



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN MATEMATİK EĞİTİMİNDE
KULLANIMI: BİR META-SENTEZ ÇALIŞMASI

ELİF KORKMAZ

İzmir
2021

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MATEMATİK ÖĞRETMENLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN MATEMATİK EĞİTİMİNDE
KULLANIMI: BİR META-SENTEZ ÇALIŞMASI

ELİF KORKMAZ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hasibe Sevgi MORALI

İzmir

2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Artırılmış Gerçekliğin Matematik Eğitiminde Kullanımı: Bir Meta-sentez Çalışması” adlı çalışmanın içerdiği fikri izinsiz başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında ve bölümlerinin yazımında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve *intihal içermediğini* beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

28/07/2021

Elif KÖRKMAZ



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU



Tarih: 02/08/2021

Tez Başlığı:

Artırılmış Gerçekliğin Matematik Eğitiminde Kullanımı: Bir Meta-sentez Çalışması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 58 sayfalık kısmına ilişkin, 02/08/2021 tarihinde **tez danışmanım tarafından** Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'nın sağladığı İntihal Tespit Programından (Turnitin-Tez İntihal Analiz Programı) aşağıda belirtilen **filtreleme tiplerinden biri** (uygun olanı işaretleyiniz) uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin **benzerlik oranı % 4** dir.

- <http://www.kutuphane.deu.edu.tr/tr/turnitin-tez-intihal-analiz-programi/> adresindeki Tez İntihal Analiz Programı

Kullanım Kılavuzunu okudum ☒

Filtreleme Tipi 1(Maksimum %15) x

Filtreleme Tipi 2(Maksimum %30) ☐

☒ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☒ Kaynakça hariç, ☒ Alıntılar dâhil, ☒ Altı (6) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.	☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç, ☐ Kaynakça dâhil, ☐ Alıntılar dâhil.
EK 1- İntihal Tespit Programı Raporu İLK SAYFA Çıktısı. ☒	
EK 2- İntihal Tespit Programı Raporu (Tümü) Cd içinde. ☐	

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve yukarıda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Elif KORKMAZ
Öğrenci No : 2018950120
Anabilim Dalı : Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
Programı : Matematik Öğretmenliği
Statüsü : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐

ÖĞRENCİ

DANIŞMAN

Elif KORKMAZ
02/08/2021

Dr. Öğr. Üyesi Hasibe Sevgi MORALI
02/08/2021

Açıklamalar

- 1: Bu formu teslim etmeden önce sizden istenen bilgileri uygun kutucuğu (☐) işaretleyerek doldurunuz.
Kullanıcı şifre vb. konusunda sorun yaşanması durumunda Üniversitemiz Merkez Kütüphanesinde bulunan Turnitin yetkilisine (Ali Taş Tel: +90 (232) 3018026 veya ali.tas@deu.edu.tr) başvurunuz.
- 2: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu" formu tezin ciltlenmiş ve elektronik nüshalarının içerisinde ekler kısmında yer alır.
- 3: Tez savunmasında düzeltme alınması durumunda bu form güncellenerek yeniden hazırlanır.
- 4: Turnitin-Tez İntihal Analiz Programına yükleme yapılırken Dosya Başlığı (document title) olarak **tez başlığının tamamı**, Yazar Adı (author's first name) olarak **öğrencinin adı**, Yazar Soyadı (author's last name) olarak **öğrencinin soyadı** bilgisini yazınız.

TEŞEKKÜR

Lisans hayatımın bir yaz döneminde tanıma fırsatı yakaladığım, cebir anlatışına hayran olduğum, yüksek lisansım boyunca ondan çok şey öğrendiğim, Covid 19 sürecinde yaptığımız uzaktan eğitimlerle tez sürecimin en verimli şekilde geçmesini sağlayan çok değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hasibe Sevgi MORALI'ya teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek Lisans eğitimim esnasında ondan çok şey öğrendiğim, yaptığım ilk akademik çalışmalarda bana kılavuz olan, çalışmalarını ilgiyle takip ettiğim kıymetli hocam Prof. Dr. Esra BUKOVA GÜZEL'e teşekkür ediyorum.

Tez savunma jürimde olmayı kabul ederek değerli katkılarını sunan Dr. Öğr. Üyesi Zekiye Özgür ve Dr. Öğr. Üyesi Aysun Nüket Elçi hocalarıma çok teşekkür ederim.

Büyük emeklerle, ilgileriyle beni bugünlere getiren, en büyük destekçilerim annem Mevhibe KORKMAZ ve babam Ali KORKMAZ'a sonsuz teşekkürler.

Eğitim hayatım boyunca örnek olmaya çalıştığım, başarılarıyla gurur duyduğum kardeşlerim Abdullah KORKMAZ ve Enes KORKMAZ'a özel teşekkürlerimi sunuyorum.

Tezimin fikir aşamasından son anına kadar her türlü akademik işlerde yanımda hissettiğim, fikirleriyle bana destek olan Ayşe Fizan SASA'ya teşekkür ediyorum.

Tezimin son anlarında bana yetişip, her türlü moral ve desteği sağlayan, tezimin bitiş sürecini hızlandıran, tecrübeleriyle katkı sunan Yüksek Mühendis Orkun TEKE'ye çok teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Amaç ve Önem.....	3
1.3. Problem Cümlesi	3
1.3.1 Alt Problem Cümleleri	4
1.4. Sınırlılıklar	4
1.5. Tanımlar	4
BÖLÜM II	5
İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	5
2. Artırılmış Gerçeklik	5
2.1. Artırılmış Gerçekliğin Tanımı, Teknolojisi.....	5
2.2. Artırılmış Gerçekliğin Tarihi Gelişimi.....	6
2.3. Eğitimde Artırılmış Gerçeklik.....	9
BÖLÜM III	13
YÖNTEM	13
3.1. Araştırmanın Deseni.....	13
3.2. Veri Toplama Süreci	15
3.2.1. Çalışmaların Dahil Edilme/Hariç Tutulma Kriterleri.....	15
3.2.2. Verilerin Toplanması.....	16
3.2.3. Verilerin Hazırlanması	17
3.3. Verilerin Analizi.....	18
3.3.1 Kodlama	18
3.4. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği.....	19
BÖLÜM IV	21
BULGULAR.....	21
4.1. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Bazı Betimsel Özellikleri	21

4.1.1. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı.....	21
4.1.2. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Yapıldığı Ülkelere Göre Dağılımı	22
4.1.3. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Örneklem Grubuna Göre Dağılımı	22
4.1.4. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Örneklem Sayılarına Göre Dağılımı...	24
4.2. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Amaçları	24
4.2.1. AG'nin Etkisi	26
4.2.2. AG İçeriği Geliştirme.....	26
4.2.3. AG Deneyimi	27
4.2.4. Beceri Gelişimi.....	27
4.2.5. Özel Eğitimde AG Kullanımı.....	27
4.2.6. Kavram Öğretiminde AG Kullanımı.....	28
4.2.7. AG'nin Yararları ve Sınırlılıkları	28
4.3. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Veri Toplama Araçları.....	28
4.4. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Araştırma Yöntemleri.....	30
4.5. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Matematik Konularına Göre Dağılımı....	32
4.6. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalarda Veri Analizi ve Geçerlik-Güvenirlik	33
4.6.1. Veri Analizi.....	33
4.6.2. Güvenirlik ve Geçerlik.....	36
4.6.2.1. Güvenirlik.....	37
4.6.2.2. Geçerlik.....	38
4.7. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalarda Kullanılan AG Teknolojileri.....	39
4.8. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Sonuçları.....	41
4.9. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Önerileri.....	44
BÖLÜM V	45
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
5.1. Tartışma ve Sonuç.....	45
5.2. Öneriler	50
KAYNAKÇA.....	52
Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalara Ait Kod Listesi.....	63
EK 1. Öğrencinin Akademik Özgeçmişi.....	65

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1 Matematik eğitiminde yapılmış AG çalışmaların yıllara göre dağılımları.....	2
Tablo 2 Veri Toplama Formu.....	17
Tablo 3 Tema ve Kategoriler.....	18
Tablo 4 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımı.....	21
Tablo 5 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların yapıldığı ülkelere göre dağılımları.....	22
Tablo 6 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların örneklem grubuna göre dağılımı.....	22
Tablo 7 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların örneklem sayısına göre dağılımları.....	24
Tablo 8 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların amaçları.....	24
Tablo 9 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların veri toplama araçları.....	28
Tablo 10 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların araştırma yöntemleri.....	30
Tablo 11 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların matematik konularına göre dağılımı.....	32
Tablo 12 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların veri analizi.....	33
Tablo 13 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların güvenirlik ve geçerliği.....	36
Tablo 14 Meta-senteze dahil edilen çalışmalarda kullanılan AG teknolojileri.....	39
Tablo 15 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların sonuçları.....	41
Tablo 16 Meta-senteze dahil edilen çalışmaların listesi.....	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sanallık Sürekliliği, Milgram ve Kishino'dan (1994) uyarlanmıştır.....6



ÖZET

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN MATEMATİK EĞİTİMİNDE KULLANIMI: BİR META-SENTEZ ÇALIŞMASI

Bu çalışmanın amacı 2010-2021 yılları arasında matematik eğitiminde yapılmış artırılmış gerçeklik (AG) çalışmalarının bir meta-sentezini sunmaktır. Veri tabanlarında “augmented reality”, “augmented reality and education”, “augmented reality and mathematics education”, “artırılmış gerçeklik”, “artırılmış gerçeklik ve eğitim”, “artırılmış gerçeklik ve matematik eğitimi” anahtar kelimeleri taratılarak ulaşılan çalışmalardan belirli kriterleri sahip 24 tanesi meta-senteze dahil edilmiştir. Veriler meta-sentezin doğasına uygun bir şekilde incelenmek üzere veri analiz sürecine hazırlanmıştır ve içerik analizi tekniğiyle incelenmiştir. Analiz sonucu elde edilen kodlar ve temalar bulgular bölümünde tablolar eşliğinde sunulmuştur. Meta-senteze dahil edilen çalışmalar; betimsel özellikleri, kullanılan araştırma yöntemleri, veri toplama araçları, seçilen matematik konuları, veri analizi, geçerlik-güvenirlilik, sonuçlar ve öneriler başlıkları altında toplanmıştır. Çalışmaların benzer ve farklı yönleri karşılaştırılarak bütünsel bir açıdan ele alınarak bir sentez çalışması yapılmıştır. Matematik eğitiminde AG uygulamalarının yıllar geçtikçe teknolojinin gelişmesine paralel olarak daha yaygın kullanıldığı gözlemlenmiştir. Matematik eğitiminde AG hakkında yapılan çalışmalar genellikle uzamsal beceriyi geliştirmeye yöneliktir. Bu konuda AG’nin görselleştirme ve somutlaştırma özelliklerinden sıkça yararlandığı görülmüştür. Bu meta-sentez çalışması ile matematik eğitiminde AG kullanımı konusunda çalışacak araştırmacılara öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış gerçeklik, matematik eğitimi, meta-sentez.

ABSTRACT

THE USE OF AUGMENTED REALITY IN MATHEMATICS EDUCATION: A META-SYNTHESIS STUDY

The aim of this study is to present a meta-synthesis of augmented reality (AR) studies in mathematics education between 2010-2021. Among the studies reached by scanning the keywords "augmented reality", "augmented reality and education", "augmented reality and mathematics education" in the databases, 24 studies with certain criteria were included in the meta-synthesis. The data were prepared for the data analysis process to be examined in accordance with the nature of meta-synthesis and were analyzed by content analysis. The codes and themes obtained as a result of the analysis are presented in the findings section with tables. The descriptive features, research design, data collection tools, selected mathematical topics, data analysis and validity-reliability, results and suggestions of the studies included in the meta-synthesis were examined separately. A synthesis study was conducted by comparing the similar and different aspects of the studies and considering them from a holistic perspective. It has been observed that AR applications in mathematics education have been used more widely over the years. Studies on AR in mathematics education are generally aimed at improving spatial skills. In the studies, it has been seen that AR frequently benefits from the visualization and concretization features. With this meta-synthesis study, suggestions are presented to researchers who will work on this subject.

Keywords: Augmented reality, mathematics education, meta-synthesis.

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Artılmış gerçeklik (AG) teknolojisi yenilikçi teknoloji gelişimde önemli bir yere sahiptir (Kramarenko, 2019) ve son yıllarda bu teknoloji hızla gelişerek çok yol kat etmiştir. AG teknolojisi 1990'ların başından itibaren havacılık, imalat, tıp, robotik, turizm, eğlence, sosyal ağlar ve eğitim gibi alanlarda araştırma konusu olmuştur (Bower, Howe, McCredie, Robinson ve Grover, 2014). Kara'nın (2018) eğitim alanındaki AG çalışmalarıyla ilgili yaptığı doküman incelemesinde 2000'li yılların başında az sayıda çalışma yapıldığını, 2009 yılından itibaren bu alanda yapılan çalışma sayılarındaki artışın göze çarptığını ifade etmiştir. 1990'lı yıllarda AG sistemleri kafaya monte edilen başlık ve bilgisayar ile kurulmuştur. Bir süre AG teknolojisi giyilebilir halde gelişimini sürdürmüştür. 2010'lu yıllara gelindiğinde mobil cihazların kullanımının yaygınlaşmasıyla AG sistemleri taşınabilir bir hale gelmiştir. Bu süreçte AG'nin grafik kalitesi, kayıt süreci ve donanımı iyileşmiş, cihaz boyutları da taşınabilir hale gelince AG'nin yaygınlaşması kaçınılmaz olmuştur. Bu gelişmeler aynı zamanda eğitim alanında yapılan AG çalışmalarının sayısını da artırmıştır (Billinghurst, 2002; Yılmaz ve Batdı, 2016).

AG teknolojisi eğitimcilerin senaryolar oluşturmalarına, öğrenme deneyimlerine karakterler eklenmesine, görüntü ve nesneleri eğitim ortamına sorunsuz bir şekilde yerleştirilmesine olanak tanır (Bower ve diğerleri, 2014). AG sınıf ortamına getirilemeyecek büyüklükteki veya küçüklükteki nesneleri düşük maliyetlerle görüntülemeye yardımcı olur.

Yılmaz ve Batdı (2016) AG uygulamalarının öğrenme ortamlarındaki etkililiğini belirlemek için yaptıkları çalışmada AG'nin sosyal, bilişsel, duyuşsal açılardan olumlu etki sağladığını, öğrenme ortamını gerçekçi kıldığını belirtmiştir.

Literatürde AG'nin sorgulamaya dayalı öğrenme, oyun tabanlı öğrenme, işbirlikli öğrenme, yapılandırmacı yaklaşım gibi çeşitli pedagojik yaklaşımları desteklediği ve geliştirdiği vurgulanmıştır (Bower ve diğerleri, 2014; Chen ve Tsai, 2012; Dunleavy ve diğerleri, 2009; Johnson, Smith, Levine ve Haywood, 2010; Rasimah ve diğerleri, 2011). AG bilgiyi gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirerek eğitim ortamına getirir, öğrenmeyi kolaylaştırır. Uygur, Yelken ve Akay'ın (2018) öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmaya göre AG'nin görselleştirme özelliği, öğretmen adaylarının anlaşılması güç konuları kolaylıkla anlamasına, bilgileri kalıcı olarak hafızalarında saklanmasına katkı sağlamıştır.

AG hakkında yapılan derleme çalışmalarına bakıldığında (Altınpulluk, 2018; Bacca Acosta ve diğerleri, 2014; Dey ve diğerleri 2016; İçten ve Bal, 2017; Martin ve diğerleri, 2011; Önal, 2017; Özdemir, 2017; Radu, 2014; Santos ve diğerleri, 2014; Sırakaya ve Sırakaya 2018; Tekedere ve Göker, 2016; Usta, Korucu ve Yavuzaslan, 2016 ; Yılmaz ve Batdı, 2016; Yılmaz ve Göktaş, 2018) bu çalışmalarda AG'nin avantajları, faydaları, kullanılabilirliği, hangi alanlarda kullanımının popüler olduğu, AG çalışmalarının eğilimleri, AG'nin eğitim alanındaki mevcut durumu, kullanılan uygulama türleri ve AG teknolojileri ortaya konulmuş ve bu çalışmaların sistematik inceleme, içerik analizi ve meta-analiz gibi çalışmalar olduğu görülmüştür.

Akkuş ve Özkan (2017) tarafından yapılan çalışmada matematik ve geometri eğitiminde geliştirilen AG uygulamaları ve bu alanda yapılmış 12 yayın incelenmiştir. Ortaya bir literatür taraması sunulmuştur. Elde ettikleri bulgulara göre matematik eğitiminde daha çok uzamsal zeka gelişimi üzerine AG çalışmalarına ulaşılmıştır.

MEB'in (2018a, 2018b) ilkökul, ortaokul ve lise matematik dersi öğretim programlarında mantıksal ve uzamsal düşünme becerilerini geliştirmeye yönelik kazanımlar bulunmaktadır. Örneğin 12. sınıf dönüşüm öğrenme alanına ait bir kazanımda koordinat düzlemindeki bir noktanın öteleme, dönme ve simetri dönüşümlerine ait görüntülerinin koordinatlarının bulunması uzamsal düşünme becerisi gerektirmektedir. İlkokul matematik öğretim programında geometri öğrenme alanına ait uzamsal ilişkiler alt öğrenme alanında konum, yön ve hareketi tanımlamak için matematiksel dilin kullanılması, bir şeklin bir doğruya göre simetrisinin çizilmesi hedeflenmiştir. Ortaokul matematik öğretim programında ise dönüşüm geometrisi alt öğrenme alanında öteleme ve yansıma dönüşümleri verilmektedir 8. sınıf düzeyinde bulunan öğrencilerden eş ve benzer çokgenleri belirtip inşa etmeleri beklenmektedir. Tüm bu kazanımların öğretiminde görselleştirmeyi sağlayacak teknolojiler kullanılabilir. Eğitim ortamlarında kullanılabilecek teknolojilerden biri de AG'dir. Birçok çalışmada AG'nin uzamsal beceriyi geliştirdiğine değinilmiştir (Dünser, Steinbügl, Kaufmann ve Glück, 2006; Gün ve Atasoy, 2017; İbili ve Şahin, 2013; Lin vd., 2015; Martín-Gutiérrez ve diğerleri, 2010; Özçakır ve Aydın, 2019; Salinas ve Pulido, 2016).

Son yıllarda gelişen teknolojiler ve AG uygulamalarının eğitim ortamlarında kullanımının yaygınlaşması sonucunda Unity 3D, Microsoft Silverlight yazılımları; Slartoolkit, Vuforia vb. kütüphaneler kullanılarak çok sayıda artırılmış gerçeklik materyalleri geliştirilmiştir. Bu uygulama geliştirme ortamları pek çok kullanıcıya içerik üretme imkanı sağlamaktadır. Bu yazılımlardan Unity 3D, programlama bilgisi gerektirmeden kullanıcılara AG uygulaması geliştirmeyi sağlar. Geliştirilen AG uygulamaları matematik derslerinde

materyal olarak kullanılmış ve bununla ilgili matematiğin çeşitli konularını ele alan araştırmalar yapılmıştır. Matematikte kullanılan bir başka yazılım olan GeoGebra'nın ilk AG versiyonu "GeoGebra AR" adıyla Eylül 2017'de çıkmıştır (GeoGebra AR, 2021). Geogebra 3D Hesap Makinesi'nin 5. sürümü Temmuz 2019'da güncellenerek bu uygulamaya AG objeleri eklenebilir hale gelmiştir (GeoGebra 3D Hesap Makinesi, 2021).

AG teknolojisinin gelişmesiyle birlikte eğitim ortamlarında AG kullanımlarını inceleyen çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen AG'nin olanaklarını ve özelliklerini keşfetmeye yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç vardır (Cheng ve Tsai, 2013; Wu ve diğerleri, 2013). Literatürde AG'nin matematik eğitiminde kullanımıyla ilgilenen, hangi kaynaklarla içerik hazırlanabileceğini gösteren, AG'yi öğretim ortamına nasıl dahil edilebileceğini anlatan, AG'nin matematik alanına katkılarını sunan toplu bir kaynak bulunmamaktadır. Literatüre bakıldığında matematik eğitiminde yapılan çalışmalar teknolojinin gelişimine paralel olarak hızla artmıştır. Bu artışla birlikte matematik eğitiminde yapılan AG çalışmalarının incelenmesini sağlayacak, kapsamlı bir çalışma ihtiyacından yola çıkarak literatürdeki bu boşluk doldurulmak istenmektedir.

1.2. Amaç ve Önem

Teknoloji geliştikçe teknolojinin eğitimde kullanımı da her geçen yıl artmaktadır. Bir teknolojik gelişme olan AG uygulamalarının eğitimde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu bağlamda literatürdeki çalışmalarda AG'nin eğitim ortamlarında kullanılmasına yönelik avantajlarına sıklıkla değinilmiştir (Chen ve Tsai, 2012; Dunleavy ve diğerleri, 2009; Rasimah ve diğerleri, 2011; Yuen ve diğerleri, 2011). Literatürdeki AG'nin eğitimde kullanımıyla ilgili çalışmalara bakıldığında AG'nin matematik eğitiminde kullanımını inceleyen kapsamlı, sistematik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması istenmektedir.

Bu çalışmada 2010-2021 yılları arasında AG ile ilgili matematik alanında yapılan çalışmaların bir meta-sentezi sunulmak istenmektedir. Bu çalışmanın amacı AG'nin eğitsel kullanımı hakkında bütünsel bir bakış açısı sunmak ve AG'nin eğitsel ortamlarda kullanımı ile ilgili gelecekteki çalışmalara çerçeve sunmaktır.

1.3. Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri

Bu çalışmanın problem cümlesi "Matematik eğitiminde artırılmış gerçeklik (AG) ile ilgili ne tür çalışmalar yapılmıştır ve AG, matematik eğitiminde nasıl kullanılabilir?" şeklindedir.

1.3.1.Alt Problem Cümleleri

Bu çalışmada, aşağıda verilen alt problem cümlelerine yanıt aranmıştır.

1. Çalışmaların betimsel dağılımları (yayın yılı, çalışmaların yürütüldüğü ülkeler, örneklem grubu ve örneklem sayıları bakımından) nasıldır?
2. Çalışmaların amaçları ve önemi nelerdir?
3. Çalışmaların veri toplama araçlarına göre dağılımları nasıldır?
4. Çalışmaların araştırma yöntemlerine göre dağılımları nasıldır?
5. Çalışmaların matematik konularına göre dağılımları nasıldır?
6. Çalışmalarda veri analiz süreci (veri analizi, geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları) nasıl şekillenmiştir?
7. Çalışmalarda AG teknolojileri hangi aşamada ya da ne şekilde kullanılmıştır?
8. Çalışmalarda elde edilen sonuçlar nasıldır?
9. Çalışmalarda elde edilen sonuçlara yönelik öneriler nasıldır?

1.4.Sınırlılıklar

Bu meta-sentez çalışması 2010-2021 yılları arasında yapılan matematik eğitiminde AG kullanımını konu edinen nitel ve karma desenli çalışmalarla sınırlandırılmıştır. Konferans,bildiri metinleri, kitap bölümleri gibi çalışmalar dahil edilmemiştir. Yayın dili Türkçe veya İngilizce olmayan çalışmalar hariç tutulmuştur.

1.5. Tanımlar

Artırılmış Gerçeklik (AG): Yılmaz ve Batdı (2016) AG'yi şu şekilde tanımlamıştır. “Artırılmış gerçeklik; bir kamera tarafından yaratılan gerçek nesnelerin üzerine dijital bir katman ekleyerek kodlanmış zengin multimedya içeriğini açığa çıkaran güncel bir teknolojidir.”

Sanal Gerçeklik (SG): “SG, bir kişinin etkileşimli olarak deneyimleyebileceği ve keşfedebileceği yapay bir dünya yaratmaya çalışır; bu, ağırlıklı olarak kendi görme duyusu aracılığıyla, aynı zamanda sesli, dokunsal ve diğer geri bildirim biçimleri aracılığıyla gerçekleşir.” (Höllerer ve Feiner, 2004, s.1)

BÖLÜM II

İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde artırılmış gerçekliğin tanımına, teknolojisine, tarihçesine ve eğitimde kullanım alanlarına değinilmiştir.

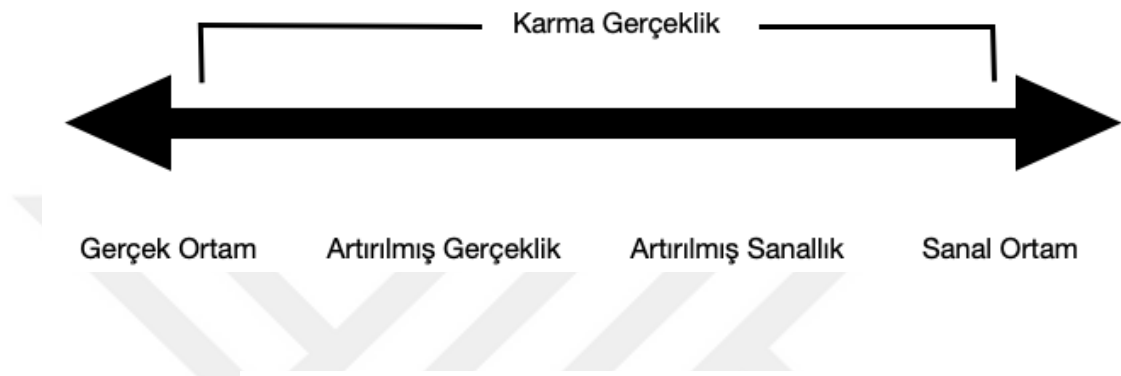
2. Artırılmış Gerçeklik

2.1. Artırılmış Gerçekliğin Tanımı, Teknolojisi

Azuma (1997) AG'yi gerçek ve sanal nesneleri birleştiren, eş zamanlı etkileşim sunan, sahneleri üç boyutlu kaydeden bir teknoloji olarak tanımlar. Kullanıcılar AG arayüzlerini kullanarak sanal nesneleri gerçek dünya ile üst üste bindirilmiş bir şekilde görürler (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier ve MacIntyre, 2001). Azuma ve diğerlerine (2001) göre AG sadece görme duyusuyla sınırlı olmayıp aynı zamanda işitme, dokunma, koku alma duyularına da uyarlanabilir. Sanal gerçeklikte çevreleyen ortam sanal iken, AG'de çevreleyen ortam gerçektir. Billinghamst'a (2002) göre AG gerçek dünya konumları üzerine bilgisayar grafiklerini yerleştirme becerisidir. AG arayüzleri kullanıcılara gerçek dünyanın gerçek konumlarını ve nesnelere yüklenen sanal görüntüleri aynı anda deneyimlemeye olanak tanır. AG'de kullanılan sanal nesneler iki boyutlu ya da üç boyutlu olabilir (Chen ve Tsai, 2012). Cuendet, Bonnard, Do-Lenh ve Dillenbourg'e (2013) göre ise AG dijital nesneleri gerçek dünya üzerinde yansıtan teknolojidir. AG'yi sanal gerçekliğin (SG) bir uzantısı olarak gören çalışmalar da mevcuttur (Wojciechowski ve Celary, 2013). Azuma (1997) AG'nin sanal ortamların bir çeşidi olduğunu söylemiştir. Sanal ortam teknolojileri kullanıcıları tamamen sentetik bir ortama sürükler. Artırılmış gerçeklik, kullanıcının sentetik bir ortama aktarılması anlamına gelen sanal ortamdan farklıdır (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf ve Kinshuk, 2014). AG, gerçek dünyayı bilgisayar grafikleriyle birleştirirken, SG ise kullanıcıyı bilgisayar sisteminde bulunun sanal bir dünyaya daldırır (Saidin, Halim ve Yahaya, 2015). AG, gerçek dünyayla etkileşim halinde bir deneyim sunar, SG'nin aksine sanal nesneler ile tamamen yapay bir ortam yaratılması engellenerek gerçek dünyayı tamamlamayı hedefler (Höllerer ve Feiner, 2004).

Milgram ve Kishino (1994) tarafından SG, gözlemcinin tamamen gerçek veya kurgusal dünya ortamlarının özelliklerini taklit eden sentetik bir dünyaya daldığı, onunla etkileşime girebildiği ortam şeklinde tanımlanır. Karma gerçeklik (KG) ise, gerçek ve sanal dünyaların birleştirilmesini içeren SG ile ilgili teknolojilerin bir alt sınıfı olarak değerlendirilir. Milgram ve Kishino'nun yaptıkları çalışmada gerçek ortam, sanal ortam ve artırılmış gerçeklik

arasındaki sürekliliği göstermek için “*sanallık sürekliliği (virtuality continuum)*” kavramı kullanılmıştır. Şekil 1’de gösterilen sürekliliğin bir ucunda gerçek ortam diğer ucunda sanal ortam bulunmaktadır. KG ortamı gerçek dünya ve sanal dünya nesnelerinin, sanallık sürekliliğinin herhangi bir noktasında tek bir ekranda sunulduğu yerdir.



Şekil 1. Sanallık Sürekliliği, Milgram ve Kishino'dan (1994) uyarlanmıştır.

Dey, Billinghursts, Lindeman ve Swan'a (2016) göre AG teknolojinin daha gelişmiş ve taşınabilir donanımlar sunması, kayıt ve grafik kalitelerinin iyileştirilmesi, tatmin edici bir cihaz boyutunun olması, kolayca benimsenmesi gibi gelişmelerle AG teknolojileri son yıllarda uzun bir yol kat etmiştir. Son birkaç yılda elde taşınabilen AG cihazların kullanımlarının artmasıyla donanım ve sensörlerin gelişmesine neden olmuştur. Giyilebilir olması ve mobil cihazlarla taşınabilmesi açısından AG ile ilgili yeni araştırma alanları ortaya çıkmıştır. AG'de son eğilimlerin belirlenmesi ve AG'nin kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır. Wu, Lee, Chang ve Liang (2013) AG'yi teknoloji yerine kavram olarak ele almanın eğitimciler ve araştırmacılar için verimli olacağını bildirmiştir.

2.2. Artırılmış Gerçekliğin Tarihi Gelişimi

AG teknolojisinin doğuşu sanal gerçekliğin gelişim sürecinde meydana gelmiştir. Bir sinematograf olan Morton Heilig 1962'de kullanıcıların tüm duyularına hitap eden üç boyutlu bir film izleme makinesini tasarlamıştır (Martin, 2018) ve bu makine sanal gerçeklik teknolojisinin ilklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Sünger, 2019). Heilig, bu makineye *Sensorama* adını vermiştir. Heilig, *Sensorama* ile kullanıcılarına görme, işitme, koku alma duyularına hitap ederek, kullanıcıların kendilerini hareket halindeki bir motosiklette hissetmelerini sağlamıştır (Bütün, Budak, Selçuk, Emre ve Şimşek, 2019). 1970'lerin

sonlarına doğru izleme teknolojisindeki ilerlemelerle SG teknolojisi ortaya çıkmaya başlamıştır (Höllerer ve Feiner, 2004).

Sutherland (1968) çalışmasında üç boyutlu grafikleri görüntülemek için sentetik bir ortam yaratarak kafaya monte edilen şeffaf bir başlık olan görüntüleyici bir sistem (head-mounted display, HMD) kullanmıştır. Bu gelişmeyi SG'nin doğuşu olarak kabul eden çalışmalar vardır (Cheng ve Tsai, 2013; Vince, 2004) Başlangıçta kullanılan SG sistemlerinde kafaya monte edilen monitör, bilgisayar sistemi ve etkileşimli eldiven bulunmaktadır. Bu da kullanıcının gerçek dünyayı görmesine izin vermediği için bu sistem kullanıcıyı sanal dünyaya daldırmıştır (Vince, 2004) Bilgisayar sistemlerinin 1990'lı yıllarda hızla gelişmesiyle SG sistemlerinde gelişmeler yaşanmıştır. Azuma'nın (1997) AG'yi sanal gerçekliğin bir devamı olarak ele aldığı görüşünden yola çıkarak SG alanındaki bu gelişmeler AG'nin doğuşuna sebep olmuştur.

AG, 1970'ler, 1980'lerden itibaren ABD Hava Kuvvetleri'nin Armstrong Laboratuvarı, NASA Ames Araştırma Merkezi, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü ve Kuzey Carolina Üniversitesi gibi bazı kurumların araştırma konusu olmuştur. 1990'lara kadar yapılan araştırmalarda AG'nin şimdiki hali olan bilgisayar grafikleri gerçek dünya üzerine bindirilerek oluşturulan sistemler olarak kullanılmamıştır (Höllerer ve Feiner, 2004).

Caudell ve Mizell (1992) Boeing Şirketi'nin mühendisleriyle birlikte uçakların montajında kablolama sistemleri hakkında teknik çalışanlara bir kılavuz sağlamak amacıyla Private Eye adı verilen başa takılan dijital görüntüleyici tasarlayarak gerçek dünya görüntülerini sanal grafiklerle harmanlamıştır. Bu çalışmada bilgisayar grafikleri gerçek dünya üzerine bindirilerek bu teknolojiye AG adıyla atıfta bulunulmuştur. Caudell ve Mizell (1992) çalışması literatürdeki AG adının kullanıldığı en erken kaynaklardan biri olarak kabul edilebilir.

Ohshima, Satoh, Yamamoto ve Tamura (1998) yaptıkları çalışmada iki katılımcı tarafından oynanan klasik hokey oyununu revize etmiş, kullanıcılar bu oyunu başlarına takılan bir ekran yardımıyla sanal bir disk gerçek sopalar kullanarak gerçek masa üzerinde birbirlerine doğru hareket ettirerek oynamıştır. Tasarlanan bu sistem işbirlikçi AG olarak adlandırılmıştır. Bu AG sistemi kullanıcıları çevreleyen fiziksel ortam ile bu fiziksel alana bindirilmiş sanal ortamın birden fazla kullanıcı tarafından ortak kullanımını sağlamıştır.

Feiner, MacIntyre ve Höllerer (1999) mobil AG sisteminin ilk adımını atarak giyilebilir bir sistem olan *MARS*'i tasarlamıştır. Bu sistem ile Kolombiya Üniversitesine ait bir haberin hikayesi AG teknolojisi aracılığıyla sunulmuştur. Bu uygulama medya, hikaye anlatımı, multimedya yazarlığı şeklinde disiplinleri birleştirmiştir. Bu çalışma AG

sistemlerinin ticari versiyonlarının pratik hale gelmesi için izleme ve görüntüleme kalitesini iyileştirilmesi ve donanım sorunlarının çözülmesi gerektiğini bildirmiştir.

AG ile ilgili çeşitli araştırmalar bağımsız olarak çeşitli kurumlarda sürdürüldükçe, 1990'ların sonlarında ilgili çalışmaların paylaşılması amaçlı çeşitli sempozyumlar gerçekleştirilmeye başlanmıştır. “Uluslararası Artırılmış Gerçeklik Çalıştayı ve Sempozyumu”, “Uluslararası Karma Gerçeklik Sempozyumu ve Artırılmış Gerçeklik Ortamları Tasarlama Çalıştayı” bu alanda yapılmış etkinliklere örneklerdir. Sonrasında dünyanın çeşitli yerlerinde karma gerçeklik laboratuvarları kurulmuştur (Azuma ve diğerleri, 2001). 1999 yılında AG yazılımı geliştirmek için yardımcı araçları içeren *ARToolKit* adında bir kütüphane oluşturulmuştur (Azuma vd., 2001).

Azuma ve diğerleri (2001) çalışmalarında AG'nin daha geniş bir alana yayılması ve sosyal kabulün sağlanması için mevcut durumdaki AG sistemlerinin daha ucuz, hafif ve taşınabilir hale getirilmesi gerektiğini savunmuştur. Nitekim 2000'li yılların başlarından günümüze bakıldığında teknolojide yaşanan ilerlemelerle günümüzde bu açıkların kapatıldığı görülmektedir.

AG olarak adlandırılan teknoloji ilk olarak askeri ve uzay bilimleri alanlarında kullanılmaya başlanmıştır (Caudell ve Mizell, 1992; Somyürek, 2014). Bu teknolojinin ucuzlaması ve gelişerek taşınabilir hale gelmesi sonucu reklam, eğlence, eğitim, mimari, oyun gibi alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Böylece başlangıçta sınırlı amaçlar için kullanılan bu teknolojinin sivil hayatta kullanımı uzun yıllar içinde yaygınlaşmıştır.

AG'nin bilimsel amaçlı kullanımlarının yanı sıra mobil cihazlarda aplikasyon şeklinde sunulan eğlence ve oyun amaçlı kullanımları da vardır. *ARQuake*, kullanıcıların harita aracılığıyla gerçek dünya üzerinde gezdiği, oyundaki nesneleri başa takılan ekran aracılığı ile gördüğü bir AG oyunudur. Bu oyuna ait ekipmanlar başa takılan bir ekran, mobil bilgisayar, kafa izleyici ve GPS sisteminden oluşmaktadır (Thomas ve diğerleri, 2000). 2014 yılında Google tarafından üretilen *Google Glass*, 2015'te Microsoft tarafından NASA için geliştirilen *HoloLens* gibi akıllı gözlükler giyilebilir AG teknolojisine örnektir (İçten ve Bal, 2017). 2016 yılında ücretsiz bir mobil cihaz uygulaması olan, Niantic firması tarafından piyasaya sürülen, akıllı cihazlara bir milyardan fazla indirilen *Pokemon Go* oyunu eğlence amaçlı AG kullanımına bir başka örnektir (Niantic, 2016). Bu oyunda Pokemon figürleri haritada gerçek zamanlı olarak görülür. Apple ARkit adında AG kütüphanesi kurarak AG alanında içerik üretmek isteyen yazılımcılara kaynak sunmuştur (Apple, 2021). AG tabanlı, eğitici bir anatomi platformu olan *Complete Anatomy*, öğrenciler, eğitimciler, tıp uzmanları ve kurumlar

tarafından kullanılmakta olup bu yazılım kullanıcılara etkileşimli anatomi modelleri, klinik video animasyonları, sanal görüntüler sağlamaktadır. Uygulamada üzerinden seçilen herhangi bir anatomik model, mobil cihazlarda parmakla veya bilgisayarlarda fare ve klavye ile hareket ettirilebilir. Örneğin atmakta olan kalp parmak yardımıyla açılıp kapanabilir (Motsinger, 2020).

Altınpulluk (2018), 2013 yılından itibaren AG hakkındaki yayın sayılarında ani bir artışın olduğunu bildirmiştir. Literatürde mühendislik alanında AG hakkında yapılmış çalışmaların sayısı dikkat çekicidir. Dey ve diğerlerine (2016) göre en çok AG çalışması tıp ve eğitim alanında yapılmıştır. Bacca Acasto ve diğerleri (2014) tarafından eğitim ortamlarında AG'nin mevcut durumunu, eğilimlerini ,avantajlarını, sınırlılıklarını ortaya koyan sistematik bir inceleme çalışması yapılmıştır. Bacca ve diğerlerinin bu çalışmasında en çok çalışılan alanın fen bilimleri, beşeri bilimler ve sanat eğitimi olduğu belirtilmiştir ve bu çalışmada öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmaların azlığına dikkat çekilmiştir.

Özetle teknoloji geliştikçe AG'nin birçok alanda yaygınlaşarak kullanımının arttığı ve AG alanındaki yeniliklerin hızla devam ettiği görülmüştür. AG sadece bilimsel amaçlarla kullanılmayarak, eğlence, oyun, pazarlama gibi alanlarda ticari amaçlarla da kullanılmıştır.

2.3. Eğitimde Artırılmış Gerçeklik

AG'nin tarihçesi 1960'lara dayanmakla birlikte eğitim alanında yaygınlaşması ve bu alanda çalışmalara başlanması 2000'li yılları bulmaktadır (Billinghurst, 2002). Teknoloji geliştikçe eğitimde teknolojinin kullanımına yönelik ihtiyaçlar da değişmektedir. Teknolojide bu ilerleme AG'nin mevcut durumuna yıllar geçtikçe katkı sağlamıştır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişip mobil hale gelmesi, taşınabilir aygıtların kullanımının yaygınlaşması ile birlikte AG'nin gelişmesinde büyük bir sıçrama yaşanmıştır. AG teknolojisinde daha önce kullanılan kafaya takılan görüntüleme araçları, bilgisayar monitörleri ve web kameraları yerini mobil cihazlara bırakmıştır. Dey vd. (2016), 2009 yılından itibaren yapılan çalışmalarda kafaya monte edilen ekranların yerini el cihazlarına bıraktığını bildirmiştir. AG'nin eğitimde kullanımıyla ilgili yapılan birçok çalışma incelendiğinde cep telefonları, tablet bilgisayarların kullanımının son derece yaygın olduğu görülmüştür. Eğitimin birçok alanında AG'nin sınıf ortamlarında kullanımları hakkında çalışmalar mevcuttur. Günümüzde mobil cihazların yaygın kullanımı AG'nin sınıf ortamında rahatlıkla kullanımına olanak sağlamaktadır. İlgili literatür incelendiğinde AG'nin pek çok avantajına değinilmiştir. Bu avantajlar aşağıda ayrı bir başlık altında irdelenmiştir. Literatürde en çok fen bilimleri derslerine yönelik AG çalışmasına rastlanmıştır. Bunun sebebinin biyoloji, astronomi alanlarına yönelik tasarlanan

çok sayıda mobil AG uygulamasının mevcut olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aşağıda AG'nin eğitim ortamlarında kullanımına örnekler verilmiştir.

Fen eğitiminde AG;

Literatürde elektromanyetizma konusunun öğretiminde AG'yi kullanan çalışmalar vardır, bu çalışmalarda kavram öğretiminde AG'nin etkili bir öğrenme ortamı olduğu öne sürülmüştür (Abdüsselam ve Karal, 2020; Ibáñez, Di Serio, Villarán ve Delgado Kloos, 2014). Chen, Chou, Huang (2016) besin zinciri konusu hakkında AG sistemli bir öğretim tasarımı geliştirmiştir ve bu çalışmada AG'nin tutuma, başarıya, motivasyona etkisi önemli düzeyde olduğu ölçülmüş. Crăciun ve Bunoiu (2017), fen eğitiminde öğretmen adaylarının dijital becerilerini geliştirmek için AG kullanılmıştır. Yetişir (2019) fen bilimleri eğitiminde dolaşım sistemleri konusunun mobil AG uygulamalarıyla (*Anatomy 4D*) desteklenmesinin öğrenci başarı, tutum ve öğrenme kalıcılığına etkisini araştırmıştır. Öğrencilerin AG destekli eğitime karşı olumlu ve yapıcı yaklaşıma sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada fen eğitiminde AG kullanımının verimli ve etkili bir öğrenme sağladığı söylenmektedir.

Matematik ve geometri eğitiminde AG;

Birçok çalışmada geometri eğitiminde AG kullanımının uzamsal yeteneği geliştirdiği ifade edilmiştir (Gün ve Atasoy, 2017; Işık, 2019; İbili ve Şahin, 2013; Lin vd., 2015; Martín-Gutiérrez ve diğerleri, 2010; Özçakır, 2017; Özçakır ve Aydın, 2019; Salinas ve Pulido, 2016; Topraklıkoğlu, 2018). Cai, Liu, Yang ve Liang (2019) farklı öz yeterlilik düzeyindeki öğrencilere olasılık ve istatistik konularının öğretiminde AG'nin etkisini araştırmıştır. Bu çalışmanın AG'nin öğrenme ve motivasyona etkisini araştıran diğer çalışmalardan farkı, öz yeterliliği farklı düzeylerde bulunan öğrenci grubuyla çalışılmış olmasıdır.

Coğrafya eğitiminde;

Shelton ve Hedley (2002), dünya ve güneşin hareketine bağlı oluşan gün dönümü, ekinoks, ışığın ve sıcaklığın mevsimsel değişimi gibi kavramların öğretimi için bir AG uygulaması tasarlanmıştır. Coğrafya bölümü lisans öğrencileri ile yapılan bu öğretim etkinlikleri sonucunda öğrencilerin bu kavramları yanlış öğrenmelerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Özel eğitimde AG;

Zihinsel engelli ve otizm spektrum bozukluğu bulunan öğrencilere fen bilimlerine ait kavramların öğretiminde (McMahon, Cihak, Wright ve Bell, 2016), özel öğrenme güçlüğüne sahip öğrencilerin eğitiminde (Işık, 2019; Kellems ve diğerleri, 2020), görme engelli öğrencilerin matematik eğitiminde (Mikolowski ve Brzostek-Pawłowska, 2020) AG'nin

etkisini araştıran çalışmalar vardır. Zainuddin, Zaman, ve Ahmad (2010) çalışmalarında işitme engelli öğrencilere kavram öğretimi sürecinde AG teknolojisini kullanmışlardır. Öğrencilerin görsel okuryazarlık kazanmalarında AG teknolojisinin alternatif bir araç olarak kullanılabileceği önerilmiştir.

Dil eğitiminde AG;

Chang, Chen, Huang ve Huang (2011) yabancı dil eğitiminde İngilizce kelimelerin öğretimi için AG-öğrenme sistemi tasarlamıştır. Chang ve vd. bu çalışmada öğrencilerin AG sisteminden duyduğu memnuniyet ve sistemin kullanılabilirliği, AG ile ilgili öğrenme etkinliğini etkileyen kritik faktör olarak belirlemişlerdir ve öğrenciler AG sistemini kullanışlı ve dikkat çekici bulmuşlardır. Mahadzir ve Phung (2013) İngilizce öğretiminde öğrencileri motive etmek ve öğrenmelerini desteklemek için AG teknolojisini çalışmalarında benimsemişlerdir.

AG Kullanımının Avantajları

AG'nin bilişsel ve duyuşsal açıdan özellikleri desteklediğini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Bujak ve diğerleri, 2013; İbili ve Şahin, 2013). Literatürde AG'nin motivasyon, dikkat, ilgi, memnuniyet üzerindeki etkilerini (Bujak vd., 2013; DiSerio, Ibáñez ve Kloos, 2013), AG'nin başarı, tutuma etkilerini (Ibáñez ve diğerleri, 2014; Korucu, Gençtürk ve Sezer, 2016; Özdemir vd., 2018; Uluyol ve Eryılmaz, 2014; Wojciechowski ve Celary, 2013, Yuen ve diğerleri, 2011) araştıran çalışmalara da rastlanmıştır. Yuen, Yaoyuneyong ve Johnson (2011) göre AG teknolojisi, gerçek dünyada gerçekleşmesi zor deneyimleri sınıf ortamına getirir, öğrencilerin motivasyonunu artırır, öğretmen ve öğrenciler arasında işbirliği ve etkileşimi geliştirir. Uluyol ve Eryılmaz'ın (2014) çalışmasında ise AG uygulamalarına yönelik öğretmen adaylarının görüşü alınmış ve AG'in motivasyonu arttırdığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır. Uygur, Yelken ve Akay (2018) öğretmen adaylarıyla yaptığı çalışmada AG'nin katılımcılar tarafından eğlenceli, kolaylaştırıcı, motive edici bulunduğu belirtilmiştir.

Abdüsselam ve Karal (2012), fizik öğretiminde AG'nin soyut kavramların öğretimine yardımcı olduğunu belirtilmiştir. Benzer şekilde Bujak ve diğerlerinin (2013) çalışmasında AG'nin somutlaştırıcı etkisinden söz edilmiştir. Bir başka çalışmada (Saidin, Halim ve Yahaya, 2015) ise soyut kavramları görselleştirmede AG'nin büyük bir potansiyele sahip olduğu söylenmiştir. Yani Saidin ve diğerlerinin çalışmasına göre görselleştirme ve somutlaştırma, öğrenmenin artmasında etkilidir. Dunleavy, Dede ve Mitchell (2009) AG teknolojisinin düşük akademik başarıya sahip öğrencilerin dikkatini çekebildiğini, işbirlikçi bir ortama ve problem çözme becerilerinin gelişimine olanak sağladığını bildirmişlerdir. AG temelli öğretim etkinlikleri öğrenci merkezli, keşfedici bir öğrenme yapısına sahiptir. Bu durum geleneksel eğitim ortamlarındaki öğretmen merkezli sunum temelli eğitim

yöntemlerinden farklıdır (Wu ve diğerleri, 2013). AG öğrenciyi öğrenme sürecinin merkezine almaktadır (Bacca Acasto ve diğerleri, 2014), anında geri bildirim verme özelliğine sahiptir (Ibáñez ve diğerleri, 2014). Wu ve diğerlerine (2013) göre AG içerikleri üç boyutlu hale getirerek görsel öğrenmeye katkı sağlamakta, öğrencilerde işbirlikçi öğrenmeyi desteklemekte, formal ve informal öğrenme arasında bir köprü kurmaktadır. Pahalı öğrenme materyallerinin gerektiği öğrenme etkinliklerinde AG deneyimleri maliyeti düşürmektedir (Bacca Acasto ve diğerleri, 2014).

AG kullanımının avantajlarına yönelik birçok çalışmanın yanı sıra alanyazında AG ile ilgili çalışmalarda olumsuz yönler de yer verilmiştir. Bunlardan bazıları;

AG hakkında öğrencilerin kafa karışıklığına sebep olması (Wu, 2013), göz sağlığını kötü etkilemesi, teknolojik donanımdan kaynaklı problemlerin yaşanması, öğrenciler arasında iletişim kopukluğunun yaşanması ve öğrencilerin teknolojik bilgi yoksunluğu (Yılmaz ve Battı, 2016) şeklindedir. Ibáñez ve diğerlerine (2014) ait çalışmada AG uygulaması hakkında ön bir eğitim verilmeden yapılan birden fazla beceri gerektiren etkinliklerde öğrencilerin zorlanabileceği ifade edilmiş, bu durumun önüne geçmek için etkinliklerden önce öğrenme oturumlarının yapılması gerektiği önerilmiştir.

Wu ve diğerlerine (2013) ait çalışmada AG sistemlerinde içeriğin esnek olmadığı, öğretim hedeflerini geliştirmek için içeriklerde değişiklik yapılabilmesi doğrultusunda öneri sunulmuştur. Erken çocukluk eğitimi ve mesleki eğitimde AG hakkında gelecekte çalışılması gereken potansiyel gruplar olduğu bildirilmektedir. (Bacca Acosta ve diğerleri, 2014).

Özetle, AG ile ilgili çalışmaların sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Eğitim ortamlarında tehlikeli durumların gösterimi esnasında AG'nin kullanılması; soyut kavramların somutlaştırılmasına yardımcı olması; öğrencilerde ilgiyi, motivasyonu, dikkati, başarıyı artırması; gözle görülmeyen nesneleri görünür kılması; eğlenerek öğrenmeyi sağlaması; öğrencilerin kendi hızında öğrenmelerini desteklemesi; gerçeklik hissi oluşturma açısından AG'nin olumlu birçok özelliğiyle gelecekte eğitim içinde AG'nin yaygın olarak kullanılacağı öngörülebilir.

BÖLÜM III

YÖNTEM

Bu bölümde araştırma deseni, veri toplama süreci ve araçları, veri analizi, geçerlik ve güvenirlik ile bilgiler bulunmaktadır.

3.1. Araştırmanın Modeli / Deseni

Bu çalışmada 2010-2021 yılları arasında matematik eğitimi alanında Artırılmış Gerçeklik (AG) ile ilgili yapılan çalışmaları incelenmek üzere nitel araştırma desenlerinden biri olan meta-sentez yöntemi tercih edilmiştir.

Çallık ve Sözbilir'e (2014) göre içerik analizi çalışmaları üç başlık altında tanımlanmaktadır. Bunlar; meta-analiz, meta-sentez ve betimsel içerik analizidir. Çallık ve Sözbilir'in çalışmasında meta çalışmaların amacı "belirli bir alanda yapılmış çalışmaların sistematik bir şekilde bütüncül olarak ele alınmasıyla alandaki gelecek araştırmalara yöntem ve yönelim oluşturmaları" şeklinde tanımlanmıştır. Meta araştırmalar ile herhangi bir konuda araştırma yapmak isteyen araştırmacılara zamanı daha etkili kullanmayı sağlamak ve ilgili alandaki çalışmalara ulaşma, derleme ve analiz yapma işlerini kolaylaştırmak istenmiştir.

Literatürde meta-sentez çalışmaları araştırmacılar tarafından farklı isimlerle adlandırılmıştır. Çallık ve Sözbilir'in (2014) çalışmasında meta-sentez çalışmaları için tematik içerik analizi kavramı da kullanılmıştır. Thomas ve Harden'in (2008) çalışmasında ise meta-sentez, tematik sentezleme metodu olarak olarak adlandırılmıştır.

Meta-sentez kavramı ilk olarak Noblit ve Hare'nin 1988 yılında yayımlanan kitabında meta-etnografi adıyla ele alınmıştır (Polat ve Ay, 2016). Thomas ve Harden (2008) nitel araştırmaları sentezleme yöntemiyle ilgili bilinen en eski çalışma olarak Noblit ve Hare'nin bu kitabına atıfta bulunmuştur. Noblit ve Hare'e (1988) göre meta-etnografi, etnografik veya diğer yorumlayıcı çalışmaları sentezleyen bir araştırma türüdür. Aynı çalışmada Noblit ve Hare tarafından sentezleme anlayışı yorumlayıcı ve tümevarımcı bir yaklaşımla açıklanmıştır. Çalışmalarında, daha önce yorumlayıcı sentezin ne içerdiğine dair herhangi bir araştırmacı tarafından açıklama geliştirilmediği bildirilmiştir. Meta-etnografide araştırma sürecinin en sorunlu kısmının çalışmaların birbiriyle karşılaştırılması olduğu söylenmiştir. Meta-etnografik yaklaşım sistematik karşılaştırmayı ve çalışmaların birbirlerine çevrilmesini gerektirir. Çevirilerin derlenmesi, üst üste binmesi ve tekrar eden aşamaların elde edilmesi ile bir sentez oluşur.

Meta-sentezde amaç incelenen çalışmaların sonuçlarına daha geniş açıdan bakmak ve sonuçları yorumlayarak dönüştürmektir (Sandelowski, Barroso ve Voils, 2007). Meta-sentez belirli bir alandaki çalışmaları nitel bir anlayışla ele alıp, benzer ve farklı yönlerini karşılaştırıp, yorumlamayı amaçlar (Çallık ve Sözbilir, 2014). Literatürde meta-sentez, nitel bulguların veya nitel araştırmalara ait bulguların yorumlanması şeklinde ifade edildiği için Polat ve Ay (2016), meta-sentezi nitel veya karma araştırmalara ait nitel bulguların değerlendirilmesi şeklinde tanımlar. Bu tanımdan yola çıkarak bu meta-senteze nitel veya karma desenli çalışmalar dahil edilmiştir.

Bondes ve Hall (2007) iyi bir meta-sentezin çalışılan konunun nerede olduğuna, nereye gittine, gelecekte hangi noktaya ulaşacağına, mevcut durumda ulaşamadığı noktalara değinmesi gerektiğini belirtmiştir. İyi bir meta-sentez gerçekleştirebilme adına, bu çalışma ile yalnızca eğitimde AG kullanımının nerede olduğuna değil, AG ile ilgili araştırmaların nereye gideceğine de ışık tutulacaktır.

Literatürde meta-sentez yönteminin nasıl yürütüldüğünü anlatan veya araştırma deseni meta-sentez olan çalışmalar incelenmiş ve metasentez çalışmalarını yürütmek için benzer işlem basamaklarının önerildiği görülmüştür (Aspfors ve Fransson, 2015; Noblit ve Hare, 1988; Paterson ve Canam, 2001; Polat ve Ay, 2016; Sandelowski ve Barroso, 2007; Yıldızlı ve diğerleri, 2018). Bu meta-sentezin işlem basamakları incelenen çalışmaların ışığında aşağıdaki şekilde derlenmiştir:

1. Meta-sentez Tasarımı: Bu aşamada araştırmanın konusu, amacı ve araştırma problemi belirlenmiştir.

2. Literatür Taraması: Literatür taramasına başlamadan önce çalışmanın konusuna uygun anahtar kelimeler, dahil etme-hariç tutma kriterleri belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra çalışmalar belirlenen veri tabanlarında anahtar kelimeler aracılığıyla taranmış, dahil etme kriterlerine uygun plan veriler toplanmaya başlanmıştır.

3. Çalışmaların Okunması ve Değerlendirilmesi: Bu aşamada meta-senteze dahil edilen çalışmalar baştan sona okunarak gözden geçirilmiştir. Daha sonra çalışmaların betimsel özelliklere ait veriler elektronik tabloya kaydedilerek veri analiz sürecine hazırlık yapılmıştır. Bu aşama “Verilerin Hazırlanması” başlığında detaylıca açıklanmıştır. Meta-sentez kapsamında incelenen her çalışma numaralarla sıralanmış ve her birine birer kod (A1,A2,...,A24) verilmiştir.

4. Verilerin analizi (çözümlemesi) : Öncelikle veri analiz süreci için hazırlıkları tamamlanan çalışmaların betimsel özelliklerine ait tablo incelenmiştir. Araştırma sorularından yola çıkarak tabloda yer alan kategoriler ayrı başlıklar halinde incelenmiş ve çalışmalar kategorilerde yer alan özelliği göre ayrı bir tablo halinde yeniden sunulmuştur (Örneğin, “yayın yılı” kategorisinde verilen çalışmalara ait yıllar hakkında yeni bir tablo oluşturulmuştur.). Böylece çalışmalar arasında ilişki kurulmaya başlanmıştır. Her çalışma araştırma soruları çerçevesinde ele alınmış ve çalışmalara ait bulgular araştırma sorularının cevabına uygun olarak kodlanmıştır. Ortak özelliğe sahip kodlar bir araya getirilip bu kodlara uygun temalar oluşturulmuştur. Bu veriler tablolar halinde özetlenerek bulgular bölümünde başlık halinde sunulmuştur.

5. Sentezleme: Bulgular bölümünde tablolarda yer alan kodlar birbiriyle karşılaştırılarak açıklanmış, aynı temada yer alan kodların ortak özellikleri belirlenerek bir sentez elde edilmiştir. İncelenen çalışmalara ait bulgular bütünsel bir yaklaşımla ele alınmış olup matematik eğitiminde AG kullanımıyla ilgili bir sentez sunulmuştur.

6. Meta-sentezin raporlaştırılması ve sunulması: Elde edilen bulgular tartışma ve sonuç bölümünde özetlenerek bu konuyla ilgili yapılmış benzer çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve bu bölümde meta-sentezin ayrıntılı bir raporu sunulmuştur.

3.2. Veri Toplama Süreci

3.2.1. Çalışmaların Dahil Edilme / Hariç Tutulma Kriterleri

Bu çalışmaya dahil edilecek çalışmaların dahil edilme veya hariç tutulma kriterleri belirlenirken Noblit ve Hare'nin 1988 yılında yazdığı, nitel çalışmaların sentezi olan meta-etnografinin nasıl yürütüldüğünü açıkladığı kitabındaki önerileri dikkate alınmıştır. Matematik eğitimi alanında AG uygulamalarını / etkinliklerini içeren çalışmalar dahil edilmiştir. 2010-2021 yılları arasında yayımlanmasına dikkat edilmiştir. Bu çalışmaya nitel ya da karma desenli bilimsel hakemli dergilerde yayımlanmış makale, yüksek lisans veya doktora tezileri dahil edilmiştir. Bu çalışmada konferans bildirileri, derleme çalışmaları, e-kitaplar, erişime açık olmayan ve tam metnine ulaşılamayan çalışmalar hariç tutulmuştur. Bu nedenle 8 konferans metni, 1 derleme çalışması, 1 e-kitap ve nicel desenli 29 makale bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Aynı yazara ait aynı çalışmanın tez ve makale versiyonlarından uygun görülen çalışmalardan sadece biri seçilmiştir. Bu sebeple 3 makalenin tez versiyonlarının daha kapsamlı olduğu göz önünde bulundurularak bu makaleler kapsam dışı bırakılmıştır. Çalışmaların problem durumu, amaç, yöntem, veri toplama teknikleri, bulgular, tartışma ve

sonuçları içerecek şekilde açık ve anlaşılır bir şekilde yazılmış olması tercih edilmiştir. Artırılmış ve sanal gerçeklik konularını birlikte ele alan çalışmalar hariç tutularak sadece AG konusunun ele alındığı çalışmalar dahil edilmiştir. Seçilen çalışmaların genel özelliğinin AG'nin eğitim ortamında uygulanmasına yönelik bir yazılım geliştirme, var olan yazılımları kullanma veya bir öğretim yöntemi sunan bir çalışma olmasına dikkat edilmiştir. İlköğretim, ortaöğretim veya yükseköğretim düzeyinde yapılmış deneysel çalışmalar ve matematik eğitimi ile ilgili alanda yapılmış teorik çalışmalar dahil edilmiştir. İngilizce veya Türkçe dilinde yayımlanmış çalışmalar dahil edilmiştir.

3.2.2. Verilerin Toplanması

AG ile ilgili ulusal ve uluslararası yapılan çalışmalara ulaşmak için Ağustos 2020 ve Nisan 2021 tarihleri arasında Google Scholar, EBSCO, Education Resources Information Center (ERIC), Elsevier Scopus, ProQuest Dissertations and Theses Full Text, Springer Link, Taylor & Francis Online, TÜBİTAK ULAKBİM Dergipark, YÖK Tez Merkezi gibi veri tabanlarında “augmented reality”, “augmented reality and education”, “augmented reality and mathematics education”, “artırılmış gerçeklik” anahtar kelimeleri taratılarak 2010-2021 yılları arasında yapılmış çalışmalar aranmıştır. En güncel çalışmalara ulaşmak amacıyla belirli aralıklarla veri tabanları yeniden taranmıştır. Yayımlanan yeni çalışmalar da araştırmaya dahil edilmiştir. Tarama işlemi Nisan 2021 tarihinde sonlandırılmıştır. Ağustos 2020’de belirlenen anahtar kelimeleri içeren 402 çalışmaya ulaşılmıştır. Ulaşılan 402 çalışmanın başlık ve özetleri okunarak matematik eğitiminde AG’nin kullanılmasıyla ilgili olan çalışmalar seçilmiş ve bu sayı 57’ye düşürülmüştür. Bondas ve Hall’a (2007) göre meta-sentez çalışmalarında 10-12 çalışma sayısı optimaldir. Literatürde meta-sentezde derinlemesine yapılan bir sentez sürecinden bahsedildiğinden meta-senteze çok sayıda çalışmanın dahil edilmemesi tavsiye edilmektedir. İncelenen çalışma sayısının fazla olması derinlemesine yorum ve sentezi sınırlamaktadır (Çallık ve Sözbilir, 2014). Bir önceki aşama sonucu belirlenen 57 çalışmanın tamamı bu meta-sentez için belirlenen kriterlere uymamaktadır. Dahil etme kriterleri bir önceki başlıkta detaylı olarak ele alınmıştır. Bu meta-sentez çalışması dahil edilme kriterlerine uyan 24 çalışma ile yürütülmüştür. Dahil edilen çalışmalar Ek.1’de liste şeklinde verilmiştir.

2010-2021 yılları arasında AG ile ilgili matematik alanında yapılmış çalışmaların sayısında gözle görülür bir artış vardır. İlgili literatür incelendiğinde matematik alanında yapılmış 2010, 2011, 2012 yılına ait 2; 2013 yılına ait 6; 2014 yılına ait 2; 2015 yılına ait 8; 2016 yılına ait 4; 2017 yıllarına ait 4; 2018 yılına ait 2; 2019 yılına ait 20; 2020 yılına ait 6; 2021 yılına ait 1 (toplam 57) çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar nicel, nitel ve karma olarak

desenlenen çalışmalardır. Meta-sentezin doğası gereği yalnızca nitel veya karma desenli çalışmalarla bu meta-sentez çalışması yürütülmüştür.

Tablo 1

Matematik eğitiminde yapılmış AG çalışmaların yıllara göre dağılımları

Yıllar	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Çalışma Sayıları	2	2	2	6	2	8	4	4	2	20	6	1

3.2.3. Verilerin Hazırlanması

Meta-sentez kapsamında yer alan çalışmaların tam metinleri araştırmacı tarafından okunarak notlar alınmıştır. Bu çalışmaya dahil edilen 24 çalışmaya birer kod verilmiştir. Kodlar verilirken çalışmalar alfabetik sıraya göre listelenmiş, A1,A2,...,A24 şeklinde kodlanmıştır.

Çalışmaların veri analiz sürecine hazırlanması ve Tablo 2’de yer alan verileri toplamak için elektronik tablo programı üzerinde bir form oluşturulmuştur. Meta-senteze dahil edilen 24 çalışmanın betimsel özelliklerini özetlemek amacıyla tüm çalışmalar baştan sona gözden geçirilmiş, çalışmalara her bir özellik elektronik tabloda ayrı bir sütuna kodlanmıştır. Bu tablo iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde meta-senteze dahil edilen çalışmaların giriş ve yöntem bölümüne ait özellikleri özetlenmiştir. İlk bölüme ait sütunlar araştırma kodu, çalışmanın adı, yayın yılı, ülkesi, araştırma deseni, örneklem grubu, örneklem sayısı, amacı-konusu-odağı, veri toplama araçları, veri analizi, geçerlik ve güvenirlik gibi başlıklardan oluşmaktadır. İkinci bölümde ise çalışmaların bulgular ve sonuç bölümüne ait özelliklerine yer verilmiştir. Tablo 2’de verilerin toplanıp özetlenmesinde kullanılan forma yer verilmiştir.

Tablo 2

Veri Toplama Formu

A.Çalışmaların Giriş ve Yöntem Bölümüne Ait Özellikleri								
Araştırma kodu	Yayın Yılı	Ülke	Araştırma deseni	Örneklem grubu	Örneklem sayısı	Araştırmanın odağı/konusu	Veri toplama aracı	Veri analizi/geçerlik/güvenirlik

B. Çalışmaların Bulgular ve Sonuçlar Bölümüne Ait Özellikleri

AG tasarımı için kullanılan yazılım	Matematik konuları	Sonuçlar	Öneriler
--	-----------------------	----------	----------

3.3. Verilerin Analizi

Bu çalışmada verilerin analizi için içerik analiz tekniği kullanılmıştır. Bu meta-sentezdeki kodlar, temalar araştırma sorularından yola çıkarak elde edilen bulgularla şekillenmiştir. Verilerin analizi için izlenen yol bu çalışmanın yöntem bölümünde belirtilen meta-sentez işlem basamaklarının tümünü kapsamaktadır. Bu kısımda tekrara düşmemek adına veri analiz sürecinde takip edilen basamaklara tekrar değinilmemiştir.

3.3.1 Kodlama

Meta-senteze dahil edilen çalışmalar veri toplama formuna kaydedildikten sonra oluşan tablo tekrar gözden geçirilerek çalışmaların benzer ve farklı yönleri belirlenmiş, bundan yola çıkarak temalar oluşturulmuştur. Çalışmalar temalar altında tekrar incelenerek ortak özelliğe sahip çalışmalar bir araya getirilerek kategorilere ayrılmıştır (Tablo 3).

Bu çalışmadaki temalar; amaç, yöntem, veri toplama aracı, veri analizi, geçerlik-güvenirlik, sonuç ve öneriler şeklindedir.

Tablo 3
Tema ve Kategoriler

Tema	Kategori
Çalışmaların Amaçları	AG'nin Etkisi
	Eğitime Katkı /AG İçeriği Geliştirme
	AG Deneyimi
	Beceri Gelişimi
	Özel eğitimde AG kullanımı
	Kavram Öğretiminde AG Kullanımı
	AG'nin Yararları ve Sınırlamaları
Veri Toplama Araçları	Görüşme
	Anket - Test - Ölçek
	Gözlem
	Doküman
	Diğer
Araştırma Yöntemleri	
Matematik Konuları	
Veri Analizi	

Güvenirlik - Geçerlik

AG tasarımı için kullanılan yazılım

	AG aracının özellikleri
	AG'nin matematik alanına katkısı
Çalışmaların Sonuçları	AG'nin öğrenmeye katkısı
	AG'nin öğretim ortamına katkısı
	AG'nin olumsuz yönleri

Çalışmaların Önerileri

3.4. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği

Veri analiz ve kodlama sürecinin açık ve anlaşılır olması geçerlik ve güvenirliliği artırmaktadır (Çallık ve Sözbilir, 2014). Araştırma soruları, araştırmanın amacı, veri toplama ve analiz süreci açıkça ifade edilmiştir. Veriler kodlanmaya başlamadan önce araştırmaya dahil edilen çalışmaların yayın yılı, katılımcıları, amaçları, veri toplama araçları, örnekleme, çalışmanın yapıldığı ülke, araştırma desenleri tablolar halinde sunulmuş, verilerin dahil edilme ve hariç tutma kriterleri açık bir şekilde ifade edilmiştir. Araştırmada temalar ve kodlar oluşturulurken uzaman görüşü alınmıştır. Araştırmanın güvenirliliğini artırmak için dahil edilen çalışmalardan doğrudan alıntılara başvurulmuştur.

Bu çalışmanın geçerliği ve güvenirliliğini artırmak için Polat ve Ay'ın (2016) önerileri dikkate alınmıştır. Bu amaçla araştırma soruları ve araştırmanın amacı açıkça belirtilmiştir. Geçerlilik için veri toplama süreci anlatılmış, verilerin dahil etme-hariç tutma kriterleri belirlenmiştir. Meta-sentez için seçilen çalışmaların neden dahil edildiğine dair detaylı açıklaması sunulmuştur. Meta-senteze dahil edilen çalışmaların betimsel özellikleri özetlenerek bir tablo üzerinde sunulmuştur. Verilerin çözümlenmesi ve ortak temaların oluşturulması süreci açıkça verilmiştir.

Çalışmanın güvenirliliğini artırmak için; çalışmanın kodları ve temaları oluşturulurken tez danışman hocasıyla birlikte elde edilen bulguların kontrolleri yapılmıştır, kodlar arasında uyum sağlanana kadar görüşmeler devam etmiştir. Ayrıca her araştırma sorusu için dahil edilen çalışmalar farklı zamanlarda tekrar tekrar okunarak daha önce oluşturulmuş kodlar ve temalar kontrol edilip tekrarlar esnasında elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Bu aşama ile

Çalışmanın farklı zamanlarda benzer koşullarda tekrarlanması ile benzer sonuçların alınması açısından bu çalışmanın tutarlılığı sağlanmaya çalışılmıştır.



BÖLÜM IV

BULGULAR

Bu bölümde meta-senteze dahil edilen çalışmaların betimsel özelliklerine, amaçlarına, araştırma yöntemlerine, veri toplama araçlarına, matematik konularına, veri analizi ve güvenilirlik-geçerliliğe, AG tasarımı için kullanılan yazılımlara, sonuçlar ve önerilere değinilmiştir.

4.1. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Bazı Betimsel Özellikleri

Bu kısımda meta-senteze dahil edilen çalışmalar yayın yılı, çalışmaların yapıldığı ülkeler, çalışılan örneklem grubu ve örneklem sayıları açısından incelenmiştir.

4.1.1. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Tablo 4

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımı

Yıl	Araştırmalar	Frekans
2010	A16	1
2012	A23	1
2013	A3, A9, A21	3
2015	A4, A5, A7, A14, A20	5
2016	A13, A15, A22	3
2017	A18	1
2018	A24	1
2019	A8, A10, A12, A19	4
2020	A1, A6, A11, A17	4
2021	A2	1

2010’lu yıllarda mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte AG teknolojisinin yaygınlaşmaya başladığı düşünülürse bu teknolojinin eğitimde kullanımıyla ilgili yapılan çalışmaların sayısının da yıllara göre arttığı görülmektedir. Tablo 4’e bakıldığında AG ile ilgili çalışmaların yoğunlukta olduğu yıl 2015’tir. Tabloda yıllar geçtikçe AG hakkında yapılan çalışma sayısında artışın sürekli bir artış görünmemektedir. Bu konuyla ilgili yapılan nicel

çalışmaların meta-sentez çalışmasına dahil edilmemesi sebebiyle tabloda yıllara göre düzenli bir artışa neden olmadığı düşünülmektedir.

4.1.2. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Yapıldığı Ülkelere Göre Dağılımı

Tablo 5

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların yapıldığı ülkelere göre dağılımları

Ülkeler	Araştırmalar	Frekans
Türkiye	A1, A2, A8, A9, A18, A19, A24	7
Meksika	A4, A7, A15, A20, A21, A22	6
USA	A3, A10, A11	3
İspanya	A6, A16	2
Portekiz	A5	1
Polonya	A17	1
Ukrayna	A12	1
Tayvan	A14	1
Kore	A13	1
İsveç	A23	1

Tablo 5’te AG hakkında yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımları verilmiştir. Veri toplama esnasında yapılan taramanın yalnızca İngilizce ve Türkçe dillerinde yapılması çalışmaların yapıldığı ülkeler açısından sınırlılığa yol açmıştır. Bu diller dışındaki orijinal dillerinde yayımlanan metinler bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu sebeple Tablo 5’e bakarak 7 çalışma sayısı ile AG hakkında en çok çalışma Türkiye’de yapıldığı çıkarımına varılamayacağı düşünülmektedir.

4.1.3. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Örneklem Grubuna Göre Dağılımı

Tablo 6

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların örneklem grubuna göre dağılımı

Çalışmaların Grup/Örneklem Türü	Sınıf Düzeyi/Yaş	Araştırma Kodu
Özel Eğitim	5. Sınıf	A8
	8. Sınıf	A11
	10. Sınıf	A10

	Görme Engelli Öğrenciler	A17
İlkokul	3. Sınıf	A1
	5. Sınıf	A13
	6. Sınıf	A9
Ortaokul	7. Sınıf	A18, A24
	8. Sınıf	A14
	15 yaş	A23
	—	A6
	Fakülte/Bölüm	
Lisans	Eğitim	A2, A19
	Matematik	A15
	Mimarlık ve Endüstriyel Tasarım	A7
	Mühendislik	A4, A5, A16, A20, A21
Belirtilmemiş/Teorik çalışma		A3, A12, A22

Tablo 6’da AG hakkında yapılan çalışmaların örneklem grubuna göre dağılımları verilmiştir. Meta-senteze dahil edilen çalışmaların örneklem gruplarına bakıldığında lisans düzeyinde yapılan çalışma sayısının diğer gruplara göre fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca lisans düzeyinde yapılan çalışmalardan mühendislik öğrencileri üzerinde yapılan çalışmalar diğer alanlara göre sayıca fazladır. Okul öncesi ve lise grubuna yönelik konuyla ilgili yapılmış nitel bulgulara sahip bir çalışmaya rastlanmamıştır. Özel eğitime yönelik çalışmaların yapılması dikkat çekicidir. Matematik eğitiminde AG’nin kullanımıyla ilgili her sınıf düzeyine yönelik çalışmaya rastlanmamıştır. İlkokul düzeyinde 1. , 2. ve 4. sınıf öğrencilerine uygulanan bir çalışma yapılmamıştır. Özel eğitim düzeyinde 4, ilkokul-ortaokul düzeyinde 8 çalışma, lisans düzeyinde 9 çalışmaya ulaşılmıştır. A22 kodlu çalışmanın örneklem düzeyi belirtilmemiştir. A3 ve A12 kodlu çalışmalar teorik temellidir ve herhangi bir örneklem grubu bu çalışmalara dahil edilmemiştir. A6 kodlu çalışma ortaokul düzeyinde yapılmış olup öğrenci grubunun hangi sınıf düzeyine ait olduğu bildirilmemiştir.

4.1.4. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Örneklem Sayılarına Göre Dağılımı

Tablo 7

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların örneklem sayısına göre dağılımları

Katılımcı Sayıları	Araştırma Kodu	Frekans
1-20	A2, A5, A8, A10, A11, A15, A18, A23	8
20-40	A1, A21	2
40-60	A4, A16, A19, A24	4
60-80	A13, A14	2
80-100	A9	1
Belirtilmemiş	A7, A17, A20, A22	4
Kuramsal bir çalışma	A3, A6, A12	3

Meta-senteze dahil edilen çalışmalarda tercih edilen örneklem sayısı çoğunlukla ($f=8$) 1-20 kişi arasında olmuştur. A3, A6, A12 kodlu çalışmalarda öğrenme ortamlarında herhangi bir uygulama yapılmadığından örneklem grubuyla çalışılmamış olup bu çalışmalar kuramsal/teorik temellidir. A7, A17, A20, A22 kodlu çalışmaların eğitim ortamlarında uygulama yaptıkları bilinmekte olup bu çalışmalarda örneklem sayıları belirtilmemiştir.

4.2. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Amaçları

Tablo 8

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların amaçları

Kategoriler	Amaç	Araştırma Kodu
AG'nin etkisi	AG'nin başarıya etkisi	A1, A9, A14
	AG'nin tutumların değişimine etkisi	A9, A24
	AG'nin bilişsel öğrenmelere etkisi	A9
	Öz-yeterliliğe etkisi	A19
	AG nin öğrenmeye etkisi	A24

Eğitime katkı /AG içeriği geliştirme	AG'nin eğitimde geliştirici yönünü araştırmak (işe yarayıp/yaramadığını, AG'nin nasıl çalıştığını araştırmak)	A5
	Eğitim kalitesini artırmak için yeni teknolojileri kullanarak matematik öğretme metodolojisini geliştirmek	A12
	AG'nin sağladığı olanaklarla aktif öğrenmeyi teşvik etmek	A22
	3D Geometride görselleştirmeyi sağlamak / Matematikte görselleştirme düzeyini, becerisini artırmak	A6, A12, A21
	Öğretimi kolaylaştıracak AG içeriği geliştirme /didaktik yenilikçi kaynak üretme ve STEM matematik eğitiminde uygulama olanaklarının analizi / AG teknolojisinin özelliklerini analiz etmek/AG ile matematiği daha anlaşılır (görsel ve somut) hale getiren bir öğrenme ortamı yaratma	A6, A12, A15, A21, A22
	Ücretsiz AG uygulaması oluşturmak için yeni bir çerçeve yaklaşımı sunmak	A4
AG deneyimi	AG'yi sınıfta deneyimleme / yaşanan deneyimleri inceleme/ Öğrencinin AG kullanımı ve kabulü / Görüş alma /AG'nin bilgiyi yapılandırmada olumlu etkisi	A1,A4,A9,A14, A19, A24
Beceri gelişimi	Akıl yürütme becerisini geliştirme	A2
	Uzamsal algılarını geliştirme / Uzamsal analiz becerilerini geliştirme / mekansal becerilerini geliştirme/ uzamsal görselleştirmeyi teşvik etme	A7, A14, A16, A18, A20, A22, A24
Özel eğitimde AG kullanımı	Özel öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin eğitiminde AG'nin etkisi / Engelli öğrencilerin Eğitiminde AG kullanımı için pratik çerçeve sunma / Görme engelli öğrenciler için bağımsız matematik eğitimi	A8, A10, A11,A17
Kavram öğretiminde AG kullanımı	Kavram öğretiminde oyun tabanlı öğrenme ortamını AG ile desteklemek/ Kavram öğretiminde AG kullanmak	A13, A15, A23
	AG ile dinamik dönüşüm tabanlı perspektif sağlayarak benzerlik ve orantılılık arasında bağlantı kurma amacı	A2
AG'nin yararları ve sınırlamaları	AG deneyiminin yararları ve sınırlamaları hakkında teorik temel sunma	A3

Tablo 8’de meta-senteze dahil edilen çalışmaların amaçları incelenerek “AG’nin Etkisi, Eğitime Katkı /AG İçeriği Geliştirme, AG Deneyimi, Beceri Gelişimi, AG’nin Yararları ve Sınırlılıkları Özel Eğitimde AG’nin Kullanımı, Kavram öğretiminde AG’nin Kullanımı” şeklinde 7 kategoriye ayrılmıştır. Benzer amaçlara yönelik yapılan çalışmalar aynı kategori altında toplanmıştır. Kategorilerde öne çıkan amaçlar yan başlıklar şeklinde

kodlanmıştır. Aşağıda her bir kategori ve bu kategoriye dahil edilen çalışmalar açıklanarak bu çalışmaların ortak özelliklerine değinilmiştir.

4.2.1. AG'nin Etkisi

AG'nin matematik eğitiminde kullanımıyla ilgili yapılan çalışmaların amaçları incelendiğinde Tablo 8'de verilen kategoriler elde edilmiştir. Tablo 8'ye göre A1, A9, A14, A24 kodlu çalışmalar matematik eğitiminde AG'nin belirli değişkenlere göre etkisini araştırmıştır. Ayrıca A24 kodlu çalışmada geometrik cisimlerin öğretiminde AG kullanımının başarı sağlayacağı ve AG'nin bilgiyi yapılandırma sürecinde öğrenci üzerinde olumlu etki sağlayacağı düşünülmüştür. A1 kodlu çalışmada; AG'nin, simetri öğretiminde yaşanan zorlukların çözümünde etkili bir müdahale yöntemi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ulusal alanyazında AG destekli geometri öğretimiyle ilgili çalışmalar katı cisimler, cisimlerin farklı yönlerden görünimleri gibi konularla sınırlı kaldığı belirtilerek simetri konusunda yapılan bu çalışmanın alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmüştür. Mobil AG'li simetri öğretiminin öğrencilerin başarılarına etkisi araştırılmıştır (A1). AG hakkında yapılmış diğer çalışmalarda AG'nin sadece teknik boyutu ele alındığı öne sürülerek A9 kodlu çalışmada geometri eğitiminde AG kullanımının öğrenci başarılarına, tutumlarına etkileri araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen verilerin özellikle AG yazılım geliştiricilerine fikir vereceği ve eğitsel amaçları karşılayacak nitelikte içerikler üretebilmelerine yardımcı olacağı düşünülmüştür (A9). A24 kodlu çalışmada AG uygulamaları geliştirilmeden önce AG'nin öğrenmeye katkısının iyice araştırılması, bu konudaki ihtiyaçların belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu iki çalışmadan (A9, A24) yola çıkarak AG'nin eğitsel boyutunu ele alan çalışmalara ihtiyaç olduğu çıkarımı yapılabilir. A14 kodlu çalışmada ise AG ve görüntü tabanlı eğitimin öğrenciler üzerindeki etkisinden yola çıkarak AG'nin öğretim etkinliklerine dahil edildiği eğitim ortamındaki öğrencilerin matematik başarıları ve uzamsal becerileri arasındaki ilişki araştırılmıştır.

4.2.2. AG İçeriği Geliştirme

A5 ve A12 kodlu çalışmalarda öğrenci öğrenme süreçlerinin geliştirilmesi hedeflenerek AG'nin eğitimdeki geliştirici yönü ele alınmıştır. Bu amaçla AG geliştirmeye yönelik araçlar ve mevcut uygulamalar incelenmiş, eğitim kalitesini artırmak amacıyla yeni teknolojilerin kullanımına katkı sağlanmıştır. Matematik ya da geometride görselleştirmeyi sağlama üç çalışmada vurgulanmıştır (A6,A12,A21). A12 kodlu çalışmada AG'nin dinamik matematik yazılımları (GeoGebra vb.) ile birlikte kullanımının matematikteki görselleşme düzeyini önemli derecede arttırabileceği söylenmiştir. Ayrıca A12'de matematik öğretiminde

AG araçlarını kullanmanın yarattığı sorunların ilk defa bu çalışmada ele alındığı söylenmektedir. A6 kodlu çalışmada öğrenme-öğretme sürecini kolaylaştıracak yeni teknolojiler üretmek ve bunların nasıl kullanıldığını öğretmek amaçlanmıştır. Bu amaçla çokyüzlüler ile üç boyutlu geometrinin görselleştirilmesi ve anlaşılması istenerek bir AG uygulaması oluşturulmuştur (A6). Öğrenme tekniklerini geliştirmek için etkileyici bir teknolojik araç tasarlamak amacıyla bir AG uygulaması geliştirilmiştir (A15). Öğrencilerin etkileşimde bulunabileceği matematik nesnelerini içeren bir AG uygulaması tasarlanmıştır (A21).

4.2.3. AG Deneyimi

A9 ve A14 AG'nin eğitimde kullanılabilirliğini; A1 ve A24 öğrencilerin AG deneyimlerine yönelik görüşlerini; A19 öğrencilerin AG destekli eğitim ortamındaki deneyimlerini; A4 AG'nin öğrenme-öğretme sürecini nasıl destekleyebileceğini ve öğrencilerin AG uygulamalarına tepkilerini araştırmıştır.

4.2.4. Beceri Gelişimi

A7, A14, A16, A18, A20, A22, A24 kodlu çalışmalarda öğrencilerin uzamsal algılarını geliştirme / uzamsal analiz becerilerini geliştirme / mekansal becerilerini geliştirme/ uzamsal görselleştirmeyi teşvik etme gibi benzer amaçlarla AG uygulamaları kullanılmıştır. Bu çalışmalarda uzamsal beceri gelişimi için geometrik cisimler veya cisimlerin farklı yönlerden görünümü konuları ele alınmıştır. A20 kodlu çalışmaya göre uzamsal beceri durgun bir özelliğe sahip değildir, AG gibi dinamik etkileşimler içeren yollarla gelişebilecek bir süreçtir. Bu yetenek, zenginleştirilmiş yeni teknolojilerle geliştirilebilir. AG teknolojisi, A16 ve A20 kodlu çalışmalarda mühendislik öğrencilerinin matematik derslerindeki uzamsal akıl yürütme becerilerini geliştirme amacıyla kullanılmıştır. A2 kodlu çalışmada ise öğretmen adaylarının orantısal akıl yürütme becerileri geliştirilmek istenmiştir. A8 kodlu çalışmada uzamsal beceri gelişimi için üç boyutlu nesnelerin iki boyutlu temsilleriyle ilgili anlayış geliştirilmek istenmiştir. Bu amaçla bir mobil araç tasarlanmıştır.

4.2.5. Özel Eğitimde AG Kullanımı

A8 ve A11'de öğrenme güçlüğü olan özel öğrenciler üzerinde, A17'de ise görme engelli öğrenciler üzerinde AG'nin etkisi araştırılmıştır. Görme engelli ve az gören öğrenciler için matematikteki grafik ve formüller erişilemez olduğundan bu çalışma (A17) öğrencilerin ders kitaplarındaki içeriği bağımsız, yaratıcı ve etkileşimli öğrenmesine yardımcı bir yöntem

sunmuştur. A10’da engelli öğrenciler için bir öğretim stratejisi olarak AG’yi kullanmak isteyenlere bir çerçeve sunulmuştur.

4.2.6. Kavram Öğretiminde AG Kullanımı

A13, A15, A23 kodlu çalışmalarda belirli kavramların öğretiminde bir öğretim tekniği geliştirmek için AG uygulaması kullanılmıştır. A13’te geometrik temel kavramları, A15’te fizik ve matematikteki Öklid vektörlerini, A23’de ölçü kavramını öğretmek için öğrencilerin gerçek ve sanal nesnelerle etkileşim kurması sağlanmıştır.

4.2.7. AG’nin Yararları ve Sınırlılıkları

Meta-senteze dahil edilen birçok çalışmada AG’nin avantajlarına ve dezavantajlarına değinildiği görülmüştür. Bu tema altında sadece A3 kodlu çalışma AG’nin yararlarını ve sınırlılıklarını açıklamayı amaç edindiği için bu temaya yalnızca A3 kodlu çalışma eklenmiştir.

4.3. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Veri Toplama Araçları

Tablo 9

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların veri toplama araçları

Kategoriler	Veri Toplama Araçları	Araştırma Kodu
Görüşme	Öğrenci görüşme formu	A1,A19
	Görüşme / mülakat	A4, A5, A8, A9, A13, A18
	Odak grup görüşmeleri	A14
	Ses kayıtları	A18, A23
	Geometri başarı testi	A9
	Başarı testi	A1, A8
	Kağıt-kalem testi	A2, A14
	Uzamsal yetenek testi	A14, A24
	Zihinsel rotasyon testi (MRT)	A16
	Diferansiyel yetenek testi (DAT-5: SR)	A16
	Karma yöntemli bir anket	A13
	Bilgi edinme anketi	A4

Anket- test-ölçek	Açık uçlu soru	A13, A15, A21
	Mobil AG anketi	A25
	Görüşme yoluyla anket	A5
	Van Hiele geometrik düşünme testi	A9
	Geometriye yönelik tutum testi	A24
	Matematiğe yönelik tutum ölçeği	A9
	AG uygulamaları tutum ölçeği	A24
	Memnuniyet anketi	A16
	Motivasyon anketi	A25
	Matematik kaygı ölçeği	A25
	Sistem kullanabilirlik ölçeği	A14, A15
	Teknoloji entegrasyonuna yönelik öz-yeterlik ölçeği	A19
	Ön test- son test	A11, A18, A24, A25
	Sosyal geçerlilik anketi	A11
Gözlem	Video kayıtları	A2, A8, A11, A20, A21, A23
	Gözlem	A4, A5, A10, A13, A14, A15, A17, A18
Doküman	Veri tabanları (derleme / teorik)	A3, A12
	Veri kayıt tablosu	A8
	kitapçıklar üzerindeki öğrenci çalışmaları	A8, A18
	AG arayüzünün ekran görüntülerinden elde edilen veriler	A18
	Uygulama kontrol listesi	A10,A11
Diğer	Belirtilmemiş	A6, A22

Tablo 9’da yapılan meta-senteze dahil edilen çalışmaların veri toplama araçlarına ilişkin bulgular “Görüşmeler, Anket-Test-Ölçek, Gözlemler, Doküman, Belirtilmemiş” şeklinde kategorilere ayrılmıştır. Bunlardan Görüşmeler teması altındaki çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmalarda görüşme/mülakatın sıklıkla uygulandığı görülmüştür. Anket-Test-Ölçek teması altında yapılan incelemelerde karma yöntemli çalışmalar da meta-senteze

dahil edildiği için bu çalışmalarda ön test- son test uygulamalarının ön plana çıktığı görülmüştür. Tablo 9’da yer alan çalışmalarda birden fazla veri toplama aracı kullanan çalışmalar vardır.

A14, A16, A24 kodlu çalışmalarda kullanılan testler uzamsal yeteneği ölçmek için kullanılmıştır. A6 ve A22 kodlu çalışmalarda veri toplama araçlarına veya tekniklerine değinilmemiştir.

Çalışmalar esnasında yapılan görüşmelerde öğrencilerin yaşadıkları AG deneyimlerine ulaşmaya yönelik sorular sorulmuştur. Görüşme sorularına örnekler:

“Artırılmış gerçeklik materyali ile desteklenen kare prizma öğretimi konuya yönelik dikkatini arttırdığını düşünüyor musun?” “Artırılmış gerçeklik materyali ile desteklenen kare prizma öğretimi konuda ki cisimleri 3 boyutlu olarak canlandırmanı sağladı mı?” “Artırılmış gerçeklik materyali ile desteklenen eğitim süreciniz ile ilgili neler düşünüyorsunuz?” (A8)

“Artırılmış gerçeklikteki deneyimini üç kelime ile anlatmanı istesem nelerden bahsederdin? “Kullandığınız artırılmış gerçeklik uygulaması hakkında neler düşünüyorsunuz? “Dersleri artırılmış gerçeklikle işlemek hakkında neler düşünüyorsunuz?” “Artırılmış gerçeklikle ders işlemek sana ders konularını öğrenmek haricinde neler kattı?” “Uygulamalar boyunca sınıf içi etkileşimin nasıl gerçekleşti?” (A9)

“AG teknolojisi hakkında ne düşünüyorsun?” “Derslerde AG’nin yer almasının avantajları ve dezavantajları neler olabilir?” (A24)

4.4. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Araştırma Yöntemleri

Tablo 10

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların araştırma yöntemleri

Araştırma Yöntemi	Araştırma Kodu	Frekans
Karma (nitel ve nicel) Yöntem	A1, A9, A13, A19, A24	5
Tasarım tabanlı araştırma / eğitimsel tasarım araştırması	A5, A18, A23	3
Tek denekli araştırma yöntemi	A8	1
Nitel araştırma	A17	1
Katılımcı eylem araştırması	A14	1

Durum çalışması	A2, A4, A21	3
Teorik çalışma	A7, A12	2
Kuram geliştirme	A3	1
Didaktik çalışma (Öğretim materyali geliştirme)	A6	1
Belirtilmemiş	A10, A11, A15, A16, A20, A22	6

Tablo 10’da meta-senteze dahil edilen çalışmalar araştırma yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır. A1, A9, A13, A19, A24 kodlu çalışmalarda hem nitel hem de nicel yöntemin bir arada kullanıldığı karma yöntem tercih edilmiştir. A5, A23 kodlu çalışmalarda araştırma yöntemi ilgili bölümde tasarım tabanlı araştırma, A18 eğitimsel tasarım araştırması olarak belirtilmiştir. Bu iki araştırma deseni benzer olup A18’deki eğitimsel tasarım araştırması 3 aşamadan (ön araştırma aşaması, prototip oluşturma veya geliştirme aşaması, değerlendirme aşaması); A5’teki tasarım tabanlı araştırmanın prosedürleri 9 aşamadan ((i) problemi formüle etme; (ii) araştırmacılar arasında işbirliğini teşvik etmek; (iii) teorik ilgili içerikleri entegre etmek; (iv) literatür taraması yapmak; (v) bir eğitim müdahalesi tasarlamak; (vi) projeyi geliştirmek, uygulamak ve gözden geçirmek; (vii) proje müdahalesinin etkisini değerlendirmek; (viii) süreci yinelemek; (ix) rapor yazmak) oluşmaktadır. A23 kodlu çalışmada tasarım sürecinin aşamalarına değinilmemiştir.

A11, A15, A16, A20, A22 kodlu çalışmalarda araştırma yöntemi “belirtilmemiş” şeklinde kodlanmıştır. A11 ve A16 kodlu çalışmalarda hem nitel hem nicel verilere sahipken bu çalışmalarda araştırma deseni açıkça belirtilmemiştir. A15 kodlu çalışmada araştırma deseni tam belirtilmese de matematikte belirli bir kavramın öğretimine yardımcı olmak için bir AG uygulaması geliştirilmiş ve bu uygulama değerlendirilmiştir. A20 kodlu çalışmada bir AG uygulaması tasarlanıp pilot çalışması yapılmıştır fakat araştırma yöntemi açık bir şekilde ifade edilmemiştir.

Aşağıda çalışmalarda belirtilen yöntem bölümlerinden örnek alıntılara yer verilmiştir:

“... gerçekleştirilen bu araştırma karma araştırma yöntemine uygun olarak yürütülmüştür. Araştırmanın nicel boyutunda ön test-son test kontrol grupsuz yarı deneysel desen; nitel boyutunda ise temel yorumlayıcı desen kullanılmıştır.” (A1)

“Uygulamanın gerçekleştirildiği yükseköğretim kurumunda matematik öğretmeni adayları tek şube olarak eğitim aldığı için bu çalışma tek gruplu bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Bu çalışmada toplanan nicel verileri kıyaslayabilmek için bir kontrol grubu yer almadığından, bu verilerin geçerliğini arttırmak için bulgular nitel verilerle desteklenmiştir açıklayıcı karma yöntem ile bu çalışma tasarlanmıştır. ” (A19)

“Bu araştırma, çeşitli katılımcılarla yedinci sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerini geliştirmek için mobil bir AG arayüzü ve bir dizi mekansal görev içeren bir SPATIAL-AR araç setini tasarlamak ve geliştirmekle ilgili olduğundan, Nieveen ve Folmer tarafından sunulan araştırma metodolojileri bu araştırma tasarlanırken dikkate alınmıştır.” (A18)

4.5.Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Matematik Konularına Göre Dağılımı

Tablo 11

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların matematik konularına göre dağılımı

Matematik öğrenme alanları / Konular	Çalışmalar	Frekans
Geometri	A13	1
Geometrik cisimler	A6, A8, A9, A14, A12, A19	6
Cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri	A16, A18, A19, A24	4
Konikler (analitik geometri)	A7, A22	2
Öklit vektörleri	A15	1
Benzerlik	A2	1
Simetri	A1	1
Uzunluk Ölçme	A23	1
Fonksiyonlar	A21	1
İkinci dereceden denklemler	A4, A17	2
Parabol	A22	1
Olasılık	A12	1
Analiz (calculus)	A5, A12, A20, A21	4
Temel matematik	A3	1
Tam sayılar	A11	1

Matematik öğrenme alanları / Konular	Çalışmalar	Frekans
Dört işlem becerisi	A10	1

Tablo 11’de yer alan öğrenme alanları adlandırılırken Türkiye’de kullanılan ortaokul ve lise öğretim programlarındaki yapılan ayrımlar esas alınmıştır. Çalışmaların büyük bir kısmında geometriye ait geometrik cisimler, cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri, simetri, konikler, benzerlik gibi konular ele alınmıştır. A7, A12, A13, A15, A22 kodlu çalışmalarda geometri / analitik geometri alanı; A6, A8, A9, A14, A12, A19 kodlu çalışmalarda geometrik cisimler; A16, A18, A19, A24 kodlu çalışmalarda cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri, A1 kodlu çalışmada simetri, A2 kodlu çalışmada benzerlik konusu seçilmiştir.

A5, A20, A21 kodlu çalışmalarda yüksek öğrenim düzeyinde analiz konuları tercih edilmiştir. A21’de fonksiyonların üç boyutlu modellemesi için yazılım geliştirilmiştir.

Az sayıda çalışmada sayılar ve işlemler, cebir, ölçme, olasılık gibi geometri dışında öğrenme alanları üzerinde çalışılmıştır.

A8 ve A24 kodlu çalışmalarda tasarım geliştirme aşamalarından ilki olan “ihtiyaç belirleme, analiz etme” basamağı ile ihtiyaçlara yönelik analizler yapılarak çalışılacak matematik konuları belirlenmiştir. A1 kodlu çalışmada ise alanyazında cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri, hacim gibi üç boyutlu modellerin kullanımına yönelik AG çalışmalarına sıklıkla rastlandığından yapılan görüşmeler sonucunda simetri konusunun öğretiminin AG ile desteklenmesinin daha anlamlı ve etkili olabileceği kanısına varılmıştır.

4.6. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalarda Veri Analizi ve Geçerlik-Güvenirlik

4.6.1. Veri Analizi

Tablo 12

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların veri analizi

Veri analizi	Çalışma Kodu
İçerik analizi/ frekans	A2,A19, A24
Betimsel analiz	A9
Kasıtlı analiz	A23

Görüşmelerden, gözlemlerden, video ve ses kayıtlarından elde edilen verilerin metin formlarında belgelenmesi	A2, A14, A18, A20, A21
Belgesel analiz, çıkarımsal ve tanımlayıcı istatistiksel analiz	A5
Gömülü teori aracılığıyla nitel analiz	A14
Kontrol listesi aracılığı ile görev analizi, yüzde hesabı	A10, A11
Grafiksel analiz yöntemi	A8
Shapiro-Wilk normallik testi /anlamlılık testi	A1, A19
t- testi	A1, A9, A14, A24
İki faktörlü ANOVA, Mann-Whitney U testi	A9
Pearson korelasyon analizi	A14
Nicel veriler (standart sapma, medyan, kullanılabilirlik ve öğrenilebilirlik puanları)	A5, A13
Belirtilmemiş	A3, A4, A6, A7,A12, A22

A10 kodlu çalışmada öğrenciler üzerinde bu çalışma için tasarlanan öğretim stratejisi uygulanırken uygulayıcılar tarafından doldurulan bir kontrol listesi kullanılmış ve bu kontrol listesi aracılığı ile görev analizi yapılmıştır. A11’de benzer şekilde çalışmada yapılan müdahale sırasında katılımcıların tamamladığı her adım kontrol listesinde yüzde ile ifade edilmiştir. A9’da yapılan görüşmelerden elde edilen verilerin betimsel analiz yardımıyla temalara ayrıldığı söylenmiştir. A19’ da görüşmelerden elde edilen veriler tema, kategori ve kodlara ayrılarak bir tabloda sunulmuş, kodlara ait sıklık verileri yüzde ve frekansla verilmiştir. A2 ve A24’te toplanan video kayıtları, kağıt-kalem testi verileri içerik analiziyle incelenmiştir. Video kayıtlarından bazı bölümler transkript edilip çalışmada bu verilere yer verilmiştir. A1, A9, A13, A19, A24 kodlu çalışmalarda karma araştırma yöntemi benimsendiği için bu çalışmalarda hem nitel hem de nicel verilere yönelik ayrı ayrı analizler yapılmıştır. A8 de veriler video kaydına alınarak toplanmıştır. Öğrencilerin öğretim sürecindeki doğru ve yanlış tepkileri tespit edilip “doğru tepki yüzdesi hesaplama formülü” kullanılmıştır. Eğitim oturumlarından elde edilen veriler grafiklere işlenerek grafik analiz yöntemiyle incelenmiştir. A10 ve A11 kodlu çalışmalarda gözlem yoluyla toplanan veriler kontrol listesi aracılığıyla kaydedilmiş, veriler yüzde hesabıyla sunulmuştur. A23 kodlu çalışmada kullanılan kasıtlı analiz yönteminde eğitim etkinlikleri sırasında elde edilen veriler transkript edilip çalışmada

doğrudan alıntı yapılarak sunulmuştur. A23'te yapılan kasıtlı analiz ile A2'de yapılan içerik analizinin benzer yöntemler olduğu gözlenmiştir.

A3, A4, A6, A7, A12, A22 kodlu çalışmalarda veri analizinin nasıl yapıldığına dair bir açıklama yoktur.

A14 kodlu çalışmada *“AR destekli programlar öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirebilir mi?”* araştırma sorusunu analiz etmek için ise akademik başarıları farklı 3 grubun ön test- son test puanları karşılaştırılmış ve düşük akademik başarıya sahip öğrenciler üzerinde AG destekli öğretimin olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yine aynı çalışmada matematik ve uzamsal yeteneklerdeki başarıların ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

A14 kodlu çalışmada odak grup görüşme verilerinin analizi:

“Katılımcı gözlemi, öğrencilerin sistemi nasıl kullanacakları talimatı verildiğinde coşkulu olduklarını ortaya çıkardı. Öğrencilerin ayrıca derse ilişkin önemli miktarda merak ve beklentiye sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca öğretim elemanının görüşmeleri ve izlenimleri, öğrencilerin sistemi çok ilginç bulduklarını göstermiştir. Deney tamamlandıktan sonra odak grup görüşmeleri yapılmıştır. Açık kodlama, gömülü teoriye dayalı olarak gerçekleştirildi...Odak grup görüşmeleri, gömülü teori aracılığıyla nitel analiz kullanılarak analiz edildi, ardından aşağıdaki dört yapı elde edildi: sistem kullanılabilirliği, kendi kendine performans, çalışmaya isteklilik ve beklenen etkiler.” (A14)

“Kasıtlı Analiz, öğrencilerin kavramsal, durumsal ve kültürel doğanın bağlamsal öğelerini kullanarak ve bunları birleştirerek bir görevi nasıl bağlamsallaştırdığını araştırmaya izin verir. Böyle bir analiz, bu eylemlerden kaynaklanan öğrenmenin kalitesini tahmin etmek yerine öğrencilerin eylemlerini tanımlamayı ve açıklamayı amaçlamaktadır. Bu makalede, bunun yerine aynı deneysel verileri sorgulama ve öz düzenleme ile ilgili olarak yorumladık, böylece örtük olarak öğrenme için uygun olduğu kanıtlanmış bilişsel süreçleri ele aldık.” (A23)

“Bu içerik analizi yapmak için, öğretmen adaylarının yanıtlarını bir Excel dosyasına kaydettik. Excel dosyasında, ilk test yanıtları ve ikinci test yanıtları, adlarının önünde yan yana kaydedildi. ...öğretmen adaylarının yanıtlarını kaydettikten sonra, bu yanıtları doğru, kısmen doğru, yanlış ve yanıtsız olarak kodladık ve bu kodları kullanarak tablolar oluşturduk. Bu tablolarda, tanımlayıcı istatistikler (yani, frekanslar ve yüzdeler) kullanarak bulguları

sunduk. Ayrıca, toplanan video kayıtları iki yazar tarafından izlendi ve araştırma amacıyla kelimesi kelimesine transkript edildi.” (A2)

4.6.2. Güvenirlik ve Geçerlik

Tablo 13

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların güvenirlik ve geçerliği

Güvenirlik	Çalışma Kodu
Gözlemciler arası güvenirlik katsayısı hesaplanması, kappa puanı	A8, A11
Uygulama güvenirliği formu	A8
Kodlayıcılar arası güvenirlik hesaplama	A24
Cronbach Alfa güvenirlik katsayısı	A9, A24
KR-20 güvenirlik katsayısı	A9
Ölçek/test güvenirliği hesaplama	A14, A15
Üçleme stratejisi	A18
Akran / meslektaş incelemesi, uzman görüşü	A18, A9
Pilot çalışma	A9
Belirtilmemiş	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A10, A12, A13, A19, A20, A21, A22, A23
Geçerlik	
Sosyal geçerlilik formları/anketi	A8, A11
Üçleme tasarımı/stratejisi	A14
Pearson korelasyon analizi	A14
Geçerliliği önceden belirlenen ölçekler kullanılması	A24
Uzman görüşü	A9, A11
Ölçek maddelerinin kapsam geçerliği	A9
Likert ölçeği verilerinin ortalama ve standart sapma hesaplamaları	A13
Doğrudan alıntı	A13

Kapsam geçerliği için pilot çalışma	A19
Nitel verilerin nitel verilerle desteklenmesi	A19
Belirtilmemiş	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A10, A12, A15, A20, A21, A22, A23

Bu kısımda meta-senteze dahil edilen çalışmaların içinde geçerlik ve güvenilirlik kavramlarına ne derecede yer verildiği, geçerlik ve güvenilirlik analizlerinin yapılıp yapılmadığı incelenmiştir.

4.6.2.1. Güvenirlik

Meta-senteze dahil edilen çalışmalar güvenilirlik açısından incelendiğinde A24'te kodlayıcılar arası güvenilirliği hesaplamak için Miles ve Huberman (1994) formülü, gözlemciler arası güvenilirliği hesaplamak için A1'de Kappa formülü, A8 ise *“araştırmacı ve gözlemcinin görüş birliğinin, görüş birliği ve görüş ayrılığının toplamına bölünerek 100 ile çarpılması yoluyla hesaplama”* (s. 69) formülü kullanılmış; A9 ve A24'te Cronbach Alfa güvenilirlik katsayıları hesaplanmış; A9 ve A18 de uzman görüşü alınmış; A14 ve A15'te güvenilirlik hesaplanmış fakat kullanılan yöntem belirtilmemiş; A9 da güvenilirliği sağlamak üzere pilot çalışma yapıldığı belirtilmiş, çalışmada geliştirilen test için KR-20 güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır.

Bazı çalışmalarda veri analiz süreci; çoklu veri toplama yöntemleri kullanmaları, sonuçların doğrudan alıntılarla desteklenmesi, veri toplama süreci için uzman görüşü alınması gibi çalışmalarla desteklenmekle birlikte tüm bunların söz konusu çalışmalarda güvenilirliği sağlamak için yapıldığı açıkça belirtilmemiştir. A19 kodlu çalışmada öğrencilerin teknolojik entegrasyona yönelik öz yeterlilik algılarını ölçmek için yapılan ön test ve son testler arası değişimi ölçmek için t testi analizi yapılarak güven aralığı %95 olarak hesaplanmıştır fakat bu çalışmada güvenilirliği sağlamak için yapılmış bir çalışmadan söz edilmemiştir. A5 kodlu çalışmada ise veri toplama aracı olan anket uzman görüşü alındıktan sonra kullanılmış ve tasarım tabanlı araştırma deseninin kullanıldığı bu çalışmada uygulanan tüm adımlar detaylı bir şekilde anlatılmıştır. A2 kodlu çalışmada veri toplama aracı olarak kullanılan video kayıtları transkript edilmiş, kâğıt-kalem test verileri elektronik tabloya ayrıntılı bir şekilde kodlanıp çoklu veri toplama yöntemleri kullanılmıştır. A23 kodlu çalışmada veri toplama süreci ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ve analiz edilmiş, yapılan uygulamalara ait oturumlar video ve ses kaydına alınarak bu veriler saklanmıştır.

A14 ve A15 kodlu çalışmalarda tasarlanan sistemleri değerlendirmek için aynı kişi tarafından geliştirilen “sistem kullanılabilirlik ölçeği” kullanılmıştır. A15’te, vektör öğretimi için tasarlanan AG sisteminin kullanılabilirlik ve öğrenilebilirlik puanlarına göre sistem kabul edilebilir bulunmuştur. A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A10, A12, A15, A20, A21, A22, A23 kodlu çalışmalarda güvenilirliğin nasıl sağlandığına yönelik bir açıklamaya rastlanmamıştır.

Bazı çalışmalarda ise güvenilirliği sağlamak için neler yapıldığı açık bir şekilde ifade edilmiştir. Aşağıda güvenilirliği sağlayan faktörlere değinen çalışmalardan doğrudan alıntılar yer almaktadır:

“Güvenirlik kapsamında ise Erbaş’ın çalışmasında da vurguladığı üzere % 80 ya da üzeri değerler gözlemciler arası güvenilirlik katsayısı kabul edilmiştir. ...Tüm süreçlerde tüm öğrencilerde gözlemciler arası güvenilirlik %100 olarak hesaplanmıştır. % 80 ya da üzeri değerler gözlemciler arası güvenilirlik katsayısı kabul edilme durumu da araştırma kapsamında sağlanmıştır....uygulama güvenilirliği formu sonuçları değerlendirilerek tüm öğrencilerde uygulama güvenilirliği %90 olarak hesaplanmıştır. ” (A8)

“...bu çalışmada veri analizi prosedüründe çeşitli veri kaynakları kullanılmıştır. Akran / meslektaş incelemesi, ortaya çıkan sonuçların tutarlı görünüp görünmediğini anlamak için aynı veri setini incelemek üzere. Bu çalışmada, bir matematik eğitimi uzmanı veri analizlerine ve kodlama prosedürlerine yardımcı oldu.” (A18)

“Bu çalışmanın sonuçları, çeşitli becerilerin öğretiminde AG'nin etkililiğini ve geçerliliğini ele alan benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla tutarlıdır.” (A11)

4.6.2.2. Geçerlik

Meta-senteze dahil edilen çalışmalar geçerlik açısından incelendiğinde A24’te veri toplama aracı olarak kullanılan ve başkası tarafından geliştirilen ölçeğin geçerlik çalışmasının önceden yapıldığı belirtilmiş; A8 ve A11’de sosyal geçerlik anketi/formu kullanılmış; A9, A11, A18 de geçerliği sağlamak için uzman görüşü alınmış; A19 nitel verilerle desteklenmiş; A13’de nitel veriler doğrudan alıntı olarak kullanılmış ve geçerlik için ortalama ve standart sapma hesaplanmış; A9 ve A14’te veri toplama için geliştirilen aracın kapsam geçerliği sağlanmış; A14 ve A18’de veriler hakkında daha fazla bilgi sağlayabilmek için üçgenleme (triangulation) stratejisi/yaklaşımı kullanılmıştır. A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A10, A12, A15, A20, A21, A22, A23 kodlu çalışmalarda geçerlik hakkında bir bulguya rastlanmamıştır.

A18 kodlu çalışmada geçerliği sağlamak için yapılan çalışmalar ilgili yayında iç geçerlik, dış geçerlik başlıkları altında ayrıntılı bir şekilde açıklanmış, güvenilirlik ve geçerlik için benzer stratejiler kullanılmış, birden çok veri toplama aracı kullanılarak güvenilirlik ve geçerlik artırılmaya çalışılmıştır. A19 çalışmanın geçerliğini artırmak için nitel verilerden yararlanılmış, çalışmadaki etkinliklerde kullanılan tasarım için geliştirme aşamasında ortaokul öğrencileriyle bir uygulama yapılarak ilgili tasarımın uygulanabilirliği ve kapsam geçerliği test edilmiş ve tasarım bu çalışma için uygun bulunmuştur. A9 ve A19 kodlu çalışmalar nicel verileri nitel verilerle destekleyerek geçerliliği artırmak istemişlerdir. Geçerlilikle ilgili örnekler aşağıda sunulmuştur:

“...çoklu yoklama modellerinde iç geçerlilik modelin hem katılımcı içi hem de katılımcılar arasında çok sayıda yinelemeyi barındırması sebebi ile oldukça güçlü bir biçimde kontrol altına alınmaktadır...içerikte yer alan konularla ilgili daha önceden ve uygulama aşamasında başka benzer çalışma yapılmaması sağlanarak geçerlilik güçlendirilmiştir.Araştırmada sosyal geçerliliği belirlemek amacıyla da çalışma hakkında hazırlanan sorular katılımcı öğrencilere ve öğretmene uygulanarak analiz edilmiştir ”(A8)

“AG uygulamalarına yönelik tutumlarını belirlemek amacıyla kullanılan Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği ile yapılan ölçümlerin geçerlik çalışmaları da Küçük ve diğerleri tarafından yapılmıştır.” (A24)

“İlk strateji üçgenlemedir....Bu stratejide, gerçeğe ulaşmak için durumları veya bulguları araştırmak için çoklu yollar kullanmak ve bu durum veya bulgular üzerinde doğruya ulaşmak için bunları birleştirmek kullanılır. Bu nedenle, bu çalışmada, örneğin bir görüşmede ortaya çıkan bir olgunun gerçeği gözlem notlarında, belgelenmiş görüşme verilerinde veya ekranların video görüntülerinde ve ARLE'de araştırılarak ortaya çıkarılması için çeşitli veri kaynakları kullanılmıştır.” (A18)

4.7. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalarda Kullanılan AG Teknolojileri

Tablo 14

Meta-senteze dahil edilen çalışmalarda kullanılan AG teknolojileri

AG tasarımı için kullanılan Yazılım geliştirme araçları veya AG için kullanılan teknoloji	Araştırmalar
Unity 3D yazılımı ve Vuforia SDK	A2, A4, A8, A13, A18, A19, A24
HP Reveal (eski adı Aurasma)	A1, A10, A11, A24
Silverlight, Slartoolkit	A9

GeoGebra AR, GeoGebra 3D Hesap makinesi	A12
MicrosoftTM Kinect sensörü ve Xbox 360 oyun konsolu	A15
SketchUp, AR Happens, buildAR ve Aumentaty Author	A7
Brainstorm eStudio, HUMANAR library	A16
Teknik detaylar verilmemiş.	A3, A5, A6, A14, A20, A17, A21, A22, A23

Unity 3D bir oyun gelişime platformu olmasına rağmen sonradan eklenen AG eklentisiyle birlikte bu platform AG içerikleri geliştirebilir hale gelmiştir. A2, A4, A8, A13, A18, A19, A24 kodlu çalışmalarda kullanılan AG etkinlikleri/içerikleri Unity 3D’de tasarlanmış olup içerik geliştirmede kaynak sağlamak için Vuforia kütüphanesinden yararlanılmıştır. Unity 3D ücretsiz bir yazılım olup daha gelişmiş ücretli versiyonları bulunmaktadır.

Üç boyutlu modelleme geliştirmede kullanılan SketchUp 3D yazılımı AG destekli bir versiyon üretmiştir. A7’de AG içerikleri üretmek için SketchUp 3D yazılımı AR Happens, buildAR ve Aumentaty Author eklentileri ile birlikte kullanılmıştır.

A10’da AG, video görüntüleme aracı olarak kullanılmıştır. Öğrenciler kendilerine sunulan çalışma sorularını yanıtlayabilmek için AG teknolojisi aracılığı ile izlenebilen videoları yönerge olarak kullanmışlar. A24 kodlu çalışmada tasarımı geliştirme aşamasında önce HP Reveal kullanılmıştır. Pilot çalışma esnasında yaşanan aksaklıklardan dolayı asıl çalışmada kullanılan AG etkinlikleri, Unity 3D platformunda tekrar tasarlanmıştır. A24 kodlu çalışmada Unity 3D’nin avantajları şu şekilde belirtilmiştir: “*Üç boyutlu modeller hedef görüntülere iyi bir şekilde tutunmakta, üç boyutlu modeller AG eklentisiyle esnek ve uyumlu biçimde çalışmakta, tüm etkinliklerin ayrı hedef görüntüleri tek bir .apk dosyası ile çalıştırılabilmekte ve etkinlikler esnasında internet bağlantısına ihtiyaç duyulmamaktadır.*”

A12 kodlu çalışmada diğer tasarım tabanlı çalışmaların aksine hazır bir uygulama seçilip *GeoGebra AR* üzerinde nesneler üretilerek materyal hazırlanmıştır ve ileri matematik, olasılık, analiz, analitik geometri gibi alanların öğretiminde *GeoGebra AR*’ın kullanılabileceği önerilmiştir.

Bazı çalışmalarda ise öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerinin gelişimine yardımcı olabilecek materyaller geliştirmiştir (A7, A8, A9, A14, A16, A18, A19, A20, A22, A24).

A3, A5, A6, A14, A20, A17, A21, A22, A23 kodlu çalışmalarda bahsedilen AG içeriklerinin teknik özelliklerine değinilmemiştir.

4.8. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Sonuçları

Tablo 15

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların sonuçları

Kategoriler	AG hakkında elde edilen sonuçlar	Araştırma Kodu
AG aracının özellikleri	Dikkat/ilgi çekici olması	A3, A8, A9, A21
	Eğlenceli olması	A8, A9, A19, A24
	Verimli, yararlı olması	A24
	Etkili olması	A3, A10, A24
	Etkileşimli olması	A9
	Düşük maliyetle uygulanabilmesi	A16
	Kullanışlı / uygulanabilir olması	A13, A14, A15
	AG için kullanılan aracın taşınabilir olması	A21
	Görselleştirmeyi sağlaması / görselliği artırması	A1, A3, A6, A15, A22
AG'nin matematik alanına katkısı	Akıl yürütme becerisinin gelişimine katkı sağlaması	A2
	Uzamsal zeka becerisi / uzamsal görselleştirmenin gelişimine katkı sağlaması	A6, A14, A16, A18, A20
	Matematiksel sorgulama becerisini geliştirmesi	A23
	Ders içeriğini/kavramları somutlaştırması	A1, A8, A9
	Kavram öğretimini kolaylaştırması/ kavram öğreniminde zihinsel çabayı azaltması	A2, A3, A6, A8, A15
	Kavram yanlışlarının giderilmesinde faydalı olması	A9
AG'nin öğrenmeye katkısı	Öz-yeterlik algılarına pozitif katkı	A19
	Öz değerlendirmeye olumlu etki	A1
	Bireysel/bağımsız öğrenmeye, öğretimi bireyselleştirmeye katkı sağlaması	A1, A6, A10, A12, A18, A21
	İşbirlikli öğrenmeyi teşvik etmesi / akran desteği sağlaması	A1, A19
	Derin öğrenmeyi desteklemesi	A9
	Zamandan tasarruf sağlaması / ders içeriğinin kısa sürede öğretimini sağlaması	A9
	Öğrenme hızını artırması	A9

	Başarıyı artırması	A1
	Tutumu artırması	A9, A14, A15, A16, A24
	Motivasyonu artırması	A6, A9, A12, A13
AG'nin öğretim ortamına katkısı	İletişimi artırması	A19
	Sınıf içi aktif katılımı artırması	A1, A19
	Görme engelli öğrencilere çoklu duyuşal öğrenme ortamı	A17
	Zengin öğrenme ortamı	A3, A16, A23
	Üç boyutlu canlandırma sağlaması	A8
	Sanal nesnelerle doğal etkileşim sağlaması	A19, A21
	Gerçeklik hissi sağlaması	A19, A21
AG'nin olumsuz yönleri	AG'nin teknoloji bağımlılığını artırma potansiyeli	A8
	AG için kullanılan mobil cihazların öğrenciler tarafından paylaşılabilmesi	A1
	AG'nin öğrencilerde dikkat dağınıklığına sebep olması	A24
	AG için kullanılan mobil cihazların şarjlarının çabuk bitmesi	A24
	AG'nin gözle ilgili sağlık sorunlarına neden olabilmesi	A24

Çalışmaların sonuçları incelendiğinde AG'nin dikkat/ilgi çekici (A3, A8, A9, A21), eğlenceli (A8, A9, A19, A24), verimli (A24), etkileşimli (A9), etkili (A3, A10, A24), kullanışlı (A13, A14, A15), taşınabilir (A21), düşük maliyetli (A16) bir araç olduğu ifade edilmiştir. Bazı çalışmalarda AG'nin bireysel öğrenmeyi desteklediği vurgulanmıştır. AG öğrencilere bağımsız öğrenme olanağı sağlamış ve öğrencilerin kendi öğrenmelerini yönetmelerine izin vermiştir (A10), öğrencilere öğrenmelerinde özerklik kazandırmış (A6), öğretim sürecinin bireyselleştirilmesine, yönlendirme olmaksızın uygulamanın anlaşılmasına, öğrencilerin bireysel çalışmalarına olanak sağlamıştır (A1, A12, A17, A18, A21). A23'e göre AG matematiksel sorgulamayı destekler ve sorgulama temelli matematik eğitiminde kullanılabilir. Dikkat çeken sonuçlardan bir diğeri ise AG'nin öğrencilerde uzamsal zekanın / uzamsal görselleştirmenin gelişimine katkı sağlamasıdır. A6, A14, A16, A18, A20 kodlu çalışmalarda bu beceri; uzamsal yetenek, uzamsal görselleştirme, uzamsal zeka, uzamsal analiz, uzamsal algı, mekansal beceri şeklinde adlandırılmıştır. Tasarlanan AG aracı ile öğrenciler iki boyutlu

görüntüleri anlayabilir, iki boyutlu görüntüleri verilen 3 boyutlu nesneleri zihinlerinde canlandırabilirler. Ayrıca tasarlanan AG aracı uzamsal yetenekleri farklı düzeydeki öğrencilerin farklılıklarını telafi etmek için kullanılabilir, öğrencilere uzamsal yeteneklerini geliştirme olanağı sunabilir (A18). A2 kodlu çalışmada AG'nin akıl yürütme becerisine katkı sağladığı; A1, A3, A6, A15, A22 kodlu çalışmalarda AG'nin görselleştirmeye katkı sağladığı; A2, A3, A6, A8, A15 kodlu çalışmalarda ise AG'nin kavram öğretimini kolaylaştırdığı sonucuna ulaşılmıştır. A1, A8, A9 kodlu çalışmalarda AG'nin ders içeriğinin, matematiksel kavramların somutlaştırmasına katkı sağladığı vurgulanmıştır. A9'da AG'nin kavram yanılgılarının giderilmesinde faydalı olduğu belirtilmiştir. A3'te AG'nin bilgiyi öğrencinin dikkatine uygun hale getirdiği için etkili bir öğrenme aracı olduğu vurgulanmıştır. A7'de bilgisayar ortamlarında AG içeriği geliştirebilmek için yeterli düzeyde yazılım bilgisine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. A16, etkinliklerde AG kullanabilmek için bilgisayar ve kamera gibi basit ve ucuz donanım kurulumuna ihtiyaç duyulduğundan bu etkinliklerin düşük maliyetle uygulanabildiğine dikkat çekmiştir. A12'de AG içeren GeoGebra 3D Hesap Makinesinin STEM matematik eğitiminde kullanımı STEM etkinliklerindeki problemlerden biri olan bireyselleştirmenin çözümüne yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Görme engelli ve az gören öğrenciler için matematiksel formüller, grafik gibi uzamsal nesneler bağımsız bir matematik öğrenimini engelleyen unsurlar olduğu için bu çalışmada ders kitaplarında ve çalışma sayfalarında matematiksel içerikler yeniden düzenlenerek görme engelli öğrencilerin bu içeriklere erişebileceği çoklu duyuşal AG (multi-sensual AR) aracı geliştirilmiş ve bu araç kullanıcıları tarafından kabul görmüştür (A17). A24'te AG öğrencilere zengin bir öğrenme ortamı sunarak AG'nin öğrencilerin yaratıcılıklarını geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. A19'da öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmada derse yönelik motivasyonlarında artış yaşanmasına bağlı olarak öğretmen adayları bu öğretim teknolojilerini derslerinde kullanmak istediklerini belirtmişlerdir.

Bazı çalışmalarda AG'nin eğitim ortamlarında kullanımıyla ilgili olumsuz özelliklere de değinilmiştir. Bunlara örnek; AG'nin teknoloji bağımlılığını artırma potansiyeli (A8), öğrencilerde dikkat dağınıklığına sebep olabilmesi (A24), gözle ilgili sağlık sorunlarına neden olabilmesi (A24), AG için kullanılan mobil cihazların şarjlarının çabuk bitmesi (A24), mobil cihazların öğrenciler tarafından paylaşılamaması (A1) verilebilir. Ayrıca öğrencilerin AG teknolojisine aşinalığının olmaması ve tablet bilgisayar kullanımına yönelik aşırı istek ya da isteksizlik, uygulama sürecinin uzamasına ve öğrencilerin memnuniyetinin düşmesine neden olmuştur (A1)

4.9. Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmaların Önerileri

Çalışmaların önerilerine bakıldığında;

A1’de gelecek çalışmalarda AG destekli öğretim sürecine yönelik öğrenci görüşlerinin alınabileceği önerilmiştir. A18’de AG için kullanılan akıllı gözlükler pahalı olduğundan tablet ve akıllı telefonlar için AG arayüzü geliştirmeye odaklanması gerektiği, A14’te ise daha eksiksiz bir veri seti elde etmek için daha büyük örneklem ile çalışılması ve öğrencilerin motivasyonunu ve ilgisini artırmak için ise işbirlikçi AG kullanılması önerilmiştir. A13’te AG arayüzünü kullanmak için hedef işaretçi yerine gerçek dünya nesnelerini tanıyan işaretli bir teknik geliştirilmesi ihtiyacına değinilmiştir. A11’de engelli öğrencilerle yapılan kavramsal anlayışı geliştirmek için daha çok çalışmanın yapılmasına ihtiyaç olduğu söylenmiştir. A23’te AG’nin tasarım sürecinin değerlendirildiği durum çalışmalarının potansiyel bir alan olduğu belirtilmiş ve geometri dışında matematik eğitiminde somutlaştırmayı destekleyen tasarımlara dikkat çekilmiştir. A7 ‘de ise 21. yy becerilerine uygun bir öğretim programının tasarlanması önerilmektedir.

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuç

Bu bölümde matematik eğitiminde AG'nin kullanımıyla ilgili yapılan çalışmaların mevcut durumlarının analizlerinin sonuçları sunulmuştur.

AG'nin eğitim ortamlarında kullanımına yönelik yapılan çalışmalar betimsel özellikleri açısından incelendiğinde meta-senteze dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımlarına bakıldığında 2010-2021 yılları arasında en çok çalışmanın 2015 yılında yapıldığı görülmektedir. Sırakaya ve Sırakaya (2018), nitel olarak desenlenen AG çalışmalarının sayısında 2013 yılından itibaren bir artış görüldüğünü bildirmiştir. Bu çalışmalara meta-senteze dahil edilmeyen nicel desenli çalışmalar da eklendiğinde AG ile ilgili yapılan çalışmaların sayısında yıllara göre bir artış gözlenmektedir. Bu sonuç mobil cihazların yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte yapılan çalışma sayılarının yıllar geçtikçe arttığına yönelik literatürdeki bulgularla uyushmaktadır (Billingham, 2002; Yılmaz ve Batdı, 2016). Bu çalışmaya nicel çalışmaların dahil edilmemesinden kaynaklı olarak yapılan çalışma sayılarında yıllara bağlı sürekli bir artış gözlemlenmemiştir. Meta-sentez için incelenen çalışmaların ülkelere göre dağılımına bakıldığında en çok çalışmanın Türkiye, Meksika ve Amerika'da yapıldığı görülmektedir. Kara (2018), eğitim alanındaki AG çalışmaları hakkındaki yaptığı incelemede bu alanda çalışma yapan ülkeler olarak Tayvan, İspanya, Amerika'nın ilk üç sırada yer aldığını belirtmiştir. Altınpulluk (2018) ise AG hakkında çalışmaların büyük bir kısmının Asya kıtasında yapıldığını bildirmiştir. Meta-senteze dahil edilen çalışmalarının ülkelere göre dağılımına ait bulgular literatürle karşılaştırıldığında benzer bulgulara ulaşılmamıştır. Bu farklılığın sebebinin meta-sentez için nicel çalışmaların hariç tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Veri toplama esnasında yalnızca İngilizce ve Türkçe taranan çalışmalar meta-senteze dahil edilip orijinal dillerinde yayımlanan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır. Bu nedenle çalışmaların ülkelere göre dağılımlarına bakıldığında, Türkiye tabanlı yapılan çalışma sayısının birinci sırada olması, en çok çalışmanın Türkiye'de yapıldığı çıkarımına ulaştırmayacaktır. Çalışmaların önemli bir kısmı (%33) 1-20 kişi aralığındaki katılımcı sayısı ile gerçekleştirilmiştir. AG çalışmaları örneklem düzeyine göre incelendiğinde, çalışma örnekleminin çoğu (f=9) lisans düzeyinde öğrencilerden oluşmaktadır. Lisans düzeyinde mühendislik alanında yapılan çalışmalar dahil edilen tüm çalışmaların %20'lik kısmını (f=5) oluşturmaktadır. Özellikle uzamsal beceriyi geliştirme, geometrik cisimler, analiz gibi alanların AG ile ilgili ders materyali geliştirmeye

uygun olması bu konularda yapılan çalışmaların fazla olmasına sebep olduğu düşünülmektedir. İlkokul ve ortaokul düzeyinde yapılan 8 çalışma vardır. İlkokulun tamamı ve ortaokulun alt sınıflarındaki öğrenciler (7-11 yaş) Piaget'in somut işlemler döneminde (Piaget, 1964; Sutherland, 1992) yer aldıkları için bu sınıf düzeyindeki öğrencilerle yapılan AG çalışmalarının kavram öğretiminde somutlaştırmayı destekleyeceği bildirilmiştir (Sırakaya ve Sırakaya, 2018). AG teknolojisinin somutlaştırmayı kolaylaştırdığına pek çok çalışmada değinilmiştir (Abdüsselam ve Karal, 2012; Bujak ve diğerleri, 2013; Saidin ve diğerleri, 2015). Bu sınıf düzeylerinde bulunan öğrenciler somut işlemler döneminde olmalarına ve AG kullanımına uygun olmalarına rağmen 1., 2. ve 4. sınıf düzeyinde yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Meta-senteze dahil edilen, özel eğitim alanında yapılmış 4 çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar görme engeli, özel öğrenme güçlüğü, zihinsel engeli bulunan öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik yapılmıştır. Özel eğitim alanında yapılmış çalışmalar bu alandaki ihtiyaçları ortaya koymaları açısından önemlidir. AG matematikte kavram öğretiminde, üç boyutlu nesnelerin görselleştirilmesinde, soyut kavramların somutlaştırılmasında etkilidir. AG teknolojisi, birden fazla duyu organına hitap edebilmesi (Azuma ve diğerleri, 2001) özelliğiyle, özel ihtiyaçlara sahip öğrencilerin eğitiminde kullanıma uygundur (Kellems ve diğerleri, 2020; McMahon, 2016; Mikułowski ve Brzostek-Pawłowska, 2020; Işık, 2019; Zainuddin, Zaman, ve Ahmad, 2010).

Çalışmalar amaç ve önemine göre incelendiğinde "AG'nin Etkisi, Eğitime Katkı /AG İçeriği Geliştirme, AG Deneyimi, Beceri Gelişimi, AG'nin Yararları ve Sınırlılıkları Özel Eğitimde AG'nin Kullanımı, Kavram öğretiminde AG'nin Kullanımı" şeklinde 7 tema ortaya çıkmıştır. Çalışmaların frekans açısından ağırlıklı olarak "Eğitime Katkı / AG İçeriği Geliştirme" ve "Beceri Gelişimi" temalarında toplandığı görülmüştür. Çalışmaların amaçları genellikle matematik ve geometri eğitiminde görselleştirmeyi sağlamak, öğretimi kolaylaştıracak yenilikçi bir sistem kurmak, matematik eğitiminde anlaşılır (görsel ve somut) bir öğretim ortamı yaratmak ve öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmektir. AG'nin eğitimde kullanılmasının görselleştirmeyi sağlayacağı, soyut kavramları somutlaştıracığı, öğretimi kolaylaştıracığı literatürde sıklıkla vurgulanmaktadır (Abdüsselam ve Karal, 2012; Bujak ve diğerleri, 2013; Gün ve Atasoy, 2017; Martín-Gutiérrez ve diğerleri, 2010; Özçakır, 2017; Saidin ve diğerleri, 2015; Wu ve diğerleri, 2013).

Meta-senteze dahil edilen çalışmalar, kullanılan veri toplama teknikleri açısından incelendiğinde çalışmaların sıklıkla "Gözlemler" ve "Görüşmeler" temaları altında bulunan gözlem ve görüşme teknikleriyle yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmaların büyük bir

çoğunluğunda tasarlanan AG uygulaması ders ortamında deneyimlenmiştir. Çalışmalarda öğrencilerin deneyimlerine ait verileri toplamak için öğrencilerle görüşmeler yapılmış, etkinlikler esnasında öğrenciler AG uygulamalarını kullanırken bu etkinlikler video ile kayıt altına alınmıştır. Çalışmalarda öğrencilerin etkinlikler hakkındaki görüşlerine başvurulurken genellikle öğrencilerin AG ile ilgili deneyimlerinin nasıl olduğuna, AG uygulamaları hakkında görüşlerinin ne olduğuna dair soruların kullanıldığı görülmüştür.

Meta-senteze dahil edilen çalışmalar araştırma yöntemleri açısından incelendiğinde karma desenli araştırmalar en sık kullanılan yöntem olmuştur. Altınpulluk (2018) eğitim alanında yapılan çalışmaların (f=58) %80'inin nicel ve karma desenli olduğunu bildirmiştir. Meta-sentezde "Tasarım Tabanlı Araştırma/Eğitimsel Tasarım Araştırması" olarak desenlenen 3 çalışma yer almaktadır. Tasarım tabanlı çalışmalar etnografi, deneysel çalışmalar gibi tasarım sorunlarını ele almayan diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Tasarım tabanlı araştırmalar eğitsel uygulamayı ve kuramsal araştırmayı bir araya getirmektedir (Kuzu, Çankaya ve Mısırlı, 2011). Ayrıca bu çalışmalar tasarım sürecini detaylı bir şekilde ortaya koydukları için tasarım sürecinde yaşanan sıkıntılardan bahsetmeleri, ortaya çıkan ürünün eğitim ortamlarında değerlendirilmesi açısından konuyla ilgili alanda çalışacak araştırmacılara yol gösterici niteliktedirler. Dolayısıyla AG uygulaması geliştirmeye yönelik yapılacak olan tasarım tabanlı çalışmalar hem AG teknolojisinin gelişimine katkı sunacak hem de bu alanla ilgilenen araştırmacılara yol gösterici olacaktır.

Çalışmalarda tercih edilen matematik konuları incelendiğinde 13 çalışmanın geometri öğrenme alanına ait cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri, geometrik cisimler, uzunluk ölçme gibi konuları ele aldıkları görülmüştür. Bu konuların tercih edilme sebebinin bu konuların öğretiminde daha çok görsel materyale ihtiyaç duyulması olduğu söylenebilir. Matematik eğitiminde AG uygulamalarını kullanan ilk çalışmalara bakıldığında geometri ile ilgili konuların ele alındığı görülmüştür. Matematik alanında yapılan ilk AG çalışmalarından sayılan Kaufman, Schmalstieg ve Wagner'in (2000) çalışmasında geometrik yapıları ele alan bir AG aracı tasarlanmıştır. AG'nin matematik eğitiminde kullanımıyla ilgili yapılan birçok çalışmada Kaufman ve diğerlerinin amaçladığı şekilde uzamsal becerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle lisans düzeyinde, mühendislik alanındaki matematik konularını destekleyecek çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Matematikte AG'nin kullanımıyla ilgili ilkökul düzeyinde az sayıda çalışma yapılmıştır. Halbuki AG, ilkökul düzeyinde bulunan öğrencilerin akıl yürütme, matematiksel bilgi okuryazarlığı, sayı ve işlem becerisi gibi becerilerini geliştirmeye uygun bir teknolojidir. AG'nin eğlendirici,

somutlaştırıcı ve görselleştirici yönü bu sınıf düzeyindeki öğrencilerin ilgisini çekerek bu becerilerin gelişimine katkı sağlayacaktır. Dahil edilen çalışmalar içinde benzerlik, simetri, fonksiyonlar, tam sayılar, ikinci dereceden denklem konularını ele alan çalışmalar da vardır. Bu sonuç matematiğin farklı konularını ele alan AG içeriği geliştirmeye müsait olduğunu, matematik eğitiminde AG'nin kullanılabileceğini göstermektedir. Özetle, incelenen çalışmalarda konuların tercih edilme sebebinin matematik dersinin görselleştirilmesi ve somutlaştırması ihtiyacından ortaya çıktığı görülmektedir. Bu nedenle araştırmacılar daha çok öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerinin gelişimine yardımcı olabilecek materyaller geliştirmiştir.

Çalışmalarda veri analizinde kullanılan yöntemler incelendiğinde karma desenli 5 çalışmada hem nitel hem de nicel veri analiz süreçleri takip edilmiştir. Çalışmalarda nitel verilerin toplanması esnasında çoğunlukla video kayıtları alınmış, öğrencilere açık uçlu sorular sunulmuştur. Video kayıtları transkript edilip açık uçlu/kağıt kalem testi verileri ile birlikte içerik analizine tabi tutulmuştur. 10 çalışmanın tümünde içerik analizi yapıldığı ifade edilmese de toplanılan verilerin transkript edilmesi, kodlara, temalara ayrılarak incelenmesi nedeniyle bu çalışmalarda içerik analizinin yapıldığı düşünülmektedir. Bazı çalışmalarda nicel veriler ile standart sapma, medyan, kullanılabilirlik ve öğrenilebilirlik puanları hesaplanmıştır. Nicel verilerin analizinde t-testi, Pearson korelasyon analizi, iki faktörlü ANOVA, Mann-Whitney U testi, Shapiro-Wilk normallik testi /anlamlılık testi gibi metotlar kullanılmıştır.

Meta-senteze dahil edilen çalışmalarda güvenilirliği sağlamak için uzman görüşü alınması, nitel bulguların analizinde kodlayıcılar arası güvenilirlik hesabı, Cronbach Alfa güvenilirlik katsayıları hesaplanması, pilot çalışmaların yapılması, KR-20 güvenilirlik katsayısı hesabı, çalışmalarda uygulanan adımların detaylı anlatılması gibi yollar izlenmiştir. Çalışmalar geçerlik açısından incelendiğinde ise nitel veriler doğrudan alıntı olarak kullanılmış, geçerliği önceden sağlanmış ölçekler kullanılmış, veri toplama araçlarının kapsam geçerliği incelenmiş, verilere ait ortalama ve standart sapma hesaplamaları yapılmış, geçerliği sağlamak için uzman görüşü alınmış, daha fazla bilgi sağlayabilmek için üçgenleme stratejisi (araştırma yöntemleri, veri kaynakları, araştırmacı) kullanılmıştır. 12 çalışmada hem güvenilirlik hem de geçerlik hakkında yapılmış herhangi bir analizden söz edilmemiştir. Bu da çalışmaların %50'si gibi büyük bir kısmının geçerlik ve güvenilirlik açısından yetersiz olduğunu göstermektedir.

Çalışmalarda AG içeriği geliştirmek için en çok kullanılan yazılım Unity 3D'dir. Bu yazılım diğer yazılımlara göre esnek çalışma, çevrimdışı kullanabilme, sürekli güncellenen

açık kaynaklı kodları kullanabilme avantajlarına sahiptir. Unity 3D’de üç boyutlu modeller oluşturmak için Vuforia kütüphanesinden yararlanılmaktadır. Bazı çalışmalarda gerçek dünya görüntülerine üç boyutlu dijital nesneler eklemek için HP Reveal (eski adı Aurasma) yazılımı kullanılmıştır. Çalışmalarda HP Reveal kullanımı kolay, kullanışlı olduğu için tercih edilmiştir (Altıok, 2020). Özçakır (2017), yapmış olduğu tez çalışmasında GeoGebra 5 yazılımının üç boyutlu geometrik nesneleri görselleştirdiğini, bunların bir ekran aracılığı ile iki boyutlu katmanlar aracılığı ile izlenebildiğini bu durumun ise bu yazılımı eğitim ortamlarında kullanımının kavram yanılgılarına sebep olabileceğini bildirmiştir. 2021 yılına gelindiğinde ise GeoGebra 3D’nin AG eklentisiyle birlikte doğal ortamlarda üç boyutlu sanal nesneleri görüntüleme imkanı sağlanmıştır. Teknolojinin gelişmesi, önümüzdeki çalışmalarda AG içeriği üretilebilecek yeni yazılımlarla karşılaşmamıza neden olacaktır. Bu gelişmeler ışığında AG’nin eğitim ortamlarında daha yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

İncelenen çalışmaların sonuçlarına bakıldığında AG’nin dikkat/ilgi çekici, eğlenceli, etkileşimli olma özellikleri ön plana çıkmıştır. AG, eğitim ortamlarında verimli, yararlı, etkili, düşük maliyetli, kullanışlı, uygulanabilir, taşınabilir bir araçtır ve bu ortamlarda kullanıldığında üç boyutlu nesneleri canlandırır, sanal ve doğal nesnelerin etkileşime girmesini sağlar, zengin bir öğrenme ortamı sunar ve gerçeklik hissi verir. Çalışmalarda AG’nin matematik alanına katkısına bakıldığında AG’nin uzamsal beceriyi, akıl yürütme becerisini, sorgulama becerisini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen çalışmaların sonuçlarına göre uzamsal beceri gelişiminde görselleştirme etkinlikleri önemlidir ve AG görselleştirmede etkili bir araçtır. AG’nin kavram öğreniminde zihinsel çabayı azalttığı, ders içeriğini/kavramları somutlaştırdığı, kavram yanılgılarının giderilmesinde etkili olduğu ulaşılan sonuçlar arasındadır. Bir başka önemli sonuç ise AG’nin eğitim ortamını bireyselleştirmesine, bağımsız öğrenmeye katkı sağlamasıdır. Bazı çalışmalarda kullanılan mobil cihazların şarjlarının çabuk tükenmesi, mobil cihaz kullanımına bağlı olarak göz sağlığını tehdit etmesi, dikkat dağınıklığına sebep olması gibi AG’nin olumsuz yanlarına değinilmiştir.

Türkiye çapında yürütülen TÜBİTAK projeleri gibi bilimsel çalışmalarda AG ile ilgili etkinlikler aktif olarak kullanılmaktadır. Öğretmen adaylarının AG materyali hazırlaması için yürütülen bir projede katılımcılara uygulama geliştirme araçları tanıtılmış ve katılımcılardan materyal üretmeleri istenmiştir (Tübitak, 2021). Giresun Üniversitesi bünyesinde “Artırılmış Gerçeklik Uygulama ve Araştırma Merkezi” adıyla kurulan merkez, çeşitli TÜBİTAK projelerinde yer alarak AG’yi yaygınlaştırmaya yönelik faaliyetlerde bulunmaktadır (Artırılmış Gerçeklik Uygulama ve Araştırma Merkezi, 2021). AG teknolojisi eğitim kurumlarında sadece

araştırmacılar tarafından kullanılan bir teknoloji değildir. Öğretmenlerin kullanımı için MEB'e bağlı çeşitli il müdürlüklerinin AR-GE birimleri tarafından hazırlanan, Web 2.0 teknolojilerini tanıtıcı içeriğe sahip kılavuzlarda mobil AG uygulamalarına da yer verilmiştir (Web 2.0, 2021). Böylelikle öğretmenlerin ders ortamlarında bu teknolojileri kullanmaları teşvik edilmiştir. Ancak öğretmenlerin ulaşabilecekleri az sayıda kaynak vardır ve öğretmenler AG ile ilgili bu kaynaklara Web 2.0 adı altında dolaylı yollardan ulaşmaktadır. AG eğitim alanında yalnızca araştırmacılar tarafından bilimsel amaçlarla kullanılan bir teknoloji olmamalıdır. AG teknolojisi, öğretmenlerin ders ortamlarında düşük maliyet, taşınabilirlik açısından rahatlıkla kullanabileceği potansiyele sahiptir. Ayrıca öğretim etkinliklerinde AG'nin dikkat çekici, motive edici, kalıcı öğrenme sağlama özellikleri dikkate alındığında eğitim ortamlarında birçok derste AG'nin yaygın olarak kullanımı kaçınılmaz olacaktır.

5.2. Öneriler

Literatürde AG uygulamalarının erişilebilirliği ve uygunluğu hakkında kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Literatürdeki ilgili boşluğu doldurmak için AG uygulamalarının “hangi işletim sistemlerinde çalıştığı, hangi yazılımlar kullanılarak geliştirildiği, hangi platformlar aracılığı ile erişildiği” sorularına yanıtlar alınabilir.

GeoGebra 3D'nin 2019 yılındaki sürümüne gelen AG eklentisi ile birlikte oluşturulan üç boyutlu nesneler gerçek dünya ortamına taşınabilir hale gelmiştir. Literatürde GeoGebra 3D yazılımının AG eklentisini kullanarak hazırlanmış materyallerle sınıf ortamında uygulanmış bir AG çalışması bulunmamaktadır. Unity 3D gibi oyun geliştirme motorları ile AG içeriği hazırlamak teknik bilgi gerektirdiğinden Geogebra 3D'nin kullanımı diğer yazılımlara göre daha kolay olup GeoGebra 3D kullanarak ders için AG materyalleri hazırlanabilir.

İlkokul düzeyinde bulunan öğrencilerin matematiksel bilgi okuryazarlığı, sayma ve temel işlem, akıl yürütme gibi becerilerini geliştirmek amacıyla AG çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır. Benzer şekilde matematik eğitiminde AG'nin kullanımıyla ilgili literatürde okul öncesi ve lise örneklem grubu üzerinde yapılan nitel çalışmalara rastlanmadığı için bu örneklem grupları üzerinde çalışılmak için uygun potansiyele sahiptir. Üstün yetenekli öğrenciler ve özel eğitimdeki öğrencilerin ihtiyaçlarına yönelik AG içerikleri oluşturularak bu öğrencilerin eğitimi AG ile desteklenebilir. İmalat, inşaat, teknik gibi alanlarda AG'nin yaygın kullanımından yola çıkarak mesleki eğitimde de AG'nin kullanımı potansiyel bir çalışma alanıdır.

AG'nin sorgulamaya dayalı öğrenme, oyun tabanlı öğrenme, işbirlikli öğrenme gibi yaklaşımlara katkı sağladığı literatürde vurgulanmıştır. Bu nedenle AG'nin pedagojik yaklaşımları desteklediğine yönelik güncel çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

AG teknolojisinin eğitim alanında kullanımının yaygınlaştığı söylene de, bu yaygın kullanım yalnızca eğitim araştırmacılarını içermemelidir. Eğitim araştırmaları dışında AG'nin öğretmenler tarafından eğitim ortamlarında kullanımının artması için öğretmenlere AG'nin eğitim ortamlarındaki potansiyelleri hakkında hizmet içi eğitimler düzenlenebilir. Öğretmenlerin AG'yi derslerinde aktif bir şekilde kullanabileceği kılavuz kitaplar, tanıtıcı içerikler hazırlanabilir. AG'nin eğitimde kullanımı, AG'nin tanıtımı hakkında öğretmen ve öğrencilerin katılabilecekleri TÜBİTAK projeleri yazılabilir, bilim şenlikleri düzenlenebilir.

Literatüre bakıldığında matematik eğitiminde AG kullanımına yönelik yapılan çalışmalar geometri alanında yoğunlaşmıştır, matematiğin diğer alanlarını kapsayan güncel çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada matematikte birçok konuya yönelik AG içeriğinin üretilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç ışığında matematiğin farklı konularında nitel desenli, tasarım tabanlı AG çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKÇA

* ile işaretlenmiş kaynaklar meta-sentez için kullanılmıştır.

Abdusselam, M. S., & Karal, H. (2020). The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(4), 407-424.

Abdüsselam, M. S., & Karal, H. (2012). Fizik öğretiminde artırılmış gerçeklik ortamlarının öğrenci akademik başarısı üzerine etkisi: 11. Sınıf manyetizma konusu örneği. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 170-181.

Akkuş, İ., & Özhan, U. (2017). Matematik ve geometri eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları. *İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(8), 19-33.

*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.

Altıpulluk, H. (2018). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies*, 1-26.

Apple. (2021). Erişim tarihi: 22 Haziran 2021. <https://www.apple.com/tr/augmented-reality/> adresinden erişilmiştir.

*Arıcan, M., & Özçakır, B. (2021). Facilitating the development of Preservice teachers 'proportional reasoning in geometric similarity problems using augmented reality activities. *Education and Information Technologies*, 26(2), 2327-2353.

Artırılmış gerçeklik uygulama ve araştırma merkezi. (2021). Erişim tarihi: 30 Haziran 2021. <https://artirilmis.giresun.edu.tr/tr/announcement-detail/tubitak-4007-bilim-senligi-tamamlandi/93> adresinden erişilmiştir.

Aspfors, J., ve Fransson, G. (2015). Research on mentor education for mentors of newly qualified teachers: A qualitative meta-synthesis. *Teaching and Teacher Education*, 48, 75-86.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*, 21(6), 34-47.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Bacca Acosta, J. L., Baldiris Navarro, S. M., Fabregat Gesa, R., & Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology and Society*, 2014, vol. 17(4), 133-149.

*Barraza Castillo, R. I., Cruz Sánchez, V. G., & Vergara Villegas, O. O. (2015). A pilot study on the use of mobile augmented reality for interactive experimentation in quadratic equations. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, 1-13.

Billinghurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New horizons for learning*, 12(5), 1-5.

Bondas, T., & Hall, E. O. (2007). Challenges in approaching metasythesis research. *Qualitative health research*, 17(1), 113-121.

Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.

*Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544.

Bütün, M., Budak, V. Ö., Selçuk, M., Emre, İ. E., & Şimşek, İ. (2019). Eğitimde sanal gerçeklik uygulamalarında erişilebilirlik ve uyumluluk. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(1), 251-275.

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.

Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceeding of the Hawaii international conference on system sciences*, 659-669.

Chang, Y. J., Chen, C. H., Huang, W. T., & Huang, W. S. (2011). Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of English learning using augmented reality. *IEEE içinde. 2011 IEEE Uluslararası Multimedya ve Expo Konferansı, İspanya*, 1-6.

Chen, C. H., Chou, Y. Y., & Huang, C. Y. (2016). An augmented-reality-based concept map to support mobile learning for science. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 25(4), 567-578.

Chen, C. M., & Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and technology*, 22(4), 449-462.

*Coimbra, M. T., Cardoso, T., & Mateus, A. (2015). Augmented reality: an enhancer for higher education students in math's learning?. *Procedia Computer Science*, 67, 332-339.

Crăciun, D., & Bunoiu, M. (2017). Boosting physics education through mobile augmented reality. In *AIP Conference Proceedings 1916*(1), 050003.

Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557–569.

Dey, A., Billingham, M., Lindeman, R. W., & Swan II, J. E. (2016). A systematic review of usability studies in augmented reality between 2005 and 2014. *IEEE içerisinde. 2016 IEEE international symposium on mixed and augmented reality*, 49-50.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22.

Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. 7. ACM SIGCHI bilgisayar-insan etkileşimi konulu tasarım merkezli uluslararası konferansı, Yeni Zelanda, 125–132.

Feiner, S., MacIntyre, B., & Höllerer, T. (1999). Wearing it out: First steps toward mobile augmented reality systems. *ISMIR'99* içinde. 1. Uluslararası Karma Gerçeklik Sempozyumu, ABD, 74-81.

*Fernández-Enríquez, R., & Delgado-Martín, L. (2020). Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. *Applied Sciences*, 10(7), 2560.

GeoGebra AR. (2021). İnternet erişim tarihi: 08 Temmuz 2021. <https://apps.apple.com/tr/app/geogebra-augmented-reality/id1276964610?l=tr> adresinden erişilmiştir.

GeoGebra 3D Hesap Makinesi. (2021). İnternet erişim tarihi: 08 Temmuz 2021. <https://apps.apple.com/tr/app/geogebra-3d-hesap-makinesi/id1445871976?l=tr> adresinden erişilmiştir.

*González, N. A. A. (2015). How to include augmented reality in descriptive geometry teaching. *Procedia Computer Science*, 75, 250-256.

Gün, E. T., & Atasoy, B. (2017). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 42(191).

Höllerer, T., & Feiner, S. (2004). Mobile augmented reality. *Telegeoinformatics: Location-based computing and services*, 21.

Ibáñez, M. B., Di Serio, A., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.

*Işık, D. (2019). *Özel öğrenme güçlüğü olan öğrencilerin eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojisiyle zenginleştirilmiş içeriklerin kullanımı* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara (No:591611)

*İbili, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi* (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Ankara (No: 349085)

İbili, E., & Şahin, S. (2013). Artırılmış gerçeklik ile interaktif 3d geometri kitabı yazılımın tasarımı ve geliştirilmesi: ARGE3D. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), 1-8.

İçten, T. ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 401-415.

Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). *The Horizon Report: 2010 Australia-New Zealand Edition*. New Media Consortium. 6101 West Courtyard Drive Building One Suite 100, Austin, TX 78730.

Kaufmann, H., Schmalstieg, D., & Wagner, M. (2000). Construct3D: a virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and information technologies*, 5(4), 263-276.

*Kellems, R. O., Cacciatore, G., & Osborne, K. (2019). Using an augmented reality-based teaching strategy to teach mathematics to secondary students with disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 42(4), 253-258.

*Kellems, R. O., Eichelberger, C., Cacciatore, G., Jensen, M., Frazier, B., Simons, K., & Zaru, M. (2020). Using video-based instruction via augmented reality to teach mathematics to middle school students with learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 53(4), 277-291.

Korucu, A. T., Gençtürk, T., & Sezer, C. (2016). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenci başarı ve tutumlarına etkisi. 18. Akademik Bilişim Konferansı, Aydın.

*Kramarenko, T. H., Pylypenko, O. S., & Zaselskyi, V. (2019). Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *Educational dimension*, 1(53), 199-218.

Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011). Tasarım tabanlı araştırma ve öğrenme ortamlarının tasarımı ve geliştirilmesinde kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 1(1), 19-35.

*Laine, T. H., Nygren, E., Dirin, A., & Suk, H. J. (2016). Science Spots AR: a platform for science learning games with augmented reality. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 507-531.

*Lin, H. C. K., Chen, M. C., & Chang, C. K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810.

Mahadzir, N. N., & Phung, L. F. (2013). The use of augmented reality pop-up book to increase motivation in English language learning for national primary school. *Journal of Research & Method in Education*, 1(1), 26-38.

Martin, B. S. (2018). Virtual reality. Chicago, Illinoid: Norwood House Press.

*Martin-Gonzalez, A., Chi-Poot, A., & Uc-Cetina, V. (2016). Usability evaluation of an augmented reality system for teaching Euclidean vectors. *Innovations in education and teaching International*, 53(6), 627-636.

*Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91.

Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906.

McMahon, D. D., Cihak, D. F., Wright, R. E., & Bell, S. M. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(1), 38-56.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018a). Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul matematik dersi 1 - 8. sınıflar). Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018b). Ortaöğretim matematik dersi (9 - 12. sınıflar) öğretim programı. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.

*Mikulowski, D., & Brzostek-Pawłowska, J. (2020, June). Multi-sensual Augmented Reality in Interactive Accessible Math Tutoring System for Flipped Classroom. *Springer, Cham* içerisinde. Uluslararası Akıllı Ders Sistemleri Konferansı, 1-10.

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis: An expanded sourcebook. sage.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.

Motsinger, S. K. (2020). Complete anatomy. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 108(1), 155.

Niantic, (2016). Products. Erişim tarihi: 21 Haziran 2021. <https://nianticlabs.com/en/products/> adresinden erişilmiştir.

Noblit, G. W., ve Hare, R. D. (1988). Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies (Vol. 11). Newbury Park: Sage.

Özdemir, M., Şahin, C., Arçagök, S., & Demir, M. K. (2018). The Effect of Augmented Reality Applications in the Learning Process: A Meta-Analysis Study. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 74, 165-186.

Ohshima, T., Satoh, K., Yamamoto, H., & Tamura, H. (1998). AR/sup 2/Hockey: A case study of collaborative augmented reality. *IEEE içerisinde*. IEEE 1998 Yıllık Sanal Gerçeklik Uluslararası Sempozyumu, 268-275.

Önal, N. (2017). Artırılmış Gerçeklik Eğitim Uygulamaları İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Akademik Motivasyonlarını Etkiler mi?. *Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches*, 6(5).

*Özçakır, B. (2017). *Fostering spatial abilities of seventh graders through augmented reality environment in mathematics education: A design study* (Doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Ankara (No: 481581)

*Özçakır, B., & Aydın, B. (2019). Artırılmış gerçeklik deneyimlerinin matematik öğretmen adaylarının teknoloji entegrasyonu öz-yeterlik algılarına etkisi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(2), 314-335.

Özdemir, M. (2017). Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmeye yönelik deneysel çalışmalar: Sistematik bir inceleme. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(2), 609-632.

Paterson, B. L., ve Canam, C. (2001). Meta-study of qualitative health research: A practical guide to meta- analysis and meta-synthesis (Vol. 3). Sage.

Piaget, J. (1964). Cognitive development in children: Piaget. *Journal of research in science teaching*, 2(3), 176-186.

Polat, S., & Ay, O. (2016). Meta-sentez: Kavramsal bir çözümleme. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 52-64.

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.

Rasimah, C. M. Y., Ahmad, A., & Zaman, H. B. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(8).

*Quintero, E., Salinas, P., González-Mendivil, E., & Ramírez, H. (2015). Augmented Reality app for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization. *Procedia Computer Science*, 75, 301-305.

Saidin, N. F., Halim, N. D. A., & Yahaya, N. (2015). A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications. *International education studies*, 8(13), 1-8.

*Salinas, P., González-Mendivil, E., Quintero, E., Ríos, H., Ramírez, H., & Morales, S. (2013). The development of a didactic prototype for the learning of mathematics through augmented reality. *Procedia Computer Science*, 25, 62-70.

*Salinas, P., & Pulido, R. (2016). Understanding the conics through augmented reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 341-354.

Sandelowski, M. ve Barroso, J. (2006). Handbook for synthesizing qualitative research. Springer Publishing Company.

Sandelowski, M., Barroso, J., & Voils, C. I. (2007). Using qualitative metasummary to synthesize qualitative and quantitative descriptive findings. *Research in nursing & health*, 30(1), 99-111.

Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2014). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(1), 38-56.

Shelton, B. E. & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. *Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop* içinde (s. 8). IEEE. doi:10.1109/ART.2002.1106948

Sirakaya, M., & Sirakaya, D. A. (2018). Trends in educational augmented reality studies: A systematic review. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 60-74.

*Sollervall, H. (2012). Collaborative mathematical inquiry with augmented reality. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning*, 7(3).

Somyürek, S. (2014). Öğretim sürecinde z kuşağının dikkatini çekme: artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4(1), 63-80.

Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I* (pp. 757-764).

Sutherland, P. A. (1992). Cognitive development today: Piaget and his critics. SAGE.

Sünger, İ. (2019). *Artırılmış gerçeklik kavramı üzerine içerik analizi çalışması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: Balıkesir (No: 613671)

Tekedere, H. ve Göker, H. (2016). Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: A meta-analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9469-9481.

Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., Morris, M., & Piekarski, W. (2000, October). ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application. In *Digest of Papers. Fourth International Symposium on Wearable Computers* (pp. 139-146). IEEE.

Thomas, J., & Harden, A. (2008). Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews. *BMC medical research methodology*, 8(1), 1-10.

*Topraklıkoğlu, K. (2018). Üç boyutlu modellemenin kullanıldığı artırılmış gerçeklik etkinlikleri ile geometri öğretimi (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.: Balıkesir (No: 529702)

Tübitak. (2021). Erişim tarihi: 30 Haziran 2021. <https://2237.tubitak.gov.tr/ey1.html> adresinden erişilmiştir.

Uluyol, Ç. & Eryılmaz, S. (2014). Examining pre-service teachers 'opinions regarding to augmented reality learning. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty*, 34(3), 403-413.

Usta, E., Korucu, A. T. ve Yavuzaslan, İ. F. (2016). Eğitimde artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı: 2007-2016 döneminde Türkiye’de yapılan araştırmaların içerik analizi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 84-95.

Uygur, M., Yelken, T. Y., & Akay, C. (2018). Analyzing the Views of Pre-Service Teachers on the Use of Augmented Reality Applications in Education. *European Journal of Educational Research*, 7(4), 849-860

Vince, J. (2004). *Introduction to virtual reality*. Springer Science & Business Media.

Web 2.0 araçları. (2021). Erişim tarihi: 30 Haziran 2021. <https://rize.meb.gov.tr/www/ogretmenlerimiz-icin-web-20-araclari-rehberi-hazirlandi/icerik/2966> adresinden erişilmiştir.

Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners 'attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570–585.

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & education*, 62, 41-49.

Yetişir, H. (2019). *Mobil cihazlarla artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı, tutum ve kalıcılığına etkisi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü: Niğde (No:577283)

Yıldızlı, H., Erdol, T. A., Baştuğ, M., & Bayram, K. (2018). Türkiye’de öğretmen kavramı üzerine yapılan metafor araştırmalarına yönelik bir meta-sentez çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 43(193).

Yılmaz, Z. A., & Batdı, V. (2016). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimle bütünleştirilmesinin meta-analitik ve tematik karşılaştırmalı analizi. *Eğitim ve bilim*, 41(188).

Yılmaz, R. M., & Göktaş, Y. (2018). Using Augmented Reality Technology in Education a. *Çukurova University. Faculty of Education Journal*, 47(2), 510-537.

Yılmaz, Z. A. & Batdı, V., (2016). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Eğitimle Bütünleştirilmesinin Meta-Analitik ve Tematik Karşılaştırmalı Analizi, *Eğitim ve Bilim*, 41(188),

Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.

Zainuddin, N. M. M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2010). Developing augmented reality book for deaf in science: the determining factors. *IEEE içerisinde*. 2010 Uluslararası Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 1, 1-4.

Meta-senteze Dahil Edilen Çalışmalara Ait Kod Listesi

Tablo 15

Meta-senteze dahil edilen çalışmaların listesi

Araştırma Kodu	Çalışma
A1	Altıok (2020)
A2	Arıcan ve Özçakır (2021)
A3	Bujak vd. (2013)
A4	Barraza Castillo, Cruz Sánchez ve Vergara Villegas (2015)
A5	Coimbra, Cardoso ve Mateus (2015)
A6	Fernández-Enríquez ve Delgado-Martín (2020)
A7	González (2015)
A8	Işık (2019)
A9	İbili (2013)
A10	Kellems, Cacciatore ve Osborne (2019)
A11	Kellems vd (2020)
A12	Kramarenko, Pylypenko ve Zaselskyi (2019)
A13	Laine, Nygren, Dirin ve Suk (2016)
A14	Lin, Chen ve Chang (2015)
A15	Martin-Gonzalez, Chi-Poot ve Uc-Cetina (2016)
A16	Martín-Gutiérrez vd. (2010)
A17	Mikułowski ve Brzostek-Pawłowska (2020)

A18	Özçakır (2017)
A19	Özçakır ve Aydın (2019)
A20	Quintero, Salinas, González-Mendivil ve Ramírez (2015).
A21	Salinas vd. (2013)
A22	Salinas ve Pulido (2016)
A23	Sollervall (2012)
A24	Topraklıkoğlu (2018)

EKLER

EK 1.

ÖĞRENCİNİN AKADEMİK ÖZGEÇMİŞİ

Kişisel Bilgiler			
Adı ve Soyadı	Elif KORKMAZ		
E-postası/Web Sayfası			
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Uzmanlık Alanı			
Öğrenim Bilgileri			
	Üniversite	Bölüm	Yıl
Lisans	Akdeniz Üniversitesi	İlköğretim Matematik Öğretmenliği	2012-2016
Tez Başlığı	Artırılmış Gerçekliğin Matematik Eğitiminde Kullanımı: Bir Meta-sentez Çalışması		
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Hasibe Sevgi MORALI		
Akademik Eserler			
(Makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, poster, sergi, konser vb. eserlerden kaynakça yazım kurallarına göre en fazla 10 eser yazılmalıdır.) Tezden üretilen yayınlar * ile işaretlenmelidir.			
Alanıyla İlgili Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler			
Alanıyla İlgili Aldığı Ödüller			

