



Üç Boyutlu Sanal Ortamlar ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması *

Şirin Küçük Avcı ¹, Ahmet Naci Çoklar ², Aslihan İstanbullu ³

Öz

Araştırmanın amacı, 3 boyutlu (3B) sanal ortam ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, deneysel çalışmalar dikkate alınarak, deney ve kontrol gruplarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisine bakılmıştır. Deney grubunda, bu teknolojiler kullanılarak oluşturulan uygulamalar yer alırken, kontrol grubunda yüz yüze ortam yer almıştır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için eğitim bilimleri alanında kullanılan meta-analiz yöntemi tercih edilmiştir. 3 boyutlu sanal ortamlar meta-analiz taramasına yönelik olarak belirlenen anahtar sözcükler: “3D virtual world” & achievement’ ve “3D virtual environment” & achievement’ olmuştur. Artırılmış gerçeklik meta-analiz taraması için belirlenen anahtar kelime ise “augmented reality” & achievement’ olmuştur. Araştırma kapsamında ilgili araştırmalara ulaşabilmek için Science Direct, ERIC, Taylor & Francis, EBSCO, Emerald, JSTOR, SAGE, SpringerLink ve Google Scholar veri tabanları incelenmiştir. Bu veri tabanlarına belirlenen anahtar kelimeler girilerek, 2010-2016 yılları arasında yayınlanmış olan 4.682 makalenin araştırmanın amacına uygunluğu kontrol edilmiştir. Yapılan ilk incelemeden sonra, 3B sanal ortamlar için 47 makale, artırılmış gerçeklik için ise 57 makale belirlenmiştir. 3B sanal ortamlar için 47 makale içerisinden dâhil etme kriterlerine uyan 20 makale, artırılmış gerçeklik için ise 57 makaleden dâhil etme kriterlerine uyan 24 makale belirlenerek meta-analize tabi tutulmuştur. Araştırmanın bağımlı değişkeni öğrenme başarısı iken bağımsız değişkeni deney ve kontrol gruplarıdır. Araştırmada moderatör değişken olarak öğretim seviyesi belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 3B sanal ortamların deney grubu lehine öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde bir etki büyüklüğü ($d=0.32$) olduğu görülmüştür. Bu sonuca benzer olarak, artırılmış gerçeklik uygulamalarının da deney grubu lehine öğrenme başarısı

Anahtar Kelimeler

3B sanal ortam
Artırılmış gerçeklik
Öğrenme başarısı
Meta-analiz yöntemi
Etki büyüklüğü

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 06.06.2018
Kabul Tarihi: 26.03.2019
Elektronik Yayın Tarihi: 02.05.2019

DOI: 10.15390/EB.2019.7969

* Bu çalışma, 2018 yılında Şirin Küçük Avcı tarafından Doç. Dr. Ahmet Naci Çoklar danışmanlığında Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'ne sunulan " Üç Boyutlu Sanal Ortamlar ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

¹ Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Türkiye, sirnavci@akdeniz.edu.tr

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Türkiye, acoklar@konya.edu.tr

³ Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilişim Teknolojileri Bölümü, Türkiye, aslihan.babur@gmail.com

üzerinde orta düzeyde bir etkiye ($d=0.46$) sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan moderatör analizi sonucuna göre çalışmanın örnekleminin lisans, ilkokul, lise ve ortaokul olarak seçilmesinin, 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü değiştirmedeği belirlenmiştir. Yine yapılan moderatör analizi sonucuna göre çalışmanın örnekleminin ortaokul, ilkokul ve lisans olarak seçilmesinin, artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü değiştirmedeği belirlenmiştir.

Giriş

Eğitimin etkili, çekici ve verimli hale getirilebilmesi için farklı öğretim yöntemlerinden yararlanılması ve bu yöntemlerin bilgisayar teknolojileriyle desteklenmesi çağımızın bir gereksinimidir. Farklı teknoloji ve modern cihazların geliştirilmesi ve üretimi, bilginin çoğalması, öğrenci sayısındaki artış ve bilinç düzeyinin yükselmesi gibi etkenler, bilgisayar teknolojilerinin eğitime entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır (Yücer, 2011). Son yıllarda ki araştırmalar, 3 boyutlu (3B) sanal dünyaların (Dalgarno ve Lee, 2010; Papachristos, Vrellis, Natsis ve Mikropoulos, 2014) ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin (Lee, 2012) eğitimde kullanımı açısından önemli bir potansiyel taşıdıklarını ortaya koymaktadır. 2012 yılından beri 3B sanal öğrenme ortamları göz ardı edilemez bir ilgiye neden olmuş, bu ilgi artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak sanal ve gerçek dünyayı birleştiren Pokémon Go ve SoundPacman gibi uygulamalarla günümüzde tekrar yenilenmiştir (Chatzidimitris, Gavalas ve Dimitris, 2016; Serino, Cordrey, McLaughlin ve Milanaik, 2016).

Bilgisayarlarda ve internette yaşanan değişimler, sanal dünyalar ile tanışmamıza neden olmuştur. Sanal dünyalar, çok kullanıcı bir ara yüz üzerinden, çevrim içi olarak erişilebilen, kullanıcıların hem birbirleriyle hem de ortamlarla etkileşime geçmelerine ve çeşitli işlemler yapmalarına olanak tanıyan sistemlerdir (Dinçer, 2008). Kullanıcılara gerçekten orada olmamalarına rağmen ortam içerisinde bulunma hissi veren ve ortamlarla etkileşime girmesine fırsat sağlayan bilgisayar tarafından oluşturulan gösterimdir (Schroeder, 1996). Diğer bir deyişle, sanal dünyalar kullanıcılara güçlü bir bulunuşluk (orada olma) duygusu vererek, teknolojik ortam içerisinde deneyim yaşama fırsatı sunmaktadır (Warburton, 2009). Bainbridge (2007) tarafından yapılan bir başka tanımda ise sanal dünyalar, bireylerin sanal bir karakterle temsil edildiği, birbirleriyle ve sanal nesnelere etkileşime girdikleri, karmaşık fiziksel alanların görsel olarak taklit edildiği elektronik ortamlar olarak belirtmiştir. Sanal dünyalarda, kendi kişisel gerçek hayat deneyimimizin dışında farklı bir dünyayı keşfetmek, kendimizi gerçek görünümlü avatarlar aracılığıyla ifade etmek ve farklı coğrafi sınırların ötesindeki diğer insanlarla sosyal bağlantılar elde etmek teknik açıdan mümkündür (Fetscherin ve Lattemann, 2008). Öğrenmenin kalitesini ve öğrenen deneyimlerini artırma (Jarmon, Traphagan, Mayrath, ve Trivedi, 2008; Squire ve Jenkins, 2004), çevrimiçi topluluklar oluşturma (Riedl, Tashner ve Bronack, 2003) ve işbirlikçi ortamlar sağlama (Erlandson, Nelson ve Wilhelmina, 2010) gibi olanaklar açısından 3 boyutlu sanal ortamların eğitimde kullanımı önemlidir. Yapılan araştırmalar, 3B sanal ortamların, etkileşim, bağlılık, motivasyon, aktif öğrenme, deneyimsel öğrenme ve işbirliğini desteklediğini ortaya koymuştur. (Barab, Thomas, Dodge, Carteaux ve Hakan, 2005; Dickey, 2005b; De Jong, Van Der Meijden ve Von Berg, 2005; Minocha ve Roberts, 2008; Omale, 2010). Ayrıca bu ortamlar güvenli ve gerçekçi bir öğrenme atmosferi sağlayarak (Brasil vd., 2011; Dalgarno, 2002), senkron iletişimi ve sosyal etkileşimi destekleyerek öğrencileri öğrenmeye motive etmektedir (Barab vd., 2005; Delucia, Francese, Passero ve Tortora, 2009).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi ise eğitim, sağlık, askeri, kültür vb. alanlarda kullanılan çok önemli ve popüler araçlardan biridir. 2016 yılında yayınlanan “Yeni Medya Konsorsiyumu Ufuk Raporunda” (NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition), Yüksek Öğretim Kurumlarının geliştirmekte olan yeni teknolojilere ayak uydurmalarının kaçınılmaz olduğu, bu teknolojiler arasında yer alan artırılmış gerçeklik (AG) ve sanal gerçeklik teknolojilerinin yükseköğretim kurumlarında gelecek iki üç yıl içinde yaygın olarak kullanılacağı belirtilmektedir. Literatürde sanal gerçeklik ile aynı kategori içerisinde ifade edilse de (Boud, Haniff, Baber ve Steiner, 1999), artırılmış gerçeklik aslında sanal gerçekliğin bir varyasyonu, değişikliğe uğramış halidir (Azuma, 1997). Artırılmış gerçeklik, fiziksel bir gerçek dünya ortamının sanal bilgisayar tarafından üretilen görsel veya haptik (dokunsal) uyarılarla birleştirilerek (veya bunlarla artırılarak), karışık bir gerçeklikle algılanması anlamına gelir (Lamata vd., 2010). Milgram ve Kishino (1994), AG' yi gerçek ve sanal verilerin gerçek bir dünya ortamında birleşmesi olarak tanımlarken, Azuma ve diğerleri (2001), artırılmış gerçeklik uygulamasının nitelikleri üzerinde odaklanır. Bir uygulamanın veya ortamın AG olması için bazı teknik özellikleri içermesi gerekir: (a) sanal ve gerçek nesnelerin gerçek ortamda bütünleşmesi, (b) nesnelerin üç boyutlu ortamda hizalanması, (c) gerçek ve sanal nesnelerin gerçek zamanlı ortamda etkileşimde bulunmasıdır (Azuma, 1997).

Artırılmış gerçeklik uygulamaları gerçek dünya ile ilgili algıları geliştirebileceğinden, eğitim ve teknoloji entegrasyonunda umut vadeden teknolojilerden biridir (İbili, 2013). Öğrenme öğretme süreçlerinde gerçeklikle bütünleştirilmiş öğrenme materyalleri ve öğrenme ortamlarının tasarımında ya da dinamik ve karmaşık problemleri işbirliği ile çözümünde (Dunleavy ve Dede, 2014) artırılmış gerçeklik kullanılabilir. Öğrenciler, artırılmış gerçeklik uygulamaları ile gerçek ortamda, gerçek nesne üzerinde öğrenme deneyimi kazanabilir (Cai, Wang ve Chiang, 2014), ve üç boyutlu yapıları kolaylıkla anlayabilirler (Núñez, Quirós, Núñez, Carda ve Camahort, 2008). Bunların yanı sıra, kullanıcı dostu öğrenme ortamları geliştirmek için idealdir ve öğrenme deneyimlerini anında hayata geçirmenizi sağlar (Gervautz ve Schmalstieg, 2012).

Problem Durumu

Teknolojide yaşanan gelişme ve değişim süreci tüm dünyada önlenemez bir şekilde devam etmektedir. Özellikle, 2016-2017 yıllarında yayınlanan Horizon K-12 raporunda gelecek 2-3 yıl boyunca kullanılacağı ifade edilen 3B sanal gerçeklik (virtual reality) teknolojisi günümüzde oldukça popülerdir. Sanal gerçeklik, bilgisayar ortamında oluşturulan 3B nesnelerin, animasyonların teknolojik araçlar (sanal gözlük, hareket sensörlü eldiven vb.) yardımıyla insanların zihninde gerçek bir ortamın içinde bulunma hissi vermesinin yanında, ortamda bulunan nesnelerle etkileşime girmesini sağlayan teknolojidir (Kayabaşı, 2005). Roseblum ve Cross (1997) sanal gerçeklik sistemiyle bağlantılı üç ana unsurü süreklilik (immersion), etkileşim ve görsel gerçekçilik olarak belirtmiştir. Süreklilik, kullanıcıyı sanal 3B ortam ile çevreleyerek, kişinin kendisini ortama ait hissetmesiyle oluşturulur.

Bu süreklilik özelliğine bağlı olarak sanal gerçeklik teknolojilerinin bazı çeşitleri bulunmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisine bağlı olarak geliştirilen artırılmış gerçeklik ve masaüstü sanal gerçeklik (sanal dünyalar) bu teknolojiler arasında yer almaktadır (Riva, 2006). Artırılmış gerçeklik, gerçek ortamın üzerine teknoloji desteği ile sanal bilgiler, açıklamalar, görseller eklenerek, gerçekliğin daha nitelikli ve derin bir şekilde algılanmasını sağlamaktadır (Babur, 2016). Dickey (2005a) sanal dünyaları ise simule edilmiş 3 boyutlu alanlarda kullanıcıların hareket ettiği ve etkileşimde bulunduğu ağ tabanlı masaüstü sanal gerçeklik olarak tanımlamıştır. Milgram, Takemura, Utsumi ve Kishino (1994), “gerçeklik- sanal sürekliliği” adını verdikleri diyagram ile gerçek ortamdan sanal dünyaya nasıl bir geçiş yaşandığını belirtmişlerdir (Şekil 1). Şekil 1'in en solunda gerçek dünya ortamı yer alırken, en sağında ise tamamen yapay-dijital olan sanal ortam yer almaktadır.



Şekil 1. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği

İki dünya arasındaki geçişler, gerçek ve sanal ortam nesnelere bir arada sunulduğu “Karma Gerçeklik” olarak tanımlanmıştır (Milgram vd., 1994). Artırılmış sanallık, sanal ortama gerçek nesnelere eklenmesiyle, artırılmış gerçeklik ise gerçek nesnelere sanal ortamın eklenmesiyle oluşturulmaktadır. Şeklin solundan sağına doğru ilerledikçe sanal ortam miktarı artmakta buna bağlı olarak süreklilik (immersion) özelliğinin de arttığı görülmektedir. Artırılmış gerçeklik ve 3B sanal ortam teknolojilerinin, her ikisinin de temelinde sanal gerçeklik yer almaktadır. Bu iki benzer teknoloji, sanal dünyalarda gerçeklik unsurunun yer almaması nedeniyle birbirinden ayrılmaktadır. Bu çalışmada da gerçek ortam unsurunun daha fazla olduğu artırılmış gerçeklik teknolojisi ile tamamen dijital bir ortamın yer aldığı 3B sanal ortamların öğrenme başarısı açısından karşılaştırılması planlanmıştır.

Geçmişten günümüze kadar bu teknolojiler geometri (Hwang ve Hu, 2013), matematik (Christy ve Fox, 2014), anatomi (Blum, Kleeberger, Bichlmeier ve Navab, 2012), mühendislik (Potkonjak vd., 2016), dil eğitimi (Taşkıran, Koral ve Bozkurt, 2015) gibi bir çok alanda uygulanmıştır. Bunun yanında, bu teknolojilerin öğrenme başarısı üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Ang ve Wang, 2006; Bayırtepe ve Tüzün, 2007; Chen, Chou ve Huang, 2016; Ibáñez, Di-Serio, Villarán ve Kloos, 2014; Mallory, 2012; Merchant vd., 2012; Sert, 2009; Topu, 2015; Tüzün, Yılmaz-Soylu, Karakuş, İnal ve Kızılkaya, 2009; Yıldırım ve Şahin, 2015; Wang, Duh, Li, Lin ve Tsai, 2014). Ancak eğitimde bu teknolojilerin öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü inceleyen araştırmaya literatürde rastlanamamıştır.

Eğitim ortamlarında kullanılması birçok pedagojik açıdan fayda sağlayan bu iki teknolojinin hazırlık, uygulama ve değerlendirme süreci oldukça zordur. Hem hazırlık hem de uygulama süreci ciddi bir emek, zaman ve para gerektirmektedir. Özellikle bu teknolojiler kullanılarak hazırlanacak uygulamaların bir ekiple oluşturulması şarttır ve bu hazırlık süreci uzun zaman almaktadır. Bu kadar emek isteyen uygulamaların eğitimde araştırmacılar ve öğretmenler tarafından kullanılması da zor olmaktadır. Bu noktada, bu benzer iki teknolojiden hangisinin belirlenen hedeflere uygun olarak kullanıldığında öğrenme başarısı üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğu merak konusudur. Yapılan bu çalışmayla bu iki teknolojiden hangisinin öğrenme başarısı üzerinde daha etkili olduğu sorusunun yanıtlanması hedeflenmiştir. Hedef, içerik ve öğrenme ortamının her iki teknolojinin de kullanımına uygun olduğu şartlarda bu iki teknolojiden hangisinin öğrenme başarısı üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğunun bilinmesi öğretim sürecinde zaman, para, emek ve insan kaynağı açısından tasarruf sağlayacağı düşünülmüştür.

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Bu araştırmanın amacı, meta-analiz yöntemi kullanarak, günümüz teknolojilerinden olan 3 boyutlu sanal ortam ve artırılmış gerçeklik ile oluşturulan uygulamaların kullanımının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini incelemektir. Çalışmada, “3 boyutlu sanal ortam ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkililiğini inceleyen deneysel çalışmalar bir araya getirildiğinde, bu teknolojiler kullanılarak oluşturulan uygulamalar ile yüz yüze ortam arasında, öğrenme başarısı bakımından anlamlı bir fark var mıdır?” sorusuna yanıt aranmıştır.

Bu genel amaç çerçevesinde aşağıda verilen alt problemlere cevap aranmıştır:

1. Üç boyutlu sanal ortamda öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?
2. Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?

Yapılan çalışmaların sonuçları ayrı ayrı değerlendirilip, bir bütün halinde yorumlanmaması bazen yanlış ya da eksik sonuçlar doğurabilmektedir. Literatür incelendiğinde deneysel çalışmalarla 3B sanal ortam ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini ortaya koyan çok sayıda çalışma olduğu görülmüş, ancak meta-analiz yöntemi kullanılarak bu çalışmaların bir bütün halinde yorumlandığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda, yapılan bu araştırmada 3B sanal ortam ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini konu alan çalışmalar birleştirilerek meta-analiz çalışması yürütülmüştür. Her bireysel çalışma için bir etki büyüklüğü hesaplamasının yanında 3B sanal ortamların ve artırılmış gerçekliğin öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortaya konmuştur.

- Bu sebeple, araştırma bu teknolojilerin eğitimde kullanımının öğrenme başarısı açısından ne kadar etkili olduğunu genel bir sonuç olarak vermesi açısından *önemli*,
- Günümüzün popüler ve eğitimde sıkça kullanılan teknolojilerinden olan 3B sanal ortam ve artırılmış gerçeklik teknolojisini ele alması bakımından *güncel*,
- Araştırmalarda yaygın olarak kullanılmayan ancak bireysel çalışmaların bulgularını güçlendirip, istatistiksel anlamlılığı arttıran meta-analiz yöntemini kullanmasıyla *gerekli*,
- Literatürde, 3B sanal ortam ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü inceleyen bir çalışmaya rastlanmaması nedeniyle *özgün* olarak görülmektedir.

Yöntem

Araştırmanın Modeli

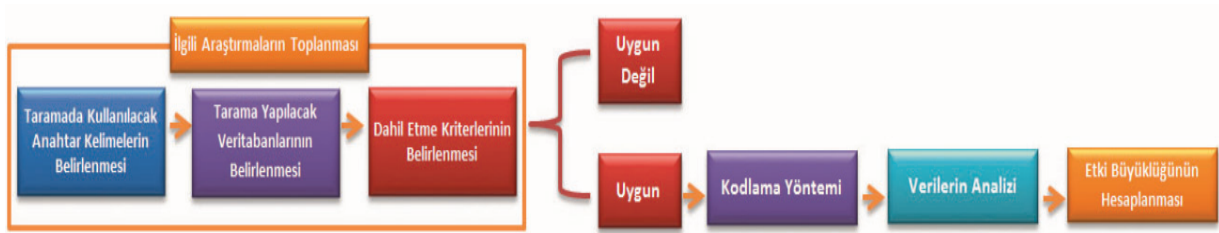
Bu araştırmada, sistematik sentezleme yöntemlerinden biri olan meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz, "istatistiksel metotların yardımıyla, belli bir konudaki bir grup çalışmanın sistematik bir şekilde özetlenmesidir" (Göçmen, 2004, s.189). Meta-analizin amacı, farklı çalışmalardan elde edilen sonuçları birleştirerek genel bir sonuç elde etmek veya bir çalışmaya ait sonuçları tekrar analiz etmektir (Dinçer, 2014). Bir araştırma kapsamında, meta-analiz yapılırken öncelikle *yayın yanlılığı* olup olmadığı incelenmelidir. Yayın yanlılığı, meta-analiz yönteminde sonuçları etkileyen önemli bir faktördür. Bir çalışmada, dâhil etme kriterlerine göre meta-analize dâhil edilen çalışmaların sayısı yeterli değilse veya sadece etkisi araştırılan yöntem lehine anlamlı bulgular elde eden çalışmalar meta-analize dâhil edilmişse, o araştırmada yayın yanlılığı çıkması kaçınılmazdır. Belirli bir düzeyin üzerindeki yayın yanlılığı, hesaplanacak olan ortalama etki büyüklüğü değerini etkiler ve değerlerin olması gerekenden daha yüksek çıkmasına sebep olur (Borenstein, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2009). Bu sebeple, araştırmacı çalışmaları belirlerken objektif olmalı, ilgili literatürü çok kapsamlı taramalı ve güvenilir bulduklarını meta-analize dâhil etmelidir. Etki büyüklüğünü ortaya koymadan önce gerekli yayın yanlılığı analizlerinin yapılması da oldukça önemlidir. Etki büyüklüğü, iki grubun ortalamaları arasındaki farkın büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılan tekniklerden biridir (Fraenkel, Wallen ve Hyun, 2012). Yapılan testin, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farka neden olması ölçülen etkinin anlamlı veya önemli olduğu anlamına gelmez bu yüzden araştırmalarda etki büyüklüğünün hesaplanması önemlidir (Field, 2009). Etki büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılan çeşitli formüllerin yanında en tanınmış olanı Cohen d'dir (Üstün ve Eryılmaz, 2014). Literatürde, en sıklıkla kullanılan etki büyüklükleri değerlerine aşağıdaki Tablo 1'de yer verilmiştir.

Tablo 1. Etki Büyüklükleri Sınıflandırmaları

Etki Büyüklükleri			
(Cohen, 1988)	(Cohen, Manion ve Morrison, 2007)	(Lipsey ve Wilson, 2001, aktaran Ferrer-Wreder, 2003)	(Thalheimer ve Cook, 2002)
d= ≤0.20 düşük düzeyde	.00< d <0.10 çok zayıf düzeyde etki	d ≤.30 düşük düzeyde	-0.15< d < 0.15 önemsiz düzeyde
d=0.50-0.80 orta düzeyde	0.10< d <0.30 zayıf düzeyde etki	≤.50 orta düzeyde	0.15 < d < 0.40 düşük düzeyde
d> 0.80 yüksek düzeyde	0.30< d <0.50 orta düzeyde etki	.67≥ d yüksek düzeyde	0.40 < d < 0.75 orta düzeyde
	0.50< d <0.80 güçlü düzeyde etki		0.75 < d < 1.10 yüksek düzeyde
	d≥ 0.80 çok güçlü düzeyde etki		1.10 < d < 1.45 çok yüksek düzeyde
			1.45 < d mükemmel düzeyde

Verilerin Toplanması

Bu araştırma kapsamında, meta-analiz yönteminin uygulanması sürecinde izlenen aşamalara Şekil 2’de yer verilmiş ve alt başlıklar şeklinde her bir süreç açıklanmıştır.

**Şekil 2.** Meta-Analiz Yönteminin Uygulanma Süreci

Şekil 2 incelendiğinde, meta analiz yönteminin uygulanması ilgili araştırmaların toplanması (anahtar kelimelerin belirlenmesi, veri tabanlarının belirlenmesi ve dahil etme kriterlerinin belirlenmesi) adımı ile başladığı görülmektedir. Dahil etme kriterlerine uygun olan çalışmalar kodlama yöntemi kullanılarak kodlanmakta ve analize tabi tutularak etki büyüklüğü hesaplanmaktadır. Dahil etme kriterlerine uygun olmayan çalışmalar ise meta-analiz sürecinin dışında tutulmaktadır.

Taramada Kullanılacak "Anahtar Sözcüklerin" Belirlenmesi

İlgili araştırmalara ulaşabilmek için tarama yapılacak veri tabanlarında kullanılmak üzere anahtar sözcükler belirlenmiştir. 3 boyutlu sanal ortamlar taramasına yönelik olarak belirlenen anahtar sözcükler: "3D virtual world" & achievement' ve "3D virtual environment" & achievement' olmuştur. Artırılmış gerçeklik taraması için belirlenen anahtar kelime ise "augmented reality" & achievement' olarak olmuştur.

Tarama Yapılacak Veri Tabanlarının Belirlenmesi

Araştırmada, taramanın yapılacağı veri tabanları "Science Direct", "ERIC", "Taylor & Francis", "EBSCO", "Emerald", "JSTOR", "SAGE", "SpringerLink" ve "Google Scholar" olarak belirlenmiştir. Bu veritabanları, eğitim alanında yaygın olarak kullanılan veri tabanları olması ve yayımlanan makalelerin tümünün elektronik ortamda paylaşılmış olması nedenleriyle seçilmiştir. Belirlenen anahtar kelimeler kullanılarak bu veri tabanlarında en son 26.09.2017 tarihinde bir tarama yapılmıştır. Kriter belirlemeden, "3D virtual world" & achievement' anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan ilk tarama sonucunda toplamda 1.502, "3D virtual environment" & achievement' anahtar kelimeleriyle toplamda 1.348, "augmented reality" & achievement anahtar kelimeleriyle ise 13.676 makale sayısına ulaşılmıştır.

Dâhil Etme Kriterlerinin Belirlenmesi

Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların seçiminde kullanılan kriterler şunlardır:

Kriter 1: Meta-analize dahil edilen çalışmaların zaman aralığı: 2010-2016 yılları arasında yapılmış olması.

Kriter 2: Yayınlanmış çalışma kaynakları: Hakemli ve elektronik akademik dergilerde yayınlanmış makaleler

Kriter 3: Çalışmalardaki araştırma yönteminin uygun olması: Meta-analiz çalışmalarında standartlaştırılmış etki büyüklüğüne ulaşabilmek için, dâhil edilen çalışmaların deneysel olması (deney ve kontrol gruplarının bulunması), bağımlı değişkenin öğrenme başarısını ölçebilmesi, bağımsız değişken olarak ise uygun teknolojilerin (3B sanal ortamlar ve artırılmış gerçeklik) kullanılmış olması olarak belirlenmiştir.

Kriter 4: Yeterli sayısal veri içermesi: Meta-analiz çalışması için gerekli olan etki büyüklüklerinin hesaplanabilmesi için, çalışmaya dâhil edilen araştırmaların deney ve kontrol gruplarına ilişkin betimsel istatistiklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla deney ve kontrol gruplarında aşağıda sunulan değerler araştırmaya dâhil edilmiştir:

1. Örneklem büyüklüğü (N)
2. Ortalama (\bar{x})
3. Standart Sapma (ss)
4. F değeri
5. t değeri
6. p değeri
7. Korelasyon katsayısı (r)

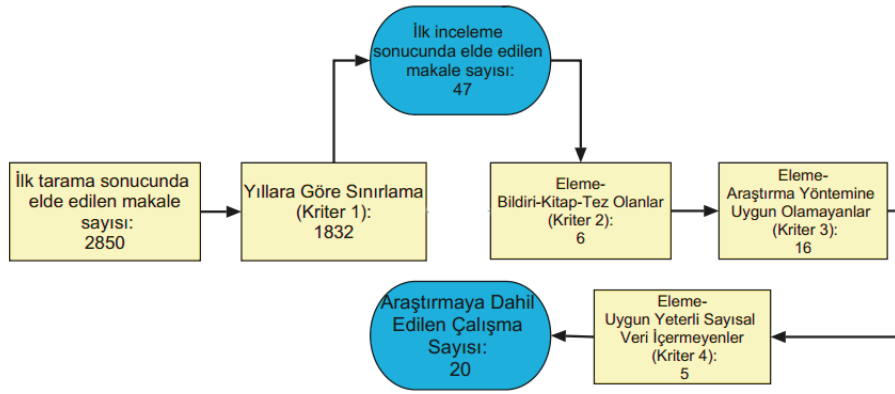
Yukarıda belirtilen veri tabanlarında, ilgili anahtar kelimeler kullanılarak yapılan taramadan sonra, araştırmada birinci dâhil etme kriteri olan zaman aralığı kısıtlaması uygulanmış ve incelenecek son makale sayılarına ulaşılmıştır. Elde edilen makale sayıları Tablo 2 ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Zaman Sınırlamasından Sonra Veritabanlarında Ulaşılan Uluslararası Makale Sayıları

Kullanılan Anahtar Kelime	Veri Tabanı*	Zaman Sınırlamasından Sonra Elde Edilen Makale Sayısı
"3D virtual world"& achievement	Science Direct	34
	ERIC	7
	Taylor & Francis	56
	EBSCO	18
	Emerald	13
	JSTOR	1
	SAGE	33
	SpringerLink	23
	Google Scholar	805
Toplam		990
"3D virtual environment"& achievement	Science Direct	29
	ERIC	18
	Taylor & Francis	49
	EBSCO	17
	Emerald	12
	JSTOR	1
	SAGE	45
	SpringerLink	24
	Google Scholar	647
Toplam		842
"augmented reality"& achievement	Science Direct	303
	ERIC	25
	Taylor & Francis	555
	EBSCO	284
	Emerald	170
	JSTOR	16
	SAGE	313
	SpringerLink	202
	Google Scholar	982
Toplam		2.850

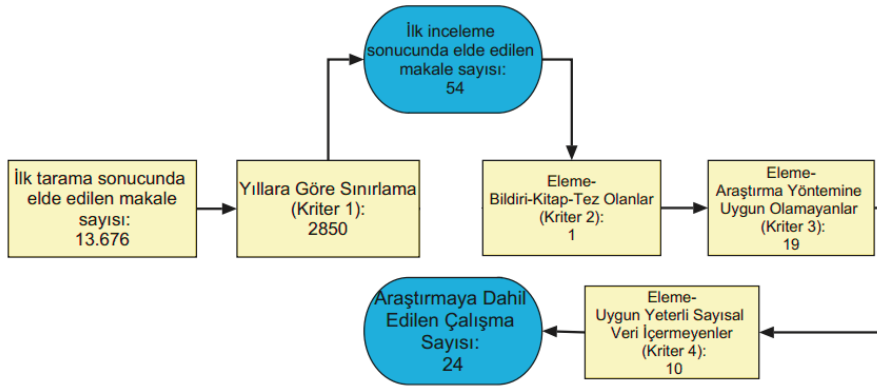
*Yapılan tarama sonucunda, veri tabanlarında yer alan ortak makaleler verilen sayıların dışında tutulmamıştır.

Yapılan taramaya birinci dâhil etme kriteri olan 2010-2016 yılları kısıtlaması getirildikten sonra toplamda 4.682 makale elde edilmiştir. Bu makaleler tek tek incelenerek, çalışmaların diğer kriterlere (2-3-4) uygun olup olmadığına bakılmıştır. İlk incelemeden sonra 3B sanal ortamlar için 47 makalenin, artırılmış gerçeklik için 54 makalenin araştırmaya dâhil edilebileceği düşünülmüştür. Daha sonra yapılan detaylı inceleme sonucunda, 3B sanal ortamlar için 47 çalışmadan 20'sinin; artırılmış gerçeklik için 54 makaleden 24'ünün tüm kriterleri sağladığı belirlenmiş ve meta-analize dâhil edilmiştir. Bu elemelerin nasıl yapıldığına ilişkin akış diyagramına Şekil 3-4'de yer verilmiştir.



Şekil 3. 3 Boyutlu Sanal Ortam Meta-Analizine Çalışmaların Dâhil Edilme Süreci

Şekil 3 incelendiğinde, 3 boyutlu sanal ortamla ilgili belirlenen anahtar kelimeler kullanılarak yapılan ilk tarama sonucunda 2850 makale sayısına ulaşıldığı görülmektedir. Bu taramadan sonra zaman sınırlaması (kriter 1) yapılarak, 1832 makale elde edilmiştir. Daha sonra 1832 makale tek tek incelenerek, araştırmaya uygun olabilecek makale sayısının ilk etapta 47 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen form kullanılarak makaleler kodlanmaya başlandığında, 6 makalenin kriter 2, 16 makalenin kriter 3, ve 5 makalenin ise kriter 4'e uygun olmaması sebebiyle araştırma dışında tutulmasına karar verilmiştir. Sonuç olarak, araştırmaya dâhil etmeye uygun olan makale sayısı 20 olarak belirlenmiştir. 3 boyutlu sanal ortam meta-analize dâhil edilen makalelere Ek-1'de yer verilmiştir. Ek-1 de 18 makale yer almaktadır. Bunun nedeni, Jong (2015) tarafından yapılan çalışmada, üç farklı analiz sonuçlarına ulaşılmış olduğundan dolayı, bu çalışmanın meta-analize üç kez dâhil edilmesidir.



Şekil 4. Artırılmış Gerçeklik Meta-Analizine Çalışmaların Dâhil Edilme Süreci

Şekil 4 incelendiğinde, artırılmış gerçeklikle ilgili belirlenen anahtar kelime kullanılarak yapılan ilk tarama sonucunda 13.676 makale sayısına ulaşıldığı görülmektedir. Bu taramadan sonra zaman sınırlaması (kriter 1) yapılarak, 2850 makale elde edilmiştir. Daha sonra 2850 makale tek tek incelenerek, araştırmaya uygun olabilecek makale sayısı ilk etapta 54 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen form kullanılarak makaleler kodlanmaya başlandığında, 1 makalenin kriter 2, 19 makalenin kriter 3 ve 10 makalenin ise kriter 4'e uygun olmaması sebebiyle araştırma dışında tutulmasına karar verilmiştir. Sonuç olarak, araştırmaya dâhil etmeye uygun olan makale sayısı 24 olarak belirlenmiştir. Artırılmış gerçeklik meta-analizine dâhil edilen makalelere Ek-2'de yer verilmiştir. Ek-2 de 22 makale yer almaktadır. Bunun nedeni, Zhang, Sung, Hou ve Chang (2014) ve Chu, Chen, Yang ve Lin (2016) tarafından yapılan çalışmalarda öğrenme başarısı bağımlı değişkenini ölçen iki farklı analiz sonuçlarına ulaşılmış olduğundan dolayı, bu çalışmaların meta-analize iki kez dâhil edilmesidir.

Çalışmaların Kodlanması

Meta-analizde dâhil edilme kriterlerine uygun olan çalışmalar belirlendikten sonra bu çalışmalar belli bir protokole uygun olarak kodlanmaktadır. Bunun yapılabilmesi için bir kodlama formuna ihtiyaç duyulmaktadır. Kodlama formu, hem belirlenen çalışmaların meta-analize dâhil edilme kriterlerine uygunluğunu kontrol etmek, hem de meta-analize dâhil olan çalışmalarda yer alan bilgilerin kodlanarak sayısal verilere dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan kodlama formunda, çalışma kimliği, çalışma içeriği, çalışma verileri olmak üzere üç bölüm yer almıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Kodlama Formunun Bölümleri ve İçeriği

Çalışma Kimliği	Çalışma İçeriği	Çalışma Verileri <i>Deney ve Kontrol grubuna ilişkin:</i>
Çalışma kodu (Kullanılan teknolojiye göre)	Uygulama düzeyi	Örneklem büyüklüğü (N)
Çalışmanın Başlığı	Uygulamanın yapıldığı ülke	Ortalama (\bar{X})
Çalışmanın Yazarı/Yazarları	Deney grubunda kullanılan öğretim yöntemi	Standart Sapma (ss)
Yayın Yılı	Kontrol grubunda kullanılan öğretim yöntemi	F değeri
Yayın Türü	Uygulama alanı/Ders	t değeri

Araştırmanın Güvenirliği ve Geçerliliği

Meta-analize dâhil edilen çalışmaların analizinde güvenirliliği sağlamak adına bu çalışmalar, makalenin birinci ve üçüncü yazarı tarafından kodlanmıştır. Kodlama formu, birinci yazar tarafından hazırlanmıştır. Kodlama sırasında, birinci yazara kodlayıcı1 ismi verilirken, üçüncü yazara kodlayıcı2 ismi verilmiştir. Kodlayıcıların elde ettiği sonuçlar arasındaki tutarlılığı incelemek adına Cohen's Kappa analizi yapılmıştır. 3B sanal ortam meta-analizine dâhil olan çalışmalara yönelik olarak yapılan kappa testi sonucuna göre kodlayıcılar arası uyum .929 olarak bulunmuştur. Artırılmış gerçeklik meta-analizine dâhil olan çalışmalara yönelik olarak yapılan kappa testi sonucuna göre ise kodlayıcılar arası uyum .907 olarak bulunmuştur. Viera ve Garret'in (2005) belirttiği uyum değerlerine göre .081-.099 arası mükemmel uyumu göstermektedir. Bu durumda, 3B sanal ortam meta-analizine dâhil olan çalışmaların kodlanmasında, kodlayıcılar arası mükemmel uyum olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Meta-analizde hesaplanan birleştirilmiş etki büyüklüğünün geçerliliği, analize dâhil olan diğer çalışmaların geçerliliğine bağlıdır (Petitti, 2000 Akt: Kış, 2013). Bu sebeple, meta-analize dâhil edilen tüm çalışmaların geçerli olması, yapılan meta-analiz çalışmasının da geçerli olmasını sağlayacaktır. Araştırma kapsamında meta-analize tabi tutulan 44 çalışma da incelenerek, geçerliliklerinin olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, yapılan bu araştırmanın geçerli olduğu söylenebilir.

Çalışma Moderatörleri

Çalışma moderatörleri, araştırmada hesaplanan etki büyüklüğüne etkisi olduğu düşünülen bağımsız değişkenlerdir. Bu araştırmaya etkisi olabilecek çalışma moderatörü "öğrenim düzeyi" olarak belirlenmiştir. Çalışma moderatörü ile ilgili yapılan analize bulgular bölümünde yer verilmiştir.

Verilerin Analizi

Araştırmada, verilerin analizinde, deney ve kontrol grupları karşılaştırıldığı için grup farklılığı meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Her araştırmaya ait etki büyüklüğünün hesaplanmasıyla varyansların ve grupların karşılaştırılması aşamasında Meta-Analiz için İstatiksel Paket Programı Comprehensive Meta Analysis (CMA) 2.2 kullanılmıştır. Araştırmada, meta-analize dâhil edilen her çalışmanın etki büyüklüğü hesaplandıktan sonra homojenlik testi de yapılmıştır. Yapılan bu homojenlik testinden sonra meta-analizde yer alan sabit veya rastgele etkiler modelinin her ikisinin de uygulanmasına karar verilmiştir. Çalışmada öncelikle sabit etkiler modeli kullanılmış, daha sonra ise rastgele etkiler modeli ile analiz yapılmıştır. Standardize edilmiş ortalamalar arası farkları tanımlayan

Cohen d istatistiği yapılarak etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Cohen d, ortalamaların birbirinden kaç standart sapma uzaklaştığını göstermektedir (Card, 2012; Borenstein vd., 2009 Akt: Kış, 2013).

Araştırmada, kodlayıcı güvenirliliği testi için Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 21.0 programından yararlanılmıştır. Çalışmada bütün istatistiksel hesaplamalar için anlamlılık düzeyi .05 olarak belirlenmiştir.

Bulgular

Bu bölümde, meta-analiz yöntemiyle elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

3 Boyutlu Sanal Ortam Kullanımının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğünün Analiz Bulguları

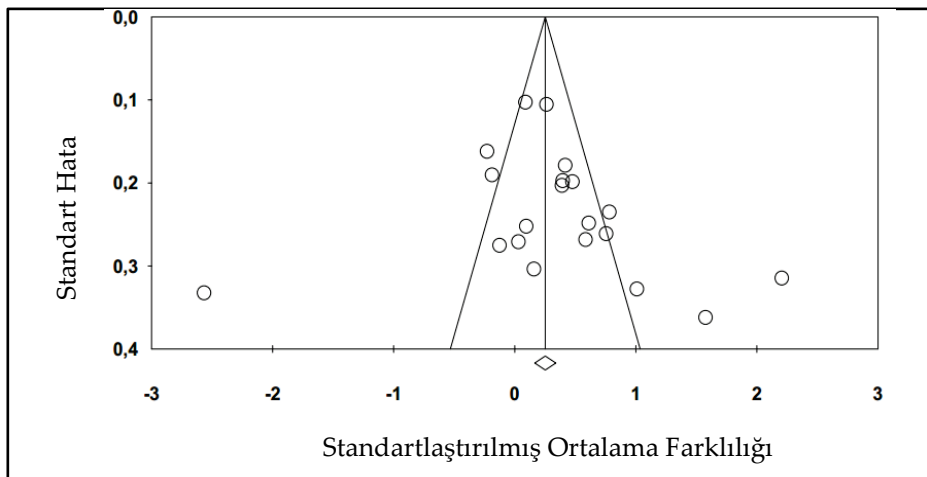
Araştırmanın birinci araştırma sorusu “Üç boyutlu sanal ortamda öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?” olarak belirlenmiştir. Bu probleme yanıt bulmak amacıyla, araştırmaya dâhil edilen çalışmalardaki ilgili veriler üzerinden gerekli analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, ulaşılan yayın yanlılığı, orman grafiği, sabit etkiler modeli, homojenlik testi, rastgele etkiler modeli ve moderatör analizine ilişkin bulgulara aşağıda yer verilmiştir.

Yayın Yanlılığı

Meta-analize başlamadan önce yayın yanlılığının olup olmadığının test edilmesi oldukça önem arz etmektedir (Kış, 2013). Bu sebeple, araştırmanın yayın yanlılığını test etmek için Huni grafiği, Orwin Güvenli N Sayısı, Egger testi yöntemi olmak üzere üç yöntem kullanılmıştır.

Huni Saçılım Grafiği Sonuçları:

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden biri huni saçılım grafiğidir. Huni saçılım grafiği, Y ekseninde çalışmaya ait standart hata değeri (SH) ile X ekseninde etki büyüklüğü (EB)'nü göstermektedir. Bu grafiğe göre “yayın yanlılığı yoktur” sonucuna varabilmek için, dâhil edilen çalışmaların genel etki büyüklüğü (huni içindeki orta dikey çizgi) etrafında simetrik olarak dağıldığını ve standart hata değerinin sıfıra doğru (grafiğin üst bölümüne doğru) olan kısmına daha yoğun olarak serpiştiğini görsel olarak belirlemek gerekmektedir. Standart hata değeri küçük olan çalışmalar huni şeklinin üst kısmına doğru ve ortalama etki büyüklüğünün yakınında toplanır, büyük olan çalışmalar ise grafiğin alt kısmına doğru kayarlar ve dikey çizginin sadece bir bölümünde toplanırlar (Borenstein vd., 2009; Şad, Kış, Demir ve Özer, 2016). Araştırmaya ait huni dağılım grafiği sonuçları Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. 3 Boyutlu Sanal Ortamların Öğrenme Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Yayın Yanlılığına İlişkin Huni Saçılım Grafiği

Bu grafiğe göre çalışmalarda simetriklik olduğu, ancak grafiğin orta kısmında yoğunlaşma olduğu izlenmektedir. Bu sonuç, yayın yanlılığı olmadığı sonucunu güçlendirmektedir. Ancak, bu sonuç diğer analizlerin de incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Orwin Güvenli N Sayısı Sonuçları (Orwin Fail-Safe N):

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden bir diğeri *Orwin Güvenli N Sayısı* testidir. 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı Orwin Güvenli N Sayısı testi ile incelenmiştir. Bu test elde edilen genel etki büyüklüğünün (sabit etkiler modeli için $d=0,252$) etkisizlik düzeyine $d=0,00$ inmesi için kaç çalışmaya daha ihtiyaç duyulduğunun hesaplanması için kullanılır. Bu sonuç, bu çalışma için 485 adet çalışmadır. Bu sayının, dâhil edilen çalışma sayısının en az 5-10 katı olması önerilmektedir. Hâlbuki bu sonuç ($485/20 = 24,25$) bu kriterin çok üzerindedir. Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların dışında, belirlenen kriterlerde 485 çalışmaya daha ulaşılması olası olmadığından, bu sonuç araştırmada yayın yanlılığı olmadığı bir diğer göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Egger Testi Sonuçları:

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden diğeri ise *Egger testi*dir. 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı Egger testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. 3 Boyutlu Sanal Ortamların Öğrenme Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Yayın Yanlılığına İlişkin Egger Testi Sonuçları

Kesişme (Intercept)	1.48527
Standart Hata	1.78191
%95 Alt Limit (2 tailed)	-2.25838
%95 Üst Limit (2 tailed)	5.22893
t-değeri	0.83353
Sd	18.00000
p-değeri (1 tailed)	0.20774
p-değeri (2 tailed)	0.41547

Huni grafiğinin asimetric olup olmadığını test eden bu analiz sonucunun p değerinin, istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması huni grafiğinin asimetric olmadığı sonucuna götürmektedir ($p=0.42$, $p>.05$). Bu sonuç, çalışmada yayın yanlılığı olmadığı bir diğer kanıttır.

3B Sanal Ortamın Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Analizinin Birleştirilmemiş Bulguları

Meta-analiz yaparken her bir çalışmanın etki derecesini hesaplamak gerekir. 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri, büyük etki büyüklüğü değerinden küçük etki büyüklüğü değerine doğru sıralanmış şekilde, standart hata ve %95’lik güvenilirlik aralığına göre alt ve üst sınırları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. 3 Boyutlu Sanal Ortamların Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklükleri

Çalışma (Yazar, Yıl)	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	P
Jong, 2015c	2,206	0,315	0,099	1,589	2,822	7,011	0,000
Ijaz, Bogdanovych ve Trescak, 2016	1.576	0.362	0.131	0.866	2.285	4.353	0.000
Adamo-Vilani ve Dib, 2012	1.009	0.328	0.107	0.367	1.651	3.079	0.002
Chee ve Tan, 2012	0.781	0.235	0.055	0.321	1.242	3.324	0.001
Su ve Cheng, 2013	0.755	0.261	0.068	0.243	1.266	2.891	0.004
Chung, 2012	0.612	0.248	0,062	0,125	1,098	2,463	0,014
Hwang ve Hu, 2013	0,585	0,268	0,072	0,059	1,110	2,181	0,029
Chau ve diğerleri, 2013	0,477	0,198	0,039	0,088	0,866	2,404	0,016
Sun, Lin ve Wang, 2010	0,417	0,179	0,032	0,066	0,767	2,331	0,020
Jou ve Liu, 2012	0,396	0,197	0,039	0,010	0,783	2,010	0,044
Jacobson, Taylor ve Richards, 2016	0,390	0,203	0,041	-0,008	0,788	1,922	0,055
Lee ve Wong, 2014	0,262	0,105	0,011	0,055	0,468	2,485	0,013
Güzel ve Aydin, 2016	0,159	0,304	0,092	-0,437	0,754	0,522	0,602
Jong, 2015b	0,095	0,252	0,064	-0,399	0,589	0,376	0,707
Merchant ve diğerleri, 2013	0,088	0,103	0,011	-0,113	0,289	0,858	0,391
Tüzün ve Özdiç, 2016	0,031	0,271	0,073	-0,500	0,561	0,113	0,910
Zaharias, Michael ve Chrysanthou, 2013	-0,125	0,275	0,076	-0,664	0,414	-0,456	0,648
Okutsu, DeLaurentis, Brophy ve Lambert, 2013	-0,188	0,190	0,036	-0,561	0,185	-0,988	0,323
Sun ve Chan, 2013	-0,229	0,162	0,026	-0,546	0,088	-1,414	0,157
Jong, 2015a	-2,566	0,332	0,110	-3,217	-1,914	-7,719	0,000

Tablo 5'e göre, 2180 kişinin katıldığı (1078 deney grubu, 1105 kontrol grubu) 20 çalışmanın 3B sanal ortamın öğrenme başarısı üzerindeki standardize edilmiş etki büyüklükleri $d=-2,566$ ile $d= 2,206$ arasında değişmektedir. Bu çalışmalardan, 12'sinin sonucu istatistiksel anlamlılığa sahipken ($p<.05$), kalan 8 çalışmada istatistiksel anlamlılığa ($p>.05$) ulaşamamıştır. 20 çalışmanın 16'sında, öğrenme başarısı tek boyutlu ölçme aracı kullanılarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Kalan 4 çalışmada ise birden fazla alt boyutları olan ölçme aracı kullanılarak, 3D'nin öğrenme başarısı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3B Sanal Ortamın Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Sabit Etkiler Modeline Göre Bulguları

3B sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri sabit etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü, standart hata ve %95'lik güvenirlilik aralığına göre alt ve üst sınırları olarak Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. 3B Sanal Ortamların Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Sabit Etkiler Modeline Göre Bulguları

Çalışma	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	P
Sabit Etkiler Modeli	0.252	0.044	0.002	0.165	0.339	5.693	0.00

Tablo 6'da, 3B ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların, sabit etkiler modeline göre elde edilen verileri görülmektedir. Bu model sonucuna göre, ortalama etki büyüklüğü değeri $d=0.25$, ortalama etki büyüklüğünün standart hatası $SH=0.044$, ortalama etki

büyükliğünün güven aralığı üst sınır 0.33 ve alt sınır 0.16 olarak hesaplanmıştır. İstatiksel anlamlılık, Z testine göre hesaplandığında $Z=5.693$ değerinin ($p=0.00$, $p<.05$) anlamlı olduğu görülmüştür.

Meta-analize dâhil edilen 20 çalışmadaki veriler sabit etkiler modeline göre deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Etki büyüklüğü değerine bakıldığında ise, 0.25 ile Cohen (1988) sınıflamasına göre orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer sınıflamalara göre ise düşük düzeyde bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Cohen, Manion ve Morrison, 2007; Lipsey ve Wilson, 2001; Thalheimer ve Cook, 2002).

Homojenlik Testi, Q ve I² İstatistiği

Yapılan test sonucunda, meta-analize dâhil edilen bireysel çalışmaların homojen çıkması durumunda, sabit etkiler modeli uygulanır. Bu sebeple, araştırmamanın sabit etkiler modeli üzerinden devam etmesinin uygun olup olmadığını incelemek amacıyla homojenlik testi yapılmıştır. Yapılan test sonuçlarına Tablo 7'de yer verilmiştir.

Tablo 7. 3B Sanal Ortamların Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Etki Büyüklüğü Dağılımının Homojenlik Testi Sonuçları

Q Değeri	df (Q)	p	I ² değeri
164,459	19	0.00	88.447

3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etkisini gösteren etki büyüklükleri arasında homojenlik testi sonucuna göre anlamlı farklılık bulunmuştur. ($Q=164,45$; $p<.05$). Bu durumda, dağılımın homojen olmadığı (heterojen olduğu) sonucuna ulaşılmıştır.

Q testinin bir tamamlayıcısı olan I² testi, Q testinin aksine çalışma sayısından etkilenmemektedir. Cooper, Hedges ve Valentine (2009), I² değerinin, %25 civarı seviyelerde düşük düzey, %50 civarı seviyelerde orta düzey, %75 ve üstünde olmasının ise yüksek düzeyde heterojenliği ifade ettiğini belirtmiştir. Bu araştırmada, sabit etkiler modeline göre, elde edilen ortalama etki büyüklüğü 0.25 için I² değeri %88 ile yüksek düzeyde heterojenliği göstermektedir. Elde edilen değerlere göre, 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik meta-analiz için seçilen çalışmaların etki büyüklüğü ortalamaları birbirinden uzak ve heterojen dağılım göstermektedir.

Bu doğrultuda, meta-analize dâhil edilen bireysel çalışmaların heterojen dağılması nedeniyle araştırmada rastgele etkiler modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

3B Sanal Ortamın Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Rastgele Etkiler Modeline Göre Bulguları

3B sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü, standart hata ve %95'lik güvenilirlik aralığına göre alt ve üst sınırları olarak Tablo 8'de verilmektedir.

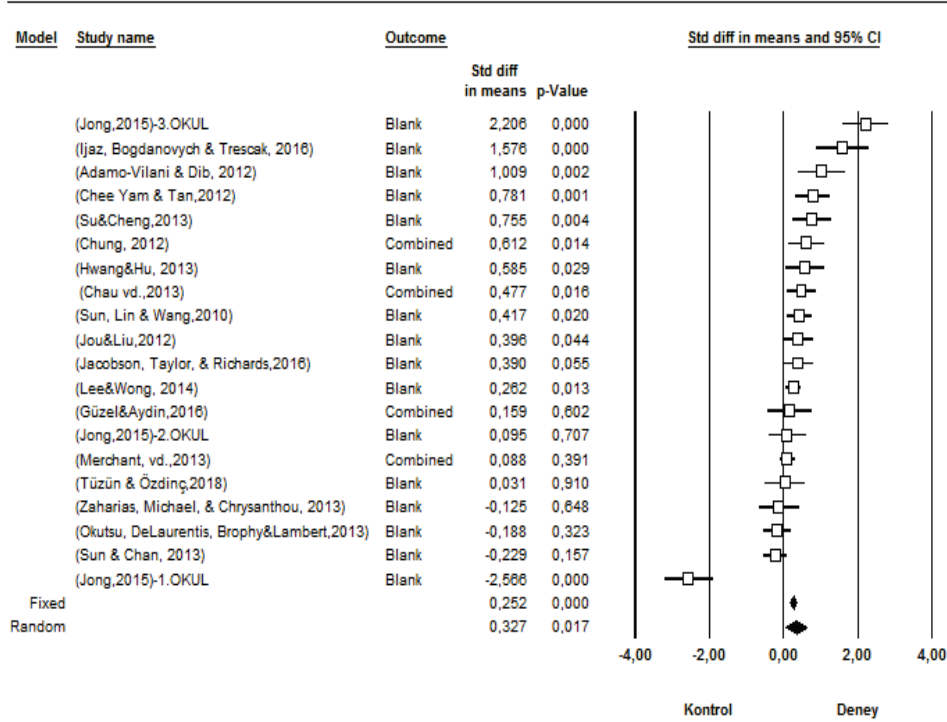
Tablo 8. 3B Sanal Ortamların Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Rastgele Etkiler Modeline Göre Bulguları

Çalışma	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	p
Rastgele Etkiler Modeli	0.327	0.137	0.019	0.059	0.595	2.390	0.017

Tablo 8'e göre, meta-analize dâhil edilen 20 çalışmadaki veriler rastgele etkiler modeline göre; 0.137 standart hata ve %95'lik güven aralığının üst sınırı 0.595 ve alt sınırı 0.059 ile etki büyüklüğü değeri 0.327 olarak belirlenmiştir. İstatiksel anlamlılık, z testine göre hesaplandığında z değeri 2.390, p değeri ise 0.017 ($p<.05$) bulunarak, istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya konmuştur. Yapılan analiz sonucu, deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yani, deney grubunda uygulanan 3B sanal ortamda öğrenmenin, kontrol grubundaki yüz yüze ortamda öğrenmeye

göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi daha büyüktür. Cohen (1988), Cohen ve diğerleri (2007) ve Lipsey ve Wilson'un (2001) yaptığı etki büyüklüğü sınıflamalarına göre, araştırma sonucunda bulunan etki büyüklüğü değerinin, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Thalheimer ve Cook (2002) sınıflamasına göre ise bulunan etki büyüklüğü değeri, düşük etki düzeyi kategorisine girmektedir.

Şekil 6'da, öğrenme başarısına göre deney ve kontrol gruplarının etki büyüklükleri sabit ve rastgele etkiler modellerine göre orman grafiği ile verilmiştir.



Şekil 6. Öğrenme Başarısına göre Deney ve Kontrol Gruplarının Etki Büyüklüklerinin Sabit ve Rastgele Etkiler Modelinde Orman Grafiği

Şekil 6 incelendiğinde, hem sabit hem de rastgele etkiler modelinde birleştirilmiş etki büyüklüğünün deney grubu lehine, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Meta-analiz sonucuna göre sadece son 4 çalışma kontrol grubu lehine sonuçlanırken, kalan 16 çalışma deney grubu lehine sonuç vermiştir. Üstelik bu 4 çalışmanın sadece biri istatistiksel anlamlılığa sahip iken kalan 3'ünün istatistiksel anlamlılığı bulunmamaktadır.

3B Sanal Ortamların Öğrenme Başarıları Üzerindeki Etki Büyüklüğünün Uygulama Düzeyine Göre Moderatör Analizi

Etki büyüklüğü arasındaki farklılığın nedenlerinden biri de meta-analize dâhil edilen çalışmalara ait moderatör değişkenler olabilir. Bu sebeple, araştırmada moderatör değişken olarak uygulama düzeyi belirlenmiş ve analiz edilmiştir. Meta-analiz çalışmasına dâhil edilen, 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, yapıldığı uygulama düzeyine göre ilkökul, lisans, lise ve ortaokul olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Uygulama düzeyi moderatörüne ilişkin ortalama etki büyüklüğü verisi içeren 10 çalışma lisans, 4'er çalışma ilkökul ve liseyi, 2 çalışma ise ortaokulu uygulama düzeyi olarak seçmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Öğrenme Başarısı Değişkenine İlişkin Uygulama Düzeyi Moderatörünün Analiz Sonuçları

Uygulama Düzeyi	N	Ort EB	SH	%95 CI		z	p	Heterojenlik		
				Alt Sınır	Üst Sınır			Q	df	P
Lisans	10	0.433	0.138	0.163	0.703	3.139	0.002			
İlkokul	4	0.151	0.206	-0.253	0.555	0.733	0.464			
Lise	4	0.006	0.702	-1.369	1.381	0.009	0.993			
Ortaokul	2	0.568	0.195	0.186	0.949	2.914	0.004			
Ara Toplam								2.572	3	0.462
Toplam	20	0.395	0.098	0.203	0.587	4.039	0.000			

Tablo 9’da görüldüğü gibi, uygulama düzeyi gruplarına ait ortalama etki büyüklüğü değerleri, uygulama düzeyi olarak lisansı seçen çalışmalar için 0.433 (CI 0.163-0.703, $p < .05$), ilkokulu seçen çalışmalar için 0.151 (CI -0.253-0.555, $p > .05$), liseyi seçen çalışmalar için 0.006 (CI -1.369-1.381, $p > .05$), ortaokulu seçen çalışmalar için ise 0.568 (CI 0.186-0.949, $p < .05$) olarak bulunmuştur. Uygulama düzeyi moderatörü için çalışmalar arası varyans istatistiksel olarak anlamlı değildir (QB= 2.572, $p > .05$). Çalışmanın örnekleminin lisans, ilkokul, lise ve ortaokul olarak seçilmesinin, 3 boyutlu sanal ortamların öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü değiştirmedeği belirlenmiştir.

Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğünün Analiz Bulguları

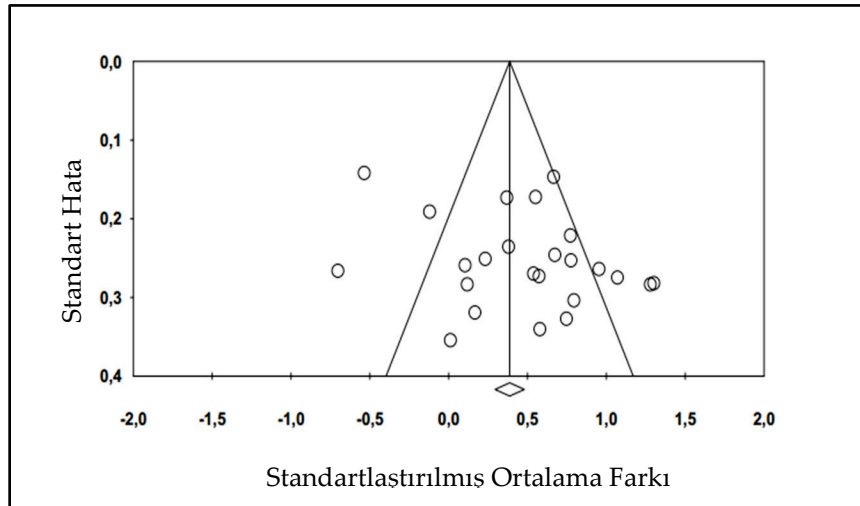
Araştırmanın ikinci araştırma sorusu “Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?” olarak belirlenmiştir. Bu probleme yanıt bulmak amacıyla, araştırmaya dâhil edilen çalışmalardaki ilgili veriler üzerinden gerekli analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, ulaşılan yayın yanlılığı, orman grafiği, sabit etkiler modeli, homojenlik testi, rastgele etkiler modeli ve moderatör analizine ilişkin bulgulara aşağıda yer verilmiştir.

Yayın Yanlılığı

Meta-analize başlamadan önce yayın yayınlığının olup olmadığının test edilmesi oldukça önem arz etmektedir (Kış, 2013). Bu sebeple, araştırmanın yayın yanlılığını test etmek için Huni grafiği, Orwin Güvenli N Sayısı, Egger testi yöntemi olmak üzere üç yöntem kullanılmıştır.

Huni Saçılım Grafiği Sonuçları:

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden biri huni saçılım grafiğidir. Huni saçılım grafiği, Y ekseninde çalışmaya ait standart hata değeri (SH) ile X ekseninde etki büyüklüğü (EB)’nü göstermektedir. Bu grafiğe göre “yayın yanlılığı yoktur” sonucuna varabilmek için, dâhil edilen çalışmaların genel etki büyüklüğü (huni içindeki orta dikey çizgi) etrafında simetrik olarak dağıldığını ve standart hata değerinin sıfıra doğru (grafikğin üst bölümüne doğru) olan kısmına daha yoğun olarak serpiildiğini görsel olarak belirlemek gerekmektedir. Araştırmaya ait huni dağılım grafiği sonuçları Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Yayın Yanlılığına İlişkin Huni Saçılım Grafiği

Bu grafiğe göre çalışmalarda simetriklik olduğu, ancak grafiğin orta kısmında yoğunlaşma olduğu izlenmektedir. Bu sonuç, yayın yanlılığı olmadığı sonucunu güçlendirmektedir. Ancak, bu sonuç diğer analizlerin de incelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Orwin Güvenli N Sayısı Sonuçları (Orwin Fail-Safe N):

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden bir diğeri *Orwin Güvenli N Sayısı* testidir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrenme başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı Orwin Güvenli N Sayısı testi ile incelenmiştir. Bu test elde edilen genel etki büyüklüğünün (sabit etkiler modeli için $d=0,387$) etkisizlik düzeyine $d=0,00$ inmesi için kaç çalışmaya daha ihtiyaç duyulduğunun hesaplanması için kullanılır. Bu sonuç, bu çalışma için 905 adet çalışmadır. Bu sayının, dâhil edilen çalışma sayısının en az 5-10 katı olması önerilmektedir. Hâlbuki bu sonuç ($905/24 = 37,70$) bu kriterin çok üzerindedir. Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların dışında, belirlenen kriterlerde 905 çalışmaya daha ulaşılması olası olmadığından, bu sonuç araştırmada yayın yanlılığı olmadığını bir diğer göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Egger Testi Sonuçları:

Meta-analiz sonucunun yayın yanlılığı testlerinden diğeri ise *Egger testi*dir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısına etkisini inceleyen çalışmaların yayın yanlılığı Egger testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısına Etkisini İnceleyen Çalışmaların Yayın Yanlılığına İlişkin Egger Testi Sonuçları

Kesişme (Intercept)	2.89286
Standart Hata	1.68180
%95 Alt Limit (2 tailed)	-0.59498
%95 Üst Limit (2 tailed)	6.38070
t-değeri	1.72010
sd	22.00000
P-değeri (1 tailed)	0.04973
P-değeri (2 tailed)	0.09945

Huni grafiğinin asimetrik olup olmadığını test eden bu analiz sonucunun p değerinin, istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması huni grafiğinin asimetrik olmadığı sonucuna götürmektedir ($p=0,099$, $p>0,05$). Bu sonuç, çalışmada yayın yanlılığı olmadığını bir diğer kanıttır.

Artırılmış Gerçekliğin Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Analizinin Birleştirilmemiş Bulguları

Meta-analiz yaparken her bir çalışmanın etki derecesini hesaplamak gerekir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri, büyük etki büyüklüğü değerinden küçük etki büyüklüğü değerine doğru sıralanmış şekilde, standart hata ve %95'lik güvenilirlik aralığına göre alt ve üst sınırları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklükleri

Çalışma (Yazar, Yıl)	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	P
Solak ve Çakır,2016	1,301	0,282	0,079	0,749	1,854	4,616	0,000
Chang ve Liu, 2013	1,279	0,283	0,080	0,724	1,834	4,513	0,000
Yang, Hwang, Hung ve Tseng, 2013	1,071	0,275	0,075	0,532	1,609	3,898	0,000
Liu ve Chu, 2010	0,954	0,264	0,070	0,437	1,471	3,615	0,000
Gutierrez ve Meneses Fernandez, 2014	0,794	0,304	0,092	0,199	1,390	2,617	0,009
Zhang, Sung, Hou ve Chang, 2014b	0,776	0,253	0,064	0,280	1,271	3,068	0,002
Chang ve diğerleri, 2014	0,772	0,221	0,049	0,339	1,206	3,491	0,000
Lin, Duh, Li, Wang ve Tsai, 2013	0,747	0,327	0,107	0,106	1,388	2,284	0,022
Küçük, Kapakin ve Göktaş, 2016	0,673	0,246	0,060	0,191	1,155	2,739	0,006
Ferrer-Torregrosa,Torralba, Jimenez, Garcia ve Barcia, 2015	0,666	0,147	0,021	0,378	0,953	4,539	0,000
Chu, Chen, Yang ve Lin, 2016a	0,579	0,340	0,116	-0,088	1,245	1,700	0,089
Tarng, Lin, Lin ve Ou,2016	0,573	0,273	0,074	0,038	1,108	2,100	0,036
Gopalan, Zulkifli ve Abubakar, 2016	0,551	0,172	0,030	0,214	0,889	3,201	0,001
Chiang, Yang ve Hwang, 2014	0,538	0,270	0,073	0,009	1,066	1,994	0,046
Zhang, Sung, Hou ve Chang, 2014a	0,380	0,235	0,055 -	-0,082	0,841	1,613	0,107
Jee, Lim, Youn ve Lee, 2014	0,368	0,173	0,030	0,029	0,708	2,128	0,033
Hsiao, Chang, Lin ve Wang, 2016	0,232	0,251	0,063	-0,260	0,724	0,924	0,355
Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier ve Van Schooneveld, 2012	0,166	0,319	0,102	-0,459	0,792	0,521	0,602
Cai, Chiang ve Wang, 2013	0,118	0,283	0,080 -	-0,438	0,673	0,416	0,678
Ibáñez, Di Serio, Villarán ve Kloos, 2014	0,104	0,259	0,067	-0,404	0,612	0,402	0,688
Chu ve diğerleri, 2016b	0,011	0,354	0,125	-0,683	0,705	0,031	0,975
Chen ve Tsai,2012	-0,121	0,191	0,036	-0,495	0,253	-0,633	0,526
Hsiao, Chen ve Huang,2012	-0,535	0,142	0,020	-0,813	-0,258	-3,777	0,000
Tarng, Ou, You, Liou ve Liou, 2015	-0,703	0,266	0,071	-1,224	-0,181	-2,641	0,008

Tablo 11'e göre, 1937 kişinin katıldığı (1000 deney grubu, 937 kontrol grubu) 24 çalışmanın artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki standardize edilmiş etki büyüklükleri $d=-0,703$ ile $d=1,301$ arasında değişmektedir. Bu çalışmalardan, 16'sının sonucu istatistiksel anlamlılığa sahipken ($p<.05$), kalan 8 çalışmada istatistiksel anlamlılığa ($p>.05$) ulaşamamıştır. 24 çalışmanın 20'sinde, öğrenme başarısı tek boyutlu ölçme aracı kullanılarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Kalan 4 çalışmada ise birden fazla alt boyutları olan ölçme aracı kullanılarak, artırılmış gerçekliğin öğrenme başarısı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Sabit Etkiler Modeline Göre Bulguları

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri sabit etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü, standart hata ve %95'lik güvenilirlik aralığına göre alt ve üst sınırları olarak Tablo 12'de verilmektedir.

Tablo 12. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Sabit Etkiler Modeline Göre Bulguları

Çalışma	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	p
Sabit Etkiler Modeli	0,387	0.047	0.002	0.294	0.480	8.159	0.00

Tablo 12'de artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların, sabit etkiler modeline göre etki büyüklüğü değeri görülmektedir. Bu model sonucuna göre, ortalama etki büyüklüğü değeri $d=0.387$, ortalama etki büyüklüğünün standart hatası $SH=0.047$, ortalama etki büyüklüğünün güven aralığı üst sınır 0.48 ve alt sınır 0.29 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel anlamlılık, z testine göre hesaplandığında $z=8.159$ değerinin ($p=0.00$, $p<.05$) anlamlı olduğu görülmüştür.

Meta-analize dâhil edilen 24 çalışmadaki veriler sabit etkiler modeline göre deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Etki büyüklüğü değerine bakıldığında ise, 0.38 ile Cohen (1988), Cohen ve diğerleri (2007) ve Lipsey ve Wilson (2001) sınıflamasına göre orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Thalheimer ve Cook'un (2002) yaptığı sınıflamaya göre ise düşük düzeyde bir etkisi olduğu söylenebilir.

Homojenlik Testi, Q ve I² İstatistiği

Yapılan test sonucunda, meta-analize dâhil edilen bireysel çalışmaların homojen çıkması durumunda, sabit etkiler modeli uygulanır. Bu sebeple, araştırmanın sabit etkiler modeli üzerinden devam etmesinin uygun olup olmadığını incelemek amacıyla homojenlik testi yapılmıştır. Yapılan homojenlik testi sonuçlarına Tablo 13'de yer verilmiştir.

Tablo 13. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etkisine İlişkin Etki Büyüklüğü Dağılımının Homojenlik Testi Sonuçları

Q Değeri	df (Q)	p	I ² değeri
116,900	23	0.00	80.325

Bu meta-analiz çalışmasına sabit etki modelinin uygun olup olmadığını belirlemek için yapılan homojenlik testi sonucuna göre ($Q=116.90$; $p<.05$) çalışmalar arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durumda, dağılımın homojen olmadığı (heterojen olduğu) sonucuna ulaşılmıştır.

Q testinin bir tamamlayıcısı olan I² testi, Q testinin aksine çalışma sayısından etkilenmemekte olup, etki büyüklüğüne ilişkin toplam varyansın oranını göstermektedir (Kış, 2013). Cooper ve diğerleri (2009), I²değerinin, %25 civarı seviyelerde düşük düzey, %50 civarı seviyelerde orta düzey, %75 ve üstünde olmasının ise yüksek düzeyde heterojenliği ifade ettiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, sabit etkiler modeline göre, elde edilen ortalama etki büyüklüğü 0.387 için I² değeri %80 ile yüksek düzeyde heterojenliği göstermektedir. Elde edilen değerlere göre, artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik meta-analiz için seçilen çalışmaların etki büyüklüğü ortalamaları birbirinden uzak ve heterojen dağılım göstermektedir.

Bu doğrultuda, meta-analize dâhil edilen bireysel çalışmaların heterojen dağılımı nedeniyle çalışmada rastgele etkiler modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Rastgele Etkiler Modeline Göre Bulguları

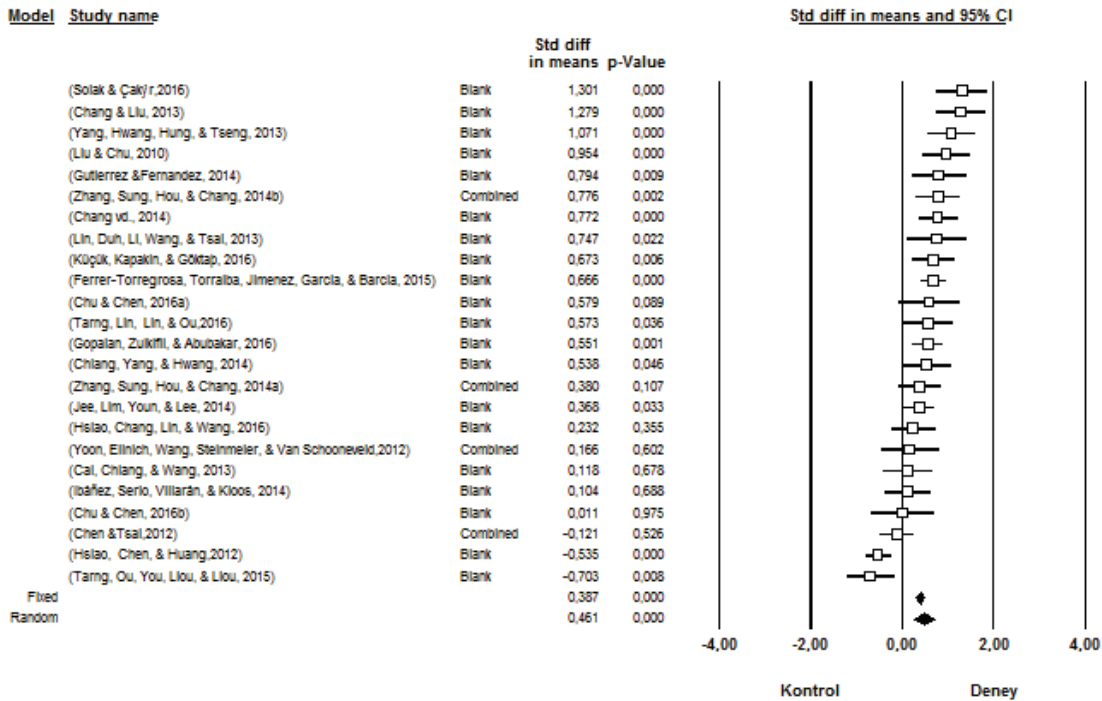
Artırılmış gerçeklik uygulamalarının, öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre ortalama etki büyüklüğü, standart hata ve %95'lik güvenirlilik aralığına göre alt ve üst sınırları olarak Tablo 14'de verilmektedir.

Tablo 14. Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etki Büyüklüğü Meta Analizinin Rastgele Etkiler Modeline Göre Bulguları

Çalışma	Etki Büyüklüğü (d)	Standart Hata	Varyans	Alt Sınır	Üst Sınır	Z Değeri	p
Rastgele Etkiler Modeli	0,461	0.110	0.012	0.245	0.676	4.196	0.000

Tablo 14'e göre, meta-analize dâhil edilen 24 çalışmadaki veriler rastgele etkiler modeline göre; 0.110 standart hata ve %95'lik güven aralığının üst sınırı 0.676 ve alt sınırı 0.245 ile etki büyüklüğü değeri 0.461 olarak belirlenmiştir. İstatiksel anlamlılık, z testine göre hesaplandığında z değeri 4.196, p değeri ise 0.000 ($p < .05$) bulunarak, istatiksel olarak anlamlı olduğu ortaya konmuştur. Yapılan analiz sonucu, deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yani, deney grubunda uygulanan artırılmış gerçeklik uygulamaları ile yapılan öğrenmenin, kontrol grubundaki yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi daha büyüktür. Cohen (1988), Cohen ve diğerleri (2007), Lipsey ve Wilson (2001) ve Thalheimer ve Cook'un (2002) yaptığı etki büyüklüğü sınıflamalarına göre, araştırma sonucunda bulunan etki büyüklüğü değerinin, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Şekil 8'de, öğrenme başarısına göre deney ve kontrol gruplarının etki büyüklükleri sabit ve rastgele etkiler modellerine göre orman grafiği ile verilmiştir.



Şekil 8. Öğrenme Başarısına göre Deney ve Kontrol Gruplarının Etki Büyüklüklerinin Sabit ve Rastgele Etkiler Modelinde Orman Grafiği

Şekil 8 incelendiğinde, hem sabit hem de rastgele etkiler modelinde birleştirilmiş etki büyüklüğünün deney grubu lehine, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Meta-analiz sonucuna göre sadece son 4 çalışma kontrol grubu lehine sonuçlanırken, kalan 20 çalışma deney grubu lehine sonuç vermiştir. Üstelik bu 4 çalışmanın sadece ikisi istatistiksel anlamlılığa sahip iken diğer 2'sinin istatistiksel anlamlılığı bulunmamaktadır.

Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarıları Üzerindeki Etki Büyüklüğünün Uygulama Düzeyine Göre Moderatör Analizi

Etki büyüklüğü arasındaki farklılığın nedenlerinden biri de meta-analize dâhil edilen çalışmalara ait moderatör değişkenler olabilir. Bu sebeple, araştırmada moderatör değişken olarak uygulama düzeyi belirlenmiş ve analiz edilmiştir. Meta-analiz çalışmasına dâhil edilen, artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, yapıldığı uygulama düzeyine göre ilkökul, lisans ve ortaokul olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Uygulama düzeyi moderatörüne ilişkin ortalama etki büyüklüğü verisi içeren 11 çalışma ortaokul, 6 çalışma ilkökul ve 5 çalışma ise lisans uygulama düzeyi olarak seçmiştir. Moderatör analizinde, alt grup sayısının 2-8 arasında olması gerekmektedir (Pincus vd., 2011). Bu sebeple, uygulama düzeyini lisansüstü olarak seçen bir çalışma (Chang ve Liu, 2013); ve uygulama düzeyini lise olarak seçen diğer bir çalışma (Ibáñez vd., 2014) analiz dışı tutulmuştur (Tablo 15).

Tablo 15. Öğrenme Başarısı Değişkenine İlişkin Uygulama Düzeyi Moderatörünün Analiz Sonuçları

Uygulama Düzeyi	N	Ort EB	SH	%95 CI		z	p	Heterojenlik		
				Alt Sınır	Üst Sınır			Q	df	p
Ortaokul	11	0,448	0,194	0,068	0,828	2,311	0,021			
İlkokul	6	0,207	0,196	-0,178	0,592	1,055	0,292			
Lisans	5	0,709	0,098	0,516	0,901	7,216	0,000			
Ara Toplam								5,787	2	0,055
Toplam	22	0,581	0,080	0,424	0,738	7,262	0,000			

Tablo 15'de görüldüğü gibi, uygulama düzeyi gruplarına ait ortalama etki büyüklüğü değerleri, uygulama düzeyi olarak ortaokulu seçen çalışmalar için 0.448 (CI 0.068-0.828, $p < .05$), ilkökulu seçen çalışmalar için 0.207 (CI -0.178-0.592, $p > .05$), lisansı seçen çalışmalar için 0,709 (CI 0.516-0.901, $p < .05$) olarak bulunmuştur. Uygulama düzeyi moderatörü için çalışmalar arası varyans istatistiksel olarak anlamlı değildir (QB= 5.787, $p > .05$). Çalışmanın örnekleminin ortaokul, ilkökul ve lisans olarak seçilmesinin, artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü değiştirmediği belirlenmiştir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada belirlenen ilk alt problem, *3 boyutlu sanal ortamda öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?* olmuştur. Bu probleme yanıt bulmak amacıyla, 20 çalışmanın meta-analizi yapılmıştır. Meta-analiz çalışmasında, öncelikle sabit etkiler modeli uygulanmıştır. Bu model sonucuna göre, ortalama etki büyüklüğü değeri $d=0.25$ olarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu modelin, araştırmada kullanılmasının uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla homojenlik testi yapılmıştır. Homojenlik testi sonucuna göre, anlamlı farklılık bulunmuş, çalışmaların etki büyüklüğü dağılımının heterojen olduğu, yani homojen olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($Q=164,45$; $p < .05$). Cooper ve diğerleri (2009), I^2 değerinin, %25 civarı seviyelerde düşük düzey, %50 civarı seviyelerde orta düzey, %75 ve üstünde olmasının ise yüksek düzeyde heterojenliği ifade ettiğini belirtmiştir. Araştırmada elde edilen, I^2 değerinin %88 ile yüksek düzeyde heterojenliği gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle araştırmada, sabit etkiler modeli yerine rastgele etkiler modeli tercih edilmiştir. Rastgele etkiler modeline göre meta-analize dâhil edilen çalışmaların başarıya olan etki büyüklükleri ortalaması 0.32 olarak hesaplanmıştır. Cohen (1988), Cohen ve diğerlerinin (2007) ve Lipsey ve Wilson'un (2001) yaptığı etki büyüklüğü sınıflamalarına göre, araştırma sonucunda bulunan etki büyüklüğü değerinin, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Thalheimer ve Cook

(2002) sınıflamasına göre ise bulunan etki büyüklüğü değeri, düşük etki düzeyi kategorisine girmektedir. Yapılan analiz sonucu, deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yani, deney grubunda uygulanan 3B sanal ortamda yapılan öğrenmenin, kontrol grubunda yüz yüze ortamda yapılan öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisinin daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Literatür incelendiğinde, elde edilen bulguya benzer sonuçları olan çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmalarda da, 3B sanal ortamın kullanıldığı deney grubu öğrencilerinin, geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubu öğrencilerine göre öğrenme başarılarının daha yüksek olduğu bulunmuştur (Arici, 2008; Chau vd., 2013; Chee ve Tan, 2012; Chung, 2012; Hwang ve Hu, 2013; Ijaz, Bogdanovych ve Trescak, 2016; Jacobson, Taylor ve Richards, 2016; Jou ve Liu, 2012; Ketelhut, Dede, Clark ve Nelson, 2006; Lee ve Wong, 2014; Papachristos vd., 2014; Phungsuk, Viriyavejakul ve Ratanaolarn, 2017; Su ve Cheng, 2013; Sun, Lin ve Wang, 2010; Tüzün vd. 2009). Bakar, Tüzün ve Çağıltay (2008) yaptıkları çalışmada, öğrencilerin sosyal bilgiler dersinde kullandıkları üç-boyutlu çok-kullanıcı ortamı geleneksel anlatım yöntemine tercih ettikleri belirlenmiştir. Diğer taraftan, bazı araştırma sonuçları ise 3 boyutlu sanal ortam kullanan öğrenciler ile geleneksel öğrenim yapan öğrenciler arasında öğrenme başarısı açısından anlamlı fark olmadığını ortaya konmuştur (Adamo-Vilani ve Dib, 2012; Bayırtepe ve Tüzün, 2007; Güzel ve Aydın, 2016; Mallory, 2012; Merchant, vd., 2013; Okutsu, DeLaurentis, Brophy ve Lambert, 2013; Sert, 2009; Sun ve Chan, 2013; Tüzün ve Özdiç, 2016; Wrzesien ve Raya, 2010; Zaharias, Machael ve Chrysanthou, 2013).

Bu çalışmada belirlenen ikinci alt problem ise *Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenmenin, yüz yüze ortamda öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisi nedir?* olmuştur. Bu probleme yanıt bulmak amacıyla, 24 çalışmanın meta-analizi yapılmıştır. Meta-analiz çalışmasında, öncelikle sabit etkiler modeli uygulanmıştır. Bu model sonucuna göre, ortalama etki büyüklüğü değeri $d=0.387$ olarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu modelin, çalışmada kullanılmasının uygun olup olmadığını belirlemek amacıyla homojenlik testi yapılmıştır. Homojenlik testi sonucuna göre, anlamlı farklılık bulunmuş, çalışmaların etki büyüklüğü dağılımının heterojen olduğu, yani homojen olmadığı sonucuna ulaşılmıştır ($Q=116,9$; $p<.05$). Cooper ve diğerleri (2009), I^2 değerinin, %25 civarı seviyelerde düşük düzey, %50 civarı seviyelerde orta düzey, %75 ve üstünde olmasının ise yüksek düzeyde heterojenliği ifade ettiğini belirtmiştir. Araştırmada elde edilen, I^2 değerinin %80 ile yüksek düzeyde heterojenliği gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada, sabit etkiler modeli yerine rastgele etkiler modeli tercih edilmiştir. Rastgele etkiler modeline göre meta-analize dâhil edilen çalışmaların başarıya olan etki büyüklükleri ortalaması 0.46 olarak hesaplanmıştır. Cohen (1988), Cohen ve diğerleri (2007), Lipsey ve Wilson (2001) ve Thalheimer ve Cook'un (2002) yaptığı etki büyüklüğü sınıflamalarına göre, araştırma sonucunda bulunan etki büyüklüğü değerinin, orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucu, deney grubu lehine öğrenme başarısının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yani, deney grubunda uygulanan artırılmış gerçeklik uygulamaları ile yapılan öğrenmenin, kontrol grubunda yüz yüze ortamda yapılan öğrenmeye göre öğrenme başarısı üzerindeki etkisinin daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Literatür incelendiğinde, elde edilen bulguya benzer sonuçları olan çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışmalarda da, artırılmış gerçekliğin kullanıldığı deney grubu öğrencilerinin, geleneksel öğretimin yapıldığı kontrol grubu öğrencilerine göre öğrenme başarılarının daha yüksek olduğu bulunmuştur (Chang ve Liu, 2013; Chang vd., 2014; Chiang, Yang, ve Hwang, 2014; Ferrer-Torregrosa, Torralba, Jimenez, Garcia ve Barcia, 2015; Gopalan, Zulkifli ve Abubakar, 2016; Gutierrez ve Meneses Fernandez, 2014; Hsiao, Chang, Lin ve Wang, 2016; Ibáñez vd., 2014; Küçük, Kapakin ve Göktaş, 2016; Lin, Duh, Li, Wang ve Tsai, 2013; Liu ve Chu, 2010; Solak ve Çakır, 2016; Tarng, Lin, Lin ve Ou, 2016; Yang, Hwang, Hung ve Tseng, 2013; Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier ve Van Schooneveld, 2012). Diğer taraftan, bazı araştırma sonuçları ise artırılmış gerçeklik uygulamalarını kullanan öğrenciler ile geleneksel öğrenim yapan öğrenciler arasında öğrenme başarısı açısından anlamlı fark olmadığını ortaya koymuştur (Baysan, 2015; Cai, Chiang ve Wang, 2013; Chen ve Tsai, 2012; Chu vd., 2016; Erbaş, 2016; Hsiao, Chen ve Huang, 2012). Tarng, Ou, Yu, Liou ve Liou (2015) tarafından yapılan çalışmada kelebeklerin yaşamı ünitesini, deney grubu mobil artırılmış gerçeklik uygulamasını kullanarak öğrenirken, kontrol grubu evinde kelebekleri gözlemleyerek

öğrenmiştir. Deneysel uygulama sonucunda, kontrol grubunun öğrenme etkililiği deney grubuna göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde, birçok teknolojiden faydalanılarak hazırlanan uygulamaların öğrenme başarısı üzerindeki etkilerini konu alan çalışmaların meta-analizleri ile karşılaştırılmıştır (Sitzmann, 2011; Vogel vd., 2006; Güzeller ve Üstünel, 2016; Sung, Chang ve Liu, 2016; Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt ve Davis, 2014). Sitzmann (2011) ve Vogel ve diğerleri (2006) bilgisayar destekli oyun ve simülasyonların öğrenme kazanımları üzerindeki etkisini meta-analiz çalışması yaparak incelemişlerdir. Analiz sonucunda bu teknolojilerin, öğrenme kazanımları üzerinde olumlu yönde etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Güzeller ve Üstünel (2016) ise mobil öğrenmenin akademik başarı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu konuyla ilgili olan deneysel çalışmalar belirlenerek meta-analize tabi tutulmuştur. 10 çalışma üzerinden yapılan meta-analiz sonucunda mobil öğrenmenin akademik başarı üzerinde olumlu yönde etkisi olduğu belirlenmiştir. Analiz sonucunda, mobil öğrenmenin akademik başarı üzerindeki etki büyüklüğü 0.84 olarak bulunmuştur. Cohen (1988) sınıflamasına göre bu değer yüksek düzeyde bir etkinin olduğunu göstermektedir. Sung ve diğerleri (2016) mobil araçların (laptop, cep telefonu, pda vb.) eğitim-öğretime olan etkisini incelemek için 110 deneysel ve yarı-deneysel çalışma meta-analize tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda etki büyüklüğü 0.52 olarak bulunmuştur. Tekedere ve Göker (2016) yaptıkları meta-analiz çalışmasında, artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitimde kullanımını incelemiştir. 2005-2015 yılları arasında yayımlanmış olan 171 çalışmadan 15'inin araştırmanın kriterlerine uygun olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu çalışmalarla yapılan meta-analiz çalışmasında, artırılmış gerçekliğin eğitimde kullanımına yönelik etki büyüklüğü değeri 0.677 olarak belirlenmiştir. Thalheimer ve Cook'un (2002) sınıflamasına göre orta düzeyde bir etki büyüklüğüne sahip olduğu ortaya konmuştur. Araştırma sonucunda, eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımının öğrenciler üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Merchant ve diğerleri (2014) yaptığı çalışmada, oyun, simülasyon ve sanal dünya teknolojilerinin K-12 veya lise seviyesindeki kullanımını meta-analiz yaparak incelemiştir. Oyun ile ilgili 3081 çalışma içerisinde 13'ünün; simülasyon ile ilgili ise 2553 çalışma içerisinde 29'unun kriterlere uygun olduğu belirlenerek, meta-analizde dahil edilmiştir. 3B sanal ortamlar ile ilgili 2798 çalışma incelenerek, 27 çalışmanın kriterlere uygun olduğu belirlenmiş ve meta-analiz çalışması yapılmıştır. Araştırma sonucunda, oyunun öğrenme kazanımları üzerindeki etki büyüklüğü rastgele etkiler modeline göre $d=0.51$ olarak belirlenmiştir. Simülasyon ve 3B sanal ortamların öğrenme kazanımları üzerindeki etki büyüklüğü ise rastgele etkiler modeline göre $d=0.41$ olarak bulunmuştur. Araştırma sonucuna göre, oyun teknolojisi öğrenme kazanımları üzerinde simülasyon ve sanal dünyalara göre daha yüksek bir etkiye sahiptir. Bu sonuca benzer olarak, yapılan bu araştırma sonucunda ise artırılmış gerçeklik teknolojisinin ($d=0.46$), 3B sanal ortama göre (0.32) öğrenme başarısı üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğu görülmüştür. Artırılmış gerçeklikte, gerçek nesnelere üzerine 3B sanal nesnelere eklenerek oluşturulan bir ortam varken, 3B sanal ortamlarda tamamen bir yapaylık (sanallık) söz konusudur. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında, öğrenme etkinlikleri gerçek ortamlarda yapılırken, 3B sanal ortamlarda etkinliklerinin tamamı sanal bir çevrede gerçekleştirilmektedir (Abdüsselam, Beşikdüzü ve Karal, 2012). Artırılmış gerçekliğin eş zamanlı etkileşim imkânı tanınması ve yüz-yüze eğitim fırsatı sağlaması çalışmada elde edilen bu sonucun bir sebebi olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan meta-analiz sonuçlarına göre 3 boyutlu sanal ortamların deney grubu lehine öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde bir etki büyüklüğü ($d=0.32$) olduğu görülmüştür. Bu sonuca benzer olarak, artırılmış gerçeklik uygulamalarının da deney grubu lehine öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde bir etkiye ($d=0.46$) sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak artırılmış gerçeklik teknolojisinin, 3B sanal ortama göre öğrenme başarısı üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuç, artırılmış gerçekliğin öğrenme başarısı sağlamada/kazandırmada 3B sanal ortama göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Ancak bu çalışmada öğrenme başarısı değişkeni incelendiğinden, diğer değişkenlerle alakalı genel bir değerlendirme yapılamamakla birlikte uygun koşullar (emek, para, insan kaynakları, zaman vb.) oluşturulduğunda artırılmış gerçekliğin daha

etkili bir çözüm sunduğu söylenebilir. Bunun sebebinin de artırılmış gerçekliğin yapısı/doğası gereği gerçek ortamla olan ilişkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüz-yüze eğitim söz konusu olduğunda artırılmış gerçeklik gerek sağladığı gerçek ortam desteği, gerekse etki büyüklüğü dikkate alındığında 3B sanal ortamlara göre daha etkili olabilir.

Bu iki ortam bir arada düşünüldüğünde, öğretim tasarımı yaparken öğrenme koşulları bireylerin gerçek ortamlardaki nesnelere veya konumlara göre desteklenmesini gerektiriyorsa veya bunları daha çok sağlayabiliyorsa artırılmış gerçeklik, öğrenme koşulları nesne ve konum özelliklerini gerektirmiyor veya bu özellikleri sağlayamıyorsa 3B sanal ortamlar tercih edilebilir. Hangi teknolojinin seçileceği önemli olmakla birlikte, öğrenme amacı göz ardı edilmemesi gereken noktalardan biridir. Dolayısıyla öğrenme koşulları her iki durumu da sağlamaya uygunsuzsa etki büyüklüğünü göz önüne alarak artırılmış gerçeklik uygulamalarının tercih edilebileceği bu araştırma sonucuyla ortaya konmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak araştırmaya yönelik öneriler getirilmiştir:

1. Öğrenme başarısı açısından artırılmış gerçeklik uygulamalarının etki büyüklüğünün 3B sanal ortama göre daha yüksek çıkması nedeniyle, sınıf ortamının uygun öğrenme koşulları mevcutsa artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı tercih edilebilir.
2. 3B sanal ortamlar ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin öğrenme başarısı üzerindeki etkisini konu alan az sayıda deneysel çalışmaya ulaşılmıştır. Bunun yanında, araştırma sonucunda bu teknolojilerin öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Bu sebeple, bu konuda daha fazla deneysel çalışma yapılabilir.
3. 3B sanal ortam ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme başarısı üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu sonucundan yola çıkarak öğrenme başarısı düşük olan gruplar başta olmak üzere bu teknolojiler tüm öğretim seviyelerinde uygulanabilir.

Kaynakça

- Abdüsselam, M. S., Beşikdüzü, M. Y. O. ve 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.
- Adamo-Villani, N. ve Dib, H. (2012). Evaluating technology-based educational interventions: A review of two projects. *Journal of Educational Technology Systems*, 41(4), 295-317.
- Ang, K. H. ve Wang, Q. (2006). A case study of engaging primary school students in learning science by using active worlds. R. Philip, A. Voerman ve J. Dalziel (Ed.), *Proceedings of the First International LAMS Conference 2006: Designing the Future of Learning* içinde (s. 5-14).
- Arici, A. D. (2008). *Meeting kids at their own game: a comparison of learning and engagement in traditional and three-dimensional MUVE educational gaming contexts* (Unpublished doctoral dissertation). Indiana University, Indiana.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality presence: *Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf> adresinden erişildi.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. ve MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*, 21(6), 34-47.
- Babur, A. (2016). *Artırılmış gerçeklik, benzetim ve gerçek nesne kullanımının öğrenme başarılarına, motivasyonlarına ve psikomotor performanslarına etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Bainbridge, W. S. (2007). The scientific research potential of virtual worlds. *Science*, 317(5837), 472-476.
- Bakar, A., Tüzün, H. ve Çağiltay, K. (2008). Öğrencilerin eğitsel bilgisayar oyunu kullanımına ilişkin görüşleri: sosyal bilgiler dersi örneği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 35, 27-37.
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R. ve Hakan, T. (2005). Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research and Development*, 53(1), 86-107.
- Bayırtepe, E. ve Tüzün, H. (2007). Oyun-tabanlı öğrenme ortamlarının öğrencilerin bilgisayar dersindeki başarıları ve öz-yeterlik algıları üzerine etkileri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 33, 41-54.
- Baysan, E. (2015). *Arttırılmış gerçeklik kitap (ag-kitap) kullanımının öğrencilerin akademik başarısına etkisi ve ortamlarla ilgili öğrenci görüşleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Blum, T., Kleeberger, V., Bichlmeier, C. ve Navab, N. (2012). Miracle: an augmented reality magic mirror system for anatomy education. *2012 IEEE Virtual Reality Workshops (VRW)*, 115-116. doi: 10.1109/VR.2012.6180909
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. ve Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. West Sussex-UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Boud, A. C., Haniff, D. J., Baber, C. ve Steiner, S. J. (1999). Virtual reality and augmented reality as a training tool for assembly tasks. *1999 IEEE International Conference on Information Visualization (Cat. No. PR00210)*, 32-36. doi: 10.1109/IV.1999.781532
- Brasil, I. S., Neto, F. M. M., Chagas, J. F. S., Lima, R. M. d, Souza, D. F. L., Bonates, M. F. ve Dantas, A. (2011). An intelligent agent-based virtual game for oil drilling operators training. *2011 XIII Symposium on Virtual Reality*, 9-17. doi: 10.1109/SVR.2011.13.
- Cai, S., Chiang, F. K. ve Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.
- Cai, S., Wang, X. ve Chiang, F. K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40. doi: 10.1016/j.chb.2014.04.018
- Card, N. A. (2012). *Applied meta-analysis for social science research*. New York: The Guilford Press.

- Chang, K. E., Chang, C. T., Hou, H. T., Sung, Y. T., Chao, H. L. ve Lee, C. M. (2014). Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Computers & Education*, 71, 185-197.
- Chang, Y. H. ve Liu, J. (2013). Applying an AR technique to enhance situated heritage learning in a ubiquitous learning environment. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(3), 21-32.
- Chatzidimitris, T., Gavalas, D. ve Michael, D. (2016). SoundPacman: Audio augmented reality in location-based games. *2016 18th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)*, 1-6. doi: 10.1109/MELCON.2016.7495414
- Chau, M., Wong, A., Wang, M., Lai, S., Chan, K. W., Li, T. M., ... W. K. (2013). Using 3D virtual environments to facilitate students in constructivist learning. *Decision Support Systems*, 56, 115-121.
- Chee, Y. S. ve Tan, K. C. D. (2012). Becoming chemists through game-based inquiry learning: The case of legends of Alkhimia. *Electronic Journal of e-Learning*, 10(2), 185-198.
- Chen, C. H., Chou, Y. Y. ve 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. ve Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.
- Chiang, T. H., Yang, S. J. ve Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352.
- Christy, K. R. ve Fox, J. (2014). Leaderboards in a virtual classroom: A test of stereotype threat and social comparison explanations for women's math performance. *Computers & Education*, 78, 66-77.
- Chu, H. C., Chen, J. M., Yang, K. H. ve Lin, C. W. (2016). Development and application of a repertory grid-oriented knowledge construction augmented reality learning system for context-aware ubiquitous learning. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(1-2), 40-60.
- Chung, L. Y. (2012). Incorporating 3D-virtual reality into language learning. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 6(6), 249-255.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. bs.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Cohen, L., Manion, L. ve Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. London: Routledge-Falmer.
- Cooper, H., Hedges, L. V. ve Valentine, J. C. (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (2. bs.). New York: Russell Sage Publication.
- Dalgarno, B. (2002). The potential of 3d virtual learning environments: A constructivist analysis. *Electronic Journal of Instructional Science and Technology*, 5(2), 1-19.
- Dalgarno, B. ve Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances of 3-d virtual environments?. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
- De Jong, F. P. C. M., Van Der Meijden, H. ve Von Berg, J. (2005). 3D learning in the workplace and at school: playing, learning, or both? *Educational Technology*, 45, 5, 30-34.
- Delucia, A., Francese, R., Passero, I. ve Tortora, G. (2009). Development and evaluation of a virtual campus on Second Life: The case of Second DMI. *Computers & Education*, 52(1), 220-233.
- Dickey, M. D. (2005a). Brave new (interactive) worlds: A review of the design affordances and constraints of two 3D virtual worlds as interactive learning environments. *Interactive Learning Environments*, 13(1-2), 121-137.
- Dickey, M. D. (2005b). Three-dimensional virtual worlds and distance learning: two case studies of active worlds as a medium for distance education. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 439-451.

- Dinçer, G. D. (2008). *Sanal dünyaların uzaktan eğitim danışmanlık hizmetlerinde kullanımı: Second life örneği* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Dinçer, S. (2014). *Eğitim bilimlerinde uygulamalı meta-analiz* (1. bs.). Ankara: Pegem Akademi.
- Dunleavy, M. ve Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen ve M. J. Bishop (Ed.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* içinde (s. 735-745). doi: 10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Erbaş Ç. (2016). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı ve motivasyonuna etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erlanson, B. E., Nelson, B. C. ve Wilhelmina, C. S. (2010). Collaboration modality, cognitive load, and science inquiry learning in virtual inquiry environments. *Educational Technology Research and Development*, 58(6), 693-710.
- Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., García, S. ve Barcia, J. M. (2015). ARBOOK: development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 119-124.
- Ferrer-Wreder, L., Stattin, H., Lorente, C. C., Tubman, J. G. ve Adamsson, L. (2003). *Successful prevention and youth development programs: Across borders*. Springer Science & Business Media.
- Fetscherin, M. ve Lattemann, C. (2008). User acceptance of virtual worlds. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3), 231-242.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3. bs.). London: Sage Publications Ltd.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. ve Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8. bs.). New York: McGraw-Hill.
- Gervautz, M. Ve Schmalstieg, D. (2012). Anywhere interfaces using handheld augmented reality. *IEEE Computer*, 45(7), 26-31. doi: 10.1109/MC.2012.72
- Gopalan, V., Zulkifli, A. N. ve Abu Bakar, J. A. (2016). Conventional approach vs augmented reality textbook on learning performance: A study in science learning among secondary school students. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 31(5), 19-26.
- Göçmen, G. (2004). Meta analizin genel bir değerlendirmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7, 186-192.
- Gutierrez, J. M. ve Meneses Fernandez, M. D. (2014). Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance & student motivation. *International Journal of Engineering Education*, 30(3), 625-635.
- Güzel, S. ve Aydın, S. (2016). The effect of second life on speaking achievement. *Global Journal of Foreign Language Teaching*, 6(4), 236-245.
- Güzeller, C. ve Üstünel, F. (2016). Mobil öğrenmenin öğrenci başarısına etkisi: bir meta analiz çalışması. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23, 528-561. doi: 10.14520/adyusbd.54760
- Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y. ve 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.
- Hsiao, K. F., Chen, N. S. ve Huang, S. Y. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20(4), 331-349.
- Hwang, W. Y. ve Hu, S. S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computers & Education*, 62, 308-319.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. ve Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.

- İbili, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Ijaz, K., Bogdanovych, A. ve Trescak, T. (2016). Virtual worlds vs books and videos in history education. *Interactive Learning Environments*, 25(7), 904-929.
- Jacobson, M. J., Taylor, C. E. ve Richards, D. (2016). Computational scientific inquiry with virtual worlds and agent-based models: new ways of doing science to learn science. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 2080-2108.
- Jarmon, L., Traphagan, T., Mayrath, M. ve Trivedi, A. (2008). *Exploration of learning in Second Life in an interdisciplinary communication course*. American Educational Research Association'de (AERA) sunulmuş sözlü bildiri, New York.
- Jee, H. K., Lim, S., Youn, J. ve Lee, J. (2014). An augmented reality-based authoring tool for E-learning applications. *Multimedia Tools and Applications*, 68(2), 225-235.
- Jong, M. S. (2015). Does online game-based learning work in formal education at school? A case study of VISOLE. *Curriculum Journal*, 26(2), 249-267.
- Jou, M. ve Liu, C. C. (2012). Application of semantic approaches and interactive virtual technology to improve teaching effectiveness. *Interactive Learning Environments*, 20(5), 441-449.
- Kayabaşı, Y. (2005). Sanal gerçeklik ve eğitim amaçlı kullanılması. *Turkish Online*, 4(3), 151-158.
- Ketelhut, D. J., Dede, C., Clarke, J. ve Nelson, B. (2006). *A Multi-user virtual environment for building higher order inquiry skills in science*. American Educational Research Association'da sunulmuş sözlü bildiri, San Francisco, CA.
- Kıış, A. (2013). *Okul müdürlerinin öğretimsel liderlik davranışlarını gösterme düzeylerine ilişkin yönetici ve öğretmen görüşlerine yönelik bir meta-analiz* (Yayımlanmamış doktora tezi). İnönü Üniversitesi, Erzurum.
- Küçük, S., Kapakin, S. ve Göktaş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. *Anatomical sciences education*, 9(5), 411-421.
- Lamata, P., Freudenthal, A., Cano, A., Kalkofen, D., Schmalstieg, D., Naerum, E., ... Gómez, E. J. (2010). Augmented reality for minimally invasive surgery: overview and some recent advances. S. Maad (Ed.), *Augmented Reality* (s. 74-98). doi: 10.5772/7128
- Lee, E. A. L. ve Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58.
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
- Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y. ve Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.
- Lipsey, M. W. ve Wilson, D. B. (2001). *Practical meta-analysis*. Sage Publications, Inc.
- Liu, T. Y. ve Chu, Y. L. (2010). Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, 55(2), 630-643.
- Mallory, C. R. (2012). *Evaluating learning outcomes in introductory chemistry using virtual laboratories to support inquiry based instruction* (Yayımlanmamış doktora tezi). Capella University, Minneapolis.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O. M., Cifuentes, L. ve Davis, T. J. (2012). The learner characteristics, features of desktop 3d virtual reality environments, and college chemistry instruction: a structural equation modeling analysis. *Computers & Education*, 59(2), 551-568.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. ve Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40.

- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Cifuentes, L., Kwok, O. ve Davis, T. J. (2013). Exploring 3-D virtual reality technology for spatial ability and chemistry achievement. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 579-590.
- Milgram, P. ve Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. ve Kishino, F. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. H. Das (Ed.), *Proceedings of Telemicrooperator and Telepresence Technologies (SPIE) Vol: 2351*, içinde (s. 282-292).
- Minocha, S. ve Roberts, D. (2008). Laying the groundwork for socialization and knowledge construction within 3-d virtual worlds. *Association for Learning Technology Journal*, 16(3), 181-196.
- Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., and Camahort, E. (2008). Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. *New Aspects of Engineering Education*, 271-277. <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2008/crete/education/education43.pdf> adresinden erişildi.
- Okutsu, M., DeLaurentis, D., Brophy, S. ve Lambert, J. (2013). Teaching an aerospace engineering design course via virtual worlds: A comparative assessment of learning outcomes. *Computers & Education*, 60(1), 288-298.
- Omale, N. M. (2010). *Exploring the use of 3-D multi-user virtual environments for online problem-based learning* (Yayımlanmamış doktora tezi). Northern Illinois University, Illinois.
- Papachristos, N. M., Vrellis, I., Natsis, A. ve Mikropoulos, T. A. (2014). The role of environment design in an educational multi-user virtual environment. *British Journal of Educational Technology*, 45(4), 636-646.
- Phungsuk, R., Viriyavejakul, C. ve Ratanaolarn, T. (2017). Development of a problem-based learning model via a virtual learning environment. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 1-10.
- Pincus, T., Miles, C., Froud, R., Underwood, M., Carnes, D. ve Taylor, S. J. C. (2011). Methodological criteria for the assessment of moderators in systematic reviews of randomised controlled trials: a consensus study. *BMC Medical Research Methodology*, 11(14). doi: 10.1186/1471-2288-11-14
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M. ve Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Riedl, R. E., Tashner, J. H. ve Bronack, S. C. (2003). A virtual world initiative: Assumptions about teaching and learning. *International Conference on New Educational Environments*. Lucerne, Switzerland.
- Riva, G. (2006). Virtual reality. M. Akay (Ed.), *Encyclopaedia of Biomedical Engineering* içinde. London: John Wiley & Sons.
- Roseblum L. J. ve Cross R. A. (1997). The challenge of virtual reality. W. R. Earnshaw, J. Vince ve H. Jones (Ed.), *Visualization & Modeling* içinde (s. 325-399). San Diego, CA: Academic Press.
- Schroeder, R. (1996). *Possible worlds: the social dynamic of virtual reality technologies*. Boulder: Westview Press.
- Serino, M., Cordrey, K., McLaughlin, L. ve Milanaik, R. L. (2016). Pokémon Go and augmented virtual reality games: A cautionary commentary for parents and pediatricians. *Current opinion in pediatrics*, 28(5), 673-677.
- Sert, S. (2009). *Eğitsel bilgisayar oyunlarının lise öğrencilerinin internete ilişkin bilgi düzeyi performansına etkisi: quest atlantis örneği* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64, 489-528.

- Solak, E. ve Çakır, R. (2016). Investigating the role of augmented reality technology in the language classroom. *Croatian Journal of Education*, 18(4), 1067-1085.
- Squire, K. ve Jenkins, H. (2004). Harnessing the power of games in education. *Insight*, 3(1), 5-33.
- Su, C. H. ve Cheng, C. H. (2013). 3D game-based learning system for improving learning achievement in software engineering curriculum. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(2), 1-12.
- Sun, K. T. ve Chan, H. T. (2013). A case study on building web3D virtual reality and GPS applications to ubiquitous network and joyful learning environment. *BioTechnology: An Indian Journal*, 8(6), 823-831.
- Sun, K. T., Lin, C. L. ve Wang, S. M. (2010). A 3-D virtual reality model of the sun and the moon for e-learning at elementary schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 689-710.
- Sung, Y. T., Chang, K. E. ve Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275.
- Şad, S. N., Kış, A., Demir, M. ve Özer, N. (2016). Meta-analysis of the relationship between mathematics anxiety and mathematics achievement. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi*, 6(3), 371-392. doi: 10.14527/pegegog.2016.019.
- Tarng, W., Lin, Y. S., Lin, C. P. ve Ou, K. L. (2016). Development of a lunar-phase observation system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Mobile Information Systems*, 1-12.
- Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L. ve Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3-4), 253-266.
- Taşkıran, A., Koral, E. ve Bozkurt, A. (2015). Artırılmış gerçeklik uygulamasının yabancı dil öğretiminde kullanılması. *Akademik Bilişim Konferansı*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- 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.
- Thalheimer, W. ve Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology. *Work-Learning Research*, 1-9.
- Topu, F. B. (2015). *3 boyutlu sanal ortamdaki rehberli ve rehbersiz öğrenmenin öğrenci meşguliyeti ve başarısına etkisi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Tüzün, H. ve Özdiç, F. (2016). The effects of 3D multi-user virtual environments on freshmen university students' conceptual and spatial learning and presence in departmental orientation. *Computers & Education*, 94, 228-240.
- Tüzün, H., Yılmaz-Soylu, M., Karakuş, T., İnal, Y. ve Kızılkaya, G. (2009). The effects of computer games on primary school students' achievement and motivation in geography learning. *Computers & Education*, 52(1), 68-77.
- Üstün, U ve Eryılmaz, A. (2014). Etkili araştırma sentezleri yapabilmek için bir araştırma yöntemi: meta-analiz. *Eğitim ve Bilim*, 39(174), 1-32.
- Viera, A. J. ve Garrett, J. M. (2005). Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med*, 37(5), 360-363.
- Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bower, J., Bowers, C. A., Muse, K. ve Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229-243.

- Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J. ve Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682-691
- Warburton, S. (2009). *Second Life* in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 414-426.
- Wrzesien, M. ve Raya, M. A. (2010). Learning in serious virtual worlds: evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the e-junior project. *Computers & Education*, 55(1), 178-187.
- Yang, C. C., Hwang, G. J., Hung, C. M. ve Tseng, S. S. (2013). An evaluation of the learning effectiveness of concept map based science book reading via mobile devices. *Educational Technology & Society*, 16(3), 167-178.
- Yıldırım, S. ve Şahin, S. (2015). Sanal dünya ve web temelli öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarıları ve motivasyonları açısından karşılaştırılması. *Journal of Education Faculty*, 17(2), 371-402.
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. ve Van Schooneveld, J. G. (2012). Learning impacts of a digital augmentation in a science museum. *Visitor Studies*, 15(2), 157-170.
- Yücer, S. (2011). İnternet yoluyla türkçe öğretimi ve sorunları. *Gazi Üniversitesi Türkçe Araştırmaları Akademik Öğrenci Dergisi*, 1(1), 108-116.
- Zaharias, P., Machael, D. ve Chrysanthou, Y. (2013). Learning through multi-touch interfaces in museum exhibits: An empirical investigation. *Educational Technology & Society*, 16(3), 374-384.
- Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T. ve Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.

Ek 1. 3B Sanal Ortam Meta-Analizine Dâhil Edilen Çalışmalar:

- Adamo-Villani, N. ve Dib, H. (2012). Evaluating technology-based educational interventions: A review of two projects. *Journal of Educational Technology Systems*, 41(4), 295-317.
- Chau, M., Wong, A., Wang, M., Lai, S., Chan, K. W., Li, T. M., Chu, D., Chan, I. K. W. ve Sung, W. K. (2013). Using 3D virtual environments to facilitate students in constructivist learning. *Decision Support Systems*, 56, 115-121.
- Chee, Y. S. ve Tan, K. C. D. (2012). Becoming chemists through game-based inquiry learning: the case of legends of Alkhimia. *Electronic Journal of e-Learning*, 10(2), 185-198.
- Chung, L. Y. (2012). Incorporating 3D-virtual reality into language learning. *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 6(6), 249-255.
- Güzel, S. ve Aydin, S. (2016). The effect of second life on speaking achievement. *Global Journal of Foreign Language Teaching*, 6(4), 236-245.
- Hwang, W. Y. ve Hu, S. S. (2013). Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. *Computers & Education*, 62, 308-319.
- Ijaz, K., Bogdanovych, A. ve Trescak, T. (2016). Virtual worlds vs books and videos in history education. *Interactive Learning Environments*, 25(7), 904-929.
- Jacobson, M. J., Taylor, C. E. ve Richards, D. (2016). Computational scientific inquiry with virtual worlds and agent-based models: new ways of doing science to learn science. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 2080-2108.
- Jong, M. S. (2015). Does online game-based learning work in formal education at school? A case study of VISOLE. *Curriculum Journal*, 26(2), 249-267.
- Jou, M. ve Liu, C. C. (2012). Application of semantic approaches and interactive virtual technology to improve teaching effectiveness. *Interactive Learning Environments*, 20(5), 441-449.
- Lee, E. A. L. ve Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Cifuentes, L., Kwok, O. ve Davis, T. J. (2013). Exploring 3-D virtual reality technology for spatial ability and chemistry achievement. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 579-590.
- Okutsu, M., DeLaurentis, D., Brophy, S. ve Lambert, J. (2013). Teaching an aerospace engineering design course via virtual worlds: A comparative assessment of learning outcomes. *Computers & Education*, 60(1), 288-298.
- Su, C. H. ve Cheng, C. H. (2013). 3D game-based learning system for improving learning achievement in software engineering curriculum. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(2), 1-12.
- Sun, K. T. ve Chan, H. T. (2013). A case study on building web3D virtual reality and GPS applications to ubiquitous network and joyful learning environment. *BioTechnology: An Indian Journal*, 8(6), 823-831.
- Sun, K. T., Lin, C. L. ve Wang, S. M. (2010). A 3-D virtual reality model of the sun and the moon for e-learning at elementary schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 689-710.
- Tüzün, H. ve Özdiç, F. (2016). The effects of 3D multi-user virtual environments on freshmen university students' conceptual and spatial learning and presence in departmental orientation. *Computers & Education*, 94, 228-240.
- Zaharias, P., Machael, D. ve Chrysanthou, Y. (2013). Learning through multi-touch interfaces in museum exhibits: An empirical investigation. *Educational Technology & Society*, 16(3), 374-384.

Ek 2. Artırılmış Gerçeklik Meta-Analizine Dâhil Edilen Çalışmalar

- Cai, S., Chiang, F. K. ve Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.
- Chang, K. E., Chang, C. T., Hou, H. T., Sung, Y. T., Chao, H. L. ve Lee, C. M. (2014). Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Computers & Education*, 71, 185-197.
- Chang, Y. H. ve Liu, J. (2013). Applying an AR Technique to enhance situated heritage learning in a ubiquitous learning environment. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(3), 21-32.
- Chen, C. M. ve Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.
- Chiang, T. H., Yang, S. J. ve Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352.
- Chu, H. C., Chen, J. M., Yang, K. H. ve Lin, C. W. (2016). Development and application of a repertory grid-oriented knowledge construction augmented reality learning system for context-aware ubiquitous learning. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(1-2), 40-60.
- Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., García, S. ve Barcia, J. M. (2015). ARBOOK: development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 119-124.
- Gopalan, V., Zulkifli, A. N. ve Abu Bakar, J. A. (2016). Conventional Approach vs Augmented Reality Textbook on Learning Performance: A Study in Science Learning among Secondary School Students. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 31(5), 19-26.
- Gutierrez, J. M. ve Meneses Fernandez, M. D. (2014). Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance & student motivation. *International Journal of Engineering Education*, 30(3), 625-635.
- Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y. ve 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.
- Hsiao, K. F., Chen, N. S. ve Huang, S. Y. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20(4), 331-349.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D. ve Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.
- Jee, H. K., Lim, S., Youn, J. ve Lee, J. (2014). An augmented reality-based authoring tool for E-learning applications. *Multimedia Tools and Applications*, 68(2), 225-235.
- Küçük, S., Kapakin, S. ve Gökteş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. *Anatomical sciences education*, 9(5), 411-421.
- Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y. ve Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.
- Liu, T. Y. ve Chu, Y. L. (2010). Using ubiquitous games in an english listening and speaking course: impact on learning outcomes and motivation. *Computers & Education*, 55(2), 630-643.
- Solak, E. ve Çakır, R. (2016). Investigating the role of augmented reality technology in the language classroom. *Croatian Journal of Education*, 18(4), 1067-1085.
- Tarng, W., Lin, Y. S., Lin, C. P. ve Ou, K. L. (2016). Development of a lunar-phase observation system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Mobile Information Systems*, 1-12.

- Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L. ve Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3-4), 253-266.
- Yang, C. C., Hwang, G. J., Hung, C. M. ve Tseng, S. S. (2013). An evaluation of the learning effectiveness of concept map based science book reading via mobile devices. *Educational Technology & Society*, 16(3), 167-178.
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. ve Van Schooneveld, J. G. (2012). Learning impacts of a digital augmentation in a science museum. *Visitor Studies*, 15(2), 157-170.
- Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T. ve Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.