

DİJİTAL ÇAĞDA MATEMATİK VE GEOMETRİ EĞİTİMİ: SANAL GERÇEKLİK VE METAVERSE DENEYİMLERİ

Ülkü Sena DOĞAN

ORCID: 0009-0003-4595-3032

Doç. Dr. Tayfun TUTAK

ORCID: 0000-0002-0277-6377

EĞİTİM
yayınevi

DİJİTAL ÇAĞDA MATEMATİK VE GEOMETRİ EĞİTİMİ: SANAL GERÇEKLİK VE METAVERSE DENEYİMLERİ

Ülkü Sena Doğan, Doç. Dr. Tayfun Tutak

Yayınevi Grubu Genel Başkanı: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-385-788-2

1. Baskı, Şubat 2026

Kütüphane Kimlik Kartı

DİJİTAL ÇAĞDA MATEMATİK VE GEOMETRİ EĞİTİMİ: SANAL GERÇEKLİK VE METAVERSE DENEYİMLERİ

Ülkü Sena Doğan, Doç. Dr. Tayfun Tutak

IV+61 s., 135x215 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-385-788-2

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM

yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis:

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

İstanbul: Salon Yayınları, Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Santral: +90 332 351 92 85

Editör hatları: +90 533 151 50 42, +90 507 151 50 43

bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.

P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America

americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.

10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr

Whatsapp hattı: +90 553 950 50 37

bilgi@kitapmatik.com.tr

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye

Whatsapp hattı: +90 501 651 92 85

bilgi@egitimkitabevi.com

EĞİTİM YAYINEVİ
GRUBU

EĞİTİM
yayınevi

SALON
yayınevi

kitapmatik
Eğitimci Kitapçı

Kitapmatik
Eğitimci Kitapçı

EĞİTİM
kitabevi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	V
I. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Problemi/Hipotezi	3
1.2. Araştırmanın Amacı	5
1.3. Araştırmanın Önemi.....	5
1.4. Araştırmanın Tanımları	6
II. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN	7
2.1. Matematik ve Geometri Eğitimi.....	7
2.2. Sanal Gerçeklik	8
2.2.1. Matematik Öğretiminde Sanal Gerçeklik İle İlgili Çalışmalar.....	16
2.3. Metaverse.....	20
2.3.1 Matematik Eğitiminde Metaverse ile İlgili Çalışmalar.....	27
III. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	29
3.1. Araştırmanın Yöntemi/ Deseni	29
3.2. Evren ve Örneklem/ Çalışma Grubu / Katılımcılar	30
3.3. Veri Toplama Araçları	30
3.4. Araştırma Süreci.....	30
3.5. Verilerin Analizi	31
IV. BULGULAR	32
4.1. Çalışmaların Yıllarına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular.....	32
4.2. Çalışmaların Akademik Metin Türüne Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	33
4.3. Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	34
4.4. Çalışmaların Örneklem Düzeyine Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	34
4.5. Çalışmaların Uygulandığı İllere Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	35

4.6. Çalışmaların Matematik Konularına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	36
4.7. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular	37

V. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER 39

5.1. Tartışma	39
5.1.1. Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımına Yönelik Tartışma..	39
5.1.2. Çalışmaların Akademik Metin Türüne Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	40
5.1.3. Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	40
5.1.4. Çalışmaların Örneklem Düzeyine Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	42
5.1.5. Çalışmaların Uygulandığı İllere Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	44
5.1.6. Çalışmaların Matematik Araştırma Konularına Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	45
5.1.7. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımına Yönelik Tartışma	45
5.2. Sonuç	46
5.3. Öneriler	49

KAYNAKLAR 52

ÖNSÖZ

Bu araştırma, 2012–2025 yılları arasında Türkiye’de sanal gerçeklik (VR) ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitimi alanında kullanımına ilişkin akademik çalışmaları içerik analizi yöntemiyle incelemeyi amaçlamaktadır. Son yıllarda dijital teknolojilerin eğitimde kullanım alanı giderek genişlemekte ve bu durum, özellikle soyut kavramların öğretiminde güçlü bir araç olarak öne çıkan VR ve metaverse uygulamalarının eğitim sistemine entegrasyonunu gündeme getirmektedir. Bu kapsamda, araştırma kapsamında belirlenen tez, makale, bildiri ve kitap bölümleri; yayın yılı, türü, yöntemsel yaklaşımları, örneklem düzeyleri, veri toplama araçları, coğrafi dağılımı ve ele alınan matematiksel alt konular açısından sistematik olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, ilgili teknolojiler eğitim ortamlarında daha çok son yıllarda kullanılmaya başlanmış, metaverse uygulamalarına ise özellikle 2020 sonrasında ilgi artmıştır. Araştırma sonuçları, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin özellikle geometri gibi soyut konuların öğretiminde sıkça tercih edildiğini, metaverse’in ise daha çok deneyim temelli, etkileşimli öğrenme ortamları oluşturmak amacıyla kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca, kullanılan veri toplama araçları arasında en fazla tercih edilenin doküman analizi olduğu, örneklem düzeyinde ise ortaokul ve lise öğrencilerinin öne çıktığı belirlenmiştir. Bu çalışmanın, matematik eğitiminde dijital teknolojilerin kullanımına yönelik eğilimleri ortaya koyarak, bu alanda gelecekte yapılacak araştırmalara yön vereceği ve öğretim süreçlerinin teknolojik gelişmelere uyumlu biçimde yeniden yapılandırılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu kitap, danışmanlığını Doç. Dr. Tayfun Tutar’ın yürüttüğü, Ülkü Sena İlhan tarafından hazırlanan, 2025 yılında Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi tarafından oy birliği ile başarılı bulunup onaylanan, Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri

Enstitüsü, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Matematik Eğitimi Bilim Dalında hazırlanan “Matematik ve Geometrinin Dijital Dönüşümü: Eğitimde Sanal Gerçeklik ve Metaverse“ başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Bu kitabın, Metaverse ve Sanal Gerçeklik alanında çalışan araştırmacılara, öğretmenlere, politika yapıcılara ve bu alana ilgi duyan tüm okurlara yeni perspektifler kazandırması dileğiyle...

I. GİRİŞ

İnsan yaşamını kolaylaştırabilmek için bir araç olarak kullanılan teknoloji, zaman geçtikçe daha da fazla hayatımıza dahil olmaktadır. Son 20 yılda gündeme gelen teknolojilerden birisi de internet teknolojileridir (Doğan vd., 2022). İnternetin bu gelişimini üç farklı aşamada incelemek mümkündür. Portal çağı internetin ilk aşama olarak bilinir ve web 1.0 olarak adlandırılır. İnternetin başlangıç dönemi olarak da bilinen bu dönem kişisel bilgisayarlar ile temsil edilir. İnternetin ikinci dönemi ise Web 2.0 olarak isimlendirilirken arama ve sosyalleşme dönemi olarak da bilinmektedir. Bu dönem mobil internetin yaygın olduğu bir dönemdir. Web 3.0 olarak bilinen internetin 3. dönemi olarak sanal gerçeklik gözlükleri, giyilebilir teknolojilerin olduğu ve akıllı internet çağı olarak adlandırılan dönemdir. Özellikleri dikkate alınınca metaverse üçüncü dönemin bir ürünü olmaktadır (Ge, 2022). Teknolojinin hızla gelişmesi ile akıllı telefonlar, akıllı saatler, bilgisayarlar, yeni teknolojik cihazların ve uygulamaların gelişiminin tümü 21. yüzyıl ile beraber gelen değişikliklerdendir.

Metaverse kavramın daha iyi anlayabilmek için kelimenin köklerini incelemek gerekir. Bu kelime “Meta” ve “Universe” kavramlarının birlikteliğinden meydana gelmiştir. Türkçe’de henüz tam bir karşılığı bulunmayan bu kavram için “öte evren” kelimesinin kullanımı tavsiye edilebilir (Çelik, 2022). Metaverse” kavramı, ilk kez 1992 yılında Neal Stephenson’un Snow Crash (Türkçeye “Parazit” olarak çevrilmiştir) adlı bilim kurgu romanında kullanılmıştır (Stephenson, 1992). Bu eser, sanal gerçeklik temelli alternatif bir evren fikrini ortaya koyması bakımından kavramın öncülü sayılmaktadır. 2018 yılında ise Ernest Cline’in Ready Player One adlı romanının sinemaya uyarlanması, metaverse kavramının daha geniş kitleler tarafından tanınmasına ve ilgi çekici, somut bir yapıya bürünmesine katkı sağlamıştır. Metaverse birçok uzmana

göre internetin bir sonraki aşaması olarak ön görülmektedir. Facebook'un ismini Meta olarak değiştirmesi bu durumun önemli örneklerindendir (Doko, 2021).

Metaverse terimini kavrayabilmek adına artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve karma gerçeklik (MR) gibi temel teknolojilerin ne olduğunu da bilmek önemlidir. Önümüzdeki çağın metaverse ortamlarının bu teknolojileri birleştirerek yapay zekâ ile bütünleşik uluslararası düzeyde bağlantılı sistemler sunması beklenmektedir. Akıllı ekipmanların internet bağlantısıyla birleşmesi, dijital ortamların ilerlemesini hızlandırmış ve bu gelişim sonucunda 21. yüzyılda ilgi uyandıran sanal gerçeklik teknolojileri ortaya çıkmıştır. Sanal gerçeklik; kullanıcıya, bilgisayar aracılığıyla oluşturulan üç boyutlu alanlarda fiziksel olarak oradaymış hissiyatı vererek sanal bir evrende bulunma imkânı sunar (Kaleci vd., 2017). Bu teknoloji, bilgisayar tarafından üretilen ses ve görüntülerin birleştirilerek geçmişe, bugüne veya geleceğe ait kişi ve nesneleri canlandırması olarak tanımlanabilir (Akaslan vd., 2018).

Sanal gerçeklik kavramı ilk kez Jaron Lanier tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu teknoloji, yalnızca eğitimle sınırlı kalmamıştır ve askeri eğitimler, mimarlık mühendislik projeleri, sağlık hizmetleri gibi pek çok farklı alanda da verimli biçimde kullanılmaktadır (Bayraktar ve Kaleli, 2007). Özellikle eğitim alanında, soyut ve karmaşık konuların dijital ortamda görselleştirilmesine imkan sağlayarak öğrencilerin kavrama becerilerini geliştirebilir (Yeh vd., 2020). Sanal gerçekliğin sağladığı kayda değer faydalardan biri de öğrenmeyi etkileyici bir deneyime dönüştürmesidir. Bu deneyim yalnızca görsel ve işitsel duylara değil ayrıca koku, dokunma gibi daha geniş bir duysal deneyim çeşitliliğine de hitap edebilir (Riva ve Serino, 2020). Böylece kullanıcılar sadece zihinsel değil, aynı zamanda fiziksel olarak da bağlantı kurabilir. Dancsházy ve Hampel (2014), sanal öğrenme ortamlarının öğrencilere bilgiyi kendilerinin keşfetme fırsatı sunduğunu ve bunun eğitim öğretim sürecine pozitif katkı sağladığını belirtmiştir.

Teknolojideki gelişmelerle birlikte sanal öğrenme platformları da daima gelişmektedir. Örneğin, Construct3D adlı uygulama; artırılmış gerçeklik, eğitim psikolojisi ve pedagojiyi birleştirerek matematik ve geometri öğretimine yönelik olarak geliştirilmiş üç boyutlu dijital bir ortamdır (Kaufmann ve Schmalstieg, 2003). SketchUp ise, artırılmış gerçeklikten yararlanılarak üç boyutlu modellerin oluşturulmasını ve doğrudan veri tabanına aktarılmasını mümkün kılan bir diğer sanal gerçeklik uygulamasıdır (González, 2015). Bunların yanı sıra, VRMath2 adlı uygulama, öğrencilere sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri ile matematiğin farklı konularını keşfetme olanağı sağlamaktadır. Bu platform, kodlama kullanarak matematiksel mikro dünyalar yaratıp kavramları ölçme, temsil etme ve analiz etme imkânı sunar (Yeh, 2017). Diğer taraftan HandWaver uygulaması, öğrencilerin ellerini kullanarak geometrik şekiller üzerinde değişiklik yapabildikleri interaktif bir ortam sunar. Bu platformda öğrenciler; noktayı doğru parçasına, doğru parçasını düzleme ve düzlemi üç boyutlu şekillere dönüştürerek matematiksel yapıların değişimini ve dönüşümünü deneyimleyebilirler (Dimmel ve Bock, 2017). Bu tür araçlar, öğrencilerin somutlaştırma ve inşa etme kabiliyetlerini geliştirmekte büyük rol oynamaktadır.

1.1.Araştırmanın Problemi/Hipotezi

Metaverse uygulamalarının öğrenme ortamlarında verimi artırmakta ve soyut kavramları somutlaştırarak anlamlı öğrenme sağlamaktadır. Metaverse uygulamalarının eğitsel değeri sadece kullanımı değil uygulamalarının tasarımı, uygulanmasına ve öğrenme ortamlarına etkisine bağlıdır. Bundan dolayı metaverse uygulamalarının avantajları, fırsatları ve zorlukları hakkında öğreticilerin bilgi sahibi olması gerekmektedir. Matematik eğitiminde önceden yapılmış olan çalışmaları incelemek metaverse uygulamalarının derste kullanımı ve ileride yapılacak çalışmalara yön vermek için oldukça önemlidir. Literatür taraması yapıldığında AG-SG

gerçeklik alanında bir çok çalışma olduğu fakat metaverse alanında yapılan çalışmalarının yetersiz olduğu, özellikle de matematik eğitimi alanında yetersiz olduğu görülmektedir.

Eğitimde metaverse uygulamalarının artması ile matematik eğitimindeki kullanımına yönelik eksiklik daha çok ortaya çıkmaya başlamıştır. Dolayısıyla bu çalışma ile matematik eğitiminde metaverse ile ilgili yapılan çalışmaların taraması yapılarak yapılmış olan uygulamalar incelenmiştir. Bu incelemenin ileride yapılacak çalışmalar için yeni bir bakış açısı kazandırabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmanın temel problemi, “2012-2025 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında sanal gerçeklik ve metaverse konularına odaklanan çalışmalarda hangi genel eğilimler gözlemlenmektedir?” sorusuna dayanmaktadır. Bu temel problem doğrultusunda, araştırma kapsamında aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmaktadır:

2012-2025 yılları arasında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojisinin matematik eğitimi alanında kullanıldığı çalışmalara ilişkin olarak:

- Çalışmaların yıllara göre dağılımı nasıldır?
- Çalışmaların türlerine göre dağılımı nasıl şekillenmiştir?
- Kullanılan araştırma yöntemleri nelerdir ve bunların dağılımı nasıldır?
- Örneklem düzeyleri bakımından hangi gruplar tercih edilmiştir?
- Uygulamaların gerçekleştirildiği coğrafi bölgeler nelerdir?
- Matematik dersi bağlamındaki alt konular açısından nasıl bir sınıflama yapılabilir?
- Kullanılan veri toplama araçları nelerdir ve bunlar ne sıklıkla tercih edilmiştir?

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, Türkiye’de 2012 ile 2025 yılları arasında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin kullanıldığı matematik eğitimi çalışmalarını içerik analizi yöntemiyle inceleyerek bu alandaki akademik eğilimleri ortaya koymak ve matematik ve geometri öğretiminde dijital dönüşümün bir parçası olan sanal gerçeklik ve metaverse kavramlarına ilişkin literatüre dayalı bilgi sunmaktır. İncelenen çalışmalar makaleler, bildiriler, kitap bölümleri ve lisansüstü tezlerden oluşmaktadır.

1.3. Araştırmanın Önemi

Hayatımızı kolaylaştırmak için bir araç olan teknoloji, gün geçtikçe daha da fazla hayatımıza dahil olmaktadır. Son asra bakıldığında her ortamda teknolojinin göz ardı edilemeyecek etkilerinin ortaya çıktığı görülür. Bu sebeple teknolojinin etkilerinin insan yaşamını ne düzeyde etkilediğini, eğitimde teknolojiden nasıl yararlanılması gerektiği konularında araştırmalara ihtiyaç duyulur (Doğan vd., 2022). Öğrenme ortamlarında teknolojik araç gereç kullanımı son derece yaygınlaşmaktadır. Yapılan akademik çalışmalar da eğitim ile teknolojinin bir araya gelmesini çoğunlukla tavsiye etmektedir (Aksoy, 2003) Eğitim alanında yeni neslin dikkatini çekmek için teknoloji kullanımının önemli oluşu göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bu da metaverse’nin eğitimde kullanımının yeni nesiller için daha dikkat çekici ve motive edici hale gelmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak, artırılmış gerçeklik teknolojisinin matematik eğitiminde kullanımıyla ilgili mevcut çalışmaların sınırlı olduğu göz önüne alındığında, bu araştırmanın alan yazınına kayda değer bir katkı sağlayabileceği söylenebilir. Bu çalışma ile elde edilecek bulgular ve sonuçlar, sanal gerçeklik ve metaverse materyallerinin eğitimdeki kullanımına dair önemli bilgiler sunma açısından önem arz etmektedir.

1.4. Araştırmanın Tanımları

Matematik Eğitimi: Matematik eğitimi, bireylerin sayısal düşünme, problem çözme, mantıksal akıl yürütme ve soyut kavramlarla ilişki kurabilme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan sistemli bir öğretim sürecidir. Bu süreçte öğrencilere, hem günlük yaşamla ilişkili matematiksel durumları anlamaları hem de bilimsel düşünme alışkanlıkları kazanmaları hedeflenir. Matematik eğitimi, bireyin bilişsel gelişimini destekleyen temel disiplinlerden biri olarak kabul edilir (Altun, 2020)

Artırılmış Gerçeklik (AR): Artırılmış gerçeklik; dijital olarak üretilen görüntü, ses, metin ya da benzeri içeriklerin, fiziksel dünya üzerine bindirilerek gerçek zamanlı şekilde kullanıcıya sunulmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu sistemde, sanal öğeler gerçek çevre ile bütünleşik biçimde algılanır ve kullanıcıya hem gerçek hem de sanal unsurların aynı ortamda deneyimlenmesi imkânı sunulur. İngilizce karşılığı Augmented Reality olan bu kavram, literatürde genellikle “AR” kısaltmasıyla yer alır (Çetinkaya ve Akçay, 2013).

Sanal Gerçeklik (VR) : Sanal gerçeklik; bilgisayar destekli sistemler aracılığıyla oluşturulan üç boyutlu dijital ortamlarda, kullanıcıya gerçek bir mekânda bulunuyormuş hissi veren ve bu ortamdaki nesnelerle etkileşim kurma olanağı tanıyan bir teknolojidir. Kullanıcılar, gerçek dünyadan soyutlanarak tamamen dijital bir deneyim içine dahil olurlar ve bu sayede algısal olarak yeni bir gerçeklik boyutuna geçiş yaparlar (Kayabaşı, 2002).

Metaverse: Metaverse, dijital olarak inşa edilen ve kullanıcıların avatarlar aracılığıyla etkileşimde bulunabildiği, sürekli açık, paylaşılan ve üç boyutlu sanal bir evrendir. Bu ortamda bireyler; sosyal, kültürel, ekonomik ve eğitsel etkinlikleri gerçekleştirebilir. Sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), yapay zekâ ve blokzincir gibi çeşitli teknolojilerin bütünleşmesiyle oluşan bu yapı, fiziksel dünya ile dijital dünyanın sınırlarını bulanıklaştırarak yeni bir yaşam alanı sunar (Bağcı ve Erarslan, 2022).

II. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN

2.1. Matematik ve Geometri Eğitimi

Toplumların yapısal gelişim düzeyinin belirlenmesinde eğitimin önemli katkısı bulunmaktadır. İçinde yaşadığımız dönemin şartları dikkate alındığında, eğitim öğretim sürecinin amacı; sorunlara çözüm üretebilen, yaratıcı düşünebilen, üretken ve toplumsal gereksinimlere duyarlı bireyler yetiştirmek olmalıdır. Akıl yürütme, ilişki kurma ve problem çözme gibi zihinsel beceriler, matematiksel düşünmenin ana unsurları içinde yer almaktadır (Kırnap vd., 2020). Öğretimin her derecesinde olduğu gibi günlük yaşamda ve iş hayatında da matematik yetkinliğinin etkisi büyüktür.

Ülkemizde matematiğin kavranmasının zor olduğunu (Işık vd., 2010) savunan ve derse karşı olumsuz tutumu olan büyük bir topluluğun olduğu bilinmektedir. Bu duruma ek olarak ulusal ve uluslararası sınavlarda öğrencilerin matematik başarılarının beklenen seviyeye ulaşmadığı tespit edilmiştir. 2018 yılı Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı (PISA) verilerine göre, sınava toplam 79 ülke katılmış; Türkiye bu sınavda matematik alanında genel sıralamada 42. olurken, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı'na (OECD) üye olan 37 ülke içinden 33. sırada yer almıştır (Kırnap ve Dede, 2020). Aynı şekilde TIMMS 2011 sınavına ülkemizden katılan öğrencilerin matematik seviyesine bakıldığında düşük seviye altında kalan öğrencilerin sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ölçüoğlu ve Çetin, 2016). Katılım gösterdiğimiz uluslararası sınavlarda ülkemizin matematik düzeyinin diğer ülkelere kıyasla düşük kaldığı yapılan araştırmalar neticesinde söylenebilir (Sarier, 2020).

Matematik kompleks bir ders olarak kabul edilmektedir ve bu nedenle matematik öğretimini etkileyen durumların tespit edilmesi önemlidir (Sapazhanov vd., 2020). Matematikte

öğrencinin başarısını etkileyen unsurlar arasında öğretmenin konu yetkinliği, uyguladığı öğretim yöntemleri, sınıf yönetimindeki kabiliyeti, iletişim becerileri, öğrencilerin derse karşı tavır ve tutumları, sınıfın fiziksel ortamı ile çevresel faktörler gibi pek çok etken bulunmaktadır (Suan, 2014).

Bununla birlikte matematik ve geometri alanında bazı konuların anlatımı öğrenciler için soyut kalmaktadır. Öğrenciler, soyut kavramları zihinsel olarak tasavvur etmekte güçlük çektiğinden, öğrenme süreçleri zorlayıcı olabilmektedir. Bu nedenle, öğretmenler soyut kavramları somutlaştırmak amacıyla derslerinde çeşitli materyallerden yardım almaktadırlar. Öğrenmeyi daha somut ve kalıcı hâle getiren materyaller, taşıma zorluğu, yüksek maliyet, erişim kısıtları ve kullanım güçlüğü gibi sebeplerle zamanla dijital platformlara aktarılmıştır (Akkuş ve Özhan, 2017). Özellikle mobil uygulamaların beraberinde eğitim alanında uygulamalar güncellenmekte ve eğitsel içerikler, teknolojik imkânlar ölçüsünde daha etkileşimli ve kapsamlı duruma getirilmektedir. Bu değişimler sonucunda birçok teknolojiyle birlikte Sanal Gerçeklik ve Metaverse teknolojisi de eğitimde yerini almıştır. Bu teknolojik olguları kavrayabilmek adına Sanal Gerçeklik ve Metaverse gibi gerçeklik temelli kavramların iyi anlaşılması ve içselleştirilmesi önem arz etmektedir.

2.2. Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik kavramı ilk kez 1970’li yıllarda Jaron Lenier tarafından kullanılmıştır. Bu kavramı, kökenini Latince’de ‘gerçekten var olan anlamına gelen ‘virtualis’ kelimesinden almaktadır. Yani var olmayanın, bilgisayar yazılım ve dijital ortamda tasarlanan üç boyutlu dünyalarla etkileşimini mümkün kılarak sanal öğelerin gerçek dünyada hissedilebilen nesnelere dönüşmesini sağlamayı amaçlar. Sanal olan bu objeler sanal ortam vasıtası ile iletişimde bulunduğumuz gerçekte varmış algısı oluşturan bir ortama evrilir (Bayraktar, 2007). Tarihsel dönem göz önüne alınarak sanal gerçeklik kavramını sistematik olarak ele aldığımızda tarihte ilk kez Gaddis sanal gerçekliğin

tanımını, bilgisayar ile gerçek olmayan dünyanın etkileşimi olarak açıklamaktadır (Gaddis,1998). Özetle Sanal Gerçeklik, bilgisayar teknolojisiyle kurulmuş üç boyutlu ortamlarda yer alan sanal nesnelerin, özel donanımlar vasıtasıyla bireye gerçeklik algısı sunarak, kullanıcının bu ortamla etkileşime geçmesini sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanabilir.

Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihsel süreci incelendiğinde, kökenlerinin 1838 yılında Charles Wheaton'un icat ettiği stereoskop aygıtına kadar uzandığı görülmektedir. Bu icadı takiben, 1962 yılında Morton Heilig tarafından geliştirilen ve beş duyuyu harekete geçirerek kullanıcıya etkileyici bir deneyim sunan 'Sensorama' cihazı kritik bir gelişme olmuştur (Regrebsubla, 2016). 1960'lı yılların sonraki dönemlerinde Ivan Sutherland, başa takılan ekran teknolojileri hakkında araştırmalar yaparak bu alandaki çalışmaları derinleştirmiştir. Bir diğer yandan, 1929 yılında Edward Link tarafından geliştirilen ilk uçuş simülatörü, her ne kadar görsel bir ekran bulundurma da, kullanıcıya gerçek bir uçuş tecrübesi hissi yaşatmayı başarmıştır. 1970 ve 1980'li yıllarda ise optik ve dokunmatik ekran teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte, kullanıcı hareketlerine tepki verebilen makineler tasarlanarak sanal gerçeklik deneyimlerinin temelleri daha da sağlamlaştırılmıştır (Demirezen, 2019)

Bir sanal gerçeklik (SG) deneyiminin oluşturulabilmesi için iki ana kriterden söz etmek mümkündür. Bunlardan ilki; ya video kayıtları ile gerçek dünya ortamının dijitalleştirilmesi ya da Bilgisayar Üretili Görüntüler (Computer Generated Images - CGI) aracılığıyla sanal bir çevrenin oluşturulmasıdır. İkinci unsur ise, kullanıcıların bu sanal ortama müdahil olmalarına imkan verecek SG donanımlarının sağlanmasıdır (Aronson vd., 2015). Sanal gerçeklik teknolojisi, kullanıcıların kompleks problemleri çözmek amacıyla bilgisayar ortamında doğrudan etkileşimde bulunmalarına imkan sağlamaktadır. Bu anlamda gerçek dünyaya benzeyen ortamların oluşturulması önemli bir kriterdir (Burdea ve Coiffet, 2003). Teknolojinin

geliştiricileri ise, artık daha sahici hareketlere sahip yapay zekâlar kullanarak, yüksek kalitede ve inandırıcılığı yüksek sanal dünyalar tasarlayabilmektedir (Akman, 2019).

Sanal gerçeklik (SG) teknolojisi, en yaygın kullanım alanlarından biri olan sanal öğrenme ortamlarında önemli bir yer tutmaktadır. Bu öğrenme ortamları, SG teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak devamlı bir değişim geçirmektedir. Jin (2011) yaptığı çalışmada, SG teknolojilerinin eğitim programlarına entegre edilmek için hazır olduğunu ve eğitsel açıdan yüksek bir potansiyel taşıdığını belirtmiştir. Eğitim alanında sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımına ilişkin yapılan araştırmalar, bu teknolojinin genel eğitim, sağlık (özellikle tıp ve cerrahi), güvenlik, bilim (özellikle astronomi ve bilgisayar bilimleri) ve mühendislik (özellikle havacılık ve mimarlık) gibi alanlarda yoğun çalışmalar yapıldığını ortaya koymaktadır (Kavanagh vd., 2017). Özellikle ileri düzey uzmanlık gerektiren havacılık ve ulaştırma sektörlerinde, personelin eğitim sürecini hızlandırmak ve maliyetleri azaltmak gayesiyle sanal gerçeklik tabanlı simülasyonlara eğilim artmaktadır. Bu tarz eğitim uygulamalarıyla, bireylerin farklı deneyimlerle karşılaşarak türlü zorluk derecelerine uyum sağlamaları ve daha donanımlı hâle gelmeleri hedeflenmektedir.

Literatür incelendiğinde, sanal gerçeklik teknolojisinden ağırlıklı olarak sağlık alanında faydalandığı görülmektedir. Sağlık personelinin eğitim sürecinde; cerrahi operasyon simülasyonları ve sanal hasta modelleri ile gerçekleştirilen uygulamalı çalışmalar, deneyim kazandırmakta ve hata oranı düşük, yetkin bireylerin yetişmesine katkı sunmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hız kazandığı bu çağda, gençlerin birden fazla akıllı cihaza sahip olduğu dikkat çekmektedir. Sosyal medya platformlarına olan ilginin artması, sanal gerçeklik sektörünün genişlemesine yol açmıştır. Bu büyüyen sektöre yönelik olarak teknoloji firmaları birçok türde ürün ve hizmetler sunmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisinin eğitim alanında kullanımı ise yenilikçi ve etkili öğrenme deneyimleri

sunmak açısından giderek daha fazla önem arz etmektedir. Bu anlamda, Google; öğrencilerin düşük maliyetli karton sanal gerçeklik gözlükleri ve akıllı telefonlar vasıtasıyla sanal deneyimlere ulaşmayı kolaylaştırmıştır. Meta (eski adıyla Facebook) ise yaptığı yatırımlarla gelişmiş teknolojilere sahip, yüksek çözünürlüklü ekranlara ve el hareketlerini algılayabilen işlemcilerle sahip Oculus Quest cihazlarını kullanıcıların hizmetine sunmaktadır. Bu cihazların kullanımında artık pahalı bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaması, ulaşılabilirliği artıran önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisi günümüzde eğitim ve ölçme-değerlendirme aşamalarında da aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sanal gerçeklik ile desteklenen eğitim uygulamaları, birden fazla katılımcının eş zamanlı olarak dahil olabileceği şekilde düzenlenebilmektedir. Bu eğitimlerde çeşitli donanım araçları aracılığı ile sanal ortamla direkt olarak etkileşim sağlanmakta ve katılımcıların sürece aktif olarak katılması mümkün hâle gelmektedir.

Eğitim süreci boyunca bireyler, herhangi bir kısıtlama olmaksızın defalarca kez aynı uygulamayı deneyimleyebilmekte, anlık geribildirim alarak yaptıkları hataları görebilmekte ve uygulama adımlarının doğruluğuna ilişkin bilgi edinebilmektedir. Literatürde yer alan araştırmalar, bilgisayar tabanlı sanal eğitim simülasyonlarının günümüzde geliştirilmeye devam edilen sanal gerçeklik uygulamaları için önemli bir temel oluşturduğunu göstermektedir. Sanal gerçekliğin eğitimde bir araç olarak kullanılması, öğrencilere dijital ortamlarda bilgiye ulaşma, araştırma yapma ve içerikle dinamik bağ kurma imkânı sunarak eğitim öğretimi süreçlerine teşvik etmektedir. Bu durum, öğrencilerin derse olan meraklarını ve kavrama seviyelerini artırmakta; aynı zamanda yaratıcı öğrenme dönemlerine katkı sağlamaktadır (Arıcı, 2013). Öğrencilere zengin duyuşsal ipuçları ve çok boyutlu geribildirim imkanı sunan sanal ortamlar, gerçek dünyayla kolayca uyumlanabilmekte; öğrencinin içerikle entegre olmasını ve öğrenme sürecinde aktif olmasını

desteklemektedir. Bu bağlamda, ortamda bulunma hissi ve hayal gücünün aktifleşmesi, öğrencilerin problem çözme becerilerini gelişimini desteklerken, daha interaktif ve yapılandırmacı bir öğrenme deneyimi yaşanmasına imkan sunmaktadır (Can ve Şimşek, 2016).

Ayrıca bu teknoloji, birbirlerinden uzak bölgelerdeki kişileri aynı sanal ortamda buluşturabilmekte; ses, görüntü ve dokunma gibi çoklu duylara hitap ederek kullanıcıların hem sanal nesnelerle hem de birbirleriyle etkileşim kurmasına imkan sağlamaktadır (Çoruh, 2011). Günümüzde sanal gerçeklik teknolojisi, gerekli teknik altyapı sağlandığında özellikle uzaktan eğitim uygulamalarında kayda değer bir kapasite sunmaktadır. Bu teknoloji, fiziksel olarak erişimin zor ya da tehlikeli olduğu ortamlarda öğretim amacı ile etkin şekilde kullanılabilir (Can ve Şimşek, 2016). Örneğin, askeri alanlarda gerçekleştirilen sanal tatbikatlar, nükleer mühendislik gibi yüksek riskli uygulamalarda eğitim simülasyonları, pilot ve astronot yetiştirmeye yönelik sanal kokpitler ile tıp eğitiminde sanal kadavra uygulamaları bu kapsama dâhildir (Kayabaşı, 2005). Ayrıca, öğrenciler fiziksel olarak aynı ortamda bulunamamaları bile sanal ortamlarda iletişim ve etkileşim kurarak farklı coğrafyalardan bireylerle öğrenme süreçlerini sürdürebilmektedirler (Çoruh, 2011).

Bu özellik sayesinde, sanal gerçeklik uygulamaları yabancı dil öğretimi gibi kültürler arası iletişim gerektiren alanlarda da yetkin bir araç hâline gelmiştir. Bununla birlikte, öğrenciler soyut matematiksel kavramları daha kolay anlayabilmekte; tarih ve coğrafya derslerinde ise geçmişte yaşanmış olayları veya doğal oluşumları daha somut biçimde tecrübe edebilmektedir (Tepe vd., 2016). Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan yenilikler, matematiksel kavramların somutlaştırılması ve sorgulanabilirliğini mümkün hale getirerek öğrenme ve öğretme süreçlerine öğrencilerin kavrama seviyelerini artıracak birçok yeni olanak sunmaktadır. Özellikle soyut kavram ve ilişkilerin işlendiği matematik gibi derslerde, bu soyut yapıların somutlaştırılmasına katkı sağlayan “sanal öğrenme nesneleri”

veya “sanal manipülatifler” olarak tanımlanan bilgisayar programlarının geliştirilmesi önemli bir yere sahiptir (Karakış, 2008). Matematiksel kavramların bilgisayar ortamında modellenmesi sayesinde, ilköğretim çağındaki öğrencilerin bu kavramları daha kolay anlamaları, yorumlamaları ve problem çözme süreçlerinde etkili biçimde kullanmaları amaçlar arasındadır (Durmuş ve Karakış, 2006). Bunlara ek olarak sınıf içi uygulamalarda gözlemlenen örnekler, dijital materyallerin öğrencilerde kavramsal anlama düzeyini belirgin şekilde artırdığını ortaya koymaktadır. Öğrenciler sanal nesnelerle etkileşim kurdukça, kavramları yalnızca tanımlamakla kalmamakta; aynı zamanda yapıp yaşayarak öğrenme yoluyla içselleştirmektedirler. Bu da özellikle görsel öğrenmeye yatkın olan öğrenciler için anlamlı öğrenmeyi desteklemektedir.

Sanal öğrenme nesnelerinin, sınıf ortamlarını matematiksel bilginin keşfedilip üretilbildiği sanal laboratuvarlara ve mikro dünyalara dönüştürebileceği birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Battista, 2001). Bunlara ek olarak matematik eğitimi alanındaki uzmanlar, sanal öğrenme nesnelerinin güçlü öğrenme çıktıları oluşturma kapasitesine sahip olduğuna inanmaktadır (Hannafin ve Scott, 1998). Öğretim materyali olarak göz önüne alındığında, sanal öğrenme nesneleri; öğrenci iletişim ve etkileşiminin en yüksek düzeyde gerçekleştiği materyal türü olarak öne çıkmaktadır. Bu materyaller öğretime uygun biçimde tasarlandığında, bir öğretmenin sınıf ortamında gerçekleştirdiği tüm etkinlikleri dijital ortamda yansıtabilecek potansiyele sahiptir. Bu materyallerin bir diğer olumlu yanı, öğrencilerin kendi bireysel öğrenme hızlarına uygun biçimde konuyu anlamalarına imkan sağlaması ve gerektiğinde yaşantılarıyla iş birliği içinde çalışabilmelerine olanak tanımasıdır.

Kelly (2006) yaptığı araştırmada, özellikle ilköğretim düzeyinde somut nesne kullanımının öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmeleri ve problem çözme becerilerini geliştirmeleri açısından oldukça faydalı olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, aynı zamanda bu deneyimlerin öğrencilerin ileri düzey öğrenmelerine ve hatta iş ve günlük hayatlarına pozitif

katkı sunduğunu ifade etmiştir. Aynı şekilde, Ersoy ve Ardahan (2003) tarafından yürütülen çalışmada; interaktif öğretim materyallerinin, çalışma yapraklarının ve somut materyallerin titizlikle tasarlanarak sınıf ortamında uygulanması gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmada öğretim teknolojilerinin anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi desteklediği sonucuna ulaşılmıştır. Kıyıcı, Erdoğan ve Sevinç (2007) ise yaptıkları çalışmada, sınıf ortamında somut materyal kullanımının öğretim sürecine katkılarına dair öğretmen adaylarının görüşlerini incelemişlerdir. Bu çalışmalardan edinilen bilgiler ışığında sanal öğrenme nesnelerinin öğrencilerin pasif kalmadan, deneme-yanılma yoluyla matematiksel ilişkileri keşfetmelerine fırsat sunduğu söylenebilir. Bu tür araçlar, soyut kavramları kavramakta zorlanan öğrencilerin derse olan ilgisini artırmakta ve öğrenmeyi daha kalıcı kılmaktadır. Uygulamalı öğretim deneyimlerimde, sanal manipülatiflerin öğrencilerde özgüven oluşturduğu ve problem çözme sürecinde daha aktif rol üstlendikleri görülmüştür. Bu nedenle, sanal öğrenme nesnelerinin geleneksel materyallerle birlikte etkili biçimde kullanılması, öğretim sürecine anlamlı katkılar sunmaktadır. Ülkemizde yürürlüğe giren yeni ilköğretim matematik öğretim programı incelendiğinde, programda somut materyallerin ve sanal öğrenme nesnelerinin kullanıldığı etkinliklere yer verilmesi önerilmektedir. Ancak bu tür etkinliklerin öğretme-öğrenme sürecine nasıl entegre edileceği konusunda öğretmenlerin yeterince bilgilendirilmemesi, bazı aksaklıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Öğretmenlerin sanal öğrenme nesneleri ile somut materyalleri matematik öğretiminde etkili bir şekilde kullanabilmeleri için; bu araçların öğretim ortamlarındaki işlevlerini, hazırlanma sürecinde dikkat edilmesi gereken hususları, yaygın materyal türlerinin avantaj ve sınırlılıklarını, ayrıca bu materyallerin seçimi ve kullanımında göz önünde bulundurulması gereken özellikleri iyi derecede bilmeleri gerekmektedir. Sanal Gerçekliğin eğitimde kullanıldığı araştırmalar değerlendirildiğinde Başaran (2010), üniversite

düzeyinde öğrenim gören 202 öğrencinin sanal gerçekliğin öğretim sürecinde kullanımına ilişkin görüşlerini anket yöntemiyle incelemiştir. Araştırma bulgularına göre, sanal gerçekliğin öğrencilerin dikkatini çektiği, derse aktif katılım sağladığı, özellikle görsel öğrenme eğiliminde olan öğrenciler için daha etkili olduğu, kavramların anlaşılmasına katkı sunduğu, öğrenme sürecini hızlandırdığı ve daha anlamlı hâle getirdiği, ayrıca öğrencilerin derse odaklanmalarına yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çoruh (2011) ise gerçekleştirdiği çalışmada, sanal gerçeklik uygulamalarını bir öğrenme modeli olarak kullanmış ve bu uygulamaların öğrencilerin akademik başarıları ile öğrenilen bilginin kalıcılığı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Crouch (2014), geliştirdiği sanal gerçeklik tabanlı bir oyun aracılığıyla öğrencilerin fizik yasalarını öğrenme düzeyleri ile fen dersine karşı tutumları üzerindeki etkileri araştırmıştır. Tan ve Waugh (2014), ortaokul düzeyindeki öğrencilerin DNA, protein ve hücresel yapıları üç boyutlu biçimde keşfetmelerini sağlamak amacıyla bir sanal gerçeklik ortamı tasarlamışlardır. Hussein ve Nätterdal (2015), eğitsel amaçlarla geliştirilen sanal gerçeklik uygulamalarının faydalarını, benzer amaçlarla kullanılan mobil uygulamalarla karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Cardwell ve çalışma arkadaşları (2017), üniversite düzeyinde adli bilimler eğitimi kapsamında olay yeri inceleme tekniklerinin öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinden yararlanmışlardır. Lin ve diğerleri (2017), buluş yoluyla öğrenmeye odaklanan bir sanal gerçeklik uygulamasının, öğrencilerin yaratıcılık ve liderlik gibi becerileri üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri bir çalışma yürütmüşlerdir. An ve çalışma arkadaşları (2020), sanal gerçeklik tabanlı öğretim yaklaşımlarının öğrenci üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla çeşitli makale ve araştırma raporlarını analiz etmişlerdir. Silva Díaz ve arkadaşları (2023) ise STEM eğitimi kapsamında farklı teknolojik kaynakların öğretim amaçlı kullanımına yönelik gerekli bilgi ve becerilerin kazandırılması amacıyla tasarım temelli ve karma yöntemli bir

araştırma gerçekleştirmişlerdir. İlgili çalışmalar incelendiğinde, sanal gerçeklik teknolojisinin eğitim ortamlarında giderek daha fazla yer bulduğu görülmektedir. Crouch (2014) ve Lin vd. (2017) gibi araştırmacılar, sanal gerçeklik uygulamalarının yalnızca akademik başarıya değil, aynı zamanda öğrencilerin bilişsel ve sosyal becerilerine (yaratıcılık, liderlik, tutum gibi) de olumlu katkılar sunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, sanal gerçekliğin çok boyutlu bir öğrenme deneyimi sunduğunu göstermektedir.

Tan ve Waugh (2014) ile Cardwell vd. (2017) tarafından yürütülen çalışmalar ise teknolojinin soyut ya da karmaşık kavramların (DNA yapısı, olay yeri inceleme gibi) somutlaştırılmasında etkili olduğunu göstermektedir. Bu da sanal gerçekliğin özellikle fen ve uygulamalı bilimler gibi alanlarda öğrenmeyi derinleştirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan Hussein ve Nätterdal (2015) gibi karşılaştırmalı çalışmalar, sanal gerçekliğin mobil uygulamalara kıyasla daha etkileşimli ve kapsayıcı bir öğrenme ortamı sunduğunu vurgulamaktadır. An vd. (2020) ve Silva Díaz vd. (2023) gibi kapsamlı çalışmalar ise, öğretim tasarımı ve öğretmen yeterlikleri açısından bu teknolojinin etkilerini ve gerekliliklerini ele alarak alana daha sistematik bir bakış kazandırmaktadır. Tüm bu bulgular, sanal gerçekliğin hem öğretim süreci hem de öğrenen profili üzerinde çok yönlü etkiler yarattığını ve bu nedenle eğitim sistemine entegre edilmesinin pedagojik açıdan önem taşıdığını göstermektedir. Verilen örneklerde de görüldüğü üzere sanal gerçeklik eğitimin neredeyse her alanında karşımıza çıkmaktadır.

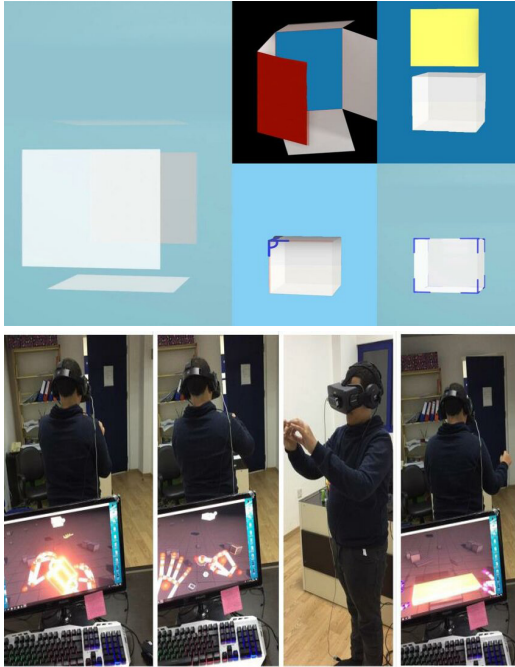
2.2.1. Matematik Öğretiminde Sanal Gerçeklik İle İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, matematik öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımına yönelik gerçekleştirilen araştırmalara yer verilmiştir. Söz konusu çalışmalar, öğretmen adaylarının görüşlerinden öğrencilerin başarılarına kadar farklı değişkenleri ele almakta ve alana çeşitli katkılar sunmaktadır.

Keskin (2017), matematik öğretmeni adaylarının öğretim sürecinde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımına ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla 214 öğretmen adayının katılımıyla bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmada, öğretmen adaylarının bu teknolojiye karşı tutumları ve potansiyel uygulama biçimleri değerlendirilmiştir. Altun ve Kahveci (2019) tarafından yürütülen çalışmada ise, sanal gerçeklik destekli öğretim materyalinin öğrencilerin geometrik cisimlerin alan ve hacmiyle ilgili problemleri doğru çözüme becerileri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırma, özellikle soyut geometrik kavramların somutlaştırılmasında sanal gerçekliğin katkı sağladığını ortaya koymuştur. Altun ve Kahveci'nin sanal gerçeklik uygulamaları aşağıda Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1.

Altun ve Kahveci'nin Sanal Gerçeklik Uygulamaları



Çakıroğlu ve çalışma arkadaşları (2024), sanal gerçeklik ve gerçekçi matematik eğitimi yaklaşımlarını bir araya getirerek “sanal gerçekçi matematik eğitimi” adını verdikleri özgün bir öğretim modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, geliştirilen modelin öğrencilerin matematik okuryazarlığı becerileri üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve sanal araçların bu becerilerin gelişiminde önemli bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır.

Millî Eğitim Bakanlığı, metaverse teknolojilerinin eğitim ortamlarına entegrasyonu için altyapı çalışmalarını desteklemek amacıyla “MEB VR” projesini hayata geçirmiştir. Proje kapsamında, matematik öğretimine yönelik beşi belirli kazanımlarla ilişkilendirilmiş ve biri etkinlik formatında olmak üzere toplam altı farklı sanal gerçeklik (VR) oyunu geliştirilmiştir. Bu oyunlar, açık dünya konseptinde tasarlanmış olup, öğrencilerin serbestçe hareket ederek çeşitli matematik oyunlarına katılabilmelerini sağlamaktadır. Projenin pilot uygulama niteliği taşıması, öğrencilerin oyun ortamında etkileşimli öğrenme deneyimi kazanmalarına olanak tanımaktadır. YEĞİTEK Genel Müdürlüğü bünyesindeki teknik ekiplerin kapasitesini artırmak amacıyla düzenlenen hizmet içi eğitimlerle, VR tabanlı üç boyutlu oyun geliştirme yetkinlikleri güçlendirilmiştir. Projenin tüm senaryo, tasarım, grafik ve yazılım süreçleri YEĞİTEK tarafından gerçekleştirilmiştir. Ortaokul 7. sınıf matematik müfredatına uygun olarak hazırlanan oyunlarda, sanal gerçeklik gözlükleri gibi ileri teknoloji donanımlar kullanılmış ve 500’ü aşkın üç boyutlu nesne modellenmiştir. MEB VR 3 boyutlu oyun projesi aşağıda Şekil 6’da verilmiştir.

Şekil 2.

MEB VR 3 Boyutlu Oyun Projesi



Geliştirilen oyunlar arasında; tam sayılarla toplama ve çıkarma işlemlerini pekiştiren “Sayı Doğrusu-Kapı Oyunu”, üç boyutlu cisimlerin farklı açılardan iki boyutlu görünümünü çizdiren “Küp Oyunu”, eşitliğin korunumu prensibini uygulayan “Terazi Oyunu”, doğru orantı problemlerini çözen “Pizza Oyunu”, rasyonel sayılarla çarpma ve bölme işlemlerini öğretmeyi hedefleyen “Sera Oyunu” ve oyuncuların açık dünya ortamında serbestçe gezebileceği “Ok Atma Oyunu” yer almaktadır. Ayrıca, bu tür yenilikçi projelerin yaygınlaştırılması ve öğretmenlerin metaverse teknolojilerine adapte olabilmesi için “Sanal, Artırılmış ve Karma Gerçeklik Uygulamalarına Giriş” adlı çevrim içi eğitim kursu, YEĞİTEK tarafından Öğretmen Bilgi Ağı (ÖBA) platformu üzerinden sunulmuştur. Projeye ilişkin pilot uygulamalar okullarda test edilmekte olup, geliştirme süreci devam etmekte ve farklı disiplinlere yönelik yeni VR tabanlı eğitim oyunları tasarlanmaktadır.

Alanyazında yapılan incelemelere göre, sanal gerçeklik teknolojisinin matematik öğretiminde kullanımı, öğrencilerin problem çözme ve görselleştirme becerilerini geliştirmekte iken aynı zamanda soyut matematiksel kavramların daha somut ve anlaşılır biçimde kavranmasına imkan sunmaktadır. Bu teknoloji destekli öğrenme ortamlarının, öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı ve öğrenmeye yönelik motivasyonlarını

olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Özellikle geometri öğretiminde, sanal gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin belirli konulara odaklanmalarını kolaylaştırdığı ve öğrenme sürecini daha eğlenceli hâle getirdiği düşünülmektedir. Geleneksel öğretim yöntemleriyle harmanlanan bu uygulamalar, öğrenme çıktılarında gözle görülür iyileşmeler sağlamaktadır. Ayrıca, sanal gerçeklik tabanlı etkinliklerin öğrencilerin matematiksel kavramları algılama düzeylerini artırdığı, yaratıcılıklarını desteklediği ve matematik okuryazarlığı becerilerini geliştirdiği ifade edilmektedir.

2.3. Metaverse

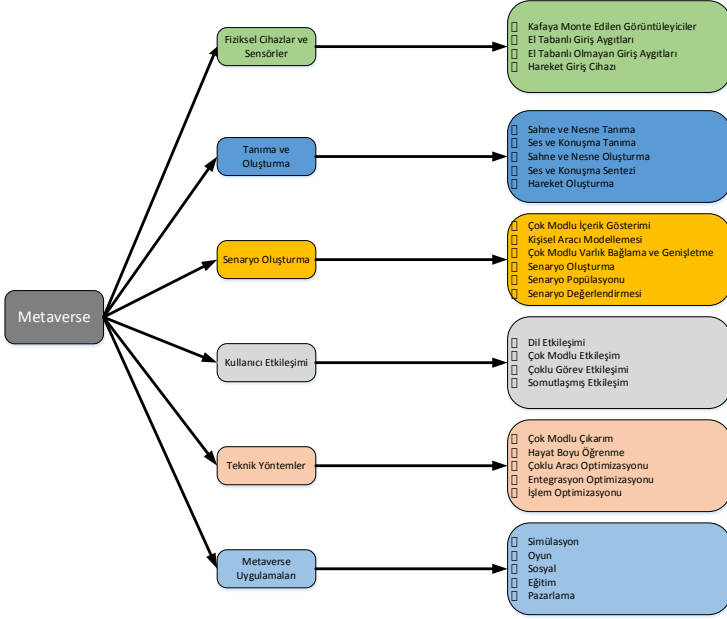
Metaverse terimi, aşkınlık ve sanallığı ifade eden “meta” ile dünya veya evren anlamına gelen “universe” sözcüklerinin birleşimi ile meydana gelmiştir. Kavramsal olarak metaverse, multiverse, digital terraforming ve mirror world gibi kavramlar ile benzerlik göstermektedir. Ancak bu terimler, kullanıldıkları yere göre anlam farklılıkları taşıyabilmekte ve bazı yönleriyle ortak özellikler içerebilmektedir (Park ve Kim, 2022). Bu nedenle, literatürde kavramsal karışıklıkların önüne geçilebilmesi adına metaverse kavramının açık ve tutarlı bir şekilde tanımlanması önem arz etmektedir. Metaverse, bireyin sanal evrende avatarlarla etkileşimde olduğu etkileyici bir dijital ortamı ifade eder (Suh ve Ahn, 2022). Metaverse, gerçek dünyadaki faaliyetlerle benzer olan faaliyetlere imkan sağlayan sanal bir dünyadır (Lee vd., 2022). Hugges’e göre ise insanların dijital olarak avatarlar ile temsil edildiği ve kullanıcıların eş zamanlı olmadan da bağlanabildiği bir ortamdır (2012). Nevelsteen (2015), insan ve bilgisayar etkileşimiyle meydana gelmiş olan bu suni ortamları, oyun evrenleri ve sosyal etkileşim alanlarını birbirinden ayıran ve kalıcılığı olan yapay bir alan olarak tanımlamaktadır. Metaverse ise gerçek dünya ile dijital sanallığın bir arada olduğu, devamlılık gösteren bir gerçeklik sonrası evren olarak kabul edilmektedir. Bu evren; insanların çoklu etkileşim kurabildiği sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik,

dijital objeler ve sanal platformlar vasıtasıyla teknolojik bir temel üzerine inşa edilmiştir (Mystakidis, 2022).

Zackery, Shariatpanahi, Zolfagharzadeh ve Pourezzat (2016), insan-bilgisayar etkileşimi temelli dijital ortamları; kültürel, politik ve farklı dönemsel alanlarda şekillenebilen, bireylere sorun çözme imkânı tanıyan, geçmişi tekrardan yapılandırırken geleceği de şekillendirebilen dijital yapılar olarak tanımlamaktadır. Farklı tanımlamalar dikkate alındığında, metaverse; bireylerin sanal kimlikleri olan avatarlar vasıtasıyla sanal dünyada yer alabildikleri, diğer kullanıcılarla ve dijital varlıklarla etkileşime geçebildikleri, fiziksel gerçekliğin sanal olarak genişletilmiş hâli olan sürükleyici bir dijital ortam şeklinde yorumlanabilir (Doğan ve Şen, 2022).

Metaverse, gerçek dünyadan tamamen kopuk bir yapı değil; aksine, metaversenin temel amacı bu dünyanın dijital uzantısı olarak her iki alanın bütünleştiği bir evren sunmaktır (Ning, 2021). Bu ortam, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanılarak, fiziksel yaşamda gerçekleştirilen pek çok faaliyetin dijital platforma aktarılmasına olanak tanımaktadır. İlk incelemelerde yalnızca sanal gerçeklik olarak algılanmış olan metaverse, esasen internet, web teknolojileri ve genişletilmiş gerçekliği bir araya getiren kapsamlı bir dijital platformdur (Lee vd., 2021). Bu teknolojinin doğasını daha iyi kavrayabilmek ve etkin biçimde kullanabilmek için metaverse'nin yapısal bileşenlerini incelemek önemlidir. Bu bileşenlerin taksonomik sınıflandırmasına ilişkin model, Park ve Kim'in (2022) çalışmasında gösterilmiştir. Metaverse taksonomisi aşağıda Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3.

Metaverse Taksonomisi (S. M. Park ve Kim, 2022)

Metaverse kavramının tanımlarının incelenmesinin ardından, bu teknolojinin eğitimle olan etkileşimine bakıldığında; özellikle çocukların neden-sonuç ilişkisi kurmakta zorlandıkları durumları yapıp yaşayarak deneyimsel yollarla anlamalarını sağlayacak bir eğitim ortamı sunduğu görülmektedir. Öğrenciler metaverse tabanlı öğrenme ortamlarında bilgiyi doğrudan kendi deneyimleri ile öğrenebilirler ve bu süreç onların hem dersteki katılımını hem de öğrenme motivasyonunu artırabilir. Sürükleyici, interaktif ve oyunlaştırılmış bu sanal platformlar, öğrenmeyi daha dikkat çekici hâle getirebilir (Doğan ve Şen, 2022). Avatarlar vasıtasıyla gerçekleşen sanal etkileşimler, öğrencilerin iletişim becerilerini gelişmesine destek olurken öğrenmeye karşı pozitif tutum geliştirmelerine de katkı sağlayabilir (Estudante ve Dietrich, 2020). Birçok araştırma, sanal gerçeklik teknolojilerinin öğrenmeyi daha etkileyici ve kalıcı izli hale getirdiğini ortaya koymuştur (Lee ve Hwang, 2022). Ayrıca, metaverse'in eğitimde yenilikçi çalışmaların

önünü açacağı ve yine bu alandaki çalışmaları hızlandıracığı tahmin edilmektedir (Collins, 2008). Öğrencilerin diledikleri gibi hareket edebildiği bir sanal platformda sunulan eğitim içerikleri, özellikle problem çözme odaklı konularda aktif öğrenmeyi teşvik edebilir (Barry vd., 2009).

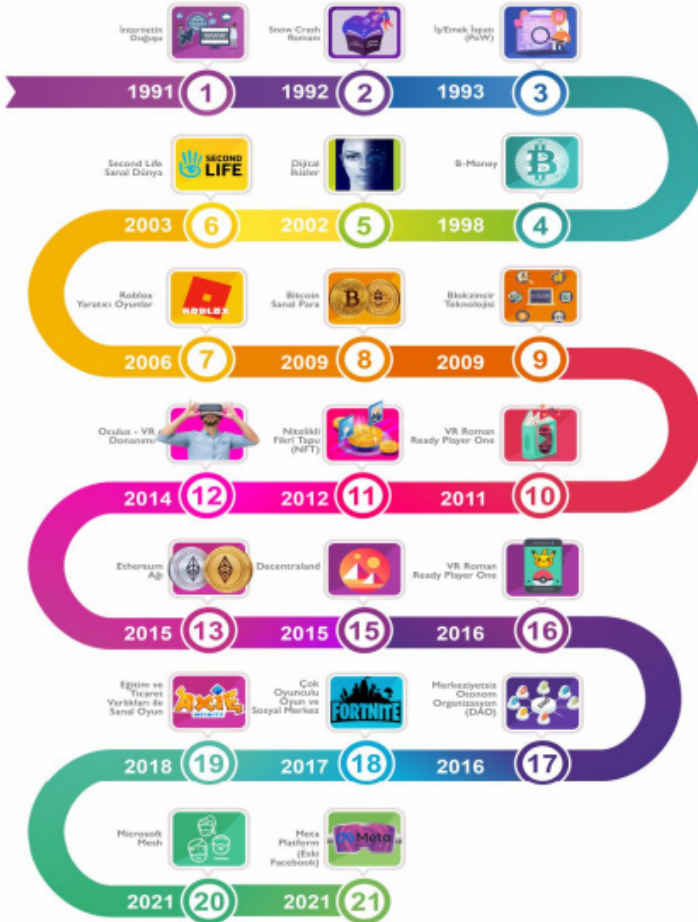
Her ne kadar hali hazırda artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojileriyle güçlendirilen metaverse uygulamalarına olan ilgi artıyor olsa da, bu teknolojilerin eğitim sistemine tam olarak senkronize edilmesi henüz başlangıç aşamasındadır (Narin, 2021). Özellikle matematik eğitiminde dijital teknolojilerin rolü yalnızca yardımcı araçlar olarak kalmamıştır ve vazgeçilmez bir gereklilik hâline gelmiştir (Alan vd., 2021). Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte, öğrenme süreci öğrenciler için daha manalı hâle gelmiş; simülasyonlar, oyunlar ve dijital araçlar sayesinde matematiksel kavramlar daha keşfe açık bir hal almıştır (Stacey ve Chick, 2000). Öğrenciler sadece hesaplama yapmanın ilerisine giderek, teknoloji yardımıyla günlük yaşamla ilintili matematiksel uygulamaları göz önüne serme imkânı bulabilmekte ve soyut olan kavramları daha somut bir şekilde anlayabilmektedir (Lee ve Hollebrands, 2008).

Matematik öğretiminde teknolojinin değeri uluslararası düzeyde de kabul görmekte olup, birçok pedagojik planlama ve müfredat bu yönde revize edilmektedir. Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (NCTM), 2008 yılında sunmuş olduğu raporunda, teknolojinin matematik öğrenimindeki temel unsurlardan biri olduğunu vurgulamıştır. Raporda, “21. yüzyılda matematik eğitimi için teknoloji vazgeçilmezdir. Tüm öğrencilerin bu olanaklara erişimi sağlanmalı; öğretmenler, öğrencilerin özümseme düzeylerini geliştirmek, ilgilerini çekmek ve matematiksel yeterliklerini artırmak adına teknolojinin olanaklarını etkili biçimde kullanmalıdır. Planlı ve hedefe odaklı şekilde kullanıldığında teknoloji, tüm öğrenciler için öğrenmeye erişimi olanaklı hale getirir.” ifadelerine yer verilmiştir (NCTM, 2008, s.1). Tüm bu uzman görüşleri ve

araştırma sonuçları ışığında, günümüz eğitiminde teknoloji ile öğrenme bir bütünün ayrılmaz parçaları hâline gelmiştir. Metaverse ve sanal gerçeklik gibi yeni kuşak teknolojiler ise özellikle matematik ve geometri öğretiminde büyük bir kapasiteye sahip olup, çağın gereksinimlerine uygun inovatif yöntemler sunmaktadır. Aşağıda yer alan Şekil 4'te metaverse teknolojisinin yıllar içinde nasıl şekillendiği tablo halinde gösterilmektedir.

Şekil 4.

İnternetin Yaygınlaşmasından Günümüze Metaverse Tarihi (Huynh, 2022)



Son yirmi yıl içerisinde metaverse teknolojileri, dijital yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelmeye başlamıştır. Gelişmiş bilgisayar donanımlarının yaygınlaşması, yüksek hızlı internet altyapısının güçlenmesi ve özellikle 5G teknolojisinin kullanım alanının genişlemesi bu süreci önemli ölçüde hızlandırmıştır. Ayrıca küresel ölçekte yaşanan COVID-19 pandemisi, dijital çözümlere olan eğilimi artırarak metaverse uygulamalarının kabul görmesini hızlandıran bir etken olmuştur. Tüm bu gelişmeler, metaverse kavramını son yıllarda hem akademik ortamda hem de günlük yaşamda öne çıkan bir konu haline getirmiştir (Lee vd., 2022). Metaverse teknolojilerinin eğitim alanındaki kapasitesi oldukça yüksektir. Uzun Hazneci (2019), eğitimde kullanılmaya başlanan ve daha düşük maliyetli olan artırılmış gerçeklik uygulamalarının olumlu sonuçlar verdiğini belirtmektedir. Fakat metaverse teknolojisinin Türkiye’deki eğitim sistemi içerisindeki kullanımı ve etkilerine ilişkin kapsamlı bir çalışma henüz oluşmamıştır. Ülkemizde teknolojik donanım ve altyapı maliyetlerinin artış göstermesi, bu tür ileri teknolojilerin eğitim ortamlarına dahil edilmeden önce faydalarının ve olası etkilerinin dikkatle değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu sebepten bir eğitimcinin metaverse gibi gelişmiş bir teknolojiyi sınıf ortamına taşıyabilmesi için, bu alanda bilimsel çalışmaların yapılması ve elde edilecek verilerle sürecin desteklenmesi önemlidir.

COVID-19 pandemisi, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de eğitimin her kademesini etkilemiş ve yüz yüze eğitim faaliyetlerinin neredeyse durmasına neden olmuştur. Bu süreçte eğitim, zorunlu olarak uzaktan yürütülmüştür ancak bu yeni duruma geçişte sosyal, psikolojik ve teknik sorunlarla karşılaşmıştır (Karakuş ve diğerleri, 2020). Türkiye’de uzaktan eğitimin uygulanmasında yaşanan temel zorluklardan biri, eğitim sisteminin dijital dönüşüme henüz hazır olmaması ve teknolojik altyapının yetersizliğidir. Özellikle kırsal kesimlerde internet erişiminin sınırlı olması,

öğrencilerin çevrim içi eğitime katılımını zorlaştırarak aradaki farkın daha da derinleşmesine yol açmıştır. Buna ek olarak, hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin dijital araçları kullanma konusundaki bilgi eksiklikleri, gerekli altyapının sağlanamaması ve teknolojik cihazların ortak kullanımından kaynaklanan problemler, uzaktan eğitimin etkinliğini kısıtlayan diğer kriterler arasında yer almaktadır (Metin vd., 2021). Tüm bu sorunlar, Türkiye’de eğitimde dijital dönüşüm sürecinin hızlandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu sebeple altyapı yatırımlarının artırılması, internet erişiminin ülke geneline yaygınlaştırılması, öğretmenlere teknolojik yeterlilik kazandırılması, dijital eğitim materyallerinin çeşitlendirilmesi ve öğrencilere yönelik destekleyici programların geliştirilmesi gibi stratejik adımların atılması büyük önem taşımaktadır. Ancak bu şekilde uzaktan eğitimde karşılaşılan güçlüklerin azaltılması ve gelecekte benzer durumlarda daha sağlam bir eğitim sistemi oluşturulması mümkün olacaktır.

Son yıllarda dijital dönüşüm sürecinin hız kazanmasıyla birlikte, metaverse teknolojisinin eğitim alanındaki potansiyeline yönelik akademik ilginin arttığı görülmektedir. Sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin ardından, eğitimde bir sonraki aşama olarak değerlendirilen metaverse uygulamaları, her zaman ve her yerden erişime olanak tanıyan yapısıyla uzaktan eğitimi desteklemekte ve kalıcı öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde metaverse, öğretim süreçlerinde yeni fırsatlar ve kolaylıklar sunarak eğitimcilerin dikkatini çekmiş ve bu alanda yapılan çalışmaları artırmıştır (Çakır vd., 2022). Literatürdeki bu artış, metaverse teknolojisinin eğitim bağlamında nasıl etkin kullanılabileceğine dair yeni yaklaşımların geliştirilmesine zemin hazırlamakta; aynı zamanda bu teknolojinin pedagojik potansiyelinin daha kapsamlı şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

2.3.1 Matematik Eğitiminde Metaverse ile İlgili Çalışmalar

Bu başlık altında, matematik öğretiminde sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımına yönelik gerçekleştirilen araştırmalara yer verilmiştir. Söz konusu çalışmalar, öğretmen adaylarının görüşlerinden öğrencilerin başarılarına kadar farklı değişkenleri ele almakta ve alana çeşitli katkılar sunmaktadır.

Metaverse teknolojisi, hızla gelişen dijital dönemin bir yansıması olarak hayatımıza girmiş ve özellikle eğitim ve öğretim alanında aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Doğan ve Şen, 2022). Bu bağlam çerçevesinde, eğitimde en çok öne çıkan dijital platformlardan biri Second Life'dır. Bu platformda kullanıcılar, sanal kimlikleri olan avatarlar sayesinde etkileşimde bulunur ve sanal dünyayı deneyimlerler. Ayrıca Fortnite, Minecraft ve Roblox gibi uygulamalar da üç boyutlu grafik teknolojisi kullanılarak kullanıcılarına interaktif sanal dünyalar sunar (Park ve Kim, 2022). Bu tür uygulamalar göz önüne alındığında, metaverse tabanlı eğitim ortamlarının öğrencilere daha aktif ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunacağı düşünülmektedir (Akour vd., 2022).

Bu dijital öğrenme platformlarının öğrenme süreçlerini zenginleştirilmesi sebebiyle, birçok eğitim kurumu sanal kampüsler kurmaya başlamıştır (Doğan & Ersoy Şen, 2022). Türkiye'de bu gelişmeye liderlik eden üniversiteler arasında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi ve Atatürk Üniversitesi örnek gösterilebilir. Özünde Şimşek, Erbay ve Kirişçi (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, İstanbul Üniversitesi'nin dijital kampüsünde bir etkinlik yaratılmış ve bu etkinlikte Second Life altyapısından yararlanılmıştır. Bahsedilen etkinliğe ait görseller, aşağıda Şekil 5 ve Şekil 6'da sunulmaktadır.

Şekil 5.

Second Life Platformu ile Köpeklerin Sıralanması ve Öğrencilerin Yarışı

Şekil 6.

Second Life Platformu ile Sanal Öğrenme Ortamı

III. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu bölümde, araştırma probleminin yapısına uygun olarak belirlenen araştırma yöntemi ve deseni, çalışma evreni ve örnekleme, kullanılan veri toplama aracı, veri toplama süreci ile elde edilen verilerin analizine ilişkin süreçler ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.

3.1. Araştırmanın Yöntemi/ Deseni

Bu araştırmanın temel amacı, matematik eğitimi bağlamında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin kullanıldığı çalışmaları kapsamlı bir biçimde incelemektir. Bu kapsamda, söz konusu teknolojilerin kullanım biçimleri, tercih edilen yöntemler ve ulaşılan sonuçların ayrıntılı olarak ele alınması önem arz etmektedir. Bu doğrultuda araştırmada, nitel araştırma desenlerinden biri olan doküman analizi yöntemi tercih edilmiştir. Doküman analizi, araştırma verilerinin birincil kaynağı olarak çeşitli dokümanların toplanması, gözden geçirilmesi, sorgulanması ve analiz edilmesi işlemidir (Sak vd., 2021). Bu yöntem, basılı ve elektronik materyallerin incelenmesiyle belirli araştırma sorularına yanıt bulmayı hedefler (Çakmak, 2025) ve aynı zamanda farklı veri toplama yöntemleriyle birlikte kullanıldığında kapsamlı bir üçgenleme (triangulation) sağlayarak araştırmanın geçerlik ve güvenilirliğine katkıda bulunur (Kıral, 2020) Analitik nitelik taşıyan bu yöntemde, literatürde yer alan çalışmalar belirli ölçütler doğrultusunda değerlendirilmekte ve inceleme kapsamına alınmaktadır.

Araştırma sürecinde doküman analizinin uygulanabilirliğini sağlamak amacıyla içerik analizi tekniği kullanılmıştır. İçerik analizinde öncelikle araştırmanın temel soruları ve amaçları belirlenmekte, ardından analiz edilecek veri türü ve kapsamı tanımlanarak hangi verilerin çözümleneceğine karar verilmektedir. Veriler sistematik olarak kodlanmakta, temalar

ve kategoriler altında sınıflandırılarak anlamlı bir bütün oluşturulmaktadır. Bu süreç sonunda elde edilen bulgular yorumlanarak raporlaştırılmaktadır. İçerik analizi yöntemi, araştırmacılara literatürdeki çalışmaları nesnel ve tutarlı biçimde değerlendirme olanağı sunmaktadır.

3.2. Evren ve Örneklem/ Çalışma Grubu / Katılımcılar

Bu araştırmanın evrenini, matematik eğitimi alanında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojileri üzerine gerçekleştirilmiş yüksek lisans tezleri, doktora tezleri, akademik makaleler ve bildirilerden ulaşılabilenler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemi ise, bu alana yönelik olarak 2012 ile 2025 yılları arasında yayımlanmış toplam 39 akademik çalışma içermektedir.

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada analiz edilecek çalışmalar YÖK Tez Merkezi, Dergipark, TR Dizin, Google Scholar gibi veri tabanları kullanılarak sanal gerçeklik ve matematik, sanal gerçeklik ve geometri, metaverse ve matematik, metaverse ve geometri gibi anahtar kelimeler taranarak oluşturulmuş çalışmalardır. Bu veri tabanlarında yapılan taramalar sonucunda 39 adet akademik çalışmaya ulaşılmıştır.

3.4. Araştırma Süreci

Alan yazın taraması sürecinde, belirlenen anahtar kelimeler aracılığıyla toplam 39 akademik çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar, 2012 ile 2025 yılları arasında gerçekleştirilmiş olup, çalışmaya dâhil edilen tüm kaynaklar EK-1’de sunulmuştur. Verilerin analiz sürecinde, araştırma soruları temel alınarak kategoriler oluşturulmuş ve bu doğrultuda inceleme gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, çalışmaların yayımlandıkları yıllara, türlerine (tez, makale, bildiri vb.), kullanılan araştırma yöntemlerine, örneklem düzeylerine ve uygulama bölgelerine göre dağılımları analiz edilmiştir. Ardından, analiz kapsamı genişletilerek çalışmalar; araştırma desenleri, matematiksel içerik alanları, kullanılan veri analiz yöntemleri, veri toplama

araçları ile ulaşılan sonuçlar ve öneriler başlıkları altında frekans ve yüzde dağılımları ile tabloleştirilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında belirlenen konuya uygun belgelerin seçilmesi ve temin edilmesiyle birlikte veri analiz süreci başlatılmıştır. Bu süreçte kullanılan doküman analizi yönteminin sistematik biçimde yürütülebilmesi için içerik analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Matematik eğitimi bağlamında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojileri üzerine yürütülen 39 çalışmanın çözümlenmesinde, önceden belirlenmiş yedi araştırma sorusu temel alınmıştır. Bu sorular, içerik analizine uygun biçimde yanıtlanmış ve elde edilen bulgular tablosal olarak sunularak analiz süreci desteklenmiştir.

IV. BULGULAR

Bu bölümde, 2012–2025 yılları arasında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitimi alanındaki kullanımına ilişkin yapılan akademik çalışmalar belirli ölçütler doğrultusunda incelenmiştir. Çalışmaların analizi; araştırma yöntemleri, örneklem düzeyleri, akademik yayın türleri, kullanılan veri toplama araçları, ele alınan matematik alt konuları ve yıllara göre dağılım gibi çeşitli kategorilere göre gerçekleştirilmiştir. Analiz bulguları, elde edilen verilerin sistematik bir biçimde sunulabilmesi amacıyla tablolarla desteklenmiş; böylece inceleme konusu olan alanın daha anlaşılır ve bütüncül bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlanmıştır.

4.1. Çalışmaların Yıllarına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın birinci alt probleminde Türkiye’de, 2012’den 2025’e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yayımlanan çalışmaların yıllara göre dağılımı incelenmiştir. Bu dağılım aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1
Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Yayınlanma Yılı	Frekans(f)	Yüzde(%)
2022	9	23,08
2021	6	15,38
2019	4	10,26
2024	4	10,26
2025	4	10,26
2017	3	7,69
2018	3	7,69
2016	2	5,13
2020	2	5,13

2012	1	2,56
2023	1	2,56
TOPLAM	39	100

Tablo 1'e göre, matematik eğitimi alanında sanal gerçeklik ve metaverse konularında en fazla yayın, %23,08 oranıyla 2022 yılında gerçekleştirilen 9 çalışmayla yapılmıştır. Buna karşılık, 2012 ve 2023 yıllarında yalnızca birer yayın yapılmış olup, bu yıllar %2,56 ile en düşük yayın sayısına sahip dönemler olarak dikkat çekmektedir.

4.2. Çalışmaların Akademik Metin Türüne Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın ikinci alt probleminde Türkiye'de, 2012'den 2025'e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların metin türlerine göre dağılımı incelenmiştir. Bu çalışmaların akademik metin türlerine göre dağılımı aşağıda Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2
Çalışmaların Akademik Metin Türü Dağılımı

Tür	Frekans(f)	Yüzde(%)
Makale	21	53,85
Bildiri	5	12,82
Yüksek Lisans Tezi	5	12,82
Doktora Tezi	4	10,26
Kitap Bölümü	4	10,26
TOPLAM	39	100

Tablo 2'de araştırmaların türlerine ilişkin dağılıma bakıldığında, en yüksek payın %46,15 ile makalelere ait olduğu görülmektedir. Kitap bölümleri ve raporlar ise birer örnekle temsil edilmekte ve her biri %2,56'lık paya sahiptir.

4.3. Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın üçüncü alt probleminde Türkiye’de 2012’den 2025’e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımı analiz edilmiştir. Bu çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımı aşağıda Tablo 3’te verilmiştir

Tablo 3

Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Göre Dağılımı

Yöntem	Frekans(f)	Yüzde(%)
Literatür Taraması	9	22,5
Nitel Analiz	9	22,5
Karma Yöntem	5	12,5
Betimsel Analiz	4	10
Yarı Deneysel Desen	3	7,5
İçerik Analizi	3	7,5
Durum Çalışması	2	5
Meta Analiz	2	5
Betimsel Tarama	1	2,5
Tarama Modeli	1	2,5
Tasarım ve Geliştirme Aşaması	1	2,5
TOPLAM	40	100

Tablo 3’ü değerlendirdiğimizde, sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımında; 9 çalışmanın (%22,5) literatür taraması ve nitel analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Betimsel tarama, tarama modeli ve tasarım ve geliştirme aşaması araştırma yöntemleri 1’er çalışmada (%2.5) kullanılmıştır.

4.4. Çalışmaların Örneklem Düzeyine Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın dördüncü alt probleminde Türkiye’de, 2012’den 2025’e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve

metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların örneklem düzeyine göre dağılımı ele alınmıştır. Bu çalışmaların örneklem düzeyine göre dağılımı aşağıda Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4
Çalışmaların Örneklem Düzeylerine Göre Dağılımı

Örneklem Düzeyi	Frekans(f)	Yüzde(%)
Akademik Çalışmalar	17	43,59
Ortaokul Öğrencileri	6	15,38
Öğretmen Adayları	5	12,82
İlkokul Öğrencileri	4	10,26
Lise Öğrencileri	2	5,13
Öğretmenler	2	5,13
Belirtilmemiş	1	2,56
Üniversite Öğrencileri	1	2,56
Üstün Zekâlı Öğrenciler	1	2,56
TOPLAM	39	100

Örneklem düzeyine ilişkin verilere göre, en fazla çalışma %43,59 oranıyla akademik düzeyde (literatür taraması, kuramsal inceleme vb.) gerçekleştirilmiştir. Uygulamalı araştırmalarda ise en yoğun ilgi %15,38 ile ortaokul öğrencilerine yönelmiştir. Öğretmen adayları %12,82, ilkokul öğrencileri %10,26 oranıyla dikkate değer diğer gruplardır. Buna karşılık, en az temsil edilen örneklem grupları %2,56 oranla üniversite öğrencileri, üstün zekâlı öğrenciler ve örneklem düzeyi belirtilmeyen çalışmalardır.

4.5. Çalışmaların Uygulandığı İllere Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın beşinci alt probleminde Türkiye’de, 2012’den 2025’e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların uygulandığı iller analiz edilmiştir. Bu çalışmaların şehirlere göre dağılımı aşağıda Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5*Çalışmaların Uygulandığı Bölgelere Göre Dağılımı*

Bölge	Frekans(F)	Yüzde(%)
Marmara Bölgesi	9	23,07
Doğu Anadolu Bölgesi	9	23,07
İç Anadolu Bölgesi	7	17,94
Karadeniz Bölgesi	5	12,82
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	4	10,25
Akdeniz Bölgesi	4	10,25
Ege Bölgesi	1	2,56
Toplam	39	100,00

2012–2025 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitiminde sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerini konu alan çalışmaların coğrafi dağılımı incelendiğinde, en fazla çalışmanın Ankara (%12,82), Elazığ (%10,26) ve İstanbul (%7,69) illerinde yapıldığı görülmektedir. Gaziantep, Rize, Trakya ve Van illeri orta düzeyde temsil edilirken (%5,13), diğer birçok il yalnızca birer çalışmayla (%2,56) yer almaktadır.

4.6. Çalışmaların Matematik Konularına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın altıncı alt probleminde Türkiye’de, 2012’den 2025’e kadar olan süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların matematik araştırma konularına göre dağılımı analiz edilmiştir. Bu çalışmaların matematik araştırma konularına göre dağılımı aşağıda Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6*Çalışmaların Matematik Araştırma Konularına Göre Dağılımı*

Alt Konu	Frekans(f)	Yüzde(%)
Akademik Çalışmalar	24	61,54
Disiplinler Arası	3	7,69
Diğer	3	7,69
Geometrik Cisimler	2	5,13
Kesirler	2	5,13

Alan Ölçme	1	2,56
Cebir	1	2,56
Katı Cisimler	1	2,56
Tam Sayılar ve İşlemler	1	2,56
Veri Sayma ve Olasılık	1	2,56
TOPLAM	39	100

Çalışmaların alt konulara göre dağılımı incelendiğinde, büyük çoğunluğunda (%61,54) alt konunun akademik çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu durum, konusal odak eksikliğine işaret etmektedir. Disiplinler arası ve “diğer” kategorileri (%7,69) nispeten öne çıkarken, belirli matematik konularına odaklanan çalışmalar sınırlı sayıda ve dağınık biçimdedir.

4.7. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımına Yönelik Bulgular

Araştırmanın yedinci alt probleminde Türkiye’de, 2012’den 2025’e kadar olan süreçte süreçte sanal gerçeklik ve metaverse kullanılarak matematik eğitimi alanında yapılan çalışmaların veri toplama araçlarına göre dağılımı incelenmiştir. Bu çalışmaların veri toplama araçlarına göre dağılımı aşağıda Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımı

Veri Toplama Aracı	Frekans(f)	Yüzde(%)
İkincil Kaynaklar	14	27,45
Yarı Yapılandırılmış Gözlem Formu	9	17,65
Başarı Testi	7	13,73
Ölçek	7	13,73
Anket	2	3,92
Doküman Analizi	2	3,92
Form	2	3,92
Gözlem	2	3,92
Tutum Ölçeği	2	3,92

Analiz Formu	1	1,96
Bilgi Formu	1	1,96
Etkinlik	1	1,96
Görüşme	1	1,96
TOPLAM	51	100

2012–2025 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin kullanımına ilişkin yürütülen akademik çalışmalar değerlendirildiğinde, çalışmaların önemli bir kısmında ikincil veri kaynaklarının kullanıldığı dikkat çekmekte olup, bu araçlar toplamın yaklaşık %27,45’ini oluşturmaktadır. Buna karşılık, analiz formları, bilgi formları, öğretim etkinlikleri ve doküman analizine dayalı yaklaşımlar yalnızca birer çalışmada kullanılmış ve %1,96 gibi düşük oranlarla temsil edilmiştir.

V. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, araştırma bulgularından elde edilen sonuçlara ve bu sonuçların ışığında yürütülen tartışmalara yer verilmiştir. Ayrıca, ulaşılan bulgular doğrultusunda, benzer konularda çalışma yapmayı planlayan araştırmacılar için yol gösterici nitelikte değerlendirmelere ve önerilere de kapsamlı biçimde değinilmiştir. Bu sayede, alandaki literatüre katkı sunmanın yanı sıra, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalara da yön verilmesi amaçlanmıştır.

5.1.Tartışma

5.1.1. Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

Matematik eğitimi bağlamında sanal gerçeklik (VR) ve metaverse teknolojilerine yönelik akademik çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde, 2022 yılı, toplam yayın sayısının %23,08'ini oluşturmak üzere en fazla çalışmanın yapıldığı başlıca dönem olarak öne çıkmaktadır. Bunu %12,82 ile 2019 ve 2021, ardından %10,26 ile 2020 izlemektedir. En düşük üretimin görüldüğü yıllar ise %2,56 ile 2012 ve 2023'tür. Bu veriler, COVID-19 pandemisi sonrası dönemde VR ve metaverse'in eğitimde kullanımına dönük akademik ilginin bariz şekilde arttığını göstermektedir. Pandemi sürecinde uzaktan eğitime geçiş, dijital öğrenme ortamlarının yaygınlaşması ve eğitim teknolojilerine dair farkındalık önemli ölçüde artmıştır (Baszucki, 2021). Ball ve arkadaşlarının (2025) üç yıllık serisel çalışması, 2020–2022 döneminde VR algısı ve kullanım niyetinde kayda değer bir artışa işaret ederek pandemi etkisinin bu teknolojilerin benimsenmesini güçlendirdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, metaverse kullanımındaki artış, bu teknolojinin 'öğretim süreçlerinin merkezi bileşeni' olarak görüldüğüne dair daha önceki çalışmaları desteklemektedir (Tas ve Bolat, 2022). Buna karşılık, 2012–2015 döneminde

üretimin sınırlı olması, altyapı yetersizlikleri ve pedagojik entegrasyon eksikliğine bağlanabilir (O’Leary, 2017). Özellikle 2022’deki yoğun literatür akışı, hem kuramsal hem uygulamalı araştırmalarda bu alanın bilimsel gelişim potansiyelini gösterdiği gibi akademik ilginin de kalıcı olarak yükseldiğini kanıtlamaktadır.

5.1.2. Çalışmaların Akademik Metin Türüne Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

Tabloya göre, matematik eğitimi alanında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerine ilişkin akademik yayın türleri incelendiğinde, çalışmaların %46,15’inin makale, %25,64’ünün yüksek lisans tezi, %17,95’inin bildiri, %5,13’ünün doktora tezi ve sadece %2,56’sının kitap bölümü ile rapor şeklinde yayımlandığı belirlenmiştir. Bu dağılım, araştırmacıların öncelikle hakemli dergiler aracılığıyla sonuçlarını yaymayı tercih ettiklerini ortaya koymaktadır (Zhang ve Wang, 2021). Yüksek lisans tezlerinin ikinci sırada yer alması, lisansüstü akademik ilgisinin bu teknolojilere doğru kaydığını göstermektedir. Ayrıca, bildirilerle desteklenen ortak sunumların bilimsel topluluklarda tartışma fırsatları yarattığı (Sirakaya, 2022), doktora tezlerinin azlığı ise henüz derin teorik analizler açısından sınırlı bir üretim olduğuna işaret etmektedir (O’Leary, 2017). Kitap bölümleri ve araştırma raporlarının sayıca azlığı, bu alanda kapsamlı monografik çalışmaların henüz yaygınlaşmadığını göstermektedir. Genel olarak bu dağılım, VR ve metaverse uygulamalarının matematik eğitiminde daha çok uygulamaya dayalı, erişimi kolay formatlarda yayıldığı; derin teorik temellerin oluşturulmasına yönelik uzun soluklu çalışmaların ise halen gelişmekte olduğu sonucunu desteklemektedir (Radianti vd., 2020).

5.1.3. Çalışmaların Araştırma Yöntemlerine Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

Matematik eğitimi bağlamında sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin kullanıldığı araştırmaların yöntemsel dağılımına bakıldığında, çalışmaların çoğunluğunun nitel ya da belirgin

kuramsal yaklaşımlar içeren desenlerle gerçekleştirildiği görülmektedir. Toplam 40 çalışmaya dayanan analizde, en çok tercih edilen yöntemler arasında literatür taraması (%22,5) ve nitel analiz (%22,5) öne çıkmaktadır. Bu durum, alanın henüz gelişmekte olduğunu ve araştırmacıların konuyu teorik temelleriyle anlamlandırmaya çalıştıklarını göstermektedir. Eğitimciler, bu teknolojilerin uygulanmasına ilişkin literatürü analiz ederek, belirli pedagojik amaçlar doğrultusunda yenilikçi uygulamalar geliştirebilmektedir (Kuzu, 2025). Karma yöntem çalışmaları da dikkat çekicidir; toplamda 5 çalışma (%12,5) ile temsil edilen bu yaklaşım, hem nitel hem de nicel verileri bir arada kullanarak konunun çok yönlü incelendiğini göstermektedir. Bu bulgu, alanın metodolojik çeşitliliğe açık olduğunu ortaya koymaktadır. Karma araştırma yöntemlerinin bu alandaki çalışmalarda yaygınlık kazanmasının nedeni, nicel ve nitel verileri birlikte ele alabilme kabiliyetinde yatmaktadır. Bu bulgu, karma yöntemin, karmaşık değişken setlerini anlamlandırmak için son derece uygun bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, eğitim teknolojileri araştırmalarında karma yöntemlerin tercih edilmesinin nedeni, bu yaklaşımın hem ölçülebilir sonuçlar (örneğin başarı düzeyleri) hem de derinlemesine algılar (örneğin öğrencilerin deneyimlerine ilişkin görüşler) sunabilmesidir (Tashakkori ve Teddlie, 2009). Ayrıca, VR ve metaverse üzerine yapılan eğitim çalışmaları, karma yöntemlerin, çok boyutlu fenomenleri çok katmanlı olarak analiz etmek için oldukça uygun olduğunu ortaya koymuştur (Pradana ve Elisa, 2023). Dolayısıyla, karma araştırma yöntemlerinin karmaşık eğitim teknolojisi uygulamalarını kapsayan VR/metaverse çalışmaları için tercih edilmesi, bu yöntemin zengin veri sağlama kapasitesinin bir sonucudur.

İçerik analizi (%7,5) ve yarı deneysel desen (%7,5) yöntemleri ise uygulamalı araştırmalarda sıklıkla tercih edilen tasarımlar arasında yer almaktadır. Öte yandan, betimsel analiz (%10), durum çalışması (%5) ve meta analiz (%5) gibi

yöntemlerin de kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu desenler, özellikle belirli bağlamlarda kullanıcı deneyimini, başarı düzeylerini ve pedagojik etkileri ölçmede önemli katkılar sağlamaktadır. Tarama modeli, betimsel tarama ve tasarım geliştirme aşaması gibi yöntemlerin ise sınırlı sayıda (%2,5) kullanıldığı görülmektedir; bu da ilgili yaklaşımların henüz alana yeterince entegre edilmediğini düşündürmektedir. Sonuç olarak, yöntemsel dağılım incelendiğinde araştırmaların ağırlıklı olarak nitel, kuramsal ve literatüre dayalı yapılar etrafında şekillendiği; nicel ve deneysel araştırmaların ise sayıca daha az yer bulduğu anlaşılmaktadır. Bu dağılım, alanın metodolojik olarak zenginleşmeye açık olduğunu ve gelecekte özellikle deneysel ve uygulamalı araştırmaların artırılması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, karma yöntemin görece yüksek kullanımı, araştırmacıların farklı veri kaynaklarını bütünleştirme eğiliminde olduğunu ve disiplinlerarası yaklaşım geliştirmeye açık olduklarını da ortaya koymaktadır.

5.1.4. Çalışmaların Örneklem Düzeyine Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

Sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitimi alanındaki uygulamalarını inceleyen araştırmalarda, örneklem düzeyine ilişkin dağılım dikkat çekici sonuçlar ortaya koymaktadır. Nicel verilere göre, en yüksek oran %43,59 ile akademik çalışmalar kategorisine aittir. Toplam 39 çalışmanın 17'si doğrudan uygulamalı örneklemle değil, literatür taraması, kuramsal analiz veya uzman görüşlerine dayalı içeriklerle gerçekleştirilmiştir. Bu durum, araştırmacıların konuya öncelikle kuramsal bir perspektiften yaklaştıklarını ve alana teorik bir temel oluşturma çabası içerisinde olduklarını göstermektedir.

Örneklem düzeyi açıkça belirtilmiş uygulamalı çalışmalara bakıldığında, en çok tercih edilen grubun ortaokul öğrencileri olduğu görülmektedir. Bu düzeyde gerçekleştirilen 6 çalışma, toplamın %15,38'ini oluşturmaktadır. Bu yaş grubunun somutlaştırma bakımından avantajları, VR gibi teknolojilerle

öğrenme etkisini artırabilir (Thomsen, 2023). Bu sonuç, ortaokul düzeyindeki bireylerin gelişimsel özellikleri ve teknolojiye olan açıklıkları göz önüne alındığında oldukça anlamlıdır. Öğretmen adayları da dikkat çeken bir diğer örneklem grubudur; bu düzeyde yapılan 5 çalışma (%12,82), öğretmen yetiştirme süreçlerinde yenilikçi teknolojilerin entegrasyonuna duyulan akademik ilgiyi yansıtmaktadır.

İlkokul öğrencileri üzerine yapılan 4 çalışma (%10,26), erken yaşta teknoloji ile tanışma ve sanal ortamda matematiksel kavramların somutlaştırılmasına yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Sanal gerçeklik (VR) uygulamalarının ilköğretim düzeyinde sıkça tercih edilmesi, bu teknolojilerin soyut matematik kavramlarını dönüştürebilme kapasitesiyle doğrudan ilişkilidir. Piaget'e göre ilköğretim çağındaki çocuklar, "somut işlemler döneminde yer alırlar; bu dönemde sayı, mekân, boyut ve uzaklık gibi elle tutulur kavramları mantıkla birlikte anlamada beceriklidirler, ancak soyut düşünce, sebep-sonuç ilişkileri ve problemlere çeşitli çözümler üretme konusunda yetersizlikler gösterirler (Kol, 2011; Özbay, 2004). Bu kapsamda, ilköğretim öğrencilerinin somut deneyimler aracılığıyla öğrenmeleri, VR destekli matematik eğitiminde özellikle değerli bir yöntemdir.

Buna karşılık, lise öğrencileri ve öğretmenler gruplarında yalnızca ikişer çalışma (%5,13) yer almakta; bu grupların görece daha az tercih edilmesi, belki de araştırma ortamı erişilebilirliğindeki zorluklara ya da pedagojik yaklaşımlardaki sınırlamalara işaret etmektedir. Üniversite öğrencileri, üstün zekâlı öğrenciler ve örneklem düzeyi belirtilmeyen çalışmalar ise yalnızca birer kez (%2,56) temsil edilmektedir. Bu bulgu, hem daha ileri düzey eğitim kademelerinde hem de özel gereksinimli bireylerde bu teknolojilerin kullanımına yönelik çalışmaların henüz sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir boşluk alanı olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, örneklem düzeyi değişkeni bakımından elde edilen bulgular, sanal gerçeklik ve metaverse temelli matematik eğitimi araştırmalarının büyük oranda kuramsal zemin üzerinde şekillendiğini ve uygulamalı çalışmaların genellikle ortaokul ve öğretmen eğitimi düzeyinde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu durum, hem pedagojik açıdan güvenli uygulama alanlarının tercih edilmesi hem de bu yaş grubunun teknolojiye adaptasyonunun kolay olmasıyla açıklanabilir. Ancak, araştırma deseninin daha dengeli bir yapıya kavuşabilmesi adına farklı örneklem gruplarına yönelik çalışmaların artırılması gerekmektedir.

5.1.5. Çalışmaların Uygulandığı illere Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

2012–2025 yılları arasında Türkiye’de sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitiminde kullanımına yönelik yapılan akademik çalışmaların coğrafi dağılımı incelendiğinde, toplam 39 çalışmanın farklı illerde gerçekleştirildiği görülmektedir. En fazla çalışmanın Ankara’da (%12,82) yapıldığı dikkat çekmektedir. Bunu Elazığ (%10,26) ve İstanbul (%7,69) takip etmektedir. Ankara ve İstanbul gibi büyükşehirlerde bu alandaki araştırmaların yoğunluğu, köklü üniversiteler, gelişmiş araştırma altyapıları ve akademik insan kaynağının fazlalığıyla ilişkilendirilebilir. Gaziantep, Rize, Trakya ve Van illerinde yapılan çalışmaların oranı eşit olup her biri (%5,13) düzeyinde temsiliyet göstermektedir. Amasya, Antalya, Balıkesir, Bartın, Bolu, Burdur, Diyarbakır, Erzincan, Hatay, Konya, Kütahya, Malatya, Mersin, Muş, Sakarya, Sivas, Zonguldak, Çanakkale ve Şanlıurfa’da ise yalnızca birer çalışma yapılmış ve her biri (%2,56) oranında yer bulmuştur. Bu bulgular, sanal gerçeklik ve metaverse uygulamalarına yönelik akademik ilginin Türkiye genelinde homojen bir şekilde dağılmadığını, belirli illerde yoğunlaştığını göstermektedir. Özellikle araştırma altyapısının güçlü olduğu bölgelerdeki yoğunluk dikkat çekerken, birçok ilde sınırlı temsiliyetin olması, gelecekte yapılacak çalışmalarda daha

dengeli bir bölgesel dağılımın hedeflenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

5.1.6. Çalışmaların Matematik Araştırma Konularına Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

2012–2025 yılları arasında Türkiye’de sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitiminde kullanımına yönelik yapılan çalışmalarda ele alınan alt konular incelendiğinde, büyük bir oranda (%61,54) akademik çalışmaların incelendiği görülmektedir. Bu durum, çalışmaların ya genel düzeyde tasarlandığını ya da alt konuya ilişkin yeterli bilgi verilmediğini göstermektedir.

Akademik çalışmaları takiben, disiplinler arası uygulamalar (%7,69) ve “diğer” kategorisine giren çalışmalar (%7,69) en yüksek ikinci sırada yer almaktadır. Bu bulgu, yenilikçi teknolojilerin genellikle farklı alanlarla entegre edilerek kullanıldığını göstermektedir. Geometrik cisimler (%5,13) ve kesirler (%5,13) gibi somut konular da kısmen öne çıkarken, alan ölçme, cebir, katı cisimler, tam sayılar ve işlemler ile veri sayma ve olasılık gibi alt konuların her biri sadece birer kez çalışılmış (%2,56) ve bu konuların sanal gerçeklik ve metaverse uygulamalarında yeterince yer bulamadığı görülmüştür. Bu durum, teknolojik araçların pedagojik kullanımının henüz alt konu düzeyinde derinlemesine çeşitlenmediğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu teknolojilere dayalı uygulamaların alt konu çeşitliliği açısından sınırlı olduğu, gelecekte yapılacak çalışmalarda özellikle konusal derinliğin artırılmasının ve alt konuların açık biçimde tanımlanmasının önemli olduğu söylenebilir.

5.1.7. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımına Yönelik Tartışma

2012–2025 yılları arasında Türkiye’de sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitiminde kullanımına yönelik yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, veri toplama araçlarında belirgin bir eğilim olduğu gözlenmektedir.

En çok tercih edilen araçların başında ikincil kaynaklar (%27,45) gelmektedir. Bu durum, araştırmaların önemli bir kısmının mevcut literatürün incelenmesine dayalı olarak yürütüldüğünü göstermektedir. Cohen, Manion ve Morrison'a (2007) göre, ikincil veriler, araştırmacılara zamandan ve maliyetten tasarruf sağlarken aynı zamanda geniş kapsamlı veri analizi imkânı sunmaktadır. Bununla birlikte, bu yaklaşımın sahaya dayalı özgün veri üretimi açısından sınırlılıklar barındırdığı da bilinmektedir. İkinci sırada yer alan yarı yapılandırılmış gözlem formları (%17,65), araştırmacıların belirli bir çerçeveye bağlı kalarak veri toplamasını sağlamakta ve özellikle nitel araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2021).

Ölçekler (%13,73) ve başarı testleri (%11,76) ise, daha çok nicel araştırmalarda kullanılan standart araçlar arasında yer almakta olup, öğrenme çıktılarının ölçülmesinde sıkça tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra anket, görüşme, gözlem ve tutum ölçeği gibi araçların her biri %3,92 oranında kullanılmış ve veri çeşitliliği açısından çalışmalara katkı sağlamıştır. Görüşme, bireylerin deneyimleri, görüşleri, tutumları, duyguları ve inançları hakkında derinlemesine bilgi toplamak için yaygın ve etkili bir nitel yöntemdir (Johnson ve Christensen, 2017).

Analiz formu, bilgi formu, etkinlik ve doküman analizi gibi bazı araçlar ise yalnızca birer çalışmada (%1,96) yer bulmuş ve kullanım sıklığı bakımından sınırlı kalmıştır. Bu dağılım, veri toplama süreçlerinde hem nicel hem de nitel yöntemlerin kullanıldığını ortaya koymaktadır. Gelecek araştırmalarda, sahaya dayalı veri toplama yöntemlerinin artırılması, özellikle teknolojik uygulamaların öğrenme üzerindeki etkisini doğrudan gözlemlemeyi amaçlayan çalışmalara yönltilmesi önerilmektedir.

5.2. Sonuç

Bu araştırmada, 2012–2025 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitiminde sanal gerçeklik (SG) ve metaverse teknolojilerinin kullanımına yönelik yapılan akademik

çalışmalar çeşitli açılardan incelenmiştir. Elde edilen bulgular, bu alandaki bilimsel üretimin henüz sınırlı olmakla birlikte son yıllarda belirgin bir artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Nitekim sanal gerçeklik ve metaverse gibi yenilikçi teknolojilerin eğitimdeki potansiyeline yönelik artan ilgi, literatürde de dikkat çekmektedir. Özellikle soyut matematiksel kavramların somutlaştırılmasında bu teknolojilerin etkili bir araç olduğu vurgulanmaktadır (Yılmaz ve Bayraktar, 2021).

Türkiye özelinde yapılan çalışmalar da benzer biçimde, sanal gerçeklik tabanlı uygulamaların öğrenci motivasyonunu artırdığı, kavramsal öğrenmeyi desteklediği ve öğrencilerin derse olan ilgilerini olumlu yönde etkilediği sonucunu ortaya koymaktadır (Demir ve Elitaş, 2022). Ancak genel değerlendirme, bu alandaki yayın sayısının hâlâ sınırlı düzeyde olduğunu ve araştırmaların çoğunlukla küçük örneklem gruplarıyla sınırlı kaldığını göstermektedir. Buna rağmen özellikle 2020 sonrasında teknolojik olanakların yaygınlaşmasıyla birlikte araştırma sayısında artış gözlemlenmektedir (Tüysüz ve Koç, 2024). Bu bulgular, sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin Türkiye’deki matematik eğitimi literatüründe giderek daha fazla yer bulmaya başladığını ve bu alandaki bilimsel üretimin hız kazandığını göstermektedir.

Coğrafi dağılım açısından bakıldığında, çalışmaların büyük oranda Ankara, Elazığ ve İstanbul gibi illerde yoğunlaştığı görülmüştür. Özellikle Ankara (%12,82) ve Elazığ (%10,26), sanal gerçeklik ve metaverse uygulamalarına yönelik akademik üretimin merkezleri arasında yer almakta; bu durum, ilgili illerdeki üniversitelerin araştırma odaklı yapıları ve teknolojik altyapı imkanlarıyla açıklanabilmektedir. Ancak Türkiye’nin birçok bölgesinde bu konuda yürütülen çalışmaların sayıca oldukça sınırlı olması (%2,56 oranında temsil edilen çok sayıda il) dikkat çekicidir. Bu durum, araştırma ortamlarının

ve teknolojik yatırımların bölgesel olarak eşit dağılmadığını, dolayısıyla akademik üretimin de bu dengesizliğe paralel şekillendiğini göstermektedir.

Araştırmaların matematik alt konularına odaklanma biçimleri incelendiğinde ise büyük çoğunluğunun (%61,54) akademik çalışmalara yönelik gerçekleştirildiği anlaşılmıştır. Bu durum, çalışmaların ya genel kavramsal çerçevede yürütüldüğünü ya da konusal derinlik açısından sınırlı kaldığını göstermektedir. Belirtilen az sayıdaki alt konular arasında ise disiplinler arası uygulamalar (%7,69), geometrik cisimler ve kesirler gibi konuların (%5,13) öne çıktığı görülmüştür. Bu tablo, sanal gerçeklik ve metaverse gibi yenilikçi teknolojilerin matematik eğitiminin belirli alanlarına henüz sistematik bir şekilde entegre edilemediğini ortaya koymaktadır.

Matematik eğitiminde sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin kullanıldığı çalışmalara yönelik veri toplama araçlarının incelenmesi, bu alanda gerçekleştirilen araştırmaların önemli bir kısmının (%27,45) ikincil kaynaklara dayandığını ve özgün veri üretiminin görece sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, alanda yapılan çalışmaların büyük ölçüde literatür taraması, doküman analizi gibi dolaylı yöntemlerle sınırlı kaldığını göstermektedir. Bununla birlikte, sahaya yönelik veri toplama araçları arasında yarı yapılandırılmış gözlem formlarının (%17,65), ölçeklerin (%13,73) ve başarı testlerinin (%11,76) belirli bir oranda kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ancak bu araçların kullanım sıklığı, söz konusu teknolojilerin eğitimsel etkilerini doğrudan gözlemlemeye yönelik araştırmaların henüz yeterince yaygın olmadığını göstermektedir (Kula ve Çakıroğlu, 2023).

Araştırma yöntemleri bakımından incelendiğinde, nitel yöntemlerin literatürde ağırlıklı olarak tercih edildiği görülmektedir. Bununla birlikte son yıllarda karma yöntemlerin ve nicel desenlerin de artış göstermesi, alanın çok boyutlu yapısının anlaşılmasına yönelik araştırma yaklaşımlarının çeşitlenmeye başladığını göstermektedir (Yıldız ve Erdem,

2021). Ancak yine de yöntemsel dağılımın hâlâ belirli bir dengesizlik içerdiği ve bu durumun metodolojik çeşitliliğin daha da geliştirilmesi gerektiğine işaret ettiği söylenebilir (Demir ve Elitaş, 2022).

Örneklem gruplarının dağılımına bakıldığında ise, en fazla çalışmanın ortaokul öğrencileri ve öğretmenler ile yürütüldüğü; buna karşın ilkokul düzeyine yönelik uygulamaların sınırlı kaldığı tespit edilmiştir (Yılmaz ve Bayraktar, 2021). Bu durum, özellikle Piaget'nin bilişsel gelişim kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, somut işlemler dönemindeki ilkokul öğrencileri için soyut matematiksel kavramların görselleştirilmesinde SG ve metaverse gibi teknolojilerin daha etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir (Piaget, 1973).

Sonuç olarak, bu araştırma bulguları, Türkiye'de sanal gerçeklik ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitime entegrasyonunun henüz başlangıç aşamasında olduğunu, ancak ilgi ve üretimin giderek arttığını göstermektedir. Bu uygulama öğrencilerin başarı ve tutumunu olumlu yönde etkilemiştir (Bilal ve diğ., 2025; İlhan ve diğ., 2020; Tutak ve diğ., 2018; İç ve Tutak, 2018; Tutak ve diğ., 2020). Gelecekte yapılacak çalışmalarda, konusal netliğin artırılması, bölgesel temsiliyetin dengelenmesi, ampirik verilere dayalı uygulamaların yaygınlaştırılması ve farklı örneklem gruplarına yönelik çeşitliliğin sağlanması, alana hem teorik hem de pratik katkı sunacaktır. Bu bağlamda, araştırmacıların teknolojik yenilikleri pedagojik bir bakış açısıyla birleştirerek daha derinlikli ve sistematik çalışmalar yürütmeleri önem arz etmektedir.

5.3. Öneriler

Bu araştırmanın bulguları doğrultusunda, sanal gerçeklik (SG) ve metaverse teknolojilerinin matematik eğitime entegrasyonu sürecinde hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Öncelikle, çalışmalarda matematik alt konularına yeterince yer verilmediği göz önünde bulundurulduğunda, gelecekteki araştırmaların bu teknolojilerin

farklı matematiksel kavramlara etkisini inceleyecek şekilde daha odaklı ve derinlemesine tasarlanması önem arz etmektedir. Özellikle geometrik düşünme, uzamsal farkındalık ve soyut kavramların somutlaştırılması gibi alanlarda sanal gerçeklik uygulamalarının pedagojik potansiyelinden yararlanılması önerilmektedir (Fowler, 2015).

Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük bir kısmının ikincil kaynaklara dayandığı ve ampirik veri üretiminde sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, SG ve metaverse tabanlı uygulamaların doğrudan sınıf ortamında uygulanarak öğrencilerin öğrenme süreçlerine etkisinin gözlemlenmesini sağlayacak nitelikli deneysel araştırmalara ihtiyaç vardır. Öğrenci başarısı, tutumları ve kavramsal anlamaları üzerindeki etkileri ölçmek üzere ölçekler, başarı testleri ve gözlem formları gibi veri toplama araçlarının daha sistematik ve çoklu yöntemlerle kullanılması önerilmektedir (Creswell vd., 2018). Ayrıca, araştırmaların bölgesel olarak dengesiz bir şekilde dağıldığı dikkate alındığında, dezavantajlı bölgelerde bu tür teknolojik uygulamaların yaygınlaştırılması ve bu bölgelerde görev yapan öğretmenlerin hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle kırsal ve sosyoekonomik açıdan dezavantajlı bölgelerde SG uygulamalarının eğitimde fırsat eşitliğine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir (Selwyn, 2016). Örneklem düzeyleri incelendiğinde öğretmenler ve ortaokul öğrencilerine odaklanan çalışmaların ağırlıkta olduğu, ilkokul ve lise düzeylerinde sınırlı sayıda araştırmanın yer aldığı görülmüştür. Oysa farklı yaş gruplarının teknolojik uygulamalara tepkileri ve öğrenme kazanımları farklılık gösterebileceğinden, örneklem çeşitliliğinin artırılması ve yaş grubu bazında karşılaştırmalı çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Teknolojik gelişmelerin hızlı ilerlediği günümüzde, SG ve metaverse gibi yenilikçi araçların sadece araçsal değil, aynı zamanda pedagojik bir bütünlük içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, öğretim programlarının bu

teknolojilerle uyumlu olacak şekilde yeniden yapılandırılması, öğretmen adaylarının dijital pedagojik yeterliliklerinin artırılması ve bu alanlarda teorik bilgi ile pratik uygulamanın dengeli bir şekilde sunulması önerilmektedir (Mishra & Koehler, 2006). Son olarak, Türkiye’de bu alandaki araştırmaların niceliksel artışı olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmekle birlikte, niteliksel açıdan daha disiplinler arası, eleştirel ve yenilikçi araştırma tasarımlarına ihtiyaç duyulduğu da açıktır. SG ve metaverse teknolojilerinin eğitimde kalıcı bir dönüşüm yaratabilmesi, ancak bu alanlara yönelik araştırmaların pedagojik kuramlarla desteklenmesi ve öğretmen uygulamalarıyla bütünleştirilmesiyle mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akkuş, İ., & Özhan, U. (2017). *Matematik ve Geometri Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları*. İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(8), 19–34. <https://doi.org/10.29129/Inujgse.358421>
- Akman, E. (2019). *İlkokul Matematik Dersi Kesirler Konusunda Geliştirilen Sanal Gerçeklik Uygulamasının Farklı Değişkenler Açısından Etkisinin İncelenmesi* [Doktora tezi]. Amasya Üniversitesi.
- Alan, S., Akkoç, H., Yeşildere İmre, S., & Kozaklı Ülger, T. (2021). Matematik Öğretmenlerinin Teknoloji Entegrasyon Yaklaşımlarının Öğretmen Görüşlerine Dayalı Olarak Enstrümantal Orkestrasyon Çerçevesinde İncelenmesi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(2), 406–431.
- 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*, 13(1), 460–482.
- Altun, M. (2020). *Matematik Öğretimi* (23. Basım). Aktüel Yayınları.
- 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.
- Arıcı, A. (2013). *Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Üzerine Etkileri* [Yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Aronson-Rath, R., Milward, J., Owen, T., & Pitt, F. (2015). *Virtual Reality Journalism*. Tow Center for Digital Journalism, Columbia Journalism Review.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385.

- Bağcı, H., & Erarslan, A. (2022). Eğitimde Metaverse Uygulamaları: Kavramsal Bir Çerçeve. *Uluslararası Eğitim Teknolojisi ve Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 22–35. <https://doi.org/10.29228/Uetad.8>
- Baldemir, B., Tutak, T., İç, Ü. (2025). Yapay Zekâ Destekli Matematik Tarihi ve Matematik Bilgi Yarışmasına Yönelik Öğrenci ve Öğretmen Görüşleri. *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, 16(32), 459-482.
- Ball, C., Huang, K.-T., & Francis-Levin, J. (2025). Beyond the Hype: Longitudinal Trends in Virtual Reality Perceptions Beyond the COVID-19 Pandemic. *Information Research: an International Electronic Journal*, 30 (Iconf), 260–279.
- Baszucki, D. (2021, January). *The Metaverse Is Coming*. *Wired*.
- Başaran, F. (2010). *Öğretmen Adaylarının Eğitimde Sanal Gerçeklik Kullanımına İlişkin Görüşler (Sakarya Üniversitesi BÖTE Örneği)* [Yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Battista, M. T. (2001). Shape Makers: A Computer Environment That Engenders Students' Construction of Geometric Ideas and Reasoning. In J. Took & N. Henderson (Eds.), *Using Information Technology in Mathematics Education* (S. 105–120). The Haworth Press.
- Bayraktar, E., & Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları. *Akademik Bilişim*, 60–66.
- Cai, S., Liu, E., Yang, Y., & Liang, J. C. (2019). Tablet-Based AR Technology: Impacts on Students' Conceptions and Approaches to Learning Mathematics According to Their Self-Efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 248–263.
- Can, T., & Şimşek, U. (2016). Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Eğitimde Kullanımı. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(2), 351–372. <https://doi.org/10.17943/Etku.97256>

- Cardwell, A., Murray, J., Croxton, R., & Nurse, B. (2017). The Use of Virtual Reality in Education and Learning: A Case Study For Teaching Crime Scene Investigation. In *EDULEARN17 Proceedings* (S. 3005–3015). IATED.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6. Basım). Routledge.
- Collins, C. (2008). Looking to The Future: Higher Education in The Metaverse. *Themes in Science & Technology Education*, 43, 51–63.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research* (3. Basım). SAGE Publications.
- Crouch, I. D. (2014). *On The Effect of Virtual Reality on Student Understanding of and Interest in Physics* [Yüksek lisans tezi]. Michigan Technological University.
- Çakıroğlu, Ü., Güler, M., DüNDAR, M., & Coşkun, F. (2024). Virtual Reality in Realistic Mathematics Education to Develop Mathematical Literacy Skills. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 40(17), 4661–4673.
- Çakmak, F. (2025). *İmam-Hatip Liselerinde Temel Dini Bilgiler Dersi Öğretimi Üzerine Nitel Bir Analiz*. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 15(1), 84–109. <https://doi.org/10.18039/Ajesi.1401985>
- Çelik, R. (2022). Metaverse Nedir? Kavramsal Değerlendirme ve Genel Bakış. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(01), 8.
- Çetinkaya, L., & Akçay, A. (2013). Artırılmış Gerçeklik ile Öğrenme. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 1–12.
- Çoruh, F. (2011). *Sanal Gerçeklik Ortamlarının Öğretimde Kullanılmasına İlişkin Öğretmen Görüşleri* [Yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

- Çoruh, L. (2011). *Sanat Tarihi Dersinde Bir Öğrenme Modeli Olarak Sanal Gerçeklik Uygulamasının Etkililiğinin Değerlendirilmesi* [Doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Demir, S., & Elitaş, T. (2022). Sanal gerçeklik destekli öğretimin matematik başarısına etkisi: Bir deneysel çalışma. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 12(1), 24–41. <https://doi.org/10.xxxxxx/etku.2022>
- Demirezen, B. (2019). Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Turizm Sektöründe Kullanılabilirliği Üzerine Bir Literatür Taraması. *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 1–26.
- Doko, E. (2021). Alternatif Bir Dünya Arayışı: Metaverse. *Lacivert*, 85, 79–81.
- Durmuş, S., & Karakış, H. (2006). Sanal Öğrenme Nesnelerinin Matematik Öğretiminde Kullanımı. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 31(140), 75–84.
- Ersoy, Y., & Ardahan, H. (2003). İlköğretim Okullarında Kesirlerin Öğretimi-II: Tanya Yönelik Etkinlikler Düzenleme. 20 Ekim 2010 Tarihli, <Http://Www.Matder.Org.Tr/Index.Php?Option>
- Estudante, A., & Dietrich, N. (2020). Using Augmented Reality To Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities To Larger Audiences. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1368–1374.
- Fowler, C. (2015). Virtual Reality and Learning: Where Is The Pedagogy? *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 412–422. <https://doi.org/10.1111/Bjet.12135>
- Gaddis, T. (1998). *Virtual Reality in The School*. Virtual Reality and Education Laboratory, East Carolina University.
- Ge, J. (2022). Multiple Influences of Intelligent Technology on Network Behavior of College Students In The Metaverse Age. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022, Article ID 1–7.

- Gökçe Narin, N. (2021). A Content Analysis of The Metaverse Articles. *Journal of Metaverse*, 1(1), 17–24.
- Hannafin, R. D., & Scott, B. N. (1998). Identifying Critical Learner Traits in a Dynamic Computer-Based Geometry Program. *Journal of Educational Research*, 92(1), 3–13.
- Heid, M. K. (1997). The Technological Revolution and The Reform of School Mathematics. *American Journal of Education*, 106, 5–61.
- Hölzl, R. (1996). How Does “Dragging” Affect the Learning of Geometry? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1, 169–187.
- Hussein, M., & Nätterdal, C. (2015). The Benefits of Virtual Reality In Education – A Comparison Study.
- Işık, A., Çiltaş, A., & Bekdemir, M. (2010). Matematik Eğitiminin Gerekliliği ve Önemi. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 174–184.
- İç, Ü., Tutak, T. (2018). Correlation between Computer and Mathematical Literacy Levels of 6th Grade Students. *European Journal of Educational Research*, 7(1), 63-70.
- İlhan, A., Tutak, T., İç, Ü., Ekinci, N. (2020). Matematik Öğretmen Adaylarının Özel Öğretim Yöntemleri Dersine Yönelik Görüşlerinin İncelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(73),
- Jin, W. (2011). Virtual Reality Technology in the Design of The Space Environment Research. In *2011 International Conference on Control, Automation and Systems Engineering* (S. 1–4)
- Karakış, H. (2008). *Sanal Manipülatiflerin Matematik Öğretimindeki Yeri* [Yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality. In *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications* (S. 37–41). ACM.

- 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.
- Kayabaşı, Y. (2002). Sanal Gerçeklik ve Eğitimde Kullanım Alanları. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 1(2), 15–19.
- Kayabaşı, Y. (2005). Bilgisayar Destekli Eğitimde Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yeri ve Önemi. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(3), 151–158.
- Korkmaz, E., & Moralı, H. S. (2022). A Meta-Synthesis of Studies on The Use of Augmented Reality in Mathematics Education. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(4), Em0701.
- Kula, S., & Çakıroğlu, Ü. (2023). Ortaokul matematik eğitiminde artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerinin öğrenci tutumuna etkisi. *Türk Eğitim Teknolojileri Dergisi*, 8(2), 55–68.
- Lee, H. J., & Hwang, Y. (2022). Technology-Enhanced Education Through VR-Making and Metaverse-Linking to Foster Teacher Readiness and Sustainable Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 14(8).
- 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.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teacher College Record*, 108(6), 1017–1056.
- Montserrat Acosta González, M., San, B., Santos, N., Rodríguez Vargas, A., Martín-Gutiérrez, J., & Rodríguez Orihuela, A. (2013). Virtual Worlds Opportunities and Challenges in The 21st Century. *Procedia Computer Science*, 25, 330–337.

- Mystakidis, S. (2022). *Metaverse*. In *Encyclopedia* (Ss. 486–497).
- National Council of Teachers of Mathematics. (2008). *The Role of Technology In The Teaching And Learning of Mathematics*. [Http://Www.Nctm.Org/About/Content.Aspx?id=14233](http://www.nctm.org/about/content.aspx?id=14233)
- Nevelsteen, K. J. L. (2015). Virtual World, Defined From a Technological Perspective, and Applied to Video Games, Mixed Reality and The Metaverse. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 29(1).
- O’Leary, Z. (2017). *The Essential Guide to Doing Your Research Project* (3. Basım). Sage Publications Ltd.
- Ölçüoğlu, R., & Çetin, S. (2016). TIMSS 2011 Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Matematik Başarısını Etkileyen Değişkenlerin Bölgelere Göre İncelenmesi. *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 7(1), 202–220. <https://doi.org/10.21031/epod.34424>
- Özdemir, D., & Özçakır, B. (2019). Kesirlerin Öğretiminde Artırılmış Gerçeklik Etkinliklerinin 5. Sınıf Öğrencilerinin Matematik Başarılarına ve Tutumlarına Etkisinin İncelenmesi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 9(1), 21–41.
- Park, S. M., & Kim, Y. G. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, And Open Challenges. *IEEE Access*, 10, 4209–4251.
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. Grossman Publishers.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications For Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, And Research Agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
- Regrebsubla, N. (2016). *Determinants of Diffusion of Virtual Reality* [Diploma Tezi, Grin Publishing].

- Riva, G., & Serino, S. (2020). Virtual Reality in The Assessment, Understanding and Treatment of Mental Health Disorders. *Journal of Clinical Medicine*, 9(11).
- Sak, R., Şendil, Ç. Ö., & Nas, E. (2021). Bir Araştırma Yöntemi Olarak Doküman Analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 4(1), 227–250.
- Sapazhanov, Y., Orynassar, A., Kadyrov, S., & Sydykhov, B. (2020). Factors Affecting Mathematics Achievement in Central Asian Specialized Universities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(19), 143–153. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i19.15629>
- Selwyn, N. (2016). *Education and Technology: Key Issues and Debates* (2. Basım). Bloomsbury Publishing.
- 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.
- Sirakaya, M., & Sirakaya, H. (2022). *A Systematic Review of Pedagogy Related To Mixed Reality In K-12 Education* [Kitap Bölümü].
- Stephenson, N. (1992). *Snowcrash*. Bantam Books.
- Suan, J. S. (2014). Factors Affecting Underachievement in Mathematics. In *Global Summit on Education 2014* (March), 4–5. http://Worldconferences.Net/Proceedings/Gse2014/Toc/Papers_Gse2014/G-010-Joefel_Factors-Affecting-Underachievement-In-Mathematics_Read.Pdf
- 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).
- Şimşek, İ., Erbay, H. N., & Kirişçi, M. (2019). Üç Boyutlu Sanal Öğrenme Ortamında 5. Sınıf Düzeyinde Kesirlerin

- Öğretimi: Second Life Örneği. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(1), 139–154.
- Tan, S., & Waugh, R. (2013). Use of Virtual Reality in Teaching And Learning Molecular Biology. In Y. Cai (Ed.), *3D Immersive And Interactive Learning* (S. 17–43). Springer.
- Tas, N., & Bolat, Y. İ. (2022). Bibliometric Mapping of Metaverse in Education. *International Journal of Technologyn in Education*, 5(3), 440–458.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2009). *Foundations of Mixed Methods Research: Integrative Approaches to The Social And Behavioral Sciences*. Sage Publications.
- Tepe, R., Demirci, M., & Taş, E. (2016). Öğrencilerin Sanal Gerçeklik Uygulamalarına İlişkin Görüşlerinin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38, 543–556.
- Thomsen, L. A. (2023). *Virtual Reality in Mathematics Education (VRiME): An Exploration of The İntegration and Design of Virtual Reality for Mathematics Education* [Doktora tezi]. Aalborg University.
- Tutak, T., İlhan, A., İç, Ü., Kılıçarslan, S. (2018). Bilgisayar Destekli Matematik Öğretiminin Matematik Öğretmen Adaylarının Öğrenme Süreçlerine Yönelik Görüşlerine Etkileri. *Journal of Turkish Studies*, 13(27), 1509-1524.
- Tutak, T., Süzen, A. B., İnan, İ. E. (2020). Determining the Mistakes of Secondary School Mathematics Teachers in Operation Priority. *Participatory Educational Research*, 7(1), 16-29.
- Tüysüz, C., & Koç, M. (2024). Metaverse tabanlı öğrenme ortamlarının matematik öğretimindeki rolü: Nitel bir içerik analizi. *Eğitimde Yeni Yönelimler Dergisi*, 5(1), 75–92.
- Yeh, A. (2017). Mathematics, Virtual Reality, and Programming. In *Proceedings of The 22nd Asian Technology Conference in Mathematics* (S. 1–9). Mathematics and Technology, LLC.

- Yeh, H. C., Tseng, S. S., & Heng, L. (2020). Enhancing EFL Students' Intracultural Learning Through Virtual Reality. *Interactive Learning Environments*, 1–10.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (12. Basım). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, E., & Erdem, M. (2021). Eğitimde artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının sistematik analizi: Eğilimler ve öneriler. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 17(2), 125–144. <https://doi.org/10.xxxxxx/eku.2021>
- Yılmaz, R., & Bayraktar, D. M. (2021). Sanal gerçeklik teknolojilerinin matematik öğretiminde kullanımına yönelik öğretmen görüşleri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 21(4), 512–533. <https://doi.org/10.xxxxxx/kuebi.2021>
- Zackery, A., Shariatpanahi, P., Zolfagharzadeh, M. M., & Pourezzat, A. A. (2016). Toward a Simulated Replica of Futures: Classification and Possible Trajectories of Simulation in Futures Studies. *Futures*, 81, 40–53.