür?

- A) 88 B) 96 C) 100 D) 105 E) 108

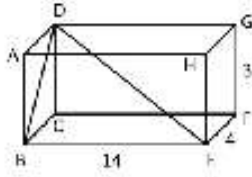
14)



Şekildeki küpün bir kenar uzunluğu 8 cm'dir. G_1 , ABFE yüzeyinin ağırlık merkezidir. G_2 , BFGC yüzeyinin ağırlık merkezidir.
Buna göre, G_1 ve G_2 noktaları arasındaki uzaklık kaç cm'dir?

- A) $2\sqrt{2}$ B) 4 C) 6 D) $2\sqrt{5}$ E) $4\sqrt{2}$

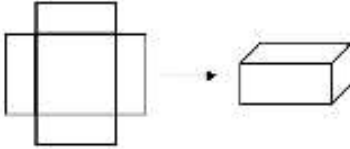
15)



Şekildeki dikdörtgenler prizmasında
 $|GF| = 3$ cm
 $|FE| = 4$ cm
 $|BE| = 14$ cm'dir.
 Buna göre, $A(BED)$ kaç cm^2 'dir?

A) 35 B) 40 C) 55 D) 70 E) 120

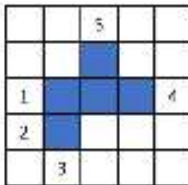
16)



Bir kenarının uzunluğu 30 cm olan kare şeklindeki kartonun köşelerinden bir kenar uzunluğu 5 cm olan kareler kesilip çıkartılıyor. Daha sonra karton parçası şekildeki gibi kıvrılarak üstü açık bir kutu yapılıyor. Buna göre, bu kutunun hacmi kaç cm^3 'tür?

A) 1200 B) 1500 C) 1600 D) 1800 E) 2000

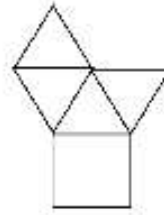
17)



Şekilde gösterilen 5×5 'lik bir karenin bazı bölmeleri boyanmıştır.
 Buna göre, numaralı bölgelerden hangisi boyanırsa boyalı kutulardan bir küp açılımı elde edilmez?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

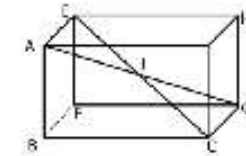
18)



Şekildeki bütün ayrıntı uzunlukları eşit olan kare dik prizmanın açılımının çevresi 96 cm'dir.
 Buna göre piramidin kapak hâlindeki yüksekliği kaç cm'dir?

A) $6\sqrt{3}$ B) $6\sqrt{2}$ C) 8 D) $8\sqrt{2}$ E) $4\sqrt{3}$

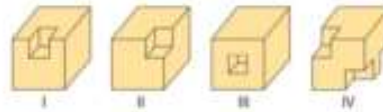
19)



Şekildeki dikdörtgenler prizmasında
 $|CG| = 10$ cm,
 $|BC| = 16$ cm,
 $|AB| = 12$ cm olduğuna göre, $A(AEJ) + A(JCG)$ kaç cm^2 'dir?

A) 60 B) 80 C) 100 D) 120 E) 150

20)



Yukarıdaki dikdörtgenler prizması şeklindeki kutulardan birim küpler çıkarılmıştır.
 Buna göre, hangi prizmaların yüzey alanında değişiklik olmaz?

A) Yalnız I
 B) Yalnız II
 C) I, II ve III
 D) II ve IV
 E) III ve IV

EK C: Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği

Aşağıda geometri dersine ilişkin tutumunuzu ölçmeye yönelik 26 ifade verilmiştir. Lütfen her bir ifadeyi dikkatle okuyup size en uygun olan seçeneği işaretleyiniz. 1=Hiç katılmıyorum, 2=Katılmıyorum 3=Kararsızım, 4= Katılıyorum, 5=Tamamen katılıyorum

Maddeler	1	2	3	4	5
1.Geometri dersinin gelmesini ipte çekerim.					
2.Geometri dersini eğlenceli buluyorum.					
3.Geometri dersine çalışmak beni dinlendirir.					
4. Geometri dersinden nefret ediyorum.					
5. Geometri ile ilgili konular ilgimi çeker.					
6. Boş zamanlarımda Geometri dersine çalışmaktan zevk alırım.					
7. Geometrinin gereksiz bir ders olduğunu düşünüyorum.					
8.Geometri dersinin programdan kaldırılmasını isterdim.					
9. Geometri dersini anlamak mümkün değil.					
10.Geometri dersini saçma buluyorum.					
11. Geometri ile ders saati dışında da ilgilenmek hoşuma gider.					
12. Keşke geometri ders saati arttırılsa diye düşünürüm.					
13.Geometri sorusu çözmek bana işkence gibi gelir.					
14. Geometri dersinde gördüğümüz konularla ilgili araştırma yapmak hoşuma gider.					
15. Geometri dersini sadece sınıf geçmek için çalışırım.					
16. Geometri dersine girmek zorunda olmak moralimi bozuyor.					
17.Ders aralarında bile Geometri sorusu çözmekten zevk alırım.					
18.Zorunlu olmasam Geometri dersine girmezdim					
19. Geometri dersiyile ilgili kaynakları incelemekten zevk alırım.					
20. Geometri dersinde zaman bir türlü geçmek bilmez.					
21.Geometri dersinde yeni şeyler öğrenmek beni heyecanlandırır.					
22.Geometri dersiyile ilgili kursları almak hoşuma gider.					
23.Geometri dersinin öğrencinin kâbusu olmaktan başka bir şey olmadığını düşünürüm.					
24.Geometri dersine girmemek için elimden geleni yaparım.					
25.Geometri dersine çalışmak benim için büyük bir zahmettir.					
26.Geometri dersinin benim için zaman kaybı olduğunu düşünürüm.					

EK D: Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği

Bu ölçek 3 boyutlu bir sanal oryantasyon uygulamasında sizin ortama ne kadar dahil olduğunuzu ölçmeyi amaçlamaktadır. Aşağıda verilen maddeler için, kutuların altındaki açıklayıcı kelimeler doğrultusunda size uygun gelen 7 kutudan birisine "X" işareti koyunuz.

Örnek:

Sanal ortamın içerisinde etrafta hareket etme sezginiz ne ölçüde zorlandı?

		X				
ZORLAYICI DEĞİL			ORTA DERECEDE ZORLAYICI			ÇOK ZORLAYICI

Teşekkürler.

1. Olayları ne ölçüde kontrol edebiliyordunuz?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

2. Ortam sizin başlattığınız (ya da gerçekleştirdiğiniz) eylemlere ne ölçüde cevap verebiliyordu?

DUYARLI DEĞİL			ORTA DERECEDE DUYARLI			ÇOK DUYARLI

3. Ortamla olan etkileşimleriniz ne ölçüde doğal görünüyordu?

DOĞAL DEĞİL			ORTA DERECEDE DOĞAL			ÇOK DOĞAL

4. Tüm duyularınız ne ölçüde tam olarak olaya dâhildi?

DAHİL DEĞİLDİ			ORTA DERECEDE DAHİLDİ			ÇOK DAHİLDİ

5. Ortamın görsel yanları sizi ne ölçüde olaya dâhil etti?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

6. Ortamda hareketi kontrol eden mekanizma (klavye) ne kadar doğaldı?

DOĞAL DEĞİLDİ			ORTA DERECEDE DOĞALDI			ÇOK DOĞALDI

7. Çevrenizdeki gerçek ortamda olan olayların (etrafınızdaki kişilerin hareket etmesi, lab içerisinde olup bitenler) ne kadar farkındaydınız?

FARKINDA DEĞİLDİM			ORTA DERECEDE FARKINDAYDIM			ÇOK FARKINDAYDIM

8. Kullandığınız gösterim (örneğin ekran) ve kontrol (örneğin klavye) araçlarının ne kadar farkındaydınız?

FARKINDA DEĞİLDİM			ORTA DERECEDE FARKINDAYDIM			ÇOK FARKINDAYDIM

9. Sanal ortamda hareket eden nesnelere algılamanız ne ölçüde zorlayıcıydı?

ZORLAYICI DEĞİL			ORTA DERECEDE ZORLAYICI			ÇOK ZORLAYICI

10. Farklı duyularınızdan gelen bilgi ne ölçüde tutarsız ya da bağlantısızdı?

TUTARSIZ DEĞİL			ORTA DERECEDE TUTARSIZ			ÇOK TUTARSIZ

11. Sanal ortamdaki deneyimleriniz gerçek dünyadaki deneyimlerinizle ne ölçüde tutarlı görünmekteydi?

TUTARLI DEĞİL			ORTA DERECEDE TUTARLI			ÇOK TUTARLI

12. Gerçekleştirdiğiniz eylemlerin sonucu olarak nelerin meydana geleceğini tahmin edebildiniz mi?

TAHMİN EDEMEDİM			ORTA DERECEDE TAHMİN EDEBİLDİM			ÇOK TAHMİN EDEBİLDİM

13. Görme duyusunu kullanarak ortamı aktif bir şekilde ne ölçüde tam olarak inceleyebildiniz ya da araştırabildiniz?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

14. Sanal ortamda etrafta hareket etme sezginiz ne ölçüde zorlandı?

ZORLAYICI DEĞİL			ORTA DERECEDE ZORLAYICI			ÇOK ZORLAYICI

15. Nesnelere ne ölçüde yakından inceleyebildiniz?

YAKINDAN DEĞİL			ORTA DERECEDE YAKINDAN			ÇOK YAKINDAN

16. Nesneleri çoklu bakış açılarından ne ölçüde inceleyebildiniz?

İYİ DEĞİL			ORTA DERECEDE İYİ			ÇOK İYİ

17. Uygulamanın sonunda, kendinizi ne ölçüde kafası karışmış ve yolunu kaybetmiş hissettiniz?

KAFASI KARIŞMIŞ DEĞİL			ORTA DERECEDE KAFASI KARIŞMIŞ			ÇOK KAFASI KARIŞMIŞ

18. Sanal ortam deneyiminin ne ölçüde içindeydiniz?

İÇİNDE DEĞİLDİM			ORTA DERECEDE İÇİNDEYDİM			ÇOK İÇİNDEYDİM

19. Kontrol mekanizması (klavye) ne ölçüde dikkat dağıtıcıydı?

DİKKAT DAĞITICI DEĞİL			ORTA DERECEDE DİKKAT DAĞITICI			ÇOK DİKKAT DAĞITICI

20. Eylemlerinizi ve beklenen sonuçları arasında ne kadarlık bir gecikme yaşadınız?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

21. Sanal ortam deneyimine ne kadar çabuk uyum sağladınız?

ÇABUK DEĞİL			ORTA DERECEDE ÇABUK			ÇOK ÇABUK

22. Deneyiminizin sonunda sanal ortamda hareket etme ve sanal ortamla etkileşime geçme konusunda kendinizi ne ölçüde yetkin hissettiniz?

YETKİN DEĞİL			ORTA DERECEDE YETKİN			ÇOK YETKİN

23. Görsel görüntü kalitesi, verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmekten sizi ne ölçüde alıkoymdu?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

24. Kontrol aygıtları (klavye, fare), verilen görevlerin ya da diğer eylemlerin gerçekleştirilmesine ne ölçüde müdahale etti?

FAZLA DEĞİL			ORTA DERECEDE			ÇOK FAZLA

25. Verilen görevleri ya da gerekli eylemleri gerçekleştirmek için kullanılan mekanizmalardan ziyade bu görev ve eylemlere ne ölçüde odaklandınız?

İYİ DEĞİL			ORTA DERECEDE İYİ					ÇOK İYİ	

26. Sanal ortamda yeni bilgiler öğrendiniz mi?

ÖĞRENMEDİM			ORTA DERECEDE ÖĞRENDİM					ÇOK ÖĞRENDİM	

27. Oryantasyona zamanın geçtiğini fark etmeyecek kadar kendinizi kaptırdınız mı?

KAPTIRMADIM			ORTA DERECEDE KAPTIRDIM					ÇOK KAPTIRDIM	

EK E: Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu

Bu çalışmanın amacı, lise öğrencilerinin sanal gerçeklik ortamında geometri öğrenme deneyimlerini incelemektir.

Çalışmada soruları yanıtlamanız için tahminen 10 dakika ayırmanız istenmektedir. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir.

Çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız sorumlu araştırmacıya ulaşabilirsiniz. Çalışma tamamlandığında sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Katkılarınız için teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Gülcan ÖZTÜRK
Öğr. Gör. Kıvanç Topraklıkoğlu

GÖRÜŞME SORULARI

1. Eğitim ve öğretimde sanal gerçeklik gözlüğü kullanımı hakkında ne düşünüyorsunuz?
2. Metaverse uygulamalarının avantajlarından bahsedebilir misiniz?
3. Metaverse uygulamalarının dezavantajlarından bahsedebilir misiniz?
4. Metaverse uygulamalarının dezavantajları nasıl önlenebilir?
5. Metaverse uygulamalarının avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında sizce hangisi daha ağır basıyor?
6. Metaverse uygulamalarını sınıfta/derslerde nasıl kullanmak istersiniz?
7. Metaverse uygulamalarının sınıfta/derslerde öğrenmenize nasıl katkı sağlayabileceğini düşünüyorsunuz?
8. Metaverse uygulamaları, sınıfta/derslerde öğrenmenizi hangi açılardan zorlaştırabilir?
9. Sınıfta/derslerde Metaverse kullanımıyla ilgili endişeleriniz nelerdir?
10. Metaverse ortamında geometri etkinlikleri hakkında ne düşünüyorsunuz?
11. Deneyimlediğiniz Metaverse etkinliklerinin geometri/matematik öğrenmenize katkısı hakkındaki görüşleriniz nelerdir?
12. Metaverse ortamında geometri etkinlikleri esnasında herhangi bir zorluk veya problem yaşadınız mı? Evet ise açıklar mısınız?

EK F: Etik Kurul Onayı



T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Rektörlük

Sayı : E-19928322-108.01-234777
Konu : Etik Kurulu Onayı Hk. (Kıvanç
TOPRAKLIKOĞLU)

03.03.2023

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 24.02.2023 tarihli ve 49683895/108.01/231296 sayılı yazı.

Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi Bilim Dalı Öğretim Üyesi Doç.Dr. Gülcan ÖZTÜRK'ün danışmanlığını yürütmüş olduğu; 201912672003 numaralı Doktora programı öğrencisi Kıvanç TOPRAKLIKOĞLU'nun "Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi" isimli tez çalışmasının bilimsel hakemli dergilerde yayınlaması ve veri toplayabilmesi için etik kurul onayı isteği ile ilgili Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Komisyonu'nun 28.02.2023 tarih ve 2023/1 sayılı toplantısında alınan karar gereği düzenlenen onay belgesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Fatih SATIL
Rektör Yardımcısı

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ ETİK KOMİSYONU
ONAY BELGESİ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi Bilim Dalı Öğretim Üyesi Doç.Dr. Gülcan ÖZTÜRK'ün danışmanlığını yürütmüş olduğu; 201912672003 numaralı Doktora programı öğrencisi Kıvanç TOPRAKLİKOĞLU'nun "Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi" isimli tez çalışmasının bilimsel hakemli dergilerde yayınlaması ve veri toplayabilmesi için etik kurul onay belgesi isteği komisyonumuzca değerlendirilmiş ve etik açıdan uygun bulunmuştur.
28.02.2023

Komisyon Başkanı
Prof. Dr. Zafer ASLAN

Prof. Dr. Hakan KÖÇKAR
Üye

Prof. Dr. Hülya GÜR
Üye

Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA
Üye

Prof. Dr. Baki ÇİÇEK
Üye

EK G: Milli Eğitim Müdürlüğü Araştırma İzni



T.C.
BALIKESİR VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-99191664-605.01-82010791
Konu : Araştırma Uygulama İzin Talebi

24.08.2023

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : a) Milli Eğitim Bakanlığı'nın 21/01/2020 tarih ve 2020/2 Nolu Araştırma Uygulama İzinleri Genelgesi.
b) Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğünün 25/07/2023 tarih ve 277039 sayılı yazısı.

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Matematik Eğitimi doktora programı öğrencisi Kıvanç TOPRAKLİKOĞLU ' nun Müdürlüğümüze bağlı eğitim kurumlarımızda anket çalışması yapma izin talebine ilişkin ilgi (b) yazı ve ekleri Müdürlüğümüz tarafından incelenmiştir.

Müdürlüğümüze bağlı resmi/özel okul ve kurumlarda öğrenci, öğretmen ve okul yöneticilerinin katılımıyla yapılması planlanan uygulamanın denetimi ilçe milli eğitim müdürlükleri ve okul/kurum idaresinde olmak üzere, kurum faaliyetlerini aksatmadan, gönüllülük esasına göre; onaylı bir örneği Müdürlüğümüzde muhafaza edilen ve uygulama sırasında da mühürlü ve imzalı örnekten çoğaltılan, veri toplama araçlarının uygulanmasına ilgi (a) Genelge doğrultusunda; Valilik Makamının 23/08/2023 tarih ve 81964867 sayılı onayı ile izin verilmiştir.

Gereğini bilgilerinize arz ve rica ederim.

Ali TATLI
Vali a.
İl Millî Eğitim Müdürü

Ek :

1-Onay (1 Sayfa)
2-Anket Formu (19 Sayfa)

Dağıtım :
Gereği :
20 İlçe Kaymakamlığına
(İlçe Millî Eğitim Müdürlüğü)

Bilgi :
Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğüne
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı)

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Kasaplar Mahallesi Sındırgı Caddesi No:1 Merkez/BALIKESİR

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>

Telefon No : (0 266) 277 10 49

Bilgi için: Hasan KARADEMİR

E-Posta: stratejigelistirme10@meb.gov.tr

Unvan V.H.K.İ.

Keş Adresi : meb@hs01.kep.tr

İnternet Adresi: balikesir.meb.gov.tr

Faks: (0 266) 277 10 66

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden e177-21f8-388d-847f-9d87 kodu ile teyit edilebilir.



T.C.
BALIKESİR VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : E-99191664-605.01-81964867

23.08.2023

Konu : Araştırma İzni

VALİLİK MAKAMINA
BALIKESİR

İlgi : a) Millî Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 21/01/2020 tarih ve 2020/2 sayılı Genelgesi.

b) Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğünün 25/07/2023 tarih ve 277039 sayılı yazısı.

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı	Kıvanç TOPRAKLİKOĞLU		
Danışmanı	Doç. Dr. Gülcan ÖZTÜRK		
Kurumu/Üniversite/Görev Yeri	Balıkesir Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü		
Alan/Bölüm	Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi/ Matematik Eğitimi		
Tez,Araştırma veya Anketin Konusu	"Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi"		
Başvuru Tarihi	23.07.2023	Başvuru Sayısı	80393884
Çalışma Başlama Tarihi	20.09.2023		
Çalışma Bitiş Tarihi	07.06.2024		
Veri Toplama Araçları	<ul style="list-style-type: none">• Sanal Gerçeklik Ortamında Geometri Öğretimi• Purdue Uzamsal Görselleme Testi• Geometri Dersine İlişkin Tutum Ölçeği• 10. Sınıf Katı Cisimler Başarı Testi• Sanal Ortamda Buradalık Ölçeği		
Araştırma Türü	Doktora Tez Çalışması		
ÇALIŞMA YAPILACAK EĞİTİM KURUMLARININ LİSTESİ			
Balıkesir ilinde resmi Anadolu ve fen liselerinde öğrenim gören öğrencilere uygulanacaktır.			

23/07/2023 tarihli araştırma izni başvurusu 21.01.2020 tarih ve 2020/2 sayılı araştırma, yarışma ve sosyal etkinlik izinlerine ilişkin genelge kapsamında değerlendirilmiştir. Lisans, lisansüstü, TÜBİTAK çalışmalarına ve seminer ödevlerine veri toplamak amacıyla, araştırma önerisinin ve veri toplama araçlarının içerik ve kapsam yönünden Türk Millî Eğitiminin amaçlarına uygun olduğu, millî ve manevî değerlere aykırı ve kişilik haklarını zedeleyecek herhangi bir unsur taşımadığı görülmüştür.

Bakanlığımıza bağlı okul ve kurumlarda yapılacak Araştırma, Yarışma ve Sosyal Etkinlik izinleri ilgi (a) genelge gereğince yukarıdaki bilgileri belirtilen çalışmanın, eğitim kurumlarında, okul/kurum müdürlüklerinin denetiminde, öğrenci ve velilerin kişisel bilgilerinin alınmaması/verilmemesi kaydı ile yapılması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Makamlarınızca da uygun görüldüğü takdirde olurlarınıza arz ederim.

Onur AYDIN
İl Millî Eğitim Şube Müdürü

Ek : Anket Formu (19 Sayfa)

OLUR
23.08.2023
Ali TATLI
Vali a.
İl Millî Eğitim Müdürü

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Adres : Kasaplar Mahallesi Sındığı Caddesi No:1 Merkez/BALIKESİR

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/meb-ebys>

Telefon No : (0 266) 277 10 49

Bilgi için: Hasan KARADEMİR

E-Posta: stratejigelistirme10@meb.gov.tr

İnternet Adresi: balikesir.meb.gov.tr

Unvan : V.H.K.İ.

Keş Adresi : meb@hs01.kep.tr

Faks: (0 266) 277 10 66

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. <https://evrakorgu.meb.gov.tr> adresinden dd62-11d6-38ec-9e24-d6b6 kodu ile teyit edilebilir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Kıvanç Topraklıkoğlu

Doğum tarihi ve yeri :

E-posta :

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Yüksek Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı	2018
Lisans	Marmara Üniversitesi/ Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü	2013
Lise	Fatma Emin Kutvar Anadolu Lisesi	2009

Yayın Listesi

Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2025). Metaverse application development for teaching geometry in virtual reality environment. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, 8(1), 112-135. [Tezden türetilmiştir]

Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2023a). The Metaverse and mathematics education: A literature review. In G. Durak & S. Çankaya (Ed.), *Shaping the future of online learning: Education in the Metaverse* (pp.250-266). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6513-4.ch013>

Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2023b). Eğitimde Metaverse: Uygulama örnekleri. A. M. Güneş & E. Yünkül (Ed.). *Eğitimde yeni paradigmalar içinde* (s. 479-514). Nobel Akademik Yayıncılık.

Sarıtaş, M. T., & Topraklıkoğlu, K. (2022). Systematic literature review on the use of Metaverse in education. *International Journal of Technology in Education*, 5(4), 586-607. <https://doi.org/10.46328/ijte.319>

- Sarıtaş, M. T., & Topraklıkoğlu K. (March 2022). Systematic literature review on the use of Metaverse in education. *International Conference on Education in Mathematics, Science and Technology, Antalya, Türkiye.*
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2021a). Teaching geometry through augmented reality activities using three-dimensional modelling. *International Online Journal of Educational Sciences*, 13(5), 1325-1342. <https://doi.org/10.15345/iojes.2021.05.003>
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G (2021b). COVID-19 acil uzaktan öğretim sürecinde ortaokul öğrencilerinin matematiğe yönelik tutumları ve matematik kaygılarının incelenmesi. H. Özerk (Ed.), *Pandemi döneminde sosyal bilimler ekseninde multidisipliner yaklaşım* içinde (s. 39-58). SRA Academic Publishing.
- Topraklıkoğlu, K., & Öztürk, G. (2019). Yedinci sınıf öğrencilerinin uzamsal yetenekleri ve geometriye yönelik tutumları. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 13(2), 564-587. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.539402>
- Karamete, A., & Topraklıkoğlu, K. (2017). Interactive story development for the unit of Turks on the silk road in social sciences course. *European Journal of Education Studies*, 3(11), 677-690. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1095145>
- Durak, G., Çankaya, S., Yünkül, E., Urfa, M., Topraklıkoğlu, K., Arda, Y., & İnam, N. (2017). Trends in distance education: A content analysis of master's thesis. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 16(1), 203-218. <http://www.tojet.net/articles/v16i1/16118.pdf>