



Augmented Reality Applications in Mathematics and Geometry Education

İlyas AKKUŞ

İnönü University, Malatya-TURKEY

Uğur ÖZHAN*

İnönü University, Malatya-TURKEY

Article History

Submitted: 27.11.2017

Accepted: 23.12.2017

Published Online: 23.12.2017

Keywords

Mathematics Education
Geometry Education
Augmented Reality
Use of Technology in Education

Abstract

Purpose: : In this study, academic and commercial augmented reality (AR) applications developed in mathematics and geometry education were investigated. The following questions have been sought for this purpose; What are commercial AR applications developed and used in the field of mathematics and geometry and the features of these applications? and What are the characteristics of the applications and the results of the applications which are developed within the scope of academic studies in the field of mathematics and geometry?

Design & Methodology: This study is a literature review conducted to reveal the use of AR technology in mathematics and geometry education and the applications developed for it. The sample of the study is composed of 6 AR applications in the application stores and 12 academic publications suitable for research. Descriptive analysis was done for this data in the scope of the research.

Findings: The research showed that the AR applications in application stores were developed more on geometry, with marker-based and viewable on mobile devices. It is seen that academic applications are more developed for the field of mathematics, there are more marker-based applications, variable spatial intelligence development and academic success are used and the results of many studies are positive. It is seen that the AR applications in the scope of the research are weak in terms of interaction.

Implications & Suggestions: As a result of the study, it was seen that the AR applications widely used in mathematics and geometry education were developed on the spatial intelligence development more in the examined studies. Mostly, marker-based applications and mobile imaging devices are seen to have lack of interaction in the application used. In the studies, it was seen that the AR applications used in academic publications generally had positive results on the variables measured in the sample. It is proposed that the development of wearable technologies, together with the emergence of optically-based smart glasses, will enable innovative and interactive applications to emerge and use different variables for this..



DOI: 10.29129/inujgse.358421

* Corresponding author, Inonu University, Malatya-TURKEY
E-mail: ugur.ozhan@inonu.edu.tr Phone: 04223774572



Matematik ve Geometri Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

İlyas AKKUŞ

İnönü Üniversitesi, Malatya-TÜRKİYE

Uğur ÖZHAN*

İnönü Üniversitesi, Malatya-TÜRKİYE

Öz

Geliş: 27.11.2017
Kabul: 23.12.2017
Online Yayın: 23.12.2017

Anahtar Sözcükler

Matematik Eğitimi
Geometri Eğitimi
Arttırılmış Gerçeklik
Eğitimde Teknoloji Kullanımı

Amaç: Bu çalışmada matematik ve geometri eğitiminde geliştirilmiş akademik ve ticari artırılmış gerçeklik (AG) uygulamaları araştırılmıştır. Bu amaçla; matematik ve geometri alanında geliştirilen/kullanılan ticari AG uygulamaları ve bu uygulamaların özellikleri nelerdir? ve matematik ve geometri alanında akademik çalışmalar kapsamında geliştirilen AG uygulamaları, uygulamaların özellikleri ve çalışma sonuçları nelerdir? sorularına cevap aranmıştır.

Yöntem: Bu çalışma, matematik ve geometri eğitimi alanında AG teknolojisi kullanımını ve buna yönelik geliştirilen uygulamaları ortaya çıkarmak amacıyla yürütülmüş bir literatür taramasıdır. Çalışmanın örneklemini, uygulama mağazalarında bulunan 6 adet AG uygulaması ve araştırmaya uygun 12 adet akademik yayın oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında bulunan bu veriler için betimsel analizi yapılmıştır.

Bulgular: Araştırmada uygulama mağazalarında bulunan AG uygulamalarının daha çok geometri üzerine geliştirildiği, işaretçi tabanlı olduğu ve mobil cihazlar üzerinden görüntülenmesinin sağlandığı görülmüştür. Akademik olarak geliştirilen AG uygulamalarının daha çok matematik alanına yönelik geliştirildiği, işaretçi tabanlı uygulamaların fazla olduğu, değişken olarak uzamsal zekâ gelişimi ve akademik başarının kullanıldığı ve birçok çalışmanın sonuçlarının olumlu olduğu görülmüştür. Araştırma kapsamında bulunan AG uygulamalarının etkileşim açısından zayıf olduğu görülmüştür.

Sonuçlar ve Öneriler: Çalışma sonucunda matematik ve geometri eğitiminde yaygın olarak kullanılan AG uygulamalarının, incelenen çalışmalarda daha çok uzamsal zekâ gelişimi üzerine geliştirildiği görülmüştür. Çoğunlukla işaretçi tabanlı uygulamaların ve mobil görüntüleme cihazlarının kullanıldığı uygulamalarda, etkileşim eksikliği olduğu görülmüştür. Çalışmalarda akademik yayınlarda kullanılan AG uygulamalarının örnekleme ölçülen değişkenler üzerinde genel olarak olumlu sonuçlar ortaya çıkardığı görülmüştür. Giyilebilir teknolojilerin gelişimi ve bununla birlikte optik tabanlı akıllı gözlüklerin ortaya çıkması ile yenilikçi ve etkileşimli uygulamaların ortaya çıkabileceği ve buna yönelik daha farklı değişkenlerin kullanılabilmesi önerilmektedir.



DOI: 10.29129/inugse.358421

* Sorumlu yazar, İnönü Üniversitesi, Malatya-TÜRKİYE
E-posta: ugur.ozhan@inonu.edu.tr Tel: 04223774572

GİRİŞ

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin eğitim ortamlarına entegrasyonu ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmakta ve öğretim teknolojilerinin öğrenme ortamlarındaki yeri giderek önem kazanmaktadır (Alkan, 2005). Gelişim dönemine bakıldığında önce bilgisayarların, ardından internetin ortaya çıkması ve daha sonra mobil cihazların gelişimi ve yaygınlaşması (Hayes, Joyce, ve Pathak, 2004) ile giderek büyüyen teknolojik dönüşüm, eğitim ve öğretim ortamlarına da önemli yansımaları olmuştur. Eğitim ve öğretim ortamlarında teknolojik araç ve gereç kullanımı oldukça yaygınlaşmakta ve yapılan akademik çalışmalar da eğitimde teknoloji entegrasyonunun desteklenmesini önermektedir (Aksoy, 2003; Cüre ve Özdenler, 2008). Öğrenmeyi daha somut ve kalıcı hale getirilen fakat maliyet, taşınabilirlik, kullanılabilirlik ve erişilebilirlik konusunda tartışmalı boyutları olan basılı materyaller (Smaldino, Lowther, Russell, ve Mims, 2008) son yıllarda dijital ortama taşınmaya başlamıştır. Artık günümüzde birden fazla öğretim yöntemi ile ders işlemenin yanında materyal olarak dijital araç ve gereçlerin de kullanılması kaçınılmaz olmuştur (Seferoğlu, 2006). Özellikle matematik, geometri ve fen bilgisi gibi teknolojik araç ve gereç kullanımına daha fazla ihtiyaç duyulan uygulamalı bilimlerin öğretiminde, bu dijital materyallerin kullanımı daha erişilebilir ve kullanılabilir boyutlara ulaşmıştır. Dijital ortamda internetin de yaygınlaşması ile hiper ortamlar (video, ses, animasyon, resim vb.) ve web 2.0 araçları, öğrenme ve öğretim ortamlarında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Andersen, 2007; Greenhow, Robelia, ve Hughes, 2009). Günümüzde ise bu teknolojik araçların yanı sıra mobil ve giyilebilir teknolojiler üzerinden yeni uygulamalar geliştirilmekte ve öğrenme ortamlarında kullanılmaktadır. Kullanılan bu yenilikçi dijital teknolojilerden birisi de Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisidir.

AG; sanal materyal veya nesnelerin gerçek ortamda etkileşimli olarak sunulmasıdır (Azuma, 1999). Yani gerçek bir ortamın sanal materyaller ile zenginleştirilmesidir (Azuma, 1997). Bir diğer tanımda ise AG; “Sanal materyal veya nesnelerin bazı teknolojik cihazlar (Kamera, Akıllı gözlük, Mobil cihaz vb.) aracılığıyla gerçek ortam ile bir arada ve etkileşimli olarak gösterimidir” şeklinde tanımlanmıştır (Azuma, 1999; Azuma et al., 2001; Billinghurst ve Duenser, 2012; Bujak vd., 2013; Lee, 2012). AG uygulamalarının temel çalışma prensibi; sanal materyallerin bir görsel, işaretçi veya konum bilgileri ile gerçek ortamda tetiklenerek çalışması şeklinde de açıklanabilir. AG hakkında Milgram ve Kshino (1994) yapmış oldukları kapsamlı bir araştırmada, gerçeklik ve sanallık adında bir süreç belirlemişler ve AG’yi gerçek ile sanal ortam arasında bir yerde tanımlamışlar ve gerçek ortamda sanal bindirmeler ile AG uygulama ortamlarının oluştuğunu ifade etmişlerdir (Bkz. Şekil 1).



Şekil 1: Milgram ve Kshino Gerçeklik- Sanallık Süreci (Milgram ve Kshino, 1994)

AG ile yapılan çalışmalar, gelişen teknoloji ile eş zamanlı ilerlemekte ve giderek kullanılan yöntemler, alanlar ve geliştirme ortamları değişim göstermektedir. AG çalışmalarının yoğun olarak kullanıldığı alanlardan birisi de eğitim ve öğretimdir (Erbaş ve Demirel, 2014; Koçoğlu, Akkuş, ve Özhan, 2017;

Leighton ve Crompton, 2017; Shelton ve Hedley, 2002). Özellikle son 20 yıldır eğitimde bulunan birçok uzmanlık dalında, AG üzerine yapılan akademik çalışmaların yaygınlaştığı ve giderek daha büyük bir önem kazandığı söylenebilir (Abdüsselam ve Karal, 2015; Bower, Howe, McCredie, Robinson, ve Grover, 2014; Erbaş ve Demirer, 2014; Somyürek, 2014). Eğitim ortamlarında AG kullanımına yönelik K-12 ve yükseköğretim düzeyinde yapılan araştırmalarda, AG teknolojisinin öğrencilerin derslere yönelik ilgilerini ve akademik başarılarını artırdığına (Abdüsselam ve Karal, 2012; Bower vd., 2014; Chen, 2006; İbili, 2013; Ivanova ve Ivanov, 2011; Küçük, Yılmaz, ve Göktaş, 2014), dersleri ve öğrenmeyi daha eğlenceli hale getirdiği bilinmektedir (E. Gün, 2014; Solak ve Cakir, 2015; Yılmaz, 2014).

Çizim ve modelleme üzerine derslerin olduğu mühendislik ve mimarlık alanlarında da AG uygulamalarının kullanıldığı görülmektedir (Martin-Gutierrez, Luis Saorin, Martin-Dorta, ve Contero, 2009). Çünkü öğrencilerin formal eğitimde bu derslerde aldıkları eğitimde uzamsal zekâ gelişimi noktasında eksiklik olduğu görülmektedir. Matematik ve geometri alanlarında ise daha çok uzamsal zekâ gelişimi ve akademik başarı üzerine çalışmaların yapıldığı (İbili, 2013; Kaufmann ve Schmalstieg, 2003; Kirner, Reis, ve Kirner, 2012; Lin, Chen, ve Chang, 2015) ve AG uygulamalarının bu alanlarda kullanımının giderek yaygınlaştığı alanyazında görülmektedir.

Artırılmış Gerçeklik Uygulama Türleri ve Çalışma Prensipleri

AG uygulamalarının gerçek ortamda gösterimi 3 şekilde yapılmaktadır (Wagner & Schmalstieg, 2003). Şekil 2’de de görüldüğü üzere AG uygulamaları geçmişten günümüze işaretçi tabanlı, konum tabanlı ve işaretçisiz (markerless) olarak geliştirilmektedir. İşaretçi tabanlı AG uygulamaları; gerçek ortamda bulunan bir işaretçi veya bir görsel üzerine sanal materyallerin yerleştirilmesi olarak gerçekleştirilmektedir (Kato & Billinghurst, 1999). Konum tabanlı AG uygulamaları ise konum bilgilerinin (GPS vb. teknolojilerle) kullanılarak gerçek ortamda sanal materyallerin ilgili konumlarda tetiklenerek gösterilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir (Azuma et al., 2001). Ancak bu uygulamaların yanı sıra, son zamanlarda AG cephesinde gelişen yeni teknolojiler üçüncü bir türü ortaya çıkarmıştır. Bu yeni AG türünde, uygulamalar herhangi bir işaretçiye bağlı kalmaksızın çalışmakta ve uygulamayı kullanan bireyi gerçek ortamda sanal materyaller ile etkileşime dâhil etmektedir. Bu yüzden akademik alanda işaretçisiz (Markerless Augmented Reality) AG olarak adlandırılmaktadır. Bu teknolojiler günümüzde daha çok yeni nesil optik tabanlı akıllı gözlükler (Hololens, Meta 2 vb.) ile kullanılmaktadır. Bu tür bir ortamda gerçekleştirilen AG uygulamasında birey, sanal materyalleri manipüle edebilmektedir.

İşaretçi Tabanlı (Marker) AG

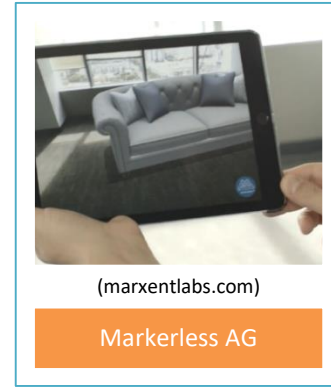

- İşaretçi veya görsele bağlı çalışır.
- Tüm alanlara en çok kullanılan türdür.
- Geliştirme ve görüntüleme ortamları, **ARtoolkit, Junaio, Layar, Wikitude, Vuforia, ARkit, ARcore vb.**

Konum Tabanlı (Location) AG


- Harita ve GPS konum bilgilerini kullanır.
- Daha çok turizm alanında kullanılmaktadır.
- Geliştirme ortamlarından en çok kullanılan **Wikitude ve ARtoolkit 6**

İşaretçisiz (Markerless) AG


- Kullanıcıyı gerçek ortamda etkileşime dahil eder.
- Sağlık başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır.
- Geliştirme ortamlarından en çok kullanılan **Vuforia, ARcore, ARkit, ARtoolkit 6, Wikitude vb.**

Şekil 2: AG uygulama türleri ve özellikleri

Şekil 3: AG Örnek Uygulamaları

AG uygulamalarının görüntülenmesi amacıyla kullanılan cihazlar ise, video tabanlı ve optik tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Video tabanlı görüntüleme daha çok mobil telefon, bilgisayar ve tabletler yardımıyla sağlanırken, optik tabanlı görüntüleme sistemlerinde ise akıllı gözlükler ve kasklar kullanılmaktadır (Carmigniani vd., 2011). Son zamanlarda AG uygulamalarının çalışmalarını sağlayan en önemli ve en popüler teknolojik cihazlardan birisi de optik tabanlı görüntüleme cihazlarıdır. Özellikle Microsoft firmasının çıkarmış olduğu Hololens akıllı gözlük teknolojisi, AG alanında optik görüntüleyiciler arasında yeni bir çağ başlatmıştır (Stearns, DeSouza, Yin, Findlater, ve Froehlich, 2017). İşaretçisiz tabanlı AG uygulamalarının herhangi bir işaretçiye bağlı olmadan çalışması ve kullanıcının el hareketlerini algılayarak etkileşimli bir ortam sunması öne çıkan özellikleridir (Leighton ve Crompton, 2017).

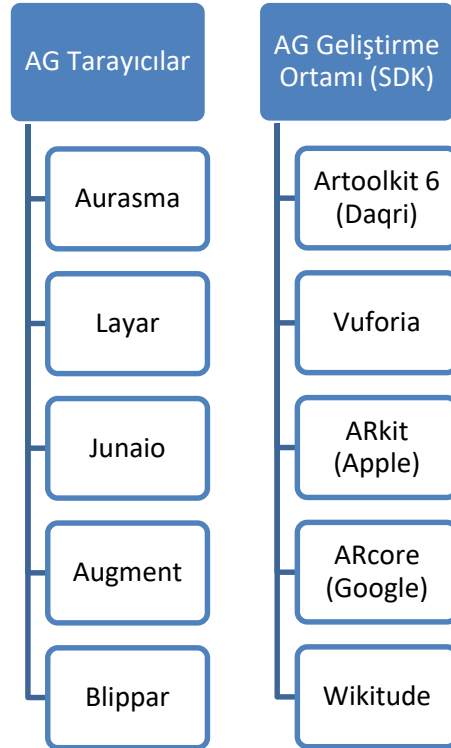
2015 yılında ortaya çıkan Hololens AG uygulamalarının etkileşim boyutunu arttırmış ve bu özelliği eğitim başta olmak üzere birçok alanda dikkat çekmiştir (Leighton ve Crompton, 2017; Márquez ve Ziegler, 2017;

Stearns vd., 2017). Hololens gibi Meta 2, Acer MR, HTC Vive ve Glass gibi akıllı gözlükler giderek yoğun bir kullanım ağına sahip olan AG platformuna dâhil olan akıllı gözlük firmalarıdır. Şekil 4’de Hololense ait işaretçisiz tabanlı bir AG uygulama ortamı görüntülenmiştir.



Şekil 4: Microsoft Hololens AG Uygulaması (<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>)

Matematik ve geometri alanında AG uygulamaları geliştirmek için kullanılacak geliştirme ortamları (SDK) ve AG görüntüleme tarayıcıları aşağıda listelenmiştir (Bkz. Şekil 5). Bu geliştirme ortamları ve tarayıcıları; AG uygulamaları geliştirmek için geliştiricilere ve araştırmacılara kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 5: AG Geliştirme Ortamları ve AG Tarayıcıları

Şekil 5'te isimleri bulunan AG tarayıcıları; geliştirilecek olan AG uygulamasına ait sanal materyallerin tarayıcıya ait bir bulut ortamına aktarılıp, önceden belirlenen bir işaretçi üzerinde tarayıcıya ait mobil uygulama yardımıyla gösterilmesi şeklinde çalışmaktadır. AG tarayıcıları ile daha çok programlama becerisi olmayan kullanıcıların model ve işaretçilerini hazırlayarak kolaylıkla AG uygulaması geliştirilmesi sağlanmaktadır (Grubert, Langlotz, ve Grasset, 2011). Ancak programlama becerisi gerektiren ve daha profesyonel AG uygulamaları için geliştirilen AG uygulama geliştirme ortamları (SDK) akademik çalışmalar başta olmak üzere birçok alanda daha sık kullanılmaktadır (Yuen, Yaoyuneyong, ve Johnson, 2011).

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Eğitimde AG uygulamalarının kullanılmasının artmakta olduğu göz önünde bulundurularak bu çalışmada matematik ve geometri eğitiminde geliştirilen AG uygulamalarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda, matematik ve geometri eğitiminde gerek ticari gerekse akademik çerçevede geliştirilmiş AG uygulamaları araştırılmış ve yapılan çalışmalardaki AG uygulamalarının detayları ve uygulamaların sonuçları ortaya çıkarılmıştır. Çalışma için aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

1. Matematik ve geometri alanında geliştirilen/kullanılan ticari AG uygulamaları ve bu uygulamaların özellikleri nelerdir?
2. Matematik ve geometri alanında akademik çalışmalar kapsamında geliştirilen AG uygulamaları, uygulamaların özellikleri ve çalışma sonuçları nelerdir?

YÖNTEM

Bu çalışma, matematik ve geometri eğitimi alanında AG teknolojisi kullanımını ve buna yönelik geliştirilen uygulamaları ortaya çıkarmak amacıyla yürütülmüş bir alanyazın taramasıdır. Çalışma için akademik veriler hızlı ve ulaşılabilirliği yüksek olan Google Scholar, Science Direct, EBSCOhost, SAGE Journals, Wiley Online ve Taylor & Francis indekslerinde taranmıştır. Bu indekslerde çalışmalar "*Artırılmış gerçeklik*", "*Matematik eğitiminde Artırılmış Gerçeklik*", "*Geometri eğitiminde Artırılmış gerçeklik*", "*Augmented reality*", "*Augmented Reality in education*", "*Augmented Reality in Geometry education*", "*Augmented Reality in mathematics education*", "*Augmented Reality mathematics*", "*Augmented Reality geometry*" gibi anahtar kelimeler kullanılarak taranmıştır. Aynı anahtar kelimeler ile en popüler ve yaygın mobil uygulama mağazaları olan Google Android play store ve Apple Itunes app store mağazalarında matematik ve geometri için geliştirilmiş ticari AG uygulamaları aranmıştır. AG kullanılarak matematik ve geometri alanına yönelik yapılmış akademik çalışmalarda toplam 56 yayın ve ticari uygulamalarda ise 18 adet uygulama bulunmuştur. Akademik çalışmalarda yalnızca AG uygulaması geliştirmiş ve bunu çalışmasında kullanmış olanlar incelenmiştir. Ticari uygulamalarda ise eğitsel yönü olan ve doğru bir şekilde amacına uygun olarak çalışan uygulamalar seçilmiştir. Bu doğrultuda, bu çalışmaya uygun 6 adet ticari AG uygulaması ve 12 adet akademik yayın dâhil edilmiştir. Çalışmaya dâhil edilen yayınlar ve uygulama mağazalarında bulunan AG uygulamaları 2 araştırmacı tarafından betimsel analiz yöntemi ile incelenmiştir.

BULGULAR

Bu bölümde çalışmaya ait bulgular ve analiz sonuçları yorumlanmıştır. Çalışmanın betimsel analiz sonuçları ve bu analize ait tablolar aşağıda verilmiştir.

1. Matematik ve Geometri Alanında Ticari Olarak Geliştirilen AG Uygulamaları

Matematik ve geometri alanında yapılan sektörel bazlı çalışmaların bazıları aşağıda detayları birlikte açıklanmıştır (bkz. Tablo 1).

Tablo 1

Matematik ve Geometri Eğitiminde Yapılan Ticari AG Çalışmaları

İsim	Platform	Alan	AG Teknolojisi	Etkileşim
ARloon Geometry	IOS, Android	Geometri	Vuforia, İşaretçi Tabanlı	Var
CleverBooks Geometry	Android	Geometri	İşaretçi Tabanlı	Yok
Aurasma matematik uygulaması	Android	Matematik	İşaretçi tabanlı, Aurasma tarayıcısı	Yok
ARtoolkit Geometri Uygulaması	Masaüstü Uygulaması	Geometri	İşaretçi Tabanlı, ARtoolkit SDK	Yok
Geometry Augmented Reality	Android	Geometri	İşaretçi Tabanlı	Yok
GeoGebra Augmented Reality	IOS	Geometri	İşaretçisiz(Markerless) Tabanlı	Var

Tablo 1 incelendiğinde matematik ve geometri eğitiminde kullanılması amacıyla geliştirilmiş ticari AG uygulamalarının isimleri görülmektedir. Toplamda bu alanda eğitsel olarak popüler olan ve olumlu dönütleri olan $n=6$ uygulama bu çalışma için seçilerek incelenmiştir. AG uygulamalarının dağılımı incelendiğinde geometri üzerine yapılan çalışmaların daha fazla olduğu görülmektedir ($n=5$). Matematik üzerine yapılan yalnızca tek bir uygulamanın mevcut olduğu görülmüştür ($n=1$). Yapılan bu ticari çalışmaların türleri incelendiğinde işaretçi tabanlı AG uygulamalarının daha fazla olduğu ($n=5$), işaretçisiz uygulamaların ise daha sınırlı olduğu görülmüştür ($n=1$).

Bu uygulamaların geliştirildikleri platformlar incelendiğinde ise Android uygulama sayısının daha fazla olduğu görülmektedir ($n=4$). Apple IOS platformuna yönelik geliştirilen uygulama sayısının $n=2$, masaüstü uygulama sayısının ise yalnızca $n=1$ adet olduğu görülmektedir. Geliştirilen AG uygulamalarının etkileşim noktasında eksiklik olduğu görülmektedir. Etkileşimin olmadığı uygulamaların daha fazla olduğu ($n=4$), yalnızca $n=2$ uygulamada kullanıcının etkileşime girebildiği bulgusuna ulaşılmıştır.

2. Matematik ve Geometri Alanında Akademik Çalışmalar Kapsamında Geliştirilen AG Uygulamaları

Bu bölümde matematik ve geometri alanında yapılan akademik çalışmalardan yalnızca AG uygulaması geliştirilmiş olanlar seçilmiş ve bu çalışmaların betimsel analiz sonucu ortaya çıkan bulguları yorumlanmıştır. Yapılan analizde bu çalışmanın amacına uygun toplam 12 adet akademik yayın incelenmiştir.

Tablo 2

Matematik ve Geometri Eğitiminde Yapılan Akademik AG Çalışmaları

Yazar	Seviye	Grup	Konu	AG Teknolojisi	Değişken	Sonuç	Etkileşim
Kaufmann ve Schmalstieg (2003)	Yükseköğretim	-	Matematik , Geometri	Başa takılı gözlük (HMD), İşaretçi tabanlı AG	Bilgi transferi, Uzamsal zekâ	Olumlu	Yok
İbili ve Şahin (2013)	İlköğretim	100	Geometri	ARtoolkit, Web kamera, İşaretçi Tabanlı ARGE3D	Öz yeterlilik, Tutum	Olumsuz	Yok
Salinas vd., (2013)	Yükseköğretim	-	Matematik	Mobil Tablet, İşaretçi Tabanlı AG	Uzamsal Zekâ	Olumlu	Yok
Sommerauer, Müller (2014)	İlk, orta ve Yükseköğretim	102	Matematik	Aurasma, Mobil Tablet, İşaretçi Tabanlı AG	Etki	Olumlu	Yok
Lin, Chen ve Chang (2014)	Ortaöğretim	76	Geometri	Web kamera, İşaretçi tabanlı AG	Akademik başarı, Uzamsal zekâ, Kullanılabilirlik	Kısmen olumlu	Yok
Estapa ve Nadolny, (2015)	Ortaöğretim	-	Matematik	Mobil Tablet, Layar, İşaretçi tabanlı AG	Akademik başarı, motivasyon	Olumlu	Yok
Coimbra, Cardoso ve Mateus (2015)	Yükseköğretim	13	Matematik	Junaio, İşaretçi tabanlı AG, Mobil Tablet	Akademik başarı	Olumlu	Yok
Castillo, Sanchez ve Villegas, (2015)	Yükseköğretim	59	Matematik	Vuforia SDK, Mobil Tablet, İşaretçi Tabanlı AG	Görüş	Olumlu	Yok
Martine vd., (2016)	İlköğretim	22	Matematik	Web kamera, İşaretçi tabanlı AG	Akademik başarı, motivasyon	Olumlu	Yok

Gonzalez, Pot ve Cetina (2016)	Yükseköğretim	18	Matematik	OpenGL, Kinect, İşaretçisiz tabanlı AG	Kullanılabilirlik	Olumlu	Var
Gün ve Atasoy, (2017)	İlköğretim	88	Geometri	İşaretçi tabanlı AG, Web kamera	Uzamsal zekâ, akademik başarı	Kısmen olumlu	Yok
Lee ve Kim, (2017)	Yükseköğretim	-	Geometri	İşaretçi tabanlı AG, Web kamera	Akademik Başarı, Görüş	Olumlu	Yok

Tablo 2 incelendiğinde $n=12$ adet akademik yayına ulaşıldığı görülmektedir. Bunun yanında çalışmaların örneklem sayıları da verilmiştir. Tabloda çalışmalardan bazılarının örneklem sayılarının bilinmediği görülmektedir ($n=4$). Çalışmalar yapıldıkları yıla göre kronolojik olarak sıralanmıştır. 2003 yılında sadece $n=1$ adet çalışmanın yapıldığı ve daha sonra yapılan çalışmaların ise 2013 ve sonrası yıllara ait olduğu görülmüştür ($n=11$).

Matematik ve geometri alanında akademik çalışmalar kapsamında geliştirilen AG uygulamalarında matematik alanının daha fazla olduğu görülmüştür ($n=7$). Geometri alanında yapılan akademik çalışmaların daha az olduğu görülmüştür ($n=5$). Yapılan bu çalışmaların çoğunluğunun uzamsal zekâ ($n=4$) ve akademik başarı ($n=6$) değişkenlerini kullandıkları görülmüştür. Bunun yanında çalışmalarda etki ($n=1$), motivasyon ($n=2$), görüş ($n=2$) ve kullanılabilirlik ($n=1$) gibi değişkenlerin de kullanıldığı görülmüştür.

Yapılan akademik çalışmaların hangi öğretim seviyesinde kullanıldığına bakıldığında yükseköğretim seviyesinin ön plana çıktığı görülmektedir ($n=7$). Ortaöğretim ($n=3$) ve ilköğretim ($n=4$) seviyesinde yapılan çalışmaların da yapıldığı görülmektedir.

Akademik çalışmalarda geliştirilen AG uygulamaları da çoğunlukla işaretçi tabanlı olarak geliştirilmiştir ($n=11$). İşaretçisiz olarak geliştirilen uygulama sayısı ise yalnızca $n=1$ adet olduğu görülmüştür.

Uygulamaların görüntüleme cihazları incelendiğinde mobil tablet ($n=5$) ve web kamerası kullanımının ($n=5$) yoğun olarak kullanıldığı görülmüştür. Başa takılı gözlük ($n=1$) ve Kinect cihazının ($n=1$) da az da olsa matematik ve geometri alanındaki AG uygulamalarında kullanıldığı görülmüştür. Uygulamaların ne tür bir ortam ile geliştirildiği incelendiğinde ise Vuforia SDK ($n=1$), ARtoolkit ($n=1$) ve OpenGL gibi yazılım geliştirme ortamlarının kullanıldığı görülmüştür. Bunun yanında Aurasma ($n=1$), Layar ($n=1$) ve Junaio ($n=1$) gibi AG tarayıcıları kullanılarak geliştirilen AG uygulamaları da incelenen akademik çalışmalarda ortaya çıkan bir diğer bulgudur.

AG ile yapılan akademik çalışmaların ölçtükleri değişkenler üzerindeki sonuçların olumlu olduğu çalışmaların sayısı ($n=9$) yüksek çıkmış, bazı çalışmalar birden fazla değişken üzerinde çalışıldığı görülmüş ve bu değişkenlerin bazılarında anlamlı sonuç bulunduğundan kısmen olumlu ($n=2$) olduğu söylenebilir. Çalışmalar arasında olumsuz sonucun çıktığı çalışma ise yalnızca bir adettir ($n=1$).

Akademik çalışmalarda kullanılan AG uygulamalarında, uygulama içinde etkileşimin olmadığı görülmüştür ($n=11$). Yalnızca bir çalışmada etkileşimin olduğu görülmüş ($n=1$) ve bu çalışmanın işaretçisiz AG

uygulaması olduğu görülmüştür. Etkileşimin olmadığı çalışmalardaki AG uygulamalarının da hepsinin işaretçi tabanlı uygulamalar (n=11) olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde eğitim başta olmak üzere birçok sektörde AG uygulamaları kullanılmaktadır. Eğitimde birçok uzmanlık dalında farklı amaçlar için kullanılan AG'nin, matematik ve geometri alanlarında da tercih edildiği görülmüştür. Son yıllarda özellikle Microsoft'un Hololens projesi ile ortaya çıkan karma gerçeklik (Mixed Reality) teknolojisi (Martín-Gutiérrez, Mora, Añorbe-Díaz, ve González-Marrero, 2017), Google ve Apple gibi büyük teknoloji firmalarının AG alanında bazı geliştirme ortamlarını geliştiricilere sunması gibi gelişmeler, sanal ortamların büyük potansiyelini gözler önüne sermiştir (Rauschnabel ve Ro, 2016). Öğrenmeyi destekleyici bir materyal olması sebebiyle bu tür sanal materyallerin matematik ve geometri eğitiminde kullanılmasının olumlu yönlerinin olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada geçmişten günümüze matematik ve geometri eğitiminde AG ile yapılmış akademik çalışmalar ve geliştirilmiş ticari uygulamalar incelenmiştir. Uygulama mağazalarındaki ticari AG uygulamaları incelendiğinde, matematik alanında geometriye göre daha az ticari AG uygulamasının geliştirildiği görülmüştür. Ancak alanyazında matematik alanı üzerine akademik olarak yapılan AG çalışmalarının daha fazla olduğu görülmüştür. Matematik ve geometri alanında geliştirilen AG uygulamalarının yardımcı ders materyali olarak kullanıldığı akademik çalışmalarda daha çok bağımlı değişken olarak uzamsal zekâ gelişimi ve akademik başarı değişkenlerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu durumun nedeni alanyazında, geometri ve benzeri derslerde yer alan bazı şekil ve katı cisimlerin iki boyutlu gösteriminin öğrencilerde somut öğrenme sağlayamaması olarak ifade edilmiştir (Bujak vd., 2013; Dünser, Steinbügl, Kaufmann, ve Glück, 2006; E. Gün, 2014; Kaufmann ve Schmalstieg, 2003; Martín-Gutiérrez vd., 2009). Ayrıca AG uygulamalarının geometrik cisimler üzerine kullanılmasının sebebinin bu alanda yaşanan somutlaştırma ve uzamsal zekâ gelişimi eksikliklerinin olduğu da bu alanda yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (Bujak vd., 2013; Kaufmann ve Schmalstieg, 2003). Alanyazındaki bazı çalışmalar, AG uygulamalarının genel olarak eğitimde kullanılmasının en önemli destekleyici nedenlerinin; motivasyonu artırması, ilgiyi artırması ve kavram yanlışlarını gidermesi olarak ifade etmiştir (Bujak vd., 2013; E. T. Gün ve Atasoy, 2017; Lin vd., 2015; Salinas, 2017). Bu alanda daha önce yapılan çalışmalarda bu bulguyu desteklemektedir (Dünser vd., 2006; E. Gün, 2014; İbili, 2013; Kaufmann ve Schmalstieg, 2003). AG ile matematik ve geometri eğitiminde yapılan çalışmaların kalıcı öğrenmeyi desteklemesi, 3 boyutlu düşünme becerilerini geliştirmesi ve anlamlı öğrenme sağlaması da yine bu durumu desteklemektedir (E. Gün, 2014; İbili, 2013; Salinas, 2017). Ancak bazı çalışmalarda AG'nin matematik ve geometri alanında akademik başarıyı kısmen etkilediği, doğrudan büyük bir katkısının olmadığı ifade edilmektedir. Bu bulguya aynı doğrultuda Gün (2014) ve Akkuş (2016) yapmış oldukları çalışmadan elde ettikleri sonuçlarda, AG'nin uzamsal zekâ gelişimini desteklediği fakat akademik başarıya katkısının olmadığı sonucuna ulaşmışlardır (Akkuş, 2016; E. Gün, 2014).

İşaretçi tabanlı AG uygulamaları daha fazla uygulama ve geliştirme ortamına sahip olduğundan eğitim ortamlarında en çok kullanılan AG uygulama türüdür (Bacca, Baldiris, Fabregat, ve Graf, 2014). Bu çalışma kapsamında incelenen bilimsel çalışmalarda kullanılan AG uygulamalarının da çoğunluğunun işaretçi tabanlı olarak geliştirildiği görülmüştür. Ayrıca AG'nin gelişim süreci ve kullanıldığı sektörler incelendiğinde işaretçi tabanlı AG uygulamalarının ilgili alandaki ihtiyaçlara veya problemlere daha uygun bir seçenek olduğu için tercih edildiği söylenebilir (Bower vd., 2014). Bu çalışmada matematik veya geometri için geliştirilmiş konum tabanlı herhangi bir AG uygulaması bulunamamıştır. Günümüzde Hololens gibi optik tabanlı görüntüleme cihazlarının ortaya çıkışı ile ilk olarak işaretçisiz (Markerless) AG olarak adlandırılan şimdilerde ise karma gerçeklik (Mixed Reality) adı altında geliştirilen uygulamalar da

giderek bu alanda 3. bir tür olarak ön plana çıkmaktadır (Zikas vd., 2016). Bu çalışmada matematik ve geometri alanında işaretçisiz AG uygulamalarının çok az olduğu görülmüştür. Ancak optik tabanlı cihazların gelişimi ile bu çalışmaların artacağı düşünülmektedir. Bu konuda Kesim ve Özarslan (2012); çalışmalarında AG uygulamalarında kullanıcının etkileşime girebileceği işaretçisiz tabanlı uygulamaların artmasının, eğitsel uygulamaların etkililiğini artıracaklarını belirtmişlerdir.

AG ile matematik ve geometri alanına yönelik ticari olarak geliştirilmiş ve ücretsiz olarak uygulama mağazalarında sunulan eğitsel yönü olan çok az sayıda uygulamanın olduğu görülmüştür. Bunlardan en sık kullanılan uygulamalar olan; ARloon Geometry, Geogebra Augmented Reality ve Cleverbooks Geometry uygulamaları, geometri ve matematik eğitimi için kullanıcılara gerçek ortamda 3B materyaller ile uygulama yapma fırsatı sunmaktadır. Bu uygulamaların da çoğunluğunun işaretçi tabanlı olduğu görülmüş ve etkileşimin bu tarz uygulamalarda da sınırlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu alan için geliştirme ortamları (SDK), AG tarayıcıları ve optik görüntüleme cihazlarının artması ile daha profesyonel, etkileşimli ve eğitsel AG uygulamalarının geliştirileceği düşünülmektedir (Wu, Lee, Chang, ve Liang, 2013).

Genel olarak matematik ve geometri eğitiminde yapılan AG uygulamalarının daha çok işaretçi tabanlı geliştirildiği ve mobil cihaz üzerinden gösteriminin sağlandığı görülmüştür. Bunun yanında web kamerası ile görüntülenen uygulamaların da kullanılması görüntüleyici cihazların çeşitliliğini göstermektedir. Ancak son yıllarda karma gerçekliğin ortaya çıkması ile mobil tablet veya web kamerası gibi video tabanlı görüntüleme cihazlarının yanında optik tabanlı görüntüleme cihazlarının kullanımı artmıştır (Stearns vd., 2017). Gerek alanyazında verilen akademik çalışmalarda gerekse ticari AG uygulamalarında kullanıcı tarafındaki etkileşimin sınırlı olduğu görülmüştür.

Tüm bu sonuçlar üzerine ilerde matematik ve geometri alanında AG uygulaması çalışmaları için şu öneriler sunulabilir.

- AG ile gelecekte matematik ve geometri alanında yapılacak olan eğitsel uygulamaların optik tabanlı akıllı gözlüklere yönelik geliştirilmesi sağlanabilir. Bu şekilde hem etkileşimin hem de kullanılabilirliğin artacağı düşünülmektedir.
- Çalışmada incelenen akademik yayınlar 6 büyük indeksle sınırlandırılmıştır. Daha kapsamlı araştırmalar için diğer indekslerde taranabilir.
- AG ile matematik ve geometri üzerine yapılan akademik çalışmalarda çok sınırlı değişkenlerin kullanıldığı görülmüştür. Bundan sonra matematik ve geometri alanında AG teknolojisi ile yapılacak olan akademik çalışmaların; zihinsel modelleme, gerçeklik algısı, geometrik düşünme gibi farklı değişkenler üzerine yapılabilir.
- İşaretçi tabanlı AG uygulamalarının yanı sıra karma gerçeklik teknolojisi ile etkileşimli AG uygulamaları tasarlanabilir.
- Matematik ve geometri alanlarında kavram yanlışlarının çok olduğu konular üzerine etkileşimli ve oyunlaştırılmış AG uygulamaları geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Abdüsselam, M., 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.
- Abdüsselam, M., ve Karal, H. (2015). Artırılmış Gerçeklik, Eğitim Teknolojileri Okumaları. In: ISBN.
- Akkuş, İ. (2016). Bilgisayar destekli teknik resim dersinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının makine mühendisliği öğrencilerinin akademik başarısına ve uzamsal yeteneklerine etkisi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
- Aksoy, H. H. (2003). Eğitim kurumlarında teknoloji kullanımı ve etkilerine ilişkin bir çözümleme. *Eğitim Bilim Toplum Dergisi*, 1(4), 4-23.
- Alkan, C. (2005). Eğitim teknolojisi: Anı Yayıncılık.
- Andersen, P. (2007). What is Web 2.0?: ideas, technologies and implications for education (Vol. 1): JISC Bristol.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355-385.
- Azuma, R. (1999). The challenge of making augmented reality work outdoors. *Mixed reality: Merging real and virtual worlds*, 379-390.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and applications*, 21(6), 34-47.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., ve Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133.
- Billinghurst, M., ve Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., ve Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., Macintyre, B., Zheng, R., ve Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536-544.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., ve Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377.
- Chen, Y.-C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. Paper presented at the Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications.
- Cüre, F., ve Özden, N. (2008). Öğretmenlerin bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) uygulama başarıları ve BİT'e yönelik tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(34).
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., ve Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. Paper presented at the Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: design centered HCI, Christchurch, New Zealand.
- Erbaş, Ç., ve Demirer, V. (2014). Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3(2).
- Greenhow, C., Robelia, B., ve Hughes, J. E. (2009). Learning, teaching, and scholarship in a digital age: Web 2.0 and classroom research: What path should we take now? *Educational researcher*, 38(4), 246-259.
- Grubert, J., Langlotz, T., ve Gasset, R. (2011). Augmented reality browser survey. Institute for computer graphics and vision, University of Technology Graz, technical report(1101).
- Gün, E. (2014). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrencilerin Uzamsal Yeteneklerine Etkisi. In: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara, Gazi Üniversitesi.

- Gün, E. T., ve Atasoy, B. (2017). The Effects of Augmented Reality on Elementary School Students' Spatial Ability and Academic Achievement. *Eğitim ve Bilim*, 42(191).
- Hayes, P., Joyce, D., ve Pathak, P. (2004). Ubiquitous learning-an application of mobile technology in education. Paper presented at the EdMedia: World Conference on Educational Media and Technology.
- İbili, E. (2013). Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü/Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı.
- Ivanova, M., ve Ivanov, G. (2011). Enhancement of learning and teaching in computer graphics through marker augmented reality technology. *International Journal of New Computer Architectures and their Applications (IJNCAA)*, 1(1), 176-184.
- Kaufmann, H., ve Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27(3), 339-345.
- Kesim, M., ve Özarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 47, 297-302.
- Kirner, T. G., Reis, F. M. V., ve Kirner, C. (2012). Development of an interactive book with Augmented Reality for teaching and learning geometric shapes. Paper presented at the Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on.
- Koçoğlu, E., Akkuş, İ., ve Özhan, U. (2017). Yeni bir öğrenme ortamı olarak artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla sosyal bilgiler öğretimi. In *Alternatif Yaklaşımlarla Sosyal Bilgiler Eğitimi (Vol. 2, pp. 313-336): PEGEM*.
- Küçük, S., Yılmaz, R., ve Göktaş, Y. (2014). İngilizce Öğreniminde Artırılmış Gerçeklik: Öğrencilerin Başarı, Tutum ve Bilişsel Yük Düzeyleri. *Eğitim ve Bilim*, 39(176).
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
- Leighton, L. J., ve Crompton, H. (2017). Augmented Reality in K-12 Education. In *Mobile Technologies and Augmented Reality in Open Education (pp. 281-290): IGI Global*.
- Lin, H.-C. K., Chen, M.-C., ve Chang, C.-K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799-810.
- Márquez, J. O. Á., ve Ziegler, J. (2017). Improving the Shopping Experience with an Augmented Reality-Enhanced Shelf. *Mensch und Computer 2017-Workshopband*.
- Martin-Gutierrez, J., Luis Saorin, J., Martin-Dorta, N., ve Contero, M. (2009). Do video games improve spatial abilities of engineering students? *International Journal of Engineering Education*, 25(6), 1194-1204.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., ve González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469-486.
- Milgram, P., ve Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Rauschnabel, P. A., ve Ro, Y. K. (2016). Augmented reality smart glasses: An investigation of technology acceptance drivers. *International Journal of Technology Marketing*, 11(2), 123-148.
- Salinas, P. (2017). Augmented Reality: Opportunity for Developing Spatial Visualization and Learning Calculus. In *Mobile Technologies and Augmented Reality in Open Education (pp. 54-76): IGI Global*.
- Seferoğlu, S. S. (2006). Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı: Pegem A Yayıncılık.
- Shelton, B. E., ve Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. Paper presented at the Augmented Reality Toolkit, The First IEEE International Workshop.

- Smaldino, S. E., Lowther, D. L., Russell, J. D., ve Mims, C. (2008). Instructional technology and media for learning.
- Solak, E., ve Cakir, R. (2015). Exploring the Effect of Materials Designed with Augmented Reality on Language Learners' Vocabulary Learning. *Journal of Educators Online*, 12(2), 50-72.
- Somyürek, S. (2014). Öğretim Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4(1), 63-80.
- Stearns, L., DeSouza, V., Yin, J., Findlater, L., ve Froehlich, J. E. (2017). Augmented Reality Magnification for Low Vision Users with the Microsoft Hololens and a Finger-Worn Camera.
- Wagner, D., ve Schmalstieg, D. (2003). First steps towards handheld augmented reality: IEEE.
- Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., ve Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Yılmaz, R. (2014). Artırılmış gerçeklik teknolojisiyle 3 boyutlu hikaye canlandırmanın hikaye kurgulama becerisine ve yaratıcılığa etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G., ve Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
- Zikas, P., Bachlitzanakis, V., Papaefthymiou, M., Kateros, S., Georgiou, S., Lydatakis, N., ve Papagiannakis, G. (2016). Mixed reality serious games and gamification for smart education. Paper presented at the European Conference on Games Based Learning.