



Sivas Cumhuriyet University Educational Sciences Institute Journal

| cebed.cumhuriyet.edu.tr |

Founded: 2021

Available online, e-ISSN: 2822-3675

Publisher: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Using Dynamic Geometry Softwares in Visualization of Fourth-Grade Geometry Objectives

Özlem Özçakır Sümen^{1,a,*}

¹Department of Basic Education, Faculty of Education, Ondokuz Mayıs University, 55270 Atakum/Samsun, Turkey

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 12/03/2022

Accepted: 29/03/2022

ABSTRACT

Dynamic geometry software enables the teaching of geometric concepts interactively with moving objects. GeoGebra, Cabri 3D, and Geometer's Sketchpad are the most well-known dynamic geometry softwares. The aim of this study is to compare the usage of dynamic geometry softwares in the visualization of the fourth-grade geometry objectives and to examine the students' opinions on the use of dynamic geometry software in the teaching of the geometry subjects. In the study, activities for fourth-grade geometry objectives were designed by using GeoGebra, Cabri 3D and Geometer's Sketchpad, and they were compared in terms of their features. As a result, it was seen that GeoGebra is more usable in teaching geometry subjects in the fourth-grade because it can be used for more learning objectives, is easy to use, and free of charge. Then the activities designed with GeoGebra on geometric shapes, symmetry and angles were applied to fourth-grade students via distance education, and students' opinions were investigated. The study was carried out as a case study, one of the qualitative research methods, and the data obtained from the interviews were analyzed with content analysis. As a result of the research, it was determined that the students found the use of GeoGebra in mathematics lessons positive. In the interviews, the students stated that GeoGebra facilitated their understanding of the subject and they found the program effective, useful, and entertaining.

Keywords: Cabri 3D, Dynamic Geometry Software, Fourth-Grade Geometry Objectives, GeoGebra, Geometer's Sketchpad

Dördüncü Sınıf Geometri Kazanımlarının Görselleştirilmesinde Dinamik Geometri Yazılımlarının Kullanılması

Süreç

Geliş: 12/03/2022

Kabul: 29/03/2022

Öz

Dinamik geometri yazılımları geometrik kavramların hareketli nesnelere etkileşimli öğretilmesini sağlayan bilgisayar programlarıdır. GeoGebra, Cabri 3D ve Geometer's Sketchpad en çok bilinen ve matematik derslerinde en çok kullanılan dinamik geometri yazılımlarıdır. Bu çalışmanın amacı dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde dinamik geometri yazılımlarının kullanımının karşılaştırılması ve geometri konularının öğretiminde dinamik geometri yazılımının kullanılmasına yönelik öğrenci görüşlerinin incelenmesidir. Çalışma kapsamında öncelikle dinamik geometri yazılımları kullanılarak dördüncü sınıf geometri kazanımlarına yönelik etkinlikler tasarlanmış ve programlar özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. GeoGebra programının daha fazla kazanıma yönelik kullanılabilirliği, kullanımının kolay ve ücretsiz olması nedeniyle dördüncü sınıf düzeyinde daha kullanılabilir olduğu görülmüştür. Daha sonra GeoGebra ile geometrik şekiller, simetri ve açılar konularına yönelik tasarlanan etkinlikler dördüncü sınıf öğrencileri ile uzaktan eğitimle yürütülmüş ve öğrenci görüşleri alınmıştır. Nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması şeklinde gerçekleştirilen çalışmada görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, öğrencilerin genel olarak matematik derslerinde GeoGebra kullanımını olumlu buldukları tespit edilmiştir. Görüşmelerde, öğrenciler GeoGebra'nın konuyu anlamalarını kolaylaştırdığını; programı etkili, yararlı ve eğlenceli bulduklarını ifade etmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Cabri 3D, Dinamik Geometri Yazılımları, Dördüncü Sınıf Geometri Kazanımları, GeoGebra, Geometer's Sketchpad

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

ozlem.ozcakir@omu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-5140-4510>

How to Cite: Özçakır Sümen, Ö. (2022). Dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde dinamik geometri yazılımlarının kullanılması. *Sivas Cumhuriyet University Educational Sciences Institute Journal*, 1(1), 10-18.

Giriş

Bilgisayar yazılımları matematik kavramları arasındaki ilişkileri somutlaştırdığı için matematiksel anlamayı kolaylaştırır (Baki, 2002). Bu nedenle matematik eğitiminde bilgisayar kullanımının artması Dinamik Geometri Yazılımlarının (DGY) kullanımına da yansımış (Christou, Mousoulides, Pittalis ve Pitta-Pantazi, 2004), geometri konularının öğretilmesinde DGY kullanımı yaygınlaşmıştır. DGY öğrencilerin matematik kavramlarını keşfetmelerini, varsayımda bulunmalarını ve bunları test etmelerini sağlar (Hohenwarter ve Jones, 2007; Hohenwarter, Hohenwarter ve Lavicza, 2008). Bu nedenle DGY'nin en önemli özelliklerinden biri, öğrencilerin geometride araştırma yapmalarını teşvik etme potansiyelidir (Luthuli, 1996). Ayrıca sürüklenme özelliğine sahip DGY'ler geometrik şekillerin sürekli değiştirilmesini sağlayarak belirli varsayımların doğru olup olmadığının hızlı ve kolay bir şekilde araştırılmasına olanak tanır (Christou ve diğ., 2004). Öğrenciler DGY ortamlarında geometrik nesnelere sürükleyerek deneyler yapabilir, ispat yapmak için fikirler geliştirebilir, genelleme ve teoremlere ulaşabilirler (Christou ve diğ., 2004; Jones, 2000). Ancak bu süreçte öğrencilerin geometrik nesnelere, teoremleri ve özellikleri açıklamaları ve doğrulamaları önemlidir (Jones, 2000). Çünkü DGY ortamlarının matematiksel özellikleri bu kadar kolay görme fırsatı sunmasının, ispat ihtiyacını ve dolayısıyla öğrenmeyi azaltabileceği ve hatta öldürebileceği iddia edilmekte, bu konudaki tartışmalar sürmektedir (Laborde, 2000).

Matematik Eğitiminde Kullanılan Dinamik Geometri Yazılımları

Matematik derslerinde kullanılmaya başlanan DGY geliştirilmiştir ve bu yazılımların öğrencilerin başarılarını, geometri öğrenmeye karşı ilgi ve motivasyonlarını artırdığı; bilişsel becerilerini geliştirdiği bulunmuştur (Erbaş ve Yenmez, 2011; Kuzle, 2013; Solvang ve Haglund, 2021; Yılmaz, Ertem ve Güven, 2010; Zengin, Furkan ve Kutluca, 2012). DGY içinde GeoGebra, Cabri, Geometer's Sketchpad ve Logo en çok bilinen ve kullanılanlarıdır (Hohenwarter ve Jones, 2007). Bu programlardan GeoGebra geometri konuları ile cebir arasında ilişki kurmaktadır. GeoGebra'daki bilgisayar cebir sistemleri öğrencinin cebirsel işlemleri yapmasını, dinamik geometri kısmı ise öğrencinin geometrik şekilleri hareket ettirerek aralarındaki ilişkiyi görmesini ve araştırmasını sağlamaktadır. Böylece anlamlı matematik öğrenme gerçekleşmektedir (Dikovic, 2009; Hohenwarter ve Jones, 2007). Bununla birlikte hem bir DGY hem de cebir sistemi olan GeoGebra STEM eğitim yaklaşımına uygun biçimde matematik eğitiminde modelleme, görselleştirme ve programlamaya olanak sağlamak (Ziatdinov ve Valles, 2022); öz yeterlilik ve özdüzenlemeli öğrenmeyi geliştirmekte (Zetriuslita ve Istikomah, 2021) ve kavramsal anlamayı ve kalıcılığı desteklemektedir (Birgin ve Yazıcı, 2021). Ancak GeoGebra ile ilgili 2010-2020 yılları arasında yapılan araştırmalar incelendiğinde, belirlenen yıllar

arasında GeoGebra ile farklı matematik konularına yönelik birçok uygulama yapılmasına rağmen GeoGebra'nın öğrencilerin bilişsel öğrenmesine, öğrenme kaygısına ve katılımına etkilerini araştıran çok az çalışma yapıldığı belirlenmiştir (Yohannes ve Chen, 2021).

Geometri konularının öğretiminde kullanılan diğer DGY Geometer's Sketchpad'dir. Geometer's Sketchpad öğrencilerin çizimler oluşturmalarına, ölçümler yapmalarına ve bir çizimin öğelerini sürüklemelerine olanak tanımaktadır. Geometer's Sketchpad'in öğrencilerin geometri başarısını olumlu etkilediği, matematik derslerine yönelik tutumlarını geliştirdiği (Dimakos ve Zaranis, 2010; Eu, 2013; O'Donnell, 2011) ve geometrik dönüşümü anlamalarına aracılık ettiği (Hollebrands, 2007) bulunmuştur. Geometer's Sketchpad uygulamaları ile öğrencilerin problem çözme becerileri arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu (Koyuncu, Akyüz ve Çakıroğlu, 2015) ve bu programın matematiksel ispat süreçlerinde kullanılmasının anlamlı ispat yapmayı sağladığı da (Christou ve diğ., 2004) diğer çalışmaların sonuçlarında bildirilmiştir.

Geometrik cisimleri görselleştirmede ve üç boyutu kavramada önemli potansiyeli olan diğer yazılım ise Cabri 3D'dir (Accascina ve Rogara, 2006). Cabri 3D ile yapılan geometri öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlamalarını kolaylaştırdığı ve matematiksel genellemelere ulaşmalarını sağladığı (Gürbüz ve Gülburnu, 2013), uzamsal yönelim becerilerini geliştirdiği ortaya çıkmıştır (Kösa ve Halay, 2018). Ancak üç boyutlu nesnelere Cabri 3D ortamında iki boyutlu gösteriminin öğrencilerde bazı kavram yanılgılarına sebep olduğu da bu alanda ulaşılan sonuçlar arasındadır (Accascina ve Rogara, 2006).

Alanyazında farklı eğitim kademelerinde DGY'nin matematik eğitimine katkılarını araştıran çalışmalar yürütülmektedir (Öçal ve Şimşek, 2017; Şahin ve Kabasakal, 2018; Tatar, Akkaya ve Kağızmanlı, 2011; Topuz ve Birgin, 2020). Ancak bu DGY'leri ilköğretim düzeyine ve kazanımlarına uygunluk açısından değerlendiren çalışmalarda boşluk göze çarpmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde GeoGebra, Geometer's Sketchpad ve Cabri 3D yazılımlarının kullanımları karşılaştırılmış ve ilköğretim düzeyine uygunlukları değerlendirilmiştir. Daha sonra DGY ile tasarlanan etkinlikler dördüncü sınıf öğrencileri ile yürütülmüş ve öğrencilerin geometri konularının öğretiminde DGY kullanımına ilişkin görüşleri incelenmiştir. Matematik derslerinde DGY kullanımına ilişkin öğrenci görüşlerinin belirlenmesinin öğrencilerin duyuşsal özelliklerini ortaya koyarak bu alandaki eğitime yön vermesi bakımından önemli olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın araştırma soruları şu şekildedir:

- Dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde GeoGebra, Cabri 3D ve Geometer's Sketchpad'in kullanımlarının karşılaştırılması nasıldır?
- Dördüncü sınıf öğrencilerinin geometri konularının öğretiminde DGY kullanımına ilişkin görüşleri nelerdir?

Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması kullanılmıştır. Merriam (2009)'a göre durum çalışması sınırlı bir sistemin derinlemesine analizi ve tanımlanmasıdır. Bu çalışmadaki durum dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde DGY kullanımı olarak belirlenmiştir.

Katılımcılar

Araştırma 2020-2021 eğitim yılında Kuzey Anadolu'da bulunan bir şehrin merkezindeki bir ilkokulda gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar kolay ulaşılabılır örneklemle seçilen, bir devlet okulunun dördüncü sınıfında öğrenim gören 9 kız, 9 erkek toplam 18 öğrenciden oluşmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Araştırmanın verileri yarı yapılandırılmış görüşme formuyla toplanmıştır. Görüşme soruları öğrencilerin geometri konularının öğretiminde DGY kullanılmasına yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan açık uçlu sorular öğrenci görüşlerini geliştirmek amacıyla ek sorularla desteklenmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Görüşme formu uzman görüşüne sunulmuş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Görüşme formunda yer alan sorulardan biri şu şekildedir:

“Bu matematik dersinde kullandığımız bilgisayar programını, GeoGebra’yı nasıl buldun? Konuyu öğrenmeni nasıl etkiledi? Programı olumlu-olumsuz özellikleri açısından değerlendirebilir misin?”

Uygulama Süreci

Araştırmanın birinci sorusunu yanıtlamak için GeoGebra, Cabri 3D ve Geometer's Sketchpad programları ile dördüncü sınıf geometri kazanımlarına yönelik etkinlikler tasarlanmış ve bu yazılımların geometri kazanımlarının görselleştirilmesindeki kullanım durumları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Matematik Dersi Öğretim Programındaki dördüncü sınıf geometri kazanımlarını (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018) içeren bir tablo hazırlanmış ve sırayla tüm kazanımlar her üç yazılımla görselleştirilerek etkinlikler oluşturulmuştur. Daha sonra tabloda etkinlik oluşturulabilen kazanımlar artı (+) işareti ile etkinlik tasarlanamayan kazanımlar eksi (-) işareti ile gösterilmiştir. Böylece bu yazılımlar ilkokul geometri kazanımlarına uygunluk açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlar tablo olarak sunulmuştur.

Araştırmanın devamında birinci bölümde GeoGebra'nın dördüncü sınıf düzeyine daha uygun olduğu görüldüğünden öğrencilerle GeoGebra kullanılarak uygulamalar yürütülmüştür. Matematik Dersi Öğretim Programında dördüncü sınıf geometri öğrenme alanı “geometrik cisimler ve şekiller”, “uzamsal ilişkiler” ve “geometride temel kavramlar” olmak üzere üç farklı alt öğrenme alanından oluşmaktadır (MEB, 2018). Araştırmada uygulanmak üzere her bir alt öğrenme alanına ait bir etkinlik seçilmiştir. Toplam üç alt öğrenme alanına yönelik üç farklı etkinlik oluşturulmuş ve dördüncü sınıf öğrencileriyle COVID 19 salgını sebebiyle uzaktan

eğitim yoluyla gerçekleştirilmiştir. Belirlenen ve çalışmada uygulanan etkinlikler şunlardır:

- Üçgen, kare ve dikdörtgen oluşturma, kenarlarını ve köşelerini isimlendirme, kenar özelliklerini belirleme
- Simetri doğrusu çizme, şeklin simetriğini alma
- Açık çizme, isimlendirme, ölçme

Uygulamalarda öğrencilere öncelikle GeoGebra programını tanıtılmıştır. Programın arayüzü, araçları, çizim bölümü, cebir bölümü ayrı ayrı örneklerle anlatılmıştır. Ardından etkinliklerin uygulanmasına geçilmiştir. Her bir etkinlik önce araştırmacı tarafından yapılmış, ardından her öğrenci etkinliği kendi bilgisayarında gerçekleştirmiştir. Tüm öğrencilerin etkinliği gerçekleştirmesi için yeterli zaman verilmiş, yapamayan öğrencilerle iletişim kurularak rehberlik edilmiştir. Her etkinlik için ayrı bir ders saati kullanılmış, toplamda üç etkinlik üç ders saatinde uygulanmıştır. Öğrencilerin her etkinlikle ilgili farklı örnek oluşturmaları sağlanmıştır. Uygulamalar bittikten sonra açık uçlu sorulardan oluşan görüşme formu Google Formlar aracılığıyla oluşturulmuş ve öğrencilerle internet üzerinden paylaşılmıştır. Öğrencilerden formda yer alan soruları cevaplamaları ve etkinliklere yönelik görüşlerini açıklamaları istenmiştir.

Veri Analizi

Öğrencilerin görüşme sorularına verdiği yanıtlar içerik analizi ile analiz edilmiştir. İçerik analizi yapılırken birbirine benzeyen veriler belirli kavramlar ve temalar etrafında bir araya getirilir ve okuyucunun anlayabileceği biçimde organize edilerek yorumlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2006). Bu amaçla öncelikle öğrencilerin görüşme sorularına verdikleri cevaplar düzenlenmiştir. Daha sonra cevaplar kodlanmış ve benzer kodlar bir araya getirilerek temalar oluşturulmuştur. Temalar ve kodlar görüşmelerle eşzamanlı olarak tekrar gözden geçirilmiş, benzer olanlar birleştirilerek azaltılmış, farklı olanlar yeni kod ve temalarda sınıflanmıştır. Böylece başlangıçta oluşturulan tema çerçevesi yeniden düzenlenerek kodlama işlemi tamamlanmıştır. Yapılan tüm analizler uzman görüşüne sunulmuştur. Uzman verileri ve yapılan kodlamayı inceleyerek aralarında tutarlılık olup olmadığını belirlemiştir. Farklı düşündüğü noktalarda araştırmacı ve uzman görüş alışverişinde bulunarak fikir birliğine varmışlar, böylece kod ve tema çerçevesine son şekli verilmiştir. Elde edilen kod ve temalar bulgular bölümünde tablo halinde sunulmuş ve öğrenci görüşlerinden direk alıntılarla desteklenmiştir. Çalışmada öğrenciler cinsiyetleri dikkate alınarak K1, E2 şeklinde kodlanmıştır. K1, 1 numaralı kız öğrenciyi; E2, 2 numaralı erkek öğrenciyi göstermektedir.

Araştırmanın Etik İzinleri

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine

Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Etik değerlendirmeyi yapan kurul adı: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu

Etik değerlendirme kararının tarihi: 30.04.2021

Etik değerlendirme belgesi sayı numarası: 2021/370

Bulgular

Dördüncü Sınıf Geometri Kazanımlarının Görselleştirilmesinde DGY Kullanımlarının Karşılaştırılması

Dördüncü sınıf geometri kazanımlarına yönelik GeoGebra, Cabri 3D ve Geometer’s Sketchpad ile etkinlikler tasarlandığında Tablo 1’de görülen sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 1’de görüldüğü üzere, “Geometrik Cisimler ve Şekiller” alt öğrenme alanına ait tüm kazanımlar her üç DGY ile görselleştirilebilmektedir. Özellikle Geometer’s Sketchpad programının çizim alanında bir kalemle istenildiği şekilde yazım ve çizim yapılabilmesi programa büyük bir avantaj sağlamaktadır. Üçgen, kare ve dikdörtgenin kenarlarını ve köşelerini isimlendirme kazanımına yönelik her üç DGY kullanılarak oluşturulan etkinlikler Şekil 1’de görülmektedir.

Küpün açını ve birim küplerle model oluşturma kazanımlarında her üç DGY’nin de kullanılabilmesine rağmen Geometer’s Sketchpad programında küp

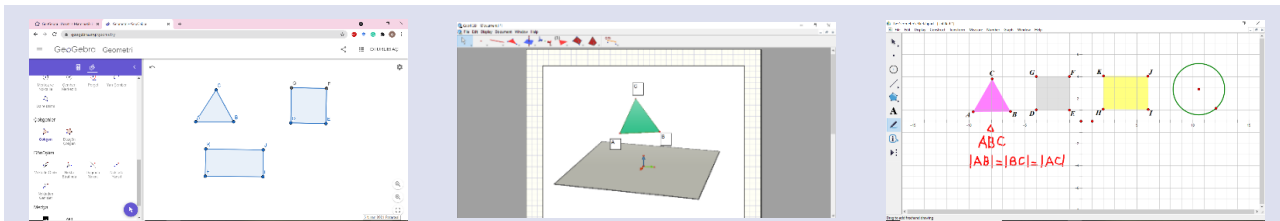
çizilmesinin diğer programlara göre daha zor ve karmaşık olduğu görülmüştür. Bu nedenle dördüncü sınıf öğrencileri için zor olabileceği düşünülebilir. Geometri öğrenme alanına ait ikinci alt öğrenme alanı “uzamsal ilişkiler”dir. GeoGebra, Geometer’s Sketchpad ve Cabri 3D programlarının her üçü de bu alt öğrenme alanında yer alan simetri kazanımlarına yönelik etkinlikler tasarlanmasına imkan vermektedir. Şekil 2, “M.4.2.2.2. Verilen şeklin doğruya göre simetriğini çizer.” kazanımının her üç DGY ile görselleştirilmesine ait örnekleri içermektedir.

“Geometride temel kavramlar” alt öğrenme alanına ait kazanımlarda ise DGY kullanımı farklılaşmaktadır. “M.4.2.3.1. Düzlemi tanı ve örneklendirir.” ile “M.4.2.3.2. Açığı oluşturan ışınları ve köşeyi belirler, açığı isimlendirir ve sembolle gösterir.” kazanımlarına yönelik her üç DGY ile etkinlik oluşturulabilmektedir. Standart olmayan birimlerle açı ölçme kazanımında DGY kullanılamamaktadır. Bununla birlikte, GeoGebra ve Geometer’s Sketchpad açı oluşturma, isimlendirme ve ölçme ile ilgili işlemlere sahipken Cabri 3D’nin açı ölçmeye ilişkin bir işlevi bulunmamaktadır. Bu nedenle Cabri 3D’nin açı ölçme dışındaki kazanımların görselleştirilmesinde kullanılabileceği görülmüştür. Açı ölçme ile ilgili kazanımlarda Cabri 3D’nin kullanılamaması programın dezavantajı olarak düşünülmüştür. Şekil 3’de açı ölçmeye ait GeoGebra ve Geometer’s Sketchpad ile oluşturulan etkinlikler görülmektedir.

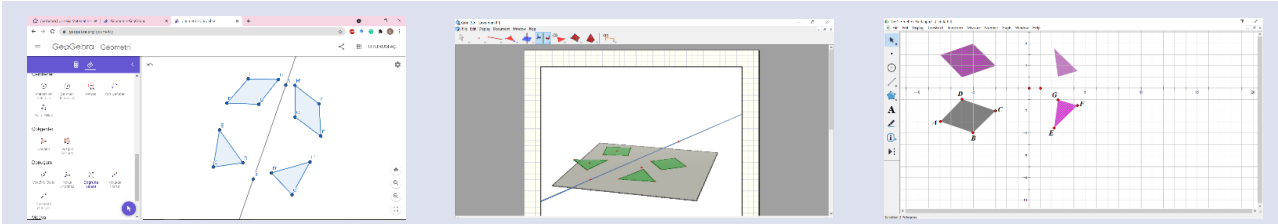
Tablo 1. Geometri Kazanımlarının Görselleştirilmesinde DGY Kullanımlarının Karşılaştırılması

Alt öğrenme alanı	Kazanımlar	G	GS	C
M.4.2.1. Geometrik Cisimler ve Şekiller	M.4.2.1.1. Üçgen, kare ve dikdörtgenin kenarlarını ve köşelerini isimlendirir.	+	+	+
	M.4.2.1.2. Kare ve dikdörtgenin kenar özelliklerini belirler.	+	+	+
	M.4.2.1.3. Üçgenleri kenar uzunluklarına göre sınıflandırır.	+	+	+
	M.4.2.1.4. Açını verilen küpü oluşturur.	+	+	+
	M.4.2.1.5. İzometrik ya da kareli kâğıda eş küplerle çizilmiş olarak verilen modellere uygun basit yapılar oluşturur.	+	+	+
M.4.2.2. Uzamsal İlişkiler	M.4.2.2.1. Ayna simetrisini, geometrik şekiller ve modeller üzerinde açıklayarak simetri doğrusunu çizer.	+	+	+
	M.4.2.2.2. Verilen şeklin doğruya göre simetriğini çizer.	+	+	+
M.4.2.3. Geometride Temel Kavramlar	M.4.2.3.1. Düzlemi tanı ve örneklendirir.	+	+	+
	M.4.2.3.2. Açığı oluşturan ışınları ve köşeyi belirler, açığı isimlendirir ve sembolle gösterir.	+	+	+
	M.4.2.3.3. Açıları, standart olmayan birimlerle ölçer ve standart ölçme birimlerinin gerekliliğini açıklar.	-	-	-
	M.4.2.3.4. Açıları standart açı ölçme araçlarıyla ölçerek dar, dik, geniş ve doğru açı olarak belirler.	+	+	-
	M.4.2.3.5. Standart açı ölçme araçları kullanarak ölçüsü verilen açığı oluşturur.	+	+	-

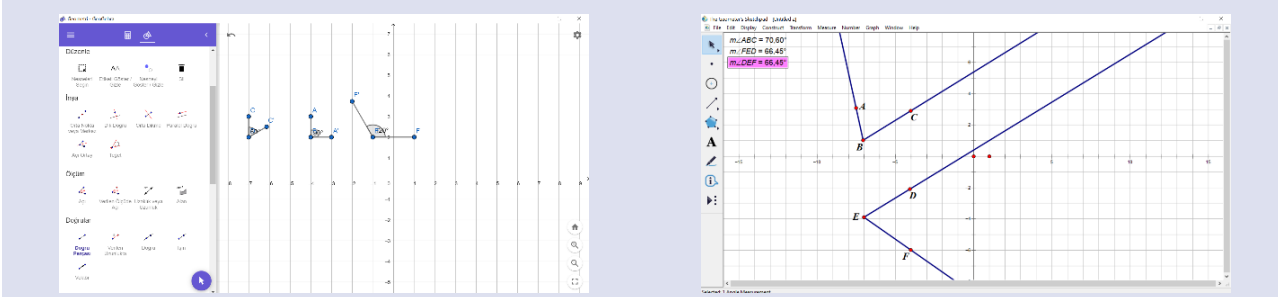
G: GeoGebra, GS: Geometer's Sketchpad; C: Cabri 3D



Şekil 1. Üçgen, kare ve dikdörtgenin kenarlarını ve köşelerini isimlendirme kazanımının DGY ile görselleştirilmesi



Şekil 2. Verilen şeklin doğruya göre simetrisini çizme kazanımına yönelik tasarlanan etkinlikler



Şekil 3. GeoGebra ve Geometer's Sketchpad ile açı ölçme kazanımının görselleştirilmesi

Tablo 2. Öğrencilerin Görüşlerinin Analizi Sonucu Ortaya Çıkan Kod ve Temalar

Temalar	Kodlar	f	Öğrenciler
GeoGebra'nın özellikleri	Anlamayı kolaylaştırma	10	K2, K3, K4, E3, E4, K5, K8, K9, E8, E9
	Eğlenceli	10	E1, K2, E2, E3, E4, E6, K5, E7, K6, E9
	Etkili/Yararlı	8	E3, E5, E6, K3, K4, K5, K8, E8
	Matematik bilgisini geliştirme	4	E1, E2, E8, E9
	İlgi çekici	3	E3, K5, K8
	Kullanımı kolay	3	K2, K5, E8
	Kafa karıştırıcı-zor	3	K1, K6, K8
	Teknolojik	2	E4, E9
	Keşfettirici	1	K1
	Motive edici	1	E4
Ders çalışırken kullanma tercihleri	Evet	10	E1, K2, K3, E2, K4, E3, E4, K5, E8, E9
	Hayır	4	E7, K6, K7, K8
	Belki	4	K1, E5, E6, K9

Sonuç olarak; GeoGebra'nın daha fazla kazanıma yönelik kullanılabilmesi, kullanımının kolay ve ücretsiz olması nedenleriyle dördüncü sınıf geometri konularının öğretiminde kullanmaya daha elverişli olduğu görülmüştür. Araştırmanın ikinci sorusunu yanıtlamak için dördüncü sınıf öğrencileriyle GeoGebra ile etkinlikler yürütülmüştür.

Dördüncü Sınıf Öğrencilerinin Geometri Konularının Öğretiminde DGY Kullanımına İlişkin Görüşleri

Öğrencilerin GeoGebra ile geometri konularının öğretimine ilişkin görüşleri analiz edildiğinde Tablo 2' deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 2'de görüldüğü üzere, öğrencilerin GeoGebra programına yönelik görüşleri iki temada toplanmıştır: *GeoGebra'nın özellikleri* ve *ders çalışırken kullanma tercihleri*. DGY'nin özellikleri konusunda en fazla dile getirilen görüşler *anlamayı kolaylaştırma* ($f=10$) ve

eğlenceli ($f=10$) kodlarında toplanmıştır. *Anlamayı kolaylaştırma* konusunda bir öğrenci görüşlerini şu şekilde dile getirmiştir: "Konuyu anlamama yardım etti, daha kolay öğrenmemi sağladı" (K4). GeoGebra'yı eğlenceli bulan öğrencilerden birinin görüşleri ise şu şekildedir: "Zevkli, dikkat çekici, ilgi çekici, heyecan verici. Etkili ve güzel, ben bu uygulamayı olumlu buldum" (K5). GeoGebra'nın özellikleri konusunda en fazla dile getirilen kodlardan diğeri *etkili/yararlı* ($f=8$) kodu olmuştur: "[GeoGebra'yı] Kullanmayı düşünüyorum, çünkü yararlı olduğu görüşündeyim" (E3). Bunların dışında dört öğrenci GeoGebra uygulamasının matematik bilgilerini geliştirdiğini ($f=4$); üçer öğrenci de *ilgi çekici* ($f=3$) ve *kullanımı kolay* ($f=3$) bulduklarını ifade etmiştir: "Kullanımı kolay, etkili ve faydalı bir uygulama" (E8). Bu temada ortaya çıkan diğer kodlar *teknolojik* ($f=2$), *keşfettirici* ($f=2$) ve *motive edicidir* ($f=2$). Bu kodlara ilişkin öğrenci görüşlerinden örnekler şunlardır: "Öğrenmeyi

kolaylaştırıyor, çünkü hem bir teknolojik bir aletle uğraşılıyor hem de dersi daha iyi anlamış oluyoruz” (E9), “Bu bir uygulama. Öğretmenler bir şeyi sana direkt öğretir, ama burada bunu sen keşfetmek zorundasın” (K1). Bu temada GeoGebra’ya yönelik bir de olumsuz kod ortaya çıkmıştır. Üç öğrenci GeoGebra’yı kafa karıştırıcı-zor (f=3) bulunduğunu ifade etmiştir: “Kullanımı biraz zor” (K8).

Öğrenciler “Ders çalışırken GeoGebra’yı kullanır mısınız?” sorusunu ise büyük oranda Evet (f=10) olarak cevaplamışlardır. Bu öğrencilerden birinin görüşleri şu şekildedir: “Evet, çünkü görsellerinden daha iyi anlıyorum ve çok eğlenceli” (K2). Bu soruya dört öğrenci Hayır (f=4) cevabını vermiştir: “Şu anlık kullanmayı düşünmüyorum, çünkü hem EBA’dan hem de youtube kanallarından konularımı tekrar ederek çalışıyorum ve en son olarak kendi test kitaplarımdan veya bilgisayar üzerinden sorular ile pekiştiriyorum” (K8). Dört öğrenci ise GeoGebra kullanımı konusunda kararsız kalmış ve görüşlerini belki (f=4) olarak dile getirmiştir.

Sonuç, Tartışma ve Yorum

DGY geometriyi öğrenme ve öğretmede yeni bakış açıları sunmaktadır (Healy ve Hoyles, 2002; Straesser, 2002). Bu çalışmada dördüncü sınıf geometri kazanımlarının görselleştirilmesinde dinamik geometri yazılımlarının kullanımı karşılaştırılmış, ardından geometri konularının öğretiminde dinamik geometri yazılımı kullanılmasına yönelik öğrenci görüşleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda DGY’lerin kullanımları karşılaştırıldığında programlara ait bazı farklılıklar dikkat çekmiştir. Geometer’s Sketchpad yazılımı ile dördüncü sınıf kazanımlarına yönelik etkinlikler oluşturulabilirken, birim küplerin görselleştirilmesindeki zorluklar programa negatif özellikler kazandırmaktadır. Cabri 3D ise açı ölçme işlevi içermediğinden, açı ölçmeye yönelik etkinliklerde kullanılamamaktadır. Buna karşın tüm kazanımların GeoGebra ile oluşturulabilmesi ve yazılımın kullanım kolaylığı programı ilkökul düzeyinde daha kullanılabilir hale getirmektedir. Ayrıca cebir sistemleri içermesi, hesap makinesi özelliği, matematiksel hesaplara olanak sağlaması programın daha işlevsel olmasını sağlayan özellikleridir. Bunlarla birlikte GeoGebra ücretsiz bir yazılımken, Cabri 3D ve Geometer’s Sketchpad ücretli programlardır ve sınırlı kullanım imkanı sunmaktadır. Bu nedenle dördüncü sınıf düzeyinde GeoGebra yazılımının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Ancak bu sonuçların çalışmanın gerçekleştirildiği tarihte sınırlı olduğu, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ışığında yazılımların da sürekli geliştirileceği ve güncelleneceği unutulmamalıdır.

Araştırmada, öğrencilerin genel olarak matematik derslerinde GeoGebra kullanımını olumlu buldukları tespit edilmiştir. Veri analizi sonuçları, GeoGebra’nın özelliklerine yönelik öğrencilerin görüşlerinin en fazla anlamayı kolaylaştırma, eğlenceli, etkili, yararlı kodlarında toplandığını ortaya koymuştur. Araştırmanın bu sonuçlarının literatürdeki diğer çalışmalarla tutarlı olduğu görülmektedir. GeoGebra’nın anlamayı kolaylaştırması ve

etkili öğrenmeyi sağlaması yapılan diğer çalışmalar sonucunda da ortaya çıkmıştır (Baltacı, Yıldız ve Köse, 2015; Şahin ve Kabasakal, 2018; Topuz ve Birgin, 2020). Çünkü öğrenciler DGY ile geometrik şekilleri ve kavramları manipüle eder, gözlemler, test eder, hareket ettirerek ve sürükleyerek kavramlar arası ilişkileri görür, animasyonlarla bu ilişkileri hareketli olarak görüntüler (Forsythe, 2007; Hill ve Hannafin, 2001; Laborde 2001). Bu nedenle geometri konularının öğrencilere DGY ile öğretilmesi geometrik kavramları ve nesnelere arası ilişkileri somutlaştırmakta, böylelikle öğrencilerin konuyu kavramalarını kolaylaşmaktadır. Bununla birlikte diğer çalışmalarda öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının da GeoGebra’yı kullanımı kolay, akılda kalıcı ve eğlenceli buldukları ortaya çıkmıştır (Öçal ve Şimşek, 2017; Tatar ve diğ., 2011). Bu nedenle öğretmenlerin matematik derslerinde GeoGebra yazılımını kullanmaları öğrencilerin matematik kavramlarını anlamlı öğrenmelerine olanak sağlayacaktır. Bunların dışında öğrenciler GeoGebra’ya ve GeoGebra ile gerçekleştirilen etkinliklere yönelik farklı birçok pozitif düşünceler dile getirmiştir. Programın matematik bilgilerini geliştirdiğini, ilgi çekici olduğunu, kullanımının kolay olduğunu ifade etmişler; programın teknolojik, keşfettirici ve motive edici yönlerine vurgu yapmışlardır. Literatürde de benzer sonuçlara ulaşan çalışmalar mevcuttur (Şahin ve Kabasakal, 2018; Tatar ve diğ., 2011; Topuz ve Birgin, 2020). Topuz ve Birgin (2020) yedinci sınıf öğrencilerine çember ve daire konusunu GeoGebra ile öğretmiş ve sonuçta programın anlamayı kolaylaştırma, zihinde canlandırma, günlük hayatla ilişkilendirme, kolay çizim yapma ve keşfetme fırsatları sağladığını belirlemiştir. Araştırma sonuçlarının bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu söylenebilir. Ancak bazı öğrenciler görüşmelerde GeoGebra’yı kafa karıştırıcı ve zor bulduklarını da ifade etmişlerdir. Uygulamalar pandemi nedeniyle uzaktan eğitimle yürütüldüğü için öğrencilerin çalışmalarının bire bir takip edilmesi zorlaşmıştır. Bu nedenle bazı öğrencilere GeoGebra programı zor ve karmaşık gelmiş olabilir. Bu durum çalışmanın bir sınırlılığı olarak kabul edilebilir. Yüz yüze eğitimle bire bir etkileşim kurularak öğrencilerin programı daha kolay öğrenecekleri düşünülebilir.

Öneriler

Çalışmanın sonuçlarına bağlı olarak yapılabilecek önerilerden bazıları şunlardır: GeoGebra ile yapılan matematik eğitimi öğrencilerin konuları anlamalarını kolaylaştırmakta, öğrenciler DGY ile gerçekleştirilen matematik eğitime sevmekte ve olumlu yaklaşmaktadır. Bu nedenle ilkökul öğrencilerine GeoGebra programı öğretilmeli ve derslerinde aktif olarak kullanmaları sağlanmalıdır. Bu konuda farklı sınıf düzeylerinde ve farklı konularda DGY kullanımını inceleyen çalışmalar yürütülmesi hem alana katkı sağlayacak hem de araştırmacılara yol gösterecektir.

Extended Summary

Introduction

Dynamic geometry software (DGS), which is used in geometry teaching, enables students to discover mathematical concepts and relationships between concepts, make assumptions and test them (Hohenwarter & Jones, 2007; Hohenwarter et al., 2008). Therefore, one of the essential features of DGS is its potential to encourage students to research geometry (Luthuli, 1996). The most known DGSs are GeoGebra, Cabri 3D, Geometer's Sketchpad, and Logo in mathematics education (Hohenwarter & Jones, 2007). Studies show that using DGS in mathematics lessons increases students' mathematics achievement, interest, and motivation towards learning geometry and improves their cognitive skills (Erbaş & Yenmez, 2011; Kuzle, 2013; Yılmaz et al., 2010; Zengin et al., 2012). GeoGebra, which is both a DGS and algebra system, enables modeling, visualization, and programming in mathematics education in accordance with STEM education (Ziatdinov & Valles, 2022), improves self-efficacy and self-regulated learning (Zetriuslita & Istikomah, 2021), and supports conceptual understanding and retention (Birgin & Yazıcı, 2021). As a result of a study examining the results of the studies conducted between 2010 and 2020 on GeoGebra, it was determined that although many applications were performed with GeoGebra on different mathematics subjects, very few studies were conducted investigating the effects of GeoGebra on students' cognitive learning, learning anxiety and engagement (Yohannes & Chen, 2021). The aim of this study is to compare the usage of dynamic geometry softwares in the visualization of the fourth-grade geometry objectives and to examine the students' opinions on the use of dynamic geometry software in the teaching of the geometry subjects. It is thought that determining the students' opinions on the use of DGS in mathematics lessons is important because of revealing the affective characteristics of the students.

Method

The research method of the study is a case study. The research was conducted with 18 fourth-graders studying in a public school. The participants were selected via a convenient sampling method. The data of the research were collected through semi-structured interviews. The interview questions were prepared to determine the opinions of the students about using DGS in teaching geometry subjects. The interview form was presented to the expert opinion, and corrected in line with the expert opinions.

In the research, firstly, the use of GeoGebra, Cabri 3D, and Geometer's Sketchpad in the visualization of fourth-grade geometry objectives was compared. A table was created consisting of fourth-grade geometry objectives in the mathematics curriculum (Ministry of National Education [MoNE], 2018). Then, each objective was visualized using GeoGebra, Cabri 3D, and Geometer's Sketchpad respectively, and activities were created. So the usage of the DGSs was compared. As a result, it was determined that the GeoGebra program is more usable in

teaching fourth-grade geometry subjects because it can be used for more learning objectives, is easy to use, and is free of charge. As a result, three activities from different learning domains in the mathematics curriculum were selected and implemented by GeoGebra with fourth-grade students through distance education. The activities applied in the study are as follows:

- Creating triangles, squares, and rectangles, naming edges and corners, specifying edge properties of them.
- Drawing the symmetry lines and taking the symmetries of the shapes
- Drawing, naming, and measuring angles.

After the implementation, the students' opinions about the activities were investigated. Data obtained from interviews were analysed with content analysis.

Findings

The use of DGSs in the visualization of fourth-grade geometry objectives was compared and it was found that GeoGebra and Geometer's Sketchpad programs can be used to visualize all of the fourth-grade geometry objectives. However, although all three DGSs can be used for modelling with unit cubes, it has been seen that drawing cubes in Geometer's Sketchpad program is more difficult and complex. It was also seen that Cabri 3D, does not have an angle measurement function. For this reason, GeoGebra was considered to be more usable in teaching fourth-grade geometry subjects, since it can be used for more learning objectives, is easy to use and free of charge, and it has been decided to use it in activities.

After the applications, the opinions of the students about GeoGebra were investigated and as a result, it was determined that the students generally found the use of GeoGebra in mathematics lessons positive. It was found that students' opinions on the GeoGebra program were gathered under two themes: *GeoGebra's features* and *their preferences for using it in their lessons*. The most expressed opinions about GeoGebra's features were gathered in the codes of *facilitating understanding* (f=10) and *entertaining* (f=10). A student expressed her opinions on *facilitating understanding* code as follows: "It helped me understand the subject and learn more easily" (F4). It was also revealed that students found the program *effective* and *useful*. Other codes that emerged as a result of data analysis are: *Developing mathematical knowledge*, *interesting*, *easy to use*, *confusing-difficult*, *technological*, *exploratory*, and *motivating*. In the interviews, students were also asked "Do you want to use GeoGebra while studying?" and most of them answered this question as *yes*. There are also students who say *no* or *maybe*.

Discussion & Conclusion

This study examined the use of DGS on the visualization of fourth-grade objectives and the students' opinions on teaching fourth-grade geometry subjects using GeoGebra. It was seen that GeoGebra is more usable in teaching fourth-grade geometry subjects. The data analysis results also revealed that the students'

opinions on the features of GeoGebra were mostly gathered in the codes of facilitating understanding, entertaining, effective, and useful. These results are in consistent with other studies' results in the literature. The fact that GeoGebra provides understanding and facilitates effective learning has also emerged from other studies (Baltacı et al., 2015; Şahin & Kabasakal, 2018; Topuz & Birgin, 2020). Because students manipulate, observe, and test geometric shapes and concepts with DGS, see the relationships between concepts by moving and dragging, and display these relationships in motion with animations (Forsythe, 2007; Hill & Hannafin, 2001; Laborde 2001).

Students expressed many different positive thoughts about GeoGebra and the activities carried out with GeoGebra. They stated that the program improves mathematical knowledge, is interesting and easy to use. They also emphasized GeoGebra's technological, exploratory, and motivating aspects. These results are also similar to the other studies' results (Şahin & Kabasakal, 2018; Tatar et al., 2011; Topuz & Birgin, 2020). However, some students emphasized that they found GeoGebra confusing and difficult.

Some of the suggestions that can be made depending on the results of the study are as follows: Mathematics education with GeoGebra makes it easier for students to understand the subjects, students show positive attitudes towards mathematics education with DGS. For this reason, GeoGebra should be taught to primary school students, and they should use it actively in their lessons. Conducting studies examining the use of DGY at different grade levels and in different subjects will both contribute to the field and guide researchers.

Yazar Etik Beyanı

Yapılan çalışmada herhangi bir etik dışı işlemin yapılmadığını, etik ihlalden doğacak tüm durumlarda sorumluluğun yazar/yazarlara ait olduğunu ve bilgilendirilmiş gönüllü olur/onam formunun katılımcılara imzalatıldığını beyan ederim.

Kaynaklar

Accascina, G. & Rogora, E. (2006). Using Cabri3D diyagrams for teaching. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 13(1), 11-22.

Baki, A. (2002). *Bilgisayar destekli matematik*. İstanbul: Ceren Yayın Dağıtım.

Baltacı, S., Yıldız, A., & Kösa, T. (2015). Analitik geometri öğretiminde GeoGebra yazılımının potansiyeli: öğretmen adaylarının görüşleri. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(3), 483-505.

Birgin, O., & Yazıcı, K. U. (2021). The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925-939.

Christou, C., Mousoulides, N., Pittalis, M., & Pitta-Pantazi, D. (2004). Proofs through exploration in dynamic geometry environments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 339-352.

Dikovic, L. (2009). Implementing dynamic mathematics resources with GeoGebra at the college level. *International journal of emerging technologies in learning (IJET)*, 4(3), 51-59.

Dimakos, G., & Zaraniz, N. (2010). The influence of the Geometer's Sketchpad on the geometry achievement of Greek school students. *The Teaching of Mathematics*, 8(2), 113-124.

Erbaş, A. K., & Yenmez, A. A. (2011). The effect of inquiry-based explorations in a dynamic geometry environment on sixth grade students' achievements in polygons. *Computers & Education*, 57(4), 2462-2475.

Eu, L. K. (2013). Impact of Geometer's Sketchpad on students' achievement in graph functions. *The Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 2(1), 19-33.

Forsythe, S. (2007). Learning geometry through dynamic geometry. *Mathematics Teaching*, 202, 31-35.

Gürbüz, R., & Gülburnu, M. (2013). 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan Cabri 3D'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 4(3).

Healy, L., & Hoyles, C. (2002). Software tools for geometrical problem solving: Potentials and pitfalls. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 235-256.

Hill, J. R., & Hannafin, M. J. (2001). Teaching and learning in digital environments: the resurgence of resource-based learning. *Educational Technology Research Development*, 49(3), 37-52.

Hohenwarter, J., Hohenwarter, M. & Lavicza, Z. (2008). Introducing dynamic mathematics software to secondary school teachers: The case of GeoGebra. *Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(2), 135-146.

Hohenwarter, M., & Jones, K. (2007). Ways of linking geometry and algebra, the case of GeoGebra. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3), 126-131.

Jones, K. (2000). Providing a foundation for deductive reasoning: Students' interpretations when using dynamic geometry software and their evolving mathematical explanations. *Educational studies in mathematics*, 44(1), 55-85.

Koyuncu, İ, Akyüz, D., & Çakıroğlu, E. (2015). Investigating plane geometry problem-solving strategies of prospective mathematics teachers in technology and paper-and-pencil environments. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(4), 837- 862.

Kösa, T. & Kalay, H. (2018). 7. sınıf öğrencilerinin uzamsal yönelim becerilerini geliştirmeye yönelik tasarlanan öğrenme ortamının değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 83-92.

Kuzle, A. (2013). Patterns of metacognitive behavior during mathematics problem-solving in a dynamic geometry environment. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 8(1), 20-40.

Laborde, C. (2000). Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving. *Educational Studies in Mathematics*, 44(1), 151-161.

Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283-317.

Luthuli, D. (1996). Questions, reflection, and problem solving as sources of inquiry in Euclidean geometry. *Pythagoras*, 40, 17-27.

Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. Jossey-Bass.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. Ankara.

- O'Donnell, A. (2011). *Using Geometer's Sketchpad to improve student attitude in the mathematics classroom* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). College of Arts and Sciences, MinotState University, ND.
- Öçal, M. F., & Şimşek, M. (2017). Pergel-çizgeç ve GeoGebra inşaları üzerine: Öğretmenlerin geometrik inş süreçleri ve görüşleri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 37(1), 219-262.
- Solvang, L., & Haglund, J. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school—a review. *Physics Education*, 56(5), 055011.
- Straesser, R. (2002). Cabri-geometre: Does dynamic geometry software (DGS) change geometry and its teaching and learning? *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 319-333.
- Şahin, E., & Kabasakal, V. (2018). STEM eğitim yaklaşımında dinamik matematik programlarının (GeoGebra) kullanımına yönelik öğrenci görüşlerinin incelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(STEMES'18), 55-62.
- Tatar, E., Akkaya, A., & Kağızmanlı, T. (2011). İlköğretim matematik öğretmeni adaylarının GeoGebra ile oluşturdukları materyallerin ve dinamik matematik yazılımı hakkındaki görüşlerinin analizi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 2(3), 181-197.
- Topuz, F., & Birgin, O. (2020). Yedinci sınıf "çember ve daire" konusunda geliştirilen GeoGebra destekli öğretim materyaline ve öğrenme ortamına ilişkin öğrenci görüşleri. *Journal of Computer and Education Research*, 8(15), 1-27.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yohannes, A., & Chen, H. L. (2021). GeoGebra in mathematics education: a systematic review of journal articles published from 2010 to 2020. *Interactive Learning Environments*, 1-16.
- Yılmaz, G. K., Ertem, E., & Güven, B. (2010). Dinamik geometri yazılımı Cabri'nin 11. sınıf öğrencilerinin trigonometri konusundaki öğrenmelerine etkisi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 1(2), 200-216.
- Zengin, Y., Furkan, H., & Kutluca, T. (2012). The effect of dynamic mathematics software GeoGebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Procedia and Social Behavioral Sciences*, 31, 183-187.
- Zetriuslita, N., & Istikomah, E. (2021). The increasing self-efficacy and self-regulated through GeoGebra based teaching reviewed from initial mathematical ability (IMA) level. *International Journal of Instruction*, 14(1), 587-598.
- Ziatdinov, R., & Valles, J. R. (2022). Synthesis of modeling, visualization, and programming in GeoGebra as an effective approach for teaching and learning STEM topics. *Mathematics*, 10(3), 398.