



The Effect of Virtual Manipulatives Developed for 6th Grade Mathematics Lesson on Students' Achievement and Attitudes Towards Geometry*

Ahmet Mutluoğlu¹, Ahmet Erdoğan²

¹ MEB, Turkey.

² Necmettin Erbakan University, Ahmet Keleşoğlu Faculty of Education, Konya, Turkey.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the effect of the virtual manipulative set (called MATMAP) developed for the subjects tackled in the study on students' achievement in mathematics lesson and attitudes towards geometry. The quasi-experimental design with pretest-posttest control group, one of the experimental research approaches, was used in the study. The study group consists of 52 students, 25 of whom are in the experimental group and 27 of whom are in the control group, studying in two 6th grade classes of a secondary school in the center of Kulu district of Konya province. The data of the research were obtained through the mathematics lesson achievement test and the attitude towards geometry scale. The dependent sample t-test was used in the analysis of the data obtained in the study within the same group, and the independent samples t-test and ANCOVA test were used in the analysis between the groups.

As a result of the analysis of the data obtained in the study, it was determined that there was a statistically significant increase in the achievement scores of both groups. When the mathematics achievements of the groups after the experimental procedure were compared, it was determined that the difference between the post-test scores of the mathematics lesson achievement corrected according to the pre-test scores was only statistically significant in favor of the experimental group. It was also determined that the experimental group students developed statistically more positive attitudes towards geometry than the control group students. At the end of the study, suggestions were made based on the research results and on the design of similar materials to be developed in the future.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:25.05.2021

Received in revised form:12.09.2021

Accepted:24.09.2021

Available online:29.09.2021

Article Type: Standard paper

Keywords: virtual manipulative, MATMAP, academic achievement, attitude towards geometry

© 2021 IJESIM. All rights reserved

1. Introduction

With the widespread use of ICT in the area of education, developers have started to produce many software products that support the learning-teaching process in computer environment. One of the tools in this scope is virtual manipulatives (VMs) (Reiten, 2020). VMs are tools that can be developed for every subject and gain in mathematics curriculum (Karakırık and Çakmak, 2009; Moyer-Packenham and Bolyard, 2016). VMs can offer students unique opportunities to learn mathematical concepts meaningfully, especially for elementary school students who need more concrete experience (Mildenhall, Swan, Northcote and Marshall, 2008).

¹ Corresponding author's address: MEB, Turkey.

e-mail: mutluoglu.ahmet@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17278/ijesim.942382>

*This study was produced from the first author's doctoral dissertation.

It can be seen that there are many web-based platforms (e.g., NLVM, NCTM illumination, mathplayground) with many VMs for students and teachers to use for free abroad. For all that it is seen that the number of VM development studies in our country is not sufficient (Durmuş and Karakırık, 2006; Yazlık, 2019) and there are limited number of studies in the relevant literature evaluating the learning effects of VMs. For this reason, in the study, a VM set with a Turkish interface was designed and developed for the subjects in the "geometry and measurement" learning area of the 6th grade mathematics lesson. The pedagogical sub-structure of the VM set was built on the basis of the constructivist learning approach and "the Theory of Figural Concepts" (Fischbein, 1993).

In this study, the effect of VMs on students' achievement in mathematics lesson, and attitudes towards geometry was investigated. For this purpose, answers were sought for the following sub-problems:

- Is there a statistically significant difference between the pre-test scores of the experimental and control group students in mathematics lesson achievement?
- Is there a statistically significant difference between the post-test scores of the experimental and control group students in mathematics lesson achievement?
- Is there a statistically significant difference between the post-test and pre-test scores of the experimental and control group students in mathematics lesson achievement?
- When the pre-test scores are taken under control, is there a statistical difference between the post-test scores of the experimental and control group students in mathematics lesson achievement?
- Is there a statistically significant difference between the pre-test scores of the experimental and control group students attitudes towards geometry?
- Is there a statistically significant difference between the post-test scores of the experimental and control group students attitudes towards geometry?
- Is there a statistically significant difference between the post-test scores and pre-test scores of the experimental and control group students' attitudes towards geometry?

2. Method

The quasi-experimental design with pretest-posttest control group was used in the study. The study group consists of 52 students, 25 of whom are in the experimental group and 27 of whom are in the control group, studying in two 6th grade classes of a secondary school in the center of Kulu district of Konya province. The data of the research were obtained through the mathematics lesson achievement test and the attitude towards geometry scale. The dependent sample t-test was used in the analysis of the data obtained in the study within the same group, and the independent samples t-test and ANCOVA test were used in the analysis between the groups.

3. Findings

When the pre-test and post-test mean scores of the groups were compared, it was found that while the difference between the pre-test mean scores was statistically significant in favor of the control group [$t(50) = 2,116; p <, 05$], the difference between the post-test mean scores was not statistically significant, [$t(50) = 0,413; p >, 05$]. Hence, it was understood that the experimental processing process equalized the groups in terms of mathematics achievement. Another finding of the study is that the increase in mathematics achievement of both groups is statistically significant, [experimental group: $t(24) = 12,639; p <,05$, control group $t(26) = 7,929; p <,05$]. In other words, it has been determined that both groups have increased their achievement at the end of their learning process. According to the ANCOVA results, it was determined that the difference between the post-test scores of the mathematics lesson achievement corrected according to the pre-test scores was only statistically significant in favor of the experimental group, [$F(1,49)=4,18; p<,05$].

From the analysis of the data obtained from the attitude towards geometry scale, it was determined that the difference between the pre-test and post-test mean scores of both groups was not statistically significant. On the other hand, the increase in the post-test scores according to the pre-test scores of

the groups was only statistically significant for the experimental group, [$t(24)= 2,075; p<,05$]. As a consequence it was understood that the experimental process conducted had a positive effect on only the experimental group students' attitudes towards geometry.

4. Discussion and Conclusion

When the literature is reviewed, many results of researches show that the use of VMs increases students' achievement in mathematics lessons (Çakıroğlu, 2014; Demir, 2009; Drickey, 2000; Moyer and Bolyard, 2002; Samioğlu and Siniksaran, 2016), positively affects their attitudes towards mathematics and geometry (Alshehri, 2017; Çakıroğlu, 2014; Gecü Parmaksız, 2017; Lee and Chen, 2015; Samioğlu and Siniksaran, 2016). Therefore, it can be said that the findings of this study correspond with the findings of many studies in the literature. But there are also studies (e.g., Hawkins, 2007; Reimer and Moyer-Packenham, 2005) with findings that do not correspond with the findings of this study. For instance, Reimer and Moyer-Packenham (2005) investigated the effects of VMs on 3th grade students' understanding of fractions. At the end of the experimental process, it was determined that there was no improvement in the achievement of the students about fractions. The experimental process carried out in the study took only four lessons. In the literature, it is stated that VMs may need to be used longer in the learning process to benefit better from them (Bryan, 2014; Clements and McMillen, 1996; Magruder, 2012). When the age of the students in the study and the shortness of the experimental process are considered together, it can be said that VMs were not used in a sufficient and quality way to affect the success of the students.

In summary from the discussions made above, it can be said that the results of this study are generally in line with the related literature. In other words, it has been concluded that MATMAP had a positive effect on students' academic achievements and attitudes towards geometry. This effect of MATMAP is thought to be related to the pedagogical sub-structure, and technical features of its design.

Altıncı Sınıf Matematik Dersine Dönük Geliştirilen Sanal Manipülatiflerin Öğrencilerin Başarılarına ve Geometriye Yönelik Tutumlarına Etkisi

Ahmet Mutluoğlu¹, Ahmet Erdoğan²

¹ MEB, Türkiye.

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Konya, Türkiye.

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, çalışmada ele alınan konulara dönük olarak geliştirilen sanal manipülatif takımının (MATMAP) öğrencilerin matematik dersindeki başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına etkisini ortaya koymaktır. Çalışmada deneysel araştırma yaklaşımlarından biri olan ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Çalışma grubu, Konya ili Kulu ilçesi merkezinde bulunan bir ortaokulun iki 6. sınıf şubesinde öğrenim gören 25'i deney ve 27'si kontrol grubunu oluşturan 52 öğrenciden oluşmaktadır. Araştırmanın verileri matematik dersi başarı testi ve geometriye yönelik tutum ölçeği aracılığıyla elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin aynı grup içindeki analizinde bağımlı örneklem t-testi, gruplar arası analizinde ise bağımsız örneklem t-testi ve ANCOVA testi kullanılmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin analizi sonucunda, her iki grubun başarı puanlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışın olduğu belirlenmiştir. Grupların deneysel işlem sonrası matematik başarıları karşılaştırıldığında, ön test puanlarına göre düzeltilmiş matematik başarı son test puanları arasındaki farkın sadece deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yine deney grubu öğrencilerinin kontrol grubu öğrencilerine göre istatistiksel olarak geometriye yönelik daha fazla olumlu tutum geliştirdiği belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda hem araştırma sonuçlarına dayalı olarak hem de ileride geliştirilecek benzer materyallerin tasarımına ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

MAKALE BİLGİ

Makale Tarihi:

Alındı:25.05.2021

Düzeltilmiş hali alındı:12.09.2021

Kabul edildi:24.09.2021

Çevrimiçi yayımlandı:29.09.2021

Makale Türü: Standart Makale

Anahtar Kelimeler: sanal manipülatif, MATMAP, akademik başarı, geometriye yönelik tutum

© 2021 IJESIM. Tüm hakları saklıdır

1. Giriş

İnsanın bilişsel gelişimini anlamamıza büyük katkı sağlamış ve matematik eğitimini en fazla etkileyen kuramcılardan biri olan Piaget öğrenmeyi bilişsel perspektiften ele alarak öğrencilerin, özellikle küçük yaşta çocukların, en etkili olarak somut etkinlikler üzerinden öğrenebileceklerini belirtmiştir (Olkun ve Uçar, 2014). Nitekim matematiğin soyut yapısı sebebiyle öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmede güçlükler yaşayabildiği bilinmektedir. Bu bağlamda doğru ve kalıcı öğrenmenin gerçekleşebilmesi için öğrencilerin bilgiyi zihinlerinde doğru bir şekilde anlamlandırmasının önemli olduğu düşünülmektedir (Erdoğan, 2007). Hiç şüphesiz bu anlamlandırma sürecinde öğrenene ve öğreticiye yardımcı olabilecek teknolojik materyaller gibi yardımcı araçlara ihtiyaç duyulmaktadır (Alakoç, 2003; Reiten, 2020). Bu noktada bilgisayarların matematikteki soyut kavramları ekrana taşıyarak somutlaştırabilme özelliğine sahip olduğundan yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı benimsenerek tasarlanacak öğrenme ortamlarında öğrencilerin elinde birer öğrenme aracı olarak kullanıldığında anlamlı öğrenmeyi destekleyeceği söylenebilir (Baki, 1996; 2002). Uzundağ ve Yazıcı (2019) da bilgisayarların ve çeşitli bilgisayar yazılımlarının yapılandırmacı yaklaşımda öğrenme sürecine olumlu katkı sunabilecek unsurların başında olduğunu belirtmektedirler. Gerek öğretim programlarında gerekse matematik eğitimi üzerine yapılan çalışmalarda (Alakoç, 2003; Baki, 2002; MEB, 2009; 2013; 2018; NCTM, 2008. Akt: Van De Walle, Karp ve Bay-Williams, 2012) matematiksel kavramları somutlaştırarak öğrenenlerin anlamlı öğrenmelerini destekleme potansiyeli olan bilgi ve iletişim teknolojilerinden (BİT'lerden) derslerde yararlanılmasının özellikle vurgulandığı görülmektedir.

Buraya kadar ifade edilenlerle birlikte göz önünde bulundurulması ve vurgulanması gereken bir diğer husus da teknolojinin derslerde salt kullanılmış olmasının öğrencilerin matematikteki

kavramları anlamlı bir şekilde öğrenmelerini ve üst düzey beceriler kazanmalarını garanti etmeyeceğidir. Nitekim teknolojinin öğretmenin anlatımını destekleyen bir yaklaşımla derslerde kullanmış olmasının geleneksel öğrenme-öğretme etkinliklerinde bir değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür (Baki, 2002). Bu sebeple matematik derslerinde kullanılacak herhangi bir teknolojik aracın ancak uygun pedagojik ilkeler çerçevesinde öğrenme sürecine entegre edilmesi durumunda anlamlı öğrenmeyi desteklemesi beklenebilir (Baki, 2018; Erdoğan, 2010). Paralel bir bakış açısıyla bu teknolojilerin geliştirilmesi sürecinde de pedagojik ilkelerin dikkate alınarak öğrenen merkezli ve anlamlı öğrenmeyi destekler bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini söylemek yanlış olmaz.

BİT'in eğitim alanındaki kullanımının yaygınlaşması ile beraber geliştiriciler, bilgisayar ortamında öğrenme-öğretme sürecini destekleyen birçok içerik üretmeye başlamışlardır. Bu kapsamda geliştirilen öğrenme araçlarından biri de sanal manipülatiflerdir (SM'lerdir) (Karakırık ve Çakmak, 2009; Reiten, 2020). SM'ler matematikte yer alan her konu ve kazanıma dönük olarak geliştirilebilecek ve öğrenenlerin, tıpkı fiziksel muadilleri gibi kullanabilecekleri birer araçtır (D'Angelo ve Iliev, 2012; Karakırık ve Çakmak, 2009; Karakırık ve Aydın, 2011; Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016; Van De Walle vd., 2012). Özellikle bilişsel gelişim dönemleri itibariyle öğrenme süreçlerinde daha fazla somut deneyime ihtiyaç duyan ilköğretim çağındaki öğrencilerin matematiksel soyutlama (formülleştirme, kavramları tanımlayabilme, genelleştirme vb.) yapabilme becerilerinin gelişmesinde ve matematiksel kavramları anlamlı bir şekilde öğrenebilmelerinde SM'ler eşsiz fırsatlar sunabilmektedir (Durmuş ve Karakırık, 2006; Mildenhall, Swan, Northcote ve Marshall, 2008; Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016; Reiten, 2020).

SM'ler, çeşitli dinamik işlemler aracılığıyla matematiksel kavramların anlaşılmasına yardımcı olan fiziksel manipülatiflerin sanal temsilidir (Mildenhall vd., 2008). Kay ve Knaack'a (2007) göre SM'ler öğrencilerin bilişsel süreçlerini yönlendirir, geliştirir ve belirli kavramların öğrenilmesine destek olur (Akt: Akkan ve Çakıroğlu, 2011). Diğer öğretim materyalleri ile mukayese edildiğinde ise SM'ler, öğrenci etkileşimine en açık materyal türüdür (Uzundağ ve Yazıcı, 2019). Bu anlamda SM'ler hem somut hem de teknolojik olma özelliğine aynı anda sahip olması bakımından öğrencilerin matematikte yer alan kavramları ve bunların arasındaki ilişkileri öğrenmelerinde onlara önemli fırsatlar sunabilir (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016).

Yurt dışında öğrenci ve öğretmenlerin ücretsiz olarak yararlanması için geliştirilmiş birçok SM içeren web tabanlı (Türkçe dil desteği bulunmayan) platform olduğu (NLVM, NCTM illumination, shodor, mathplayground, vb.) görülmektedir. Buna karşın ülkemizde SM içeren platformların ve SM geliştirme çalışmalarının sayısının yeterli düzeyde olduğu söylenemez (Durmuş ve Karakırık, 2006; Karakırık ve Çakmak, 2009; Yazlık, 2019). Alan yazında rastlanan SM geliştirme çalışmalarının ise genelde içerik anlamında dar kapsamlı olduğu görülmektedir. Örneğin Akkan ve Çakıroğlu (2011) cebir konusunda kullanılmak üzere cebir karosu içeren bir SM geliştirmişlerdir. Alkan ve Ada (2015) ise olasılık konusunda bir ders saatinde kullanılmak üzere bir SM geliştirmişlerdir. Geliştirilen bir başka SM ise altıncı sınıfta yer alan tam sayılar konusundadır (Çetin, 2019). Türkiye'de yapılan en kapsamlı SM geliştirme çalışması ise Karakırık'ın yürütücüsü olduğu SAMAP adlı TÜBİTAK destekli proje olmuştur (Karakırık ve Çakmak, 2009). Proje, ilköğretim matematik dersi öğretim programını destekleyici ve 80'e yakın SM içeren bir materyal seti olarak tasarlanmıştır. Alan yazında yürütülen çalışmalara bakıldığında bilimsel çalışmaların doğası gereği sahip olabildiği sınırlılıklarından ötürü bu çalışmada ele alınan kazanımların çoğuna (14/15) hitap eden SM ihtiva etmediği görülmüştür. Örneğin üçgenin/paralelkenarın alan bağıntısının ya da dikdörtgenler prizmasının hacim bağıntısının oluşturulmasına; standart sıvı ölçme birimleri arasındaki ilişkinin ya da prizmaların hacminin tahmininin somutlaştırılmasına dönük Türkçe ara yüze sahip herhangi bir SM'ye rastlanılmamıştır. Erişilen az sayıda SM'nin ise bu çalışma kapsamında ele alınan bazı kazanımlara hitap etmesine karşın anlamlı öğrenmeyi destekler nitelikte pedagojik alt yapıya sahip olmadığı görülmüştür. Örneğin alan birimleri arasında dönüşümün ele alındığı bir SM'de dönüşüm süreci sayısal verinin girilip sonucun ekranda görülmesi şeklinde ele alınmıştır. Yine bu SM'de birimler arasındaki ilişkilerin keşif sürecinin somutlaştırılarak ele alınması ya da birim dönüşümlerinde işlem sürecinin

anlamlandırılmasına dönük bir yaklaşım benimsenmemiştir. Bu yaklaşımın da öğrencilerin alan ölçme birimleri dönüşümünde birimler arasındaki ilişkilere dair bilgileri salt ezberleyerek, anlamlı olmayan şekilde öğrenmelerine sebep olacağı aşikârdır. Akkoç (2008) matematikte yer alan kavramların çoklu temsillerinin her birinin kavramın farklı yönünü vurguladığını ve matematiksel kavramlara daha geniş bir pencereden bakma imkânı sunduğunu belirterek çoklu temsillerin matematiksel kavramların öğrenilmesi üzerindeki önemini vurgulamıştır. Bu anlamda matematiksel bir kavramın ele alındığı herhangi bir SM'nin aynı zamanda ilgili kavramın çoklu temsillerine yer vermesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Yapılan birçok çalışmada SM'lerin öğrenenlere sağlayacağı potansiyel faydalardan bahsedilmektedir (Gülkılık, 2013; Karakırık ve Çakmak, 2009; Lee ve Chen, 2015; Reimer ve Moyer-Packenham, 2005; Yazlık, 2019). Buna karşın alan yazında, Türkçe ara yüze sahip SM'lerin geliştirilmesi ve bunların öğrenme sürecinde kullanılarak öğrenmeye dönük etkilerinin değerlendirildiği çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu sebeple alandaki boşluğu doldurmaya katkısının olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla geliştirilen SM'lerin anlamlı öğrenmeyi destekleyen; işlemsel ve kavramsal öğrenmeyi birlikte ele alan, geometrik şekillerin şekilsel ve kavramsal yönünü birlikte vurgulayan, kavramların çoklu temsillerini (sözel, sembolik, görsel, vb.) içeren ve kavramları somutlaştıran bir yapıda tasarlanması amaçlanmıştır.

SM takımının pedagojik alt yapısının inşasında yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı ve geometri konularına hitap eden kazanımlarda özel olarak "Şekilsel Kavram Teorisi" (Fischbein, 1993) esas alınmıştır. Bu bağlamda geliştirilen SM'lerin anlamlı öğrenmeyi destekleyen; işlemsel ve kavramsal öğrenmeyi birlikte ele alan, geometrik şekillerin şekilsel ve kavramsal yönünü birlikte vurgulayan, kavramların çoklu temsillerini (sözel, sembolik, görsel, vb.) içeren ve kavramları somutlaştıran bir yapıda tasarlanması amaçlanmıştır.

Öğrenme sürecinde öğrenenlerin bilişsel gelişimlerine odaklanılmasının yanında duyuşsal olarak gelişimlerine de önem verilmesi gerekmektedir (Sarpkaya Aktaş, 2019). Bu çalışmada da tasarlanarak geliştirilen SM takımı deneysel araştırma kapsamında 6. sınıf düzeyinde kullanılarak öğrencilerin matematik dersi başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına etkisi belirlenmiştir. Bu anlamda gerçekleştirilen bu çalışmanın yapılacak yeni çalışmalara örnek olabileceği ve alan yazına özgün bir katkısının olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla çalışmada "Ortaokul 6. sınıf matematik dersi geometri ve ölçme öğrenme alanında geliştirilen bir sanal manipülatif takımının öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına etkisi var mıdır?" problem cümlesine odaklanılmıştır. Bu doğrultuda aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır.

- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamaları ile matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarılarına ait ön-test puanları kontrol altına alındığında, matematik dersi başarılarına ait son-test puanları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait son-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?
- Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait son-test ile ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?

2. Yöntem

2.1. Araştırmanın Deseni

Bu çalışmada, ortaokul 6. sınıf matematik dersinde SM kullanılmasının öğrencilerin matematik dersindeki başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla nicel araştırma yaklaşımlarından biri olan deneysel araştırma yöntemlerinden “ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen” kullanılmıştır. Araştırmaya ait deseninin sembolik gösterimi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma deseni

Grup	Ön test	İşlem	Son test
D	O ₁ – O ₂	X	O ₁ – O ₂
K	O ₁ – O ₂		O ₁ – O ₂

D: Deney, K: Kontrol, O₁: Matematik Başarı Testi, O₂: Geometriye Yönelik Tutum Ölçeği, X: Denel işlem

Tablo 1’de görüldüğü gibi hem deney hem de kontrol grubu öğrencilerine matematik başarı testi ve geometriye yönelik tutum ölçeği ön-test olarak uygulanmıştır. Uygulama sürecinde deney grubundaki derslerde SM’ler kullanılarak, kontrol grubunda ise rutin işleyişle (ders kitabı, tahta, defter, öğretmen anlatımı) dersler yürütülmüştür. Derslerin tamamlanmasının ardından her iki gruba matematik başarı testi ve geometriye yönelik tutum ölçeği son-test olarak tekrar uygulanmıştır.

Deneysel araştırmalar, bağımlı değişken üzerinden bağımsız değişkenin etkisinin test edildiği araştırmalardır. Bu yöntemde, iki grubun bağımlı değişkene ait ölçümlerinin karşılaştırılması söz konusuysen araştırma ile elde edilen sonuçların açıklanmasından da öte nedenlerin ortaya konulması olanağı vardır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz ve Demirel, 2017). Bu çalışmada da derslerde SM’lerin kullanılmasının (bağımsız değişken) öğrencilerin başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına (bağımlı değişken) etkisi araştırılmıştır.

2.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubu, 2016–2017 öğretim yılı bahar döneminde, Konya ili Kulu ilçesi merkezinde bulunan bir ortaokulun dört 6. sınıf şubesi arasından seçilen iki şubeden oluşmaktadır. Araştırmada çalışma grubunun seçilmesi grup eşleştirme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Grup eşleştirme, araştırma yapmak için deneklerin gruplara seçkisiz olarak atanmasının mümkün olmadığı ya da zor olduğu durumlarda zorunlu olarak hazır gruplar üzerinden yürütülecek araştırmalar için başvurulabilecek bir yöntemdir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta mevcut gruplar içinden araştırmaya dâhil edilecek grupların grup ortalamalarının birbirine denk seçilmesidir (Büyüköztürk vd., 2017).

Araştırmanın gerçekleştirildiği okulda dört 6. sınıf şubesi mevcuttur. Bu dört şubede öğrenim gören öğrencilerin güz dönemi sonu matematik dersi karne puanları karşılaştırılmıştır. Birbirine denk olduğu tespit edilen iki şubedeki (6-C ve 6-D) öğrenciler çalışma grubu olarak belirlenmiştir. Şubelerde yer alan öğrencilerin güz dönemi sonu matematik dersi karne puanlarının her bir şubede normal dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p > .05$) ve dağılımlara ait varyansların eşit olması (Levene test sonucu, $F = .780$; $p > .05$) nedenleriyle puan ortalamalarının karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Tablo 2’de t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 2. 6-C ve 6-D şubelerindeki öğrencilerin güz dönemi sonu karne puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Sınıf	N	\bar{X}	S	sd	t	p
6-C	26	64.57	20.51	51	1.424	.161
6-D	27	73.35	24.17			

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin güz dönemi sonu matematik dersi puanlarının ortalaması 6 – C için 64,57 ve 6 – D için 73,35 olduğu görülmektedir. t-testi sonucuna göre, 6-D şubesindeki

öğrencilerin puan ortalamasının 6-C şubesindeki öğrencilerin puan ortalamasından daha yüksek olmasına karşın ortalama puanlar arasındaki bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir, $[t(51)=1.424; p>.05]$. Bu sonuçlardan, 6-C ve 6-D şubelerindeki öğrencilerin güz dönemi sonu puanları açısından birbirine denk olduğu anlaşılmıştır. Deney ve kontrol grubunun rastgele biçimde belirlenmesi sonucunda ortalama puanı düşük olan 6-C şubesi deney grubu ($N = 26$), ortalama puanı yüksek olan 6-D şubesi kontrol grubu ($N = 27$) olarak seçilmiştir. Çalışma grubunda yer alan öğrencilere ilişkin bilgiler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çalışma grubu

Grup	Cinsiyet		Toplam
	Kız	Erkek	
Deney	10	16	26
Kontrol	17	10	27

2.3. Veri Toplama Araçları

Bu bölümde, verilerin elde edildiği matematik başarı testi ve geometriye yönelik tutum ölçeği hakkında bilgilere yer verilmiştir.

2.3.1. Matematik başarı testi

Öğrencilerin matematik dersindeki başarılarını belirlemek için araştırmacı tarafından çoktan seçmeli olarak geliştirilen başarı testi, deney ve kontrol grubu öğrencilerine ön-test ve son-test olarak uygulanmıştır. Testte, ortaokul matematik dersi öğretim programı 6. sınıf geometri ve ölçme öğrenme alanında yer alan 15 kazanımı kapsayacak şekilde hazırlanmış 30 soru yer almaktadır. Soruların bir kısmı, kazanımların iç içe olması sebebiyle birden fazla kazanıma hitap edecek nitelikte tasarlanmıştır. Sonuç olarak hazırlanan testte her bir kazanım birden fazla kez sorgulanmıştır. Başarı testinin geliştirilmesi sürecinde aşağıdaki işlemler uygulanmıştır:

1. Ortaokul 6. sınıf matematik dersi geometri ve ölçme öğrenme alanında yer alan kazanımların bir listesi hazırlanmıştır.
2. Oluşturulan listedeki her bir kazanımın en az 2 soru aracılığıyla yoklandığı, toplam 36 çoktan seçmeli sorudan oluşan bir taslak test geliştirilmiştir.
3. Geliştirilen soruların niteliği ve kapsam geçerliliği için matematik eğitimi alanında akademik çalışmaları olan bir konu alanı uzmanının görüşlerine başvurulmuştur. Alınan dönütler doğrultusunda taslak testin içerik ve biçimsel düzenlemeleri yapılarak son şekli verilmiştir.
4. Hazırlanan taslak test 7. sınıfa devam eden 84 öğrenciye pilot olarak uygulanmıştır. Elde edilen veriler için madde analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan madde analizi sonucu madde ayırt edicilik gücü çok zayıf olan ($r_{jx} \leq 0,19$) 4 madde testten çıkarılmıştır. Madde ayırt edicilik gücü geliştirilmesi gereken ($0,19 < r_{jx} \leq 0,29$) 4 madde alan uzmanınca incelendikten sonra iki sorunun düzeltilmesi yapılarak testte kullanılmasına, diğer ikisinin de testten çıkarılmasına karar verilmiştir. Düzeltilen maddelerden ilki "bileşik şekillerden oluşan şekillerin alanlarının hesaplanması" diğeri "dikdörtgenler dik prizmasının hacminin tahmin edilmesi" kazanımlarıyla ilgilidir. İlgili maddelerin ayırt edicilik gücü 0,24 ve 0,28'dir. Bu iki madde için dil ve şekil düzeltmeleri yapılmıştır. Ayrıca hacmin tahmin edilmesiyle ilgili soruda yer alan prizmanın ayırt uzunluklarına ait değerlerin ondalık kısımları iki basamaktan tek basamağa düşürülmüştür. Sonuç olarak toplam 30 çoktan seçmeli sorudan oluşan nihai test geliştirilmiştir. Teste ait KR-20 güvenilirlik katsayısı 0,83 olarak elde edilmiştir.

2.3.2. Geometriye yönelik tutum ölçeği

Araştırmada öğrencilerin deneysel işlem öncesinde ve sonrasında geometriye yönelik tutumlarını ölçmek için Bulut, Ekici, İşeri ve Helvacı (2002) tarafından geliştirilen ve 17 maddeden oluşan beşli likert tipindeki "Geometriye Yönelik Tutum Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçekteki maddelerin 10'u olumlu ve 7'si olumsuzdur.

Ölçek hoşlanma, yarar ve kaygı şeklinde tanımlanan üç boyuttan oluşmaktadır. Ölçeğin pilot çalışması Bulut vd. (2002) tarafından 8 ve 10. sınıfta öğrenim gören 239 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Ölçeğe ait iç güvenirlik katsayısı (Cronbach Alpha) 0,92 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada ise ön-test olarak uygulanan ölçekten elde edilen iç güvenirlik katsayısı 0,84 olmuştur.

2.4. Uygulama Süreci

Deney grubundaki dersler, araştırmacı rehberliğinde öğrencilerin dizüstü bilgisayarlarına yüklenen SM'leri kullandıkları sınıf ortamında; kontrol grubundaki dersler ise ders öğretmeni tarafından anlatım; ders kitabı, defter ve tahtanın kullanılması şeklinde rutin işleyişle yürütülmüştür. Her iki grupta da dersler haftada iki ders saati olmak üzere toplam yedi hafta sürmüştür. Deney grubundaki 26 öğrenci ikişerli gruplara ayrılmış ve her grup bir bilgisayar kullanmıştır. Clements ve McMillen (1996) eğer imkân bulunabilirse tüm öğrencileri tartışmalara dâhil etmek ve onların dikkatini toplayabilmek için sınıfta geniş ekranlı bir bilgisayarın bulundurulmasının faydalı olacağını ifade etmiştir. Bu sebeple sınıftaki öğrencilere SM'lerle ilgili bir sunum yapma ihtiyacı duyulması ya da sınıfta tartışılması gereken bir konuda tüm öğrencilerin odaklanmasını sağlama gereksinimiyle sınıfın etkileşimli tahtasına da SM'lere ait uygulama yüklenmiştir.

Öğrencilerin SM'leri kullanmaları esnasında esas amaçtan uzaklaşıp matematiksel yapıyı gözden kaçırmaları ve oyun şeklinde sadece manipülasyon yapmaya odaklanmaları söz konusu olabilmektedir (Moyer, Bolyard ve Spikell, 2001). Bu sebeple öğrencilerin, SM'ler üzerinde gerçekleştirdikleri manipülasyonlar neticesinde matematiksel kavramları öğrenmeye odaklanmaları ve öğrencilerin öğrenme sürecinde aralarında bir ahenk oluşması adına çalışmaya konu olan 15 kazanıma dönük ve SM'ler üzerinde uygulamalar yapmaya kılavuzluk edecek biçimde toplam 9 adet çalışma yaprağı hazırlanmıştır. Çalışma yaprakları, ilgili kavram(lar)ın keşfedilmesine dönük etkinlikleri ve yapılandırılmış soruları içermektedir. Çalışma yapraklarının ilgili olduğu kazanım(lar)ın içeriğine uygunluğu ve pedagojik açıdan kavramın anlamlı bir şekilde öğrenilmesini destekler nitelikte olup olmadığı alan uzmanı bir akademisyen tarafından kontrol edilmiştir ve uygun oldukları konusunda görüş alınmıştır. Çalışma yaprakları her hafta derslerden önce öğrencilere dağıtılmıştır. Öğrenciler ders süresince SM'lerle yaptıkları çalışmaları bu çalışma yaprakları kılavuzluğunda yürütmüşlerdir. Uygulama sürecine ilişkin bir örneğe Şekil 1'de yer verilmiştir.



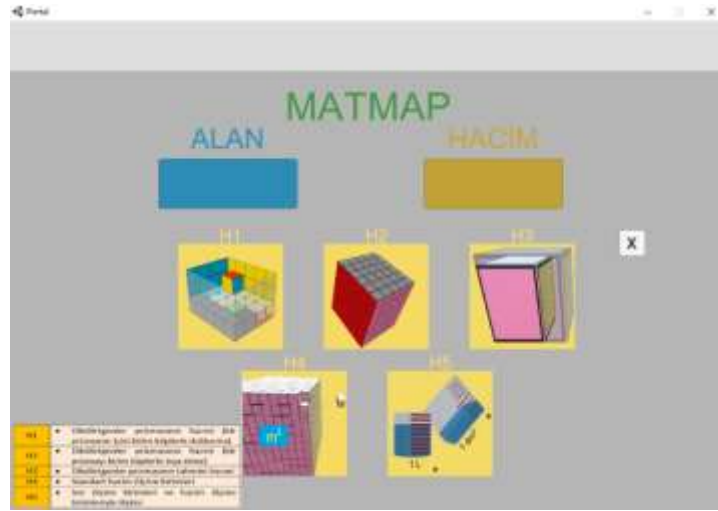
Şekil 1. Uygulama sürecine ilişkin görsel

2.5. Materyal

Araştırmanın deneysel uygulama sürecinde kullanılmak üzere 6. sınıf matematik dersi öğretim programı (MEB, 2013) "Geometri ve Ölçme" öğrenme alanında yer alan 15 kazanıma hitap edecek şekilde Türkçe ara yüze sahip 8 tane özgün SM geliştirilmiştir. Geliştirilen tüm SM'ler "ALAN" ve "HACİM" başlıkları altında ilgili oldukları kazanımlara göre sınıflandırılarak bir portal içerisinde

kullanıcılara sunulmuştur. Her bir SM'nin ilgili olduğu kazanım, ana ekranda bulunan bir tablo içerisinde kullanıcılara sunulmaktadır. Her bir SM'ye ait erişim butonu, erişim sağladığı SM hakkında kullanıcıya ayrıca görsel bilgi sunmaktadır. Bu şekilde kullanıcıların istedikleri herhangi bir SM'ye erişimlerinin kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca portalın içerdiği unsurlar sayesinde kullanıcı çalışmak istediği SM'nin içeriği hakkında hem sözel hem de görsel olarak ön bilgi sahibi olabilmektedir.

Geliştirilen portal ve içerdiği SM'lerin yer aldığı bu platforma "Sanal MATematik MANipülatifleri" kısaltması olarak "MATMAP" ismi verilmiştir. MATMAP'a ait ekran görüntüsü ve bünyesindeki SM'lerin ilgili oldukları kazanımlara ait bilgiler Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. MATMAP'a ait ekran görüntüsü (hacim bölümündeki SM'ler aktif durumdayken)



Şekil 3. MATMAP'a ait ekran görüntüsü (alan bölümündeki SM'ler aktif durumdayken)

2.6.1. Tasarım süreci

MATMAP bünyesinde yer alan SM'ler aşağıdaki hususlar dikkate alınarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir.

- SM'lerin tasarımları, pedagojik alt yapı olarak yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı benimsenerek desteklenmiş ve inşa edilmiştir. Böylece her bir SM'nin geliştirilmesinde, öğrencinin ilgili kavramı zihninde anlamlı biçimde yapılandırmasına olanak tanınması amaçlanmıştır.
- SM'lerin ilgili oldukları kazanımların geometri ve ölçme öğrenme alanına hitap etmesinden ötürü, öğrenenlerin geometrik muhakeme sürecini ele alan Fischbein'in (1993) 'Şekilsel Kavram Teorisi' çerçevesinden yararlanılmıştır. Bu doğrultuda geometrik nesnelerin hem şekilsel hem de

kavramsal yönü birlikte vurgulanarak kavramların anlamlı öğrenilmesi desteklenmeye çalışılmıştır.

- Tasarım sürecinde alan yazında SM'lerin özellikleri üzerine yürütülen çalışmalardan (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016; Moyer, Bolyard ve Spikell, 2002) yararlanılmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen SM'ler işlemsel ve kavramsal öğrenmenin birlikte gelişimini, keşfetmeyi ve anlamlı öğrenmeyi, kavramların çoklu temsillerinden yararlanarak temsiller arası geçişlerde akıcılık kazanmayı destekler nitelikte tasarlanmıştır.
- SM'ler üzerinde yapılabilecek manipülasyonların teknik olarak özelliklerinin belirlenmesi sürecinde ise internet üzerinde açık erişime sahip platformlarda (NLVM, NCTM illuminations, SAMAP, mathplayground, learnalberta.ca, eeducationresources, time4learning, glencoe, vb.) yer alan SM'lerin tasarımlarından, alan yazında yer alan çalışmalardan ve matematik eğitimi alanında uzman iki akademisyenin görüşlerinden yararlanılmıştır (akademisyenlerin geri dönütlerinden örnekler: Portalda, tüm SM'lerin ilgili oldukları kazanımların bilgisine yer verilmesi; dörtgenlerin manipüle edilerek hiyerarşik ilişkilerinin keşfedildiği uygulamada kullanıcılara sözel ve görsel dönütlerin eş zamanlı olarak verilmesi; hacim bölümünde geçen "taban alanı x tabaka sayısı" ifadesinde taban alanı yerine bir tabakada yer alan birim küp sayısı ifadesinin kullanılması vb.).

MATMAP bünyesinde yer alan SM'lerden, tasarım sürecinde yukarıda ifade edilen özellikleri ihtiva eden örneklerden biri aşağıda sunulmuştur.

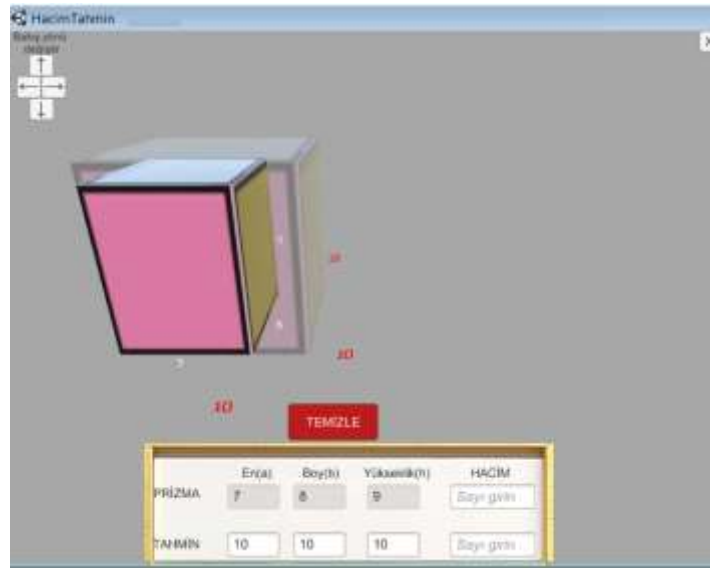
H3 Kodlu SM

MATMAP'ta H3 koduyla isimlendirilmiş olan bu SM öğretim programında yer alan "Dikdörtgenler prizmasının hacmini tahmin eder." (MEB, 2013: 22) kazanımına dönük olarak geliştirilmiştir. Bu SM'de genel olarak öğrenci sahneye inşa ettiği herhangi bir dikdörtgenler prizmasının hacmini yuvarlama stratejisinden yararlanarak tahmin etmesi beklenmektedir. Bu süreçte öğrenci prizmanın ayrıt uzunluklarını uygun bulduğu tam sayılara yuvarlar ve bu yeni prizmayı diğerinin üzerine inşa eder. Sonuç olarak öğrencinin tahmin için belirlediği ayrıt uzunluğu değerlerinin makullüğünü ve bu değerlere sahip prizmanın hacminin gerçek hacim değerine olan yakınlığını farklı temsiller üzerinden denetlemesi beklenmektedir.

Bu SM'nin pedagojik alt yapısı ve çalışma prensibi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- H3'te yer alan dinamik matematik nesnelere interaktif görsel temsillerine sayısal, sembolik ve sözel bilgiler eşlik etmektedir. Örneğin ayrıtlarının uzunluğu kullanıcı tarafından belirlenen dikdörtgenler prizması sahnede görsel, sembolik ve sayısal olarak; prizmanın hacmi görsel ve sayısal olarak temsil edilmektedir. Dolayısıyla H3, bünyesinde yer alan nesnelere ait birden fazla temsili içerecek şekilde "Çoklu-Temsil SM Ortamı" (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016) olarak tasarlanmıştır. H3'te ayrıca prizmaların hacimlerinin hesaplanması sürecinde yapılan işlemlerin doğruluğu hakkında geri dönüt alınabilmekte ve yanlış cevap verilmesi durumunda cevabın düzeltilmesi imkânı bulunabilmektedir. Bu özellikleri bakımından H3'ün "Öğretici SM Ortamına" (Moyer-Packenham ve Bolyard, 2016) ait özellikleri de bulunmaktadır.
- H3'te sahnede birbiriyle senkronize çalışan iki alan bulunmaktadır. Sahnenin üst kısmında, birinin tüm yüzeyleri şeffaf olan, iç içe geçmiş iki dikdörtgenler prizması inşa edilebilmektedir. Sahnenin alt kısmında ise sahneye inşa edilmek üzere ayrıt uzunluklarının girilebileceği ve bu prizmaların hacim değerlerinin hesaplanabileceği bir hesap aracı bulunmaktadır (Şekil 4).
- Hesap aracı bölümü öncelikli olarak, birer köşeleri ve bu köşelerde kesişen ayrıtları çakışık olan ve iç içe geçmiş iki dik prizmanın inşa edilmesi için kullanılmaktadır. Hesap aracı "PRİZMA" ve "TAHMİN" ismiyle iki satır şeklinde tasarlanmış hücreler grubu bulunmaktadır. Prizma satırındaki hücrelere, hacim değeri tahmin edilecek olan prizmaya ait en, boy ve yükseklik değerleri yazılmaktadır. Ardından "Oluştur" butonu tıklanarak prizma sahnede inşa edilmektedir. Ayrıt uzunlukları için ilgili hücrelere 1 ile 10,99 birim arasındaki değerler (ondalık değerler ve uç değerler dâhil) yazılabilmektedir. Tahmin satırında yer alan hücrelere, sahnedeki prizmanın hacim

değerini tahmin etmeye yardımcı olacak ve yüzeyleri şeffaf biçimde inşa edilecek olan bir dikdörtgenler prizmasına ait en, boy ve yükseklik değerleri yazılabilmektedir. Değerlerin yazılmasının ardından “Oluştur” butonu tıklanarak prizma sahnede inşa edilmektedir. Bu prizmaya ait ayrıt uzunlukları için ilgili hücrelere 1 ile 11 birim arasındaki değerler (ondalık değerler hariç, uç değerler dâhil) yazılabilmektedir. Her iki prizmanın ayrıtlarının uzunluğuna ait değerler sahnede inşa edilen prizmaların ilgili ayrıtlarının yanında yazmaktadır. SM'nin bu şekilde bir tasarıma ve manipülasyon sürecine sahip olması, öğrencilerin prizmaların hacmini tahmin ederken yalnız sayısal girdilere odaklanarak değil aynı zamanda bunların somut olarak sahnede karşılıklarını gözlemleyebilmelerine imkân sağlamak maksadıyladır. Böylece kullanıcılara gerçek hacim değerini belirlemeye çalıştıkları prizma ile tahmin için kullandıkları prizmayı aynı sahnede görerek karşılaştırabilme imkânı sağlanmıştır.



Şekil 4. MATMAP'ta yer alan H3 kodlu SM

- Hesap aracı bölümünde ayrıca inşa edilen prizmaların hacim değerlerinin yazılabileceği birer hücre bulunmaktadır. Hücrelerin yanında, sahnedeki prizmalara ait hacim değerleri ilgili hücrelere doğru yazılması durumunda “DOĞRU”, yanlış yazılması durumunda “YANLIŞ” ifadesi yazmaktadır. Böylece hücrelere yazılan hacim değerlerinin doğruluğu hakkında geri bildirimde bulunmaktadır (Şekil 5). Kullanıcı istediği takdirde hücrelerdeki değerleri düzeltebilmektedir.



Şekil 5. H3'te hesap aracına ait ekran görüntüsü

- İnşa edilmiş prizmalara bakış yönünü ve mesafesini değiştirmek için sahnedeki yön butonları ya da klavyedeki yön tuşları kullanılabilir. Böylece farklı mesafelerden ve yönlerden prizmalar incelenip istenilen ölçüleri karşılaştırılabilir. Bu şekilde hacmi tahmin edilecek olan prizmanın ve hacmi tahmin etmek için inşa edilmiş olan şeffaf prizmanın ayrıt uzunlukları hem görsel olarak hem de sayısal değer olarak eş zamanlı biçimde gözlemlenebilir.
- Prizmalar inşa edildikten sonra ayrıtları üzerinden sürüklenerek manipüle edilmesi kısıtlanmıştır. Bu kısıt, kullanıcının tahmin sürecinde planladığı iş ve işlemlerin sekteye uğramasını önlemek maksadıyla uygulanmaktadır. Ancak sahnede farklı prizmalarla çalışılmak istenildiğinde “Temizle” butonu kullanılarak sahneden prizmalar kaldırılıp SM'deki süreç en başa alınabilmektedir. SM'deki bu manipülasyonların tekrarında herhangi bir kısıt bulunmamaktadır.

2.6. Verilerin Analizi

Matematik dersi başarı testinde yer alan 30 çoktan seçmeli sorunun değerlendirilmesinde her doğru cevap için 1; her yanlış cevap ve cevaplanmayan soru için 0 puan verilmiştir. Ardından her bir öğrencinin testten aldığı toplam puan hesaplanmıştır. Dolayısıyla testten alınabilecek en yüksek puan 30, en düşük puan 0 olarak belirlenmiştir.

Geometriye yönelik tutum ölçeğinde yer alan beşli likert tipte (tamamen katılıyorum, 5; katılıyorum, 4; kararsızım, 3; katılmıyorum, 2; hiç katılmıyorum, 1) 17 maddenin değerlendirilmesi sürecinde önce bir elektronik tablolama yazılımına veri girişleri yapılmıştır. Ardından ölçekte tersten puanlanan maddelerin (olumsuz maddelerin) puanları ters çevrilmiştir (1→5, 2→4, 3→3, 4→2, 5→1). Elde edilen puanlar üzerinden öğrencilerin toplam puanlar hesaplanmıştır. Ölçekten alınabilecek en yüksek puan 85, en düşük puan 17'dir.

Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulanan ön-test ve son-testten elde ettikleri puanlar SPSS (Statistical Package for Social Sciences) programı ile analiz edilmiştir. Verilerin aynı grup içindeki analizlerinde bağımlı örneklem t-testi, gruplar arası analizde ise bağımsız örneklem t-testi ve ANCOVA testi kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgulardan SM'leri kullanan öğrenciler ile rutin işleyle sürdürülen öğrenme-öğretme ortamında öğrenim süreci geçiren öğrenciler arasında bilişsel ve duyuşsal değişkenler açısından istatistiksel farklılıkların tespiti yapılmıştır. Deney grubunda yer alan 1 öğrenci, ön-test uygulamasında ve ilk üç haftalık öğrenim sürecinde bulunmaması sebebiyle veri analizine dâhil edilmemiştir.

3. Bulgular ve Yorumlar

Araştırmada yanıt aranan problem "Ortaokul 6. sınıf matematik dersi geometri ve ölçme öğrenme alanında geliştirilen bir sanal manipülatif takımının (MATMAP) öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına ve geometriye yönelik tutumlarına etkisi var mıdır?" şeklindedir. Bu bölümde, araştırma problemi doğrultusunda oluşturulan alt problemlere ilişkin bulgular ve bu bulgulara ait yorumlar yer almaktadır.

3.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Birinci alt problem "Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?" şeklindedir. Bağımsız iki grubun aynı değişkene ait ortalama puanlarının karşılaştırılmasında, ölçümlerin her grupta normal bir dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>.05$) ve dağılımlara ait varyansların eşit olması (Levene test sonucu, $F=2.814$; $p>.05$) nedenleriyle (Büyüköztürk, 2010) bağımsız örneklem t-testine başvurulmuştur. Tablo 4'te deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarı ön-test puan ortalamalarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 4. Deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait ön-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Grup	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Deney	25	8.64	2.39	50	2.116	.039
Kontrol	27	10.63	4.09			

Tablo değerlerine bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puanı ortalaması 8,64 iken kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalaması 10,63 şeklindedir. t-testi sonucuna göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puanı ortalamaları arasında belirlenen farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur, [$t(50)=2,116$; $p<.05$]. Bu sonuçlardan, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama öncesinde matematik dersi başarı puanları açısından birbirine denk olmadığı görülmüştür.

3.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

İkinci alt problem “Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?” şeklindedir. Bağımsız iki grubun aynı değişkene ait ortalama puanlarının karşılaştırılmasında, ölçümlerin her grupta normal bir dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>,05$) ve dağılımlara ait varyansların eşit olması (Levene test sonucu, $F=3,956$; $p>,05$) nedenleriyle (Büyüköztürk, 2010) bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Tablo 5’te deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 5. Deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Grup	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Deney	25	19.48	4.98	50	.413	.682
Kontrol	27	18.77	7.02			

Tablo 5’teki değerlere bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait son-test puanı ortalaması 19,48 iken kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait son-test puanı ortalaması 18,77 şeklindedir. t-testi sonucuna göre, matematik dersi başarısına ait son-test puanı ortalamasında deney grubundaki öğrencilerin lehine bir fark oluşmasına karşın ortalama puanlar arasındaki bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir, [$t(50)=0,413$; $p>,05$]. Bu sonuçlardan, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama sonrasındaki matematik başarı puanları açısından birbirinden farklı olmadığı söylenebilir.

3.3. Üçüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Üçüncü alt problem “Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamaları ile matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?” şeklindedir. Her bir grup için ön-test ile son-test puan ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak farklı olup olmadığının test edilmesinde, ölçümlerin aralık ölçeğinde olması ve ilişkili iki ölçüm verilerine ait fark puanlarının normal dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>,05$) nedenleriyle bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2010). Tablo - 6’da deney ve Tablo - 7’de kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait ön-test ile son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testlerinin sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 6. Deney grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait ön-test ile son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Ölçüm	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Ön-test	25	8.64	2.39	24	12.639	.000
Son-test	25	19.48	4.98			

Tablo 6’deki değerlere bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puanı ortalaması 8,64, son-test puanı ortalaması 19,48 ve testler arasındaki puan farkı 10,84 olarak bulunmuştur. t-testi sonucuna göre deney grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test ile son-test puan ortalamaları arasında oluşan farkının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur, [$t(24)=12,639$; $p<,05$]. Bu sonuçlardan, öğrenme sürecinde MATMAP’ı kullanan deney grubundaki öğrencilerin başarılarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışın gerçekleştiği söylenebilir.

Tablo 7. Kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarısına ait ön-test ile son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Ölçüm	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Ön-test	27	10.63	4.09	26	7.929	.000
Son-test	27	18.77	7.02			

Tablo 7'deki değerlere bakıldığında, kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puan ortalaması 10,63, son-test puanı ortalaması 18,77 ve testler arasındaki puan farkı 8,14 olarak bulunmuştur. t-testi sonucuna göre kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-testi ile son-testi puan ortalamaları arasında oluşan farkının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur, $[t(26)=7,929; p<,05]$. Bu sonuçlardan, kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama süresince başarılarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışın gerçekleştiği söylenebilir.

3.4. Dördüncü Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Dördüncü alt problem “Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin matematik dersi başarılarına ait ön-test puanları kontrol altına alındığında, matematik dersi başarılarına ait son-test puanları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?” şeklindedir.

Araştırmanın birinci alt problemine ait bulgular kısmında, ön-test puanlarının kontrol grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buradan uygulama öncesinde, iki grubun başarı yönünden birbirine denk olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, matematik dersi başarısına ait son-test puanlarına göre deney grubunun daha yüksek bir ortalamaya sahip olduğu üçüncü alt probleme ait bulgular kısmında belirlenmiştir. Bu bulgulardan, öğrencilerin son-test puanlarının karşılaştırılmasında ön-test puanlarının etkisinin de dikkate alınmasının gerekli olduğu düşünülmüştür. Nitekim grupların aynı bağımlı değişkene ait ölçümlerinin karşılaştırılmasında, bağımlı değişkenle ilişkili olduğu belirlenen farklı değişkenler, bağımlı değişken üzerindeki etkisi istatistiksel olarak kontrol edilerek analize dâhil edilebilmektedir. Bu noktada tek faktörlü kovaryans analizi (ANCOVA) yapılan deneysel çalışmalarda, grupların son-test ölçümlerinin karşılaştırılırken ön-test ölçümlerinde belirlenen farkların yanlılık etkisini ortadan kaldırabilen bir analizdir. ANCOVA, bağımlı değişken üzerinde etkisi bulunan başka bir değişkenin, doğrusal bir regresyon yöntemiyle etkisinin ortadan kaldırılması ile deneydeki işlemin gerçek etkisinin ortaya çıkmasını sağlar (Büyüköztürk, 2010). Sonuç olarak kovaryans analizinde deneysel bir işlemin başlangıcında var olan gruplar arası farklar ortadan kaldırılarak deneye ilişkin yanlılıklar azaltılabilmektedir (Büyüköztürk, 1998). Bu noktadan hareketle iki grubun son-test puanları arasındaki farkın karşılaştırılmasında, ön-test puanlarının etkisinin istatistiksel olarak kontrol altına alınarak deneysel işlemin gerçek etkisini belirlemek için tek faktörlü kovaryans analizine başvurulmuştur.

Analiz öncesinde mevcut verilerin ANCOVA varsayımlarını karşılama durumu incelenmiştir. İlk olarak puanların normal dağılımına ve varyansların dağılımının homojenliğine bakılmıştır. Deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarı son-test puanlarına ait Kolmogorow-Smirnov testi sonuçlarına göre her bir grup için puanların normal dağıldığı ($p>,05$) ve Levene testi sonuçlarına göre puanların varyanslarının homojen olduğu ($F=3,956, p>,05$) yapılan analizlerden anlaşılmıştır.

İkinci olarak ön-test puanları ile son-test puanları arasında doğrusal bir ilişkinin varlığı incelenmiştir. Söz konusu ilişkiye ait Pearson korelasyon katsayısı hem her bir grup için hem de tüm grubun oluşturduğu puanlar için iki farklı şekilde hesaplanmıştır. Yapılan analizlerin sonucunda ön-test ve son-test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde ($p<,05$) deney grubunda $r = 0,511$ düzeyinde, kontrol grubunda $r = 0,653$ düzeyinde ve genel olarak $r = 0,568$ düzeyinde bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Yapılan analizler neticesinde ön-test ile son-test puanları arasında orta düzeyde anlamlı bir ilişkinin olduğu anlaşılmıştır.

Üçüncü olarak regresyon doğrularının eğimlerinin eşitliği incelenmiştir. Bunun için son-test puanları üzerinde “grup x ön-test” ortak etkisinin anlamlılığı incelenmiştir. Grupların ön-test puanlarına dayalı son-test puanlarının yordanmasına ilişkin regresyon doğrularının eğimlerinin eşitliği testi için ANOVA uygulanmıştır. Elde edilen bulgulardan son-test puanları üzerinde “grup x ön-test” ortak etkisinin anlamsız olduğu görülmüştür, $[F(1,48)=0,014; p>,05]$. Buradan deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin ön-test puanlarına dayalı olarak son-test puanlarının yordanmasıyla alakalı hesaplanan regresyon doğrularının, eğimlerinin eşit olduğu anlaşılmıştır.

Dördüncü olarak ANCOVA'nın "Ortalama puanları karşılaştırılacak örneklem ilişkisizdir." varsayımı da (Büyüköztürk, 2010) bu çalışmanın ilişkisiz iki örneklem şeklinde deney ve kontrol grubu olarak yürütülmesinden dolayı karşılanmaktadır. Sonuç olarak varsayımlarının tamamının karşılanması dolayısıyla ANCOVA testine başvurulmuş ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Tablo 8'de deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait ön-test puanlarına göre düzeltilmiş matematik dersi başarısına ait son-test puanlarına ilişkin betimsel istatistiklere yer verilmiştir.

Tablo 8. Deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait son-test puanlarına ait betimsel istatistikler

Grup	N	Ortalama	Düzeltilmiş Ortalama
Deney	25	19.48	20.62
Kontrol	27	18.77	17.72

Tablo 8'e göre matematik dersi başarısına ait son-test ortalama puanı deney grubu için 19,48 ve kontrol grubu için 18,77 olarak; matematik dersi başarısına ait son-test düzeltilmiş ortalama puanı deney grubu için 20,62 ve kontrol grubu için 17,72 olarak hesaplanmıştır. Tablodan, hem ortalama hem de düzeltilmiş ortalama puan olarak deney grubunun matematik dersi başarı testinden daha yüksek bir skor elde ettiği görülebilmektedir.

Grupların düzeltilmiş matematik dersi başarısına ait son-test ortalama puanları arasında belirlenen bu farkın anlamlılığını test etmek için yapılan ANCOVA sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Deney ve kontrol grubunun matematik dersi başarısına ait ön-test puanlarına göre düzeltilmiş matematik dersi başarısına ait son-test puanlarına ilişkin ANCOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Ön-test (Reg.)	702.63	1	702.63	29.26	.000
Grup	100.435	1	100.435	4.18	.046
Hata	1176.277	49	24.006		
Toplam	1885.308	51			

ANCOVA sonuçlarına göre, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait ön-test puanlarına göre düzeltilmiş matematik dersi başarısına ait son-test puanları arasında deney grubu lehine oluşan farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir, $[F(1,49)=4,18; p<,05]$. Diğer bir ifadeyle öğrencilerin matematik dersi başarısına ait son-test puanları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farkın kaynağı geçirdikleri öğrenim sürecidir denilebilir.

Elde edilen bulgulardan matematik dersi başarısına ait son-test puanları arasında yapılan Benferroni test sonuçlarına göre, deney grubundaki öğrencilerin matematik dersi başarısına ait son-test ortalama puanı ($X = 20,62$), kontrol grubu matematik dersi başarısına ait son-test ortalama puanından ($X = 17,72$) daha yüksektir. Deney grubuna ait matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamasının kontrol grubuna ait matematik dersi başarısına ait son-test puan ortalamasından daha yüksek olması, MATMAP'ın öğrenim sürecinde kullanılmasının öğrencilerin matematik dersindeki başarılarına daha fazla olumlu katkı sağladığı söylenebilir.

3.5. Beşinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Beşinci alt problem "Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?" şeklindedir. Bağımsız iki grubun aynı değişkene ait ortalama puanlarının karşılaştırılmasında, ölçümlerin her grupta normal bir dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>,05$) ve dağılımlara ait varyansların eşit olması (Levene test sonucu, $F=2,714; p>,05$) nedenleriyle (Büyüköztürk, 2010) bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Tablo 10'da deney ve kontrol grubunun geometriye yönelik tutum ön-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 10. Deney ve kontrol grubunun geometriye yönelik tutumuna ait ön-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Grup	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Deney	25	56.08	15.08	50	1.730	.520
Kontrol	27	62.44	11.32			

Tablo 10 değerlerine bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumuna ait ön-test puan ortalaması 56,08 iken kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumuna ait ön-test puan ortalaması 62,44 şeklindedir. Yapılan t-testi sonucuna göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumuna ait ön-test puan ortalamaları arasında gözlemlenen farkın (6,36) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür, $[t(50)=1,730; p>,05]$. Bu sonuçlardan, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama öncesindeki geometriye yönelik tutum puanları açısından birbirine denk olduğu söylenebilir. Diğer bir ifadeyle grupların, uygulama öncesinde geometriye yönelik tutumları açısından aralarında bir fark bulunmamaktadır.

3.6. Altıncı Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Altıncı alt problem “Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait son-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?” şeklindedir. Bağımsız iki grubun aynı değişkene ait ortalama puanlarının karşılaştırılmasında, ölçümlerin her grupta normal bir dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>,05$) ve dağılımlara ait varyansların eşit olması (Levene test sonucu, $F=0,31; p>,05$) nedenleriyle (Büyüköztürk, 2010) bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Tablo 11’de deney ve kontrol grubunun geometriye yönelik tutuma ait son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 11. Deney ve kontrol grubunun geometriye yönelik tutuma ait son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Grup	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Deney	25	64.08	11.16	50	.825	.413
Kontrol	27	66.63	11.11			

Tablo 11 değerlerine bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutuma ait son-test puan ortalaması 64,08 iken kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutuma ait son-test puan ortalaması 66,63 şeklindedir. Yapılan t-testi sonucuna göre deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutuma ait son-test puan ortalamaları arasında gözlemlenen farkın (2,55) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur, $[t(50)=0,825; p>,05]$. Bu sonuçlardan, deney ve kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama sonrasındaki geometriye yönelik tutum puanları açısından birbirine denk olduğu söylenebilir. Yani deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumları arasında uygulama sonrasında birbirinden farklılaşmadığı yorumu yapılabilir.

3.7. Yedinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Yedinci alt problem “Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutumlarına ait son-test ile ön-test puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark var mıdır?” şeklindedir. Her bir grup için ön-test ile son-test puan ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak farklı olup olmadığını test edilmiştir. Ön-test ve son-test puanlarına ait ölçümlerin aralık ölçeğinde olması ve ilişkili iki ölçüm verilerine ait fark puanlarının normal dağılım göstermesi (Kolmogorow-Smirnov test sonucu, $p>,05$) nedenleriyle yapılan karşılaştırmalarda bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır (Büyüköztürk, 2010). Tablo 12’de deney ve tablo 13’te kontrol grubunun geometriye yönelik tutuma ait ön-test ile son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucuna yer verilmiştir.

Tablo 12. Deney grubu öğrencilerinin geometriye yönelik tutuma ait ön-test ile son-test puanlarının karşılaştırılmasına ilişkin t-testi sonucu

Ölçüm	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Ön-test	25	56.08	15.08	24	2.075	.049
Son-test	25	64.08	11.16			

Tablo 12 değerlerine bakıldığında, deney grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutuma ait ön-test puanı ortalaması 56,08, geometriye yönelik tutuma ait son-test puanı ortalaması 64,08 ve iki ölçüm arasındaki artış 8 puan olarak gerçekleşmiştir. Deney grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarına ait ön-test ile son-test puan ortalamaları arasında oluşan bu fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, $[t(24)= 2,075; p<,05]$. Bu sonuçlardan, öğrenme sürecinde MATMAP'ı kullanan deney grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarında bir artışın gerçekleşmiş olduğu söylenebilir.

Tablo 13. Kontrol Grubu Öğrencilerinin Geometriye Yönelik Tutuma ait Ön-Test ile Son-Test Puanlarının Karşılaştırılmasına İlişkin t-Testi Sonucu

Ölçüm	N	\bar{X}	S	sd	t	p
Ön-test	27	62.44	11.32	26	1.474	.153
Son-test	27	66.63	11.11			

Tablo 13 değerlerine bakıldığında, kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarına ait ön-test puanı ortalaması 62,44, geometriye yönelik tutumlarına ait son-test puanı ortalaması 66,63 ve tutum puanlarındaki artış 4,18 (tablodaki ortalama puanlar, yüzde birler basamağına yuvarlanmış şekilde verilmiştir) olarak bulunmuştur. Kontrol grubundaki öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarına ait ön-test ile son-test puan ortalamaları arasında oluşan farkın ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir, $[t(26)=1,474; p>,05]$. Bu sonuçlardan, kontrol grubundaki öğrencilerin uygulama süresince geometriye yönelik tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığı söylenebilir.

Deney ve kontrol grubuna ait geometriye yönelik tutum ölçeğinden elde edilen verilere ilişkin gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına ait bulgular birlikte değerlendirildiğinde, geometriye yönelik tutumlarında istatistiksel olarak anlamlı biçimdeki artışın yalnız deney grubunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Buradan öğrenme sürecinde MATMAP'ın kullanılmasının öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarına olumlu yönde etki ettiği ifade edilebilir.

4. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde önce mevcut çalışmanın bulguları ile alan yazındaki çalışmaların bulguları üzerine bir tartışma yürütülmüştür. Ardından çalışmanın sonuçlarına ve bu sonuçlara dayalı olarak bazı önerilere yer verilmiştir.

Deney ve kontrol grubu öğrencilerinin son-test puanlarının karşılaştırılmasında ön-test puanlarının etkisi istatistiksel olarak kontrol altına alınmış ve sonuç olarak MATMAP ile öğrenim süreci geçiren öğrencilerin rutin işleyişle ders işleyen öğrencilere göre matematik dersindeki akademik başarılarının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Alan yazın incelendiğinde, öğrenme-öğretme sürecinde SM'lerin kullanılmasının öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarını arttırdığını gösteren birçok çalışmaya rastlanmıştır (Çakıroğlu, 2014; Demir, 2009; Drickey, 2000; Moyer ve Bolyard, 2002; Samioğlu ve Siniksaran, 2016; Yeniçeri, 2013). Örneğin Çakıroğlu (2014) 10. sınıf öğrencileri ile yürüttüğü yarı deneysel çalışmada, SM kullanılan ortam ile geleneksel öğrenme ortamının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi karşılaştırılmıştır. Deneysel sürecin sonunda SM kullanan öğrencilerin diğer gruptaki öğrencilere göre istatistiksel olarak daha başarılı olduğunu belirlemiştir. Yeniçeri (2013) ise yürüttüğü çalışmada 6. sınıf öğrencilerinin kesirleri öğrenmelerinde SM ile somut manipülatif kullanılmasının etkilerini karşılaştırmıştır. Araştırmanın sonunda yalnız SM'leri kullanarak öğrenme

süreci geçiren öğrencilerin başarılarında istatistiksel olarak artışın gerçekleştiğini belirlemiştir. Alan yazındaki birçok çalışmanın bulguları ile karşılaştırıldığında mevcut araştırmanın “derslerde SM’lerin kullanılmasının öğrencilerin akademik başarılarını artırdığı” bulgusunun örtüştüğü anlaşılmaktadır. Ayrıca özel olarak geometri konularının öğrenilmesinde-öğretmesinde SM kullanılmasının öğrencilerin akademik başarısına olumlu yöndeki etkisini ortaya koyan birçok çalışmanın sonuçlarının da (Gecü Parmaksız, 2017; Gülkılık, 2013; Olkun, 2003; Pacilli, 2010; Şahin, 2013; Yıldız, 2009; Yolcu ve Kurtuluş, 2010) bu çalışmanunkiyle paralel olduğu görülmektedir.

Alan yazında, öğrenme-öğretme sürecinde SM kullanılması ile farklı öğrenme materyallerinin kullanılmasının öğrencilerin akademik başarılarına etkisinin karşılaştırıldığı ve aralarında anlamlı bir farkın bulunmadığı çalışmalara da rastlanmıştır. Örneğin Hawkins (2007) yaptığı çalışmada üçüncü sınıf öğrencilerinin kesir kavramını öğrenmelerinde SM’lerin etkisini araştırmıştır. Dersler deney grubunda ders kitabı ile birlikte SM’ler kullanılarak, kontrol grubunda ise (SM kullanılmadan) ders kitabının yanında diyagramlar kullanılıp çizimler yaptırılarak 4 hafta boyunca sürmüştür. Uygulama sonrasında her iki grubun kesirler konusunda ön-test puanlarına göre son-test puanlarında bir artış yaşanmış olmasına rağmen iki grubun son-test puanları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Alan yazında SM’lerden daha iyi faydalanabilmek için SM’lerin öğrenme sürecinde daha uzun süreli kullanılması gerekebileceği ifade edilmektedir (Bryan, 2014; Clements ve McMillen, 1996; Magruder, 2012). Ayrıca daha küçük yaşlardaki öğrencilerin öğrenme süreçlerinde SM’ler yerine fiziksel materyallerin kullanılmasının başarılarına daha fazla olumlu yönde etki edeceğini gösteren çalışmalara da rastlamak mümkündür (Akkan ve Çakıroğlu, 2011; Olkun, 2003). İfade edilen çalışmadaki öğrencilerin yaşı ve deneysel uygulamanın süresi birlikte değerlendirildiğinde SM’lerin öğrencilerin başarılarına etki edebilecek nitelikte kullanılmadığı söylenebilir. Bu durumda bahsi geçen çalışmanın araştırma tasarımının iyi kurgulanmadığı da ifade edilebilir. Diğer bir çalışmada Reimer ve Moyer-Packenham (2005) 2 haftalık bir süreçte üçüncü sınıf öğrencilerinin kesirler konusundaki kavramsal ve işlemsel anlama düzeyleri üzerinde SM’lerin etkisini araştırmışlardır. Araştırmada toplanan verilerin analizi sonucunda öğrencilerin son-test ile ön-test başarı puanları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Ancak yapılan bu çalışmaya bakıldığında öğrencilerin kesirler hakkında hem kavramsal hem de işlemsel anlamalarının gelişimi için yalnız iki haftalık bir öğrenim süreci geçirmiş oldukları görülmektedir. Üstelik öğrenciler bu iki haftalık sürecin ilk haftasında yalnız SM’lerin nasıl kullanılacağını öğrenmişler, ikinci haftasında ise günde bir saat olmak üzere toplam dört gün SM’leri kullanmışlardır. Hem SM’ler ile geçirilen öğrenim süresi hem de araştırmanın gerçekleştirildiği öğrencilerin yaşlarının küçük olması dikkate alındığında bu etkenlerin, SM’lerden beklenen etkinin görülmemesine neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırmada ayrıca deneysel süreçte öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarında bir değişimin olup olmadığı da belirlenmiştir. Araştırma bulgularından, geometriye yönelik tutum puanlarındaki değişimin yalnız deney grubu öğrencileri için istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Buradan rutin işleyişle derslerin sürdürüldüğü bir öğrenme ortamında öğrencilerin geometriye yönelik tutumları değişmezken MATMAP’ın kullanıldığı bir öğrenme ortamının öğrencilerin geometriye yönelik tutumlarını olumlu yönde değiştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Alan yazında, SM’lerin kullanılmasının matematiğe ve geometriye yönelik öğrenci tutumlarına olumlu yönde etki ettiğini veya etme potansiyelinin olduğunu (Alshehri, 2017; Drickey, 2000; Lee ve Chen, 2015; Olkun, 2003; Samioğlu ve Siniksaran, 2016) gösteren birçok araştırma sonucu ile karşılaşılmıştır. Bununla birlikte aksi yönde bulguların elde edildiği çalışmalara da rastlamak mümkündür. Öğrenme sürecinde SM kullanılmasının diğer öğrenme ortamlarına göre öğrencilerin matematiğe dönük tutumlarında bir fark oluşturmadığını gösteren çalışmalar mevcuttur (örn. Çakıroğlu, 2014; Ukdem, 2021). Bu çalışmada ise öğrencilerin geometriye yönelik tutum puanlarında istatistiksel olarak anlamlı artışın yalnız deney grubundaki öğrenciler için gerçekleştiği belirlenmiştir.

Çalışmada SM'lerle geçirilen öğrenme sürecinin başarı ve tutuma olan olumlu yöndeki etkisinin, MATMAP'ın aşağıda özetlenen özellikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

- Moyer ve Bolyard (2002) SM'lerin sahip olduğu temsiller arasındaki dinamik bağ kurması, interaktif olma kapasitesi, çoklu temsiller içermesi ve anında geri dönütler vermesi özelliklerinin öğrenmeyi desteklemede en önemli unsurlar olduğunu vurgulamaktadırlar. MATMAP, öğrencilerin bireysel öğrenme hızlarına uygun biçimde ve istedikleri kadar deneme yapma ve tekrar etme imkânı buldukları ve eylemlerinde geri dönüt alabildikleri bir öğrenim süreci geçirmelerine olanak sağlamıştır. MATMAP'ın bu özelliğinin öğrenme süreci için bir avantaj sağladığı söylenebilir.
- MATMAP alt yapısının dayandığı pedagojik temellerin, öğrenci başarısı üzerindeki etkisinde en önemli unsurlardan biri olduğu düşünülmektedir. Nitekim MATMAP ile geometrik yapıların şekilsel özelliklerinin yanında kavramsal yönü de vurgulanmakta, kavramların çoklu temsiline yer verilmekte, kavramların görsel temsilleri üzerinde yapılan manipülasyonlar dinamik bir şekilde farklı temsilleri üzerinden gözlemlenebilmekte, işlemsel bilgiyle birlikte kavramsal boyut ön planda tutulmakta ve soyut kavramlar somut olarak modellenmektedir. Materyalin bu yapısının öğrencilerin kavramları zengin bir öğrenme ortamında deneyimlemeleri için fırsat oluşturduğu düşünülmektedir.
- Bakı'ye (2002) göre matematikte anlamlı öğrenme, kullanma ile anlama arasında tamamlanan bir takım keşfetme ve bulma etkinlikleri sonucu ortaya çıkar. MATMAP bünyesinde yer alan SM'lerde de öğrenciler kavramları önce keşfetme olanağı bulacağı etkinlikler yapmış ardından edinimlerini yansıtabilecekleri çeşitli uygulamalar gerçekleştirebilmişlerdir.
- MATMAP'ın gerek öğrenciyi ders süresince aktif tutmasının gerek onlara somut deneyim yaşama ortamı sağlamış olmasının gerekse de derse karşı ilgiyi artırıcı yönde etki etmiş olmasının hem başarılarında hem de tutumlarındaki gelişimde önemli bir rolünün olduğu düşünülmektedir.

Özetle söylemek gerekirse yukarıda yapılan tartışmaların neticesinde alan yazındaki çalışmaların bulguları ile yapılan bu çalışmanın bulgularının genel anlamda paralellik gösterdiği anlaşılmıştır. Netice olarak MATMAP'ın öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarıları ve geometriye yönelik tutumları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tüm bunlardan araştırmanın sonuçlarına dayalı olarak aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

- Matematiksel kavramların anlamlı bir şekilde öğrenilmesinde somutlaştırmanın önemi göz önünde bulundurulduğunda derslerde SM'lerden yararlanılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.
- Öğrenciler bazen SM'ler üzerinde matematiksel anlamda amaçsızca manipülasyonlar yapabilmektedirler. Bu çalışmada, SM'ler üzerinde yapılan manipülasyonların matematiğine odaklanılması ve gerçekleştirilen etkinliklerde öğrenciler arasında bir ahenk oluşturulması adına öğrencilerin, hazırlanan çalışma yaprakları kılavuzluğunda SM'leri kullanarak etkinlikleri tamamlamaları sağlanmıştır. İleride yapılacak çalışmalarda aşinalık kazanma adına SM'lerle yapacakları serbest çalışmaların yanında öğrencilerin SM'lerden üst düzeyde faydalanılabilmeleri ve ele alınan konuyu anlamlı bir şekilde öğrenmeleri açısından yapılandırılmış görevleri tamamlamaları şeklindeki bir yaklaşımın daha yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Bu çalışmanın deneysel işlem süresi yedi hafta ile sınırlı tutulmuştur. Özellikle düşük düzeyde başarıya sahip öğrencilerin öğrenme süreçlerinde SM'lerden daha fazla ve daha etkili bir şekilde yararlanabilmeleri için SM'leri daha uzun süreli kullanmaları gerektiği düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle farklı başarı seviyelerine sahip öğrenciler arasında farklı sürelerde SM kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi ayrıca araştırılabilir.
- MATMAP'ın, çalışma kapsamında ele alınan konuların öğrenilmesine ve öğretim programının içeriğine uygunluğu, alanında uzman akademisyenlerin görüşleri alınarak değerlendirilmiştir. SM'lerin tasarım ve geliştirme çalışmaları süresince yapılan değerlendirmeler doğrultusunda SM'ler üzerinde sürekli olarak iyileştirmeler yapılmıştır. Ancak MATMAP'ın pilot bir çalışmada kullanıldıktan sonra değerlendirilmesine fırsat bulunamamıştır. İleride yapılacak çalışmalarda

geliştirilen SM'lerin önce pilot bir çalışmada kullanılması, ardından alan uzmanlarının yanında öğrenci ve öğretmenler tarafında da değerlendirilmesi tasarım sürecine farklı bir bakış açısı ve zenginlik kazandırabilir.

- Alan yazında yürütülen çalışmaların birçoğunda Türkçe dil desteği olmayan SM'lerin kullanıldığı görülmüştür. Bu duruma ülkemizde Türkçe ara yüze ya da dil desteğine sahip sınırlı sayıda SM'nin geliştirilmiş olmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple Türkçe ara yüze sahip SM'lerin geliştirilmesi çalışmalarının daha kapsamlı olarak yürütülerek öğretmen ve öğrencilerin biran önce istifadesine sunulmasının önemli olduğu düşünülmektedir.
- Alan yazında SM'ler ile matematik öğrenme-öğretme kapsamında kullanılabilir farklı teknolojilerin ya da yazılımların karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönde yapılacak çalışmaların da alan yazına katkı sunacağı düşünülmektedir.
- İleride yapılacak çalışmalarda geliştirilecek SM'lerin bu çalışmada ele alınan değişkenler üzerindeki etkilerinin araştırılmasının yanı sıra öğrenmenin kalıcılığına olan etkisi de araştırılabilir. Ayrıca yapılacak çalışmalarda cinsiyet, sosyoekonomik düzey, öğrenme stilleri gibi öğrencilere ait farklı özellikler ve/veya öğretim stilleri, öğrenme-öğretme yaklaşımı gibi çeşitli değişkenler de dikkate alınarak SM'lerin farklı boyutlardaki etkileri araştırılabilir.
- BİT kullanım yaşının giderek düşmesi (BİT'in erken yaşlarda ya da yanlış bir yaklaşımla kullanılmasının bireylerin fiziksel ve zihinsel gelişimleri üzerine olumsuz olası etkileri göz ardı edilmeden) ve yaygınlaşması matematik eğitimi açısından bir avantaja dönüştürülebilir. Öğrencilerin bu teknolojileri salt bir eğlence aracı olarak değil de öğrenmelerine yardımcı birer kaynak olarak görebilmelerine yardımcı olması açısından SM'ler farklı araç ve platformlarda (telefon, tablet, sanal gerçeklik teknolojisi, vb.) kullanılabilir şekilde geliştirilerek öğrencilerin erişimlerine sunulabilir. Böylece öğrenciler, SM'leri okuldaki derslerin dışında ve daha mobil araçlarla da kullanarak öğrenme eksikliklerini (eğer varsa) giderebilir ve öğrenmelerini pekiştirebilir şansını bulabilirler. Bu kapsamda geliştirilen SM'lerin etkilerinin değerlendirilmesine dönük bir çalışma da yine güncel bir araştırma konusu olabilir.

Kaynakça

- Akkan, Y. ve Çakıroğlu, Ü. (2011). Farklı branşlardaki öğretmen ve öğretmen adaylarının matematik öğretiminde sanal-fiziksel manipülatiflere bakış açılarının karşılaştırılması. 5. *Uluslararası Bilgisayar ve Öğretimsel Teknolojiler Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ*.
- Akkoç, H. (2008). Kavramsal anlama için matematik eğitiminde teknoloji kullanımı. M. F. Özmantar, E. Bingölbali ve H. Akkoç (Ed.), *Matematsel Kavram Yanılıları ve Çözüm Önerileri* içinde (1. bs., ss. 361–392). Pegem Akademi.
- Alakoç, Z. (2003). Matematik öğretiminde teknolojik modern öğretim yaklaşımları. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 2(1), 43–49.
- Alkan, S. ve Ada, T. (2015). Olasılık Eğitiminde Sanal Dinamik Manipülatif Tasarlanması ve Manipülatife Yönelik Öğrenci Görüşleri. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Sempozyumu - 2*, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman: 16-18 Mayıs.
- Alshehri, S. (2017). *The Comparison of Physical/Virtual Manipulative on Fifth-Grade Students' Understanding of Adding Fractions*. Doctoral Dissertation, University of Cincinnati.
- Baki, A. (1996). Matematik öğretiminde bilgisayar herşey midir? *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12, 135–143.
- Baki, A. (2002). *Öğrenen ve Öğretenler için Bilgisayar Destekli Matematik*. İstanbul: Ceren Yayın Dağıtım.
- Baki, A. (2018). *Matematiği Öğretme Bilgisi* (1. bs.). Ankara: Pegem Akademi.

- Bryan, R. (2014). *The Relationship Between the Use of Virtual Manipulatives and Mathematics Performance Among Fifth Grade Students*. Doctoral Dissertation, Northcentral University, Prescott Valley, Arizona.
- Bulut, S., Ekici, C., İşeri, A. İ. ve Helvacı, E. (2002). Geometriye yönelik bir tutum ölçeği. *Eğitim ve Bilim*, 27(125), 3-7.
- Büyüköztürk, Ş. (1998). Kovaryans analizi (varyans analizi ile karşılaştırmalı bir inceleme). *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 31(1), 1-15. doi:10.1501/Egifak_0000000247
- Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı: İstatistik, Araştırma Deseni SPSS Uygulamaları ve Yorum* (11. bs.). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş. ve Demirel, F. (2017). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (23. bs.). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Clements, D. H. ve McMillen, S. (1996). Rethinking concrete manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270-279. doi:10.2307/41196500
- Çakıroğlu, Ü. (2014). Enriching project-based Learning environments with virtual manipulatives: A comparative study. *Eurasian Journal of Educational Research*, (55), 201-222. doi:10.14689/ejer.2014.55.12
- Çetin, H. (2019). Explaining the concept and operations of integer in primary school mathematics teaching: Opposite model sample. *Universal Journal of Educational Research*, 7(2), 365-370.
- D'Angelo, F. ve Iliev, N. (2012). Teaching mathematics to young children through the use of concrete and virtual manipulatives. *Online Submission*.
- Demir, M. F. (2009). *Effects of Virtual Manipulatives With Open-Ended Versus Structured Questions on Students' Knowledge of Slope*. Doctoral Dissertation, Michigan State University, Educational Psychology and Educational Technology, East Lansing, MI, USA.
- Drickey, N. A. (2000). *A Comparison of Virtual and Physical Manipulatives in Teaching Visualization and Spatial Reasoning to Middle School Mathematics Students*. Doctoral Dissertation, Utah State University, Logan, Utah.
- Durmuş, S. ve Karakırık, E. (2006). Virtual Manipulatives in Mathematics Education: A Theoretical Framework. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 5(1), 117-123.
- Erdoğan, A. (2007). *Kavram Haritalarının Calculus Öğretiminde Kullanılması*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erdoğan, A. ve Şahin, İ. (2010). Relationship between math teacher candidates' technological pedagogical and content knowledge (TPACK) and achievement levels. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2707-2711.
- Fischbein, E. (1993). The theory of figural concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 24(2), 139-162. doi:10.1007/BF01273689
- Gecü Parmaksız, Z. (2017). *Augmented Reality Activities For Children: A Comparative Analysis On Understanding Geometric Shapes And Improving Spatial Skills*. Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Tabii ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Gülkılık, H. (2013). *Matematiksel Anlamada Temsillerin Rolü: Sanal ve Fiziksel Manipülatifler*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hawkins, V. H. (2007). *The Effects of Math Manipulatives on Student Achievement in Mathematics*. Doctoral Dissertation, Capella University.
- Karakırık, E. ve Aydın, E. (2011). Matematik öğrenme nesnelere. E. Karakırık (Ed.), *Matematik*

- Eğitiminde Teknoloji Kullanımı içinde (1. bs., ss. 19–34). Nobel Yayın Dağıtım.
- Karakırık, E. ve Çakmak, E. (2009). *İlköğretim 1-8. Sınıflar Matematik Öğretim Programını Destekleyici Türkçe Bir Sanal Manipülatif Setinin Geliştirilmesi*. TÜBİTAK Projesi, 106K140, 2006-2008.
- Lee, C.-Y. ve Chen, M.-J. (2015). Effects of worked examples using manipulatives on fifth graders' learning performance and attitude towards mathematics. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 264–275. doi:10.2307/jeductechsoci.18.1.264
- Magruder, R. L. (2012). *Solving Linear Equations: A Comparison of Concrete and Virtual Manipulatives in Middle School Mathematics*. Doctoral Dissertation, University of Kentucky.
- MEB (2009). İlköğretim Matematik Dersi 6-8. Sınıflar Öğretim Programı. Ankara: MEB.
- MEB (2013). Ortaokul Matematik Dersi (5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı.
- MEB (2018). Ortaokul Matematik Dersi (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı.
- Mildenhall, P., Swan, P., Northcote, M. ve Marshall, L. (2008). Virtual manipulatives on the interactive whiteboard: A preliminary investigation. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 13(1), 9–15.
- Moyer-Packenham, P. S. ve Bolyard, J. J. (2016). Revisiting the definition of a virtual manipulative. P. S. Moyer-Packenham (Ed.), *International Perspectives on Teaching and Learning Mathematics with Virtual Manipulatives* içinde (ss. 3–23). Springer, Cham.
- Moyer, P. S. ve Bolyard, J. J. (2002). Exploring representation in the middle grades: Investigations in geometry with virtual manipulatives. *The Australian Mathematics Teacher*, 58(1), 19–25.
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J., ve Spikell, M. A. (2001). Virtual manipulatives in the K-12 classroom. *Paper presented at the International Conference on New Ideas in Mathematics Education*, August 19-24, 2001, Palm Cove, Queensland, Australia.
- Moyer, P. S., Bolyard, J. J. ve Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives? *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 372–377.
- Olkun, S. (2003). Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2D geometry. *Jl. of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 1(22), 43–56. doi:10.1501/0000984
- Olkun, S. ve Uçar, Z. T. (2014). *İlköğretimde Etkinlik Temelli Matematik Öğretimi*. Eğiten Kitap.
- Pacilli, P. T. (2010). *A Study of Seventh Grade Geometry Posttest Scores After Using the Geoleg Manipulative Tool*. Doctoral Dissertation, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida.
- Reimer, K. ve Moyer, P. S. (2005). Third graders learn about fractions using virtual manipulatives: A classroom study. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(1), 5–25.
- Reiten, L. (2020). Why and how secondary mathematics teachers implement virtual manipulatives. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 20(1), 55-84.
- Samioğlu, M. ve Siniksaran, E. (2016). Embedding virtual manipulatives into middle school mathematics curriculum. *The Anthropologist*, 25(3), 207–213. doi:10.1080/09720073.2016.11892108
- Sarpkaya Aktaş, G. (2019). Önsöz. G. Sarpkaya Aktaş (Ed.), *Uygulama Örnekleriyle Cebirsel Düşünme ve Öğretimi* içinde (1. bs., ss. iii–iv). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Şahin, T. (2013). *Somut ve Sanal Manipülatif Destekli Geometri Öğretiminin 5. Sınıf Öğrencilerinin Geometrik Yapıları İnşa Etme ve Çizmedeki Başarılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Ukdem, Ş. (2021). *3. Sınıf Kesirler Konusunda Somut ve Sanal Manipülatif Destekli Öğretim Uygulamalarının Kavrama ve Motivasyona Etkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Temel Eğitim Anabilim Dalı, Konya.

- Uzundağ, K. ve Yazıcı, E . (2019). Sınıf Öğretmenlerinin Sanal Manipülatiflere İlişkin Görüşleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Armağan Özel Sayısı*, 807-828. doi: 10.17494/ogusbd.554546
- Van De Walle, J. A., Karp, K. S. ve Bay-Williams, J. M. (2012). *İlkokul ve Ortaokul Matematiği: Gelişimsel Yaklaşımla Öğretim*. (S. Durmuş, Ed.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Yazlık, D.Ö. (2019). Eşitsizlik kavramı ve eşitsizlik kavramının öğretimi. G. Sarpkaya Aktaş (Ed.), *Uygulama Örnekleriyle Cebirsel Düşünme ve Öğretimi* içinde (1. bs., ss. 221–250). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Yeniçeri, Ü. (2013). *İlköğretim 6. Sınıf Matematik Öğretim Programında Yer Alan Kesirler Alt Öğrenme Alanı Kazanımlarının Öğretiminde Sanal Manipülatif Kullanımının Öğrencilerin Başarılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, B. (2009). *Üç-Boyutlu Sanal Ortam ve Somut Materyal Kullanımının Uzamsal Görselleştirme Ve Zihinsel Döndürme Becerilerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yolcu, B. ve Kurtuluş, A. (2010). A study on developing sixth-grade students' spatial visualization ability. *İlköğretim Online*, 9(1), 256–274.