



Research Article/Araştırma Makalesi

# Investigation of the Impact of the Use of Augmented Reality Applications in Education on Achievement: A Meta-Analysis of the Studies Conducted between 2010-2020

Nesrin ÜRÜN ARICI \*<sup>1</sup>  Emre YILDIZ <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Atatürk University, Kazım Karabekir Education Faculty, Erzurum, Turkey, [nurunarici@gmail.com](mailto:nurunarici@gmail.com)

<sup>2</sup> Atatürk University, Kazım Karabekir Education Faculty, Erzurum, Turkey, [emre.yildiz@atauni.edu.tr](mailto:emre.yildiz@atauni.edu.tr)


\* Corresponding Author: [nurunarici@gmail.com](mailto:nurunarici@gmail.com)

## Article Info

Received: 23 January 2023

Accepted: 27 April 2023

**Keywords:** Academic achievement, augmented reality, meta-analysis

 10.18009/jcer.1241110

**Publication Language:** Turkish

## Abstract

The aim of this study is to compare the effectiveness of augmented reality in the field of education and to reveal its general effect by bringing to gather experimental studies examining the effectiveness of augmented reality applications made between 2010 and 2020 on learning achievement, using the meta-analysis method. Inclusion criteria were determined for data collection, 28 studies were included in the study. In this study, the effect sizes and variances of each study included in the meta-analysis, the combined effect sizes of the groups and the comparisons of the groups were made with the comprehensive meta-analysis statistical program. According to the findings, it can be said that augmented reality is more effective in increasing academic achievement than traditional applications. It revealed that applications are mostly used in the field of science education.



**To cite this article:** Ürün-Arıcı, N., & Yıldız, E. (2023). Artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimde kullanımının başarı üzerindeki etkisinin incelenmesi: 2010-2020 yılları arasında yapılan çalışmaların meta-analizi. *Journal of Computer and Education Research*, 11(22),405-428 <https://doi.org/10.18009/jcer.1241110>

## Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Eğitimde Kullanımının Başarı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi: 2010-2020 Yılları arasında Yapılan Çalışmaların Meta-Analizi

### Makale Bilgisi

Geliş: 23 Ocak 2023

Kabul: 27 Nisan 2023

**Anahtar kelimeler:** Akademik başarı, artırılmış gerçeklik, meta-analiz

 10.18009/jcer.1241110



**Yayın Dili:** Türkçe

### Öz

Bu araştırmanın amacı, eğitimde kullanılan artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin başarıları üzerindeki etkililiğine yönelik yapılan birbirinden farklı çalışmaların sonuçlarının bir araya getirilmesidir. Verilerin toplanması için çalışmaya dâhil edilme ölçütleri belirlenerek 28 çalışma araştırmaya dâhil edilmiştir. Bu araştırmada meta-analize alınan her çalışmaya ait etki büyüklükleri ve varyansları, grupların birleştirilmiş etki büyüklükleri ve grupların karşılaştırılmaları comprehensive meta-analysis istatistik programı ile yapılmıştır. Bulgulara göre, artırılmış gerçekliğin, akademik başarıyı artırmada geleneksel uygulamalara göre daha etkili olduğu söylenebilir. Etki büyüklüğünün en büyük olduğu ülkenin Türkiye, alanın ise fen eğitimi ve örneklem düzeyinin okul öncesi olduğu tespit edilmiştir.

## Summary

# Investigation of the Impact of the Use of Augmented Reality Applications in Education on Achievement: A Meta-Analysis of the Studies Conducted between 2010-2020

Nesrin ÜRÜN ARICI \*<sup>1</sup>  Emre YILDIZ <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Atatürk University, Kazım Karabekir Education Faculty, Erzurum, Türkiye [nurunarici@gmail.com](mailto:nurunarici@gmail.com)

<sup>2</sup> Atatürk University, Kazım Karabekir Education Faculty, Erzurum, Türkiye [emre.yildiz@atauni.edu.tr](mailto:emre.yildiz@atauni.edu.tr)

\* Corresponding Author: [nurunarici@gmail.com](mailto:nurunarici@gmail.com)

## Introduction

Today, the number of scientific studies in the field of education is increasing rapidly. One of these increasing topics is the use of augmented reality (AR) technology in education. It can be able to come across a large number of independent studies on the use of AR technology in education, which has reached different results. However, because of the increasing number of these researches, it may be difficult to reach the aims of these researches to audiences. Therefore, studies related to AR technology used in different educational fields can guide future studies by bringing together, organizing, examining, taking into account the results, passing through an analysis process, and interpreting them. An integrated analysis of various empirical studies can provide a theoretical foundation and guidance to current and future educational initiatives interested in using the educational benefits of AR (Radu, 2014). Moreover, the effect of AR applications on teaching can be interpreted with the value of the effect sizes obtained as the result of the study. This meta-analysis takes it one step further by integrating the findings across studies with different research designs (Garzon & Acevedo, 2019). When the results are combined, the effect sizes of the results from these studies are determined new aims for future researchers will be provided. In summary, meta-analyses are more objective because many studies are pooled. In this context, it can be argued that the effect of AR applications on students' academic achievement depends on different education levels, fields of education, and the frequency of use in countries. Hence, determining the effect size may be important. Within the framework of this literature review, no studies were found in which the distribution of AR applications

used in education by countries, the field of education, sample type, the coverage of the years 2010-2020, and the comparison of the effect sizes of the studies was made together. In this respect, it can contribute to the literature. This study aimed to examine the effect of educational AR technology on academic achievement. To achieve this goal, this technology; to countries; in the field of education; was reached by revealing the findings on the efficiency of use according to the sample type with the meta-analysis method and measuring the effectiveness of these applications.

### **Method**

In this study, the meta-analysis method was used to determine the effect size of AR on academic achievement and to determine the effect of this technology on the efficiency of use according to countries, the field of education, and sample type. During the review process; article selection with the necessary variables (t, sd, mean), data extraction (content analysis method was applied), data synthesis, and data coding stages were carried out. To determine the studies to be included in the meta-analysis, it was carried out by compiling the articles published in international journals. Searches were made in Web of Science and SAGE databases. The research was limited to the years 2010-2020. Journal articles containing the key concepts of "augmented reality", "educational research", "academic achievement", and "quasi-experimental study" were examined. The education area in which augmented reality technology is used in the coding process, the country where it is made, and the sample type was analyzed. In this study, the effect sizes and variances of each study included in the meta-analysis, the combined effect sizes of the groups, and the comparisons of the groups were made with the comprehensive meta-analysis (CMA) statistical program.

### **Results**

Results of this study, the homogeneity value was examined and the Q value was found to be 250.698. According to Thalheimer and Cook's (2002) classification, the effect sizes of studies conducted in Germany are small and positive, those in America are very large and positive, China is medium and positive, and Taiwan; it can be stated that it is broad and positive, and the studies carried out in Turkey are excellent and positive. Moreover, nature has a large and positive effect size in mathematics and geometry education, a very large and positive effect size in science education, and a medium and positive effect size in physics education. It indicates a large and positive effect size in the field of mathematics and

geometry education, a very large and positive effect size in science education, and a medium level and positive effect size in physics education. There is a very large and positive effect size at preschool, primary school, high school and undergraduate level, and a large and positive effect size at secondary school level.

### **Discussion and Conclusion**

As a result of the findings, it can be said that AR applications are more effective in increasing academic achievement than traditional applications. Studies show that students can interact with concepts in a meaningful way thanks to AR applications (Chiang, Yang & Hwang, 2014). It was determined that AR applications are most commonly used in Taiwan, but the country with the largest effect size is Turkey. The fact that AR applications in Turkey are a new user in education, attracting the attention and interest of individuals, arousing curiosity in individuals, and increasing their motivation and desire to learn may have increased the success. It was determined that AR applications are mostly used in the field of science education and the effect size in this field is the highest. These applications support learners' ability to interact with three-dimensional images, make the learned information more permanent, transform concepts from abstract to concrete, visualize abstract concepts in their minds, and make learning fun (Chang & Hwang, 2018; Khan, Johnston & Ophoff, 2019). Although AR applications are mostly used at the secondary school level, the effect size of AR applications at the pre-school level is the highest (Hedges's= 1.413).

It was determined that AR applications are more studied and more effective in the fields of Nature, Science, Physics, Geometry, and Mathematics education. It can be suggested that researchers use AR applications in their educational studies by integrating them with different education methods. Researchers could continue to conduct further studies to demonstrate the effectiveness of incorporating AR systems into teaching-learning processes.

## Giriş

Dijital teknolojilerdeki hızlı ilerleme, iletişim ve bilgi akışındaki değişiklikler nedeniyle, yirmi birinci yüzyıl bir dönüşüm ve reform dönemi olarak algılanmaktadır (Barak, 2017). Buna paralel olarak eğitim teknolojileri günümüz dünyasında büyük bir hızla gelişmektedir. Eğitim teknolojilerindeki gelişim de öğrencileri, öğretmenleri, öğrenme ortamlarını ve öğrenme süreçlerini etkilemektedir. Buna bağlı olarak eğitim ve bilişim teknolojilerinin entegrasyonu, farklı niteliklerde çalışmaların ortaya çıkmasına, öğrenme kaynaklarının artmasına, farklılaşmasına ve öğretim yaklaşımlarının ortaya çıkmasına yol açmıştır (Tekedere & Göke, 2016). Eğitimde teknoloji, öğrencilerin aktif olarak öğrenmesini etkileyip, onları öğrenmeye motive ederek, etkili bir öğrenme sürecine yol açabilir (Saidin & Halim, 2015). Son 25 yılda, bilgi ve iletişim teknolojileri, bilim öğretimi ve öğrenimi üzerinde karmaşık ama sonuçta avantajlı bir etkiye sahip olmuş (Linn, 2003), eğitimde kullanılması dünyada giderek yaygınlaşmıştır (Bozkuş & Karacabey, 2019). Bu durumun yaygınlaşmasıyla birlikte teknolojik ilerlemeler iki genel eğilimi yansıtmaktadır. İlk olarak, tasarımcılar araçları belirli disiplinlere uyarlayarak kullanıcılara konuya özgü özellikler sunmaktadır. Örneğin, teknolojik araçları geliştiriciler; moleküller, kristaller, toprak yapıları veya kimyasal reaksiyonları görselleştirme araçlarını hedeflemektedir (Linn, 2003). İkincisi, yeni teknolojiler, genellikle bireylerin modelleme araçlarını, internet portallarını veya tartışma panosunu kişiselleştirmelerini sağlamaktadır (Hennessy ve diğ., 2007). Araştırmacılar, 3D sanal ortamlarının, öğrenmeyi daha esnek hale getirecek ve öğrencilere benzersiz bir öğrenme deneyimi sağlayacak öğrenci merkezli koşullar sağlayarak yapılandırmacı öğrenmeyi kolaylaştırabileceğini savunmuştur (Papanastasiou, Drigas, Skianis, Lytras & Papanastasiou, 2019). Bu yapılandırmacı yaklaşımın hâkim olduğu ortamlarda, son yıllarda bilişim teknolojileri alanında en çok dikkat çeken çalışmalardan birisi de Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisi olmuştur (Arslan & Elibol, 2015).

### *Eğitimde Artırılmış Gerçeklik*

AG, bir dijital öğrenme şekli olup, genellikle gerçek dünyanın belirli yerlere bağlı olan bilgisayar, akıllı telefonlar veya tabletler gibi taşınabilir aygıtlar aracılığıyla geliştirildiği bir deneyim şeklidir (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner & Julier, 2001; Radu, 2014). AG, kullanıcının sanal nesnelere gerçek dünyayı aynı anda, aynı ortamda birleştirerek ve uyum

içerisinde görmesini sağlamaktadır (Azuma ve diğ., 1997). Yani bilgisayar tarafından üretilen verilerin gerçek dünyaya bindirildiği araştırma alanıdır. Temel olarak, sanal nesnelere gerçek bir ortamda yer almaktadır (Yu, Jin, Luo, Lai & Huang, 2009). AG, eğitim ve öğretimin yerini ve zamanlamasını önemli ölçüde değiştiren bir teknolojidir (Lee, 2012). Ayrıca AG, dijital bilgi okuryazarlığını, yaratıcı düşüncüyü, iletişimi, işbirliğini ve problem çözme yeteneğini geliştirerek, sadece bilgi almak yerine gerekli bilgileri dönüştürmek için gerekli olan yirminci yüzyıl becerilerini oluşturabildiği şeklinde ifade edilmiştir (Papanastasiou ve diğ., 2019). AG ile ilgili kimya, fizik, coğrafya, astronomi, sosyal bilgiler, fen eğitiminde öğrencilerin başarısına, problem çözme becerilerine, tutumuna ve motivasyonları üzerine etkisini artıran çalışmalar tespit edilmiştir (Cai & Chiang, 2014; Chang & Hwang, 2018). AG uygulanmasına olan ilgi giderek artmaktadır. Eğitim alanında bu artan ilgiyi derleme çalışmalarında görmek mümkündür. Literatürde AG'nin eğitimde kullanımıyla ilgili birçok sistematik ve meta analizle ilgili çalışmalar yer almaktadır. Örneğin, Bacca ve diğ., (2014), eğitimde AG'nin kullanımı ile ilgili 2003-2013 yılları arasındaki çalışmaların sistematik bir incelemesini yapmış olup, çalışma sonucunda AG marker tabanlı olarak çoğunlukla yükseköğretimde kullanılıp ilgi çekici, motive edici olduğu sonucuna varmışlardır. Garzon ve diğ., (2019) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, AG'nin eğitimde kullanımı ile ilgili olarak 2012-2018 yılları arasındaki çalışmaların sistematik bir incelemesini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda AG'nin öğrencilerin öğrenmeleri üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu, en çok lisans seviyesindeki öğrencilerin kullandığı ve 2010 yılından itibaren önemli olmaya başladığını tespit etmişlerdir. Yine İçten ve Güngör (2017) akademik düzeydeki (AG) çalışmalarının sahip olduğu yazılımsal ve donanımsal özellikleri ve eğilimlerinin tespit etmek için 2010-2016 yılları arasındaki çalışmaların incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, AG'nin en çok 2010 ve 2011 yılında yapıldığı, en fazla video tabanlı sistemlerin tercih edildiğini ortaya koymuşlardır. Tekedere ve Göke (2016) AG'nin eğitimde kullanımına yönelik yapılan 2005-2015 yılları arasındaki çalışmaların incelemişlerdir. AG'nin sosyal bilgiler derslerinde kullanımının sınırlı olduğu ve engelli eğitiminde kullanımına ilişkin de çok az çalışma olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde, AG farklı sınıflarda uygulanması sonucu; akademik başarı, tutum, problem çözme becerileri vb. karşılaştırılmalı çalışmaların yapıldığını ortaya koymuşlardır. Özdemir (2017), AG destekli olmayan diğer farklı öğrenme ortamları ile karşılaştıran ve AG'nin öğrenme ortamlarında kullanımına yönelik 2011-2016

yılları arasındaki çalışmaları ele almışlardır. Çalışma sonucunda, AG'nin doğa bilimleri, matematik ve istatistik eğitim-öğretim alanında ve en çok ortaöğretim seviyelerindeki katılımcılarla gerçekleştirildiğini tespit etmişlerdir. Özdemir vd. (2018) AG'nin öğrenme süreci üzerindeki etkililiğine yönelik 2007-2017 yılları arasındaki çalışmaların incelemişlerdir. İnceleme sonucunda, AG uygulamalarının geleneksel yöntemlere göre öğrencilerin öğrenme sürecinde akademik başarısını artırdığını ortaya koymuşlardır. Batdı & Talan (2019) ise AG'nin başarı ve eğitim seviyesine etkilerinin incelenmesine yönelik 2013-2019 yılları arasındaki çalışmaları derlemişlerdir. Sonuç olarak daha çok ortaöğretim ve üniversite düzeyinde AG'nin kullanıldığını tespit etmişlerdir. Avcı vd. (2019) AG'nin öğrenme başarısı üzerindeki etkilerinin nasıl olduğunu ortaya koymak amacıyla 2010-2016 yılları arasındaki çalışmaları incelemişlerdir. AG uygulamalarının deney grubu adına öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Dahası, Saidin vd. (2015) AG uygulamalarının başarı üzerindeki etkilerinin araştırılması için sadece 2007 yılında yapılmış çalışmaları ele almışlardır. Genel olarak AG'nin olumlu bir potansiyeli ve eğitime uyarlanabilecek avantajları olduğu ortaya konulmuştur. Baragash vd. (2020) AG özel ihtiyaçları olan bireylerin öğrenme ve beceri kazanımını geliştirmedeki etkinliğini araştırma üzere 2015-2018 yılları arasındaki çalışmaları derlemişlerdir. Çalışma sonucunda, AG'nin bireylerin bu becerileri öğrenmesini desteklemede önemli bir etkisini ortaya koymuşlardır. En büyük etki büyüklüğü öğrenme becerilerinde bulunurken, en düşük etki yaşama becerileri üzerinde bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Bu derleme çalışmaları genellikle AG uygulamasının, uygulama türü, değişken türleri, avantajları, dezavantajları, sınırlılıkları, amaçları, çalışılan örneklem türü, yayın yılları, yayınlandığı dergi türlerine göre incelenmiştir. Bunun yanında kullanılan AG çeşidi, AG'yi kullanan öğrenim kademesi ve öğrencilerin cihazla etkileşim şekli, AG'nin kullanıldığı eğitim alanı, kullanılan araştırma yöntemi, veri toplama türleri, ihtiyaç duyulan yazılımlar ve görüntüleme aygıtları, öğrenme ortamı gibi değişkenlerin öğrenme kazanımları üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Yani, AG'nin eğitimde kullanımına yönelik çalışmaların amaç ve sonuçları incelenmiştir. Birbirinden bağımsız olan bu çalışmaların yoğunlaştığı alanlar belirlenmiştir. Bu inceleme sonucunda, AG teknolojisinin en çok beşerî ve bilim alanlarında marker tabanlı olarak kullanıldığı, lisans düzeyinde uygulandığı tespit edilmiştir. Dahası, AG'nin daha çok ilgi çekici ve motive edici olduğu bulunmuştur.

Yukarda, incelenen derleme çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, AG'nin kullanıldığı eğitim alanı, örneklem türü, uygulandığı ülke ve öğrencilerin akademik başarılarını içeren yarı deneysel çalışmaların derlendiği bir meta analiz çalışmasına rastlanmamıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar arasında, AG teknolojisinin 2010 yılından itibaren önemli olmaya başladığı ortaya konulmuştur.

#### *Çalışmanın Gerekçesi*

Günümüzde her alanda olduğu gibi eğitim alanında da bilimsel çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Bu artan konular arasında AG teknolojisinin eğitimdeki kullanımı da yer almaktadır. AG teknolojisinin eğitimdeki kullanımı ile ilgili oldukça çok sayıda birbirinden bağımsız yapılmış ve birbirinden farklı sonuçlara ulaşılmış çalışmalara rastlamak mümkündür. Ancak, bu araştırmaların sayısının artmasıyla birlikte, tüm bu çalışmaların hedef kitlelere ulaşmasında güçlük yaşanabilmektedir. Bu nedenle farklı eğitim alanlarında kullanılan AG teknolojisi ile ilgili çalışmaların bir araya getirilmesi, düzenlenmesi, incelenmesi sonucunda elde edilen veriler tekrar bir analiz sürecinden geçirilmektedir. Bu sürecin sonunda, çalışmalarla ilgili yeni yorumlar yapılarak gelecek çalışmalara rehberlik edebilir. Çeşitli deneysel çalışmaların bir araya getirilip analiz edilmesi, AG'nin eğitsel faydalarından yararlanmakla ilgilenen eğitimcilere rehberliğin yanı sıra teorik bir temel sağlayabilir (Radu, 2014). Ayrıca araştırmada ele alınan AG teknolojisi, son yıllarda farklı eğitim alanlarında çok çalışılmış olması ve kullanımının da giderek artması açısından incelenmiştir. AG uygulamalarının öğrenme üzerindeki etkililiği, çalışmalar sonucunda elde edilen etki büyüklüklerinin değeri ile yorumlanabilmektedir. Bu meta-analiz çalışması, farklı araştırma tasarımlarına sahip çalışmalardan elde edilen bulguları birbirine entegre ederek, AG ile yapılan araştırmaları bir adım daha ileri götürebilir (Garzon & Acevedo, 2019). Dahası çalışmaların sonuçları bir araya getirilmesi ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçların etki büyüklüklerinin belirlenmesi, gelecekteki araştırmacılar için yeni hedefler sağlayabilir. Özetle, meta analiz çalışmaları nesnel olup, bu çalışmalarda birçok araştırma bir araya getirilir. Bu nedenle, araştırmaların genel sonuçlarının oluşturulmasında ortaya konulan analizin büyüklüğünden dolayı, elde edilen sonuç daha kesin olabilir. Bu çerçevede AG uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisinin, farklı eğitim düzeylerine, eğitim alanlarına, ülkelerin AG'yi kullanma sıklığına bağlı olduğu da söylenebilir. Bundan dolayı etki büyüklüğünün belirlenmesi önemli olabilir.



Bu literatür incelemesi, eğitimde kullanılan AG uygulamalarının ülkelere göre dağılımı, eğitim alanı, örneklem türü, 2010-2020 yıllarını kapsaması ve çalışmaların etki büyüklüklerinin karşılaştırılmasının bir arada yapılması yönüyle literatüre katkı sağlayabilir.

#### *Çalışmanın Amacı*

Bu çalışmanın amacı, eğitime yönelik AG uygulamasının, akademik başarı üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaca ulaşmak için bu uygulamanın, ülkelere, eğitim alanına ve örneklem türüne göre kullanımına ilişkin bulguları meta-analiz yöntemiyle ortaya koyup, bu uygulamaların etkililiğini ölçmektir.

AG uygulamalarının öğrenme sürecindeki etkisini belirlemek için 28 çalışma incelenmiş ve bu çalışma aşağıdaki araştırma sorularını yanıtlamayı amaçlamıştır:

2010-2020 yılları arasında eğitim alanında yapılan AG uygulamalarının;

1. Akademik başarı üzerindeki genel etki büyüklüğü ne düzeydedir?
2. Ülkelere göre akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğü ne düzeydedir?
3. Eğitim alanlarına göre akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğü ne düzeydedir?
4. Örneklem türlerine göre akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğü ne düzeydedir?

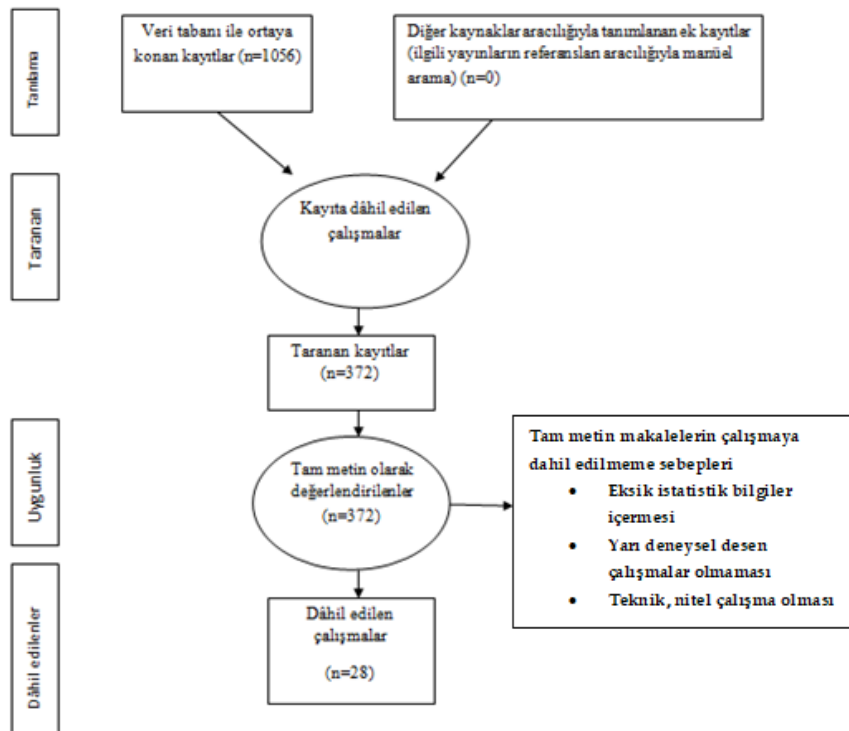
#### **Yöntem**

Araştırmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışmalarda aynı amaca hizmet etmeye çalışan farklı araştırmaların istatistik bulguları özel yöntemler kullanılarak bütünleştirilerek yorumlanır ve sonuçlara ulaşılır (Büyüköztürk, vd. 2017). Bu yöntemi uygulamak için her çalışmanın etki büyüklüğü, varyans ve etki büyüklüğü ağırlıklı ortalamaları hesaplanmalıdır (Dinçer, 2014). Etki büyüklüğü, iki grup arasındaki farkın boyutunu ölçmenin bir yoludur (Coe, 2002). Bu çalışmada etki büyüklüğü AG'nin eğitim üzerindeki etkisinin büyüklüğünün nicel bir yansımasıdır (Kelley & Preacher, 2012). Öğrencilerin öğrenme çıktıları "etki" olarak ifade edilebilir. Bu meta-analizin amacı, eğitime yönelik AG uygulamalarının gelecekteki gelişimine rehberlik etmek için öğrencilerin öğrenme çıktılarını nasıl etkilediğini belirlemektir. Bu doğrultuda, inceleme süreci şu aşamalardan geçirilmiştir.

Gerekli değişkenlere (t, ss, ortalama) sahip olan makale seçimi; Veri çıkarma (İçerik analizi yöntemi uygulanmıştır); Veri sentezi; Veri kodlama.

## Meta-analiz için Makale Seçimi

Çalışmaların meta-analizi, uluslararası dergilerde yayınlanan makalelerin derlemeleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu derlemenin literatür kaynağını konuyla ilgili Social Sciences Citation Index (SSCI), Science Citation Index (SCI), Emerging Sources Citation Index, tarafından taranan makaleler oluşturmaktadır. Taramalar Web of Science ve SAGE veri tabanlarında yapılmıştır. Araştırma 2010-2020 yılları arasında sınırlandırılmıştır. “Artırılmış gerçeklik”, “eğitim araştırmaları”, “akademik başarı”, “yarı deneysel çalışma” olarak anahtar kavramlarını içeren dergi makaleleri incelenmiştir. (Erişim tarihi: Aralık 2020). Yarı deneysel desen kullanılan çalışmalarda; AG, geleneksel yöntemlerle karşılaştırmıştır. İncelenen 28 makale aşağıdaki kriterlere göre çalışmaya dahil edilmiştir: SSCI, SCI indeksi olan dergilerde yayınlanması (b) eğitim amaçlı kullanılan AG teknolojisi olması (c) gerekli (t, ss, ortalama) istatistik verilere sahip olması (d) yayın tarihi 2010-2020 arasında olması ve ön test- son-test kontrol gruplu olmasıdır. Ancak 38 deneysel çalışmanın 10 tanesi etki büyüklüğü hesaplamaya yönelik tüm istatistiksel veriler taşımadığı için dahil edilmemiştir. Bunun yanı sıra, çalışmaların 16’sına ulaşamadığı, 318 tanesi ise yarı deneysel desen dışında çalışmalar olup, teknik, nitel ve tarama makaleler olduğu için bu araştırmaya dahil edilmemiştir. Meta analiz için makale seçimi aşağıdaki aşamalar takip edilerek çalışılmıştır.



Şekil 1. Araştırmanın süreci

## Veri Kodlama ve Analizi

Kodlama süreci, AG'nin kullanıldığı eğitim alanı, yapıldığı ülke, incelendiği örneklem türüne göre gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada meta-analize alınan her çalışmaya ait etki büyüklükleri ve varyansları, grupların birleştirilmiş etki büyüklükleri ve grupların karşılaştırılmaları comprehensive meta-analysis (CMA) istatistik programı ile yapılmıştır. Meta-analize dahil edilen araştırmaların homojenliği Q istatistiği ile incelenmiştir (Borenstein, Hedges, Higgins & Rothstein 2009; Hedges & Olkin, 1986). Q değerinin ki-kare dağılımının kritik değeri aşmadığı durumlarda etki büyüklüğüne ait homojenlik rastgele etki modelinde, kritik değeri aştığı durumlarda etki büyüklüğüne ait homojenlik sabit etki modelinde kabul edilmiştir (Lipsey & Wilson, 2001). Meta-analiz çalışmasına dahil edilen çalışmaların birleştirilmesinin istatistiksel olarak uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla güven aralıkları incelenmiştir (Cumming & Finch, 2005). Etki büyüklüklerinin gösteriminde kareler kullanılmıştır. Kareler çizgi diyagramına göre daha dikkat çekici olmakta, önemli bir işareti simgelemekte, farklı çalışmaların etkilerinin daha çabuk ve kolay görünmesini sağlamaktadır (Borenstein vd., 2009). Yayımlanma yanlılığının tespitinde ilk olarak huni grafiğine bakılmıştır (Borenstein vd., 2009; Copas & Shi, 2000). Bu diyagramın yorumlanması sübjektif olduğundan diyagram tarafından yakalanan önyargı miktarını ölçmek amacıyla yanlılık göstergelerine ilişkin Begg-Mazumdar ve Egger testleri yapılmıştır (Rothstein, Sutton & Borenstein, 2005). "Yanlılık ne kadardır ve sonuçlara etkisi nedir?" sorusunun yanıtı verilmek üzere, bulunan etki büyüklüğünü anlamsız kılacak çalışma sayısını (hata koruma sayısı-fail safe number) belirlemek üzere Rosenthal (1991) yönteminden yararlanılmıştır (Borenstein vd., 2009).

Etki büyüklükleri Hedges' g hesaplamasına göre hesaplanmıştır. Thalheimer ve Cook (2002)'ye göre etki büyüklüğü aralıkları ve yorumlanması Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Thalheimer ve Cook (2002)'ye göre etki büyüklüğü aralıkları ve yorumlanması

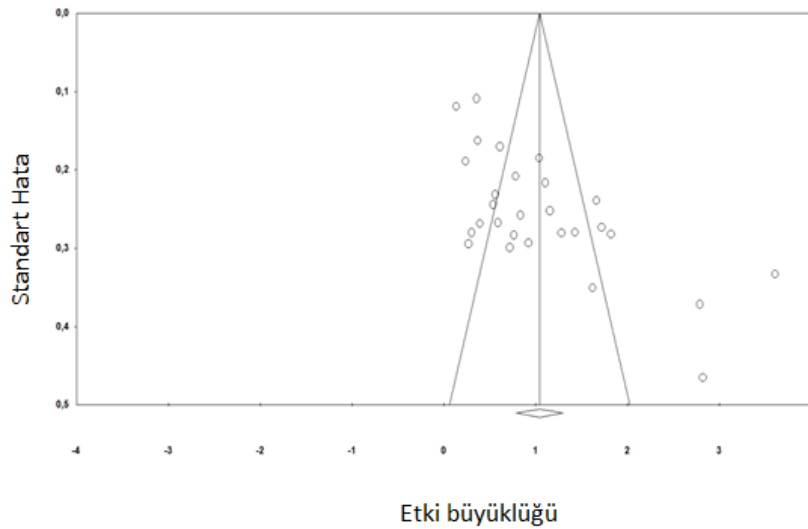
Etki Büyüklüğü Aralığı	Etki Büyüklüğünün Yorumlanması
Hedges' $g \leq 0.15$	Önemsiz düzeyde
$0.15 < \text{Hedges' } g \leq 0.40$	Küçük düzeyde
$0.40 < \text{Hedges' } g \leq 0.75$	Orta düzeyde
$0.75 < \text{Hedges' } g \leq 1.10$	Geniş düzeyde
$1.10 < \text{Hedges' } g \leq 1.45$	Çok geniş düzeyde
$1.45 < \text{Hedges' } g$	Mükemmel düzeyde

Eğitimde AG'nin kullanımı ile ilgili meta-analize dahil edilen araştırmalara ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir:

**Tablo 2.** Meta-analize dahil edilen araştırmalara ilişkin bilgiler

Ülke	Eğitim Alanı	Örneklem	F	N
Almanya	Fizik	Lisans	2	74/50
	Tıp	Lisans	1	228
Amerika	Fen	Ortaokul	2	43/45
Sudi Arabistan	Eğitim teknolojisi	Lisans	1	36
Çin	Kimya	Lise	1	29
	Matematik	Ortaokul	1	68
Meksika	Geometri	Ortaokul	1	93
Şili	Kültür	İlkokul	1	143
		Ortaokul	2	111/57
Tayvan	Fen	İlkokul	3	46/70/60
		Lise	1	45
		Ortaokul	1	76
	Beden	Ortaokul	1	52
	Biyoloji	İlkokul	1	55
	Mimari	Lisans	1	63
	Doğa bilimleri	Ortaokul	1	64
Türkiye	Fizik	İlkokul	1	50
		Lisans	1	76
	Coğrafya	Lisans	1	95
	Mekansal beceri	Okul öncesi	1	72
	Matematik	Okul öncesi	1	72
Fen	Ortaokul	2	91/100	

Meta-analize dahil edilen araştırmaların etki büyüklüklerine ait huni saçılma grafiği Şekil 2'de verilmiştir.



**Şekil 2.** Meta-analize dahil edilen araştırmalara ait etki büyüklüklerinin huni saçılma grafiği

Şekil 2 incelendiğinde araştırmaların etki büyüklüğünün dağılımlarının çok asimetrik olduğu söylenemez. Bir merkez etrafında toplanan ve simetrik dağılım gösteren bu grafikte yayıma bağlı yanlılığın olmadığı söylenebilir (Copas & Shi, 2000). Begg-MazumdarKendall's

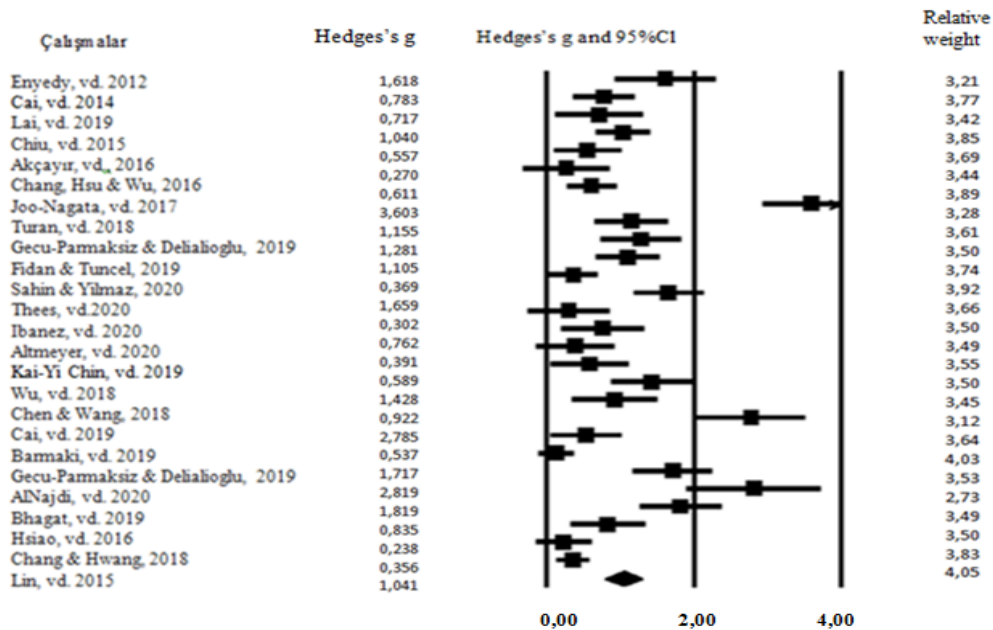
ve Egger için anlamlılık değerlerinin kritik değeri aştığı belirlenmiştir. Bu meta-analiz çalışmasından elde edilen hata koruma sayısı (fail safe number), Rosenthal (1991) metoduna göre 2758'dir. Yani 28 araştırmanın birleştirilmesinden oluşan bu meta-analizin bulgularının geçersiz kılınması için ilgili alan yazında en az 2758 tane bu bulgulara zıt değerlere sahip çalışmanın olması gerekir.

## Bulgular

### Birinci Araştırma Sorusuna Ait Bulgular

Eğitimde AG'nin kullanımının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etki büyüklüğüne ait bulgular aşağıdaki gibidir:

Öncelikle homojenlik değeri incelenmiş ve Q değerinin 250,698 olduğu görülmüştür. Bu değer 27 serbestlik derecesi için ki-kare dağılımının kritik değerini aşmadığı için etki büyüklüğüne ait homojenlik, rastgele etki modelinde kabul edilmiştir (Lipsey & Wilson, 2001). Rastgele etki modeline göre; 0,131 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,297 ve alt sınırı 0,784 ile etki büyüklüğü değeri 1,041 olarak hesaplanmıştır (Lipsey & Wilson, 2001; Rosenthal, 1991). 1,041 olarak hesaplanan etki büyüklüğü Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre geniş düzeyde, olumlu yönde bir etki büyüklüğünü ifade etmektedir. Buna göre AG uygulamalarının akademik başarıyı artırmada geleneksel uygulamalara göre geniş düzeyde daha etkili olduğu söylenebilir. İncelenen araştırmalara ait etki büyüklüğü değerleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. İncelenen araştırmaların etki büyüklükleri ve ağırlıklarının diyagramı

### *İkinci Araştırma Sorusuna Ait Bulgular*

Eğitimde AG'nin kullanıldığı ülkelere göre öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etki büyüklüğüne ait bulgular aşağıdaki gibidir:

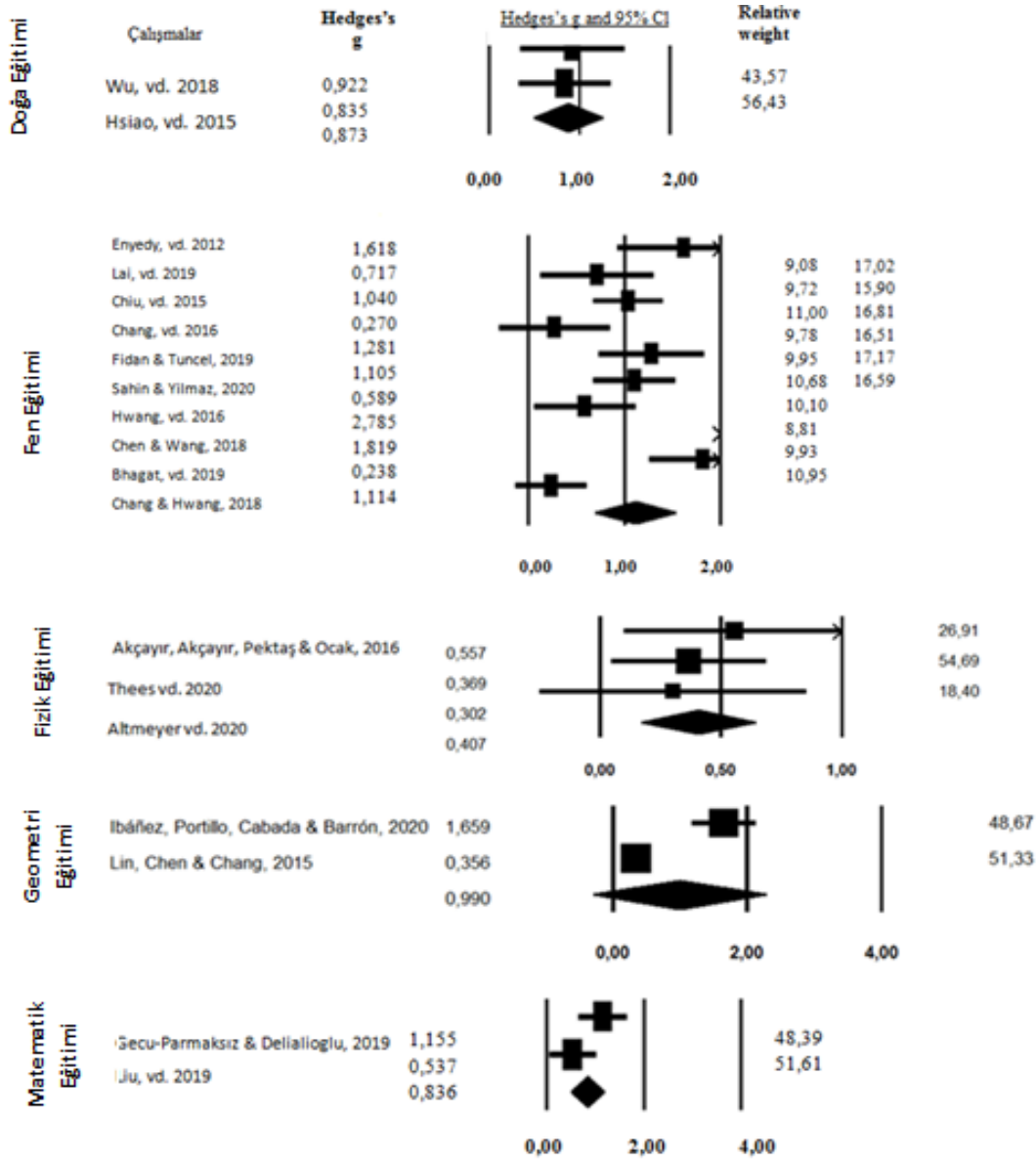
Araştırmaya dahil edilen araştırmaların ülkelere göre birleştirilmesine ait analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Sudi Arabistan, Meksika ve Şili'den birer araştırma analizlere dahil edildiğinden bu ülkeler için analiz yapılamamıştır. Bkz. Şekil 4 incelendiğinde, Almanya'da gerçekleştirilen üç, Amerika'da iki, Çin'de iki, Tayvan'da 12 ve Türkiye'de 6 araştırma için homojen değeri incelenmiştir. Bu çalışmaların Q serbestlik değeri için ise Almanya; 2(1,465), Amerika; 1(2,124), Çin; 1(0.588), Tayvan; 11(74,153), Türkiye; 5(61, 260) olduğu ve ki-kare dağılımının kritik değerini aştığından homojenlik sabit etki modelinde kabul edilmiştir (Lipsey & Wilson, 2001). Sabit etki modeline göre; Almanya (0,091 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 0,402 ve alt sınırı 0,046 ile etki büyüklüğü değeri 0,224); Amerika (Sabit etki modeline göre; 0,164 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,486 ve alt sınırı 0,845 ile etki büyüklüğü değeri 1,166) ve Çin (Sabit etki modeline göre; 0,158 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 0,990 ve alt sınırı 0,369 ile etki büyüklüğü değeri 0,679) olarak hesaplanmıştır. Dahası, Tayvan (Rastgele etki modeline göre; 0,182 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,247 ve alt sınırı 0,534 ile etki büyüklüğü değeri 0,890) ve Türkiye (Rastgele etki modeline göre; 0,371 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 2,275 ve alt sınırı 0,821 ile etki büyüklüğü değeri 1,548) olarak hesaplanmıştır (Lipsey & Wilson, 2001; Rosenthal, 1991). Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre Almanya'da gerçekleştirilen çalışmaların etki büyüklükleri küçük ve olumlu, Amerika'dakilerin çok geniş ve olumlu, Çin orta ve olumlu, Tayvan; geniş ve olumlu, Türkiye' de yapılan çalışmaların ise mükemmel ve olumlu yönde olduğunu ifade edilebilir.

### *Üçüncü Araştırma Sorusuna Ait Bulgular*

Eğitimde AG'nin kullanıldığı eğitim alanlarına göre akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğüne ait bulgular aşağıdaki gibidir:

Araştırmaya dahil edilen araştırmaların alanlarına göre birleştirilmesine ait analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Tıp, eğitim teknolojisi, kimya, kültür, beden eğitimi ve spor,

biyoloji, mimari, coğrafya ve mekânsal beceri eğitiminde birer araştırma süreci dahil edildiğinden bu alanlar için analiz yapılamamıştır.



Şekil 5. Eğitimi alanında yapılan araştırmaların etki büyüklükleri ve ağırlıklarının diyagramı

Şekil 5'e göre, doğa eğitimi alanında yapılan 2 araştırmanın birleştirilmesine ait analiz sonuçlarına göre Q değerinin 1 serbestlik derecesi için 0,049, fen eğitimi alanında ise gerçekleştirilen 10 çalışmanın analiz sonuçlarına göre Q değerinin 9 serbestlik derecesi için 61,477, fizik eğitimi alanı için Q değerinin 2 serbestlik derecesi 0,616 olduğu hesaplanmıştır. Dahası, Geometri eğitimi alanında yapılan 2 araştırmanın birleştirilmesine ait analiz sonuçlarına göre Q değeri 1 serbestlik derecesi için 24,625 olduğu; matematik için ise Q değeri 1 serbestlik derecesi için 3,099 olduğu ortaya konulmuştur.

Doğa, fizik ve matematik eğitimi alanında elde edilen değer, ki-kare dağılımının kritik değerini aştığından homojenlik sabit etki modelinde iken, fen eğitimi alanı için ki-kare dağılımının kritik değerini aşmadığından homojenlik rastgele etki modelinde kabul edilmiştir (Lipsey & Wilson, 2001). Sabit etki modeline göre doğa eğitimi; 0,194 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,253 ve alt sınırı 0,493 ile etki büyüklüğü değeri 0,873, fizik eğitimi; 0,120 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 0,643 ve alt sınırı 0,172 ile etki büyüklüğü değeri 0,407, matematik eğitimi; 0,175 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,180 ve alt sınırı 0,492 ile etki büyüklüğü değeri 0,836 olarak hesaplanmıştır (Lipsey & Wilson, 2001; Rosenthal, 1991). Rastgele etki modeline göre; fen eğitimi; 0,214 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,535 ve alt sınırı 0,694 ile etki büyüklüğü değeri 1,114, geometri eğitimi; 0,651 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 2,267 ve alt sınırı -0,286 ile etki büyüklüğü değeri 0,990 olarak hesaplanmıştır. Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre doğa, matematik ve geometri eğitimi alanında, geniş ve olumlu yönde, fen eğitimi, çok geniş ve olumlu yönde ve fizik eğitimi, orta düzey ve olumlu yönde bir etki büyüklüğünü ifade etmektedir.

#### *Dördüncü Araştırma Sorusuna Ait Bulgular*

Eğitimde AG'nin kullanıldığı örneklem türlerine göre akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğüne ait bulgular aşağıdaki gibidir:

Bkz. Şekil 6'ya göre, okul öncesinde yapılan 2 araştırmanın birleştirilmesine ait analiz sonuçlarına göre Q değerinin 1 serbestlik derecesi için 2,282, ilkokulda gerçekleştirilen 6 çalışmanın analiz sonuçlarına göre Q değerinin 5 serbestlik derecesi için 44,008, ortaokulda gerçekleştirilen 11 çalışmanın analiz sonuçlarına göre ise için Q değerinin 10 serbestlik derecesi 50,544 olduğu hesaplanmıştır. Dahası, lise eğitiminde gerçekleştirilen 2 araştırmanın 2 araştırmanın birleştirilmesine ait analiz sonuçlarına göre Q değeri 1 serbestlik derecesi için 2,028 olduğu; son olarak lisansta yapılan 7 çalışmanın ise Q değeri 6 serbestlik derecesi için 131,516 olduğu ortaya konulmuştur. Okulöncesi ve lise düzeyinde elde edilen değer, ki-kare dağılımının kritik değerini aştığından homojenlik sabit etki modelinde iken, ilkokul, ortaokul ve lisans düzeyi için ki-kare dağılımının kritik değerini aşmadığından homojenlik rastgele etki modelinde kabul edilmiştir (Lipsey & Wilson, 2001).

Sabit etki modeline göre okulöncesi; 0,185 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,777 ve alt sınırı 1,050 ile etki büyüklüğü değeri 1,413, lise; 0,170 standart hata ve %95



güven aralığının üst sınırı 0,945 ve alt sınırı 0,279 ile etki büyüklüğü değeri 0,612 olarak hesaplanmıştır (Lipsey & Wilson, 2001; Rosenthal, 1991). Rastgele etki modeline göre; ilkokul düzeyi, 0,319 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,777 ve alt sınırı 0,527 ile etki büyüklüğü değeri 1,152; ortaokul düzeyi, 0,150 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 1,188 ve alt sınırı 0,601 ile etki büyüklüğü değeri 0,895; 0,396 standart hata ve %95 güven aralığının üst sınırı 2,039 ve alt sınırı 0,486 ile etki büyüklüğü değeri 1,263 olarak hesaplanmıştır. Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflandırmasına göre doğa, matematik ve geometri eğitimi alanında, geniş ve olumlu yönde, fen eğitimi, çok geniş ve olumlu yönde ve fizik eğitimi, orta düzey ve olumlu yönde bir etki büyüklüğünü ifade etmektedir. Okul öncesi, ilkokul, lise, lisans çok geniş düzey ve olumlu, ortaokul düzeyinde ise geniş düzey ve olumlu yönde bir etki büyüklüğünü ifade etmektedir.

### **Sonuç ve Tartışma**

Bu araştırmada elde edilen bulgulara göre, artırılmış gerçekliğin, akademik başarıyı artırmada geleneksel uygulamalara göre (Hedges's= 1,041) daha etkili olduğu söylenebilir. Bu sonuç, Ozdemir (2018) yapmış olduğu derleme çalışmayla uyumlu olduğu söylenebilir. AG uygulamalarının öğretimsel uygulamalar üzerinde birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Benzer şekilde, AG uygulamaları sayesinde öğrencilerin kavramlarla anlamlı bir şekilde etkileşim kurabildikleri de söylenebilir (Chiang, Yang & Hwang, 2014). AG uygulamalarının kavramların öğretilmesinde, kavramları soyuttan somuta dönüştürmede, olgular hakkındaki bilgilerin geliştirilmesinde olumlu etkiye sahiptir (Yen vd., 2013). Ayrıca, AG uygulamaları dikkat çekici ve motivasyon artırıcı olduğu için de AG ile ilgili uygulamalara daha fazla katılım olduğu ortaya koymuş çalışmalara rastlamak mümkündür (Chang, & Hwang, 2018).

Araştırma sonucunda, AG uygulamaları ile ilgili çalışmalar en çok Tayvan'da yapıldığı, ancak etki büyüklüğünün en büyük olduğu ülkenin Türkiye (Hedges's= 1,548) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de AG uygulamalarının eğitimde yeni bir kullanım aracı olması, bireylerin ilgisini ve dikkatini çekmesi, bireylerde merak uyandırması, öğrenme güdüsünü ve isteğini artırması durumları başarının daha fazla artmasını sağlamış olabilir. Ayrıca AG teknolojisinin eğitimdeki faydalarının yanı sıra ülkemizde özellikle son yıllarda eğitim ve teknoloji entegrasyonu alanında yapılan çalışmalar ve destekler sebebiyle böyle bir sonuç çıktığı düşünülebilir (Usta vd., 2016). AG uygulamaları farklı alanlarda kullanılabilme özelliğine sahiptir. AG uygulamalarının en çok fen eğitimi alanında kullanıldığı ve yine bu

alandaki etki büyüklüğünün en fazla olduğu tespit edilmiştir (Hedges's= 1,114). Fen eğitiminde daha fazla tercih edilmesinin nedeni fen dersi konularının soyut yapıda olması ve bazı kavramların mikroskobik ya da makroskobik seviyede olması nedeniyle hem öğrenme hem öğretme sürecinde zorluk yaşanmasıdır (Taber, 2002). Bu uygulamalar, öğrenenlerin üç boyutlu görüntülerle etkileşim gerçekleştirebilmeleri sayesinde öğrenilen bilgilerin daha kalıcı olmasını, kavramları soyuttan somuta dönüştürebilmesini, soyut kavramları zihninde canlandırabilmesini ve öğrenmenin eğlenceli olmasını desteklemektedir (Cai & Chiang, 2014; Chang, & Hwang, 2018; Sahin & Yılmaz, 2020). Böylelikle öğrencilerin zorlandıkları konuların öğretiminde kullanılan AG uygulamalarının bu faydaları sayesinde akademik başarıyı artırmada etkili olduğu söylenebilir. Alan yazın incelendiğinde AG uygulamalarının bütün sınıf kademelerinde uygulanabilir olduğu görülmüştür. AG uygulamaları en çok ortaokul düzeyinde kullanılmasına rağmen, AG uygulamalarının okul öncesi düzeyindeki etki büyüklüğü en fazladır (Hedges's= 1,413). Okul öncesi çağındaki çocuklar Piaget'in ifade ettiği gibi işlem öncesi dönemindedirler. AG teknolojisi, diğer alanlarda olduğu gibi okul öncesi eğitimde de yeni bir araç olması nedeniyle, çocukların konularla etkileşiminde bir yenilik etkisi yaratmış olabilir. Aynı zamanda deney grubundaki çocukların tablet uygulamasını kullanma konusunda heyecanlı olması motivasyon düzeyini de etkilemiş olabilir (Gecu-Parmaksız & Delialioğlu, 2019). Bu durumların çocukların başarılarının artmasında etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca, AG uygulamalarının Doğa, Fen, Fizik, Geometri ve Matematik eğitimi alanlarında daha çok çalışıldığı ve daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Başarı öğrencinin tüm yaşantısını etkileyen önemli bir kavramdır. Başarıyı artırmada tutum, motivasyon, kaygı gibi değişkenlerin etkisi olduğu için bu değişkenlerle ilgili meta analiz çalışmaları yapılması önerilebilir. Araştırmacılar eğitim çalışmalarında, AG uygulamalarını farklı eğitim yöntemlerine entegre ederek kullanmaları önerilebilir. Ülke bazında bakıldığında AG çalışmalarının Suudi Arabistan, Şili ve Meksika gibi ülkelerde yaygınlığının artması için daha fazla araştırma yapılması önerilebilir. Tıp, eğitim teknolojisi, kimya, kültür, beden eğitimi ve spor, biyoloji, mimari, coğrafya ve mekânsal beceri eğitiminde AG çalışmaları yaygınlaştırılabilir. Küçük yaş gruplarında soyut düşünce özelliği tam olarak gelişmediğinden okul öncesi, ilk ve ortaöğretim seviyelerinde AG çalışmaları artırılabilir.

*Etik Beyanı*

*Bu çalışmada insan veya hayvan deneklerinden veri toplanmamıştır. Bu nedenle çalışma, etik kurul onayı gerektiren çalışmalar kapsamında yer almadığından etik kurul onayı alınmamıştır.*

*Yazar Katkı Beyanı*

**Nesrin ÜRÜN ARICI:** Kavramsallaştırma, metodoloji, verilerin toplanması, işlenmesi, analizi, yorumlanması, denetim, inceleme-yazma ve düzenleme.

**Emre YILDIZ:** Kavramsallaştırma, metodoloji, verilerin toplanması, işlenmesi, analizi, yorumlanması, denetim, inceleme-yazma ve düzenleme.

**Kaynakça**

*Meta analize dahil edilen çalışmalar \* işareti ile belirtilmiştir.*

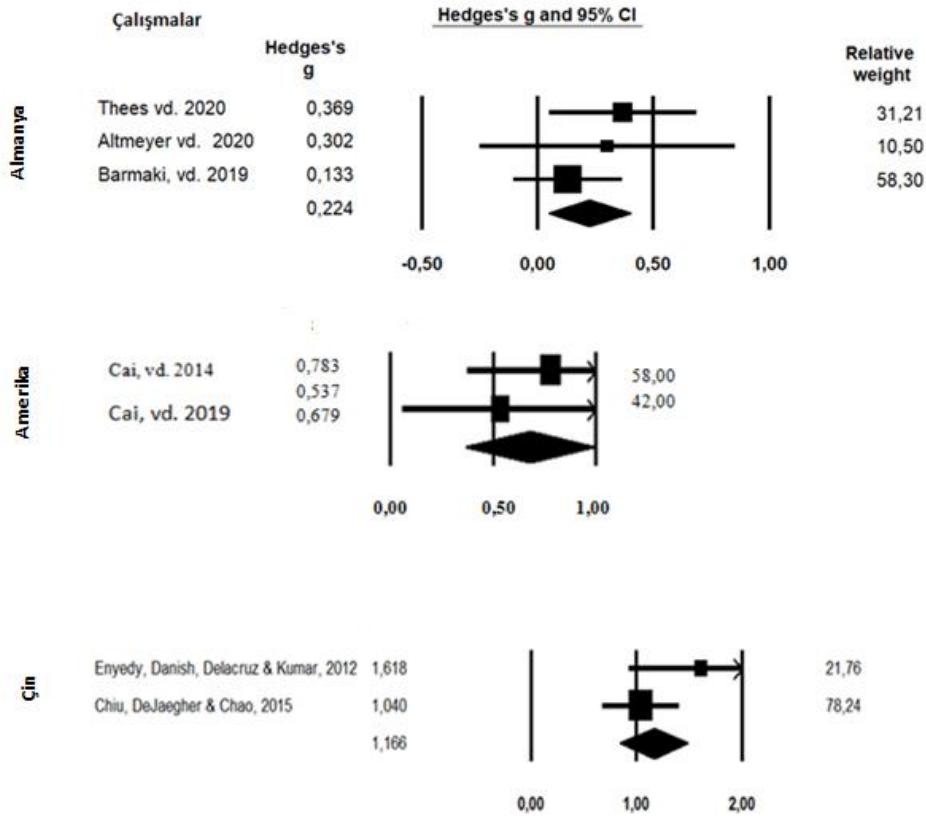
- \*Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.
- \*AlNajdi, S. M., Alrashidi, M. Q., & Almohamadi, K. S. (2020). The effectiveness of using augmented reality (AR) on assembling and exploring educational mobile robot in pedagogical virtual machine (PVM). *Interactive Learning Environments*, 28(8), 964-990.
- \*Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (2020) The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 911-928.
- Arslan, A., & Elibol, M. (2015). Analysis of Educational augmented reality applications: The case of android operating system. *Journal of Human Sciences*, 12(2), 1792-1817.
- Avcı, Ş. K., Çoklar, A. N., & İstanbullu, A. (2019). The effect of three dimensional virtual environments and augmented reality applications on the learning achievement: A meta-analysis study. *Education and Science*, 44(198).
- 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.
- 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, 17(4), 133-149.
- Baragash, R. S., Al-Samarraie, H., Alzahrani, A. I., & Alfarraj, O. (2020). Augmented reality in special education: A meta-analysis of single-subject design studies. *European Journal of Special Needs Education*, 35(3), 382-397.
- \*Barmaki, R., Yu, K., Pearlman, R., Shingles, R., Bork, F., Osgood, G. M., & Navab, N. (2019). Enhancement of anatomical education using augmented reality: An empirical study of body painting. *Anatomical Sciences Education*, 12(6), 599-609.
- Barak, M. (2017). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. *Research in Science Education*, 47(2), 283-303.
- Batdi, V., & Talan, T. (2019). Augmented reality applications: A Meta-analysis and thematic analysis. *Turkish Journal of Education*, 8(4), 276-297.

- \*Bhagat, K. K., Liou, W. K., Michael Spector, J., & Chang, C. Y. (2019). To use augmented reality or not in formative assessment: A comparative study. *Interactive Learning Environments*, 27(5-6), 830-840.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. West Sussex, UK: John Wiley.
- Bozkuş, K., & Karacabey, M. F. (2019). Information technology use in education through the FATİH project: how far has it gone?. *Journal of Education for Life*, 33(1), 17-32.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. [Scientific research methods]. Ankara: Pegem.
- \*Cai, S., Liu, E., Shen, Y., Liu, C., Li, S., & Shen, Y. (2019). Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 560-573.
- \*Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37(2014), 31-40.
- \*Chang, H. Y., Hsu, Y. S., & Wu, H. K. (2016). A comparison study of augmented reality versus interactive simulation technology to support student learning of a socio-scientific issue. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1148-1161.
- Chang, R. C., Chung, L. Y., & Huang, Y. M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264.
- \*Chang, S. C., & Hwang, G. J. (2018). Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. *Computers & Education*, 125, 226-239.
- \*Chang, K. E., Zhang, J., Huang, Y. S., Liu, T. C., & Sung, Y. T. (2019). Applying augmented reality in physical education on motor skills learning. *Interactive Learning Environments*, 28(6), 685-697.
- Chiang, T. H., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97-108.
- \*Chen, Y. H., & Wang, C. H. (2018). Learner presence, perception, and learning achievements in augmented-reality-mediated learning environments. *Interactive Learning Environments*, 26(5), 695-708.
- \*Chiu, J. L., DeJaegher, C. J., & Chao, J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Computers & Education*, 85, 59-73.
- \*Chin, K. Y., Wang, C. S., & Chen, Y. L. (2019). Effects of an augmented reality-based mobile system on students' learning achievements and motivation for a liberal arts course. *Interactive Learning Environments*, 27(7), 927-941.
- Coe, R. (2002, September). It's the effect size, stupid. In *British Educational Research Association Annual Conference*, 12(4).
- Copas, J., & Shi, J. Q. (2000). Meta-analysis, funnel plots and sensitivity analysis. *Biostatistics*, 1(3), 247-262.
- Cumming, G. & Finch, S. (2005). Inference by eye: Confidence intervals, and how to read pictures of data. *American Psychologist*, 60, 170-180.
- \*Enyedy, N., Danish, J. A., Delacruz, G., & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(3), 347-378

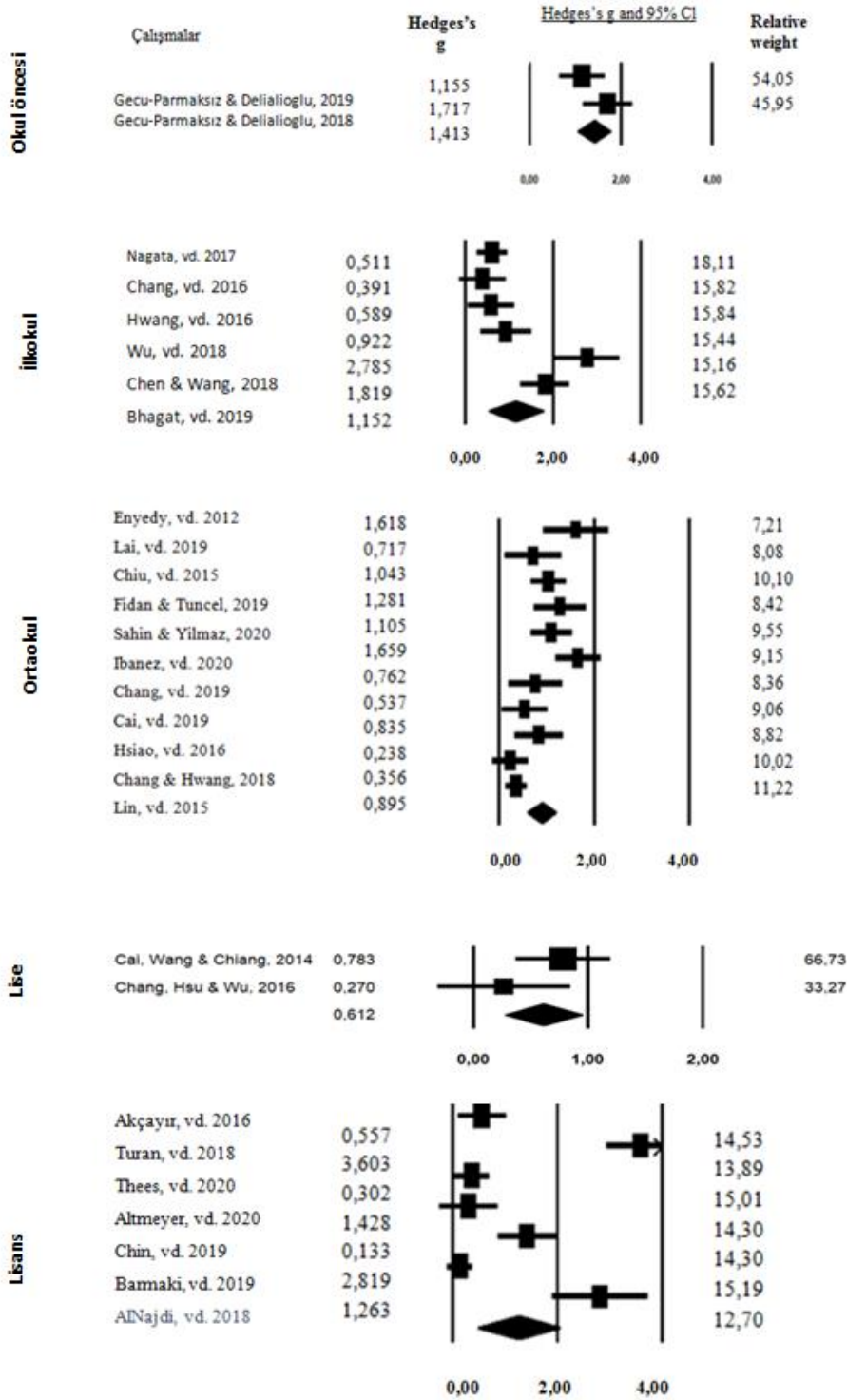
- \*Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142, 103635.
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447-459.
- Garzon, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244-260.
- \*Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioğlu, O. (2019). Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to pre-school children. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3376-3390.
- \*Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioğlu, Ö. (2020). The effect of augmented reality activities on improving preschool children's spatial skills. *Interactive Learning Environments*, 28(7), 876-889.
- Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deane, R., Brawn, R., La Velle, L., ... & Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, 48(1), 137-152.
- \*Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y., & Wang, Y. Z. (2016). Weather observers: a manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 205-223.
- \*Hwang, G. J., Wu, P. H., Chen, C. C., & Tu, N. T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1895-1906.
- \*Ibáñez, M. B., Portillo, A. U., Cabada, R. Z., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, 145, 103734.
- \*Joo-Nagata, J., Abad, F. M., Giner, J. G. B., & García-Peñalvo, F. J. (2017). Augmented reality and pedestrian navigation through its implementation in m-learning and e-learning: Evaluation of an educational program in Chile. *Computers & Education*, 111, 1-17.
- Kelley, K., & Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17(2), 137-152.
- \*Lai, A. F., Chen, C. H., & Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232-247.
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
- Linn, M. (2003). Technology and science education: starting points, Research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727-758.
- \*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.
- Lipsey, M. W., & Wilson, D. B. (2001). *Practical meta-analysis*. SAGE publications, Inc.
- \*Liu, E., Li, Y., Cai, S., & Li, X. (2019). The effect of augmented reality in solid geometry class on students' learning performance and attitudes. In *Smart Industry & Smart Education: Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation 15* (pp. 549-558). Springer International Publishing.

- Ozdemir, M., Sahin, C., Arcagok, S., & Demir, M. K. (2018). The effect of augmented reality applications in the learning process: A meta-analysis study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 18(74), 165-186.
- Özdemir, M. (2017). Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmeye yönelik deneysel çalışmalar: Sistematik bir inceleme. [Experimental studies on learning with augmented reality technology: A systematic review]. *Mersin University Journal of the Faculty of Education*, 13(2), 609-632.
- Papanastasiou, G., Drigas, A., Skianis, C., Lytras, M., & Papanastasiou, E. (2019). Virtual and augmented reality effects on k-12, higher and tertiary education students' twenty-first century skills. *Virtual Reality*, 23(4), 425-436.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Rosenthal, R., & Rubin, D. B. (1991). Further issues in effect size estimation for one-sample multiple-choice-type data. *Psychological Bulletin*, 109, 351-352.
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J. & Borenstein, M. (Ed.). (2005). *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*. John Wiley & Sons.
- \*Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of augmented reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144, 103710.
- 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.
- Taber, K. S. (2002). Alternative conceptions in chemistry: Prevention, diagnosis and cure. *The Royal Society of Chemistry*, 1, 53-66.
- Tekedere, H., & Göke, 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.
- \*Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 106316.
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology. *Work-Learning Research*, 1-9.
- \*Turan, Z., Meral, E., & Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(3), 427-441.
- Usta, E., Korucu, A. T., & Yavuzarslan, İ. F. (2016). Eğitimde artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanımı: 2007-2016 döneminde Türkiye'de yapılan araştırmaların içerik analizi. [Using augmented reality in education: A content analysis of the studies in 2007-2016 period]. *Journal of Subject Teaching Research*, 2(2), 84-95.
- \*Wu, P. H., Hwang, G. J., Yang, M. L., & Chen, C. H. (2018). Impacts of integrating the repertory grid into an augmented reality-based learning design on students' learning achievements, cognitive load and degree of satisfaction. *Interactive Learning Environments*, 26(2), 221-234.
- Yu, D., Jin, J. S., Luo, S., Lai, W., & Huang, Q. (2009). A useful visualization technique: A literature review for augmented reality and its application, limitation & future direction. *Visual Information Communication*, 311-337.

Ülkelerde yapılan araştırmaların etki büyüklükleri ve ağırlıklarının diyagramı



Şekil 4. Ülkelerde yapılan araştırmaların etki büyüklükleri ve ağırlıklarının diyagramı



Şekil 6. Örneklem türlerine göre yapılan araştırmaların etki büyüklükleri ve ağırlıklarının diyagramı

Copyright © JCER

JCER's Publication Ethics and Publication Malpractice Statement are based, in large part, on the guidelines and standards developed by the Committee on Publication Ethics (COPE). This article is available under Creative Commons CC-BY 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)