



Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İlköğretim Öğrencilerinin Uzamsal Yeteneklerine ve Akademik Başarılarına Etkisi *

Ezgi Tosik Gün ¹, Bilal Atasoy ²

Öz

Bu çalışmanın amacı, matematik dersinin artırılmış gerçeklik uygulamaları ile desteklenmesinin, öğrencilerin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisini incelemek, ayrıca bu ortamlara ilişkin öğretmen ve öğrenci görüşlerini analiz etmektir. Araştırmada nicel verilere ulaşmak için ön-test son-test kontrol gruplu yarı deneysel desenden, nitel verileri toplamak için ise durum araştırması deseninden faydalanılmıştır. Araştırma “geometrik cisimler ve hacim ölçme” konusunu kapsamında gerçekleştirilmiş, çalışmaya 88 altıncı sınıf öğrencisi katılmıştır. Deney grubunda yer alan öğrenciler artırılmış gerçeklik uygulamaları ve gerçek nesnelere çalışırken, kontrol grubunda yer alan öğrenciler sadece gerçek nesnelere çalışmalarını sürdürmüştür. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin uzamsal yeteneklerinde anlamlı düzeyde artış meydana geldiği gözlenirken, gruplar arası uzamsal yetenek son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Akademik başarı açısından ise deney grubunun puanları anlamlı bir farklılık oluşturacak şekilde artarken, kontrol grubundaki artış anlamlı değildir. Ayrıca, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin akademik başarı son-test puanları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Nicel verilerin yanı sıra öğretmen ve öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen nitel veriler ile bu uygulamaları eğitim ortamlarına entegre etmeye çalışan araştırmacılar ve eğitimciler için faydalı olacağı düşünülen bilgilere ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Artırılmış gerçeklik
Uzamsal yetenek
Akademik başarı
Matematik eğitimi
İlköğretim öğrencileri

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 07.02.2017

Kabul Tarihi: 06.07.2017

Elektronik Yayın Tarihi: 02.08.2017

DOI: 10.15390/EB.2017.7140

Giriş

Eğitim hayatları boyunca farklı yaş grubundaki pek çok öğrenci matematik öğrenme sürecinde çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Bu problemlerin genellikle öğrencilerin soyut düşünme becerileri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Bishop, 1986; Battista ve Clements, 1996; İncikabı ve Kılıç, 2013). Örneğin öğrencilerin altıncı sınıf matematik dersi kapsamında yer alan “geometrik cisimler ve hacim ölçme” konusunu kavramakta güçlük çektikleri belirlenmiştir (İncikabı ve Kılıç, 2013; Kurtuluş ve Yolcu, 2013). Öğretmenlerin üç boyutlu (3B) nesne ve şekillerin sunumunda iki boyutlu çizimleri

* Bu çalışma Ezgi Tosik Gün'ün “Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrencilerin Uzamsal Yeteneklerine Etkisi” başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

¹ Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Türkiye, ezgi.tosik@gmail.com

² Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Türkiye, bilalatasoy@gazi.edu.tr

kullanmaları, bu problemlerin yaşanmasının sebeplerinden biri olarak görülmektedir. İki boyutlu çizimler 3B nesnelerin gösterilmesinde yetersiz kaldığı için öğrenciler bu nesnelere anlamlandırmakta güçlük çekmektedirler (Ben-Haim, Lappan ve Houang, 1985; Battista ve Clements, 1996). Bir diğer sebep ise 3B modellerin kullanımudur. Her ne kadar 3B modeller iki boyutlu çizimlerden daha işlevsel görülsede, kiris, cisim köşegeni gibi nesnelerin bazı özelliklerini göstermekte yetersiz kaldığı için öğrencilerin bu kavramları anlamlandırmasında yetersiz kalmaktadırlar. Diğer bir sebep ise K-12 düzeyindeki öğrencilerin somut işlemler döneminden soyut işlemler dönemine geçiş sürecinde yer almalarıdır. Piaget'nin (1976) bilişsel gelişim teorisine göre, öğrencilerin soyut düşünmeye yeni başlıyor olmaları konunun anlaşılmasına ilişkin yaşanan problemin sebeplerinden biri olarak gösterilebilir.

Bu araştırma matematik öğretiminde yaşanan problemlerin üstesinden gelmek için, literatürde bulunan uzamsal yetenek ile matematik başarısındaki ilişkiden (Smith, 1964; Fennema ve Sherman, 1977; Guay ve McDaniel, 1977; Battista, 1980; Tracy, 1987; Lin, Chen ve Chang, 2015) yola çıkarak öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Uzamsal yetenek, görsellerin zihinde oluşturulması, devam ettirilmesi, farklı açılardan algılanması, döndürülmesi ve şeklinin değiştirilmesi olarak tanımlanabilir (Linn ve Petersen, 1985; Lohman, 1996). Uzamsal yeteneğin alt bileşenlerine ilişkin tam bir fikir birliğine varılamamasına karşın, uzamsal görselleştirme ve zihinde döndürme genel kabul gören bileşenler arasında yer almaktadır. Alanyazında uzamsal yeteneğin problem çözme, mantık yürütme gibi üst düzey becerilerle ilişkili (Moses, 1980) ve geliştirilebilir bir yetenek olduğunu gösteren birçok çalışma bulunmaktadır (Battista, Wheatley ve Talsma, 1982; Kaufmann, Steinbügl, Dünser ve Glück, 2005). Bu çalışmalarda, lego kullanımı, mühendislik çizimleri, yön bulma ve benzeri etkinliklerin uzamsal yeteneği olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Bunların yanı sıra web tabanlı ortamların (Zaxxon, Space Invaders, Battlezone, Targ ve Tetris) ve bilgisayarlı sanal ortam uygulamalarının (Hypergami, Cubix Editor, Cabri 3D, Google Sketchup ve CAD) uzamsal yeteneğe etkileri de incelenmiştir (Subrahmanyam ve Greenfield, 1994; Onyanha, Derov ve Kinsey, 2009; Toptaş, Çelik ve Karaca, 2012; Yurt ve Sünbül, 2012; Wang, Wu ve Hsu, 2017; Weng, Hsu ve Yang, 2017).

Rafi, Anuar, Samad, Hayati ve Mahadzir (2005) Web tabanlı sanal ortamların öğretmen adaylarının uzamsal yeteneklerine etkisini inceleyen deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırma 98 katılımcı ile 5 hafta sürmüştür. Araştırmanın sonucunda deney grubundaki katılımcıların uzamsal yeteneklerindeki artışın kontrol grubundakilere göre anlamlı düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Kurtuluş ve Uygan (2010) da uzamsal yeteneği artırmak amacıyla 48 öğretmen adayı ile gerçekleştirdiği araştırmasında Google SketchUp'ı (GSU) kullanmış ve GSU kullanımının uzamsal yeteneği anlamlı düzeyde artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Toto (2011) Cabri3D yazılımının uzamsal yeteneğin beş alt başlığına etkisini araştırmıştır. 8. sınıfta öğrenim gören 50 öğrencinin katıldığı araştırmada uzamsal döndürme, ilişkiler ve yönlendirme bileşenlerinde anlamlı düzeyde artış gözlenirken uzamsal kavrama ve görselleştirme bileşenlerinde herhangi bir farklılaşma gözlenmemiştir. Yurt ve Sünbül (2012) CubixEditor'un ve somut nesnelerin öğrencilerin uzamsal düşünme ve zihinsel çevirme becerileri üzerine etkisini incelemiştir. 6. sınıfta bulunan 87 öğrencinin katıldığı çalışmada somut nesnelere kullanan grubun uzamsal düşünme, sanal nesnelere kullanan grubun ise zihinsel çevirme becerilerinde anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir.

Huang ve Lin (2017) 13 lise öğrencisi ile tek grup öntest-sontest deseni ile gerçekleştirdikleri çalışmada, 3B diyagramlar ve 3B modelleme-çıkı teknolojilerinin öğrencilerin uzamsal yeteneklerine etkisini incelemiştirlerdir. Araştırmanın sonuçları 3B modelleme-çıkı teknolojilerinin zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme becerilerinin her ikisinin de gelişime katkı sağladığını, 3B diyagramların ise yalnızca zihinde döndürme becerilerini gelişiminde etkili olduğunu göstermiştir. Katsioloudis, Jovanovic ve Jones (2014) 35 üniversite öğrencisinin iki boyutlu çizim yapmalarının, bilgisayarla 3B modeller oluşturmalarının ve 3B modellerin çıktılarını almalarının uzamsal yeteneklerine etkisini incelemiştirlerdir. Çalışmanın sonuçları yalnızca 3B modellerin çıktılarını alan öğrencilerin uzamsal yetenek gelişiminin iki boyutlu çizim yapanlara göre anlamlı derecede arttığını göstermiştir.

3B bilgisayar çizimi ve sanal ortamlara ilişkin çalışmaları takip eden süreçte, sanal ortamların daha gelişmiş şekli olarak tanımlanabilecek artırılmış gerçeklik (AG) uygulamalarıyla ilgili araştırmalar yapılmaya başlamıştır. AG, gerçek dünya üzerine bilgisayar tarafından üretilen ses, video, grafik, GPS konum bilgisi gibi sanal verileri birleştiren uygulamalardır. Bu uygulamaları kullanan kişilerde gerçek dünya görüntüsünün algılanabilmesi için gözlük veya kamera bulunması gerekmektedir. İşaretçi adı verilen barkodların bu görüntü aparatları ile okutulması sonucunda resim, video, 3B nesne veya animasyon gibi sanal veriler işaretçi üzerinde gerçek dünya verileri ile birleştirilmektedir. Kişinin işaretçiyi hareket ettirdiği yönde ve açılarda sanal veriler yeniden konumlandırılmaktadır. Böylece gerçek dünyadan uzaklaşmadan, sanal görüntünün etrafında her açıdan gözlem yapılabilmektedir.

AG kavramı 1960'lı yıllarda ortaya çıkmıştır. Önceleri askeriye ve sağlık alanlarında kullanılmaya başlayan AG, teknolojinin ucuzlaması ve yaygınlaşması ile eğlence ve eğitim ortamlarında da kullanılmaya başlanmıştır (Somyürek, 2014). Alan yazında Magicbook, Zooburst, LearnAR.org, Aurasma gibi genel amaçlı AG uygulamalarının yanı sıra, farklı bilim dallarında araştırmacıların alana özgü geliştirdikleri AG uygulamalarının incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin biyoloji alanında, iç organlar, kemikler, hayvanlar; kimya alanında, atomun yapısı, molekül şekilleri; coğrafya alanında, güneş sistemi, gezegenler, dünyanın katmanları; geometri alanında, katı cisimler; fizik alanında, optik ve manyetizma konularıyla ilişkili geliştirilmiş AG uygulamaları ve bu uygulamalar kullanılarak gerçekleştirilen araştırmalar yer almaktadır (Shelton ve Hedley, 2002; Chen, 2006; Liu, Tan ve Chu, 2007; Dünser, Walker, Horner ve Bentall, 2012; İbili, 2013).

AG uygulamalarının, soyut kavramları somutlaştırarak, kavramların ve süreçlerin anlaşılma oranını artırdığı (Shelton ve Hedley, 2002) öğrencilerin odaklanma sürelerini artırarak, akademik başarılarını da olumlu yönde etkilediği (Liu vd., 2007; Abdüsselam ve Karal, 2012), derse dikkat çekme, öğrencilerin motivasyonunu artırma ve süreçten zevk almalarını sağladığı (Liu vd., 2007; Klopfer ve Squire, 2008; Sumadio ve Rambli, 2010), 21. yüzyıl becerileri olarak gösterilen kritik düşünme ve problem çözme gibi becerilerini geliştirdiği (Dunleavy, Dede ve Mitchell, 2009) yönünde sonuçlara ulaşılmış çalışmalar da bulunmaktadır. The New Media Consortium'un 2011 Horizon Raporu, bireylerin bilgiyi gerçek hayatlarıyla ilişkilendirmesine imkan veren aktif bir öğrenme ortamı oluşturulması için AG uygulamalarının önemine dikkat çekmektedir.

Kaufmann ve diğerleri (2005) Construct3D isimli etkileşimli ve işbirlikli çalışmaya elverişli bir ortam ile öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirmeyi amaçlamıştır. Yaş ortalaması 17 olan grup ile yürütülen araştırma AG'nin bu yeteneği geliştirmek için kullanılabilecek bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Buna ek olarak araştırmacılar, bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu dile getirmişlerdir. Martín-Gutiérrez ve diğerleri (2010) 49 mühendislik öğrencisinin katıldığı araştırmada öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirmek için AR-Dehaes isimli bir AG kitabı oluşturmuşlardır. Teknik çizim derslerinde kullanmak amacıyla hazırlanan kitap işaretçiler ile kullanılabilir. İşaretçiler ile öğrencilere, iki boyutlu teknik çizimleri 3B olarak inceleme fırsatı sağlanmıştır. Çalışma AG uygulamalarının uzamsal yeteneği anlamlı düzeyde artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca uygulanan memnuniyet anketinden bu uygulamaların kullanımının kolay ve öğrenciler için çekici olduğu bilgileri de elde edilmiştir.

Lin ve diğerleri (2015) 76 ortaöğretim 8.sınıf öğrencisi ile gerçekleştirdikleri çalışmada AG uygulamalarının öğrencilerin uzamsal yetenekleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Deney grubundaki öğrenciler AG uygulamalarını kullanırlarken kontrol grubundaki öğrenciler geleneksel öğretim yöntemlerini kullanmışlardır. Öğrenciler matematik dersine ilişkin başarılarına göre yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. AG uygulamalarının akademik başarıları yüksek olan öğrencilerin uzamsal yeteneklerine etkisi olmadığı, orta düzey akademik başarılı öğrencilerde pozitif ama küçük bir etkiye sahip olduğu ve düşük akademik başarıya sahip öğrencilerde ise anlamlı bir şekilde pozitif etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Carbonell Carrera ve Bermejo Asensio (2017) 123 üniversite öğrencisi ile gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada öğrencilerin uzamsal yönelme becerilerini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada deney grubunda yer alan ve AG ortamını kullanan öğrencilerin uzamsal yönelme becerilerinin, kontrol grubunda yer alan ve geleneksel eğitimlerine

devam eden öğrencilere göre anlamlı şekilde artış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Roca-González, Martin-Gutierrez, García-Dominguez ve del Carmen Mato Carrodegua (2017) AG ve sanal gerçeklik uygulamalarının üniversite düzeyindeki öğrencilerin uzamsal yetenekleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 31 öğrenci ile yürütülen çalışmada, deney grubunda yer alan 15 öğrenci 1. hafta AG ile eğitim almış, 2. hafta haritalar ve yön bulma ile ilgili sanal gerçeklik oyununu kullanmışlardır. Kontrol grubunda bu uygulamalara yer verilmemiştir. Araştırmada öğrencilerin, uzamsal yeteneğin üç alt başlığında da (uzamsal görselleştirme, döndürme, yönelme) deney grubu lehine anlamlı seviyede artış gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, uzamsal yeteneğin matematik öğreniminde yaşanan sıkıntıların çözümü için önemli olduğu ve geliştirilebilir olduğu bilinmektedir. Kullanıcılar AG uygulamalarının cisimlerin gösterilmesi mümkün olmayan derinlik, kiris, köşegen gibi kavramlarını 3B bir şekilde sunması, kişiyi içine alan, gerçeklikten soyutlamadan cisimlere dokunma, hareket ettirme gibi iletişim kanallarını desteklemesi, aktif anlık etkileşim imkanı sağlaması gibi özelliklerini kullanarak 3B nesnelere daha kolay görselleştirebilir, manipüle edebilir ve üzerinde çalışabilirler. 3B ve etkileşim özelliklerini barındıran AG uygulamalarının öğrenenlerin uzamsal yeteneklerinin geliştirilmesi için kullanışlı bir araç olduğu düşünülmektedir. Literatürde AG ortamlarının uzamsal yetenek ile ilişkisini ortaya koyan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Literatürde yer alan bu araştırmaların çalışma grupları incelendiğinde lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmada eğitim ortamlarında kullanılan AG uygulamalarının, ilköğretim düzeyindeki öğrencilerin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisi incelenerek alandaki eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca çalışmada, AG ortamlarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için faydalı olacağı düşünülen öğretmen ve öğrenci görüşleri de analiz edilmektedir.

Araştırma Soruları

Eğitim ortamlarında kullanılan AG uygulamalarının, öğrencilerin uzamsal yeteneklerine ve akademik başarılarına etkisini incelemeyi amaçlayan çalışma, aşağıdaki araştırma sorularına cevap aramaktadır.

- 1) AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasında farklılık var mıdır?
- 2) AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasında farklılık var mıdır?
- 3) Öğrencilerin son-test uzamsal yetenek puanları, ortamda AG uygulamalarının bulunma durumuna göre farklılık göstermekte midir?
- 4) AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında farklılık var mıdır?
- 5) AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında farklılık var mıdır?
- 6) Öğrencilerin son-test akademik başarı puanları, ortamda AG uygulamalarının bulunma durumuna göre farklılık göstermekte midir?
- 7) Eğitim ortamında AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin öğrenci görüşleri nelerdir?
- 8) Eğitim ortamında AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin öğretmen görüşleri nelerdir?

Yöntem

Araştırmada nicel verilere ulaşmak için ön-test son-test kontrol gruplu yarı deneysel desenden faydalanılmıştır. Nicel verileri desteklemek amacıyla nitel veriler de analiz kapsamına alınmış ve bu veriler, durum araştırması deseninden elde edilmiştir.

Katılımcılar

Araştırma Ankara ilinde bulunan bir devlet okulunun 6. sınıf öğrencilerinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubu belirlenirken kolay ulaşılabilir durum örnekleme yöntemi kullanılmış ve erişilmesi kolay olan bir grup çalışma grubu olarak belirlenmiştir (Patton, 1987). Ön-testlere ait veriler 96 öğrenciden toplanmıştır. Uygulamadan sonra deney ve kontrol grubundan uzamsal yetenek için 8, akademik başarı için ise toplam 15 öğrenciye ait son-testlere ulaşılamamıştır. Sonuç olarak araştırmanın çalışma grubu, Tablo 1’de görüldüğü gibi uzamsal yetenek için 88, akademik başarı için 81 öğrenciden oluşmaktadır. 2 deney ve 2 kontrol grubu olmak üzere 7 şube içerisinde şube düzeyinde rastgele seçilen 4 şube, deney ve kontrol gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 1. Araştırmaya Katılan Deney ve Kontrol Gruplarını Oluşturan Öğrenci Sayıları

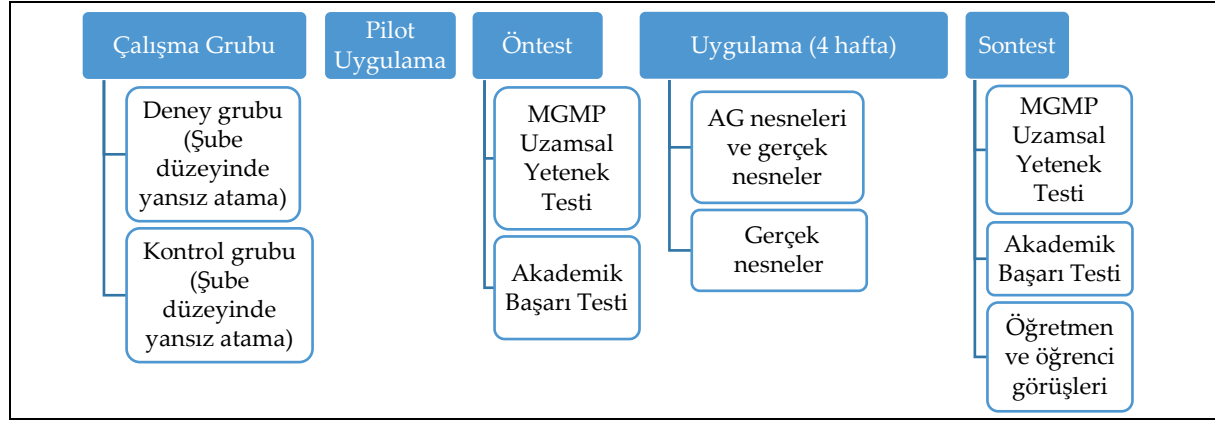
	Deney Grubu		Kontrol Grubu	
	1. şube	2. şube	3. şube	4. şube
Uzamsal Yetenek	20	24	23	21
Toplam Öğrenci	44		44	
Akademik Başarı	19	23	20	19
Toplam Öğrenci	42		39	

Uygulama öncesinde uzamsal yetenek ve akademik başarı ön-test puanları grupların denkleğini test etmek için analiz edilmiştir. Uzamsal yetenek için ($t(86)=,48, p=,633>,05$) ve akademik başarı için ($t(79)=1,19, p=,237>,05$) gruplar arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Bu bulguya dayanarak grupların denk olduğu söylenebilir.

Deney ve kontrol grubuna ait 4 şube aynı matematik öğretmeni ile eğitim görmüştür. Çalışma ilk tasarlandığında, uygulamanın iki farklı matematik öğretmeniyle yürütülmesi planlanmıştır. Ancak pilot uygulama esnasında, öğretmenlerden birinin AG uygulamalarını derse entegre etmekte sorun yaşamasından dolayı, çalışma sadece diğer öğretmenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada öğretmen görüşlerine ilişkin nitel veriler bu öğretmenden elde edilmiştir. Cinsiyeti bayan olan öğretmenin yaşı 28, mesleki deneyimi 7 yıldır. Kendisi matematik eğitimi alanında doktora öğrencisi olup, dersine teknoloji entegrasyonu konusunda olumlu düşüncelerini dile getirmektedir. Çalışmanın dersine girdiği gruplarda yürütülmesine heyecanla yaklaşmış ve çalışmanın yürütülmesi sürecinin her aşamasında araştırmacılara destek olmuştur. Tüm bunların yanı sıra öğretmen iletişim becerileri sayesinde pozitif bir öğrenme ortamı oluşturmuştur.

Uygulama Süreci

Çalışma altıncı sınıf matematik dersi “geometrik cisimler ve hacim ölçme” konusu kapsamında gerçekleştirilmiştir. Uygulama sürecinde deney grubu AG nesnelere ve gerçek objeleri kullanırken, kontrol grubu yalnızca gerçek objeleri kullanarak eğitim görmüştür. AG materyalleri 20 adet 3B sabit ve animasyon içeren nesneden oluşmaktadır. Uygulama öncesinde ders öğretmenin ve deney grubu öğrencilerinin AG ortamına alışmaları için bir hafta pilot çalışma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneyimler ışığında ortama ilişkin gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Pilot uygulamanın ardından her iki gruba da uzamsal yetenek ve akademik başarı ön-testleri uygulanmıştır. Uygulama dört hafta devam etmiştir. Kontrol grubundaki öğrenciler her hafta konularını sınıflarında işlerken, deney grubundaki öğrenciler her hafta bilgisayar laboratuvarında AG materyalleri desteğinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Dört hafta süren uygulamanın sonunda son-testler ve öğretmen-öğrenci görüşleri toplanmıştır. Araştırmanın uygulama süreci şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Araştırmanın Uygulama Süreci

Pilot Uygulama ve Eksikliklerin Giderilmesi

Uygulama öncesinde deney grubu öğrencileriyle pilot bir AG uygulaması gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere AG uygulamaları hakkında bilgi verilmiş ve AG'nin kullanımına ilişkin pratik yapılmıştır. Ön-test sonuçlarını etkilememesi için pilot uygulamada ders içerikleriyle ilgisi olmayan "uçak" ve "bebek" gibi 3B nesnelere kullanılmıştır. Uygulama esnasında karşılaşılan, ortamdaki ışık miktarının fazla olması, işaretçilerin çıktılarının silik olması ve işaretçilerin eğilmesi gibi sorunlar işaretçilerin kameralar tarafından algılanmasını zorlaştırmıştır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için; ortama koyu renkli perdeler takılmış, işaretçi çıktılarının renklerinin koyu olması sağlanmış ve işaretçilerin altına sert kartonlar yapıştırılmıştır. Bunlara ek olarak öğrencilerin kamera konumlarını ayarlarken dikkatlerinin dağıldığı ve işaretçileri 360° döndürmekte zorlandıkları belirlenmiştir. Bu sorunları çözmek amacıyla, kamera açıları en iyi görüşe sahip olacak şekilde sabitlenmiş ve işaretçilerin altına çubuk eklenerek öğrencilerin işaretçileri daha rahat bir şekilde çevirebilmeleri sağlanmış ve böylece öğrenciler 3B nesnelere her açıdan rahatça inceleme imkanı bulmuşlardır. Sınıfın E tipinde olması, bilgisayar arası mesafelerin dar olması ve oturma düzeninin sıkışık olması nedeniyle öğrencilerin işaretçileri rahat hareket ettiremediği görülmüş, bu nedenle sınıf U tipine dönüştürülmüş ve sıkışıklık giderilmiştir. Pilot uygulama esnasında karşılaşılan ve yukarıda bahsedilen problemlerin çözümü için gerçekleştirilen düzenleme ve iyileştirme çalışmalarının ardından, ortam AG uygulamalarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi hale getirilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada öğrencilerin uzamsal yeteneklerini ölçmek amacıyla MGMP uzamsal yetenek testi, matematik dersine ilişkin akademik başarılarını ölçmek amacıyla ise akademik başarı testi kullanılmıştır. Öğrenci ve öğretmenlerin ortama ilişkin düşünceleri ise araştırmacılar tarafından geliştirilen öğretmen ve öğrenci görüş formları ile toplanmıştır.

MGMP Uzamsal Görselleştirme Testi, Michigan State Üniversitesi matematik bölümü akademisyenleri tarafından II. kademe öğrencileri için geliştirilmiştir (Ben-Chaim, Lappan ve Houang, 1988). Türkçe diline çeviri ve uyarlama çalışması Turğut (2007) tarafından yapılmıştır. Uyarlama çalışmaları yapılırken iki ilköğretim matematik eğitimi öğretim elemanının ve bir ilköğretim matematik öğretmenin görüşleri alınmış, bazı sorular bu yaş dönemi çocukların seviyelerine uygun olmadığı için çıkartılmıştır. Testin orijinali 32 sorudan oluşurken, Türkçeye uyarlanan yeni test 29 sorudan oluşmaktadır. Düzenlenen testin pilot uygulaması 4 ilköğretim okulunda, 128 altıncı sınıf, 150 yedinci sınıf ve 104 sekizinci sınıf olmak üzere toplam 382 öğrenci ile yapılmıştır. Toplanan veriler analiz edilmiş, testin son güvenilirlik katsayısı 0,830 olarak bulunmuştur. Test, uzamsal yeteneğin iki alt bileşenini ölçtüğü için ismi MGMP Uzamsal Yetenek Testi olarak değiştirilmiştir.

Bu araştırmada, uzamsal yetenek testinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarını gerçekleştirmek için 161 altıncı sınıf ve 132 yedinci sınıf öğrencisi olmak üzere 293 öğrenciden veri toplanmıştır. Elde edilen veriler ile madde ve test istatistikleri tekrarlanmıştır. Ayırt edicilik

indekslerinin 0,20'den düşük olduğu belirlenen 5 test maddesinin çıkarılmış hali ile analizler tekrarlanmıştır ve son olarak güvenilirlik değeri (KR-20) 0,81 olarak hesaplanmış ve testin kabul edilebilir düzeyde bir güvenilirliğinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Akademik başarı testi olarak Milli Eğitim Bakanlığı müfredatında yer alan 6. sınıf matematik dersinin "geometrik cisimler ve hacim ölçme" konusunun hedef ve kazanımlarına uygun olarak 20 maddeden oluşan çoktan seçmeli bir test hazırlanmıştır. Daha sonra akademik başarı testi değerlendirme uzman görüş formu ile bir ölçme-değerlendirme, iki konu alan uzmanı ve bir Türk Dili uzmanının görüşü doğrultusunda test üzerinde gerekli düzeltmeler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra test, 6. sınıf düzeyinde 7 şubede öğrenim gören 172 öğrenciye uygulanmıştır. Elde edilen verilere madde ve test istatistikleri uygulanmıştır. Ayırt edicilik indekslerinin 0,20'den düşük olduğu belirlenen 6 test maddesi çıkarılmıştır. Kalan 14 maddelik test ile analizler tekrarlanmış ve son olarak güvenilirlik değeri (KR-20) 0,64 olarak hesaplanmıştır. Bu değer testin kabul edilebilir düzeyde bir güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir.

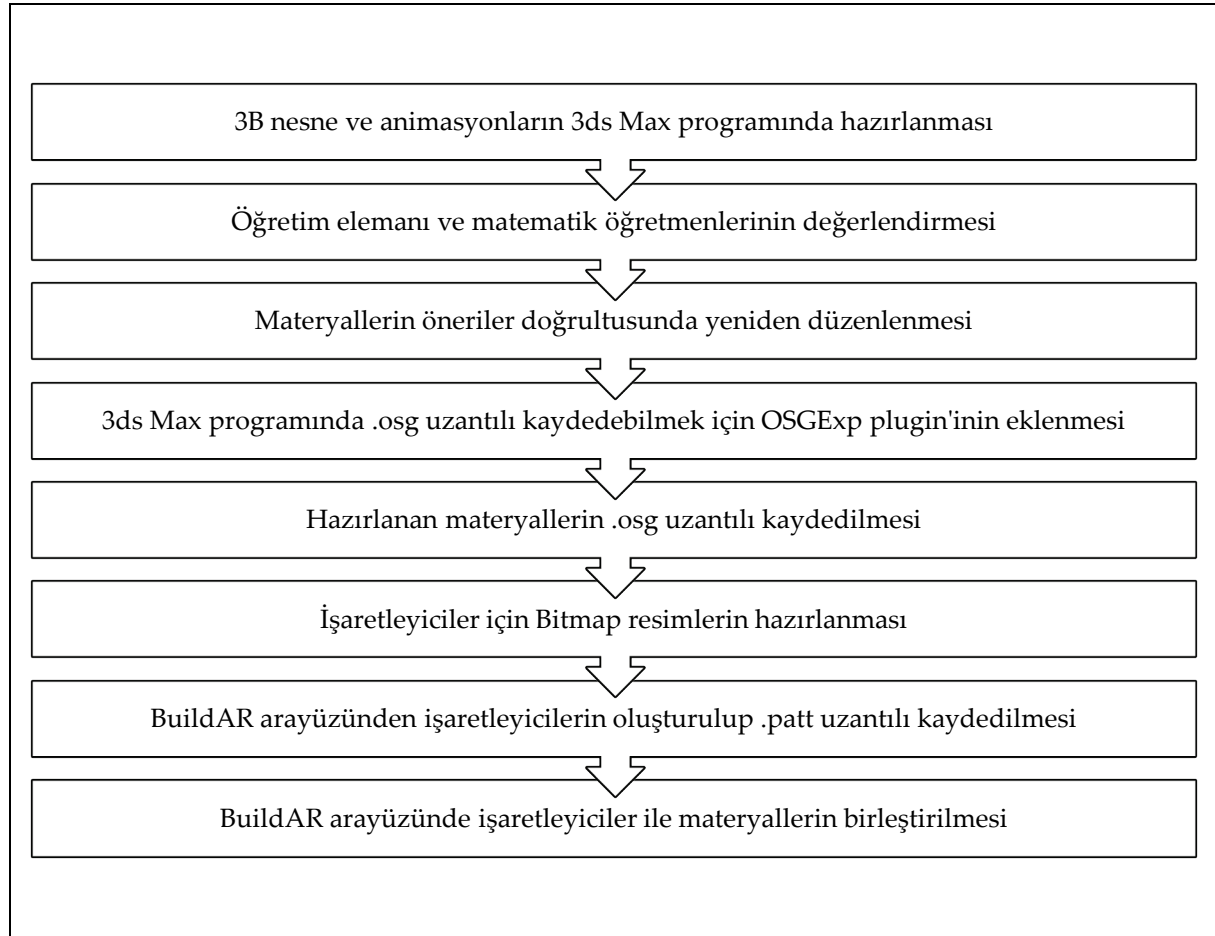
Öğretmen ve öğrenci görüş formları, matematik eğitiminde AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin öğretmen ve öğrenci görüşlerini elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen bu formlar açık uçlu sorulardan oluşmaktadır. Formlar alan uzmanları ve dil uzmanları tarafından incelenmiş, geri bildirimler doğrultusunda gerekli düzenlemeler gerçekleştirilerek son şekline ulaşmıştır.

Ders Materyalleri

Öğretmen her iki grupta da 3B nesnelere anlatımını desteklemek amacıyla ilaç kutusu, silgi, plastik küp gibi gerçek objeler kullanmıştır. Örneğin ilaç kutusunu yırtarak kare prizmanın açılımını göstermiş, cismin köşegenini ise bu nesnelere gösteremediği için tahtaya çizerek anlatmıştır. Deney grubunda ise gerçek objelere ek olarak AG materyalleri kullanılmıştır.

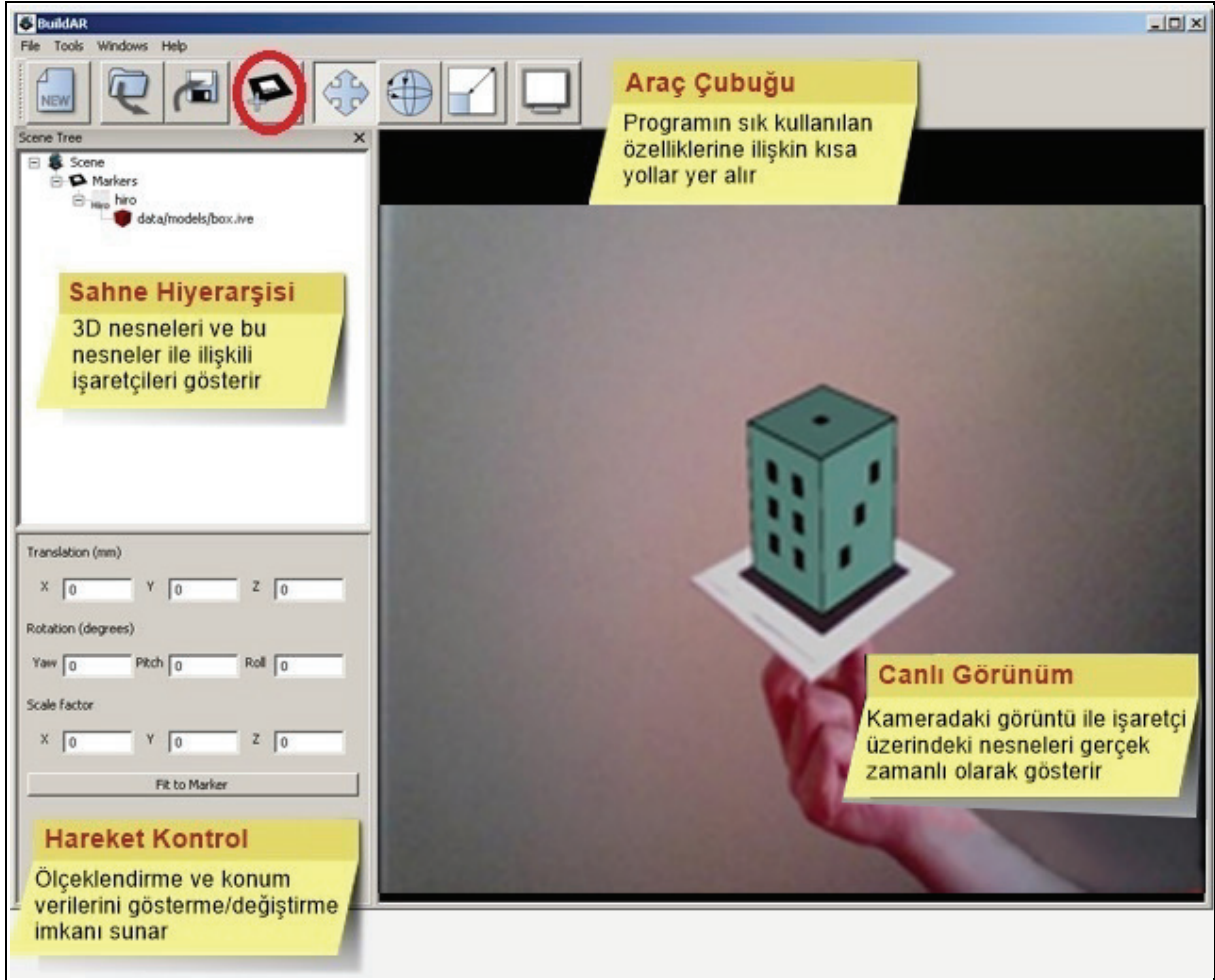
Eğitim ortamlarında gerçek modeller, özellikle somut düşünme becerileri gelişmemiş küçük yaşta öğrencilerde soyut kavramları somutlaştırmak için kullanılırlar. Çünkü bu yaş grubundaki bireyler bilgiyi bu şekilde daha kolay anlamlandırabilmektedirler (McNeil ve Uttal, 2009). Bruner (1966) soyut bağlarla ilk defa karşılaşan her yaşta bireyler için gerçek nesnelere kullanımının uygun ve ekonomik olduğunu dile getirmektedir. Bununla birlikte, Kaminski, Sloutsky ve Heckler (2009) soyut kavramlar öğrenilirken sınırlı sayıda 3B gerçek nesne kullanımının yeterli olmayacağını belirtmektedirler. McNeil ve Uttal (2009) matematik eğitiminde gerçek nesnelere etkili olabilmesinin, öğrencilere bu nesnelere kullanımına ilişkin etkili bir klavuzluk sağlanmaksızın mümkün olmayacağını ifade etmektedirler. Sarama ve Clements (2009) bilgisayarlı ortamlarda, öğrencilerin soyut kavramları öğrenmeleri esnasında ihtiyaç duydukları klavuzlamanın, buldukları durumlara ilişkin görseller sunularak anlık olarak sistem tarafından sağlanabileceğini belirtmektedirler. AG 3B desteği sunan ve kullanıcı ile anlık iletişime giren bir bilgisayarlı ortamdır. Bruner (1966) farklı soyut kavramların öğretilmesi için pek çok gerçek nesnenin kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu durum hem ekonomik olarak hem de uygulamaların pratikliği açısından bazı sınırlılıklar oluşturmaktadır. AG ortamlarının oluşturulmasında her ne kadar başlangıçta bilgisayar, kamera ve yazılımlara ihtiyaç olsa da (Furio, Gonzalez-Gancedo, Juan, Seguí ve Costa, 2013) bu ortamlar oluşturulduktan sonra yeni materyallerin eklenmesi ve sunulması ekonomiklik ve kolaylık sağlayacaktır. Sırakaya ve Seferoğlu (2016) AG ortamlarında hata yapmanın ve tehlikeli olabilecek deneylerin gerçekleştirilmesinin maliyetsiz ve güvenli olduğunu belirtirken, Di Serio, Ibáñez ve Kloos (2013) AG'nin kullanımı kolay ve eğlenceli bir ortam olduğunu vurgulamıştır. Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra literatürde AG ortamlarının kalabalık sınıflarda kullanımının zor olması (Yoon, Elinich, Wang, Steinmeier ve Tucker, 2012), uygun ortamlar tasarlanmadığında kullanım problemlerinin yaşanması ve aşırı bilişsel yüklenmeye sebep olması (Munoz-Cristobal vd., 2015; Dunleavy vd., 2009) gibi bulgulara da rastlanmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan AG materyalleri Autodesk 3ds Max yazılımı ile çizim ve animasyonları oluşturularak hazırlanmıştır. Öğretim elemanlarının ve matematik öğretmenlerinin görüşleri alınarak tekrar düzenlenen materyallerin, AG sahnelerine dönüştürülmesi için BuildAR yazılımı kullanılmıştır. Şekil 2’de materyallerin oluşturulma sürecinin basamakları gösterilmiştir.



Şekil 2. AG Ders Materyalinin Oluşturulma Süreci

İşaretçiler ile 3B çizimlerin birleştirilmesini sağlayan BuildAR programının genel arayüz görünümü şekil 3’de yer almaktadır. AG uygulamalarına ilişkin sunulan arayüzler karmaşık olduğunda öğrenciler bu sistemleri kullanmakta zorluk çekmektedirler (Squire ve Jan, 2007). Bu nedenle bu çalışmada oldukça sade ve kullanışlı bir arayüz sunan BuildAR programı tercih edilmiştir. Uygulamalar sırasında arayüzün kullanımına ilişkin herhangi bir problemle karşılaşmamıştır.

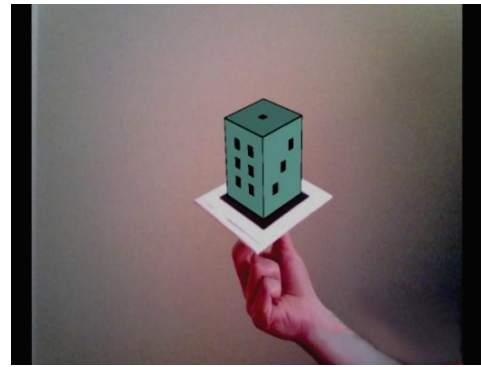


Şekil 3. BuildAR Programının Arayüzü

Hazırlanan örnek işaretçi şekil 4a'da, kullanılan nesnelere şekil 4b'de BuildAR arayüzü ile birlikte sunulmaktadır.

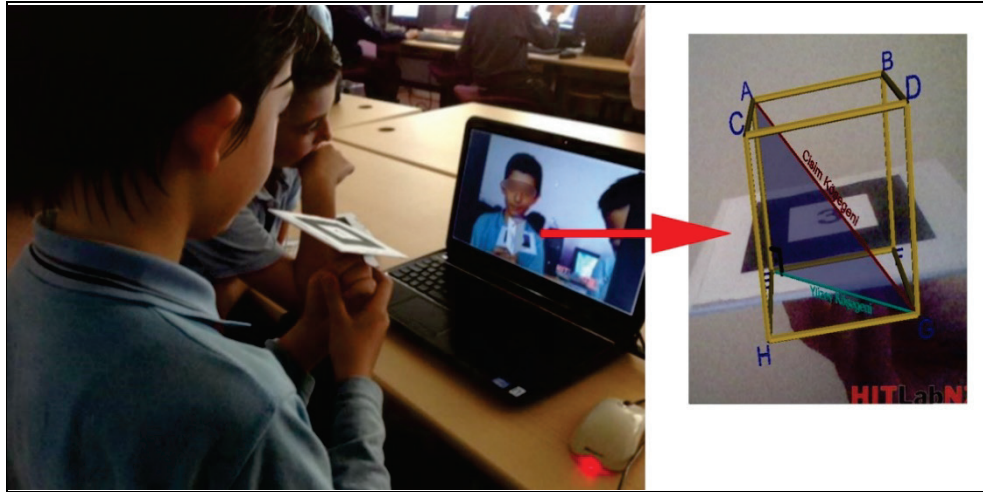


Şekil 4a. Örnek İşaretçi



Şekil 4b. Kullanılan Nesnelere Biri

Şekil 5'te BuildAR arayüzünü tam ekran çalıştırarak AR materyallerini inceleyen öğrenciler görülmektedir.



Şekil 5. AG Nesnesinin Kullanımına İlişkin Sınıf Görüntüsü

AG uygulamaları sanal ve gerçeğin birleştirildiği arayüzlere göre video ve optik tabanlı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Video tabanlı uygulamalarda gerçek görüntü kameralar ile algılanarak bilgisayar veya mobil cihazların ekranında sanal görüntü ile birleştirilmektedir (Azuma, 1997). Ayrıca sanal verilerin oluşmasında kullanıcının bulunduğu konum bilgisinin veya önceden hazırlanmış işaretçilerin kullanılmasına dayanan konum tabanlı ve resim tabanlı gibi sınıflamalara da rastlanmaktadır (Cheng ve Tsai, 2013). Bu çalışmada video ve resim tabanlı AG uygulamaları kullanılmıştır.

Analiz

Şube düzeyinde yansız olarak atanan deney ve kontrol gruplarının başarı ve uzamsal yetenek testlerine ait puanları arasındaki farkların anlamlı olup olmadığına bağımsız örneklem t-testi kullanılarak karar verilmiştir. Grupların kendi içinde başarı ve uzamsal yetenek becerilerine ilişkin puanları arasındaki farklılık ise bağımlı örneklem t-testi kullanılarak analiz edilmiştir. Öğretmen ve öğrencilerden görüş formları ile toplanan nitel veriler ise betimsel analizler kullanılarak incelenmiştir.

Bulgular

"AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasında farklılık var mıdır?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Deney grubunda bulunan öğrencilerin ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasındaki farkın anlamlılığını hesaplamak için yapılan t-testi sonuçları tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Deney Grubunun Ön-Test İle Son-Test Uzamsal Yetenek Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Test	N	X	S	t	Sd	P
Deney Grubu	Ön-Test	44	12,00	4,88	6,02	43	,000
	Son-Test	44	15,43	5,11			

AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrencilerin uzamsal yeteneklerini ölçmek için uygulanan ön-test yetenek puanları ($X=12,00$) ile son-test yetenek puanları ($X=15,43$) arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t(43)=6,02$, $p<.01$]. Bu sonuç, konunun işlenmesinde AG uygulamalarının kullanılmasının, öğrencilerin uzamsal yeteneklerini anlamlı bir şekilde arttırdığını göstermektedir.

"AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasında farklılık var mıdır?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Kontrol grubunda bulunan öğrencilerin ön-test ile son-test uzamsal yetenek puanları arasındaki farkın anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Kontrol Grubunun Ön-Test İle Son-Test Uzamsal Yetenek Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Test	N	X	S	t	Sd	P
Kontrol Grubu	Ön-Test	44	12,46	3,98	3,61	43	,001
	Son-Test	44	14,50	4,83			

AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun uzamsal yetenek puanlarında anlamlı bir artış olduğu sonucuna ulaşılmıştır [$t(43)=3,61, p<.01$]. Öğrencilerin uygulama öncesi uzamsal yetenek puanlarının ortalaması $X=12,46$ iken, uygulama sonrasında $X=14,50$ 'dir. Bu anlamlı farklılık, "geometrik cisimler ve hacim ölçme" konusunun 3B gerçek modeller kullanılarak işlenmesinin öğrencilerin uzamsal yeteneklerini anlamlı bir şekilde artırdığını ortaya koymaktadır.

"Öğrencilerin son-test uzamsal yetenek puanları, ortamda AG uygulamalarının bulunma durumuna göre farklılık göstermekte midir?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Deney ve kontrol grubunda bulunan öğrencilerin son-test uzamsal yetenek puanları arasındaki farkın anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları tablo 4'te yer almaktadır.

Tablo 4. Deney ve Kontrol Grubunun Son-Test Uzamsal Yetenek Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Grup	N	X	S	t	Sd	P
Son-Test	Deney	44	15,43	5,12	,88	86	,382
	Kontrol	44	14,50	4,83			

AG uygulamalarının yer aldığı ortamda eğitim gören öğrencilerin son-test uzamsal yetenek puanlarının ($X=15,43$) AG uygulamalarının yer almadığı grupta yer alan öğrencilerin son-test uzamsal yetenek puanlarından ($X=14,50$) daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç konunun işlenmesinde AG uygulamalarının kullanımının öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin gelişimi açısından kullanılmadığı duruma göre daha olumlu yönde etkilediğini, ancak bu etkinin istatistiki olarak anlamlı olmadığını göstermektedir [$t(86)=,88, p=,382>.05$].

"AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında farklılık var mıdır?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Deney grubunda yer alan öğrencilerin ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasındaki farkın anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5. Deney Grubunun Ön-Test İle Son-Test Akademik Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Test	N	X	S	t	Sd	P
Deney Grubu	Ön-Test	42	5,79	2,52	4,89	41	,000
	Son-Test	42	8,31	2,67			

AG uygulamalarının yer aldığı ortamda çalışan öğrenci grubunun akademik başarılarına ilişkin ön-test puanları ($X=5,79$) ile son-test puanları ($X=8,31$) arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir [$t(41)=4,89, p<.01$]. Bu sonuç, AG uygulamalarının kullanımının öğrencilerin akademik başarılarında artışa neden olduğunu işaret etmektedir.

"AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında farklılık var mıdır?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Kontrol grubunda bulunan öğrencilerin, ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasındaki farkın anlamlılığını belirlemek amacıyla yapılan t-testi sonuçları Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Kontrol Grubunun Ön-Test İle Son-Test Akademik Başarı Puanlarına İlişkin T-Testi Sonuçları

	Test	N	X	S	t	Sd	P
Kontrol Grubu	Ön-Test	39	6,59	3,50	1,56	41	,126
	Son-Test	39	7,33	2,53			

AG uygulamalarının yer almadığı ortamda çalışan öğrenci grubunun ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır [$t(41)=1,56$, $p>,05$]. Öğrencilerin uygulama öncesi akademik başarı puanlarının ortalaması ($X=6,59$) iken, uygulama sonrasında ($X=7,33$)'e olmuştur. Her ne kadar uygulama sonrasında öğrencilerin akademik başarı puanları artış gösterse de, 3B gerçek modeller ile öğretimin akademik başarıyı anlamlı derecede artırmadığı görülmüştür.

"Öğrencilerin son-test akademik başarı puanları, ortamda AG uygulamalarının bulunma durumuna göre farklılık göstermekte midir?" Sorusuna İlişkin Bulgular

Deney ve kontrol grubunda yer alan öğrencilerin son-test akademik başarı puanları arasındaki farkın anlamlılığına ilişkin t-testi sonuçları Tablo 7'de yer almaktadır.

Tablo 7. Deney ve Kontrol Grubunun Son-Test Akademik Başarı Düzeylerine İlişkin T-Testi Sonuçları

	Grup	N	X	S	t	Sd	P
Son-Test	Deney Grubu	42	8,31	2,67	1,69	79	,096
	Kontrol Grubu	39	7,33	2,53			

AG uygulamalarının yer aldığı ortamlarda bulunan öğrencilerin son-test akademik başarı ortalaması ($X=8,31$) ile AG uygulamalarının yer almadığı ortamlarda bulunan öğrencilerin son-test akademik başarı ortalaması ($X=7,33$) arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir [$t(79)=1,69$, $p=,096>,05$]. Fark anlamlı olmamakla birlikte AG uygulamalarının akademik başarıyı kullanılmadığı duruma göre daha olumlu yönde etkilediğini söylemek mümkündür.

"Eğitim ortamında AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin öğrenci görüşleri nelerdir?" Sorusuna İlişkin Bulgular

AG uygulamalarının kullanılabilirliği ve derslerde kullanımının etkisi ile ilgili 10 sorudan oluşan yapılandırılmış öğrenci görüş formunu 40 öğrenci cevaplamıştır. Elde edilen bulgular aşağıda yer almaktadır.

AG uygulamalarının dersin eğlenceli hale gelmesine etkisi. Öğrencilerin tamamı ($f=40$) AG uygulamalarının dersi eğlenceli hale getirdiğini söylemiştir. Cevapların tümü incelendiğinde, AG uygulamalarının uygulandığı dersi eğlenceli hale getirme nedenlerinin uygulamanın eğlenceli olması, uygulamanın bilgisayar ortamında olması, öğrenmeyi kolaylaştırması, hızlandırması ve işaretçilerle etkileşim içerisinde olmalarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Aşağıda öğrencilerin "AG uygulamaları sizce uygulandığı dersleri eğlenceli hale getiriyor mu?" sorusuna verdikleri cevaplardan birkaçı yer almaktadır.

"Evet, çünkü elimizdeki kartları çevirerek farklı yönlerden şeklin nasıl görüldüğüne bakmak çok zevkliydi."

"Getirdi, şekilleri görerek ve istediğim gibi çevirerek öğrenmek eğlenceliydi. Zaten bilgisayarda olması eğlenceli olmasının en önemli sebebi"

"Evet, daha çabuk öğrenmem eğlenceli hale getirdi"

AG uygulamalarının konuların daha kolay anlaşılmasına etkisi. Bütün öğrenciler ($f=40$) AG uygulamalarının konuların daha kolay ve daha hızlı öğrenmelerine katkı sağladığını ifade etmiştir. Bununla birlikte öğrencilerden ikisi (%12,5) "biraz kolaylaştırdı" diyerek bu katkının kısmen olduğunu vurgulamışlardır. Öğrenciler AG ortamında yer alan etkileşim ve nesnelere detaylı inceleyebilme imkânının, konuları daha kolay anlamalarına sebep olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca uygulamaların kavram yanlışlarını engellediğinden ve kalıcılığı artırdığından da bahsedilmiştir. Aşağıda öğrencilerin "AG uygulamaları konuların anlaşılmasını kolaylaştırdı mı?" sorusuna verdikleri cevaplardan birkaçı yer almaktadır.

"Evet, çünkü bu uygulamalarda üç boyutlu olarak gördük. Gördüğümüz prizmaları sanki elimizde tutuyor gibiydik, istediğimiz taraflarına rahatlıkla bakabildik."

“Evet, özellikle hacim konusunu ve cisim köşegenini tam olarak anladım. Artık karıştırmıyorum.”

AG uygulamalarının soyut kavramları zihinde canlandırmaya etkisi. Öğrencilerin çoğu (f=37%92,5) AG uygulamalarının soyut kavramları zihinde canlandırmaya olumlu etkisi olduğunu dile getirirken, “Hayır, kolaylaştırmadı” şeklinde yanıtlayan yalnızca bir öğrenci (%2,5) bulunmaktadır. 2 (%5) öğrenci ise cevap vermemiştir. Öğrenciler zihinde canlandırmaya ilişkin pozitif düşüncelerini AG ortamında bulunan nesnelere 3B ve hareketli olmasından kaynaklandığını dile getirmişlerdir. Aşağıda öğrencilerin “AG uygulamaları soyut kavramları zihninizde canlandırmanızı kolaylaştırdı mı?” sorusunun nedenlerine yönelik verdikleri cevaplardan bazıları yer almaktadır.

“Evet, aslında defterimizde de şekilleri görebiliyorduk ama bilgisayarda şekillerin bölümleri aklımızda kaldı ve böylece zihninizde daha iyi bir şekilde canlandırmasını sağladı.”

“Evet. Çünkü normalde tahtada gördüğümde tek boyutluydu ancak bu uygulamalarda üç boyutlu. Bu yüzden hafızamda canlandırmamı da kolaylaştırdı.”

AG uygulamalarının derse olan dikkat üzerindeki etkisi. AG uygulamalarının kullanılmasının derse olan dikkati artırmasına ilişkin 31 öğrenci (%77,5) olumlu cevap verirken, 9 öğrenci (%22,5) olumsuz cevap vermiştir. Öğrenciler AG materyallerinin ilgi çekici olmasından dolayı dikkatlerinin arttığını ifade etmişlerdir. Olumsuz cevap veren öğrenciler ise 3B nesnelere incelerken konu anlatımını kaçırdıklarını belirtmişlerdir. Aşağıda öğrencilerin “AG uygulamalarının kullanılması derse olan dikkatinizin artmasına yardımcı oldu mu?” sorusuna verdikleri cevaplardan birkaçı yer almaktadır.

“AG uygulamaları hoşuma gittiği için derse olan dikkatim arttı.”

“Dikkatim arttı, dersle ilgisi olmayan şeyleri düşünmeye zamanım olmadı. Fakat bazen şekillere bakarken öğretmenimi dinlemeyi unutuyorum sonrada utanıyorum soramıyorum”

AG uygulamalarının matematik dersine yönelik düşüncelere etkisi. Öğrencilerin %77,5'i (f=31) AG uygulamalarının matematik dersine yönelik düşüncelerini olumlu şekilde etkilediğinden bahsederken, %22,5'i (f=9) düşüncelerinin değişmediğini ifade etmiştir. Olumlu etkilediğinden bahseden öğrenciler AG uygulamalarının konuların anlaşılmasını kolaylaştırmasını ve daha eğlenceli kılmasını olumlu düşüncelerinin nedenleri olarak sıralamışlardır. Olumsuz cevap veren öğrenciler genellikle dersi zaten sevdiklerini bu nedenle AG uygulamasının derse yönelik düşüncelerini değiştirmediklerini belirtmişlerdir. Aşağıda öğrencilerin “AG uygulamaları matematik dersine karşı düşüncelerinizi olumlu veya olumsuz yönde değiştirdi mi? Açıklayınız.” sorusuna verdikleri yanıtlardan birkaçı yer almaktadır.

“Daha iyi anladığım için eğlenceli geçti. Dersi sevmemi sağladı.”

“Matematik dersini fazla sevmesem de sevdiğim konular var. Bu uygulamalar sevmemişim konularda da yapılırsa o konuları da severim.”

“Öğretmenimizle matematik dersini zaten seviyorduk ama böyle işleyince daha çok sevdim.”

AG uygulamalarını kullanırken akran işbirliğinin konuyu anlamaya etkisi. Uygulamalar esnasında öğrencilerin bir kısmı bilgisayarda tek başına oturmuş, bir kısmı da iki kişi oturmuştur. Öğrencilerden 29'u (%72,5) arkadaşlarıyla birlikte çalışmanın anlamalarını olumlu yönde etkilediğini belirtirken, 11'inin (%27,5) düşünceleri akran işbirliğinin olumsuz etkilediği doğrultusundadır. Olumlu cevap veren öğrenciler nesnelere birlikte incelediklerini ve anlamadıkları yerleri arkadaşları ile paylaştıklarını ifade etmişlerdir. Birlikte çalışmaktan hoşlanmadığını dile getiren öğrenciler ise, ders esnasında arkadaşıyla konuşmak zorunda kalmaktan, incelemek istedikleri nesne konusunda anlaşamamaktan ve kendisinin bizzat inceleyemediği etkinlikleri yeterince anlamamaktan şikâyet etmişlerdir. Aşağıda öğrencilerin “AG uygulamalarını kullanırken bir arkadaşınızla birlikte çalışmanız konuyu anlamamızı nasıl etkiledi? Olumlu/olumsuz?” sorusuna verdikleri cevaplardan bazıları yer almaktadır.

“Olumlu yönde etkiledi. Çünkü, arkadaşımınla birlikte farklı fikir ve düşüncelerimizi birbirimizle paylaştık ve daha iyi anladık”

“Olumsuz etkiledi. Kartlardan birini arkadaşım, diğerini ben kullandım. Ben sadece kendi yaptığımı anladım. Arkadaşımın yaptıklarını anlamadım.”

AG kullanımına ilişkin zorluklar. Öğrencilerden 30’u (%75) AG materyallerinin kullanımında herhangi bir sorunla karşılaşmadığını söylerken, 10 öğrenci (%25) çeşitli zorluklarla karşılaştıklarını dile getirmiştir. Sıkıntı yaşayan öğrencilerin tamamı işaretçilerin algılanma sorunundan bahsetmişlerdir. Ortamdaki ışık miktarının fazla olmasından dolayı işaretçiler parlaması bu soruna neden olmuştur. Bu zorluklar pilot uygulamadan sonra düzeltilmiştir. Yaşanan zorluklardan bir diğeri ise, öğrencilerin AG materyallerinin kullanılmasına aşına olmamalarından kaynaklanmıştır. Aşağıda öğrencilerin “Ders esnasında AG kullanımında zorluklarla karşılaştınız mı? Karşılaştıysanız bunlar nelerdir?” sorusuna verdikleri cevaplardan bazıları yer almaktadır.

“Kartlar parladığı için cisimleri zor gördüm.”

“Cam kenarında oturduğum için kartlarım çok parladı. Yanımdaki arkadaşımdan bakmak zorunda kaldım”.

Farklı derslerde AG uygulamalarını kullanma isteği. “Farklı derslerde de AG uygulamalarını kullanmak ister misiniz? Hangi derslerde veya konularda olabilir?” sorusuna 40 öğrenciden 19’u (%47,5) yanıt vermiştir. Verilen cevaplar ağırlıklı olarak fen ve teknoloji, sosyal bilgiler ve İngilizce derslerinde AG kullanımının faydalı olacağına ilişkindir. Öğrencilerden 3’ü ise “iskelet ve kas sistemi”, “maddenin tanecikli yapısı”, “destek ve hareket” ve “vücudumuz” konularında AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin isteklerini dile getirmiştir.

AG uygulamasına ilişkin değişiklik önerileri. “Kullandığınız AG uygulamasında ne gibi değişiklikler yapılmasını isterdiniz?” sorusuna yalnızca 5 (%8) öğrenci cevap vermiştir. Diğer öğrenciler soruya cevap vermemiş ya da değişiklik istemediklerini ifade etmişlerdir. Cevap veren öğrencilerin önerileri, AG uygulamasının farklı konuları da kapsamayı, aydınlatmanın ve kamera ayarlarının uygun hale getirilmesi, nesne sayısının ve özellikle animasyon içeren nesnelere sayısının artırılması şeklindedir.

AG uygulamalarına ilişkin öğrencilerin diğer görüşleri. “AG uygulamaları ile ilgili söylemek istediğiniz başka bir şey var mı? Varsa açıklayınız.” sorusuna yalnızca 2 (%5) öğrenci cevap vermiştir. Bu öğrenciler AG uygulamalarını ilerleyen yıllarda, farklı derslerde kullanmak istediklerini belirtmişlerdir.

“Eğitim ortamında AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin öğretmen görüşleri nelerdir?” sorusuna İlişkin Bulgular

AG uygulamalarını dersinde kullanan matematik öğretmenin görüşleri incelendiğinde, AG’nin öğretim sürecine ilişkin olumlu etkileri üç başlıkta toplanabilir.

Bunlardan ilki, AG’nin öğrencilerin derse karşı heyecan ve ilgilerini artırmasıdır. Öğretmen bu durumun nedenini, öğrencilerin bilgisayar çok sevmelerinin yanı sıra AG uygulamalarının farklı ve yeni bir teknoloji olmasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Öğrencilerin her hafta laboratuvara girdiklerinde “bu hafta hangi şekilleri göreceğiz” gibi sorularla derse karşı ilgilerini dile getirdiklerini ve ders boyunca bu meraklarını sürdürdüklerini belirtmiştir. Derse karşı ilginin artmasından dolayı da öğrencilerin dikkat dağınıklığının azaldığını ve sınıf içerisinde yaşanan bazı disiplin sorunlarının azaldığını gözlemlediğini belirtmiştir.

Öğretmen tarafından vurgulanan ikinci olumlu etki, AG uygulamalarının soyut kavramları somutlaştırmaya yardımcı olmasıdır. AG ortamı aracılığıyla, öğrencilerin şekilleri farklı açılardan gözlemleyebilmeleri ve nesnelere sanki avuçlarının içinde hareket ettiriyormuş gibi hissetmeleri mümkün olmuştur. Böylece, geleneksel yöntemlerle “geometrik cisimler ve hacim ölçme” konusu işlenirken, öğrencilerin şekilleri zihinlerinde canlandırmalarına ilişkin yaşadıkları sorunlar azalmıştır.

Öğretmen tarafından vurgulanan üçüncü etki ise AG uygulamalarının, geleneksel yöntemlerle işlenen derslerde harcanan zaman ve çabayı azaltmasıdır. Öğretmen bu duruma gerekçe olarak, AG uygulamalarının kullanılmadığı derslerde 3B modellerin oluşturulmasının ve kullanıma hazır hale getirilmesinin zaman alıcı ve yorucu olduğunu ifade etmiştir.

AG uygulamalarını öğretim sürecinde kullanılmasının getirdiği avantajların yanı sıra öğretmen, uygulama süreciyle ilgili bazı zorlukların üzerinde durmuştur. Öğrencilerin ilk hafta işaretçileri ekrana fazla yakın tutmaları ve çok hızlı hareket ettirmelerinden dolayı problem yaşadıklarını, ancak karşılaşılan bu zorlukların pilot uygulama esnasında aşıldığını söylemiştir. Uygulamalar esnasında ise, birlikte çalışan öğrencilerin bazılarının aralarında konuşurken öğretmeni takip etmekte zorlandıkları ve etkinlikleri kimin yapacağı konusunda anlaşmazlık yaşadıklarını dile getirmiştir.

Son olarak öğretmen, ileride AG uygulamalarının derslerde kullanımına ilişkin olarak bazı önerilerde bulunmuştur. AG'yi derslerinde kullanmak isteyen bir öğretmenin öncelikle bu teknolojiyi kullanmaya istekli olması gerektiğini vurgulamıştır. İleride hazırlanabilecek AG uygulamalarına, döndürme veya yakınlaşmanın yanı sıra nesnelere bölme, boyut, renk ve dokusunu değiştirme gibi farklı fonksiyonların da eklenmesinin faydalı olabileceğini vurgulamıştır.

Tartışma ve Sonuç

AG Uygulamalarının Öğrencilerin Uzamsal Yeteneklerine Etkisi

AG uygulamalarının kullanıldığı ve kullanılmadığı gruplarda yer alan öğrencilerin uzamsal yeteneklerine ait grup içi ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Bu durum, hem AG uygulamalarının, hem de 3B gerçek nesnelere eğitim ortamlarında kullanılmasının, öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirdiğini göstermektedir. Literatürde benzer sonuçlara ulaşan çalışmalar bulunmaktadır (Shelton ve Hedley, 2002; Kaufmann vd., 2005; Martín-Gutiérrez vd., 2010; Lin vd., 2015). Gruplar kıyaslandığında ise, AG uygulamalarının yer aldığı grubun uzamsal yetenek puanlarının diğer gruba göre daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir. AG, kullanıcıları buldukları mekandan soyutlamadan, etraflarındaki nesnelere ilişkin ekstra bilgiler sunarak gerçeği zenginleştirir. AG uygulamalarının bu özellikleri sayesinde 3B kavramları zihinde canlandırma ve düzenleme yapabilme sürecini gerçek nesnelere göre daha fazla geliştirdiği söylenebilir.

Gruplar arası uzamsal yetenek son-test puanları kıyaslandığında, AG uygulamalarının kullanıldığı grubun puanlarının diğer grubun puanlarından daha yüksek olduğu görülmüş ancak beklenen aksine bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Bu bulgu, literatürdeki AG'nin uzamsal yeteneğe etkisini inceleyen bazı çalışmaların sonuçları ile çelişmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde, (Shelton ve Hedley, 2002; Kaufmann vd., 2005; Martín-Gutiérrez vd., 2010; Lin vd., 2015) örneklem gruplarının lise ve üniversite düzeyindeki öğrencilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar sonuçlardaki çelişkinin öğrencilerin yaş gruplarının farklılaşmasından kaynaklanabileceğini düşünmektedirler. Piaget (1976) bireysel farklılıklara göre değişiklik göstermekle birlikte 7-11 yaş grubundaki öğrencileri somut işlemler döneminde kabul ederken, 12 yaş ve sonrası öğrencileri soyut işlemler döneminde kabul etmektedir. Bu çalışmaya katılan öğrencilerin yaş ortalaması 11,92'dir. Diğer bir ifadeyle, öğrenciler soyut işlemler dönemine geçiş için kritik bir yaş sınırındadır. Literatürde AG uygulamalarının uzamsal yeteneğe olumlu etkisini ortaya koyan çalışmalarda öğrencilerin ise soyut işlemler döneminde oldukları açıktır.

AG Uygulamalarının Öğrencilerin Akademik Başarılarına Etkisi

AG uygulamalarının kullanıldığı grupta yer alan öğrencilerin akademik başarılarına ait ön-test ve son-test puanları arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu anlamlı farklılık, eğitim ortamlarında AG materyallerinin yer almasının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığını göstermektedir. Liu ve diğerleri (2007), Abdüsselam ve Karal (2012) ve Lin ve diğerlerinin (2015) çalışmaları da bu sonucu destekler niteliktedir. AG uygulamalarının kullanılmadığı grupta ise, ön-test ile son-test akademik başarı puanları arasında artış gözlemlendiği, ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı

olmadığı görülmüştür. Gruplar arasında oluşan bu farklılığın, AG ortamının sunduğu gerçeği zenginleştiren unsurlara somut nesnelere sahip olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu unsurlar, anlık etkileşim içerisinde, cisimlerin, köşegenlerinin, yüzeylerinden oluşumunun ve hacmine ilişkin görsellerin ve animasyonların yer alması olabilir.

AG uygulamalarının kullanıldığı ve kullanılmadığı gruplarının son-test akademik başarı puanları kıyaslandığında farkın anlamlı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Uzamsal yetenek testi ile akademik başarı testi benzerlik göstermektedir. Uzamsal yetenek testinde küplerin döndürülmesi ve yeniden düzenlenmesi ile ilgili sorular bulunurken, akademik başarı testinde de küplerin döndürülmesi ve hacim hesaplamalarına ilişkin sorular bulunmaktadır. Bu nedenle, AG uygulamasının akademik başarıya etkisi ile uzamsal yeteneğe etkisinin paralellik göstermesinin de şaşırtıcı bir sonuç olmadığı düşünülmektedir. İbili (2013) iki okulda gerçekleştirdiği çalışmada AG'nin akademik başarı üzerine etkisini incelemiştir. Aynı koşulların sağlandığı iki grup için grupların birinde anlamlı farklılık elde edilirken diğerinde elde edilmemiştir. Araştırmacı bu durumun nedeninin öğretmen farklılığından kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Bizim çalışmamızda ise her iki grupta aynı öğretmen ile ders işlenmiş olmasına rağmen akademik başarıda anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir. Estapa ve Nadolny (2015) tarafından gerçekleştirilen AG uygulamasının akademik başarıya etkisini inceleyen araştırmanın bulguları, bizim çalışmamızın sonuçları ile örtüşmemektedir. Estapa ve Nadolny'nin (2015) çalışmasının hedef kitlesinin lise düzeyindeki öğrencilerden oluşması bu farklılaşmanın nedeni olarak görülmektedir. Bu durum yine, öğrencilerin soyut işlemler dönemine geçiş için kritik dönemde yer almalarından kaynaklanabileceğini akla getirmektedir.

Lin ve diğerleri (2015) ortaokul öğrencileri ile AG uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisini inceleyen bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırma bulguları, akademik başarıları yüksek olan grup üzerinde AG uygulamalarının herhangi bir etkisinin olmadığı, akademik başarıları ortalama seviyede olan öğrenciler için küçük bir etkiye sahip olduğu ve akademik başarıları düşük olan öğrencilerde ise etkisinin anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamızda öğrenciler akademik başarılarına göre sınıflandırılmamıştır. Bu nedenle iki çalışmanın analiz sonuçlarının karşılaştırılması mümkün değildir.

AG uygulamaları bireylerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilir. Bu uygulamaların geliştirilmesinde giyilebilir, taşınabilir, etkileşimli, konum temelli gibi farklı araç-gereç ve yöntemler kullanılabilir (Van Krevelen ve Poelman, 2010). Bu çalışmada video ve resim temelli bir AG ortamı geliştirilmiştir. Kullanılan farklı AG teknolojilerinin yaşanan deneyimlerin gerçekçiliğini de etkileyeceği düşünülmektedir. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde farklı AG teknolojilerinin farklı gruplar üzerinde kullanıldığı ve akademik başarı üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalara ulaşılmakla birlikte (Shelton ve Hedley, 2002; Liu vd., 2007; Abdüsselam ve Karal, 2012; Dünser vd., 2012) hangi seviyede, hangi tür AG teknolojilerinin kullanımının uygun olacağına ilişkin veriler elde eden herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu durum "bizim çalışmamız için farklı bir AG teknolojisi kullanılsaydı akademik başarıya ilişkin sonuçlar değişir miydi?" sorusunu düşündürmektedir.

Öğretmen ve Öğrencilerin AG Uygulamalarına İlişkin Görüşleri

AG uygulamalarını derste kullanan öğrenciler, bu uygulamaların eğlenceli olduğunu, soyut kavramları zihinlerinde canlandırmalarını ve öğrenmeyi kolaylaştırdığını ve derse olan ilgilerin artırdığını ifade etmişlerdir. Literatürde bu sonuçla paralellik gösteren bulgularla karşılaşmıştır (Liu vd., 2007; Klopfer ve Squire, 2008; Di Serio vd., 2013; Lin vd., 2015). Öğretmenin görüşleri de bu konuda öğrencilerle paralellik göstermektedir. Daha önceki derslerde konunun öğretiminde karşılaşılan sıkıntıların AG uygulamaları sayesinde azaldığını dile getiren öğretmen, bu uygulamaların öğrencilerin 3B nesnelere zihinlerinde canlandırmalarına yardımcı olduğunu ve bu nedenle öğrenmeyi kolaylaştırdığını vurgulamıştır. Ayrıca öğrencilerin derse daha meraklı geldiklerini ve öğrencilerin dikkatinin derse çekilmesi konusunda AG uygulamalarının olumlu etkileri olduğunu ifade etmiştir. Bunlara ek olarak öğretmen, oluşturduğu 3B gerçek nesnelere dersi işlemesine kıyasla AG uygulamalarının zamandan tasarruf sağladığını da belirtmiştir. Uygulamayı iki kişilik gruplar halinde tek bir bilgisayar kullanarak yürüten öğrencilerden bir kısmı, nesnelere incelerken zorlandıkları konular

hakkında birbirlerine yardımcı olmalarının faydalı olduğunu dile getirmişlerdir. Bununla birlikte, AG uygulamalarını grupça gerçekleştirilmesinden hoşlanmayan öğrenciler de olmuştur. Matematik öğretmenlerini sevdikleri için genellikle derse yönelik olumlu düşüncelere sahip öğrencilerin çoğu, AG uygulamalarının dersi daha fazla sevmelerine katkı sağladığını söylemişlerdir. Derse karşı olumsuz düşünceye sahip olan bazı öğrencilerin de, bu uygulama sonrasında derse karşı daha olumlu duygular besledikleri görülmüştür. Bazı öğrenciler benzer AG uygulamalarının farklı derslerde de kullanılmasının faydalı olacağını belirtmişlerdir. Öğretmen ve öğrencilerin uygulamalar sırasında karşılaşılan sıkıntılara ilişkin olarak belirttikleri iki ortak problem, laboratuvarın ışıklandırması ve kameradan kaynaklı bulanıklıklardır. Bu iki problem işaretçinin algılanmasını zorlaştırdığı için AG uygulamalarının kullanımını güçleştirmektedir. İbili (2013) de AG uygulamalarının kullanılmasına ilişkin benzer güçlüklerle karşılaştığını belirtmiştir. Ayrıca sınıf ortamının oturma düzeninin sıkışık olması da öğrencilerin işaretçileri kullanmasını zorlaştırmaktadır.

Öneriler

AG Uygulamalarının Geliştirilmesine Yönelik Öneriler

AG ortamlarında animasyon içeren nesnelere göre daha fazla ilgi görmüştür. Geliştirilecek AG uygulamalarında kullanılan nesnelere animasyon içermesine dikkat edilmesi öğrencilerin ortama olan ilgisini artırabilir.

Ortam Düzenlemesine Yönelik Öneriler

Fazla ışığın engellenemediği durumlarda işaretçilerin parlamaya algılanmasında yavaşlamalar olduğu görülmüştür. Bu yüzden laboratuvar düzenlemeleri yapılırken sınıf ortamındaki ışık miktarı kontrol altına alınmalıdır.

Pilot uygulama esnasında öğrencilerin sıkışık oturma düzeninden dolayı işaretçileri rahat hareket ettiremedikleri gözlenmiştir. AG ortamlarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi için öğrencilere gereken hareket sahasının oluşturulmasına özen gösterilmelidir.

Sonraki Çalışmalara Yönelik Öneriler

Öğrencilerden alınan görüşler doğrultusunda bazı öğrencilerin bireysel çalışmayı, bazı öğrencilerin ise grup ile çalışmayı tercih ettiği gözlenmiştir. Bu farklılaşmaya hangi bireysel özelliklerin neden olduğunun saptanmasına ve AG uygulamalarının kullanılacağı öğrenme ortamlarının nasıl tasarlanması gerektiğine ilişkin bulgulara ulaşacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmanın pilot uygulama esnasında, öğretmenlerden birinin AG uygulamalarını derste kullanırken sorun yaşamasından dolayı ilerleyen derslere devam etmemiş ve çalışma tek bir öğretmenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu durum, AG uygulamalarının derslere entegre etmek için gereken öğretmen yeterliliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların da alana katkı sağlayacağını düşündürmektedir.

Alanyazında uzamsal yeteneği geliştirmeyi amaçlayan pek çok çalışma bulunurken, AG ile uzamsal yetenek arasındaki ilişkiyi inceleyen yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Farklı yaş gruplarında özellikle K-12 düzeyinde ve daha geniş örneklemeler ile yapılmış araştırmalardan elde edilecek verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Çeşitli yöntem, teknoloji ve araçlar kullanılarak farklı AG türleri oluşturulabilmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı öğretim durumu ve öğrenci seviyesi için hangi tür AG uygulamasının etkili olacağına ilişkin öneriler sunacak araştırmalar alana katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Abdüsselam, M. S. ve Karal, H. (2012). The effect of mixed reality environments on the students' academic achievement in physics education: 11th grade magnetism topic example. *Journal of Research in Education and Teaching*, 1(4), 170-181.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Battista, M. (1980). Interrelationships between problem solving ability, right hemisphere processing facility, and mathematics learning. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 2(1), 53-60.
- Battista, M. T. ve Clements, D. H. (1996). Students' understanding of three-dimensional rectangular arrays of cubes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(3), 258-292.
- Battista, M. T., Wheatley, G. H. ve Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13(5), 332-340.
- Ben-Chaim, D., Lappan, G. ve Houang, R. T. (1988). The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25(1), 51-71.
- Ben-Haim, D., Lappan, G. ve Houang, R. T. (1985). Visualizing rectangular solids made of small cubes: Analyzing and effecting students' performance. *Educational Studies in Mathematics*, 16(4), 389-409.
- Bishop, A. J. (1986). What are some obstacles to learning geometry. *Studies in Mathematics Education*, 5, 141-159.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Carbonell Carrera, C. ve Bermejo Asensio, L. A. (2017). Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education*, 41(1), 119-133.
- Chen, Y. C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. *ACM 2006 International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications 14-17 Haziran* içinde (s. 369-372). China: Hong Kong.
- Cheng, K. H. ve Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.
- Di Serio, Á., Ibáñez, M. B. ve Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Dunleavy, M., Dede, C. ve Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Dünser, A., Walker, L., Horner, H. ve Bentall, D. (2012). Creating interactive physics education books with augmented reality. *OzCHI 2012 The 24th Australian Computer-Human Interaction Conference 26-30 Kasım* içinde (s. 107-114). Australia: Melbourne.
- Estapa, A. ve Nadolny, L. (2015). The effect of an augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 16(3), 40-48.
- Fennema, E. ve Sherman, J. (1977). Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors. *American Educational Research Journal*, 14(1), 51-71.
- Furio, D., Gonzalez-Gancedo, S., Juan, M. C., Seguí, I. ve Costa, M. (2013). The effects of the size and weight of a mobile device on an educational game. *Computers & Education*, 64, 24-41.

- Guay, R. B. ve McDaniel, E. D. (1977). The relationship between mathematics achievement and spatial abilities among elementary school children. *Journal for Research in Mathematics Education*, 8(3), 211-215.
- Huang, T. C. ve Lin, C. Y. (2017). From 3D modeling to 3D printing: Development of a differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2), 604-613.
- İbili, E. (2013). *Geometri dersi için artırılmış gerçeklik materyallerinin geliştirilmesi, uygulanması ve etkisinin değerlendirilmesi* (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- İncikabı, L. ve Kılıç, Ç. (2013). An analysis of primary school students' conceptual knowledge of geometric solids. *Journal of Theoretical Educational Science*, 6(3), 343-358.
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M. ve Heckler, A. (2009). Transfer of mathematical knowledge: The portability of generic instantiations. *Child Development Perspectives*, 3, 151-155.
- Katsioloudis, P., Jovanovic, V. ve Jones, M. (2014). A comparative analysis of spatial visualization ability and drafting models for industrial and technology education students. *Journal of Technology Education*, 26(1), 88-101.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A. ve Glück, J. (2005). General training of spatial abilities by geometry education in augmented reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine: A Decade of VR*, 3, 65-76.
- Klopfer, E. ve Squire, K. (2008). Environmental detectives- the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Kurtuluş, A. ve Uygan, C. (2010). The effects of Google Sketchup based geometry activities and projects on spatial visualization ability of student mathematics teachers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 384-389.
- Kurtuluş, A. ve Yolcu, B. (2013). A study on sixth-grade Turkish students; spatial visualization ability. *The Mathematics Educator*, 22(2), 82-117.
- 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.
- Linn, M. C. ve Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
- Liu, T. Y., Tan, T. H. ve Chu, Y. L. (2007). 2D barcode and augmented reality supported english learning system. *ICIS 2007 The 6th International Conference on Computer and Information Science* içinde (s. 5-10). Australia: Melbourne.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. I. Dennis ve P. Tapsfield (Ed.), *Human abilities: Their nature and measurement* içinde (s. 97-116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C. ve Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91.
- McNeil, N. M ve Uttal, D. H. (2009). Rethinking the use of concrete materials in learning: Perspectives from development and education. *Child Development Perspectives*, 3(3), 137-139.
- Moses, B. E. (1980). *The relationship between visual thinking tasks and problem-solving performance*. The 64th Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston: MA.

- Munoz-Cristobal, J. A., Jorin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P. ve Dimitriadis, Y. (2015). Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education. *Learning Technologies, IEEE Transactions on Learning*, 8(1), 83-97.
- Onyancha, R. M., Derov, M. ve Kinsey, B. L. (2009). Improvements in spatial ability as a result of targeted training and computer-aided design software use: Analyses of object geometries and rotation types. *Journal of Engineering Education*, 98(2), 157-167.
- Patton, M. Q. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. California: Sage.
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory. B. Inhelder, H. H. Chipman ve C. Zwingmann (Ed.), *Piaget and his school: A reader in developmental psychology* içinde (s. 11-23). New York: Springer-Verlag.
- Rafi, A., Anuar, K., Samad, A., Hayati, M. ve Mahadzir, M. (2005). Improving spatial ability using a web-based virtual environment (WbVE). *Automation in Construction*, 14(6), 707-715.
- Roca-González, C., Martin-Gutierrez, J., García-Dominguez, M. ve del Carmen Mato Carrodegua, M. (2017). Virtual technologies to develop visual-spatial ability in engineering students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(2), 441-468.
- Sarama, J. ve Clements, D. H. (2009). "Concrete" computer manipulatives in mathematics education. *Child Development Perspectives*, 3, 145-150.
- Shelton, B. E. ve Hedley, N. R. (2002). *Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students*. The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, Germany: Darmstadt.
- Sırakaya, M. ve Seferoğlu, S. (2016). Öğrenme ortamlarında yeni bir araç: Bir eğlence uygulaması olarak artırılmış gerçeklik. A. İşman, H. F. Odabaşı ve B. Akkoyunlu (Ed.), *Eğitim teknolojileri okumaları 2016 içinde* (s. 417-438). Ankara: Salmat Basım Yayıncılık.
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability*. San Diego: Knapp.
- Somyürek, S. (2014). Gaining the attention of generation z in learning process: Augmented reality. *Educational Technology Theory and Practice*, 4(1), 63-80.
- Squire, K. D. ve Jan, M. (2007). Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5-29.
- Subrahmanyam, K. ve Greenfield, P. M. (1994). Effect of video game practice on spatial skills in girls and boys. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 13-32.
- Sumadio, D. D. ve Rambli, D. R. A. (2010). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education. *ICCEA 2010 The 2nd International Conference on Computer Engineering and Applications* içinde (s. 461-465). Indonesia: Bali Island.
- Toptaş, V., Çelik, S. ve Karaca, E. T. (2012). Improving 8th grades spatial thinking abilities through a 3D modeling program. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(2), 128-134.
- Toto, S. (2011). The use of Cabri 3D software as virtual manipulation tool in 3-dimension geometry learning to improve junior high school students' spatial ability. *International Seminar and the Fourth National Conference on Mathematics Education* içinde (s. 609-618). Indonesia: Yogyakarta.
- Tracy, D. M. (1987). Toys, spatial ability, and science and mathematics achievement: Are they related?. *Sex Roles*, 17(3-4), 115-138.
- Turğut, M. (2007). *İlköğretim II. Kademe öğrencilerinin uzamsal yeteneklerinin incelenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

- Van Krevelen, D. W. F. ve Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20.
- Wang, J. Y., Wu, H. K. ve Hsu, Y. S. (2017). Using mobile applications for learning: Effects of simulation design, visual-motor integration, and spatial ability on high school students' conceptual understanding. *Computers in Human Behavior*, 66, 103-113.
- Weng, T. S., Hsu, M. H. ve Yang, D. C. (2017). A study investigating the use of 3D computer animations of trigonometric functions to enhance spatial perception ability. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(1), 23-26.
- Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. ve Tucker, S. (2012). Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(4), 519-541.
- Yurt, E. ve Sünbül, A. M. (2012). Effect of modeling-based activities developed using virtual environments and concrete objects on spatial thinking and mental rotation skills. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 12(3), 1987-1992.