

Analysis of Studies Conducted in the Context of Augmented and Virtual Reality in the Field of Mathematics Education in Turkey: A Meta-Synthesis Research

Türkiye’de Matematik Eğitimi Alanında Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Bağlamında Gerçekleştirilen Çalışmaların Analizi: Bir Meta-Sentez Araştırması

Fatma Kartal *

Sakarya University

[0009-0003-1413-4579](https://orcid.org/0009-0003-1413-4579)

Merve Gençer

Sakarya University

[0009-0001-2547-1437](https://orcid.org/0009-0001-2547-1437)

Şeyda Gökçe

Sakarya University

[0009-0000-3708-551X](https://orcid.org/0009-0000-3708-551X)

Esra Ceylan

Sakarya University

[0009-0001-7422-3579](https://orcid.org/0009-0001-7422-3579)

Özkan Ergene

Sakarya University

[0000-0001-5119-2813](https://orcid.org/0000-0001-5119-2813)

Received [Geliş]

22.9.2024

Accepted [Kabul]

28.5.2025

* Mail address

fatma.kartal5@ogr.sakarya.edu.tr

Keywords

Meta synthesis, virtual reality,
aaugmented reality,
mathematics education.

Anahtar Kelimeler

Meta-sentez, sanal gerçeklik,
artırılmış gerçeklik, matematik
eğitimi.



Content of this journal is
licensed under a Creative
Commons Attribution-
NonCommercial 4.0
International License.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine research on augmented reality and virtual reality applications in the field of mathematics education between 2005 and 2023 using the meta-synthesis method. A total of 40 studies—comprising 20 articles selected from databases such as YÖK Thesis, Google Scholar, Dergipark, Scopus, ERIC, WoS, ProQuest as well as 13 master's theses and 7 doctoral dissertations—were analyzed based on various criteria. The analysis of these studies was conducted using the "Evaluation Form" developed by the researchers. The analysis of the data revealed that most of the studies were conducted between 2022 and 2023. It was found that the majority of the sample groups consisted of students, with middle school students (5th to 8th grades) being the most frequently studied, and that quantitative methods were predominantly used. Virtual teaching materials were the most commonly employed data collection tools in the studies. It was also determined that most of the studies on the use of augmented and virtual reality applications in mathematics education focused on geometry and measurement, while no studies were identified in the domain of data analysis and learning. When the results of the studies were considered holistically, it was observed that researchers emphasized the positive effects of augmented and virtual reality applications on teaching. It is suggested that future studies could explore the use of augmented and virtual reality applications in mathematics education across various topics with different student groups at diverse educational levels.

Öz

Bu çalışmanın amacı, 2005-2023 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamalarına yönelik araştırmaların meta-sentez yöntemi kullanılarak incelenmesidir. Çalışmanın amacına yönelik YÖKTEZ, Google Akademik, Dergipark, Scopus, ERIC, WoS, ProQuest gibi veri tabanları ve kaynaklardan seçilen 20 makale, 13 yüksek lisans tezi ve 7 doktora tezi olmak üzere toplam 40 araştırmanın farklı kriterler çerçevesinde analizi yapılmıştır. Çalışmaların analizi araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan "Değerlendirme Formu" ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmadaki verilerin analiz edilmesi ile çalışmaların en fazla 2022 ve 2023 yıllarında gerçekleştirildiği görülmüştür. Örneklem türlerinin büyük çoğunluğunu öğrencilerin oluşturduğu, çalışılan öğrenci grupları arasında en çok ortaokul öğrencilerinin (5.sınıf-8.sınıf) bulunduğu ve nicel yöntemli çalışmaların yürütüldüğü bulgusuna ulaşılmıştır. Araştırmalarda veri toplama aracı olarak sanal öğretim materyali daha fazla kullanılmıştır. Matematik eğitiminde artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan çalışmaların çoğunlukla geometri ve ölçme alanında yapıldığı, veri analizi öğrenme alanında ise çalışmanın olmadığı belirlenmiştir. Araştırmaların sonuçları bütüncül olarak ele alındığında, araştırmacıların artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının, öğretime yönelik olumlu etkilerine vurgu yaptıkları görülmüştür. Matematik eğitiminde artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının çeşitli konular çerçevesinde farklı düzeydeki öğrenci grupları ile çalışılması önerilebilir.

Giriş

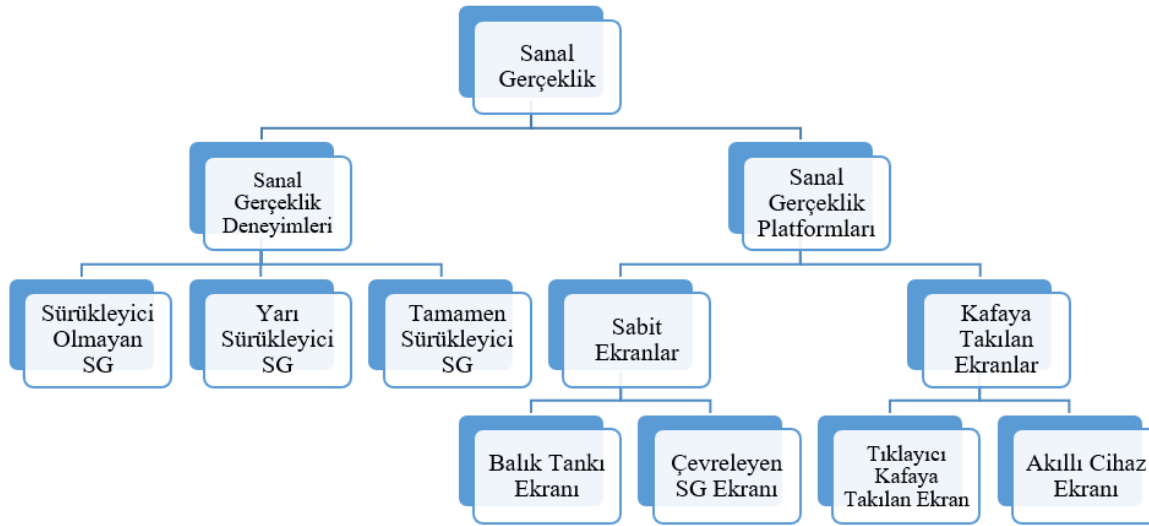
Teknoloji, yaşamın hemen her alanında etkisini hissettirmekte, hızla gerçekleşen teknolojik gelişmeler insan ve toplum hayatında değişimlere neden olmaktadır (Yulianti & Sulistiyawati, 2020). Teknolojik cihazlar ve uygulamalar insanların öğrenme, iletişim kurma, çalışma ve birbirleriyle etkileşim içinde olmalarını sağlamaktadır (Chen vd., 2020; Kenski, 2008). Bireylerin gelişen teknolojiye uyum sağlayabilmesi amacıyla eğitim ortamlarında teknoloji desteği ihtiyacı oluşmuştur (Şahin & Yılmaz, 2020). Eğitimde teknolojinin kullanımı ve yaygınlaşması eğitim ortamlarını da büyük ölçüde etkilemiştir. Bu etki, sadece öğretim programını, eğitim kaynaklarını, ders kitaplarını ve sınıf ortamını değil; aynı zamanda öğretim uygulamalarını, yöntem ve tekniklerini, öğrencilerin öğrenme stratejilerini, başarılarını, duyuşsal özelliklerini ve becerilerini farklılaştırmıştır (Akapame vd., 2019; Chen vd., 2020; Clements vd., 2013; Hoyles, 2018; Ozyurt & Ayaz, 2022; Roschelle vd., 2017; Bicer & Capraro, 2016; Higgins vd., 2019).

Son yıllarda, teknolojik gelişmelerin eğitime entegrasyonu artmakta ve bu alanda yapılan yoğun çalışmalarla birlikte teknoloji öğretimde önemli hale gelmektedir (Alkan, 2005). Bu bağlamda çok sayıda eğitim kurumunun, dijital vatandaşlığı ilerletmek, çevrimiçi ortamda gerekli olan nezaketi öğretmek, karma ve çevrim içi eğitimde teknolojiyi dijital hak ve sorumlulukları gözeterek kullanmayı teşvik etmek, kullanışlı eğitim ortamları hazırlamak ve öğretimi daha etkili hale getirmek için eğitim teknolojilerinden faydalandığı görülmektedir (Becker vd., 2017). Eğitim teknolojilerine, Web 2.0 araçları, bulut bilişim, mobil teknolojiler, metaverse, yapay zekâ ve 3B yazıcılar örnek olarak verilebilir. Benzer şekilde artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları da eğitim öğretimde kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojideki artırılmış ve sanal gerçeklik gibi yeniliklerin eğitim ortamlarında yapılandırılmış bir şekilde kullanılması kavramların anlaşılması açısından yararlıdır (Çankaya & Girgin, 2018; Çakır & Korkmaz, 2019).

Gerçeklik algısını, gerçek görüntüleri sanal nesne ve animasyonlarla ilişkilendirerek etkileyen artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojisi, eğitsel içeriklerin hazırlanmasında sıklıkla tercih edilmesiyle ön plandadır. Artırılmış ve sanal gerçeklik anlayarak öğrenmede etkili olup soyut kavramların anlaşılması ve soyut kavramları somutlaştırarak gözlem fırsatı sağlaması açısından faydalıdır (Yıldırım, 2018). Sanal gerçeklik uygulamalarının daldırma mekanizması öğrencilerin motivasyonlarını artırma, ilkeleri keşfetme ve soyut şeyleri görselleştirme konusunda önemli avantajlara sahiptir (Wang vd., 2018). Artırılmış gerçeklik kullanan kişinin gerçek dünyayı konumlandırılmış sanal objelerle algılaması ile ilgiliyken; sanal gerçeklik, kullanan kişiyi tam olarak sanal ortama dâhil eden bir teknolojidir (Azuma, 1997). Artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamaları, geleneksel bir öğretim yöntemi olmadığı için eğitim ve öğretimde kullanıcılarda merak uyandırmaktadır (Schutera vd., 2021). Aynı zamanda artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerinin, kişide yaparak yaşayarak öğrenmeye benzer bir tecrübe oluşturmaları açısından yapılandırmacı yaklaşım ile uyduğu söylenmektedir (Rose, 1995; Taşkıran vd., 2015).

Sanal gerçeklik (SG) gerçek bir durumun bilgisayar ortamında tasarlanıp, kişiye tasarlanan alandaymış gibi hissettirerek kişinin bu alandaki nesnelerle etkileşime girmesiyle oluşan sanal bir dünyadır (Slater & Sanchez-Vives, 2016) ve bireylerin bilgisayar ortamında oluşturulan bir dünyada etkileşimde bulunmalarını sağlayarak, gerçek durumların deneyimlenmesine olanak tanır (Fowler, 2023). SG' nin amacı, üç boyutlu (3B) sanal dünya yansıtarak, gerçeğe benzer ancak gerçek olmayan koşullar sağlayarak görsel, işitsel ve dokunsal duyuları yanıltmaktır. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan teknolojiler, baş ve vücut hareketlerini izlemek amacıyla kullanılan gözlükler, işitilen seslere derinlik hissi vermeyi sağlayan stereo kulaklıklar ve kişinin ortamdaki nesneleri kontrol etmesi için takılan veri eldivenleridir (Gutierrez vd., 2008). Birey bu şekilde, sanal dünyaya girdiği andan itibaren üç boyutlu nesnelerle etkileşime girebilir, nesneleri görebilir ve nesnelere dokunabilir. SG ilk olarak 1960' lardan itibaren askeri eğitsel simülasyonlarda kullanılırken, günümüzde eğitim, mühendislik alanları, mimari tasarım, tıbbi uygulama, oyun, havacılık, farklı sporlar ve diğer birçok alanda kullanılmaktadır (Hui-Zhen & Zong-Fa, 2013; Liu vd., 2017). SG teknolojisinin eğitimde kullanılmasıyla potansiyel olarak tehlikeli veya pahalı araştırmalar için ortam sağlanabilir, sanal bir nesne ya da varlık sanki gerçekmiş gibi incelenebilir, normalde bir

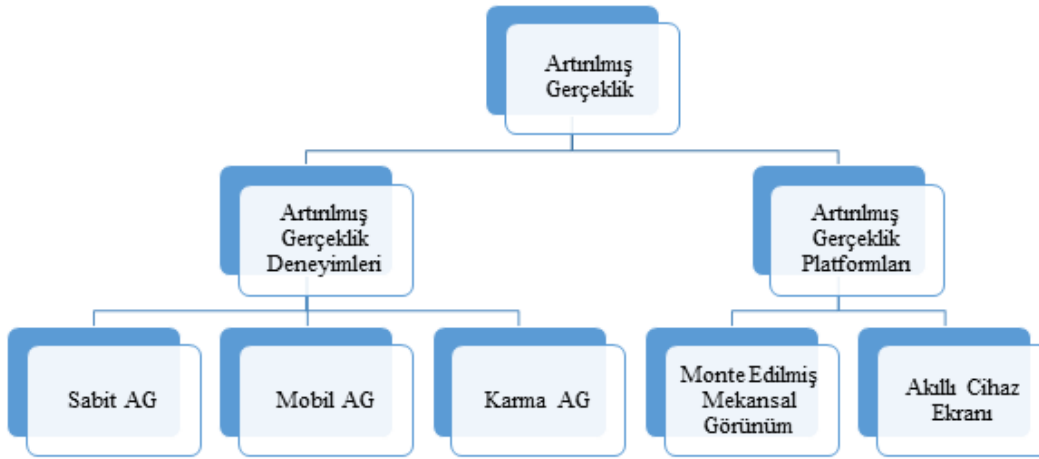
hayvan veya belirli bir malzeme gerektiren deneyler yapılabilir; operasyonlar, uygulamalar, çözümler, etkinlikler ve toplantılar izlenebilir veya gerçekleştirilebilir (Boz, 2019). Sanal gerçeklik deneyimlerinin türleri ve eşlik eden platformlar Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Sanal gerçeklik deneyimlerinin türleri ve eşlik eden platformlar

SG deneyimleri sürükleyici olmayan, yarı sürükleyici ve tamamen sürükleyici biçiminde üç kategoriye ayrılır (Şekil 1). Sürükleyici olmayan SG teknolojisinde oluşturulan sanal ortamla doğrudan irtibat kurulamamaktadır. Kullanıcının hareketini algılayan ve sanal dünya ekranına aktaran hareket sensörleri, oyun konsolları, fare gibi aygıtlar kullanılır. Wii Sports gibi video oyunlar sürükleyici olmayan SG örneğidir. Yarı sürükleyici SG ise kısmen sanal bir ortam sağlar ve genellikle eğitim amaçlı olup uçuş simülatörleri buna örnek olarak verilebilir. Diğer SG deneyimi olan tamamen sürükleyici SG ise kullanıcılara mümkün olan en gerçekçi deneyimi sağlar. Kafaya takılan ekran tam vücut dokunsal geri bildirim verir. Sanal gerçeklik gözlükleri bunun en güzel örneğidir. SG platformları sürükleyici deneyimlerin kullanıcıya aktarılmasında kilit rol oynar. Kontroller eylemlerin düğmelerle gerçekleştirildiği sabit ekranlar ya da kullanıcıların eylemleri fiziksel olarak gerçekleştirmesine olanak sağlayan başa monte ekranlar şeklinde olabilir. Sabit ekranlar SG'nin daha az sürükleyici kısmına hitap ederken, kafaya takılan ekranlar daha fazla sürükleyici bir deneyim sağlayabilir (Lai & Cheong, 2022).

Artırılmış gerçeklik (AG); sanal nesnelerin gerçek dünyayla harmanlandığı, aynı zamanda gerçek ve sanal nesnelerin birbirleriyle etkileşim halinde olduğu bir teknoloji şeklinde açıklanmaktadır (Azuma, 1997). AG teknolojisi sanal nesneleri, gerçek dünyamıza yerleştirerek gerçek dünyadaki nesnelerin yanında ve aynı boyutta görmemizi sağlamaktadır. AG fiziksel olarak bulunduğumuz ortamın görüntüsü ile dijital ortamda üretilen görsel veya işitsel verilerin eş zamanlı birleşiminden oluşmaktadır (Hazneci, 2019). AG teknolojisini kullanmak için internet bağlantısı, akıllı gözlük, akıllı telefon veya tabletler ve bu cihazlara kurulu AG uygulamaları gerekmektedir. Daha sonra cihaz AG için tasarlanan görselin üzerine tutulduğunda cihaz nesneyi/görseli algılayarak yeni üç boyutlu görüntü ortaya çıkarmaktadır (Boz, 2019). Artırılmış gerçeklik deneyimlerinin türleri ve eşlik eden platformlar Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Artırılmış gerçeklik deneyimlerinin türleri ve eşlik eden platformlar

AG deneyimleri sabit, mobil ve karma olmak üzere üç kategoriye ayrılır (Şekil 2). Sabit AG belli bir konuma sabitlenen ve kullanıcıların konum değiştirme esnekliğine çok az sahip olduğu sistemlerdir. Mobil AG de donanımı taşınabilir olmasıyla birlikte kullanıcılara arayüzü her yerde kullanma olanağı sağlar. Akıllı cihazlar ana platform olarak kullanılır. Karma AG ise hem sabit AG hem de mobil AG'nin birleşimidir. AG teknolojisinde sanal ve gerçek dünyayı birleştirmek için ekran teknolojileri kullanılır. Kullanıcı AG'yi iki farklı şekilde görüntüleyebilir. Bunlar uzamsal AG'yi mümkün kılan monte edilmiş mekânsal görünüm ekranı ve sanal nesnelerin yalnızca ekranda görüldüğü akıllı cihaz ekranlarıdır (Lai & Cheong, 2022).

Askeri, sağlık ve güvenlik alanlarında AG'nin ilk uygulama örnekleri görülmüştür (İçten & Bal, 2021). Son yıllardaki gelişmelerle birlikte AG'nin kullanımı kolaylaşmış ve bu sayede ortaokuldan üniversiteye kadar rahatlıkla kullanılmaya başlanmıştır (Akçayır & Akçayır, 2017). AG teknolojisinin eğitimde kullanılmasıyla öğrenciler öğrendikleriyle ilgili yerlerde dolaşabilir, diğer ülkelerdeki müze, botanik veya hayvanat bahçelerini ziyaret edebilir, geometrik şekillerin içinde durabilir, simülasyonlarla alet ve makinelerden yararlanabilir, çevresini sanki başkasının bedenindeymiş gibi gözlemleyebilir ve böylece öğretmenlerinin öğrettiklerini içselleştirip hissedebilirler (Erbaş & Demirel, 2015). Benzer şekilde matematik eğitiminde soyut kavramların somutlaştırılması ve anlamlandırılması gibi süreçlerde AG ve SG teknolojilerinin kullanımı önemli hale gelmiştir. SG uygulamasının matematik eğitiminde kullanılması öğrencilerin karmaşık matematiksel kavramları anlamalarına ve kavram yanlışlarını azaltmalarına yardımcı olabilir (Mikropoulos & Natsis, 2011).

Zihinsel bir süreç olan matematiği bilmek zamanla önemli bir vasıf haline gelmiştir. Matematik bilmenin, sınıf ortamında öğretmenin tanımladığı kavram veya kuralları hatırlayıp kullanmak olduğu düşüncesi (De Hoyos vd., 2002) yerini öğrencilerin aktif olarak bilgiyi inşa ettikleri bir süreç olduğu kanısına bırakmıştır (Cahyono vd., 2018). Buna uygun olarak matematik öğrenmenin amacı belirli matematik kavramlarını ve becerilerini kazandırmaktan çok, öğrencilerde matematiksel yetkinlik oluşturmaktır (De Corte, 2004). Matematik öğreniminde, kurallara ve formüle bağlı işlemsel anlamaya odaklanılması, gerçek hayat ile bağlantının kurulmaması olumsuz duyuşsal özelliklerin gelişimine neden olmaktadır (Verschaffel vd., 1999). İşlemsel anlama ve ilişkilendirmelerin yapılmaması aynı zamanda kavram yanlışlarının oluşmasına ve öğrenme güçlüklerinin ortaya çıkmasına da neden olmaktadır. Matematik eğitiminde materyal kullanımının, öğrencilere soyut kavramları somut deneyimlerle açıklama fırsatı sunduğu ve bu sayede kavramsal öğrenmeyi güçlendirdiği ortaya konmuştur

(Bozkurt & Akalın, 2015). Bu nedenle, matematik eğitiminde kavramsal anlamanın oluşması, gerçek hayat ile ilişkilendirmelerin yapılabilmesi için etkinlik odaklı matematik öğretimi, materyal kullanımı gibi öğretim ortamlarını zenginleştirecek öğretim yöntem ve teknikleri kullanılmaktadır.

Matematik öğretiminde somut ve soyut materyaller kullanımı öğrencilerin kavramsal anlama ve matematiksel düşünme gelişiminde önemli bir role sahiptir (Kamii vd., 2001; Perry & Howard, 1994). Materyaller dersin akışını kolaylaştırmakta ve öğrencilerin konuyu daha iyi kavramasını sağlamaktadır (Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi [NCTM], 1980). Matematik eğitiminde milattan önceki dönemlerde abaküs kullanımıyla başlayan materyal kullanımı süreci sanal öğretim materyallerinin derslerde kullanımına kadar uzanmaktadır. Dijital okuryazarlık süreciyle birlikte sanal öğretim materyallerinin sınıf içi ve sınıf dışı ortamlarda kullanımında hızlı gelişmeler ortaya çıkmıştır (Bouck vd., 2014). Sanal öğretim materyalleri, öğrencilerin bilgisayar ve taşınabilir cihazlar gibi dijital alanlarda matematiksel kavramları deneyimlemesini sağlamaktadır. Sanal öğretim materyalleri olarak AG ve SG uygulamaları örnek olarak gösterilebilir. Matematik öğretiminde, öğrencilerin matematik kavramlarını yapılandırmasına ve eleştirel düşüncesini sağlanmasına yardımcı olan AG ve SG uygulamalarını kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır (Ersoy, 2003; Hwang & Hu, 2013; Sun ve Chen (2019). AG, etkileşimli ve sürükleyici öğrenme deneyimleri aracılığıyla çeşitli yaşlardaki öğrencilerin ilgisini çekmektedir (Koumpouros, 2024). Artırılmış gerçeklik uygulamaları her yaştan bireye hem gerçek hem de sanal ortamlarla eş zamanlı etkileşimde bulunabilmeleri için sayısız fırsat sunmakta, bu sayede öğrenciler için ilgi çekici bir öğrenme ortamı yaratmaktadır (Akçayır & Akçayır, 2017).

Matematik eğitiminde AG ve SG çalışmalarında CoSpace, Leap Motion gibi çeşitli uygulamalardan yararlanılmaktadır (Altun & Kahveci, 2019; Namukasa vd., 2023; Selçuker & Güray, 2024; Selfridge & Kirk, 1999; Weicher vd., 2013). Bu uygulamalardan en yaygın kullanılanı CoSpace uygulamasıdır. CoSpace terimi, Peter Selfridge ve Thomas Kirk tarafından, çok kullanıcıli ortamları birleştiren ve 3 boyutlu olarak Web'de gezinmeyi sağlayan, dinamik bir alan olarak tanımlanmıştır (Selfridge & Kirk, 1999). CoSpace uygulaması ile çeşitli karekodlar yazılarak bir ortam oluşturulmakta ve konu öğrencilere bu yolla aktarılmaktadır. Uygulama telefon, bilgisayar veya tablete indirilerek SG gözlüğü ile birlikte kullanılabilir. Cospace uygulaması kesirler, çarpanlar ve katlar, küpler gibi hem matematik hem de geometri alanındaki konularda aktif olarak kullanılan bir uygulamadır. AG ve SG uygulamalarının kullanımının, cebirsel ve uzamsal matematik becerilerinin gelişimine de olumlu etkisi vardır (MedinaHerrera vd., 2019; Schmalstieg vd., 2000). William vd., (1992) ise cebir alanındaki AG ve SG uygulamalarını kullanmış, basit aritmetik işlemler ve denklem konularını 3B bloklar yardımıyla sunmuşlardır.

Alanyazın incelendiğinde, AG ve SG dâhilinde yapılan araştırmaların, öğrenci ve öğretmen görüşleri (Altıok, 2020; Yılmaz & Şimşek, 2023), duyuşsal özellikler (Çil, 2023), performans ve başarı (Özdemir & Özçakır, 2019), yazılım geliştirme (Taçgın & Özüağ, 2018) ve doküman inceleme (Palancı & Turan, 2021) gibi bağlamlarda gerçekleştirildiği görülmüştür. AG ve SG uygulamalarının farklı düzeylerde kullanılabilir olması, etkileşimi artırması, öğrenmeyi anlamlandırması, kalıcı öğrenme sağlaması, ilgi çekici olması gibi avantajları mevcuttur (Keskin, 2017). Öğrenciler, soyut matematik kavramlarını somut ve görsel hale getiren AG ve SG uygulamaları sayesinde derse daha fazla katılım gösterirler (Çevikbaş vd., 2023; Wang vd., 2024). AG ve SG teknolojilerinin yaygın kullanımı, bu teknolojilerin matematik öğretimindeki etkisini ve öğrenciler için ilgi çekici olduğunu kanıtlamaktadır (Vakaliuk vd., 2020). AG ve SG teknolojileri, özellikle geometri gibi konularda öğrencilerin sanal nesnelerle etkileşime girerek uzamsal düşünme ve görsel algı becerilerini geliştirmelerine yardımcı olup konuları daha iyi kavramalarını sağlamaktadır (Wang vd., 2024). Günümüzde 21. yüzyıl teknolojileri bu uygulamaları aktif kullanmayı gerektirmekte olup uygulamalar ve materyaller sayesinde derslerin daha donanımlı olmasına katkıda bulunmaktadır. AG ve SG kullanımı, öğrencilerin sosyo-duygusal gelişimi ile bilişsel ve metabilşsel gelişimlerine katkıda bulunmaktadır ve öğrenciler bu teknolojiler sayesinde iş birliği yaparak problem çözme becerilerini geliştirip grup içinde etkin bir şekilde çalışabilmektedirler (Çevikbaş vd., 2023).

Alanyazında AG ve SG ile ilgili doküman analizi araştırmaları incelendiğinde ise, gerçekleştirilen AG ve SG çalışmalarının yeterli sayıda olmadığı vurgulanmaktadır (Keleş, 2022). Matematik eğitiminde AG kullanımının

öğrenme sürecini nasıl etkilediği konusunun yer aldığı dokümanların incelendiği çalışmaların çoğunun bildiri şeklinde yayınlandığı görülmüştür (Palancı & Turan, 2021). Ulaşılabilir literatürde matematik eğitiminde AG ile ilgili çalışmaların meta-sentezinin yapıldığı sınırlı sayıda araştırmaya rastlanılmıştır (Palancı & Turan, 2021). Sınırlı sayıda yapılmış olan AG ve SG kapsamındaki çalışmalarda bu konuların ayrı ayrı ele alındığı görülmüş ve Türkiye’de matematik eğitimi özelinde AG ve SG’ nin birlikte ele alındığı meta-sentez çalışmasına ise rastlanmamıştır. Ülkemizde AG ve SG’ yi birlikte ele alan bir metasentez çalışması, bu iki teknolojinin öğrencilere katkılarını bütüncül bir perspektifle değerlendirmek, mevcut araştırmaları sistematik bir şekilde analiz etmek ve eğitimde en etkili kullanım yollarını belirlemek açısından büyük önem taşıdığı düşünülmektedir. Böyle bir çalışma, öğretmenler, öğrenciler ve eğitim politikaları açısından önemli çıktılar sunarak matematik öğretiminin kalitesini artırmaya yardımcı olabilir. Bu çalışmada Türkiye’de matematik eğitimi özelinde AG ve SG konuları birlikte ele alınmış, artırılmış ve sanal gerçeklik (ASG) kapsamında incelenmiştir. Ele alınan çalışmaların yılı, türü, metodolojik (örneklem, örneklem seçimi, uygulama ortamı, veri toplama araçları) açıdan özellikleri, öğrenme alanı ve konuları bağlamında bütüncül olarak ele alınarak meta-sentez çalışmasının yapılması amaçlanmıştır.

Araştırmanın amacı kapsamında aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır.

Matematik eğitimi alanında Türkiye’de ASG ile yapılmış yüksek lisans tezleri, doktora tezleri ve makaleler yılları ve türleri bakımından nasıl dağılmıştır?

Matematik eğitimi alanında Türkiye’de ASG ile yapılmış tezler ve makaleler metodolojik özellikleri (araştırma yöntemi, örneklem türü, örneklem seçim yöntemi, örneklem büyüklüğü, veri toplama araçları, veri analizi) bakımından nasıl dağılmıştır?

Matematik eğitimi alanında Türkiye’de ASG ile yapılmış tezler ve makaleler araştırılan konular ve öğrenme alanları bakımından nasıl dağılmıştır?

Bu çalışmayla Türkiye’de yapılan AG ve SG ile ilgili çalışmaların birlikte ayrıntılı incelemesi gerçekleştirilerek matematik eğitimi kapsamında alanyazına katkısının olacağı düşünülmektedir. Çalışmanın 2005-2023 yılları arasında yapılan araştırmalarda kullanılan ASG uygulamalarına yönelik sonuçlarının ileride öğretim ortamlarının tasarlanmasında önemli olacağı ve araştırmanın bulgularının ASG konusunda çalışacak araştırmacılara kaynak niteliğinde olabileceği düşünülmektedir.

Yöntem

Araştırma Modeli

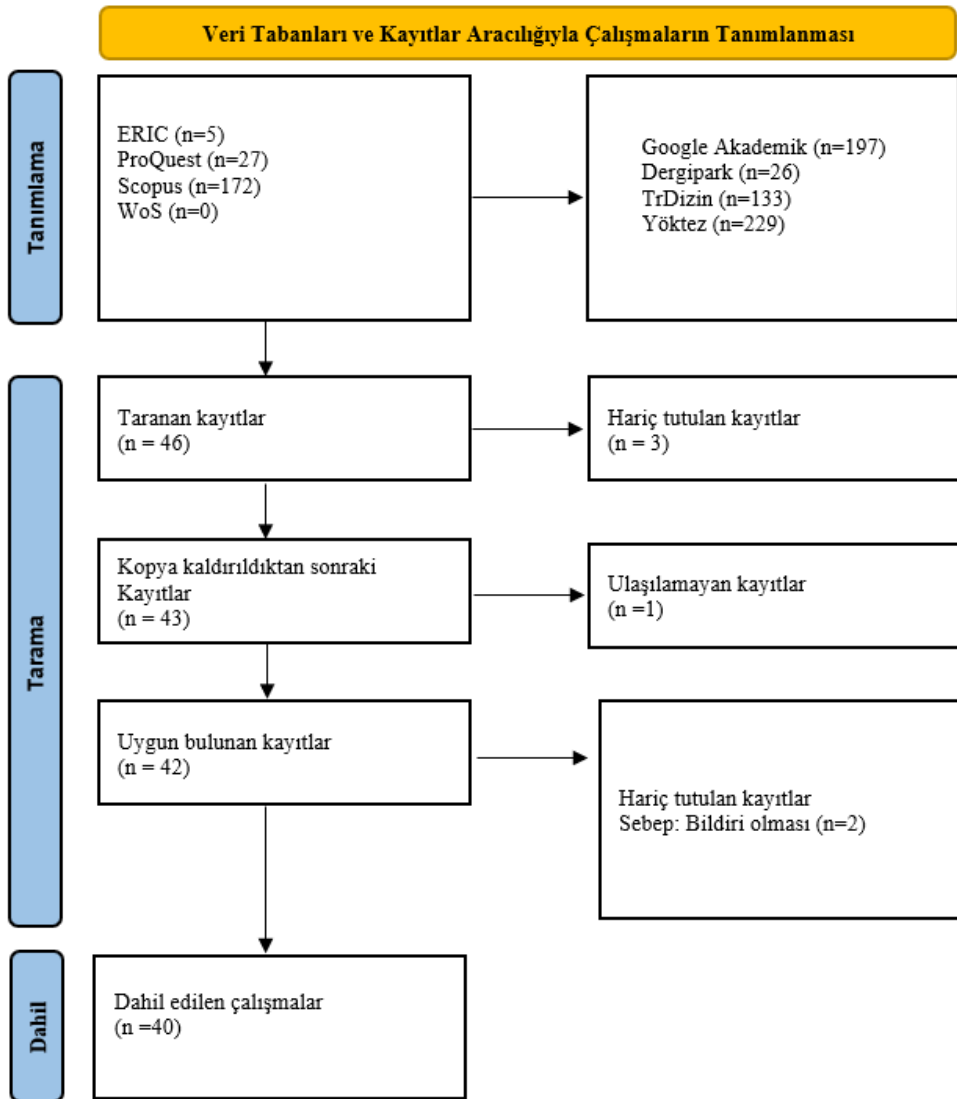
Bu çalışmada Türkiye’de matematik eğitiminde AG ve SG uygulamalarının kullanılması konularını içeren çalışmaların ayrıntılı incelemesi amaçlandığından nitel araştırma yöntemi olan meta-sentez tekniği kullanılmıştır. Meta-sentez, ilgili konu bağlamında bilinç geliştirmek için literatürün detaylı incelenmesi ile ulaşılan çalışmaların belli bir sistem çerçevesinde sentezlenmesini sağlayan bir araştırma yöntemidir (Tang, 2009). Meta-sentez literatürde bulunan çalışmaların sonuçlarının incelenmesi ile birlikte araştırma verilerinin analiz ve sentezine dayanarak ayrıntılı bilgilere ulaşılan sistematik bir derleme yöntemidir (Lachal vd., 2017). Sistematik derleme bir konuda yapılmış araştırmaları belli kriterlere göre yapılandırma işlemidir (Karaçam, 2013). Meta-sentez araştırma yönteminde amaç çalışmaların özetini yapmanın ötesinde sonuçlarının yorumlanmasını sağlamaktır. Bu çalışmada Türkiye’de matematik eğitiminde ASG uygulamalarının yer aldığı çalışmaların doküman incelemesi yapılmıştır.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırma verileri 2005-2023 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen AG ve SG uygulamalarını içeren makale, yüksek lisans ve doktora tezlerinden oluşmaktadır. Veriler DergiPark, Ulusal Atıf Dizini (TR Dizin), Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi (YÖKTEZ), Web of Science (WoS), Scopus, Education Resource Information Center (ERIC) veri tabanlarından ve Google Akademik arama motorundan “Sanal

Gerçeklik" (Virtual Reality), "Artırılmış Gerçeklik" (Augmented Reality) anahtar kelimeleri ile yapılan tarama sonucu matematik eğitiminde AG ve SG uygulamalarını içeren 40 çalışmaya ulaşılmıştır. Araştırmada yer alacak çalışmaların makale ve lisansüstü tezlerden oluşması, Türkiye'de yapılması, Türkçe veya İngilizce olarak yayınlanması, AG ve SG konularının matematik eğitimi bağlamında incelenmesi koşuluyla seçilmiştir.

Sistemik incelemeler PRISMA yaklaşımı ile analiz edilmiştir. PRISMA, çalışmaları gözden geçirme sürecinde tekrarların önüne geçmek için listelerin kontrolünde kullanılan standartlaştırılmış bir yöntemdir (Conde vd., 2020; Moher vd., 2015). Kapsamlı literatür taraması yapılan tüm makale ve lisansüstü tezlerin bazı dışlama ve dahil etme kriterleri çerçevesinde araştırmanın kalitesi değerlendirilerek hangi çalışmaların kullanılacağı belirlenmesi, belirlenenlerin bulgularının sentezinin yapılması işlemidir (Booth vd., 2010; Higgins & Green, 2011). PRISMA üç adıma dayanmaktadır: tanımlama, tarama ve dahil etme. PRISMA tekniği, çalışmaların sistematik olarak sentezlenmesinde yardımcı olması için seçilmiştir. Bu araştırmada Türkiye'de matematik eğitiminde AG ve SG alanındaki çalışmalar PRISMA (Diagram, 2020) akış şeması ile oluşturulmuştur. Veri tabanları ve kayıtlar aracılığı ile tanımlanan çalışmalar arasından 46 tanesi taranmış ve bu çalışmaların 3 tanesi hariç tutulmuştur. Kalan 43 çalışmanın 1 tanesine ulaşılamamış, 2 tanesi de bildiri olması sebebiyle çalışma dışı bırakılmıştır. Elde edilen 40 çalışma ile araştırma yürütülmüştür.



Şekil 3. PRISMA akış şeması

2005-2023 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında AG ve SG uygulamalarını içeren araştırmaların içerik analizi yöntemi ile incelenerek meta-sentez çalışmasının yapılabilmesi için araştırmacılar tarafından geliştirilen Değerlendirme Formu (EK-1) kullanılmıştır. Değerlendirme formunda doçent ünvanına sahip üç öğretim üyesinin uzman görüşleri alınmış, bu doğrultuda kategori ve alt analiz başlıkları belirlenmiş, değerlendirme formu çalışmanın türü ve yılı, kullanılan uygulama, araştırma yöntemi, örneklem türü ve büyüklüğü, veri toplama araçları, uygulama süreci, öğrenme alanları ve ulaşılan sonuçlar kısımlarından oluşturulmuştur. Değerlendirme formu dört kodlayıcı tarafından ayrı ayrı doldurulmuştur. Doldurulan formlardan elde edilen veriler için kodlayıcılar arası güvenirlik katsayısı (Miles & Huberman, 1994) incelenmiştir. Kodlayıcılar arası güvenirlik katsayısı %93,6 olarak hesaplanmıştır.

Değerlendirme formu ile analiz edilirken toplanan çalışmalardan makale olanları m1, m2, ...; yüksek lisans tezi olanları yt1, yt2, ...; doktora tezi olanları dt1, dt2, ... olacak şekilde kodlama yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından çalışmaların her biri için değerlendirme formu ayrıntılı olarak doldurulmuş frekans ve yüzdeleriyle birlikte tablolar halinde sunulmuştur.

Bulgular

Araştırmanın bulguları, çalışmaların yıllarına ve türlerine göre, metodolojik özelliklerine göre, içeriğine ve sonuçlarına göre olmak üzere üç başlık altında verilecektir.

Çalışmaların Yıllarına ve Türlerine Göre Dağılımına Ait Bulgular

Araştırma kapsamında Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında ASC uygulamalarının matematik eğitiminde kullanılmasına yönelik makale, yüksek lisans tezi ve doktora tezi çalışmalarının yıllarına ve türlerine göre dağılımı aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmaların yıllarına ve türlerine göre dağılımı

Yıl	Makale (f)	Yüksek Lisans Tezi (f)	Doktora Tezi (f)	Toplam (f %)
2013	0	0	1	1 2
2014	0	1	0	1 2
2015	0	0	0	0 0
2016	0	0	0	0 0
2017	4	0	2	6 15
2018	1	1	1	3 8
2019	3	0	1	4 10
2020	2	0	0	2 5
2021	1	1	0	2 5
2022	5	4	1	10 25
2023	4	6	1	11 28
Toplam	20	13	7	40 100

Tablo 1 incelendiğinde Türkiye’de matematik eğitimi alanında 2005-2023 yılları arasında ASG uygulamaları kullanılarak yapılan çalışmaların çoğunun (n=20; %50) makale türünde olduğu görülmüştür. İlgili konu kapsamında yapılan çalışmaların (n=7; %18) en az doktora tezi türünde olduğu saptanmıştır. Çalışmaların yıllara göre dağılımı incelendiğinde en çok çalışmanın 2022 ve 2023 yıllarında gerçekleştiği görülmektedir. 2015 ve 2016 yıllarında ise bu konu ile ilgili bir çalışmanın yapılmadığı belirlenmiştir.

Çalışmaların Metodolojik Özelliklerine Ait Bulgular

Araştırma kapsamında Türkiye’de 2005-2023 yıllarında matematik eğitimi alanında ASG uygulamalarının kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çalışmaların araştırma yöntemine göre dağılımı

Araştırma Yöntemi	Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)
Nitel Araştırma	4	2	6 15
Nicel Araştırma	13	10	23 57
Karma Araştırma	3	8	11 28
Toplam	20	20	40 100

Tablo 2 incelendiğinde Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların çoğunda (n=23, %57) nicel araştırma yöntemi kullanıldığı görülmektedir. En az kullanılan araştırma yöntemi ise (n=6, %15) nitel araştırma yöntemidir. Tez çalışmalarında da en az kullanılan yöntemin nitel araştırma yöntemi olduğu söylenebilir. Bu çalışmalarda nitel araştırma yönteminin, karma ve nicel araştırma yöntemine oranla daha az kullanılmış olması dikkat çeken bir bulgudur.

Matematik eğitiminde ASG konulu araştırmalar incelendiğinde çalışmaların örneklem türü öğrenci, öğretmen ve doküman şeklinde üç kategoriye ayrılmıştır. Öğrenciler, okul öncesi, ilkokul, ortaokul, lise ve öğretmen adayı; dokümanlar ise makale ve tez şeklinde sınıflandırılmıştır. Çalışmaların örneklem türüne göre dağılımı Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Çalışmaların örneklem türüne göre dağılımı

Örneklem Türü	Örneklem Düzeyi	Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)
Öğretmen		0	1	1 3
	Okul Öncesi	1	1	2 5
	İlkokul	2	4	6 15
Öğrenci	Ortaokul	5	10	15 37
	Lise	1	2	3 7
	Öğretmen Adayı	4	1	5 13
Doküman		7	1	8 20
Toplam		20	20	40 100

Tablo 3 incelendiğinde yapılan çalışmalarda çoğunlukla (n=15, %37) ortaokul öğrencileri ile çalışılmıştır. Ortaokul öğrencilerinden sonra en fazla çalışma ilkokul öğrencileri (n=6, %15) ile yürütülmüştür. Lise öğrencileri ile yapılan çalışmaların ise ortaokul ve ilkokul öğrencileri ile yapılan çalışmalara göre daha az sayıda olduğu görülmektedir. Çalışmalar içerisinde okul öncesi öğrenciler ile yapılan çalışmaların sadece iki çalışmayla (%5) sınırlı olduğu görülmüştür. Çalışmalarda örneklem grubu olarak öğretmenlerin seçildiği sadece bir (n=1, %3) araştırmaya rastlanmıştır.

Matematik eğitiminde ASG konulu araştırmalar incelendiğinde, çalışmalarda uygun örnekleme, amaçlı örnekleme, durum örnekleme, seçkisiz örnekleme ve diğer (örnekleme PRISMA yöntemi ile belirleme) şeklinde beş farklı örneklem seçim yöntemi kullanıldığı görülmüştür. Çalışmaların örneklem türüne göre dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Çalışmaların örneklem seçim yöntemine göre dağılımı

Örneklem Seçim Yöntemi	Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)	
Uygun Örnekleme	7	9	16	40
Amaçlı Örnekleme	9	8	17	42
Durum Örneklemesi	1	0	1	3
Seçkisiz Örnekleme	0	4	4	10
Diğer	2	0	2	5
Toplam	19	21	40	100

Tablo 4 incelendiğinde, Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların büyük kısmında örneklem seçim yöntemi olarak amaçlı örnekleme (n=17, %42) ve uygun örnekleme (n=16, %40) yöntemi kullanıldığı görülmektedir. En az kullanılan örneklem seçim yönteminin ise durum örnekleme (n=1, %3) olduğu belirtilmiştir. Örneklem seçim yöntemi olarak seçkisiz örnekleme (n=4, %10) yönteminin kullanıldığı çalışmaların tamamının tez türündeki çalışmalar olduğu ulaşılan bir başka bulgudur.

2005-2023 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarını kapsayan 32 araştırmanın örneklem büyüklüğü dağılımlarını analiz etmek için, örneklem büyüklükleri 1-20 kişi, 21-50 kişi, 51-100 kişi, 101 ve daha fazla kişi olmak üzere dört kategoriye ayrılmıştır. Bu çalışmaların örneklem büyüklüklerine göre dağılımları Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Katılımcıları öğretmen ve öğrencilerden oluşan 32 araştırmanın örneklem büyüklüklerine göre dağılımları

Örneklem Büyüklüğü	Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)	
1-20 kişi	2	5	7	21
21-50 kişi	6	2	8	24
51-100 kişi	4	11	15	45
101 ve daha fazla kişi	2	1	3	10
Toplam	14	19	33	100

Tablo 5 incelendiğinde; Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik yapılan, katılımcıları öğretmen ve öğrencilerden oluşan çalışmaların örneklem büyüklükleri 1-20 kişi, 21-50 kişi, 51-100 kişi, 101 ve daha fazla kişi olacak şekilde belirtilmiştir. Tez türündeki araştırmaların büyük bir kısmında 51-100 kişiden oluşan örneklem grupları üzerinde çalışma yürütülürken, makale türündeki araştırmaların çoğunda ise 21-50 kişiden oluşan örneklem grubunun kullanılması dikkat çeken bir bulgudur.

Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik kullanılan veri toplama araçlarının makale ve tez türlerine göre dağılımları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Çalışmaların veri toplama araçlarına göre dağılımları

Veri Toplama Araçları	Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)
Anket	2	2	4
Doküman (Elektronik veri tabanları, dergiler)	7	1	8
Form (Değerlendirme, Tanıma)	0	2	2
Görüşme	6	15	21
Gözlem	1	1	2
Öğrenci Notları	1	1	2
Ölçek	6	11	17
Sanal Öğretim Materyali	10	18	28
Test (Başarı, Yetenek)	5	13	18
Video	0	3	3
Diğer	1	5	6
Toplam	39	72	111

Tablo 6 incelendiğinde matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik yapılan çalışmalarda en fazla kullanılan veri toplama aracının sanal öğretim materyali (n=28, %25) olduğu görülmektedir. Makale ve tezlerde matematik eğitiminde kullanılan sanal öğretim materyalleri; sanal müze uygulaması, ASG yazılımları ve mobil uygulamalar olarak sınıflandırılabilir. Form, gözlem ve öğrenci notları ise en az tercih edilen veri toplama araçlarıdır. Çalışmaların bir kısmında birden fazla veri toplama aracı kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik 40 çalışma incelenmesine karşın 111 veri toplama aracı kullanılmıştır. Diğer kategorisinde yansıtıcı günlük, kontrol listesi, ders planları, eğitim ihtiyaç analizi, öğrencilerin etkinlik kağıtları ve rubrikler yer almaktadır.

2005-2023 yılları arasında Türkiye’de matematik eğitimi alanında ASG uygulamalarının kullanılması konularını kapsayan çalışmalar veri analizi türlerine göre nicel ve nitel analiz olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir. Nicel analiz yöntemleri parametrik, non-parametrik, meta analiz ve diğer olmak üzere dört kategoriye; nitel analiz yöntemleri ise betimsel analiz, içerik analizi, değerlendirici analiz, doküman analizi ve vaka analizi olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Çalışmaların veri analizi türlerine göre dağılımları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Çalışmaların veri analizi türlerine göre dağılımları

Veri Analizi		Makale (f)	Tez (f)	Toplam (f %)	
Nicel	Parametrik	10	11	21	37
	Non-parametrik	1	6	7	12
	Meta analiz	2	0	2	3
	Diğer	1	1	2	3
Nitel	Betimsel analiz	4	2	6	10
	İçerik analizi	7	8	15	27
	Değerlendirici analiz	1	1	2	3
	Doküman analizi	1	1	2	3
	Vaka Analizi	0	1	1	2
Toplam		27	31	58	100

Tablo 7 incelendiğinde matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik çalışmaların veri analizi türlerine göre dağılımında, nicel değerlendirmelerde parametrik (n=21, %37) testlerin en çok tercih edilen test türü olduğu görülmektedir. Nitel değerlendirmede içerik analizi (n=15, %27) ise en çok tercih edilen ikinci veri analizi türü olmuştur. Çalışmaların veri analizi türlerine göre dağılımına bakıldığında, incelenen çalışma sayısı 40 olduğu halde çalışmalarda 58 veri analizi türünün kullanıldığı görülmektedir. Bu durum birden fazla veri analizi türünün kullanıldığı çalışmaların olduğunu göstermektedir.

Çalışmaların İçeriğine ve Sonuçlarına Ait Bulgular

Türkiye’de 2005-2023 yılları arasında matematik eğitimi alanında gerçekleştirilen ASG uygulamalarına yönelik çalışmaların öğrenme alanları ve alt konu alanlarına göre dağılımları Tablo 8’de gösterilmiştir. Öğrenme alanları; sayılar ve cebir, geometri ve ölçme, veri işleme ve istatistik olmak üzere toplam dört kategoriye ayrılmıştır. Sayılar ve cebir öğrenme alanının alt konu alanı olarak dört işlem becerileri, kesirler, simetri ve üstel fonksiyon belirlenmiştir. Geometri ve ölçmenin alt öğrenme alanı olarak açılar, üçgenler, uzunluk/çevre/alan, hacim, çember ve daire, geometrik cisimler belirlenmiştir.

Tablo 8. Çalışmaların öğrenme alanlarına göre dağılımları

Öğrenme Alanı	Alt Konu Alanı	Makale (f)	Tez (f)		Toplam (f %)
Sayılar ve Cebir	Dört İşlem	1	1	2	5
	Kesirler	2	2	4	10
	Simetri	1	0	1	2
	Üstel Fonksiyon	0	1	1	2
Geometri ve Ölçme	Açılar	1	0	1	2
	Üçgenler	0	1	1	2
	Uzunluk/Çevre/Alan	2	1	3	8
	Hacim	2	2	4	10
	Çember/Daire	0	1	1	2
	Geometrik Cisimler	0	7	7	18
Veri İşleme		0	0	0	0
İstatistik		0	1	1	2
Diğer		12	2	14	37
Toplam		21	19	40	100

Tablo 8 incelendiğinde çalışmaların büyük çoğunluğunun (n=17, %42) geometri ve ölçme öğrenme alanında, en az ise istatistik öğrenme alanında (n=1, %2) gerçekleştiği bulgusuna ulaşılmıştır. Diğer kısım (n=14, %37) matematik eğitiminde ASG uygulamalarına yönelik öğrenci ve öğretmen görüşlerine, öğrencilerin akademik motivasyonuna, özel gereksinimli öğrencilerin akademik becerilerine, literatür taramasına ve yapay zekâ konularına yer verilen çalışmaları kapsamaktadır. Hem makale hem de tez türünde veri işleme öğrenme alanında gerçekleştirilen çalışmalara ulaşılamamıştır.

Ulaşılan 40 ASG çalışmasının 1'i (%2) AG destekli matematik eğitimi tutum ölçeği geliştirme, 1' i (%2) AG uygulaması geliştirme, 1'i (%2) AG uygulamalarının incelenmesi ve 7'si (%18) literatür taramasıdır. Geriye kalan 30 ASG çalışmasının örneklem grubu öğretmen, öğretmen adayı ve öğrencilerden oluşmaktadır. Bu 30 çalışmanın 22 (%73) tanesi ASG uygulamalarının matematik derslerinde kullanımının olumlu, kalan 8 tanesinin (%27) ise olumlu ve olumsuz etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Elde edilen bulgular ASG uygulamalarının matematik derslerinde kullanımının öğrencilerin akademik başarıları üzerinde çoğunlukla olumlu etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu araştırmada 2005-2023 yılları arasında Türkiye'de matematik eğitimi alanında ASG uygulamalarının içeren araştırmaların meta-sentez yöntemi kullanılarak amaçlanmıştır. Araştırmada kullanılan çalışmalar yayın yıllarına ve türlerine, metodolojik özelliklerine, içeriğine ve sonuçlarına göre analiz edilmiştir.

Türkiye’de Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan çalışmaların yayın yıllarına ve türlerine göre dağılımı incelendiğinde, 2005-2013 yılları arasında herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığı, sonraki yıllarda ise düşük sayıda, nadiren çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak AG ve SG hakkında teknolojik altyapı ve öğretmen bilgisinin eksikliği gibi nedenler olabilir. ASG ile ilgili çalışmaların 2017 yılından sonra artış gösterdiği dikkat çekmektedir. Benzer şekilde TaherianKalati ve Kim (2022) araştırmasında dahil edilen çalışmaların %85’inin 2015-2020 yılları arasında arttığını belirtmişlerdir. 2017 yılından itibaren artış gösteren Türkiye’de matematik eğitimi alanında ASG uygulamalarının kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların 2020 ile 2021 yıllarında azaldığı ve tekrardan 2022 ile 2023 yıllarında arttığı görülmüştür. Bu durumun nedenlerinden bir tanesi 2019 yılında başlayan COVID-19 pandemisi ile öğretim sürecinde uzaktan eğitime geçiş olabilir. Pandemi sırasında AG ve SG gibi gelişmiş araçlar yerine kolayca erişilebilen teknolojinin kullanımı tercih edilmiştir (Bakker vd., 2021). Üstelik çevrimiçi eğitime geçiş, teknolojiye ve internete erişimdeki eşitsizlikler gibi önemli sorunları ortaya çıkarmış; bu da dikkatleri AG ve SG araştırmalarından tüm öğrencilerin uzaktan öğrenmeye katılabilmelerini sağlama konusundaki daha acil ihtiyaçlara yöneltmiştir (Murphy vd., 2023). Salgının sebep olduğu aciliyetlerin ve çevrimiçi öğrenmedeki zorlukların matematik eğitiminde özellikle AG ve SG’ye odaklanan araştırmalarda geçici bir düşüşe yol açtığı söylenebilir. Nitekim ASG konusuyla ilgili çalışmaların sayısının 2022 ve 2023 yıllarında belirgin derecede arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Yükseköğretim kurumlarında yapılan literatür taramasında, COVID-19 pandemisinin ardından AG ve SG teknolojilerinin eğitimde kullanımının hızla arttığını ve bu teknolojilerin öğrencilerin öğrenme motivasyonunu ve sonuçlarını olumlu etkilediği görülmüştür (Bermejo vd., 2023). Keleş (2022) de yaptığı çalışmada 2013’ten itibaren AG’nin önemini ve kullanımının artış göstermesiyle beraber araştırma sayılarının arttığını belirtmektedir. Ayrıca yapay zekâ teknolojilerinin artması AG ve SG uygulamalarını daha çok kullanmaya teşvik etmiş olabilir. Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan bu çalışmada 2013 yılı ve sonrasında ulaşılan çalışmaların en fazla makale türünde ele alındığı görülmektedir. Benzer şekilde makale türünde yapılan araştırmalardan biri de 2015-2023 yılları arasında yayımlanan 66 makalenin analiz edildiği literatür çalışması olup, AG uygulamalarının soyut matematiksel kavramları somutlaştırarak öğrencilerin yaratıcı öğrenme deneyimlerini artırabileceği vurgulanmıştır (Hidajat, 2023). Diğer bir literatür çalışması, AG ve SG’nin matematik eğitimindeki potansiyelini ve mevcut eğilimlerini analiz etmek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada ise, 59 hakemli dergi makalesi incelenmiş ve AG ve SG uygulamalarının matematik öğrenme üzerindeki etkilerinin avantaj ve dezavantaj bakımından durumu tam olarak belirlenememiştir (Çevikbaş vd., 2023).

İncelenen ASG çalışmalarının araştırma yöntemine bakıldığında nicel araştırma yöntemi daha fazla tercih edilirken; nitel araştırmaların az sayıda olduğu belirlenmiştir. Çevikbaş’ın (2023) ASG teknolojilerinin matematik öğrenimindeki potansiyel faydalarını ve dezavantajlarını keşfetmeyi amaçladığı, 2018 ile 2022 yılları arasında İngilizce yayınlanmış 59 hakemli dergi makalesini analiz ettiği doküman incelemesi araştırmasında nicel araştırma yöntemlerinin daha fazla kullanıldığı sonucu bu sonuçla paralellik göstermektedir. ASG uygulamalarının örneklem grubu üzerindeki etkilerinin incelenmesinden dolayı nicel araştırma yöntemi bu çalışmalarda daha fazla tercih edilmiş olabilir. İncelenen çalışmaların yöntemine bağlı olarak analiz yöntemleri de belirlenmiştir. Nicel veri analizi yönteminden parametrik testlerin daha çok kullanıldığı görülmüştür. Araştırmaların çoğu nicel desende tasarlandığından bu beklenen bir sonuç olmuştur. Nitel veri analizi yöntemlerinden en çok içerik analizinin tercih edildiği görülmüştür. İncelenen çalışmalarda örneklem türü olarak daha çok öğrencilerin seçildiği, öğretmenlere yönelik ise az sayıda çalışma olduğu söylenebilir. Verilerin, öğrencilerden oluşan örneklem gruplarında en fazla ortaokul düzeyindeki öğrencilerden, en az ise okul öncesi düzeyindeki öğrencilerden toplandığı görülmüştür. Araştırmadaki bu sonuç ile Aydoğdu (2021) tutarlılık göstermektedir. Aydoğdu (2021) çalışmasında, katılımcıları incelediğinde en fazla ortaokul ve üniversite, en az okul öncesi öğrencileri üzerinde araştırma yapıldığını belirtmiştir. Lee (2012) yaptığı çalışmada AG teknolojisinin özellikle üniversite öğrencilerinin öğrenmesi üzerinde büyük avantaj sağladığını belirtmiştir. Bu durum araştırmanın sonucuyla paralellik göstermektedir. AG ve SG alanında yapılan araştırmaların büyük bir kısmı genellikle K-12 düzeyinde yani ilkökul, ortaokul ve lise öğrencileri üzerine odaklanmaktadır. Bu araştırmalarda en

yaygın kullanılan örneklem türü, öğrencilerden oluşan gruplardır. Özellikle ortaokul ve lise öğrencileri, AG ve SG teknolojilerinin matematik eğitimine entegrasyonu üzerine yapılan çalışmaların başlıca örneklem grubunu oluşturmaktadır (Çevikbaş vd., 2023; Zhang & Wang, 2021).

İncelenen çalışmaların makale türünde örneklem büyüklüğünün 21-50 kişiden, tezlerde ise 51-100 kişiden oluştuğu görülmüştür. Elde edilen bulgulara göre makale ve tezlerin çoğunluğunda nicel araştırma yöntemi kullanılmasına rağmen 100 kişiden az sayıda örneklem grubuyla çalışıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Alanyazın incelendiğinde bir netlik olmamakla beraber araştırmanın yöntemi, konusu gibi çeşitli değişkenlere göre örneklem büyüklüğünün farklılaştığı bilinmektedir (Baştürk & Taştepe, 2013). Bu çalışmada büyük örneklem gruplarının tercih edilmeme nedeni olarak, büyük örneklem gruplarında sanal öğretim materyalinin kullanılmasının zorluğu düşünülebilir. Çevikbaş (2023) da AG ve SG konulu doküman incelemesi araştırmasında en fazla kullanılan örneklem grubu sayısının 1 ile 100 kişi arasında küçük gruplar olduğunu belirtmiştir. İncelenen çalışmalarda veri toplama aracı olarak, en fazla sanal öğretim materyali kullanılırken, en az form, gözlem ve öğrenci notlarının kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Keleş (2022) de yaptığı çalışmada veri toplama aracı olarak en az gözlemin kullanıldığını belirtmektedir ve aynı araştırma bu çalışmayı desteklemektedir. Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan bu çalışmada, kullanılan veri analizi yöntemlerine bakıldığında nicel veri analizi yönteminden parametrik testlerin daha çok kullanıldığı görülmüştür. Araştırmaların çoğu nicel desende tasarlandığından bu beklenen bir sonuç olmuştur. Nitel veri analizi yöntemlerinden en çok içerik analizinin tercih edildiği belirlenmiştir.

Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan çalışmaların öğrenme alanı çeşitlilik gösterse de çoğunlukla geometri ve ölçme alanında yapıldığı görülmüştür. Bu durum Çevikbaş'ın (2023) araştırması ile paralellik gösterirken, Palancı ve Turan'ın (2021) çalışması ile farklılık göstermektedir. Palancı ve Turan (2021) araştırmasında matematik, geometri, cebir ve istatistik olarak sınıflandırdığı öğrenme alanlarından en çok matematik alanında çalışma olduğunu saptamıştır. Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanılması kapsamında yapılan bu çalışmada en az istatistik öğrenme alanında çalışma yapıldığı; veri analizi öğrenme alanında ise çalışmanın olmadığı görülmüştür. Araştırma kapsamında incelenen çalışmalarda geometri ve ölçme alanı genelde birlikte alınmış ve daha çok geometrik şekiller, alan ve hacim alt konu alanlarında çalışmalar yapılmıştır. Bu durum bu alanda daha çok çalışmanın yapılabileceğini de göstermektedir. Sanal gerçeklik, öğrencilere bazı önemli konuların kavranmasında bilgiyi yapılandırma imkânı sunarak öğrenmeyi daha derinlemesine ve kalıcı hâle getirmektedir (Radianti vd., 2020). Özellikle geometri başarısı düşük olan öğrenciler için AG ve SG teknolojilerini kullanmak bu konularda büyük kolaylık sağlayabilir. Sayılar ve cebir alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle kesir konulu çalışmalar dikkat çekmektedir.

Matematik eğitiminde ASG uygulamalarının kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar, öğrenme alanlarının çeşitliliği ve etkileri açısından önemli bulgular sunmanın yanı sıra, öğrencilerin bu teknolojilere yönelik olumlu görüşleri de dikkat çekmektedir. Öğrencilerin ASG uygulamalarına yönelik görüşlerinin incelendiği çalışmalarda öğrenciler bu teknolojilerin akademik başarılarına ve derse karşı tutumlarına pozitif yönde katkı sağladığını belirtmişlerdir (Boy, 2024). Ayrıca öğrencilerin ASG teknolojilerinin tüm derslerde kullanılmasına dair görüşlerine de ulaşılmıştır, bununla birlikte yapılan çalışmalarda öğretmenler özellikle geometri derslerinde ASG teknolojisiyle ders işlemenin soyut kavramların anlaşılıp içselleştirilmesinde oldukça yararlı olduğunu vurgulamış, öğrencilerin derslerde eğlenerek öğrendiklerini de söylemişlerdir (İbili, 2013). Benzer şekilde, yapılan başka bir çalışma da AG teknolojisi geometri eğitime dâhil edilmiş, AG destekli matematik eğitiminin geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Yu vd., 2016). Elde edilen bulgular incelendiğinde ASG uygulamalarının matematik derslerinde kullanımına yönelik olumsuz etkileri ise planlamadaki zorluk, ekonomik şartlar, teknolojik aksaklıklar, teknolojiye ulaşmadaki güçlükler ve sağlık problemleri olarak belirlenmiştir. AG ve SG'nin matematik eğitiminde özellikle geometri konularında kullanıldığını ve bu teknolojilerin, öğrencilerin sosyo-duygusal, bilişsel ve pedagojik gelişimlerine katkıda bulunabileceğini ortaya koyan bir sistematik literatür

taramasında, AG ve SG uygulamalarında teknolojik aksaklıklar, maliyet, planlama ve sağlık sorunları gibi bazı zorlukların da olabileceği belirtilmiştir (Çevikbaş vd., 2023).

Araştırmaların sonuçları bütüncül olarak ele alındığında araştırmacıların daha çok ASG uygulamalarının öğretime ve akademik başarıya yönelik olumlu etkilerine vurgu yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmayı destekler nitelikte olan, 2008 ile 2018 yılları arasında eğitimsel kapsayıcılığı sağlamak için AG kullanımını derinlemesine araştıran bir literatür incelemesinde AG teknolojisinin avantajlarından birinin motivasyonu artırmak olduğu belirtilmiştir (Quintero vd.,2019). Ayrıca yine bu çalışmada öğrencilerin öğrenme sürecinden keyif alması, özel öğretim öğrencilerinin ilgisini çekmesi, öğrenme sürecinin verimliliğinde artış sağlaması gibi olumlu katkılarına da değinilmiştir. Diğer bir çalışmada ise AG hakkında öğrencilerin görüşleri alınmış ve öğrenciler tarafından AG'nin duyuşsal ve bilişsel gelişimi olumlu olarak etkilediği vurgulanmıştır (Boy, 2024). Akkuş (2021) yaptığı çalışmada mobil cihazlarda bulunan AG uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı ve motivasyonlarını arttırdığını saptamıştır. Bu araştırmadan farklı olarak Akın'ın (2022) çalışmasında ise derslerin AG kullanılarak işlenmesiyle AG kullanılmadan işlenmesinin öğrencilerin başarısına etkisi açısından önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, farklı çalışmalarda teknolojinin akademik başarı üzerindeki etkisinin daha düşük düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kulik & Kulik 1991; Li & Ma 2010; Tamim vd.,2011).

Araştırmanın sonuçlarının AG ve SG alanında yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte araştırmanın verilerinin 2005-2023 yılları arasını ve belirtilen veri tabanları ile veri kaynaklarını kapsamı araştırmanın sınırlılıkları olarak düşünülmektedir. Araştırma sonuçları doğrultusunda aşağıdaki öneriler sunulabilir.

Öğretmenlere yönelik yapılan araştırma sayısının az olmasından dolayı matematik eğitiminde ASG uygulamalarına yönelik çalışma grubunu öğretmenlerin oluşturacağı daha fazla çalışma yapılması tavsiye edilebilir.

Matematik eğitiminde öğretmenlerin aktif rol alacağı ASG uygulamalarına yönelik kapsamlı eğitim programları düzenlenerek öğretmenlere ASG yöntemlerini etkili bir şekilde kullanabilmeleri için gerekli bilgi ve beceriler kazandırılabilir. Ayrıca, öğretmenlerin deneyimlerini paylaşabileceği ve iş birliği yapabileceği çevrimiçi platformların oluşturulması teşvik edilebilir.

Okul öncesi düzeyinde yapılan çalışma sayısının çok az olmasından dolayı matematik eğitime yönelik ASG uygulamalarının etkilerini incelemek için pilot projelerin geliştirilmesi önerilebilir.

Makale ve tez türlerinin her ikisinde de veri işleme öğrenme alanında yapılan herhangi bir araştırmaya ulaşılamamıştır. Araştırmacılara bu öğrenme alanına yönelik ASG uygulamalarına yönelik çalışmaların yapılması önerilebilir.

ASG uygulamalarının farklı eğitim seviyelerinde ve konu alanlarında nasıl uygulanabileceği üzerine meta-analizler yapılması önerilebilir. Bu tür çalışmalar, mevcut literatürdeki boşlukları doldurmada ve gelecekteki araştırmalar için sağlam bir temel oluşturmada yardımcı olabilir.

Çıkar Çatışması

Bu makalenin yazarları herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Yazar Katkı Oranı

Tüm yazarlar eşit katkı sunmuştur.

Kaynakça

- Akapame, R., Burroughs, E., & Arnold, E. (2019). A clash between knowledge and practice: A case study of TPACK in three pre-service secondary mathematics teachers. *Journal of Technology and Teacher Education*, 27(3), 269-304.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Akın, A. (2022). Web tabanlı Matematik öğretiminin (WBMI) K-16 öğrencilerinin matematik öğrenimi üzerindeki etkililiği: meta-analitik bir araştırma. *Education and Information Technologies*, 27, 8015-8040. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10931-x>
- Akkuş, A. (2021). Matematik eğitiminde mobil cihazlarda yer alan artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin akademik başarı ve motivasyonlarına etkisi (Unpublished master's thesis). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Alkan, C. (2005). *Eğitim teknolojisi*. Anı Yayıncılık.
- Altıok, S. (2020). Artırılmış gerçeklik destekli simetri öğretiminin ilkökul öğrencilerinin akademik başarılarına etkileri ve öğrenci görüşleri. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 10(1), 177-200. <https://doi.org/10.17943/etku.622871>
- Altun, H., & Kahveci, G. (2019). Sanal gerçeklik tabanlı öğretim materyalinin öğrenme güçlüğü olan öğrencilerde geometriye dayalı problem çözme üzerindeki etkililiği. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 460-482. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.562047>
- Aydogdu, F., & Kelpšiene, M. (2021). Uses of augmented reality in preschool education. *International Technology and Education Journal*, 5(1), 11-20.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bakker, A., Cai, J., & Zenger, L. (2021). Future the mes of mathematics education research: An international survey before and during the pandemic. *Educational Studies in Mathematics*, 107(1), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10049-w>
- Baştürk, S., & Taştepe, M. (2013). Evren ve örneklem. In *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (pp. 129-159). Vize Yayıncılık.
- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G., & Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. Austin, TX.
- Bermejo, B., Juiz, C., Cortes, D., Oskam, J., Moilanen, T., Loijas, J., ... & Dunlea, D. (2023). AR/VR teaching-learning experiences in higher education institutions (HEI): A systematic literatüre review. *Informatics*, 10(2), 45. <https://doi.org/10.3390/informatics10020045>
- Bicer, A., & Capraro, R. M. (2016). Longitudinal effects of technology integration and teacher Professional development on students' mathematics achievement. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(3), 815-833. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00645a>

- Booth, A. M., Wright, K. E., & Outhwaite, H. (2010). Centre for Reviews and Dissemination databases: Value, content, and developments. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 26(4), 470-472. <https://doi.org/10.1017/S0266462310000978>
- Bouck, E. C., Satsangi, R., Doughty, T. T., & Courtney, W. T. (2014). Virtual and concrete manipulatives: A comparison of approaches for solving mathematics problems for students with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44, 180-193. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1863-2>
- Boy, G. (2024). Ortaokul öğrencilerin matematikte artırılmış gerçeklik algıları ve bu konudaki görüşlerinin incelenmesi (Unpublished master's thesis). İnönü Üniversitesi.
- Boz, A. (2019). Öğretmen adaylarının teknoloji kabullenmesi ve kullanımı hakkında uzaktan eğitim algılarının incelenmesi (Unpublished master's thesis). Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Bozkurt, A., & Akalın, S. (2015). Matematik öğretiminde materyal geliştirmenin ve kullanımının yeri, önemi ve bu konuda öğretmenin rolü. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (27).
- Bulut, M., & BorromeoFerri, R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556-572. <https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Cahyono, B., Firdaus, M. B., Budiman, E., & Wati, M. (2018, November). Augmented reality applied to geometry education. In *2018 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT)* (pp. 299-303). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EIConCIT.2018.8878553>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2023). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education on pandemic-related issues? A systematic literature review. *ZDM-Mathematics Education*, 55(1), 177-191. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01388-w>
- Chen, X., Zou, D., & Xie, H. (2020). Fifty years of British Journal of Educational Technology: A topic modeling based bibliometric perspective. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 692-708. <https://doi.org/10.1111/bjet.12907>
- Clements, M. A. K., Bishop, A. J., Keitel, C., Kilpatrick, J., & Leung, F. K. S. (Eds.). (2013). *Third international handbook of mathematics education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4684-2>
- Conde, M. Á., Sedano, F. J. R., Fernández-Llamas, C., Gonçalves, J., Lima, J., & García-Peñalvo, F. J. (2020, April). Robo STEAM Project systematic mapping: Challenge based learning and robotics. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 214-221. <https://doi.org/10.1109/educon45650.2020.9125103>
- Çakır, R., & Korkmaz, O. (2019). Özel eğitim gereksinimi olan bireylerde artırılmış gerçeklik ortamlarının etkililiği. *Eğitim ve Bilişim Teknolojileri*, 24(2), 1631-1659.
- Çalgüner, A. (2008). Teknolojik değişim' kavramının, tasarımın gelişimi doğrultusunda değerlendirilmesi. *Art-e Sanat Dergisi*, 1(2), 1-10.

- Çankaya, B., & Girgin, S. (2018). Artırılmış gerçeklik teknolojisinin fen bilimleri dersi akademik başarısına etkisi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(30), 4283-4290. <https://doi.org/10.26450/jshsr.882>
- Çevikbaş, M., Bulut, N., & Kaiser, G. (2023). Matematik öğrencileri için AR ve VR teknolojilerinin faydalarını ve dezavantajlarını keşfetmek: Son gelişmeler. *Sistemler*, 11(5), 244. <https://doi.org/10.3390/systems11050244>
- Çil, B. D. (2023). Artırılmış gerçeklik ile boyutların geometri öğretiminin özyeterlik, kaygı ve tutuma etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bartın Üniversitesi.
- De Corte, E. (2004). Main streams and perspectives in research on learning (Mathematics) from instruction. *Applied Psychology*, 2(53), 279-310. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2004.00172.x>
- De Hoyos, M., Gray, E., & Simpson, A. (2002, July). Students assumptions during problem solving. Paper presented at the 2nd International Conference on the Teaching of Mathematics, Crete, Greece.
- Diagram, P. F. (2020). PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of data bases and registers only. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Erbas, C., & Demirer, V. (2015). Eğitimde sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları. In B. Akkoyunlu, A. Isman, & H. F. Odabasi (Eds.), *Eğitim Teknolojileri Okumaları 2015* (pp. 131-148). Ankara.
- Ersoy, Y. (2003). Teknoloji Destekli Matematik Eğitimi-1: Gelişmeler, politikalar ve stratejiler. *İlköğretim Online*, 2(1), 18-27.
- Fowler, A. (2023). Under standing virtual reality: A comprehensive over view. *Journal of Virtual Environments*, 12(3), 45-67.
- Gutiérrez Alonso, M. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). Stepping into virtual reality. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- Hazneci, Ö. (2019). Güncel artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanımı üzerine bir inceleme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Uluslararası*, 100, 26-28.
- Hidajat, F. A. (2023). Augmented reality applications for mathematical creativity: A systematic review. *Journal of Computers in Education*, 1-50.
- Higgins, K., Huscroft-D'Angelo, J., & Crawford, L. (2019). Effects of technology in mathematics on achievement, motivation, and attitude: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 57(2), 283-319. <https://doi.org/10.1177/0735633117748416>
- Higgins, M. D., Green, R. J., & Leeson, M. S. (2011). Optical wireless for intra vehicle communications: A channel viability analysis. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 61(1), 123-129. <https://doi.org/10.1109/tvt.2011.2176764>
- Hoyles, C. (2018). Transforming the mathematical practices of learners and teachers through digital technology. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 209-228. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1484799>

- Hui-Zhen, R., & Zong-Fa, L. (2013). Application and prospect of the VR technology in college ideological education. *Intelligent Systems Design and Engineering Applications*, Fourth International Conference, Hunan, China. <https://doi.org/10.1109/isdea.2013.434>
- Hwang, W.-Y., & Hu, S.-S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computer & Education*, 62, 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.005>
- İbilli, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.
- İçten, T., & Bal, G. (2021). Askerî alanda artırılmış ve sanal gerçeklik araçları: Sistemler, zorluklar ve çözümler. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 2(40), 169-199.
- Kamii, C., Lewis, B. A., & Kirkland, L. (2001). Manipulatives: When are they useful? *The Journal of Mathematical Behavior*, 20(1), 21-31. [https://doi.org/10.1016/s0732-3123\(01\)00059-1](https://doi.org/10.1016/s0732-3123(01)00059-1)
- Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26-33.
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D., & Wagner, M. (2000). Construct3D: A virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and Information Technologies*, 5, 263-276. <https://doi.org/10.1023/a:1012049406877>
- Keleş, F., & Yavuz, S. (2022). Eğitimde artırılmış gerçeklik ile ilgili araştırmalar üzerine bir içerik analizi. *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 6(2), 248-277. <https://doi.org/10.35346/aod.1159848>
- Kenski, V. M. (2008). Educação e comunicação: Interconexões e convergências. *Educação & Sociedade*, 29, 647-665. <https://doi.org/10.1590/s0101-73302008000300002>
- Keskin, İ. (2017). Matematik öğretmeni adaylarının eğitimde sanal gerçeklik kullanımına ilişkin görüşlerinin değerlendirilmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 4(11), 294-302.
- Kirner, T. G., Reis, F. M. V., & Kirner, C. (2012, June). Development of an inter active book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. In *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012)* (pp. 1-6). IEEE.
- Koumpourous, Y. (2024). Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education. *Smart Learning Environments*, 11(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00288-0>
- Kulik, C.-L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7(1-2), 75-94. [https://doi.org/10.1016/0747-5632\(91\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0747-5632(91)90030-5)
- Lachal, J., Revah-Levy, A., Orri, M., & Moro, M. R. (2017). Meta synthesis: An original method to synthesize qualitative literature in psychiatry. *Frontiers in Psychiatry*, 8, 298098. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00269>
- Lai, J. W., & Cheong, K. H. (2022). Adoption of virtual and augmented reality for mathematics education: A scoping review. *IEEE Access*, 10, 13693-13703. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3145991>
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *Tech Trends*, 56(2), 13-21.

- Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215-243. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9125-8>
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (Eds.). (2017). *Virtual, augmented, and mixed realities in education*. Springer.
- Mantovani, G. (1996). *New communication environments: From every day to virtual*. CRC Press.
- MedinaHerrera, L., Castro Pérez, J., & JuárezOrdóñez, S. (2019). Developing spatial mathematical skills through 3D tools: Augmented reality, virtual environments and 3D printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM)*, 13, 1385-1399. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00595-2>
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56, 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Miles, B. M., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis*. Sage Publications.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13643-015-0001-8>
- Murphy, S., Danaia, L., Tinkler, J., & Collins, F. (2023). Parents' experiences of mathematics learning at home during the COVID-19 pandemic: A typology of parental engagement in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10224-1>
- Namukasa, I. K., Gecu-Parmaksiz, Z., Hughes, J., & Scucuglia, R. (2023). Technology maker practices in mathematics learning in STEM contexts: A case in Brazil and two cases in Canada. *ZDM-Mathematics Education*, 55(7), 1331-1350. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-00638-0>
- National Council of Teachers of Mathematics. (1980). *An agenda for action: Directions for school mathematics for the 1980s*. Reston, VA: Author.
- Ozyurt, O., & Ayaz, A. (2022). Twenty-five years of education and information technologies: In sights from a topic modeling-based bibliometric analysis. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11025-11054. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11071-y>
- Özdemir, D., & Özçakır, B. (2019). Kesirlerin öğretiminde artırılmış gerçeklik etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin matematik başarılarına ve tutumlarına etkisinin incelenmesi. *Adıyaman University Journal of Educational Sciences*, 9(1), 21-41. <https://doi.org/10.17984/adyuebd.495731>
- Palancı, A., & Turan, Z. (2021). Matematik eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı öğrenme süreçlerini nasıl etkiler?: Sistemik bir inceleme. *Uluslararası Müfredat ve Öğretim Çalışmaları Dergisi (IJOCIS)*, 11(1), 89-110. <https://doi.org/10.31704/ijocis.2021.005>
- Perry, B., & Howard, P. (1994). Manipulatives: Constraints on construction. In C. Bell, B. Wright, N. Leeson, & G. J. (Eds.), *Challenges in mathematics education: Constraints on construction* (pp. 487-495). Lismore: MERGA.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.

- Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., Cerón, J., & Velez, G. (2019). Augmented reality in educational inclusion: A systematic review on the last decade. *Frontiers in Psychology, 10*, 467496. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- 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*, Article 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Roschelle, J., Noss, R. L., Blikstein, P., & Jackiw, N. (2017). *Technology for learning mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Rose, H. (1995). Assessing learning in VR: Towards developing a paradigm virtual reality roving vehicles (VRRV) project. (Technical Report TR-95-1). Human Interface Technology Laboratory, University of Washington.
- Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of augmented reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education, 144*, 103710. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>
- Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., & Hesina, G. (2000, October). Bridging multiple user interface dimensions with augmented reality. In *Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000)* (pp. 20-29). IEEE. <https://doi.org/10.1109/isar.2000.880919>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P., ... & Krause, M. J. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the applicationcle AR maths. *Education Sciences, 11*(8), 368.
- Selçuker, R., & Güray, U. Ç. (2024). Okul öncesi eğitiminde STEM çalışmalarında kullanılan yenilikçi teknolojiler. *Destekleyen Kuruluşlar, 12*.
- Selfridge, P., & Kirk, T. (1999). COSPACE: Combining web browsing and dynamically generated, 3D, multi user environments. *Intelligence, 10*(1), 24-32. <https://doi.org/10.1145/298475.298488>
- Sun, K. T., & Chen, M. (2019). Utilizing free augmented reality app for learning geometry at elementary school in Taiwan: Take volumetric measurement of compound body for example. *International Journal of Distance Education Technologies, 17*(1), 36-53. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2019100103>
- Taçgın, S., & Özüağ, Y. (2018). Çocukların temel becerilerinin geliştirilmesi için bir artırılmış gerçeklik öğrenme ortamının tasarlanması ve geliştirilmesi: KARTOON3D. *The Journal of Social Sciences*.
- TaherianKalati, A., & Kim, M. S. (2022). Dokunmatik ekran teknolojisinin küçük çocukların öğrenmesi üzerindeki etkisi nedir?: Sistematik bir inceleme. *Educational Information Technologies, 27*, 6893-6911. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10816-5>
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research, 81*(1), 4-28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>

- Tang, X. (2009). Qualitative meta-synthesis techniques for analysis of public opinions for in-depth study. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02469-6_111
- Taşkıran, A., Koral, E., & Bozkurt, A. (2015). Artırılmış gerçeklik uygulamasının yabancı dil öğretiminde kullanılması. *Akademik Bilişim*, 462, 467.
- Tatar, E., & Dikici, R. (2008). Matematik eğitiminde öğrenme güçlükleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9), 183-193.
- Uzun Hazneci, Ö. (2019). Güncel artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanımı üzerine bir inceleme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Uluslararası*, 100, 26-28.
- Vakaliuk, T. A., Shevchuk, L. D., & Shevchuk, B. V. (2020). Possibilities of using AR and VR technologies in teaching mathematics to high school students. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 6280-6288. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082267>
- Vershaffel, L., De Corte, E., Lasure, S., Vaerenbergh, Bogaerts, H., & Ratinckx, E. (1999). Learning to solve mathematical application problems: A design experiment with fifth graders. *Mathematical Thinking and Learning*, 1(3), 195-229. https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0103_2
- Wang, L., Zhang, Q., & Sun, D. (2024). Exploring the impact of an augmented reality-integrated mathematics curriculum on students' spatial skills in elementary school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10473-3>
- Wang, S. T., Liu, L. M., & Wang, S. M. (2018). The design and evaluation of virtual reality immersive learning: The case of these rious game "Calcium looping for carbon capture". In *Proceedings of the 2018 International Conference on System Science and Engineering* (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/icsse.2018.8520002>
- Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). Analysis of the accuracy and robustness of the Leap Motion controller. *Sensors*, 13(5), 6380-6393. <https://doi.org/10.3390/s130506380>
- Winn, W. B. (1992). Designing virtual worlds for use in mathematics education. *American Educational Research Association*.
- Yıldırım, P. (2018). Mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yapılan fen öğretiminin ortaokul öğrencilerinin fen ve teknolojiye yönelik tutumlarına ve akademik başarılarına etkisi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, M., & Coşkun Şimşek, M. (2023). Eğitimde sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve metaverse'in kullanımı: Biyoloji ve matematik öğretmen adaylarının görüşleri. *MIER Eğitim Araştırmaları Eğilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 13(1), 64-80. <https://doi.org/10.52634/mier/2023/v13/i1/2422>
- Yu, C. H., Liao, Y. T., & Wu, C. C. (2016, December 7-9). Using augmented reality to learn thee numeration strategies of cubes [Paperpresentation]. 2016 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE). <https://doi.org/10.1109/TALE.2016.7851832>
- Yulianti, T., & Sulistiyawati, A. (2020, March). Öğrencinin karakter oluşturması için harmanlanmış öğrenme. *Uluslararası Aşamalı Eğitim Konferansı (ICOPE 2019)* (pp. 56-60). Atlantis Basını.

Zhang, W., & Wang, Z. (2021). The oryand practice of VR/AR in K-12 science education: A systematic review. *Sustainability*, 13(22), 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>

Ek-1. Değerlendirme Formu

Çalışmanın Türü

☐ Makale ☐ Yüksek Lisans Tezi ☐ Doktora Tezi

Çalışmanın Yılı

☐ 2005-2010 ☐ 2010-2015 ☐ 2015-2020 ☐ 2020-2024

Kullanılan Uygulama

☐ Sanal Gerçeklik Uygulamaları ☐ Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Araştırma Yöntemleri

☐ Nitel ☐ Nicel ☐ Karma

Örneklem Türleri

☐ Okul öncesi ☐ İlkokul ☐ Ortaokul ☐ Lise ☐ Ön Lisans ☐ Öğretmen Adayı

Örneklem Büyüklüğü

☐ 1-20 ☐ 21-50 ☐ 51-100 ☐ 101 ve daha fazlası

Veri Toplama Araçları

☐ Anket
☐ Doküman (Elektronik Veri Tabanları, Dergiler)
☐ Form (Değerlendirme, Tanıma)
☐ Görüşme
☐ Gözlem
☐ Öğrenci Notları
☐ Ölçek
☐ Sanal Öğretim Materyali
☐ Test (Başarı, Yetenek)
☐ Video
☐ Diğer

Uygulama Süreci

☐ Tek Oturumlu Uygulama ☐ Öğretim Sürecine Bağlı Uygulama

Öğrenme Alanları

☐ Sayılar ve Cebir ☐ İstatistik ☐ Veri İşleme ☐ Geometri ve Ölçme ☐ Diğer

Ulaşılan Sonuçlar

☐ Olumlu ☐ Olumsuz

Extended Abstract

Research on AR and VR has been conducted in various contexts such that student and teacher perspectives (Altıok, 2020; Yılmaz & Şimşek, 2023), affective characteristics (Çil, 2023), performance and achievement (Özdemir & Özçakır, 2019), software development (Taçgın & Özüağ, 2018) and document analysis (Palancı & Turan, 2021). The widespread use of AR and VR Technologies demonstrates their impact on mathematics education and their appeal to students (Vakaliuk et al., 2020). The 21st-century technological advancements require the active use of such applications, contributing to better-equipped lessons through materials and activities. AR and VR support students' socio-emotional and cognitive/meta cognitive development and thank to these technologies, students can work effectively in groups and develop their problem-solving skills through collaboration (Çevikbaş et al., 2023). The purpose of this study is to examine research conducted in Turkey between 2005 and 2023 on the use of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) in mathematics education, utilizing the meta-synthesis method. How have master's theses, doctoral dissertations and articles conducted with augmented and virtual reality (AVR) in the field of mathematics education in Turkey been distributed in terms of years and types? How have theses and articles involving AVR in mathematics education in Turkey been distributed in terms of methodological characteristics (research method, sample type, sample selection method, sample size, data collection tools, data analysis)? How have theses and articles involving AVR in mathematics education in Turkey been distributed in terms of the topics and learning domains they address?

Since the aim of this study is to conduct a detailed examination of studies related to use of AR and VR applications in mathematics education in Turkey, the qualitative research method of meta-synthesis was used. In this research, a document review of studies on AVR applications in mathematics education in Turkey was conducted. Data were gathered from articles, master's theses and doctoral dissertations conducted in Turkey between 2005 and 2023 that included AR and VR applications in mathematics education. Data were collected from databases such as DergiPark, ProQuest, TR Dizin, YÖK Thesis, Web of Science (WoS), Scopus, Education Resource Information Center (ERIC) and Google Scholar using the keywords "Augmented Reality" and "Virtual Reality" resulting in 40 studies including AR and VR applications in mathematics education. Studies were selected if they consisted of articles and post graduate theses conducted in Turkey, were published in Turkish or English, and addressed AR and VR in the context of mathematics education. Systematic reviews were analyzed using the PRISMA approach. The Evaluation Form developed by these archers was used to conduct a meta-synthesis study by examining the studies including AR and VR applications in mathematics education in Turkey between 2005-2023 using the content analysis method.

When the distribution of studies on AVR applications in mathematics education in Turkey by publication years and types is examined, no research was found between 2005 and 2013, and only a limited number of studies were conducted in subsequent years. This may be due to a lack of technological infrastructure and teacher knowledge regarding AR and VR. It is noteworthy that studies on AVR have increased after 2017. It has been observed that the studies on use of AVR applications in mathematics education in Turkey, which has increased since 2017, declined between 2020 and 2021 then resurged from 2022 to 2023. This decline may be attributed to the transition to remote learning due to the COVID-19 pandemic, which began in 2019. The urgency of the pandemic and challenges in online learning may have caused a temporary decline in research focusing specifically on AR and VR in mathematics education. As a matter of fact, it was concluded that the number of studies on the AVR issue increased significantly in 2022 and 2023. In this research conducted on the use of AVR applications in mathematics education, it is seen that the studies reached in 2013 and later were mostly handled as articles. When examining their search methods of AVR studies, quantitative methods were more commonly used, while qualitative research was less frequently. Due to the examination of the effects of AVR applications on the sample group, quantitative research methods may have been more commonly preferred in these studies. Parametric tests were most commonly employed in quantitative data analysis. This was an expected result, as most of the studies were designed using quantitative methods. It is seen that among qualitative data analysis

methods, content analysis was the most preferred. It can be said that in the studies examined, mostly students were selected as the sample type and there were few studies on teachers. The data were mostly collected from middle school students with in the student sample groups, while the least data were gathered from preschool students. Most of there search on AR and VR has generally focused on K-12 level students, meaning primary, middle, and high school students. The most common sample type is groups consisting of students in these researches. It was observed that the sample size of the examined studies consisted of 21-50 people in the article type and 51-100 people in the theses. According to the findings, although a majority of articles and theses employed quantitative research methods, it was concluded that studies were conducted with sample groups consisting of fewer than 100 individuals. While the studies conducted on the use of AVR applications in mathematics education exhibit a diversity of learning areas, it has been observed that they predominantly focus on geometry and measurement. In this study on the use of AVR applications in mathematics education, it has been observed that the least amount of research was conducted in the area of learning statistics, while no studies were found in the area of learning data analysis. In the studies examined within the scope of this research, geometry and measurement were generally considered to gether, with a predominant focus on subtopics such as geometric shapes, area and volume. This indicates a potential for further research in these areas. Over all, the findings suggest that researchers have predominantly emphasized the positive effects of AVR applications on teaching and academic achievement.