



The Effectiveness of Virtual Reality-Based Teaching Material on Geometry Related Problem Solving in Students with Learning Disabilities

Hasan ALTUN ¹, Gül KAHVECİ ²

¹ European University of Lefke, Faculty of Education, Department of Elementary School Mathematics Teacher Education, Lefke, Northern Cyprus, TR-10, Mersin, Turkey
haltun@eul.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5943-356X>

² European University of Lefke, Faculty of Education, Department of Special Education Teaching, Lefke, Northern Cyprus, TR-10, Mersin, Turkey, gkahveci@eul.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-1300-7397>

Received: 08.05.2019

Accepted: 30.06.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.562047

Abstract – The past ten years have generated significant research toward improving the mathematical academic outcomes of students with learning disabilities. In this effort, the role of technology in the classroom, both high- and low-tech, has gained significant attention for students with disabilities. The use of manipulatives is a form of technology with an established research base. Although concrete manipulatives in instructional practice have been thoroughly studied, the emergence of virtual manipulatives presents teachers with new options for teaching mathematics to elementary and secondary students. This article focuses the use of virtual manipulatives for students with disabilities while highlighting the benefits they pose, such a providing students with flexible options for learning, promoting student autonomy, and offering educators a wider range of options. In the study, the number of correct answers given to the area and volume questions related to the cube, square and rectangular prisms by the virtual teaching material were examined in 3 students with hyperactivity accompanying the learning difficulties. In the research conducted with the multiple probe across participants design, it is possible to say that the implementation of teaching through virtual reality platforms supports the continuation of attention to a certain point and it provides an advantage by having fun applications and increasing the number of correct responses to the geometry problems.

Key words: virtual reality-based teaching material, digital technology, learning difficulties, geometry

Corresponding author: Hasan ALTUN, European University of Lefke, Faculty of Education, Department of Elementary School Mathematics Teacher Education, Lefke, Northern Cyprus, TR-10, Mersin, Turkey

Summary

The past ten years have generated significant research toward improving the mathematical academic outcomes of students with learning disabilities. In this effort, the role of technology in the classroom, both high- and low-tech, has gained significant attention for students with disabilities. The use of manipulatives is a form of technology with an established research base. Although concrete manipulatives in instructional practice have been thoroughly studied, the emergence of virtual manipulatives presents teachers with new options for teaching mathematics to elementary and secondary students. When the general characteristic structures of prominent intangible teaching materials are examined, it is stated that features such as being portable, accessible, practical and interesting, which have proven to reveal the desired result reliably through experience and research, and include technical or methodologies called best practices. This article focuses the use of virtual manipulatives for students with disabilities while highlighting the benefits they pose, such as providing students with flexible options for learning, promoting student autonomy, and offering educators a wider range of options. A multiple probe across participants design was used to examine the effectiveness of virtual reality-based teaching material on geometry related problem solving and a multiple probe across participants design was selected because students demonstrated similar learning challenges relative to the dependent variable examined. This multiple probe across participants design study involved introducing the intervention phase to subsequent participants when the prior participant reached some criteria, which helped to protect against internal validity threats and all data collection occurred one-on-one. Additionally, consistent with a multiple probe design, all students began baseline simultaneously. In the study, the number of correct answers given to the area and volume questions related to the cube, square and rectangular prisms which was instructed by the virtual teaching material. Then, baseline data and post intervention and generalization data were examined in 3 students with learning difficulties accompanying hyperactivity. Note, no participant had previous experience being taught with the virtual teaching material for any mathematics or academic skill content.

Initial data consisting of the baseline phase data of Participant A; the number of correct answers to the space and volume questions related to 10 cube, square and rectangular prisms is 1, 2 and 2, respectively. During the intervention, the participant followed the instructional video ones in the first day and 3 in the next 4 days. The Vegas Pro 16 program was used to create the video. In the content of the video, cube, square and rectangular prisms are given the features like edge, corner and face. These three-dimensional objects were then moved in space to enable them to be viewed from different angles. Participants were told that they could

watch the video as much as they wanted. The video application was made with the media player feature of the Virtual Desktop Program. In this process Pimax 4K virtual reality glasses were used. Again during the intervention, he used the Leap Motion system “Blocks application” not less than 20 minutes per day for five days. The participant tried to solve the problems in the “Leap Motion” system with the help of instant feedback application of the researcher with less than 30 minutes by writing the numbers on the media by means of the interaction tool.

Baseline data of Participant A was 1, 2 and 2, respectively and after the instruction, the participant A gave 9, 8, 8, 9 correct answer to the 10 questions. In the generalization sessions the participant A gave 8, 9, 9 correct answer to the 10 questions. Baseline data of Participant B was 1, 1, 1, 0 and 1, respectively and after the instruction, the participant B gave 6, 8, 7, 8 correct answer to the 10 questions. In the generalization sessions the participant B gave 7, 6, 8 correct answer to the 10 questions. Baseline data of Participant C was 2, 3, 3, 3, 2, 2 and 2, respectively and after the instruction, the participant B gave 9, 7, 9, 8 correct answer to the 10 questions. In the generalization sessions the participant B gave 8, 9, 8 correct answer to the 10 questions.

As a result, it is possible to say that the implementation of teaching through virtual reality platforms supports the continuation of attention to a certain point and it provides an advantage by having fun applications and increasing the number of correct responses to the geometry problems. In accordance with the literature in the related field, it is reported that in mental representations, which are called internal components in research, the presence of weak images towards the problem adversely affects the process of reaching the right solution in the problem. In addition, it is stated that interactive geometry software has the potential to improve geometry learning, and that these mathematical concepts and geometric objects provide meaningful learning and generalizations. The fact that mathematical relations and processes can be moved to the virtual reality screen has made possible symbolic and graphical transitions that facilitate analytical understanding. This has led to the visualization of mathematical solutions and analysis of specific education and mathematics teachers. Moreover, the learning process is more active, interesting and entertaining, especially for students with hyperactivity associated with learning disabilities, supporting their focusing and attention-sustaining behaviors, and as a natural consequence of this behavior, participants' motivations can be increased dramatically. Although virtual reality applications have a great potential for teaching geometry, they are likely to transform into high-tech teaching materials after the proper design of the content.

It should be remembered that virtual reality applications are not only played as games, but also the instructional potential of the teacher can be fully utilized with the design and guidance of the event. It is thought that the realization of future virtual reality based studies with different academic content and different diagnosed groups in special education will provide important contributions in determining effective teaching processes.

Sanal Gerçeklik Tabanlı Öğretim Materyalinin Öğrenme Güçlüğü Olan Öğrencilerde Geometriye Dayalı Problem Çözme Üzerine Etkililiği

Hasan ALTUN ¹, Gül KAHVECİ ²

¹ Lefke Avrupa Üniversitesi, Dr. Fazıl Küçük Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü, Lefke, KKTC, TR-10, Mersin, Türkiye, haltun@eul.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-5943-356X>

² Lefke Avrupa Üniversitesi, Dr. Fazıl Küçük Eğitim Fakültesi, Özel Eğitim Öğretmenliği Bölümü, Lefke, KKTC, TR-10, Mersin, Türkiye, gkahveci@eul.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1300-7397>

Gönderme Tarihi: 08.05.2019

Kabul Tarihi: 30.06.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.562047

Özet- Son on senede içinde özel gereksinimli öğrencilerin matematik alanında akademik gelişimine yönelik önemli araştırmalar yapılmaktadır. Bu çabada özel gereksinimli öğrencilerde hem yüksek teknolojinin hem de düşük teknolojinin sınıf içinde kullanımını içermekte ve oldukça da dikkat çekmektedir. Özel gereksinimli öğrencilerin matematik öğretim materyali kullanımı, köklü bir teknoloji şeklidir. Her ne kadar öğretimsel uygulamalar somut öğretim materyalleri üzerinden gerçekleştirilse de sanal öğretim materyallerinin ortaya çıkması ilköğretim birinci ve ikinci kademedeki öğrencilere matematik öğretiminde yeni seçenekler sunmaktadır. Bu makalede sanal gerçeklik tabanlı öğretim materyallerinin özel gereksinimli öğrencilerin matematik başarılarının artırılmasındaki destekleyici rolü araştırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda sanal gerçeklik tabanlı uygulamaların faydaları vurgulayarak, özel gereksinimli öğrencilere öğrenme için esnek seçenekler sağlama, öğrencinin bağımsız olmasını teşvik etme ve görsel algıyı destekleyici rolleri üzerine yoğunlaşmıştır. Araştırmada sanal öğretim materyalinin öğrenme güçlüğüne eşlik eden hiperaktiviteye sahip 3 öğrencide küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verilen doğru yanıt sayıları incelenmiştir. Denekler arası çoklu yoklama araştırma modeli ile yapılan araştırmada öğretimin sanal gerçeklik platformları üzerinden yapılmasının dikkatin belirli bir noktaya toplanarak sürdürülmesini desteklediği ve eğlenceli uygulamalar içermesiyle bir avantaj sağlayarak geometri problemlerine verilen doğru yanıt sayısının arttığını söylemek mümkündür.

Anahtar kelimeler: sanal gerçeklik tabanlı öğretim materyali, dijital teknoloji, öğrenme güçlüğü, geometri

Sorumlu yazar: Hasan ALTUN, Lefke Avrupa Üniversitesi, Dr. Fazıl Küçük Eğitim Fakültesi, İlköğretim Matematik Öğretmenliği Bölümü, Lefke, KKTC, TR-10, Mersin, Türkiye

Giriş

Özel gereksinimli öğrencilerin, tüm sınıflarda tipik gelişim gösteren akranları ile kıyaslandığında matematik alanında akademik başarılarının düşük olduğu çeşitli araştırmalarda ifade edilmektedir (Jitendra, Rodriguez, Kanive, Huang, Church, Conroy ve Zaslofsky, 2013). Bu öğrencilerin matematikte karşılaştığı problemlerle mücadele edebilmelerini ve böylelikle matematiğin daha erişilebilir hale getirilmesinde teknoloji çözümlerine yer verilmesi önem taşır. Bugünün sınıflarındaki teknoloji, son on yılda önemli ölçüde büyüme göstererek eğitimde projektör, akıllı tahta ya da tablet uygulamaların arttığı söylenebilmektedir (Yanpar Yelken, 2011; Kurt, Kuzu, Dursun, Güllüpnar ve Gültekin 2013).

Bu artışın düşük akademik başarıya sahip özel gereksinimli öğrencilerin matematik öğrenmelerde olumlu bir potansiyel oluşturacağı söylenebilir. Sınıfta yerini alan popüler dijital teknolojiler arasında grafik hesap makineleri, sesli metinler, doğrusal tahta oyunları (linear board games), bilgisayar tabanlı yazılımlar ve dijital uygulamalar yer almaktadır (Bouck, 2009; Bouck & Meyer, 2012; Ramani & Siegler, 2008; Seo & Woo, 2010). Sınıfta dijital teknolojinin kullanımı, bilgisayar ve İnternet erişimi ülke çapındaki okullarda yaygınlaşmaya devam etmektedir (Atakan, 2010; MEB, 2011; Kayaduman, Sırakaya ve Seferoğlu, 2011; Öztürk, 2014; Uşun, 2004). Bu değişim sonucunda, öğretmenler öğrencilerinin akademik başarılarını desteklemek için bilgisayar ve tablet tabanlı programlara öğretim sürecinde yer vermek için büyük bir fırsat yakalamış olurlar.

Bu dijital okuryazarlık süreci ile birlikte sanal eğitim materyallerinin sınıf içinde ya da klinik ortamlarda kullanımında hızlı gelişmelerin ortaya çıktığı ifade edilmektedir (Bouck, Satsangi, Doughty ve Courtney, 2014). Eğitim materyallerinin matematikte kullanımının yeni bir uygulama olmadığı, ilk örneklerinin M.Ö. 300'de sayma tahtası ve M.Ö. 500'de abaküs kullanımının sayma, toplama, çıkarma ve görsel temsillerin oluşturulmasında yer aldığı açıklanmaktadır (Manning, 2005). Derslerde matematik öğretim araçlarının/materyallerinin kullanımını destekleyen birçok teorisyen arasında, Piaget de vardır (1952). Piaget, çocukların sadece açıklamalar ve derslerle soyut matematiği kavrayamadıklarını, matematiği kavrayabilmek için model ve araçlarla konunun deneyimlenerek daha kolay öğrenilebildiğini ifade etmiştir. Brunner (1960) benzer şekilde öğrencilerin fiziksel nesnelere etkileşimlerinin öğrenmenin temelini oluşturduğunu vurgulamıştır. Matematik öğretim materyalleri, küpler, kesir şeritleri, taban-10'luk bloklar gibi popüler araçlardan çeşitli diğer fiziksel öğelere kadar çeşitlilik gösterir. Örneğin; geometri konularının oyun temelli öğretim materyalleri olarak

Katamino, Inversé, Kulami, Pylos, Quixo, Quoridor, Alquerque, Pentago ele alınabilmektedir (Erdoğan, Çevirgen ve Atasay, 2017; Erdoğan & Erdoğan, 2013). Somut ya da diğer adıyla fiziksel öğretim materyallerinin özel gereksinimli öğrencilerde dört işlem, cebirsel ifadeler ya da sözel problem çözme ilişkili kullanımının kanıta dayalı bir strateji olarak kabul edildiği ifade edilmektedir (Flores, 2009; Witzel, 2005). Somut formun aksine, sanal öğretim materyalleri daha az bilinmekle birlikte, araştırma ve uygulamalardaki yeri giderek artmaktadır. Sanal öğretim materyalleri, öğrencilerin bilgisayarlardaki, tabletlerdeki veya taşınabilir cihazlardaki dijital alanlarda matematiksel kavramları deneyimlemelerini ve keşfetmelerini sağlar. Her ne kadar somut ve sanal öğretim materyallerinin geniş bir yelpazedeki özel gereksinimli öğrencilere matematik öğretmek için etkili olduğu gösterilmiş olsa da, araştırmalar, sanal öğretim araçlarının bazı öğrenciler için somut formdan daha uygun olabileceği öne sürülmektedir (Bouck, Satsangi, Doughty ve Courtney, 2014; Satsangi, Bouck, Taber-Hamur, Bofferding, & Roberts, 2016). Öne çıkan somut olmayan öğretim materyallerinin genel karakteristik yapıları incelendiğinde içinde tecrübe ve araştırma yoluyla istenen bir sonucu güvenilir bir şekilde ortaya çıkardığı kanıtlamış ve en iyi uygulamalar olarak adlandırılan teknik veya metodolojileri içermesi, taşınabilir, erişilebilir, pratik ve ilgi çekici olması gibi özelliklerin öne çıktığı ifade edilmektedir (Bouck, Shurr, Tom, Jasper, Bassette, Miller ve Flanagan, 2012). Bu özelliklerin bir bölümünü içinde barındıran sanal öğretim materyallerinin faydaları belirgin hale gelerek öğrencilere hem öğrenme için esnek seçenekler sunmakta hem de daha fazla özel gereksinimli öğrencinin bağımsız şekilde işlev görebilmesini destekleyebilmektedir (Bouck, Shurr, Tom, Jasper, Bassette, Miller ve Flanagan, 2012). Özel gereksinimli öğrencilerin desteklenmesini amaçlayan birçok sanal öğretim materyali ve yazılım programları günümüz eğitiminde giderek daha doğun şekilde sınıflarda ve kliniklerde yer almaktadır. İlişkili uygulamalar matematiksel öğrenmeye ve onları kullanan özel gereksinimli öğrencilerin matematik bilgisi ve temel beceriler edinmesi bağlamındaki “matematik okur-yazarlığı” için uyarlanmış gelişen bir teknoloji sunar (Niss, 1996; Ersoy, 1997, 2002). Böylelikle öğretilen içeriğin daha iyi anlaşılması sonrasında öğrenciler daha karmaşık problemleri ele alır hale gelirler.

Bilgisayarların derslik ve evlerde bulunabilirliğinin artması ile sanal öğretim araçlarından yararlanarak öğretim yapma şansı artmaktadır. Bu araçlar somut öğretim materyallerinin statik ve dinamik görsel temsilleridir (Spicer, 2000). Bu temsiller iki formatta ele alınabilir: Statik görsel temsiller esasen resimlerdir ve normalde kitaplardaki resimlerle, çizimlerdeki resimlerle ilişkilendirilmiş tepegöz, projektör, yazı tahtası üzerinde eskiz vb. görsel resimlerdir. Her ne kadar bu gösterimler somut öğretim araçlarına benzese de, somut

öğretim araçları aynı şekilde kullanılamazlar. Diğer bir deyişle, öğrenci somut öğretim araçlarını kaydırabilir, çevirebilir ve döndürebilir, ancak somut öğretim araçlarının statik bir resmi ile aynı eylemleri gerçekleştiremez. Bu statik görsel temsiller gerçek sanal öğretim araçları değildir. Buna karşılık, somut öğretim araçlarının dinamik görsel temsilleri temel olarak resim değil “nesnelere” dir ve aynı zamanda bu dinamik görsel temsiller bilgisayar ortamında somut cisim gibi manipüle edilebilirler. Tıpkı bir öğrencinin elle somut bir öğretim aracı olan nesneyi kaydırması, çevirmesi ve döndürmesi gibi, dinamik bir görsel gösterimi üç boyutlu bir nesneymiş gibi kaydırmak, çevirmek, zıplatmak vb. mümkündür. Bu sebeple sanal bir öğretim aracı, matematiksel bilgi oluşturmak için fırsatlar sunan dinamik bir nesnenin etkileşimli, Web tabanlı görsel temsili olarak tanımlanır ve öğrencinin çalışabileceği, denemeler yapabileceği bir sanal ortam hazırlanmış olur. Zihinsel şema olarak tanımlanan ve günümüzde sanal öğretim ortamlarında da oluşturulabilen görsel imgeler fiziksel bir destek olmaksızın beyinde oluşturulan yarı resim biçimi olarak ifade edilebilirler (Presmeg, 1986). Oluşturulan bu “uzamsal imgeler” vasıtası ile öğrencilerin çeşitli pratik ve kuramsal problemleri çözerken kullandıkları uzamsal bilgileri oluşturmaları ve bunları manipüle etmeleri çeşitli zihinsel aktiviteler ile olanaklı hale gelir (Yakimanskaya, 1991). Böylelikle etkileşimli olarak kullanılabilme özellikleri ile özel gereksinimli öğrencinin matematiksel prensipleri gerçek nesneye dokunmaya gerek kalmadan keşfetmesine ve öğrencinin nesne ilişkili özelliklerini tümsel olacak şekilde inşa etmesi ve özel gereksinimli öğrenciler için matematiğin daha erişilebilir hale gelmesi sağlanmış olur.

Öğrencilerin matematiksel prensipleri gerçek nesneye dokunmaya gerek kalmadan keşfetmesine olanak sağlayan sistemlerden biri de “Leap Motion” uygulamalarıdır. Leap Motion bilgisayar tabanlı bir el ve parmak takip sensörüdür (Weichert, Bachmann, Rudak, Fisseler, 2013). Her ne kadar ilk olarak sıradan monitörler için bir araç olarak ortaya çıksa da sanal gerçeklik teknolojisinin gelişmesi ile kullanım alanları genişlemiştir. Sistemin günümüzde serbest geliştiricilerin eklediği özelleştirilmiş uygulamalar ile müzik, resim, matematik gibi alanlara hizmet ettiği bilinmektedir. Leap Motion, üzerindeki kameralar sayesinde hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu görüntüleri yakalayarak bunları anlamlı hareketlere dönüştürebilmesi el ve parmak takibini mümkün kılmaktadır. Üzerindeki kameralar 200 saniye başına kare olarak bu etkili takip sistemine katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak küçük USB girişi ile bilgisayara bağlanabilmesi, beraberinde satılan sanal gerçeklik setleri ile kolayca sanal gerçeklik uygulamalarını mümkün kılmaktadır. Sanal gerçeklik içinde yer alan Leap Motion sistemi “Bloklar” uygulaması ile kullanıcılar, 3 boyutlu şekilleri yakından tanır, onları elinde alıp çeşitli yüzeylerini görüp inceleyebilir ve böylelikle 3 boyutlu

nesneleri fiziksel olarak dokunmadan deneyimleyebilirler. Aynı zamanda kullanıcılar görüntü içindeki yer çekimi gibi fiziksel koşulları da değiştirebilmektedir. 2016 yılında ortaya çıkan “Bloklar” uygulaması Windows platformunda çalışmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarının içinde yer alan bir programda “Gravity Sketch” dir. Designing Buildings Wiki. “Gravity Sketch.” Son güncelleme 14 Mart, 2019,

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Gravity_Sketch. (erişim 8.03.2019 20:24)

2014 yılında 3 boyutlu modelleme ile sanal gerçeklik deneyimini birleştirerek, modelleme ve resim alanında farklı bir alternatif sunmuştur. Başlıca özellikleri cisimlere farklı perspektiflerden bakılmasına imkân verilmesi ile böylelikle modellemelerin oluşturulmasını kolaylaştırmasıdır. Bu özelliğinin yanı sıra 2 boyutlu resimlerin eklenebilmesi, resim formatında (jpg-png) hazırlanmış olan ders konularının sanal gerçeklik dünyasına aktarılmasına ve bireyin sanal gerçeklik içerisinde hazırlanmış çalışmaların gerçekleştirebilmesine olanak tanımıştır. Sunduğu geniş renk, şekil ve diğer kolaylaştırıcı araçlar ile birlikte program kullanışlı bir hale gelmektedir. 2017 yılında beta olarak sunulan ve geliştirilme aşamasında olan Leap motion eklentisi ile kullanıcıların kontrol edici kollar olmadan sadece elleri ile program ile etkileşime geçebilmeleri mümkün hale gelmiştir.

Tüm bu teknolojik gelişmelerin ışığında, Delice ve Sevimli'nin (2010) ülkemizin uluslararası sınavlardaki performansının düşüklüğüne etki eden nedenlerden birini açığa çıkarması yönüyle önemi vurgulanan araştırma sonucunda; öğrencilerin geometri derslerindeki başarılarının görsel-uzamsal becerileri geliştirici problem türü, etkinlik ve materyallerin sınıf ortamına sunulması ile artabileceği vurgulanmaktadır. Bu gereksinimden yola çıkarak araştırmada sanal öğretim materyalinin öğrenme güçlüğüne eşlik eden hiperaktiviteye sahip 3 öğrencide küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularındaki akademik başarısı incelenmiştir. Araştırmadaki bağımsız değişken sanal öğretim materyali, bağımlı değişken ise küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verilen doğru yanıtlardır.

Yöntem

Katılımcılar ve Ortam

Katılımcılar, KKTC’de 6. sınıfa devam eden bir kız ve iki erkek öğrenme güçlüğüne eşlik eden hiperaktiviteye sahip öğrenciden oluşmuştur. Katılımcıların seçimi çeşitli ölçütlere dayanmaktadır bunlar: (a) nörolojik temelli olduğu varsayılan ve katılımcıların gelişim ve okul başarılarını olumsuz etkilediği, devam ettikleri okul tarafından katılımcıların ailelerine

özel eğitim desteğine ihtiyaç olduğunun bildirilmesi (b) birden fazla alanda okul başarısı ve bilişsel beceriler arasında ciddi bir tutarsızlığın olması (sözlü anlatım, dinlediğini anlama, yazılı anlatım-küçük motor becerilerde yetersizlik, temel okuma becerileri, okuduğunu anlama, matematik hesaplama ve matematik muhakeme), özel eğitim desteği olmaksızın sadece katılımcıların sınıfta öğrenmelerinin yetersiz olduğunun sınıf öğretmeni tarafından aileye ifade edilmesi (c) alıcı ve ifade edici dilde belirli eksikliklerin olması, dikkatin odaklanması ve sürdürülmesinde güçlük, dürtüsellik ve diğer özel kavramsal ve düşünme güçlüklerinde eksikliklerin öğretmen ile yapılan görüşmede ifade edilmiş olması (d) katılımcıların yönlendirildiği devlet hastanesi çocuk psikiyatrisi bölümünden Wechsler Zeka Testi-III sonuçlarının tam ölçek: 95-101, sözel 98-101 ve performans ile ilişkili 90-106 puana sahip olmaları (Wechsler, 1991). Ayrıca tüm katılımcıların işlemlerin tek tek verilmesi koşulunda iki basamaklı sayılarda dört işlemi gerçekleştirdiği bununla birlikte akranları ile işlem hızı açısından değerlendirildiğinde işlemlerin 2, 3 kat daha yavaş yapıldığı birinci araştırmacı tarafından saptanmıştır. Tüm öğretim uygulamaları birinci araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların geometri ilişkili problemlerde üç boyutlu düşünemedikleri, cisimlere farklı perspektiflerden bakamadıkları, problemde şekil üzerinden birim küp çerçevesinde ifade edilen sorularda birim küp sayısını tam olarak sayamadıkları, şeklin arka ya da alt yüzeyinde kalan ve görünemeyen birim küpleri yok saydıkları gibi performans bilgileri öğretmen ile yapılan yüz yüze görüşmeler ile elde edilmiştir. Genel eğitim sınıflarında eğitim gören her üç katılımcı, destek özel eğitim hizmetlerinden yararlanmak üzere farklı sınıfta bire bir öğretim uygulamalarına katılmıştır. 5mx4m olan özel eğitim amaçlı kullanılan sınıfta iki masa, iki kitaplık ve dört sandalye bulunmaktadır. Araştırmacı ve katılımcı haftada beş iş günü olmak üzere masada yan yana oturarak çalışmışlar, sanal gerçeklik uygulamalarında ise katılımcı ayağa kalkarak uygulama içinde yer almıştır.

Araştırma Deseni

Sanal öğretim materyalinin katılımcıların küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verdikleri doğru cevap sayısına olan etkisini incelemek amacıyla araştırmada tek denekli araştırma modellerinden denekler arası çoklu yoklama araştırma modeli (Tawney ve Gast, 1984) kullanılmıştır. Araştırmanın deney süreci üç koşulda aşağıdaki gibi uygulanmış ve öğretim materyalinin detaylarına “Sanal gerçeklik öğretim materyali ve uygulaması” alt başlıklı bölümde yer verilmiştir:

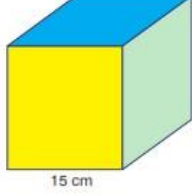
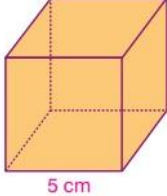

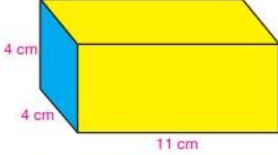
1. Koşul: Bu koşulda katılımcıya küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili 10 alan ve hacim sorusu ardı ardına gelen günler içinde sorulmuştur. Araştırmada yer verilen sorular

önceden oluşturulan soru havuzundan seçkisiz atama yolu ile belirlenmiştir. Araştırmada 4 soru havuzu kullanılmıştır. Bunlar küp, kare ve dikdörtgen prizmaların ayrı olacak şekilde alan ve hacim sorularını içerir ek bir havuz da onuncu soruyu oluşturmak için tüm soru tiplerini içermektedir. Her soru ayrı bir A4 sayfasına 24 punto olacak şekilde yazılmış ve şekiller 5 cm den küçük olmayacak şekilde çizilmiştir. Veriler denekler arası çoklu yoklama araştırma modeli grafiği gereğince üç başlama seviyesi verisi olarak yer almış ve diğer katılımcılardan üç başlama seviyesi verisinden sonra yoklama alınarak sürece devam edilmiştir. Veriler ilk araştırmacı tarafından toplanmıştır.

2. Koşul: Bu koşulda katılımcıya sanal gerçeklik öğretim materyali paylaşılmıştır. Video formatındaki öğretim materyalini öğrencilerin diledikleri kadar izleyebilecekleri, Leap Motion sistemindeki “Blokler” uygulamasını diledikleri kadar ve diledikleri süre kadar yararlanabilecekleri paylaşılmıştır. Bir tür rehberli uygulama şeklinde planlanan Leap Motion etkileşim aracında katılımcılar sanal ortamda yazılı olan problemleri çözmek için işaret ve başparmaklarını birleştirip sayıları yazarak aritmetik işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Sanal ortamı aynı zamanda bilgisayar ekranından izleyebilen birinci araştırmacı katılımcıların problem çözümlerine anında geri dönüt vermiştir. Katılımcılara kendilerini yeterli görünceye kadar, kısaca diledikleri kadar örnek çözebilecekleri belirtilmiştir. Video izleme sayısı ve çözülen problem sayısı her katılımcı için kaydedilmiştir. Daha sonra ise küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili soru havuzundan 10 soru belirlenerek kalem kağıt formatında uygulanmış ve araştırma modeli grafiğinde öğretim sonrası verileri şeklinde ele alınmıştır.

3. Koşul: Bu koşulda küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili soru havuzundan gelen 10 alan ve hacim sorusu seçkisiz atama yolu ile karışık şekilde 10 soru olacak şekilde kalem kağıt formatında hazırlanmış, ardından genelleme verileri olarak grafikte yerini almıştır. Süreç ikinci araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve veriler yine ikinci araştırmacı tarafından toplanmıştır.

Tablo 1 Kalem Kağıt ve Sanal Gerçeklik Ortamında küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorusu örnekleri

Soru tipi	Soru örneği
Küp Yüzey alan sorusu	 <p>Ayrıtlarının uzunlukları 15 cm olan küpün alanı kaç cm^2 dir?</p>
Küp hacim sorusu	 <p>Ayrıtlarının uzunluğu 5 cm olan yukarıdaki küpün hacmi kaç cm^3 tür?</p>
KP alan sorusu	 <p>Yukarıdaki çamaşır makinası tabanı kare olan kare prizma biçimindedir. Bu makinanın taban ayrıtları 60 cm ve yüksekliği 100 cm dir. Bu makinanın tabanı dışındaki yüzeylerini tamamen örtecek olan bezin alanı en az kaç cm^2 olmalıdır?</p>
KP hacim sorusu	 <p>Şekilde ayrıt uzunlukları verilen kare prizmanın hacmi kaç cm^3 tür?</p>

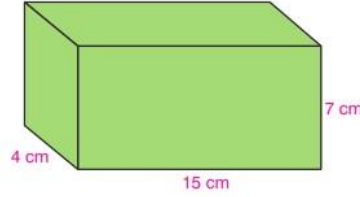
DP alan sorusu



Yukarıdaki şekilde verilen dikdörtgenler prizması biçimindeki bloğun ayrıt uzunlukları 3 cm, 5 cm ve 12 cm dir.

Buna göre, bu bloğun alanı kaç cm^2 dir?

DP hacim sorusu



Yukarıdaki şekilde verilen dikdörtgenler prizmasının hacmi kaç cm^3 tür?

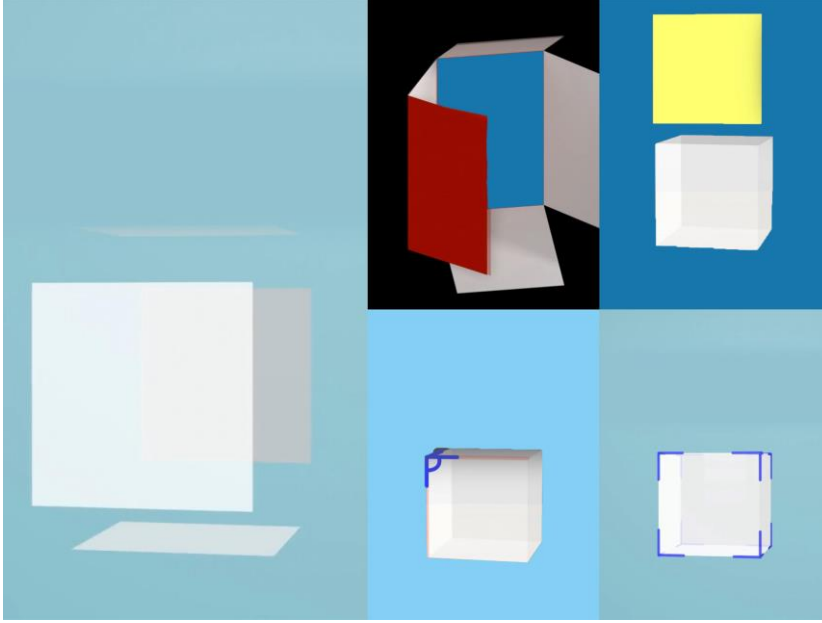
Not: KP = kare prizma, DP = dikdörtgen prizma

Sanal gerçeklik öğretim materyali ve uygulaması

Sanal gerçeklik öğretim materyali şu şekilde oluşturulmuştur; 3 boyutlu küp, kare ve dikdörtgen prizmalar Sketch up programı ile modellenmiştir. Modelleme sürecinin ardından her katılımcı ile küp, kare ve dikdörtgen prizmaların özellikleri hakkında bilgi veren bir video hazırlanarak konu hakkındaki bilgi seviyeleri arttırılmıştır. Videonun oluşturulmasında Vegas Pro 16 programından yararlanılmıştır. Videonun içeriğinde küp, kare ve dikdörtgen prizmaların “ayrıt”, “köşe”, “yüz” gibi özelliklerine yer verilerek her üç şeklin iki boyutlu çiziminden açılım yapılarak üç boyutlu haline geçişi sağlanmıştır. Ardından üç boyutlu bu cisimler uzayda hareket ettirilerek farklı açılardan izlenebilmesi olanaklı kılınmıştır. Katılımcılara videoyu diledikleri kadar izleyebilecekleri söylenmiştir. Video uygulaması Virtual Desktop Programının medya oynatıcısı özelliği ile gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte Pimax 4K sanal gerçeklik gözlüğü kullanılmıştır.

Bir sonraki adımda sanal gerçeklik içinde yer alan Leap Motion sisteminin “Bloklar” adlı uygulamasından yararlanılmıştır. Bu aşamada katılımcılar 3 boyutlu küp, kare ve dikdörtgen prizmaları yakından tanıma şansı elde etmişlerdir. Katılımcılar sanal ortamda bu geometrik üç boyutlu şekilleri parmaklarını birbirine dokundurarak yaratmışlar, ellerini kullanarak bu şekilleri büyütüp küçülmüşler, uzayda 360 derece olacak şekilde ellerine aldıklarında döndürmüşler böylelikle çeşitli yüzeylerini görüp inceleyebilmişlerdir. Aynı

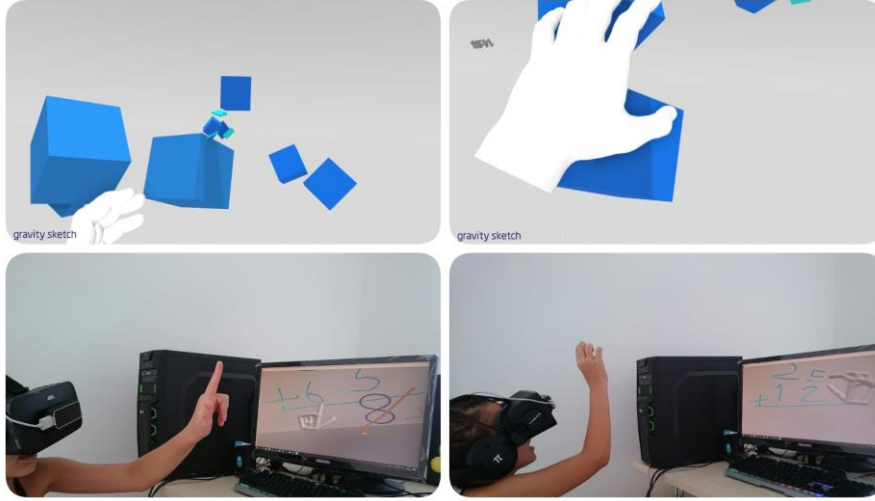
zamanda görüntü içinde yer alan cisimler üzerine etki eden yer çekimi gibi fiziksel kuvvetleri kaldırma ve tekrar yerine koyma basamakları içinde, yerçekimsiz ortamda cisimlerin olası hareketlerini de deneyimlerine katmışlardır. Sonuç olarak katılımcılar 3 boyutlu nesnelere fiziksel olarak dokunmadan pek çok özellikleri hakkında bilgi edinmişlerdir. 3 boyutlu modellerin incelenmesinin ardından 1. Koşulda uygulanan 10 soruya benzer sorular Gravity Sketch platformunda katılımcılar ile paylaşılmıştır. Sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak elde edilen görüntü içinde başlama seviyesi basamağında yararlanılan sorulara benzer özellik taşıyan farklı soru örneklerine yer verilmiştir. Katılımcılar bu soruları sanal gerçeklik ortamında okumuşlar ve soruyla ilişkili üç boyutlu cisimleri çevirerek problemi çözmeye çalışmışlardır. Çözüm aşamasında işaret ve başparmaklarını birleştirerek sayıları ortam üzerine Leap Motion etkileşim aracının yardımıyla yazarak çözüme ulaşmaları amaçlanmıştır.



Figür 1 Küp , kare ve dikdörtgen prizmanın özelliklerinin öğretilmesinde kullanılan videoya ait görüntü örnekleri



Figür 2 Sanal gerçeklik platformunda blocks uygulama görüntü örneği



Figür 3 Sanal gerçeklik platformunda gravity sketch ile etkileşimli matematik uygulamaları görüntü örneği

Uygulama Güvenirliğinin Hesaplanması

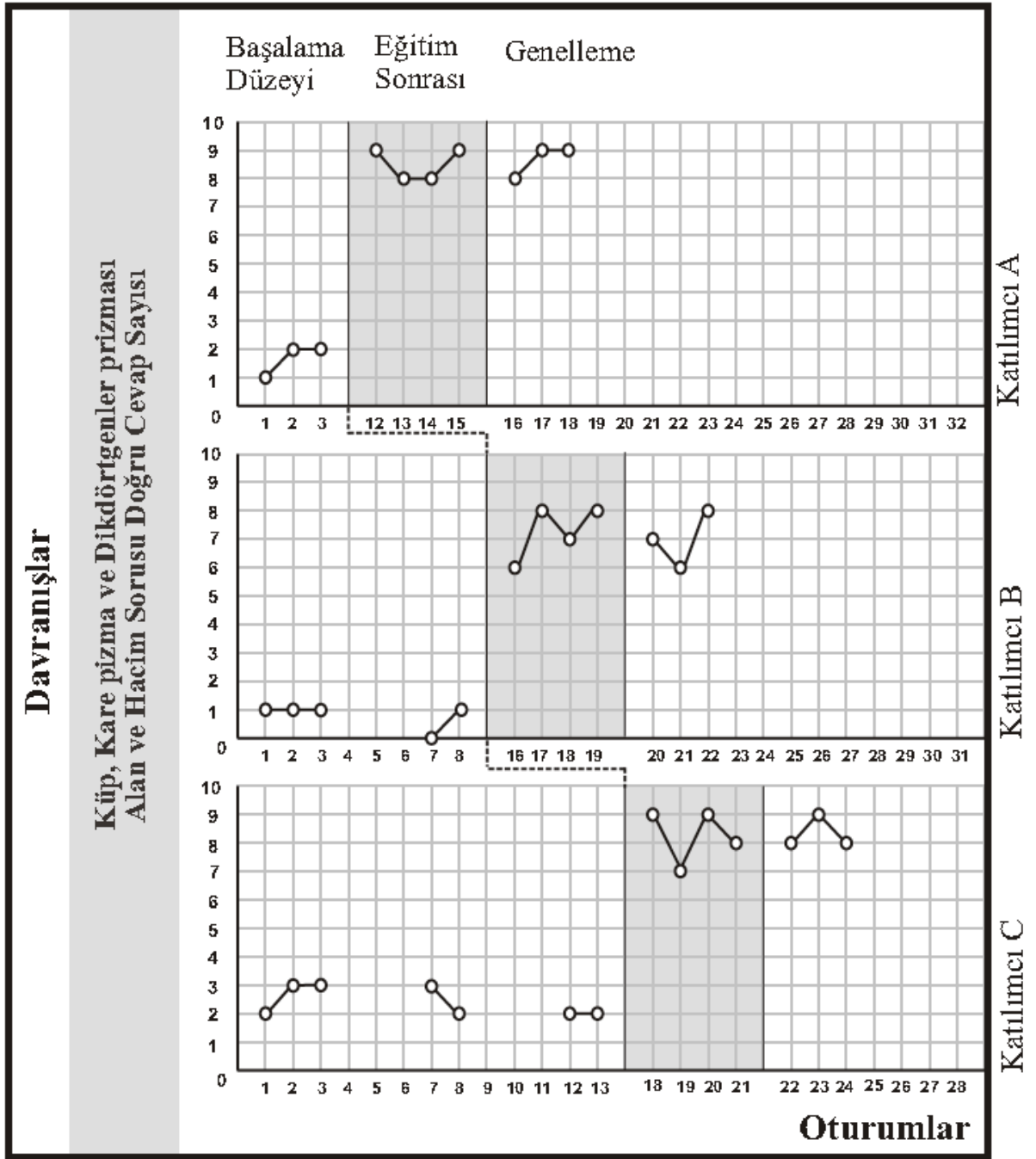
Uygulama güvenirligi, araştırmanın planlandığı gibi yürütülmesidir. Uygulama güvenirligi, uygulayıcı tarafından yapılan uygulamanın ne ölçüde uygun olup olmadığını belirlemek için yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, uygulama sırasında gerçekleşmesi hedeflenen uygulamacı davranışları belirlenerek uygulama güvenirligi formu oluşturulmakta ve gözlemciler tarafından kontrol edilmesi sağlanmaktadır (Tekin-İftar ve Kırcaali-İftar, 2004). Araştırmanın uygulama güvenirligi verileri gözlemciler arası güvenilirlik verilerini toplayan ikinci gözlemci olan bir özel eğitim öğretmeni toplamıştır. Araştırma kapsamında sanal gerçeklik öğretim materyalinin uygulanma sürecini değerlendirmek için araştırmacı tarafından uygulama güvenirligi formu hazırlanmıştır. Hazırlanan bu formda, gözlemci adı, oturumlarda yer alan aşamaların basamakları ve gerçekleşip gerçekleşmediğinin işaretlendiği

sütunlar bulunmaktadır. Uygulama güvenilirliği, tüm deneklerde bütün oturumlarda %100 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Gözlemciler arası güvenilirlik

Gözlemciler arası güvenilirlik, her katılımcıdan farklı koşullarda toplam beşer 10 luk sorudan oluşmuş soru kağıtları seçilerek hesaplanmıştır, ikinci bir gözlemci, katılımcıları videodan izleyerek sorulara verdikleri doğru dönüt sayısını hesaplamıştır. Gözlemciler arası güvenilirlik, araştırmacı ve gözlemci arasındaki toplam görüş birliğinin, görüş birliği ve görüş ayrılığının toplamına bölünmesi ve 100 ile çarpılması yoluyla hesaplanmıştır (House, House ve Campbell, 1981). Gözlemciler arası güvenilirlik % 98 bulunmuştur.

Bulgular ve Yorum



Şekil 1 Sanal gerçeklik öğretim materyalinin küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına katılımcıların verdikleri doğru cevap sayısına ilişkin başlama/yoklama, uygulama sonrası ve genelleme verileri

Katılımcı A'nın başlama düzeyi verilerinden oluşan ilk veriler 10 küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verdiği doğru cevap sayısı sırasıyla 1, 2 ve 2 dir. Öğretim sırasında katılımcı ilk gün 3 daha sonraki 4 günde öğretim videosunu 1 kez izlemiştir. Öğretim sırasında Leap Motion sisteminin "Bloklar" adlı uygulamasından beş

gün boyunca günde 20 dakikadan az olmayacak şekilde yararlanmıştır. Katılımcı Leap Motion etkileşim aracı vasıtası ile parmaklarıyla sayıları ortam üzerine yazarak problemleri 30 dakikadan az olmayacak şekilde araştırmacının anında dönüt uygulaması ile çözmeye çalışmıştır. Öğretim sonrasında katılımcı kendisine verilen benzer soruları kalem kağıt formatında 10 sorudan 9, 8, 8, 9 una ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir. İkinci araştırmacı tarafından gerçekleştirilen genelleme oturumlarında ise on sorudan 8, 9, 9 una ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir.

Katılımcı B'nin başlama düzeyi verilerinden oluşan ilk veriler 10 küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verdiği doğru cevap sayısı sırasıyla 1, 1 ve 1 dir. Yoklama verileri de sırasıyla 0 ve 1 olarak saptanmıştır. Öğretim sırasında katılımcı ilk gün 5 daha sonraki günde 2 geri kalan üç günde ise öğretim videosunu 1 kez izlemiştir. Öğretim sırasında Leap Motion sisteminin “Bloklar” adlı uygulamasından beş gün boyunca günde 30 dakikadan az olmayacak şekilde yararlanmıştır. Katılımcı Leap Motion etkileşim aracı vasıtası ile parmaklarıyla sayıları ortam üzerine yazarak problemleri 30 dakikadan az olmayacak şekilde araştırmacının anında dönüt uygulaması ile çözmeye çalışmıştır. Öğretim sonrasında katılımcı kendisine verilen benzer soruları kalem kağıt formatında 10 sorudan 6, 8, 7, 8 ine ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir. İkinci araştırmacı tarafından gerçekleştirilen genelleme oturumlarında ise on sorudan 7, 6, 8 ine ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir.

Katılımcı C'nin başlama düzeyi verilerinden oluşan ilk veriler 10 küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verdiği doğru cevap sayısı sırasıyla 2, 3 ve 3 dür. Yoklama verileri de sırasıyla 3 ve 2 son yoklama verisi ise 2 ve 2 olarak saptanmıştır. Öğretim sırasında katılımcı öğretim videosunu ilk gün 4 daha sonraki günlerde 1 kez izlemiştir. Öğretim sırasında Leap Motion sisteminin “Bloklar” adlı uygulamasından beş gün boyunca günde 30 dakikadan az olmayacak şekilde yararlanmıştır. Katılımcı Leap Motion etkileşim aracı vasıtası ile parmaklarıyla sayıları ortam üzerine yazarak problemleri 40 dakikadan az olmayacak şekilde araştırmacının anında dönüt uygulaması ile çözmeye çalışmıştır. Öğretim sonrasında katılımcı kendisine verilen benzer soruları kalem kağıt formatında 10 sorudan 9, 7, 9, 8 ine ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir. İkinci araştırmacı tarafından gerçekleştirilen genelleme oturumlarında ise on sorudan 8, 9, 8 ine ardı sıra gelen günlerde doğru yanıt vermiştir. Her katılımcının yanlış cevaplandırılmış soruları değerlendirme süreci bitikten sonra ele alınmış ve katılımcılardan soruyu nasıl çözdükleri sorulmuştur. Bu aşamada tüm katılımcıların soruları çözerken doğru düşündükleri bununla

birlikte aritmetik hesaplaması sırasında hata yaptıkları ve bu şekilde doğru yanıt veremedikleri belirlenmiştir. Soru tipleri tek tek incelendiğinde ise küp, kare ve dikdörtgen prizmalar arasında yanlış çözümlenmede öne çıkan bir geometrik şeklin olmadığı benzer şekilde alan ve hacim hesaplamada eş miktar yanlışların yapıldığı belirlenmiştir.

Elde edilen bu bulgular doğrultusunda, her üç katılımcının sanal gerçeklik öğretim materyali ile sunulan beş öğretim oturumu sonunda küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim problemleri çözme becerisi kazandığı söylenebilmektedir.

Tartışma ve Öneriler

Bu bölümde araştırmadan elde edilen bulgular ışığında çalışmanın sonuçları ortaya konmuş ve tartışılmıştır.

Bu araştırmada öğrenme güçlüğüne sahip üç öğrencinin zihinlerindeki temsiller ile matematiğin soyut/somut doğası arasındaki ilişkinin kurulması sanal öğretim materyali ile sağlanmaya çalışılmıştır. Bağımlı değişken olan küp, kare ve dikdörtgen prizmalar ile ilgili alan ve hacim sorularına verilen doğru yanıt sayısı üzerinden toplanan veriler, tek denekli araştırma modeli grafiği kullanılarak yorumlanmıştır. Elde edilen bulgular tüm katılımcıların alan ve hacim ilişkili geometri problemlerinde yararlandıkları sanal gerçeklik öğretim materyalinin etkili ve verimli olduğunu ortaya koyar niteliktedir. Alınan olumlu sonuçlar sanal öğretim materyallerinin deneyimlenmesi sonrasında katılımcıların ilişkili geometri problemlerini çözerken kullandıkları zihinsel şema bağlantılı uzamsal bilgileri yeterince özümlediğini ifade etmektedir. İlgili alan yazınla uyumlu olarak araştırmalarda iç bileşenler olarak adlandırılan zihinsel temsillerde, problem yönelik zayıf imgelerin bulunması, problemde doğru çözüme ulaşma sürecini olumsuz etkilediği bildirilmektedir (Arcavi, 2003; Bishop,1980). Ayrıca, etkileşimli geometri yazılımlarının geometri öğrenimini geliştirecek potansiyele sahip olduğu ve bu yazılımların ilköğretim öğrencilerinin çeşitli matematiksel kavramların, geometrik nesnelere anlamlı öğrenilmesine ve genellemeler yapılmasına fırsat tanıdığı ifade edilmektedir.

Sanal gerçeklik kullanımının önemli özelliği onun soyut matematik kavramlarını sanal gerçeklik gözlüğüne taşıyıp somutlaştırabilmesidir. Dolayısıyla, bu yeni teknoloji matematik alanındaki önemli problemlerin doğasını ve matematikçilerin araştırma yöntemlerini de değiştirmektedir. Matematik ilişkilerinin ve süreçlerinin sanal gerçeklik ekranına taşınabilmesi, analitik anlamayı kolaylaştıran sembolik ve grafiksel geçişleri olanaklı hale getirmiştir. Bu durum, özel eğitim ve matematik öğretmenlerinin matematiksel çözümleri ve analizleri görsel yollarla kolaylaştırma yolunu da açmıştır. Aynı zamanda öğretim sürecinin

esnek seçenekler sağlama, öğrencinin bağımsız olmasını teşvik etme ve görsel algıyı destekleyici rolleri de sanal gerçeklik uygulamalarında öne çıkan özellikler arasındadır. Değişen bu öğretim uygulamalarının içinde bilgisayarın sadece bilgi aktarıcısı olarak değil de öğrencinin araştırma yapabileceği ve etkileşimli olarak deneyim sahibi olabileceği bir makine olarak sınıflara girmesi matematik eğitiminde önemli değişiklikleri de beraberinde getireceği tahmin edilmektedir (DiSessa, 1990). Öğrenme sürecinin daha hareketli, ilgi çekici ve eğlenceli olması özellikle öğrenme güçlüğüne eşlik eden hiperaktivitesi olan öğrencilerin odakta kalma ve dikkati sürdürme davranışlarını desteklemekte ve bu davranışın doğal bir sonucu olarak da öğrencilerin motivasyonları artarak öğrenmeleri daha verimli olabilmektedir.

Çalışmanın yinelenebilir olma boyutu düşünüldüğünde, videolar geliştirilirken bilgisayara gereksinim duyulmasının yanı sıra, videoların geliştirilebilmesi için bir bilgisayar ve öğretim teknolojileri veya grafik tasarım alanlarında uzman kişilere de gereksinim duyulmaktadır. Ek olarak sanal gerçeklik tabanlı sistemlerin yüksek maliyetli olmaları uygulamanın geniş kitlelere ulaşmasının önünde bir engel olarak görülmekte ve ayrıca tek denekli araştırmaların genellemesindeki zorluk araştırmanın bir diğer sınırlılığı olarak görülebilmektedir.

Sonuç olarak, dikkatin odaklanmasında güçlük yaşayan öğrenciler için öğretimin sanal gerçeklik platformları üzerinden yapılmasının dikkatin belirli bir noktaya toplanarak sürdürülmesini desteklediği ve eğlenceli uygulamalar içermesiyle bir avantaj sağladığını söylemek mümkündür. Sanal gerçeklik uygulamalarının geometri öğretimi için büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte ancak içeriğin uygun şekilde desenlenmesi sonrasında yüksek teknoloji destekli öğretim materyallerine dönüşme olasılıkları vardır. Bu bağlamda sanal gerçeklik uygulamalarından sadece oyun olarak oynanması değil, öğretmenin etkinlik tasarımı ve rehberliği ile öğretimsel potansiyellerinden tam olarak yararlanılabileceği hatırlanmalıdır. Gelecekteki sanal gerçeklik tabanlı çalışmaların farklı içerik ve farklı yetersizlik grupları ile gerçekleştirilmesinin etkili öğretim süreçlerini belirlemede önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics.

Educational Studies in Mathematics, 52, 215-241.

Atakan, B. (2010, 19 Kasım). Erdoğan'ın FATİH projesi başlıyor.

- <http://www.milliyet.com.tr/erdoganinfatihprojesibasliyor/siyaset/haberdetay/20.11.2010/1316060/default.htm> adresinden 21.01.2011 tarihinde erişilmiştir.
- Bouck, E.C. (2009). Calculating the value of graphing calculators for seventh-grade students with and without disabilities: A pilot study. *Remedial and Special Education*, 30(4), 207–215. doi:10.1177/0741932508321010
- Bouck, E.C., & Meyer, N. K. (2012). eText, mathematics and students with VI: What teachers need to know. *Teaching Exceptional Children*, 45(2), 42–49. doi:10.1177/004005991204500206
- Bouck, E. C., Satsangi, R., Doughty, T. T., & Courtney, W. T. (2014). Virtual and concrete manipulatives: A comparison of approaches for solving mathematics problems for students with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44, 180–193. doi:10.1007/s10803-013-1863-2
- Bouck, E. C., Shurr, J. C., Tom, K., Jasper, A. D., Bassette, L., Miller, B., & Flanagan, S. M. (2012). Fix it with TAPE: Repurposing technology to be assistive technology for students with high-incidence disabilities. Preventing School Failure. *Alternative Education for Children and Youth*, 56(2), 121–128. doi:10.1080/1045988X.2011.603396
- Bishop A. (1980). Spatial abilities and mathematics education: A review. *Educational Studies in Mathematics*, 11(3), 257-269.
- Bruner, J. S. (1960). On learning mathematics. *The Mathematics Teacher*, 53(8), 610-619.
- Delice, A. ve Sevimli, B. (2010). Geometri problemlerinin çözüm süreçlerinde görselleme becerilerinin incelenmesi: Ek çizimler. *M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 31, 83-102.
- DiSessa, A. (1990). *Knowledge in Pieces. Constructivism in the Computer Age*. Lawrence Erlbaum Associates Publishing, London.
- Designing Buildings Wiki. “Gravity Sketch.” Son güncelleme 14 Mart, 2019, https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Gravity_Sketch. (erişim 8.03.2019 20:24)
- Erdoğan, A., Çevirgen, A. E. & Atasay, M. (2017). Oyunlar ve Matematik Öğretimi: Stratejik Zekâ Oyunlarının Sınıflandırılması. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10:2, 287-311.

- Erdoğan, A. & Özdemir Erdoğan, E. (2013). Didaktik durumlar teorisi ışığında ilköğretim öğrencilerine matematiksel süreçlerin yaşatılması. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi* (KEFAD), 14(1), 17-34.
- Ersoy, Y. (1997). “Okullarda matematik eğitimi: Matematikte okur-yazarlık”. HÜ Eğitim Fakültesi Dergisi 13, 115-120.
- Ersoy, Y. (2002). “Bilişim teknolojileri ve matematik eğitimi-II: *Köklü yenilikler ve bilişsel araçların etkileri*”. Matematik Sempozyumu Kitabı-2001 (Düzenleme: O. Çelebi, Y. Ersoy, G. Önel); 7-26; Ankara: Matematikçiler Derneği Yay.
- Flores, M. M. (2009). Teaching subtraction with regrouping to students experiencing difficulty in mathematics. *Preventing School Failure*, 53, 145-152. doi:10.3200/PSFL.53.3.145-152
- Jitendra, A. K., Rodriguez, M., Kanive, R., Huang, J., Church, C., Conroy, K. A., & Zaslofsky, A. (2013). Impact of small-group tutoring interventions on the mathematical problem solving and achievement of third-grade students with mathematics difficulties. *Learning Disability Quarterly*, 36, 21-35.
- Kayaduman H., Sırakaya, M. ve Seferoğlu, S. S. (2011, Şubat). *Eğitimde FATİH projesinin öğretmenlerin yeterlik durumları açısından incelenmesi*. Akademik Bilişim’11-XIII. Akademik Bilişim Konferansında sunulan bildiri, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Kurt, A. A., Kuzu, A., Dursun, Ö. Ö., Güllüpnar, F. ve Gültekin, M. (2013). FATİH projesinin pilot uygulama sürecinin değerlendirilmesi: Öğretmen görüşleri. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 1(2), 1-23.
- Manning, J. P. (2005). Rediscovering Forbel: A call to re-examine his life and gifts. *Early Childhood Education Journal*, 32(6), 371–376. doi:10.1007/s10643-005-0004-8
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2011). *Fatih projesi hakkında*. <http://fatihprojesi.meb.gov.tr/tr/icerikincele.php?id=6> adresinden 01.06.2015 tarihinde erişilmiştir.
- Niss, M. (1996). “*Goals of mathematics teaching*”. In A. J Bishop et al (eds); *International Handbook of Mathematics Education*, 11-47. Dordrecht, NL: Kluwer Academic Press.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International Universities Press.
- Presmeg, N. (1986). Visualization in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics* 6(3), 42-46.

- Ramani, G., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, 79, 375–394. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01131.x
- Seo, Y. J., & Woo, H. (2010). The identification, implementation, and evaluation of critical user interface design features of computer-assisted instruction programs in mathematics for students with learning disabilities. *Computers & Education*, 55, 363-377. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.002
- Spicer, J. (2000). Virtual Manipulatives: A New Tool for Hands-On Math. *ENC Focus* 7(4), 14-15.
- Tawney, J. W. & Gast, D. L. (1984). *Single subject research in special education*. Ohio: A Bell and Howell Company.
- Tekin-İftar, E. ve Kırcaali-İftar, G. (2004). Özel eğitimde yanlışsız öğretim yöntemleri (2. Baskı). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Öztürk, M. (2014). Web tabanlı uzaktan eğitimde teknolojiye ilişkin yeni eğilimler. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14 (1), 272-288.
- Uşun, S. (2004). *Bilgisayar destekli öğretimin temelleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Weichert, F; Bachmann, D; Rudak, B; Fisseler, D (2013). Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors*, 13(5): 6380–93.
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler intelligence scale for children* (3rd ed.). San Antonio, TX: Psychological Corp.
- Yakimanskaya, I .S. (1991). *The development of spatial thinking in schoolchildren*. NCTM: Reston, USA.
- Yanpar Yelken, T. (2011). *Öğretim teknolojileri ve materyal tasarımı*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Witzel, B. S. (2005). Using CRA to Teach Algebra to Students with Math Difficulties in Inclusive Settings Learning Disabilities, *A Contemporary Journal*, 3(2), 49–60
- Satsangi, R., Bouck, E. C., Taber-Doughty, T., Bofferding, L., & Roberts, C. A. (2016). Comparing the Effectiveness of Virtual and Concrete Manipulatives to Teach Algebra to Secondary Students with Learning Disabilities. *Learning Disability Quarterly*. 39(4), 240-253.
- House, A. E., House, B. G., & Campbell, M. B. (1981). Measures of interobserver agreement: Calculation formula and distribution effect. *Journal of Behavioral Assessment*, 3, 37-57.