



THE USE OF GEOGEBRA WITH DIFFERENT PERSPECTIVES IN MATHEMATICS TEACHING

Özlem BAYDAŞ^a; Yüksel GÖKTAŞ^{*a}; Enver TATAR^a

^aAtaturk University, Kazim Karabekir Faculty of Education, Erzurum/TURKEY

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the possible contributions and advantage of GeoGebra and its limitations to mathematics teaching. A case study design was utilized for the purpose of this study. Data were gathered from three different groups via face-to-face interviews and focus group techniques. The results of the study indicated that dynamic structure of GeoGebra helped students formalize and visualize mathematical relations and concretize abstract ideas and motivated students. On the other hand, the inadequacy of physical environment and computer literacy, the lack of students' understanding of mathematical solutions path and the length of some formulas are seen as the limitations arising from the use of GeoGebra.

Keywords: *computer aided mathematics education, dynamic mathematics software, GeoGebra.*

INTRODUCTION

Mathematics is considered as a system formed from ideas and connections and developed by a sequential process of abstractions and generalizations. Students often have difficulties to concretize abstract issues, especially when they need to construct mathematical relations and generalizations. Technology offers important opportunities to overcome these problems by providing visualization and dynamic structure tools. Baki (2000), Cannon (2005), and Güven (2002) emphasized that dynamic structure is very effective to scratch graphs and exercise mathematical relations between variables. GeoGebra is a Dynamic Mathematical Software which can be employed in mathematics teaching. Accordingly, the purpose of this study is to examine both possible contributions and limitations of employing GeoGebra in mathematics teaching.

METHOD

A case study design was utilized for the purpose of this study. Three semi-structured interview protocols were developed and used to collect data from three different groups including, faculty members from mathematics, pre-service mathematics teachers, and pre-service chemistry teachers. Interviews were conducted with nine faculty members by employing face to face and focus group techniques. Focus group interviews were administrated to nineteen mathematics and ten chemistry pre-service teachers. A six-hour-long seminar about using GeoGebra with related to mathematics teaching was given to the faculty. A four-hour-long seminar was given to the pre-service mathematics teachers. The pre-service chemistry teachers also conducted an application about derivatives.

RESULTS

The results of the study indicated that dynamic structure of GeoGebra helped students in several ways including formation and visualization of the mathematical relations, making abstract ideas more concrete,

*Co-Author: yukselgoktas@atauni.edu.tr

and motivation. It was found that GeoGebra also helped students reach generalizations by solving many questions. GeoGebra provided students a learning environment that they study individually and saved time as well. Moreover, using GeoGebra was considered to be easy and advantageous due to its distinct algebraic and geometric input capabilities and the use of “Construction Protocol”. However, a few limitations of using GeoGebra were also revealed, including the lack of physical environment and the participants’ computer literacy, inadequacy of revealing the mathematical solution paths, and failure to accommodate long (more complex/sophisticated) mathematical equations. The findings indicated that teachers and students may prefer their traditional method of teaching over using GeoGebra.

DISCUSSION

GeoGebra visualizes and formalizes mathematical relation between variables and provides to reach generalization in mathematics. According to Baki (2002), going through the results by intuition and prediction constitute a part of mathematical study. He also indicated that visualization, computing, conjecture, and phases of evidence and generalization describe the mathematical process. The traditional teaching methods are performed on paper, but the application of computers is recently emphasized more effectively in this process. GeoGebra addresses all of the mentioned phases of mathematical process. Güven (2002) explored that students considered mathematics as stack equations to memorize in traditional mathematics. However, in the dynamic environment, the traditional views regarding mathematics changed and students started to consider as whole relationships of mathematics required investigation. On the other hand, Baker, Gersten and Lee (2002) indicated that underachieved students did not display remarkable success on computer aided mathematics. Similarly, Tienken and Maher (2008) reported that computer aided mathematics has a negative effect on low-level students’ achievements. These findings indicate that why technology has not integrated into our classes yet.

CONCLUSION

In mathematics classes, one of the advantages of employing GeoGebra is the different design of geometric and algebraic input. Geometric input is important force for students to use the software. Because of this, GeoGebra has a wide range of implications for the field from primary to tertiary level. Moreover, a teacher can form his/her GeoGebra sample by following the order of any design already prepared with “Construction Protocol” . GeoGebra can be integrated into school system easier than other software in the field due to its use friendly environment. However, no matter how the software is easy to use, there would be some resistance because of the comfort of mastery over the traditional teaching methods. Therefore, teachers and students should be familiarized with this software. This is the main role and duty given to the faculty of teacher education and in-service training instructors. Lastly, upon improvement of this program in terms of three dimensions, it will be more useful in comprehension of abstract issues in mathematics easier.

FARKLI BAKIŞ AÇILARIYLA MATEMATİK ÖĞRETİMİNDE GEOGEBRA KULLANIMI

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, GeoGebra'nın avantajlarını ve matematik öğretimine muhtemel katkı ve sınırlılıklarını ortaya çıkarmaktır. Bu amaç doğrultusunda nitel olarak tasarlanan durum çalışmasında, üç farklı katılımcı grubun görüşleri yüz yüze ve odak grup görüşmesi yoluyla alınmıştır. Çalışmanın sonuçları; GeoGebra'nın dinamik yapısının matematiksel ilişkileri oluşturmaya katkı sağladığını, somutlaştırmaya ve görselleştirmeye yardımcı olduğunu ve böylece öğrencileri motive ettiğini göstermiştir. Ayrıca GeoGebra'nın cebir ve geometrik girişinin ayrı olması ve "inşa protokolu" kullanılarak GeoGebra taslağının oluşturulma aşamalarının izlenmesi avantaj olarak görülmüş, kullanımının kolay olduğu ortaya çıkarılmıştır. GeoGebra kullanımının sınırlılıkları ise; fiziksel ortamların ve bilgisayar okuryazarlığının yetersiz olması, bazı formüllerin yazımının uzun olması ve bazı matematiksel çözüm yollarının anlaşılabilmesi şeklinde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: bilgisayar destekli matematik öğretimi, dinamik matematik yazılımları, GeoGebra.

GİRİŞ

Geleneksel öğretim anlayışında matematik; birbirinden kopuk, günlük ihtiyaçlardan uzak, soyut kurallardan ve ayrı ayrı öğrenilmesi gereken denklemlerden oluşan bir uğraş alanı olarak görülmektedir. Öğrenciye bu şekilde sunulan matematik; çoğu zaman soğuk, sevimsiz, ezberlenerek öğrenilmesi gereken bir ders olmaktan öteye gidememektedir (Baki, 2006). Oysa matematik öğretiminin genel amacı; kişiye günlük hayatın gerektirdiği matematiksel bilgi ve becerileri kazandırarak olayları problem çözme atmosferi içinde ele alan bir düşünme biçimi kazandırmaktır (Altun & Alkan, 1999). Bu amaca ulaşabilmenin yolu, matematiğin ne olduğunun anlaşılmasından geçmektedir. Bu açıdan bakıldığında matematik, matematiksel nesnelere arasındaki ilişkilerin ve genellemelerin ortaya çıkarılmasıdır (Altun, 2008). Bu doğrultuda matematikçiler, matematiksel bilgiyi tanımlarken matematiksel nesnelere özellikleri ile bu nesnelere arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması ve bu ilişkilerin doğurduğu genellemeler üzerinde durmuşlar, matematiğin zihinsel olarak üretildiği için soyut olduğunu da belirtmişlerdir. Buna göre matematikte bu özelliklerin öğrenciye kazandırılması bilişsel yapıların geliştirilmesiyle mümkündür. Ancak geleneksel yaklaşım; öğrencilerin bilişsel yapılarının gelişmesinden ziyade onların davranışları üzerine odaklanarak matematiğin hayatla ilişkisini sınırlandırmıştır. Bu anlayışın sonucunda (TIMSS, PISA) Türkiye'nin, yapılan uluslararası sınavlarda gerilerde yer aldığı belirlenmiştir (Berberoğlu & Güzel, 2005; Berberoğlu & Kalender, 2005; EARGED, 2005). Bu doğrultuda problemlerin tespiti ve giderilmesi için hızlı bir şekilde yeni arayışlara gidilmiş ve oluşturmaya yaklaşım üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmüştür. Sherman ve Kurshan (2005) oluşturmaya yaklaşımın, yeni karşılaştığımız bilgileri önceki bilgilerimizle ilişkilendirerek öğrenmeyi, böylece daha önceden bildiğimiz konulara bağlı olarak yeni öğrenmeler oluşturmaya sağlayabildiğini belirtmektedir. Dolayısıyla matematiğin yapısı gereği ilişkilerin oluşturulması oluşturmaya yaklaşımla mümkün hale gelebilecektir.

2004 eğitim programıyla yapılan değişiklikler sonucunda, matematik öğretiminde de temel anlayışlar farklılaşmıştır. Öğrencinin matematiksel bilgiyi öğretmenden hazır formüller şeklinde alarak tümdengelimli bir yaklaşım sergilemesi yerine, belirli ortamlar yaratılarak öğrencinin matematiksel ilişkileri tümevarımsal bir yapı içerisinde oluşturmalarına imkan tanınmıştır. Bu doğrultuda öğrencilerin matematiksel ilişkileri oluşturmalarına en büyük katkıyı ise teknolojik imkânlar sağlamaktadır. Bu imkanlar aynı zamanda matematiğin soyut özelliğini somutlaştırmaya yardımcı olabilirken, öğrencilerin matematiksel nesnelere arasındaki ilişkileri kurmalarına ve genellemelere ulaşabilmelerine önemli ölçüde

katkı sağlamaktadır. Bu durum alan yazında şu şekilde ifade edilmektedir: “Teknoloji, matematiksel fikirlerin farklı perspektiflerden görülebilmesini sağlayarak, araştırmaların kapsamını ve kalitesini zenginleştirir” (NCTM, 2000). Buna yönelik matematik öğretiminde bilgisayar kullanımının katkıları üzerine alan yazında yaygın olan görüşlerin özeti Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. BDMÖ’nün katkıları üzerine alan yazında yaygın olan görüşler

| | Akkoç (2006) | Arslan (2003) | Baki (2002) | Kutluca ve Birgin (2007) | Cannon (2005) | Yenilmez ve Karakuş (2007) | Yushau, Bokhari ve Wessels (2004) |
|---|--------------|---------------|-------------|--------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Öğrencinin aktif katılımını sağlar | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Somutlaştırmaya ve görselleştirmeye yardımcı olur | ✓ | - | ✓ | ✓ | - | - | ✓ |
| Zaman tasarrufu sağlar | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | ✓ | ✓ |
| Motivasyonu artırır ve dikkati toplar | - | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Matematiksel keşif ve genelleştirmeleri kolaylaştırır | - | - | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Anında dönüt verilebilir | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| Bireyselleştirme (kendi hızında öğrenme) sağlar | - | ✓ | - | ✓ | ✓ | ✓ | - |

Bilgisayarların eğitimde kullanımının günden güne artmasına paralel olarak bilgisayar destekli matematik öğretimi (BDMÖ) araçları, bunlar içerisinde de Dinamik Geometri Yazılımları (DGY) yaygınlaşmaktadır. Bu yazılımları öne çıkaran özellik olarak; matematiksel yapıların kurulmasının ardından yapı içerisindeki nesnelere serbestçe hareket ettirilebilmesi (dinamik olarak) ve bu nesnelere bağlı olan yapıların diğer elemanlarındaki değişimin gözlemlenebilmesi gösterilebilir. Bu hareket sonucunda geometrik yapının görüntüsü değişse de nesnelere arasındaki matematiksel ilişkiler korunmaktadır. Dolayısıyla matematiksel bilginin keşfi için yeni yollar sunulmaktadır (Goldenberg & Couco, 1998; Marrades & Gutierrez, 2000). Ayrıca matematiksel bilginin doğrulanabileceği ortamlar geleneksel yöntemlerle sınırlı düzeyde kalırken DGY ortamları ile bu problemler aşarak matematik bir bilim laboratuvarına dönüşebilmektedir (Köse, 2008).

Son dönemlerde bilgisayar cebir sistemi (BCS) ile dinamik geometri sistemlerinin (DGS) birleştirilmesiyle dinamik matematik yazılımları (DMY) öne çıkmaktadır. Bir DMY olan GeoGebra, cebir, geometri ve analiz’i birleştirmekte, ilköğretimden üniversiteye kadar matematiğin her konusunda rahatlıkla kullanılabilir (Edwards & Jones, 2006; Hohenwarter, Hohenwarter, & Lavicza, 2008). Bununla birlikte GeoGebra, grafik, cebir ve hesap çizelgesi görünümüleriyle çoklu sunumları bir araya getirerek pencerenin birinde herhangi bir değişiklik söz konusu olduğu zaman diğerinde de yapılan değişiklik doğrultusunda güncellemelerin yer almasını sağlamaktadır (Hohenwarter & Hohenwarter, 2011). Bu sayede matematiğin merkezinde bulunan cebir ve geometrik nesnelere arasındaki ilişkilerin keşfi için yeni yollar oluşturulabilmektedir (Edwards & Jones, 2006). Araştırmacılar GeoGebra kullanımının matematik öğretimine muhtemel katkılarını ifade ederken çeşitli özellikler üzerinde durmaktadırlar. Bu özellikler alan yazından (Ankara GeoGebra Enstitüsü, 2010; Dikovic, 2009; Hohenwarter & Hohenwarter, 2011; Hohenwarter, 2006) yararlanarak Şekil 1’de 10 maddede özetlenmiştir.

| | |
|----|---|
| 1 | •Sürgüyle yada nesnelerin yerlerini değiştirilerek, değişikliklerin manipüle edilebilmesi |
| 2 | •Aryüzü sayesinde öğrencilerin matematiksel nesnelere oluşturmalarına imkân tanması |
| 3 | •İleri düzeyde bilgisayar becerisine ihtiyaç duymadan kullanılabilmesi |
| 4 | •BCS ve DGY özelliklerini birarada taşıması |
| 5 | •Hesap makinesi özelliği taşıması |
| 6 | •Ücretsiz olması |
| 7 | •Komutların Türkçe olması |
| 8 | •Çalışma dosyalarının kolaylıkla web sayfası olarak yayınlanabilmesi |
| 9 | •İşbirlikçi öğrenme ile matematiksel anlamayı derinleştirebilmesi |
| 10 | •İlköğretimden üniversiteye kadar her seviyeden matematik öğretiminde kullanılabilmesi |

Şekil 1. Matematik öğretiminde GeoGebra kullanımının muhtemel katkıları

GeoGebra'nın matematik öğretiminde kullanımına katkı sağlaması araştırmacıları, öğretmenlerin GeoGebra'ya yönelik görüşlerini almaya yöneltmiştir (Aktümen, Yıldız, Horzum, & Ceylan, 2011; Kabaca, Aktümen, Aksoy, & Bulut, 2010; Zengin & Kutluca, 2011). Aynı zamanda birçok araştırmacı çeşitli matematiksel nesnelerin öğretiminde GeoGebra'nın öğrenme üzerine etkisini de araştırmıştır (Doğan & İçel, 2011; Erol, Özdemir, Özen, Akadal, & Ayvaz Reis, 2012). Tüm bu araştırmalardan farklı olarak bu çalışmada matematik öğretiminde GeoGebra kullanımının katkıları, çok yönlü olarak hem öğrenci hem öğretim elemanı hem de öğretmen adaylarının bakışıyla incelenmiştir. Aynı zamanda yaşanabilecek sınırlılıklar göz önünde bulundurularak GeoGebra'nın geliştirilmesine katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir.

Çalışmanın Amacı

Matematik öğretiminde BCS ve DGY özelliklerini birleştirmesiyle öne çıkan GeoGebra'nın kullanımında olumlu ve olumsuz yönleri bilmek etkin kullanım açısından önemlidir. Bu çalışmada da, farklı katılımcı grupların görüşleri alınarak GeoGebra'nın avantajları ve matematik öğretimine muhtemel katkı ve sınırlılıkları ortaya çıkarılmaktadır. Bu doğrultuda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmaktadır.

1. GeoGebra'nın avantajları ve matematik öğretimine muhtemel katkıları nelerdir?
2. Matematik öğretiminde GeoGebra kullanımının sınırlılıkları nelerdir?

YÖNTEM

Bu araştırma, mevcut durumu derinlemesine ortaya çıkarmayı amaçlayarak nitel olarak yürütülen bir durum (Case Study) çalışmasıdır. Çalışmanın örneklemini 2009-2010 öğretim yılında bir eğitim fakültesindeki, kimya ve ilköğretim matematik anabilim dalları birinci sınıflarında okuyan öğretmen adayları, ilköğretim ve ortaöğretim matematik anabilim dalı öğretim elemanları oluşturmaktadır. Üç farklı katılımcı grubu için de ayrı ayrı yarı yapılandırılmış görüşme rehberleri hazırlanarak yüz yüze ve odak grup görüşmeleri yapılmıştır. Görüşme rehberleri, alan yazının taranmasının ardından araştırma soruları doğrultusunda hazırlanmış ve pilot görüşmelerden sonra kullanılmıştır. Katılımcılarla yapılan yüz yüze ve odak grup görüşmelerinde gönüllülük esasına bağlı kalınmıştır. Bu süreç Tablo 2'de detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Tablo 2. Örneklem, katılımcı sayısı ve veri toplama yöntemleri

| Örneklem | Uygulamadaki | Görüşme Yapılan | Veri Toplama Yöntemleri |
|-----------------------------|--------------|-----------------|---------------------------------|
| | Katılımcılar | Katılımcılar | |
| Öğretim elemanları | 10 | 9 | Yüz yüze ve odak grup görüşmesi |
| Matematik öğretmen adayları | 45 | 19 | Odak grup görüşmesi |
| Kimya öğretmen adayları | 38 | 10 | Odak grup görüşmesi |

Verilerin Toplanması ve Analiz Süreci

Çalışmada, ilk olarak GeoGebra'nın matematik öğretiminde kullanımına yönelik öğretim elemanlarına 6 saat, ilköğretim matematik öğretmen adaylarına 4 saatlik seminerler verilmiştir. Seminerlerde örnekler sunulmuş ve katılımcılardan bir GeoGebra projesi üretmeleri istenmiştir. Çalışmanın bir diğer ayağında ise "türevin uygulamaları" üzerine birinci sınıf kimya öğretmen adaylarıyla bir uygulama yapılmıştır. Bu süreçteki uygulamaların öncesi ve sonrası ile ilgili ayrıntıya Tablo 3'te yer verilmiştir.

Tablo 3. Uygulama süreci

| | |
|------------------|--|
| Uygulama Öncesi | Düzenlenecek GeoGebra seminerlerinin içeriği oluşturulmuştur. Seminerlerde kullanılmak üzere proje örnekleri oluşturulmuştur. Süreçte hazırlanacak projelere örnek olması için taslak formlar hazırlanmıştır. MÖA'larının projeleri için değerlendirme ölçütleri hazırlanmıştır. Her üç grup için ayrı görüşme rehberleri hazırlanmıştır. |
| Uygulama Süreci | Öğretim Elemanları DGY hakkında bilgilendirme yapılarak GeoGebra'yla ilgili örnekler sunulmuştur. GeoGebra'nın geometrik giriş araçları ve cebirsel giriş kullanımı gösterilmiştir. Sunulan örnekler incelenerek yeni örnekler yapmaları istenmiştir. Sürgünün kullanımına giriş yapılmıştır. Cebirsel ve geometrik giriş ile ilgili çalışmalar yapılarak bir proje oluşturulması istenmiştir. |
| | Matematik Öğretmen Adayları DGY hakkında bilgilendirme yapılarak GeoGebra ile ilgili örnekler sunulmuştur. GeoGebra'nın geometrik ve cebirsel giriş kullanımıyla birlikte sürgünün tanıtımı yapılmıştır. Cebirsel giriş üzerinde durulmuş ve bir proje üretmeleri istenmiştir. Projelerde 6 hafta boyunca gerek elektronik posta gerekse yüz yüze verilen dönütlere göre gerekli destekler verilerek düzeltmeler yapılmıştır. Öğrencilerin projeleri teslim alınarak değerlendirilmiştir. |
| | Kimya Öğr. Aday. Hazırlanan ilk GeoGebra çalışmasının sunumuyla türevin ne anlam ifade ettiği tartışılmıştır. İkinci GeoGebra çalışmasıyla teğetin denklemi ile ilgili taslağın sunumunda teğetin denkleminde nasıl ulaşıldığı gösterilmiştir. Son taslak ile teğetin denkleminin değişimi izlenmiştir. |
| Uygulama Sonrası | Öğretim elemanları ile yüz yüze ve odak grup görüşmeleri yapılmıştır. Matematik ve kimya öğretmen adaylarıyla odak grup görüşmesi yapılmıştır. |

Çalışmada çeşitleme yapmak için birden fazla veri kaynağı kullanılmıştır. Örneklemde; öğretim elemanlarından uzman, ilköğretim matematik öğretmen adaylarından geleceğin kullanıcısı, kimya öğretmen adaylarından da öğrenci olarak GeoGebra'yı değerlendirmeleri istenmiştir. Kimya öğretmen adayları, çalışmada yer alan öğretim elemanlarından birinin anlatmış olduğu matematik dersi kapsamında seçilmiştir. Veriler, akran grubu ve iki uzman araştırmacı tarafından kontrol edilmiştir. Elde edilen veriler içerik analiziyle çözümlenmiş, sonrasında kolay anlaşılması için tablolaştırılmıştır.

BULGULAR

Görüşlerin aktarımında öğretim elemanlarına “ÖE_x” matematik öğretmen adaylarına “MÖA_x” kimya öğretmen adaylarına ise “KÖA_x” kodları verilmiştir.

GeoGebra’ nın Avantajları ve Matematik Öğretimine Muhtemel Katkıları

GeoGebra’nın avantajları ve matematik öğretimine katkıları, katılımcı görüşlerinin analizi doğrultusunda kategorize edilmiş ve Tablo 4’te kodlar halinde sunulmuştur. GeoGebra’nın dinamik yapıda olması, matematiksel ilişkileri görmeye katkı sağlaması, somutlaştırma ve görselleştirmeye yardımcı olması, motive etmesi ve dikkati toplaması katılımcı görüşlerinde öne çıkmıştır.

Tablo 4. GeoGebra’ nın avantajları ve matematik öğretimine muhtemel katkıları

| Kodlar | ÖE | MÖA | KÖA |
|---|----|-----|-----|
| Dinamik yapıda olması | √ | √ | √ |
| Somutlaştırmaya ve görselleştirmeye yardımcı olması | √ | √ | √ |
| İlişkileri görmeye katkı sağlaması | √ | √ | √ |
| Motive etmesi (Güdüleme sağlaması) | √ | - | √ |
| Dikkati toplaması | √ | √ | √ |
| Şekil çizme kolaylığı sağlaması | √ | √ | - |
| Çok sayıda soru çözümüne imkan vermesi | √ | - | - |
| Kolay kullanıma sahip olması (Dil Türkçe) | √ | √ | √ |
| Kavramsallaştırmaya yardımcı olması | √ | - | - |
| Matematiksel bilginin genelleştirilmesini kolaylaştırması | √ | √ | √ |
| Öğrenmede bireyselleştirme olanağı sağlaması | √ | - | √ |
| Zaman kazandırması | √ | - | √ |
| Geometrik giriş araçlarının açıklayıcı tümcelerini vermesi | - | √ | - |
| Derinlemesine bilgi edinmeye yardımcı olması | √ | - | - |
| Aynı koordinat düzleminde birden fazla grafik çizilebilmesi | √ | - | - |
| Geometrik giriş ve cebir girişinin ayrı olması | - | √ | - |
| İnşa protokolü yapısının olması | - | √ | - |
| Soruların cevaplarının kontrolünün sağlanması | - | - | √ |

Elde edilen veriler Tablo 4’te görsel olarak aşağıda ise katılımcıların ifadeleriyle sunulmuştur. Bu görüşlerde GeoGebra’nın; dinamik yapısı ve matematiksel ilişkileri görmeyi kolaylaştırması muhtemel katkı olarak öne çıkmaktadır. Bu durumla ilgili katılımcılar şu ifadelere yer vermişlerdir:

“Dinamik bir yazılım olduğu için şekillerin hareket ettirilmesi çok kolay. Nesnelere farklı konumlarda inceleyebilmek matematiksel ilişkilerin oluşturulmasında ciddi avantaj sağlamaktadır” (ÖE_7).

“Öğrenci bir formülün koordinat sistemi üzerinde nasıl hareket ettiğini, değerlere göre nasıl değiştiğini zihninde canlandırmakta ciddi problem yaşıyor. Mesela benim, bunları üç boyutlu olarak kafamda canlandırabilmem çok zamanımı aldı. Ama bu programda öğrenci hemen görebiliyor” (MÖA_1).

Katılımcılar GeoGebra kullanımı ile matematik dersinin somutlaştırılabileceği ve görselleştirilebileceği üzerinde durmuştur. Bu durumla ilgili katılımcılar şu ifadelere yer vermişlerdir:

“Matematik soyut olduğundan görselliğe dayanmadığı zaman insan kafasında onu canlandıramadığı için anlayamıyor. Ancak görselliğe dönebilmek için tahtada anlatmak

yetmiyor. Tahtada hepsi sadece fotoğraf çekmişsin gibi görünüyor. GeoGebra gerçekten güzel bir program” (MÖA_6).

“Coğrafya dersinde havayı suyu, yağmuru görüyoruz. Fen bilgisinde deneyler yapıyoruz, maddeleri görüyoruz. Ama biri geliyor matematikte x diyor y diyor, grafik çiziyor, böyle bir şey var diyor ve soyut kalıyor. Kısacası bunları görmek ya da bunları hissederek yapmak daha iyi” (KÖA_3).

GeoGebra'nın eğlenceli yapısı ile matematik dersine yönelik motivasyonun ve dikkatin artabileceği, matematiğe karşı ön yargıların azalabileceği de ifadeler arasında yerini almıştır. Bu durumla ilgili katılımcı görüşleri şu şekildedir:

“Sıkıcı olarak düşünülen matematik derslerini eğlenceli hale getirebiliriz, daha zevkli ders işlenebilir. Bizim matematik dersimiz biraz daha soyut olduğu için öğrenci genelde 20-25 dk sonra sıkılabilir. Fakat GeoGebra gibi bilgisayar programlarıyla ders daha eğlenceli hale gelebilir” (ÖE_9).

“Geometri ve matematiğe yönelik öğrencilerin önyargısı bulunmaktadır. Ancak bu programın dinamikliğiyle bir çembere bir teğet çizilince onun hareket ettiğini gören öğrencinin dikkati çekilebilir” (MÖA_7)

GeoGebra ile matematiksel çizimler net bir şekilde oluşturulabilirken öğrencilerin daha fazla soru çözmelerine de imkân tanınmaktadır. Katılımcılardan bazıları bu konuyla ilgili görüşlerini şu şekilde ifade etmişlerdir:

“Görselleri tahtada düzgün çizemiyoruz ya da istediğimiz eğriyi tahtaya yansıtamıyoruz. GeoGebra programı sayesinde kolaylıkla fonksiyonun aslına uygun grafiği çizebiliyoruz” (ÖE_5).

“Tahtada örnekler sınırlı kalabiliyor. Fakat GeoGebra'da bu problem aşılabiliyor. Birincisi daha çok problemle öğrenci karşılaşabiliyor ya da daha çok problemi çözebiliyor. Örneğin 10 tane farklı fonksiyonu aynı anda yazıp grafiğini çizebiliyor. Dolayısıyla alıştırmaların çok olması kavramı genelleştirme açısından olumlu bir etkiye sahiptir” (ÖE_4).

GeoGebra'nın dilinin Türkçe olması katılımcılar tarafından avantaj olarak görülürken, hem öğretici hem de öğrenen açısından yazılımın kullanımını kolaylaştırmaktadır. Bu durumu katılımcılar şu sözlerle ifade etmişlerdir:

“Cabri'yi görmüştüm ama onun dili yabancı olduğu için orada çalışmakta zorlanıyorduk. Orada istediğimiz her şeyi çok rahat yapamıyorduk. Sürekli bir yardım alma söz konusuydu. Ama GeoGebra'da kendimiz bir şeyleri deneme yanılma ile bulabiliriz” (ÖE_8).

“Programın Türkçe olması bizim için daha iyi. Bir öğrenci olarak ya da bir öğretmen olarak İngilizcesi iyi olmayan bir insan için programı dili İngilizce olan bir programı kullanmak biraz daha zorlaşıyor. Ama Türkçe bir yazılım olduğu için daha kullanımı kolay oluyor” (MÖA_9).

Katılımcı görüşlerine göre GeoGebra öğretimi bireyselleştirmeye olanağı sunmaktadır. Öğretmenlere zaman konusunda da avantaj sağladığı ifadeler arasında yer almaktadır. Bu durumları katılımcılar şu sözlerle açıklamışlardır:

“Öğrencilere çok fazla grafik sorusu soruluyor, öğrencilerde bu grafikleri belli adımları takip ederek çizmeye çalışıyorlar. Ama o adımlarda yanlışlık yaptıklarında grafik çok ters çıkıyor tabi. En azından çizdikleri grafiğin doğru olup olmadığını bu program sayesinde görebilirler” (ÖE_8).

“GeoGebra öğretim elemanı ve öğretmen için de kolaylık sağlıyor. Zaman açısından sıkıntıyı ortadan kaldırıyor. Çünkü matematik müfredatı ağır bir müfredat oluyor ve yetiştirmede öğretmenler zorluk çekiyorlar. O anlamdaki sıkıntıyı da ortadan kaldırmış oluyor” (ÖE_6).

Matematik Öğretiminde GeoGebra Kullanımının Sınırlılıkları

Matematik öğretiminde GeoGebra kullanımından ve dış etkenlerden kaynaklanan sınırlılıklarla ilgili katılımcı görüşleri de kategorize edilerek kodlar belirlenmiştir. Buna göre fiziksel ortamın ve teknik bilginin yetersiz olması, öğretmenlerin geleneksel öğretim yöntemlerine alışması ve matematiksel çözüm yollarının anlaşılabilmesinin önüne geçmiştir. Bu yönde katılımcıların görüşleri ayrıntılı bir şekilde Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Matematik öğretiminde GeoGebra kullanımının sınırlılıkları

| Kodlar | ÖE | MÖA | KÖA |
|--|----|-----|-----|
| Fiziksel ortamın yetersiz olması | √ | - | - |
| Öğretmen ve öğrencinin bilgisayar okuryazarlığının yetersiz olması | √ | - | - |
| Bazı matematiksel formüllerin uzun olması | - | √ | - |
| Bazı matematiksel sembollerin eksik olması | - | √ | - |
| Matematiksel çözüm yollarının anlaşılabilmesinin önüne geçmesi | √ | - | √ |
| İki boyutlu olması | √ | √ | - |
| Bilgisayara karşı olumsuz tutum sergilenmesi | √ | - | - |
| Bilgisayar karşısında ders dışı aktivitelerle ilgilenilmesi | √ | - | √ |
| Geleneksel öğretim yöntemlerine alışılması | √ | - | - |
| Sürgünün kullanımında zorluk yaşanması | - | √ | - |
| Hatayı belirlemede zorluk yaşanması | - | √ | - |

Elde edilen veriler Tablo 5’te özetlenmiş aşağıda ise katılımcıların ifadeleriyle sunulmuştur. Katılımcılar; fiziksel ortamın yetersiz, öğrenci ve öğretmenlerin bilgisayar okuryazarlığının eksik olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumla ilgili ifadeler şu şekildedir:

“Uygulamaya dönük aslında her aşamasında kullanılabilir ama şu an ki sınıf düzeylerini sınıf ortamlarını düşününce her öğrencinin birebir uygulaması çok zor geliyor bana. Belki öğretmen tahtada gösterir, öğrenci yapar. Bunu sağlayacak her okulda sistem yok. Sistem olsa bile sınıflar kalabalık her öğrenciye bilgisayar düşmesi zor. İyi okullarda var o sistem ama her okul için düşünmek zor” (ÖE_7).

“Öğrencileri bu program konusunda iyi eğitmeniz lazım. Öğrenci hem aracı anlayacak hem programı anlayacak onun için çabalayacak. Zaten bir de kavramları bilmiyor onu anlayacak. İki anlaşılabilir kavram üst üste gelince bence iş çıkmaza girer” (ÖE_1).

Tablo 5’te hem öğrenci hem de öğreticilerin geleneksel öğretim yöntemlerinden kopamadıkları ifade edilmiştir. Bu durumu katılımcılar şu şekilde açıklamışlardır:

“Bugüne kadar hep hocalarımızdan gördüğümüz şey, o tahtayı kullanmak ve tahtada bir şeyler yazıp çizmek gerektiğiyle ilgiliydi. Ben de nasıl gördüysem öyle devam ediyorum” (ÖE_8).

“Yani bu işi yapamam ya da beceremem diye düşündüm. Belki de çok fazla ilgili değiliz. Herhalde klasik yöntemlere ya da geleneksel yöntemlere alışmışız, öyle öğrenmişiz” (ÖE_1).

Katılımcılar, matematiğin belirli sembollerinin ve adımlarının olduğunu, bu adımların da GeoGebra ile anlaşılabilmesinin sorun oluşturacağını belirtmişlerdir. Aynı zamanda yazılımın iki boyutlu olması da bir sınırlılık olarak görülmüştür. Bu durumları katılımcılar şu şekilde açıklamışlardır:

“Bu tarz bir yöntemeye yönelik çalışmalarda şöyle bir yanlış var. Her konu onunla anlatılabilir yanlışlığı mevcut. Yani bütün konularda GeoGebra’yı kullanalım ile yola çıkarsak herhalde sıkıntı yaşarsınız diye düşünüyorum. Daha çok grafiklerin, geometrik kavramların yoğun olduğu konularda kullanılır” (ÖE_5).

“Sonuçta integral’de sonuç bulduruyor. Yani oradaki akışı oradaki yolları çözüm yöntemini çözüm yolunu buldurmada yardımcı olabilir mi bilmiyorum ama, örneğin siz orada kısmi integrasyon gibi bir yöntemi öğretiyorsunuz. Bunu nasıl GeoGebra ile öğreteceksiniz ki” (ÖE_1).

“Her şeyin düzlemde gerçekleşmesi bir sınırlılıktır. Mesela ben bir katı cisim incelemeye kalktığımda GeoGebra buna cevap veremiyor. Üç boyutlu olsa çok daha şık ve daha böyle görsel olarak daha soyutu canlandırıcı olur zihinde. Üç boyutlu olmayışı bence en bariz kullanışsızlığı” (MÖA_1)

Bu sınırlılıkların yanında katılımcılar; öğrencilerin ders esnasında bilgisayar başında ders dışı aktivitelerde bulunarak dersten kopmaların oluşabileceğini belirtmişlerdir. Bu durumu katılımcılar şu şekilde ifade etmişlerdir:

“Bilgisayarda işlenen derslerde her zaman bir gevşeklik olduğunu düşünüyorum. Belli bir hâkimiyet yok. Sonuçta öğrencinin önünde bir bilgisayar var. Hoca orada bir şey anlatırken öğrenciler önünde bilgisayar olduğu için başka şeylerle uğraşabiliyorlar. Öğrenciyi derste tutabilmek biraz zorlaşıyor. Önünde oynayacağı bir şey var çünkü” (ÖE_8).

“Bir bilgisayar laboratuvarına geldiğimiz zaman bir bilgisayar dersi işleyeceğimiz zaman o ortamda çok fazla bulunmadığımız için o dersin amaçları dışına çıkabiliyoruz” (KÖA_2).

Matematik öğretmen adayları bazı matematiksel formüllerin uzun olmasını sorun olarak görmüş, formülleri oluşturmada problemler yaşamışlardır. Diğer taraftan bazı matematiksel sembollerini de oluşturamadıklarını belirtmişlerdir. Bu durumları katılımcılar şu şekilde açıklamışlardır:

“Kullanma kılavuzunda bazı matematiksel ifadeleri bulamıyoruz. Mesela karmaşık sayılar’da onu bulmakta baya bir zorlandım. Onların kısaltmaları var. Onlarda küçük hatalar yapıyoruz” (MÖA_6).

“Matematikte bazı kavramların ve simgelerin sembol olarak gösterilmesi. Onları kullanmakta zorlandık. Mesela bir yayın uzunluğunu, üzerinde yay şeklinde gösteremiyorduk, onu kullanamadık. Yapabileceğimiz bazı sembollerde eklense daha güzel bir program olabilir diye düşünüyorum” (MÖA_6).

Bazı katılımcılar sürgünün bağlanmasında problemler yaşamıştır. Ayrıca öğrencilerden bazıları, GeoGebra üzerinde çalışırken üst üste yapılan hata üzerine hatanın nerede olduğunu belirlemede zorlandıklarını şu şekilde belirtmişlerdir:

“Bence sürgüleme bazılarında oluyor, bazılarında olmuyor. Açık sürgüleme ben çok uğraştım, olmadı. Onu bence belirtmesi lazım hangisinde sürgü kullanılıyor hangisinde kullanılmıyor. Hani programın içinde belirtirse daha güzel olur” (MÖA_8).

“Tam açıklamasını yapmamış nerede hata yaptığını. Böyle direkt karşına uyarı olarak çıkıyor ama açıklaması da tam belli değil. Ben acaba okuyorum nerde hata yaptım diye” (MÖA_16).

TARTIŞMA

GeoGebra'nın Avantajları ve Matematik Öğretimine Muhtemel Katkıları

Çalışmada GeoGebra kullanımının matematik öğretimine muhtemel katkıları arasında; GeoGebra'nın dinamik yapısı sayesinde matematiksel ilişkilerin oluşturulması yer almaktadır. Dinamik yapı; öğrencilerin denenceleri sınavlarında, grafikler çizmesinde, değişkenler arasındaki bağıntıları deneyerek keşfetmesinde etkili olarak kullanılabilir (Baki, 2000; Cannon, 2005; Güven, 2002). Bu doğrultuda Olkun, Şahin, Akkurt, Dikkartın ve Gülbağcı (2009) öğrencilerin en az yönlendirme ile matematiksel yapı ve ilişkileri kendilerinin keşfedebilecekleri etkinlik durumları kullanılmasının önemli olduğunu vurgulamaktadırlar. Bu nedenle GeoGebra üzerinde etkili öğrenme ortamlarının oluşturulması sağlanabilir.

Katılımcılar ağırlıklı olarak GeoGebra kullanımıyla matematik dersinin görselleştirilerek somutlaştırılabileceği üzerinde durmuş, böylece matematiğe karşı dikkatin ve motivasyonun artacağını belirtmişlerdir. Van Voorst (1999) da teknolojinin matematikte kavramları daha iyi görselleştirirken matematiğe yeni bir boyut kazandırdığını ifade etmiştir. Ancak matematik öğretiminde görselleştirmeye dair görüşler sadece bu yönde yer almamış, matematikçileri de ikiye ayırmıştır. Bu anlamda Touger (1986) Van Voorst'a zıt bir görüş sergileyerek görselleştirmeye bel bağlamanın matematiksel düşünceyi sınırlandıracağını ifade etmiştir. Bu düşünce ise, matematiğe kesin bilgi olarak bakan ve görselliğin aldatıcı yanının olabileceği görüşünden ileri gelmiştir.

Ancak bu görsel yapıya duyuşsal açıdan bakıldığında, GeoGebra'nın eğlenceli yapısıyla matematik dersine yönelik motivasyonun sağlanabileceği açıktır. Çalışmalarda bilgisayarın öğrencilerin derse olan ilgilerini canlı tutacağı ileri sürülmektedir (Aktümen & Kaçar, 2003). Ayrıca öğrenciler GeoGebra karşısında matematikte ulaşmaya çalıştıkları noktaları kontrol ederek ilerleme imkânına da sahip olabilmektedir. Bu doğrultuda öğrencinin kendi dönütünü alması, konunun pekiştirilmesi anlamında önem taşımaktadır (Arslan, 2003; Cannon, 2005; Senemoğlu, 1997). Diğer yandan GeoGebra, matematik öğretiminde kullanılan diğer birçok yazılım gibi, öğrencilerin kendi düzeyine, ilgisine, hızına ve yoluna göre öğrenmesine olanak tanımaktadır (Cannon, 2005; Gökçek, 2004; Yenilmez & Karakuş, 2007; Kazu & Yavuzalp, 2008).

GeoGebra'nın matematik öğretimine bir diğer muhtemel katkısı ise öğrencilerin çok sayıda soru çözmelerine imkan tanıyarak, genellemelere ulaşmalarını kolaylaştırmaktadır. Buna bağlı olarak Baki (2002), matematikte kanıt ve genelleme aşamalarının matematiksel bir çalışmayı tamamladığını belirtmekte ve geleneksel öğretim yöntemlerinde bu aşamaların kâğıt kalemle gerçekleştirildiğini, ancak bilgisayarların bu aşamaları daha etkin bir şekilde uygulama imkânı verdiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda DGS'lerin öğrenci başarısına olumlu yönde katkı sağladığı belirlenmiştir (Aydoğan, 2007; Filiz, 2009; Köse, 2008). Bununla beraber Güven (2002) geleneksel ortamlarda matematiğin öğrenciler tarafından ezberlenmesi gereken formüller yığını olarak görüldüğünü; dinamik geometri ortamlarında bu fikirlerinin değiştiğini ve matematiğin araştırılması gereken ilişkiler bütünü olarak görmeye başladığını ortaya koymaktadır. Ancak Baker, Gersten ve Lee (2002) düşük başarılı öğrencilerde BDMÖ etkisi üzerine yapılan araştırmaların bir sentezini oluşturmuş ve bu çalışma sonucunda öğrencilerin istatistiksel olarak önemli ölçüde bir başarı gösteremediklerini ortaya çıkarmışlardır. Buna ek olarak Tienken ve Maher (2008) yaptıkları çalışmada akademik olarak düşük seviyedeki öğrencilerde BDMÖ'nün negatif bir etkiye sahip olabildiğini ortaya çıkarmışlardır. Bu sonuçlar belki de BDMÖ'nün hala sınıflarımıza tam olarak girememesini açıklar niteliktedir.

Çalışma sonuçlarına göre GeoGebra kullanımının kolay, özellikle de dilinin Türkçe olmasının hem öğrenci hem de öğretici açısından avantaj olduğu da belirlenmiştir. Bunun yanı sıra GeoGebra penceresi üzerinde bulunan araçların seçiminde, sağ üst köşede kullanım adımlarının verilmesi de önemli ölçüde kolaylık sağladığı ortaya çıkan sonuçlar arasındadır. Verilen adımların izlemesiyle üst düzey bilgisayar

bilmeyen bireylerin bile kolaylıkla GeoGebra kullanabilir düzeye gelebileceği söylenebilir. Yazılımın yaratıcısı olan Hohenwarter (2006) da GeoGebra'nın kısa, basit ve yalın talimatlarını izleyerek ileri düzeyde bilgisayar becerisine ihtiyaç duyulmadan GeoGebra'nın rahatlıkla kullanılabileceğini vurgulamaktadır.

Çalışmada geometrik ve cebir girişinin ayrı olması katılımcılar tarafından avantaj olarak görülmüştür. Öte yandan oluşturulan taslağın tüm aşamalarının rahatlıkla izlenebildiği için inşa protokolünün yapısı da katılımcılarca beğenilmiştir. Bu sayede eğitimciler ve öğrenciler, hazırlanan GeoGebra taslaklarının adımlarını izleyerek GeoGebra öğrenmelerine katkı sağlanabilmektedir.

Matematik Öğretiminde GeoGebra Kullanımının Sınırlılıkları

Çalışmada GeoGebra kullanımının, matematik öğretimine çeşitli katkıları vurgulanırken bir takım sınırlılıkları da belirlenmiştir. Bu noktada katılımcılar, fiziksel ortamın ve bilgisayar okuryazarlığının yetersiz olduğunu vurgulamışlardır. Bu bağlamda teknolojik altyapının geliştirilmesi yönünde önemli ölçüde gelişme kaydedilmesine karşın, bu kaynakların kullanımıyla ilgili yetersizliklerin devam ettiği görülmektedir (Haşlamam, Kuşkaya-Mumcu, & Koçak-Usluel, 2007). Buna bağlı olarak Kutluca ve Birgin (2003) ve Uşun (2004) teknoloji okuryazarlığının yetersiz olması durumunda BDMÖ'den verim alınmayacağını vurgulamaktadırlar. Diğer yandan öğretmenlerin daha önceden alışılan geleneksel yöntemlerden kopamadıkları ortaya çıkan sonuçlar arasındadır. Bu durum, Hare (1999)'in "bir kişinin matematiğe bakışı, o kişinin matematiği nasıl öğrendiği ile ilgilidir" ifadesiyle açıklanabilir.

Aynı zamanda öğrencilerin bilgisayara karşı olası olumsuz tutumunun matematik dersine de olumsuz yansımaları beklenmektedir. Bu nedenle bilgisayar başında öğrenciyi derste tutmak zorlaşabilir ve öğrencinin ders dışına çıkarak, bilgisayar üzerinde farklı aktivitelere yönelmesine sebep olabilir. Kutluca ve Birgin (2003) de bu tür materyallerin kalabalık sınıflarda etkili kullanımını ve disiplini sağlamayı zorlaştırdığını belirtmektedir. Öte yandan katılımcılardan bazıları, GeoGebra'nın matematiksel işlemler doğrultusunda doğrudan sonuca ulaşılmasını sakıncalı bulmuştur. Alan yazında ise bilgisayarların, öğrenciyi doğruya yönlendirecek bir sistemin olmadığını, çünkü cevapların ya doğru ya da yanlış olduğu belirtilmiştir (Uşun, 2004; Yıldırım & Şahin, 1999). Diğer taraftan çalışmada yazılımın iki boyutlu olması sınırlılık olarak görülürken bunun gerekçesi olarak da öğrencinin üç boyutlu düşünmede zorlanması öne sürülmüştür.

Çalışmada matematik öğretmen adayları cebir girişinde bazı matematiksel formüllerin uzun olmasını sorun olarak görmüş, formülleri oluşturmada ve sürgününün bağlanmasında problem yaşamışlardır. GeoGebra'nın sınırlılıklarını belirten Dikovic (2009) ve Hohenwarter, Hohenwarter ve Lavicza (2010) yazılımı kullanma deneyimleri olmayan öğrencilerin cebir girişinde oldukça zorlanabileceklerini, temel özellikleri öğrenme konusunda zor olmamasına rağmen öğrencilerin kendilerini sıkıntıda hissedebileceklerini vurgulamışlardır.

SONUÇ

Matematik öğretiminde GeoGebra kullanımının önemli ölçüde katkıları söz konusu iken çevresel faktörlerden ve GeoGebra kullanımından kaynaklanan bir takım sınırlılıklar belirlenmiştir. Bu noktada çalışmada uygulanan seminerlerin kısa süreli olması GeoGebra'ya yönelik olumlu yönde bir algının oluşmasını engellemiş olabilir. Dolayısıyla daha uzun süreli uygulamalarla GeoGebra'nın matematik öğretiminde temel katkılarının ve sınırlılıklarının derinlemesine ortaya çıkarılması sağlanabilir.

Sonuç olarak teknolojinin sınıflarda daha etkin kullanımı için kolay anlaşılır yazılımların tasarlanma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu sayede teknolojiye karşı olan önyargıların önüne geçilebilir. Ayrıca hizmet öncesi öğretmen eğitimindeki alan derslerinden bir kısmının içerikleri, bilgisayar destekli

düzenlenerek öğretmen adaylarında teknoloji ile öğrenme algısının ve becerisinin geliştirilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Akkoç, H. (2006) *Bilgisayar destekli matematik öğretimi: Grafik analiz yaklaşımı*. İstanbul: Toroslu Kitaplığı.
- Aktümen, M., & Kaçar, A. (2003). İlköğretim 8.sınıflarda harfli ifadelerle işlemlerin öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin rolü ve bilgisayar destekli öğretim üzerine öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2), 339-358.
- Aktümen, M., Yıldız, A., Horzum, T., & Ceylan, T. (2011). İlköğretim matematik öğretmenlerinin geogebra yazılımının derslerde uygulanabilirliği hakkındaki görüşleri. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 2(2). ISSN: 1309-4653.
- Altun, M. (2008). *Liselerde matematik öğretimi*. İstanbul: AlfaYayımları.
- Altun, M., & Alkan, H. (1999). Matematik öğretimi. A. Özdaş (Ed.), *Matematik öğretmenliği*. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.
- Ankara Geogebra Enstitüsü. (2010). Temmuz 11, 2010 tarihinde <http://ankarageogebra.org/cms/> adresinden alınmıştır.
- Antohe, V. (2009). Limits of educational soft "GeoGebra" in a critical constructive review. *Annals. Computer Science Series*, 7(1), 47-54.
- Arslan, B. (2003). Bilgisayar destekli eğitime tabi tutulan ortaöğretim öğrencileriyle bu süreçte eğitici olarak rol alan öğretmenlerin BDE'e ilişkin görüşleri. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 67-75.
- Aydoğan, A. (2007). *The effect of dynamic geometry use together with open-ended explorations in sixth grade students' performances in polygons and similarity and congruency of polygons*. Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Baker, S., Gersten, R., & Lee, D. (2002). A synthesis of empirical research on teaching Mathematics to low-achieving students. *Elementary School Journal*, 103(1), 51-73.
- Baki, A. (2000). Bilgisayar donanımlı ortamda matematik öğrenme. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19,186-193.
- Baki, A. (2002). *Öğrenen ve öğretenler için bilgisayar destekli matematik*. İstanbul: Tübitak Bitav-Ceren Yayınları.
- Baki, A. (2006). *Kuramdan uygulamaya matematik eğitimi*. Trabzon: Derya Kitabevi.
- Berberoğlu, G., & Güzel, Ç. (2010). Students' affective characteristics and their relation to mathematical literacy measures in the programme for international student assessment (PISA) 2003. *Eurasian Journal Educational Research*, 40.
- Berberoğlu, G., & Kalender, I. (2005). Öğrenci başarısının yıllara, okul türlerine, bölgelere göre incelenmesi: ÖSS ve PISA analizi. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama*, 4(7), 21-35.
- Cannon, T. R. (2005). *Student success: a study of computer – based instruction versus lecture – based instruction in developmental mathematics at a tennessee community college*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, The University of Tennessee, Knoxville, USA.
- Dikovic, L. (2009). Implementing dynamic mathematics resources with geogebra at the college level. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 4(3), 51-54.
- Doğan, M., & İçel, R. (2011). The role of dynamic geometry software in the process of learning: GeoGebra example about triangles. *International Journal of Human Sciences[Online]*. 8(1).

- Edwards, J. A., & Jones, K. (2006). Linking geometry and algebra with GeoGebra. *Mathematics Teaching, 194*, 28-30.
- Eğitim Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı. [EARGED]. (2005). *Öğrenci başarısı belirleme programı (Pisa-2003), Ulusal nihai rapor*. Ankara: MEB- Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- Erol, Ç., Özdemir, Ş., Özen, Z., Akadal, E., & Ayyavaz Reis, Z. (2012). Fibonacci spiral in sunflower with GeoGebra. *Journal Of Education And Instructional Studies In The World, 2(25)*, ISSN: 2146-7463.
- Filiz, M. (2009). *Geogebra ve Cabri geometri II dinamik geometri yazılımlarının web destekli ortamlarda kullanılmasının öğrenci başarısına etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Goldenberg, E. P., & Cuoco, A. A. (1998). What is dynamic geometry? R. Lehrer & D. Chazan (Eds.), *Designing learning environments for developing understanding of geometry and space içinde* (ss. 351-368). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gökçek, T. (2004). Matematik öğrenme ve öğretmede teknolojinin rolü. Trabzon. Ocak 13, 2010 tarihinde <http://ab2004.ktu.edu.tr/sunum/tg1.pps> adresinden alınmıştır.
- Güven, B. (2002). *Dinamik geometri yazılımı cabri ile keşfederek geometri öğrenme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Hare, M. (1999). *Revealing what urban early childhood teachers think about mathematics and how they teach it: Implications for practice*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, University Of North Texas, USA.
- Haşlamam, T., Kuşkaya-Mumcu, F., & Koçak-Usluel, Y. (2007). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin öğrenme-öğretme süreçleriyle bütünleştirilmesine yönelik bir ders planı örneği. *Eğitim ve Bilim, 32(146)*, 54-63.
- Hohenwarter, J., & Hohenwarter, M. (2011). *GeoGebra resmi kullanma kılavuzu*. (M. Doğan, & E. Karakırık, Çev.). Ankara: Nobel Yayın.
- Hohenwarter, J., Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2008). Introducing dynamic mathematics software to secondary school teachers: The case of GeoGebra. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 28(2)*, 135-146.
- Hohenwarter, J., Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2010). Evaluating difficulty levels of dynamic geometry software tools to enhance teachers' professional development. *International Journal for Technology in Mathematics Education, 17(3)*, 127-134.
- Hohenwarter, M. (2006). *GeoGebra - educational material and applications in mathematics teaching*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, University of Salzburg, Salzburg.
- Kabaca, T., Aktümen, M., Aksoy, Y., & Bulut, M. (2010). Matematik öğretmenlerinin avrasya geogebra toplantısı kapsamında dinamik matematik yazılımı geogebra ile tanıştırılması ve geogebra hakkındaki görüşleri. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 1(2)*, 148-165.
- Kazu, İ. Y., & Yavuzalp, N. (2008). Öğretim yazılımlarının kullanımına ilişkin öğretmen görüşleri. *Eğitim ve Bilim, 33(150)*, 110-126.
- Köse, N. (2008). *İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinin dinamik geometri yazılımı cabri geometriyle simetriyi anlamlandırmalarının belirlenmesi: Bir eylem araştırması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Kutluca, T., & Birgin, O. (2007). Doğru denklemi konusunda geliştirilen bilgisayar destekli öğretim materyali hakkında matematik öğretmeni adaylarının görüşlerinin değerlendirilmesi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27(2)*, 81-97.
- Marrades, R., & Gutierrez, A. (2000). Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment. *Educational Studies in Mathematics, 44(1)*, 87-125.

- NCTM, (2000). Principles and Standards for School Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics.
- Olkun, S., Şahin, Ö., Akkurt, Z., Dikkartın, F. T., & Gülbağcı, H. (2009). Modelleme yoluyla problem çözüme ve genelleme: İlköğretim öğrencileriyle bir çalışma. *Eğitim ve Bilim*, 34(151), 65-73.
- Senemoğlu, N. (1997). *Gelişim, öğrenme ve öğretim kuramdan uygulamaya*. Ankara: Spot Matbaacılık.
- Sherman, T. M., & Kurshan, B. L. (2005). Constructing learning: Using technology to support teaching for understanding. *Learning & Leading with Technology*, 32(5), 10-39.
- Tienken, C., & Maher, J. (2008). The influence of computer-assisted instruction on eighth grade mathematics achievement. *Research in Midlevel Education*, 32(3), 1-13.
- Touger, H.E. (1986). Models: Help or hindrance. *Arithmetic Teacher*, 33(7), 36-37.
- Uşun, S. (2004). *Bilgisayar destekli öğretimin temelleri*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Van Voorst, C. (1999). Technology in mathematics teacher education. Retrieved March 4, 2008, from <http://www.ict.org/T99 Library/T99 54.PDF>.
- Yenilmez, K., & Karakuş, Ö. (2007). İlköğretim sınıf ve matematik öğretmenlerinin bilgisayar destekli matematik öğretimine ilişkin görüşleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14, 87-98.
- Yıldırım, S., & Şahin, T., (1999). *Öğretim teknolojileri ve materyal geliştirme*. İstanbul: Anı Yayıncılık.
- Yushau, B., Bokhari, M. A., & Wessels, D. C. J. (2004). Computer aided learning of mathematics: Software evaluation. *Mathematics and Computer Education*, 38(2), 165-182.
- Zengin, Y., & Kutluca, T. (2011). Ortaöğretim matematik dersinde GeoGebra kullanımı üzerine öğretmen adaylarının görüşleri. *5th International Computer & Instructional Technologies Symposium*, 22-24 Ekim, Fırat University, Elazığ.