

Dinamik Geometri Yazılımı Destekli Öğretim Yoluyla Matematik Öğretmen Adaylarının Zihinde Döndürme Becerilerinin Geliştirilmesi*

Feyza KURBAN** Hüseyin Bahadır YANIK***

Atıf için:

Kurban, F. ve Yanik, H. B. (2022). Dinamik geometri yazılımı destekli öğretim yoluyla matematik öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerinin geliştirilmesi. *Journal of Qualitative Research in Education*, 31, 56-84. doi: 10.14689/enad.31.1603

Öz: Zihinde döndürme dahil olmak üzere uzamsal beceriler matematiği anlamak, kavramak, keşfetmek ve öğrenmek için gereklidir, ancak matematik eğitiminde yapılan araştırmalar matematik öğretmen adaylarının uzamsal becerilerinin yetersizliğine dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, Bilişsel Yük Kuramı (BYK) referans alınarak tasarlanan ve Dinamik Geometri Öğrenme Ortamında (DGÖO) yürütülen bir öğretimin etkililiği araştırılmıştır. Araştırmanın örnekleme amaçlı örnekleme tekniği ile belirlenen dört matematik öğretmeni adaydır. Yöntem olarak bireysel öğretim deneyinin kullanıldığı çalışma üç adımda gerçekleştirildi: ön değerlendirme— öğretim oturumları/öğretim— son değerlendirme. Toplanan nicel ve nitel veriler içerik analizi yoluyla analiz edilmiştir. Bulgular, öğretimden önce katılımcıların zihinde döndürme becerilerinin temel veya daha düşük seviyede olduğunu göstermiştir. Katılımcılar düşük zihinde canlandırma becerilerine, matematik dili kullanımında yetersizliklere ve döndürme ve bileşenleri hakkında kavram yanılgılarına sahiptiler. Öğretimden sonra, katılımcıların zihinde döndürme performansları, zihinde canlandırma becerileri, matematik dili kullanımları ve dönme hareketi ve bileşenleri ile ilgili kavram şemaları dahil zihinde döndürme becerileri gelişti. DGÖO'nda gerçekleştirilecek bir öğretim tasarlanırken, öğrenenlerin bilişsel yüklerinin göz önünde bulundurulması önerilir.

Anahtar Kelimeler: Zihinde döndürme becerisi, bilişsel yük kuramı, dinamik geometri öğrenme ortamı.

Makale Hakkında

Gönderim Tarihi:
14.09.2021
Düzeltilme Tarihi:
05.01.2022
Kabul Tarihi:
10.02.2022

Makale Türü

Araştırma

© 2022 ANI Yayıncılık. Tüm hakları saklıdır.

* Bu makale, ikinci yazarın danışmanlığında birinci yazarın 2018 yılında tamamladığı doktora tezinden üretilmiştir.

** Sorumlu Yazar: MEB, Türkiye, fezya.1526@gmail.com

*** Anadolu Üniversitesi, Türkiye, hbyanik@anadolu.edu.tr

Giriş

Uzamsal yeteneğin bileşenlerinden biri olan zihinde döndürme, harita okuma, yön bulma ve problem çözme gibi becerilerle yakından bağlantılıdır ve uzamsal akıl yürütmenin merkezi bir ölçütüdür (Bruce ve Hawes, 2015). Bazı araştırmacılar zihinde döndürmeyi matematik öğretim programlarının ihmal edilen bir alanı olarak nitelendirmektedir (Bkz. Bruce ve Hawes, 2015). Zihinde döndürme: (1) iki ya da üç boyutlu (2B'li ya da 3B'li) nesnelere zihinde bir (Miyake vd., 2001) ya da iki adımdan oluşan (Woolf vd., 2003) dönme hareketlerini (dönüşümleri) uygulayabilme, (2) 2B'li ya da 3B'li uzayda 2B'li (ya da 3B'li) nesneleri döndürdükten sonra elde edilecek görüntüleri zihninde canlandırabilme (Martin-Gutierrez ve Acosta-Gonzalez, 2017), ya da (3) 2B'li ya da 3B'li nesnelerin yönelimlerinin aynı olup olmadığına karar vermek için bir uyarıcıyı başka bir referans verilen uyarıcıyla hizalama (Shepard ve Metzler, 1971; Jola ve Mast, 2005; Fernandez-Mendez vd., 2018), şeklinde tanımlanabilir. Hareket eden katılar ve onların göreceli hareketleri ile başa çıkabilmek için gerekli olan zihinde döndürme (D'Oliveira, 2004), dinamik uzamsal bir yetenek olarak ele alınmaktadır (Bkz. Uttal vd., 2013). Öğrencilerin matematik öğretim programlarında yer alan çeşitli kavramları (örneğin, bir noktanın başka bir nokta etrafında döndürüldükten sonraki konumunu belirleyebilme) anlayabilmeleri ve matematik derslerinde gerçekleştirilen etkinlikleri (örneğin, bir kâğıt parçasının kenarlarından biri etrafında döndürüldükten sonra oluşacak katıyı hayal edebilme) anlamlandırabilmeleri için zihinde döndürme becerisine sahip olmaları gerekmektedir.

Zihinde döndürme, matematik öğrenmede ve matematikte başarılı olmada önemli bir yere sahiptir (Bruce ve Hawes, 2015; Hawes vd., 2015). Zihinde döndürme becerisi aynı zamanda öğrencilerin matematik performanslarını ön görme gücüne sahiptir (Hawes vd., 2015). Birçok çalışma, öğrencilerin 3B'li döndürme becerilerinin geometri, cebir, kelime problemleri ve aritmetikteki performanslarıyla bağlantılı olduğunu vurgulamaktadır (Bkz. Wei vd., 2012; Hawes vd., 2015; Uribe vd., 2017). Zihinde döndürme dahil gelişmiş uzamsal becerilere sahip olmak matematiği anlama, kavrama, keşfetme ve öğrenme için gereklidir. Matematik öğretmenleri, öğrencilerine matematiği daha iyi aktarabilmek ve öğretebilmek ve onlara zihinde döndürme becerilerini kullanmalarında rehberlik edebilmek için gelişmiş uzamsal becerilere sahip olmalıdırlar.

Matematik eğitiminde yapılan araştırmalar, çeşitli seviyelerdeki öğrencilere matematik öğretecek olan öğretmen adaylarının uzamsal yeteneklerinin yeterli seviyede olmadığına işaret etmektedir (Bkz. Guven ve Kosa, 2008; Turgut ve Yılmaz, 2012). Öte yandan birçok çalışma, bilgisayar-tabanlı öğrenme ortamlarında öğrencilerin uzamsal becerilerinin bilhassa zihinde döndürme becerilerinin geliştirilebileceğini vurgulamaktadır (Bkz. Cherney, 2008; Gecu ve Cagiltay, 2015; Ozcakır-Sumen, 2018). Dinamik geometrik yazılımları, öğrencilerin ekranda sunulan geometrik katıları Mouse ile manipüle edebilmelerine olanak tanımaktadır.

Maksimum öğrenme, öğrencilerin bilişsel ve gelişimsel seviyelerine göre tasarlanmış bir öğretimle mümkündür (Bkz. Woolf vd., 2003). Bilgisayar yazılımlarının geometri ve

uzamsal yeteneğe katkısı yadsınamaz, ancak etkili bir öğretim olmadan öğrencilerin bilgisayarları kendi kendilerine kullanmaları uzamsal becerilerini geliştirmeni sağlamaz. Bu çalışmada, matematik öğretmen adaylarının bilişsel yükleri dikkate alınarak zihinde döndürme becerilerini geliştirmeye yönelik tasarlanan bilgisayar destekli öğretimin etkililiği incelenmiştir.

Bilişsel Yük Kuramı (BYK)

Geleneksel öğretim teknikleri, insan bilişinin sınırlarını dikkate almaz (Schnotz ve Kürschner, 2007). En etkili öğretim, insanın bilişsel mimarisini (Schnotz ve Kürschner, 2007), yani insan beyninin nasıl öğrendiğini ve problem çözdüğünü dikkate alan öğretimdir (Centre for Education Statistics and Evaluation [CESE], 2017). BYK, öğrencilerin bilişsel kaynaklarını öğrenmelerini kolaylaştıracak aktivitelere yönlendiren, teknolojiyle bütünleştirilmiş bir öğretim önerir (Bkz. Chandler ve Sweller, 1991; Taylor, 2013). BYK, öğrenme sürecinde öğrencilerin bilişsel kapasitelerini maksimum düzeyde kullanmalarını sağlayan birtakım teknikler sunar.

Çalışan bellek, uzun süreli bellek, şema oluşumu ve otomatikleşme BYK'nin temelini oluşturur. Çalışan bellek, bilginin işlenmesini sağlayan bir sistemdir (De Jong, 2010) ve yeni bilgilerle uğraşırken kapasitesi sınırlıdır (Paas vd., 2003). Bu sınırlı kapasite çeşitli derecelerde otomatikliğe sahip birçok şemayı içeren uzun süreli bellekten aktarılan aşına bilgilerle uğraşırken sınırsız hale gelir (Paas vd., 2003). Öğrenme, uzun süreli bellekte şemaların oluşması ve var olan şemaların kullanımında otomatiklik kazanma ile meydana gelir (Schnotz ve Kürschner, 2007). Şemalar, bilgi öğelerini organize eden yapılarıdır (Sweller, 1994). Çalışan bellekte işlenen bilgi öğeleri, uzun süreli bellekteki şemalarda saklanır. Nitelikli performans düşük dereceli şemaların yüksek dereceli şemalar içinde birleştirilerek daha karmaşık şemaların yaratılması ile mümkündür (Sweller vd., 1998). İyi öğrenilmiş bilgiler çalışan bellekte otomatik olarak işlenir (Sweller, 1994), bu da daha fazla çalışan bellek kapasitesi anlamına gelir (Sweller vd., 1998). Şema edinimi ve otomatiklik kazanma, öğrencilerin aşına oldukları uzamsal görevleri kolayca yerine getirebilmelerini ve matematik problemlerini zorlanmadan çözebilmelerini sağlar. Bilginin çalışan bellekte işlenmesi sırasında üç farklı türde bilişsel yük ortaya çıkar (Akbulut, 2014; Van Merriënboer ve Sluijsmans, 2009): Asıl bilişsel yük (Intrinsic load), konu dışı bilişsel yük (extraneous load), and etkili bilişsel yük (germane load). Asıl yük, öğrenilecek içeriğin doğal karmaşıklığından kaynaklanır (Bkz. De Jong, 2010; Sweller, 2010). Öğrencilerin ön bilgilerine yer verme (Mayer ve Moreno, 2003), içeriği basitten karmaşığa doğru sıralama (van Merriënboer ve Sweller, 2005), ya da öğrenilecek içeriği parçalara ayırma (Kester vd., 2010) çalışan belleğin aşırı yüklenmesini önleyen ve asıl bilişsel yükün yönetilmesini sağlayan stratejiler olarak kullanılmaktadır. Konu dışı yük, öğretim materyalleri ya da yönergeler öğrenme için uygun olarak tasarlanmadığında ortaya çıkar (Bkz. Van Merriënboer ve Sweller, 2005; Pouw vd., 2019). Bilgiyi zaman ya da mekâna yayma (Kalyuga vd., 1998; van Merriënboer ve Sweller, 2005; Pouw, Rop, De Koning ve Paas, 2019), öğrenme materyalleri içinde gereksiz bilgilere yer verme (Kalyuga vd., 1998; Van Merriënboer ve Sweller, 2005; Pouw vd., 2019) ve bir problemi çözmek için deneme yanılma gibi

rastlantısal tekniklere başvurma, konu dışı yükün artmasına neden olabilir. İlgili yazılı bilgiyi geometrik bir şekle entegre etme (Kalyuga vd., 1998), gereksiz bilgilere yer vermekten kaçınma (Kalyuga vd., 1998) ve problemin çözüm adımlarının hepsini ya da belirli bir kısmını sunma (Paas vd., 2003; Van Merrienboer ve Sweller, 2005) konu dışı bilişsel yükün azaltılmasında kullanılan stratejilerdir. Etkili yük, yeni şemaların inşası ve mevcut şemalarda otomatiklik kazanma sırasında oluşur (Bkz. Paas vd., 2003). Öğrenmenin sağlanması için çalışan bellekteki etkili yük miktarı artırılmalıdır. Öğrencilerden öğrenme materyali hakkında bireysel açıklamalar yapmalarını istemek (Kalyuga, 2011) ve verilen bir problemi nasıl çözeceklerini hayal etmelerini istemek (Leahy ve Sweller, 2004), etkili yüke neden olur. Öğrenme için bu üç yükün toplam miktarı çalışan bellek kapasitesini aşmamalıdır. Asıl yükü yönetmek, konu dışı azaltmak ve etkili yükü artırmak, çalışan belleğin kapasitesinin optimum şekilde kullanılmasını olanaklı kılar (Van Merrienboer ve Sweller, 2010; Khalil ve Elkhider, 2016). Bu çalışmada, "BYK referans alınarak tasarlanan ve DGÖO'da yürütülen bir öğretimin matematik öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerini geliştirmedeki etkisi" araştırılmıştır. Bu kapsamda aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır.

- BYK referans alınarak tasarlanan ve DGÖO'da yürütülen öğretimin matematik öğretmen adaylarının zihinde döndürme performanslarını geliştirmede etkisi nedir?
- Öğretimin matematik öğretmen adaylarının zihinde canlandırma becerilerini geliştirmede etkisi nedir?
- Öğretimin, öğretmen adaylarının matematik dil kullanımlarını geliştirmede etkisi nedir?
- Öğretimin matematik öğretmen adaylarının dönme hareketi ve bileşenlerine ilişkin kavram şemalarını geliştirmede etkisi nedir?

Yöntem

Bu bölüm yedi alt başlıkta açıklanmıştır: (a) araştırma tasarımı, (b) katılımcılar, (c) veri toplama süreç ve prosedürleri, (d) öğretim oturumları (öğretim), (e) geçerlilik ve güvenilirlik, (f) veri analizi ve (g) inandırıcılık ve etik.

Araştırma Tasarımı

Bu çalışmada, BYK'ye dayalı olarak tasarlanan ve DGÖO'da yürütülen bir öğretimin matematik öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerini geliştirmede etkisini incelemek için bireysel öğretim deneyi (Steffe ve Thompson, 2000) kullanılmıştır. Öğretim deneyi (Cobb ve Steffe, 1983), teknolojik araçlarla (örneğin, video kamera, ses kaydedici) kaydedilen bir dizi ardışık öğretim oturumundan oluşur (Steffe ve Thompson, 2000). Öğretim, tek bir öğrenci (veya birkaç öğrenci), bir öğretmen ve oturumlara tanık olan bir gözlemci ile gerçekleştirilir (Steffe ve Thompson, 2000). Öğretim oturumlarından önce oluşturulan bir dizi hipotez, oturumlar sırasında test edilir (Steffe ve Thompson, 2000). Araştırmacı, öğrenme ortamından toplanan verileri ve test edilen

hipotezlerden elde ettiği bulguları göz önünde bulundurarak bu hipotezlerden bazılarını değiştirebilir ve yenilerini üretebilir.

Çalışmada öğretim deneyi üç adımda gerçekleştirildi: Ön değerlendirme— öğretim oturumları— son değerlendirme. Katılımcıların zihinde döndürme becerilerini araştırmak için kendilerinden ön ve son değerlendirmelerde çoktan seçmeli bir testi ve bir araştırma aracını yanıtlamaları istenmiş ve her biriyle görüşmeler yapılmıştır. Ön değerlendirmeden sonra, katılımcıların her biri ile dört öğretim oturumu gerçekleştirilerek zihinde döndürme becerileri geliştirilmek istenmiştir.

Katılımcılar

Çalışma katılımcılarını belirlemek için amaçlı örnekleme tekniği (Bkz. Creswell, 2013; Palys, 2008) kullanılmıştır. Bu teknik, çalışma örneklemini, öğretim yerini ve öğretim stilini içeren bir dizi durumu göz önünde bulundurmayı gerektirir (Palys, 2008) ve çalışılan konu hakkında detaylı ve derinlemesine bilgi verebilecek en uygun katılımcıların seçilmesini sağlar (Mertens, 2020; Sargeant, 2012). Araştırma örneklemini bir devlet üniversitesinin İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı'nda öğrenim gören ikinci sınıf öğrencileri arasından seçilmiştir. Bu çalışmaya katılım ölçütleri, 36 sorudan oluşan Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi'nin (PUGT) 12 sorudan oluşan zihinde döndürme sorularında (Guay, 1976) temel düzey ya da altında performans gösterme, 10 görevden oluşan Zihinde Döndürme Değerlendirme Görevleri'nde (ZDDG) düşük performans gösterme, görüşmelerde düşünce ve görüşlerini etkili bir şekilde ifade edebilme ve öğretim oturumlarına katılmada gönüllü ve istekli olma, şeklindeydi.

Örneklemin önceden belirlenmiş bazı kriterlere göre seçilmesi, amaçlı örnekleme tekniğinde kullanılan stratejilerden (ölçüt örnekleme) biridir (Bkz. Patton, 1990; Mertens, 2020). Bu stratejide, araştırmacılar bazı kriterler belirler ve ardından bu kriterleri karşılayanlar arasından örneklemini seçerler (Mertens, 2020). Bu örnekleme stratejisi, bir programın veya sistemin iyileştirilmesine katkıda bulunabilecek önemli sistem zayıflıklarını ortaya çıkarmak için bilgi açısından zengin durumlar sağlayabilecek en uygun örneğin belirlenmesine izin verir (Patton, 1990). Eğitime kimlerin katılması gerektiğini belirlemek için tüm öğretmen adaylarından PUGT'yi ve ZDDG'yi yanıtlamaları istendi. Ancak, her ikisine de yanıt verenlerden yalnızca kadınlar bu kriterleri karşıladı ve aralarından dördü çalışma örneklemini oluşturdu. Zaten cinsiyet faktörü ile uzamsal yetenek arasındaki bağlantıyı araştıran birçok çalışma, erkeklerin uzamsal yetenek görevlerinde kadınlardan daha iyi performans gösterdiğine dikkat çekmektedir (Bkz. Reilly vd., 2017; Yuan vd., 2019).

Veri Toplama Süreci ve Prosedürleri

Bu çalışma kapsamında hem nicel hem de nitel veriler toplanmıştır. Nitel ve nicel veriler öğretim öncesi ve sonrası katılımcıların PUGT'de yer alan çoktan seçmeli 12 zihinde döndürme sorusuna ve ZDDG'de yer alan 10 göreve verdiği yanıtlardan elde edilmiştir. Bu veri toplama araçları makale boyunca, ön-PUGT Döndürme Soruları (ön-PUGT:

ZDS), son-PUGT Döndürme soruları (son- PUGT: ZDS), ön-Zihinde Döndürme Değerlendirme Görevleri (ön- ZDDG) ve son-Zihinde Döndürme Değerlendirme Görevleri (son- ZDDG) olarak anılmıştır. Ön/son-PUGT: ZDS ve ön/son- ZDDG katılımcıların zihinde döndürme performansları ile ilgili nicel verilerin toplanmasını sağlamıştır. Nitel veriler, ön/son- ZDDG ve bu görevlere dayalı olarak gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilmiştir.

Ön/son-PUGT: ZDS'de, katılımcılara önce bir nesne ve ona belirli bir dönme hareketi (ya da hareketleri) uygulandıktan sonraki görüntüsü sunulur, sonra başka bir nesneye aynı dönme hareketini (ya da hareketlerini) uyguladıklarında elde edilecek görüntüyü şıklar içinden bulup işaretlemeleri istenir. Ön/son- ZDDG'leri uzman görüşü alınarak bu çalışmanın birinci yazarı tarafından hazırlanmıştır. BYK'ye göre hazırlanan ön/son- ZDDG'lerde yer alan sorular özelliklerine göre iki kategoride ele alınabilir. Birinci kategoride düşük bilişsel talepli tek-eksende döndürme görevlerine (6 görev), ikinci kategoride ise yüksek bilişsel talepli iki eksende döndürme görevlerine (4 görev) yer verilmiştir. Katılımcıların ön/son-PUGT: ZDS'ye ve ön/son- ZDDG'lere verdikleri yazılı yanıtlar, zihinde döndürme performanslarını nicel olarak değerlendirmeyi sağlamıştır.

Katılımcıların zihinde canlandırma becerilerini yorumlayabilmek, anlayabilmek ve ortaya çıkarabilmek için onlardan ön/son- ZDDG'leri nasıl yerine getirdiklerini anlatmaları istenmiştir. Daha sonra, katılımcılara dönme hareketi ve bileşenleri ile ilgili sorular sorularak onların bu kavramlar ile ilgili şemaları hakkında bilgi toplamak istenmiştir. Bu sonda sorular şu şekildedir: "Dönme hareketi" teriminin anlamını açıklar mısınız? "Dönme yönü" nedir? "Dönme açısı" nedir? Görüşmeler, katılımcıların dönme hareketi ile ilgili kavram şemalarının yanı sıra zihinde canlandırma becerilerini değerlendirmeyi sağlamıştır. Ek olarak, katılımcıların ön/son- ZDDG'lerine verdikleri yazılı yanıtlar, matematik dili kullanımları hakkında nitel bilgi toplamayı sağlamıştır.

Öğretim Oturumları (Öğretim)

DGÖO'de yürütülen öğretim oturumlarının tasarımında BYK referans çerçeve olarak alınmıştır. Öğretimin odak noktası, katılımcıların zihinde döndürme performanslarını, matematiksel dil kullanımlarını, zihinde canlandırma becerilerini ve dönme hareketi ve bileşenleri ile ilgili kavram şemalarını kısaca zihinde döndürme becerilerini geliştirmektir. Öğretim içeriği, etkinlikler ve materyaller tasarlanırken, katılımcıların asıl yüklerini yönetmek, konu dışı yüklerini azaltmak ve etkili yüklerini artırmak hedeflenmiştir. Böylece, çalışan bellek yükleri dengede tutulmak istenmiştir. Katılımcıların ön- ZDDG'lere verdiği yanıtlar, öğretim oturumlarının tasarlanmasına rehberlik etmiştir. Her katılımcı, her biri yaklaşık 90 dakika süren dört öğretim oturumuna katıldı ve oturumlar kayıt altına alındı.

Asıl yükü yönetme: Her oturumda ve oturumlar boyunca döndürme görevlerinin karmaşıklığı kademeli olarak artırılmıştır. İlk iki oturumda tek eksende döndürme görevlerine (birinci kategori görevler) yer verilirken, son iki oturumda iki eksende döndürme görevlerine (ikinci kategori görevler) yer verilmiştir (Bkz. Tablo 1). Katılımcılar,

her bir öğretim oturumdaki görevleri, aynı ya da önceki oturumlarda yer alan alt görevlere benzeyecek şekilde bölerek yanıtlamaları için yönlendirilmişlerdir. Bu şekilde, iki eksende döndürme görevlerini tek eksende döndürme görevlerine dönüştürerek görevleri gerçekleştirebilmiştir.

Tablo 1.

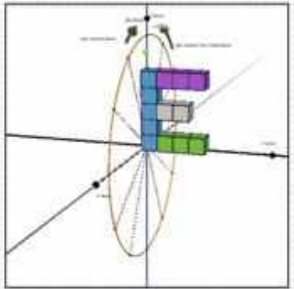
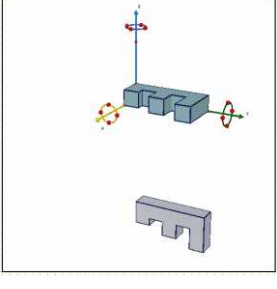
Her Bir Öğretim Oturumunda İçerilen Görevler

Oturumlar	Her Bir Öğretim Oturumunda Kullanılan Görevler
Birinci Oturum	Sunulan bir katıyı belirli bir dönme eksenini etrafında belirtilen yön ve açıda döndürme. Sunulan katı ve görüntüsünden tek eksende gerçekleştirilen dönme hareketini belirleme.
İkinci Oturum	Sunulan katı ve görüntüsünden tek eksen etrafında gerçekleştirilmiş dönme hareketini belirledikten sonra, bu dönme hareketini sunulan başka bir katıya uygulama.
Üçüncü Oturum	Sunulan bir katıyı belirtilen iki farklı eksen etrafında belirtilen yönler ve açılarda döndürme. Sunulan katı ve görüntüsünden iki eksende gerçekleştirilen dönme hareketini belirleme.
Dördüncü Oturum	Sunulan katı ve görüntüsünden iki eksen etrafında gerçekleştirilmiş dönme hareketini belirledikten sonra, bu dönme hareketlerini sunulan başka bir katıya uygulama.

Konu dışı yükü azaltma: Her bir oturum için kategoriye özgü Cabri3D materyalleri tasarlandı. Katılımcılar zihinlerinde canlandırdıkları dönme hareketlerini bu materyallere uygulayabiliyorlardı. Onlar dönme eksenlerini, yönünü ve açısını doğru belirleyip belirlemediklerini Cabri3D'de kontrol edebildiler. Ayrıca döndürülen nesnenin görüntüsünü zihinlerinde doğru bir şekilde oluşturup oluşturmadıklarını da kontrol edebildiler. İlk öğretim oturumlardaki Cabri3D materyalleri, katılımcıların dikkatini dönme hareketi ve bileşenlerine çekmeyi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Cabri3D materyallerindeki dönme eksenleri daha kalın hale getirilmiş ve farklı bir renge boyanmıştır. Dönme yönleri oklarla gösterildi ve etiketlendirildi. Benzer şekilde, dönme açısı katılımcılar tarafından ayırt edilebilir hale getirildi. Öğitmen, katılımcıların dönme hareketini ve bileşenlerini içselleştirdiklerini anladığında, onların dönme hareketlerinin bu bileşenlerinin ayırt edilebilir olmadığı farklı Cabri3D materyallerini kullanmalarını sağladı.

Şekil 1.

İlk Öğretim Oturumu için Tasarlanan Cabri3D Materyalleri

İlk Oturumun Başında Kullanılan Örnek Cabri3D Materyali	İlk Oturumun Sonunda Kullanılan Örnek Cabri3D Materyali
	

Etkili yükü artırma: Kategoriye-özgü görev olma özellikleri korunurken, döndürülen katının formu, dönüş eksenini, yön ve açı ölçüsü değiştirilerek değişkenlik etkisi yaratılmıştır. Her öğretim oturumunda katılımcılar, değişkenlik etkisi ile üretilen bu görevleri çözmeye çalıştılar. Böylece, kategoriye-özgü görevleri çözmeyi sağlayacak şemalar inşa edebilmek için fırsat yakaladılar. Katılımcılar, her bir görevin çözüm sürecini hayal etmeleri ve çözümleri hakkında bireysel açıklamalar yapmaları için teşvik edildiler. Onlara şu şekilde yönergeler verildi: Katının x-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndürüldükten sonra nasıl görüneceğini hayal ediniz. Görünüşünde ne gibi değişiklikler olduğunu açıklayınız.

Geçerlilik ve Güvenilirlik

Araştırma verilerini toplamak için testler, değerlendirme araçları, anketler veya görüşme soruları gibi farklı araçlar kullanılabilir (Bkz. Zohrabi, 2013). Bu araçlarının geçerliliği "değerlendirmeleri gerekeni değerlendirip değerlenmediklerine (Zohrabi, 2013, s.258)" bağlıdır. Bu araçların özellikleri araştırma için önemlidir çünkü çalışma bulgu ve sonuçlarına onlar aracılığıyla elde edilen bilgilerden ulaşılmaktadır (Burns, 1999; Zohrabi, 2013). Zohrabi'ye (2013) göre araştırma araçlarının geçerliliği uzmanlar tarafından gözden geçirilebilir. Ön/son-PUGT: ZDS, ön/son- ZDDG, görev tabanlı görüşme soruları ve öğretim oturumlarındaki görevler, bu çalışmanın veri toplama araçlarıydı. PSVT, 13 yaşın üzerindeki bireylerin uzamsal yeteneklerini değerlendirmek için kullanılan geçerliliği doğrulanmış bir ölçme aracıdır. Ön/son- ZDDG, görüşme soruları ve öğretim oturumlarındaki görevler bir uzman görüşü alınarak son hallerine getirilmiştir. Veri ve bulguların güvenilirliğini sağlamak için araştırmacı verilerin analizine, yorumlanmasına ve doğrulanmasına iki veya daha fazla uzmanı dahil edebilir (Nunan, 1999). Nunan'ın düşünceleri dikkate alınarak bu çalışmadan elde edilen veriler ve bulgular iki uzman tarafından ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analizlerdeki tutarsızlıklar bir anlaşmaya varılıncaya kadar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Veri Analizi

Toplanan verileri analiz etmek için nicel ve nitel içerik analizi (Hashemnezhad, 2015) kullanılmıştır. Yazılı değerlendirme görevlerinden ve PUGT'ten gelen veriler için nicel içerik analizi kullanılmıştır. Nicel analiz, iletişim içeriğinin sistematik, nesnel ve sayısal olarak rapor edilmesini sağlamıştır (Berelson, 1952). Görüşmelerden elde edilen veriler için nitel içerik analizi kullanılmıştır. Nitel analiz, sözel ve davranışsal verilerin sınıflandırılmasına ve özetlenmesine yardımcı olmuştur (Hancock, 1998). Bu çalışmada nicel ve nitel analizler şu şekilde yapılmıştır. **Nicel verilerin analizi:** Her bir katılımcı tarafından ön/son-PUGT: ZDS'lerin ve ön/son- ZDDG'lerin kaçının doğru olarak yanıtlandığı sayılmıştır. Bu sayılar oranlara veya yüzdelere dönüştürülerek karşılaştırılmıştır. **Nitel verilerin analizi:** Katılımcıların öğretim öncesi karşılaştıkları güçlükler üç temada gruplandırılmıştır. (1) dönme hareketini ya da dönme hareketlerini görselleştirme için gerekli zihinde canlandırma becerisinde yetersizlik, (2) dönme hareketlerini tarif ederken matematik dilini doğru olarak kullanamama ve (3) dönme ve

bileşenleri (dönme eksen, yönü ve açısı) ile ilgili kavram şemalarında yetersizlik. Öğretimin ardından katılımcıların önceden belirlenmiş bu temalarda halen aynı güçlükleri yaşıyor yaşımadıkları incelenmiştir. Kısaca katılımcıların zihinde döndürme becerilerinin gelişip gelişmediği analiz edilmiştir.

İnandırıcılık ve Etik

Etik, çalışmanın gerekliliği, katılımcıların kimlik ve haklarının korunması ve çalışmadan elde edilen bilgilerin yayınlanması gibi gereksinimleri içerir (Fouka ve Mantzourou, 2011). Bu çalışmaya, üniversitenin ilgili bölümünden gerekli izinler alındıktan sonra başlanmıştır. Bu çalışmanın her aşamasına katılan her öğretmen adayından "yazılı olur" alınmıştır. Katılımcılardan katılımları için onay almak, araştırmacının yükümlülüklerinden biridir (Parveen ve Showkat, 2017). Katılımcılar ayrıca çalışmayı bırakmaya karar verirlerse istedikleri zaman ayrılacakları konusunda bilgilendirildi. Bu çalışma boyunca katılımcıların kimliklerini korumak için onlardan takma isimlerle bahsedilmiştir. Araştırmacılar, katılımcıların kimliğini saklama ve kişisel bilgi ve kimliklerini korumakla yükümlüdür (Parveen ve Showkat, 2017).

Literatürde çeşitli inandırıcılık teknikleri bulunmaktadır. "İnandırıcılık, ilgilenilen olgunun güven veren bir açıklaması olarak tanımlanır" (Liao, 2015, p.47). Çalışmanın inandırıcılığı için, "verilerden çıkarılan herhangi bir argüman güçlü ve tatmin edici olmalı ve yapılan herhangi bir iddia veya ifade mantıklı olmalı ve sağlam temelli öncüllere dayanmalıdır" (Kvale, 1996, Akt. Liao, 2015, s. 48). Bu çalışmada başvuru, güvenilirlik tekniklerinden biri olan akran sorgulaması, araştırma konusunda daha önce deneyime sahip (Johnson ve Christensen, 2012) profesyonellerin analitik tartışmalara ve veri yorumlama sürecine (Lincoln ve Guba, 1985) dahil edilmesini gerektirir. Araştırma konusuyla ilgili deneyime sahip ve araştırmanın nasıl yapılacağını, sürecin nasıl izleneceğini ve çalışmanın her aşamasının nasıl gözden geçirileceğini bilen bir uzman veri toplama ve analiz süreçlerini kontrol etti ve yorum, değerlendirme, eleştiri ve yargılarda bulundu.

Bulgular

Bu bölümde, BYK referans alınarak tasarlanan ve DGÖÖ'da yürütülen öğretimin matematik öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerini geliştirmeye etkisine ilişkin bulgular sunulmuştur. Bulgular üç alt bölümde ele alınmıştır: Katılımcıların öğretim öncesi zihinde döndürme becerileri, öğretim süreci ve onların öğretim sonrası döndürme becerileri. Alt bölümlerin odak noktaları şunlardı: katılımcıların zihinde döndürme performansları, (2) zihinde canlandırma becerileri, (3) matematik dilini kullanımları ve (4) kavram şemaları.

Katılımcıların Öğretimden Önce Zihinde Döndürme Becerileri

Katılımcıların ön-PUGT: ZDS doğru yanıt sayıları ve yüzdeleri Tablo 2'de sunulmuştur. Katılımcıların her biri bu soruların %60'ından azını doğru yanıtlamıştır. Tuğçe ve Özge'nin ön-PUGT: ZDS performansları temel seviyenin altında, Melis ve Pınar'ın performansları ise temel seviyeydi.

Tablo 2.

Ön-PUGT: ZDS Doğru Yanıt Sayıları ve Yüzdeleri

Ön-PUGT: ZDS	Performanslar	Tuğçe	Melis	Pınar	Özge
Önce	Doğru yanıt sayısı	4	7	7	5
	Doğru yanıt yüzdesi	%33	%58	%58	%41

Katılımcıların ön- ZDDG doğru yanıt oranları Tablo 3'te sunulmuştur. Özge tüm soruları yanlış yanıtlamıştır. Diğer katılımcılar ise görevlerin en fazla ikisine doğru yanıt vermiştir. Bununla birlikte katılımcıların doğru yanıtladıkları görevler birinci kategoriye aittir. Hiçbiri ikinci kategorideki görevleri doğru yanıtlayamamıştır.

Tablo 3.

Katılımcıların Birinci ve İkinci Kategori ön- ZDDG'lerdeki Doğru Yanıt Oranları

Ön- ZDDG	Kategoriler/ Katılımcılar	Tuğçe	Melis	Pınar	Özge
Önce	Birinci kategori görevler (6 görev)	2/6	2/6	1/6	0/6
	İkinci kategori görevler (4 görev)	0/4	0/4	0/4	0/4

Ön değerlendirme sonrasında yapılan görev tabanlı görüşmeler, katılımcıların dönme hareketi ve bileşenleri hakkında kavram yanılgıları olduğu için görevleri doğru bir şekilde yerine getiremediklerini göstermiştir. Katılımcılar, birinci kategorideki dönme hareketlerini hayal etmekte çok fazla zorluk yaşamaları da ikinci kategori görevlerde yer alan dönme hareketlerini hayal etmekte zorlanmışlardır. Şekil 2'de birinci kategori ön değerlendirme görevlerinden biri yer almaktadır. Katılımcılara sol tarafta sunulan katı nasıl döndürülürse sağ tarafta sunulan görüntüsünün elde edilebileceğini açıklamaları istenmiştir. Katı hangi eksen etrafında, hangi yönde ve hangi açıda döndürülmüştür? Sol tarafta sunulan katı y-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndürüldüğünde sağ tarafta verilen görüntüsü elde edilir. Özge ile yapılan görüşmelerden alınan transkriptler, onun görevdeki dönme hareketini matematiksel olarak doğru bir şekilde ifade edemese de katının hareketini zihninde doğru bir şekilde canlandırabildiğini ortaya koymuştur.

Araştırmacı: Katıyı nasıl döndürdün? Tarif edebilir misin?

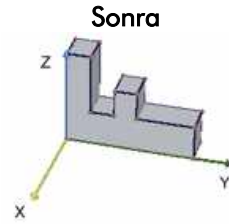
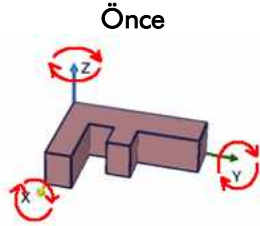
Özge: Bu şekli (katıyı) bu eksen den tutarak 90 derece yukarı kaldırdım...Onu bu z-ekseninden tuttum. Arkaya doğru çevirdim. Şeklin (katının) kolları dik bir konuma geldi. Bu şekli görünmeyen arka yüzü üzerine oturttum.

Şekil 2.

Ön- ZDDG'deki Birinci Kategori Görevlerden Biri

Tek Eksende Dönme Görevi

Aşağıda, solda yer alan katıya bir dönme hareketi uygulanarak sağdaki görüntüsü elde edilmiştir. Katının hangi eksen etrafında, hangi yönde ve hangi açıda döndürüldüğünü noktalı alanlara yazınız.



Dönme eksen:

Dönme yönü:

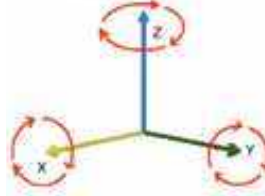
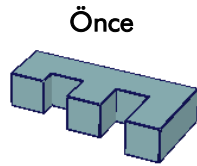
Dönme açısı:

Şekil 3.

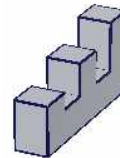
Ön- ZDDG'deki İkinci Kategori Görevlerden Biri

İki Eksende Döndürme Görevi

Aşağıda, ilk satırda, sol tarafta bir katı ve sağ tarafta iki eksende dönme hareketi uygulandıktan sonraki görüntüsü yer almaktadır. Sağdaki görüntüyü elde etmek için soldaki katı nasıl döndürüldü? Uygun matematiksel ifadeleri noktalı alanlara yazınız. İkinci satırda, sol taraftaki katıya aynı dönme hareketleri uygulanırsa oluşacak görüntüyü tarif ediniz.



Sonra



Birinci dönme hareketi

Dönme eksen:

Dönme yönü:

Dönme açısı:

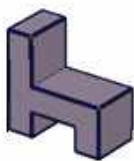
İkinci dönme hareketi

Dönme eksen:

Dönme yönü:

Dönme açısı:

Önce



Sonra

İkinci kategori ön değerlendirme görevlerinden biri Şekil 3'te yer almaktadır. Şekil, E harfine benzeyen bir katıyı, dönme hareketinden sonraki görüntüsünü ve sandalyeye benzeyen başka bir katıyı içermektedir. Katılımcılardan önce, E harfine benzeyen katının dönme hareketlerini, yani dönme eksenini, yönünü ve açısını matematiksel olarak ifade etmeleri istenmiştir. Daha sonra, aynı dönme hareketlerini başka sandalyeye benzeyen katıya uygulamaları ve dönmelerden sonra sandalye benzeri katının görünüşünde meydana gelen değişimi ve onun yeni görüntüsünü tarif etmeleri istenmiştir. Görüşmelerde, katılımcıların hem döndürmeleri hayal etmekte hem de bu döndürmeleri matematiksel olarak ifade etmekte zorlandıkları tespit edilmiştir. Ayrıca, onlar sandalyeye benzeyen katıyı, E harfine benzeyen katı gibi döndürememişlerdir. Melis ile yapılan görüşmeden alınan kesit, onun E harfine benzeyen katının nasıl döndürüldüğünü zihninde canlandıramadığını, bu nedenle sandalye benzeri katıya aynı dönme hareketlerini uygulayamadığını göstermektedir.

Melis: Bu görevi nasıl yanıtlayacağımı bilmiyorum...Nasıl düşüneceğimi bilmiyorum...Kafam karıştı...Düşünemiyorum.

Dönme, bir nesnenin bir eksen ya da nokta etrafındaki dairesel hareketidir. Çalışma, katılımcıların belirli bir eksen etrafında gerçekleştirildiğinde bir nesnenin dönüşünü anlayamadıklarını göstermiştir. Katı ile görüntüsü arasında bağlantı kurarak döndürmelerin nasıl gerçekleştirildiği ile ilgili çıkarım yapamamışlardır. Dönmenin ortogonal eksenlerden biri etrafında, belirli bir yönde (saat yönü ya da saat yönünün tersi yönde) ve belirli bir açı ölçüsünde gerçekleştirildiğini kavrayamamışlardır. Düşme, itme veya kaldırma gibi kuvvet uygulayarak cismi hareket ettirebileceklerini düşünmüşlerdir. Cismin döndürülerek hareket ettiğini düşünmemişlerdir. Melis ile yapılan görüşmeden alınan kesit bu durumu örneklemektedir.

Araştırmacı: Bu katı döndürülerek bu görüntü nasıl elde edilmiştir?

Melis: Bu şekil nasıl elde edildi?... Dik konumdaki bu şeklin geriye doğru kaktınlar arkasına düşürüldüğünü düşündüm, bu yüzden cisim arka yüzü üstü uzandı...

Katılımcılar, 3B'li koordinat sisteminin orijinini, eksenlerini ve koordinat sistemine yerleştirilen nesneyi sırayla bir dayanak noktasına, kaldırma kollarına ve kütleyle benzetmişlerdir. Ayrıca eksenleri tutup hareket ettirerek katıyı döndürebileceklerine inanmışlardır. Onlar eksenler aracılığı ile nesneyi sağdan sola, arkadan öne ve aşağıdan yukarıya doğru hareket ettirmeye çalışmışlardır. Ayrıca, onlar dönme eksenini ve yönünü farklı iki kavram olarak ele almamışlardır. Melis ve Özge ile yapılan görüşmelerden alınan transkriptler, onların dönme eksenini ve yönü konusunda kavram yanılgılarına sahip olduklarını ortaya koymaktadır.

Melis: Dönme eksenini ve yönünün hemen hemen aynı olduğunu düşünüyorum. Dönme eksenini, nesneyi hangi yönde döndürdüğümüzü gösterir.

Özge: Nesneyi her zaman bu eksenlerden birinden tutup hareket ettiriyorduk. Nesneyi kaldırmak için z-eksenini kullandım. Nesneyi soldan sağa döndürmek için x-eksenini ve sağdan sola döndürmek için y-eksenini kullandım.

Katılımcıların, dönme yönünü verilen eksenlere göre belirlemeleri gerekse de onlar dönme yönlerini eksenlerden bağımsız bir şekilde belirleyip ifade ettiler. Dönme yönlerini

(saat yönü ve saat yönünün tersi) bağlama ait sözcükler kullanarak açıkladılar. Katıyı içerden dışarıya doğru ya da dışardan içeriye doğru çevirdim ya da katıyı önden arkaya doğru ya da arkadan öne doğru çevirdim ve benzeri. Dönme yönlerini belirlemek için dönme eksenini referans olarak almamışlardır. Melis'in konuşmasından alınan görüşme kesiti bu duruma örnek olarak verilebilir.

Melis: Dönme yönü, bir nesnenin nereye döndürüleceğini gösterir. Bir cismin bu tarafa mı yoksa o tarafa mı döndürüleceğini gösterir. Mesela ben bu cismi (eli ile silgiyi tutuyor) bu şekilde çevirsem, öne doğru dönecektir. Bu şekilde çevirsem de arkaya doğru dönecektir.

Genel olarak, katılımcılar birinci kategori görevlerde dönme açısının ölçüsünü doğru bir şekilde ifade edebilmişlerdir. Bununla birlikte, dönme açısını ifade ederken eksen ve/veya dönme yönü terimini doğru bir şekilde kullanmamışlardır. Bu durum dönme açısını kavramlaştırmadıkları veya bununla ilgili yeterli kavram şemasına sahip olmadıkları anlamına gelmektedir. Çünkü, bir nesnenin belirli bir eksen etrafında saat yönünde 90 derece döndürülmesi ile elde edilen görüntü ile aynı eksen etrafında saat yönünün tersine 90 derece döndürülmesiyle elde edilen görüntüler birbirinden farklıdır. Tuğçe ile yapılan görüşmeden alınan transkript, dönme açısı hakkında yeterli kavram bilgisine sahip olmadığını ortaya koymaktadır, çünkü o nesneleri belirli bir derecede döndürmek için eksenleri hareket ettirebileceğini düşünüyordu.

Tuğçe: Dönme açısını, nesnelerin bir eğime sahip olmasını sağlamak olarak düşünüyorum. Nesneler eksenler kullanılarak döndürülür. Eksenleri eğerek bir nesneyi döndürebilirim. Ekseni eğerek, nesneye bir açı verebilirim.

Öğretim Süreci

İlk öğretim oturumu etkinliklerinde katılımcılar tek eksenle döndürmeyi gerektiren görevleri yerine getirdiler (oturumlardan alınan örnek ekran görüntüleri Şekil 4'te yer almaktadır). Öğretim, katılımcıların verilen bir katıyı x-ekseni etrafında döndürmelerini gerektiren görevlerle başladı ve ardından verilen nesneyi sırayla y-ekseni ve z-ekseni etrafında döndürmeyi gerektiren görevlerle devam etti. Bu arada eğitmen, katılımcıların Cabri3D materyallerini anlamlı bir şekilde kullanmalarına yardımcı oldu, böylece dönme hareketi ve bileşenleri hakkındaki kavram yanılgılarını gidermeye çalıştı. Bunun için, Cabri3D materyallerinin özelliklerine dikkat çekti (örneğin, dönme ekseninin kalınlığı, dönme yönü okları ve etiketleri ile açı ölçülerini belirlemek için verilen daire parçaları) ve katılımcılar Cabri3D'yi kullanırken materyallerin bu özelliklerine odaklanmaları için yönlendirmelerde bulundu. Eğitmen ilk oturuma katılımcılara dönme hareketinin özellikleri ve bileşenleri hakkında düşüncelerini sağlayacak yönlendirme soruları sorarak başladı ve sonraki öğretim oturumlarında onların daha kritik özelliklerini keşfetmelerini sağlayan yönlendirme soruları sormaya devam etti: "Katı döndürüldüğünde eksenler hareket etti mi? Dönme hareketini uygulamadan önce (sonra) verilen katı üzerinde yer alan bir noktanın dönme eksenine uzaklığı nedir?" Eğitmen, katılımcıların katıyı herhangi bir eksen, yön ve açıda nasıl döndüreceklerini anladıklarını düşündüğünde ve bu kavramların ayırt edici özelliklerini fark edip karıştırmamaya başladıklarını anladığında, onların dönme ekseninin kalınlığı ve yön

okları gibi ipuçlarının kaldırıldığı Cabri3D materyalleri ile çalışmalarını sağladı. Eğitim katılımcılar dönme eksen veya yönünü ayırt etmede zorluk yaşarlarsa, başlangıç Cabri3D malzemelerini yeniden incelemelerini sağladı. Bu tür etkinliklerin, katılımcıların dönme hareketi ve bileşenlerine ilişkin kavram şemalarının gelişim sürecini desteklediği belirlenmiştir. İlk oturumdan alınan görüşme bölümü, katılımcıların kavram bilgilerini geliştirmek için öğretimin nasıl yürütüldüğü hakkında bilgi vermektedir.

Özge ile yapılan ilk öğretim oturumundan alınan görüşme kesiti:

Araştırmacı: Bu katıyı x-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndürdüğünde elde edilecek görüntüyü tarif edebilir misin?

Özge: x-ekseni olarak adlandırdığınız şey bu mu? Katının x-ekseni etrafında nasıl döndüğünü anlamadım. Sınavda da benzer soruları yapamamıştım.

Araştırmacı: Cabri3D'de sunulan materyali inceleyin. Örneğin kalın eksen üzerinde ne yazıyor? Diğerlerinde ne yazıyor?

Özge: x-ekseni. Bu y-ekseni, diğeri z-ekseni.

Araştırmacı: Evet.

Özge: Saat yönünde derken ne demek istiyorsunuz?

Araştırmacı: Cabri'de x-eksenine göre saat yönü ve saat yönünün tersi de oklarla işaretlenmiştir. İncelersen görebilirsin.

Özge: O halde saat yönü bu yön...Ama hala katıyı x-ekseni etrafında nasıl döndüreceğimi anlamıyorum.

Araştırmacı: Sarı düğmeyi fare ile tutup katıyı saat yönüyle etiketlenen yönde çevirebilir misin?

Özge: (katı döner) Bu z-ekseni etrafındaki dönme değil mi? x-ekseni denilince, x-eksenini tutup cismi şöyle çevirmiyor muyuz?

Araştırmacı: Katı döndüğünde eksenler hareket etti mi? Ne gibi değişiklikler meydana geldi?

Özge: Hayır. Hayal ettiğim gibi değil. Düşündüğüm gibi değil...

Şekil 4.

İlk Öğretim Oturumlarından Alınan Ekran Görüntüleri



Dört oturumun ilk ikisi tek eksende döndürme görevlerini içerirken, geri kalan oturumlar iki eksen etrafında döndürme görevlerini içeriyordu. Herhangi bir oturum boyunca ve ardışık oturumlar boyunca görevlerin karmaşıklık seviyesi kademeli olarak arttırıldı. Bu sayede, katılımcılar basit görevlerden başlayıp karmaşık görevlere doğru ilerleyerek zorluk seviyeleri farklı çeşitli görevlerle başa çıkmayı öğrendiler. Ayrıca birçok görevle pratik yapmak, katılımcıların döndürme görevlerini yerine getirmek için gerekli becerileri kazanmalarını mümkün kıldı.

Öğretim boyunca katılımcılar, dönme hareketlerini ve katıların dönme hareketleri sonrasındaki görüntülerini zihinlerinde canlandırmaya ve matematik dilini de kullanarak oluşan dinamik ve statik imajları tarif etmeye çalıştılar ve Cabri3D materyallerinden yararlanarak görevleri doğru bir şekilde yapıp yapmadıklarını kontrol ettiler. Aynı zamanda, eğitmen şu tür öğretim yaklaşımlarını takip etti: katılımcılara görevleri alt görevlere ayırarak gerçekleştirmeleri için yönlendirmelerde bulunmak, katılımcıların yanıtlarını değerlendirerek onlara yanıtlarının doğruluğu ya da yanlışlığı ile ilgili anında geri bildirim sağlamak, katılımcıların Cabri3D'yi hem yanıtlarını kontrol etmeleri hem de zihinde canlandırma becerilerini destekleyecek şekilde kullanmalarını sağlamak (özellikle görevleri yerine getiremedikleri zaman). Eğitmen ayrıca katılımcıları matematik terimlerini kullanarak görevleri nasıl gerçekleştirdiklerini ayrıntılı olarak açıklamaları için teşvik ve matematik dilini kullanmadaki eksikliklerini ve hatalarını düzeltmeleri için rehberlik etmiştir. Örneğin, bir katılımcı bir görevi nasıl yaptığını anlatırken dönme hareketinin bileşenlerinden birinden bahsetmeyi unutmuşsa, eğitmen onu eksik bilgilerini tamamlaması için uyarmıştır. Bir katılımcı herhangi bir oturumun başında dönme hareketlerini veya katının döndürüldükten sonraki görüntüsünü hayal edemiyorsa, Cabri3D materyalleri ve eğitmen yönergeleri sayesinde aynı oturumun takip eden görevlerini zihinde canlandırmada daha az sorun yaşamaya başlamıştır. Benzer şekilde, eğitmenin teşvikleriyle, katılımcılar matematik terimlerini doğru bir şekilde kullanıp kullanmadıklarına daha çok dikkat etmişler ve görevleri nasıl yaptıklarını açıklarken matematik terimlerine daha fazla başvurmuşlardır. Görüşme kesitleri katılımcıların zihinde canlandırma becerilerini ve matematik dili kullanımlarını geliştirmek için öğretim sürecinin nasıl gerçekleştirildiği hakkında bilgi vermektedir.

Tuğçe ile yapılan ilk öğretim oturumundan alınan görüşme kesiti:

Araştırmacı: Cabri3D'deki katıyı döndür. Tarifinle aynı görüntü ortaya çıkar mı?

Tuğçe: Y-ekseni etrafında döndürüyorum...Hayır, aynı değil. Bak, dikdörtgen prizmanın üstünde küp var. Ben bu küpün prizmanın sol tarafında görüneceğini sanıyordum. Ama o küp onun sağ tarafında, yanlış düşündüğümü fark ettim

Pınar ile yapılan üçüncü öğretim oturumundan alınan görüşme kesiti:

Araştırmacı: Katıyı önce z-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndür. Daha sonra, bu dönme hareketi sonrasında oluşan görüntüsünü, y-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndür.

Özge: Ne dediniz? Önce bir not alayım...z-ekseni etrafında, bu z eksen, şöyle döndürmeliyim (üç dört dakika düşünüyör) ... sağ taraf ön taraf oluyor...bir dakika bekler misiniz? Zihnimde canlandıramıyorum...Zihnim sanki durdu.

Araştırmacı: Eğer zorlandıysan, zihninde canlandıramıyorsan, Cabri3D'yi kullanabilirsin.

Özge: (Nesneyi Cabri3D'de döndürüyor).

Araştırmacı: Nesnenin görüntüsünde ne tür bir değişiklik meydana geldi? Şimdi tarif edebilir misin?

Özge: Evet. Katının sol yüzü, ön yüzü oldu. Sağ alttaki kenarı önceden x eksenini üzerindeydi, dönme hareketinden sonra y-ekseni üzerine geldi...

Melis ile yapılan dördüncü öğretim oturumundan alınan görüşme kesiti:

Araştırmacı: Burada bir katı ve iki eksen etrafında döndürüldükten sonraki görüntüsü verilmiş. Uygulanan dönme hareketlerini matematiksel olarak sırayla ifade edebilir misin?

Melis: Düşünmeliyim, öncelikle, y-ekseni etrafında 90 derece döndürülmüş.

Araştırmacı: Hangi yönde?

Melis: Lütfen bir dakika bekleyin... saat yönünde döndürüldü... hayır değil... saat yönünün tersinde...evet, önce y-ekseni etrafında saat yönünün tersi yönde 90 derece döndürülmüş.

Araştırmacı: Verilen katıyı az önce söylediğin gibi döndürürsen elde edilecek görüntüyü tarif edebilir misin?

Melis: (Tarif etti)

Araştırmacı: İkinci dönme hareketini matematiksel olarak ifade eder misin?

Melis: Bir kez daha döndürürsem...yani, az önce tarif ettiğim görüntüyü döndürüyorum...z-ekseni etrafında saat yönünde 180 derece döndürürsem, o görüntüyü elde ederim (Cabri3D'de yer alan katı görüntüsüne parmağı ile işaret ediyor).

Araştırmacı: Söylediğin dönme hareketlerini Cabri3D'deki katıya sırayla uygulayabilir misin? Böylece tahminlerinin doğru olup olmadığını kontrol edebilirsiniz.

Katılımcıların Öğretimden Sonra Zihinde Döndürme Becerileri

Katılımcıların ön/son-PUGT: ZDS'ye verdikleri doğru yanıtların sayısı ve yüzdeleri Tablo 4'te yer almaktadır. Öğretimden sonra katılımcıların PUGT performanslarında artış gözlenmiştir (Bkz. Tablo 4). Tuğçe, Melis ve Pınar son-PUGT: ZDS'de temel seviyenin yukarısında performans gösterirken, Özge temel seviyede performans göstermiştir. Diğer katılımcılarla karşılaştırıldığında Özge'nin performansının öğretimden daha az etkilendiği belirlenmiştir.

Tablo 4.

Ön-PUGT: ZDS ve Son-PUGT: ZDS Doğru Yanıt Sayıları ve Yüzdeleri

PUGT: ZDS	Katılımcı performansları	Tuğçe	Melis	Pınar	Özge
Önce	Doğru yanıt sayısı	4	7	7	5
	Doğru yanıt yüzdesi	%33	%58	%58	%41
Sonra	Doğru yanıt sayısı	10	11	10	7
	Doğru yanıt yüzdesi	%83	%91	%83	%58

Katılımcıların ön/son- ZDDG'deki doğru yanıt oranları Tablo 5'te yer almaktadır. Tuğçe ve Pınar tüm görevleri doğru bir şekilde yanıtlamıştır (Bkz. Tablo 5). Tuğçe, Pınar ve Özge son-ZDDG'de yer alan birinci kategori görevlerin hepsini doğru bir şekilde yanıtlarken, Melis bu görevlerden birinde hata yapmıştır. Tuğçe, Melis ve Pınar son-ZDDG'deki ikinci kategori görevlerin hepsini doğru bir şekilde yanıtlarken, Özge bu görevlerin ikisinde hata yapmıştır.

Tablo 5.

Ön- ZDDG ve Son-ZDDG'de Yer Alan Birinci ve İkinci Kategori Görevlerin Doğru Yanıtlanma Oranları

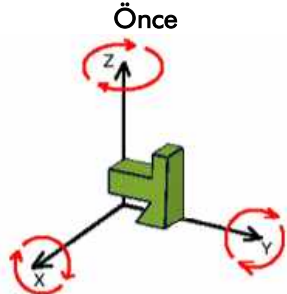
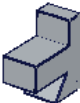
Kategoriler/Katılımcılar		Tuğçe	Melis	Pınar	Özge
Birinci kategori görevler (6 görev)	Öğretimden önce (6 görev)	2/6	2/6	1/6	0/6
	Öğretimden sonra (6 görev)	6/6	5/6	6/6	6/6
İkinci kategori görevler (4 görev)	Öğretimden önce (4 görev)	0/4	0/4	0/4	0/6
	Öğretimden sonra (4 görev)	4/4	4/4	4/4	2/4

Son-ZDDG'ye dayalı olarak yapılan görüşmeler, katılımcıların dönme hareketi ve bileşenlerini kavramsallaştırdıklarını gösterdi. Öğretimden sonra, katılımcılar katıları zihinlerinde döndürmede ve elde edilen görüntüyü zihinlerinde tutmada zorluk yaşamadılar. Katıdan ve döndürülmüş görüntüsünden dönme hareketleri hakkında doğru çıkarımlar yapabildiler. Dönme hareketlerini tanımlayan uygun matematiksel terim ve ifadeleri bulup, doğru bir şekilde kullandılar. Verilen matematiksel ifadelere göre katıyı nasıl döndüreceklerini zihinlerinde canlandırabildiler. Özge haricindeki katılımcılar, ikinci kategori görevlerin her birindeki dönme hareketlerini zihinlerinde canlandırabildiler ve bu dönme hareketlerini sunulan diğer katıya uygulayabildiler. Son-ZDDG'deki birinci kategori görevlerden biri Şekil 5'te yer almaktadır. Görev T harfine benzeyen bir nesneyi ve onun tek eksen etrafında döndürüldükten sonraki görüntüsünü içermektedir. Katılımcılardan nesneye uygulanan dönme hareketini matematiksel olarak ifade etmeleri beklenmiştir. Özge ile yapılan görüşmeden alınan kesit, onun katıya uygulanan dönme hareketini zihninde canlandırabildiğini ve bu hareketi matematiksel olarak ifade edebildiğini göstermiştir.

Özge: Şimdi, bu katıya ne yapıldı da bu görüntü elde edildi...Bu, z-ekseni etrafında saat yönünün tersine 90 derece döndürüldü.

Şekil 5.

Son-ZDDG'deki Birinci Kategori Görevlerden Biri

Tek Eksende Döndürme Görevi	
Aşağıda, solda yer alan katıya bir dönme hareketi uygulanarak sağdaki görüntüsü elde edilmiştir. Katının hangi eksen etrafında, hangi yönde ve hangi açıda döndürüldüğünü noktalı alanlara yazınız.	
Önce 	Sonra 
Dönme eksen: Dönme yönü: Dönme açısı:	

İkinci kategori son değerlendirme görevlerinden biri Şekil 6'da yer almaktadır. Şekilde, sandalyeye benzeyen bir katı, onun dönme hareketlerinden sonraki görüntüsü ve F harfine benzeyen başka bir katı vardır. Katılımcılardan önce sandalyeye benzeyen katıya uygulanan dönme hareketlerini matematiksel olarak ifade etmeleri, daha sonra bu dönme hareketlerini F harfine benzeyen katıya uygulamaları ve elde ettikleri görüntüleri açıklamaları istenmiştir.

Şekil 6.

Son-ZDDG'deki İkinci Kategori Görevlerden Biri

İki Eksende Döndürme Görevi

Aşağıda, ilk satırda, sol tarafta bir katı ve sağ tarafta iki eksenle dönme hareketi uygulandıktan sonraki görüntüsü yer almaktadır. Sağdaki görüntüyü elde etmek için soldaki katı nasıl döndürüldü? Uygun matematiksel ifadeleri noktalı alanlara yazınız. İkinci satırda, sol taraftaki katıya aynı dönme hareketleri uygulanırsa oluşacak görüntüyü tarif ediniz.

Önce		Sonra
Birinci dönme hareketi Dönme eksen: Dönme yönü: Dönme açısı:		İkinci dönme hareketi Dönme eksen: Dönme yönü: Dönme açısı:

Önce		Sonra
--------------------	--	---------------------

Özge haricindeki katılımcılar dönme hareketlerini zihinlerinde canlandırmada ve F harfine benzeyen katıya aynı dönme hareketlerini uygulamada zorlanmamışlardır. Melis ile yapılan görüşmeden alınan transkript, onun sandalyeye benzeyen katıya uygulanan dönme hareketlerini zihninde canlandırabildiğini göstermiştir. O dönme hareketlerini tanımlayan uygun matematiksel ifadeleri kullanmıştır. Aynı dönme hareketlerini F harfine benzeyen katıya uyguladıktan sonra elde edilecek görüntüyü de doğru bir şekilde tarif edebilmiştir.

Melis: x-ekseninin etrafında saat yönünün tersine 180 derece ya da saat yönünde 180 derece döndürülmüş. Her iki şekilde de doğru. Bunu yukarıdaki gibi döndürürsem, x-ekseni etrafında saat yönünde 180 derece döndürürsem, katı üst yüzü üzerine oturacaktır. Üst yüz

alt yüzü ve alt yüzü üst yüzü olacak. Üst yüz, y-ekseninin negatif tarafı boyunca uzanacak ve bu iki kol sol tarafı gösterecek. Tekrar, z-ekseni etrafında saat yönünde 90 derece döndürürsem, üst yüz alt yüz, alt yüz üst yüz olacak. Yani ilk dönme hareketinden sonraki ile aynı olacak. Yeni görüntüyü, katının ilk haliyle karşılaştırdığımda, sol yüz ön yüz, sağ yüz arka yüz olacak. F'nin bu kolları arkaya bakacak.

Katının üzerindeki herhangi bir noktanın dönme hareketinden önce eksene olan uzaklığı "r" birim ise, dönme hareketi boyunca ve sonunda da uzaklığı "r" olur, değişmez. Nesne üzerindeki tüm noktalar için durum aynıdır. Katılımcılar, öğretimin başlangıcında dönme hareketi ile ilgili kavram yanılgılarına sahip olsalar da oturumlar sırasında dönme kavramının özelliklerini öğrenmişlerdir. Tuğçe ve Melis ile yapılan görüşmelerden alınan kesitler bu bulgunun doğruluğunu ortaya çıkarmaktadır.

Melis: Bu dönme eksenini olsun (sol eline bir kalem alıp, tutuyor). Ve bu da cisimimiz olsun (sağ eline bir tane silgi alıyor). Cisim ile eksen arasında 2 cm mesafe varsa, cisim dönerken eksenden uzaklaşmaz ve mesafe aynı kalır.

Tuğçe: Mesafeyi sabit tutmak. Dönme hareketi sırasında eksen ile nesne arasındaki mesafeyi korumak ve nesneyi belirli bir açı ölüsünde eksen etrafında döndürürken mesafeyi sabit tutmak.

Öğretim sırasında katılımcılar, 3B'li koordinat sisteminin hareket etmediğini, eksenlerin sabit olduğunu ve katıların bu eksenler etrafında döndüğünü anlamışlardır. Onlar bazı görevlerde koordinat sistemi ve eksenleri sunulmasa da zihinlerinde yer eden koordinat sistemi ve eksenlerine göre bu dönme hareketlerini matematiksel terimlerle doğru bir şekilde açıklayabilmişlerdir. Dönme eksenini, dönen bir katının tüm noktalarının çizdiği çemberlerin merkezinden geçen bir doğru olarak kavramsallaştırmışlardır. Bir katı ve döndürüldükten sonraki görüntüsünden, katı ile görüntüsü arasındaki yayı zihinlerinde bir çembere tamamlayarak dönme eksenini hakkında doğru çıkarımda bulabilmişlerdir. Tuğçe'nin açıklamaları, dönme ekseninin ne olduğunu öğrendiğini ve dönme ekseninin nerede olduğunu belirleyebildiğini ortaya çıkarmaktadır.

Araştırmacı: Dönme eksenini nedir?

Tuğçe: Bir nesneyi etrafında döndürdüğüm eksendir.

Araştırmacı: Bu ne anlama geliyor?

Tuğçe: Dönme hareketini nerede gerçekleştirdiğim? Dönmeyi x etrafında mı gerçekleştiriyorum? Ya da bunu y etrafında mı gerçekleştiriyorum? Ya da bunu z etrafında mı gerçekleştiriyorum? Yani, dönme hareketinin referans eksenini hangi eksendir?

Araştırmacı: Örneğin, bu görevde katının x eksenini etrafında döndürüldüğünü nasıl anladınız?

Tuğçe: Ben bunu şuradan anladım. Örneğin, bu nesneyi döndürdüğüm eksenini bilmeyeyim. Nesneyi döndürdüğümde sadece içteki doğru sabit kalır. Bu eksen x-eksenidir. Bunun bir referans doğru olarak düşünebiliriz. Nesne üzerindeki tüm noktaları döndürdüğümde, bu doğru sabit kalır, yani dönmeyen tek şey x-eksenidir. Buradan x-eksenini etrafında hareket ettiğimi anladım.

Öğretimle katılımcılar kendi yarattıkları bağlamlara göre dönme yönü ifadeleri kullanmaktan vazgeçmişlerdir. 3B'li koordinat sistemindeki her eksenin pozitif ucunu işaret eden okuna başvurarak saat yönünü ve saat yönünün tersini belirlemeyi öğrenmişlerdir. Aşağıdaki transkript, Melis'in dönüş yönünü belirlemeyi öğrendiğini göstermektedir.

Melis: Bu kalem z-ekseni olsun. Kalem bu ucu da z-ekseninin pozitif ucu olsun. Kalem pozitif ucu beni işaret etsin. Bu uca nasıl baktığıma göre dönme yönünü belirliyorum. Bakış açısına göre z ekseninde soldan sağa (parmağını saat yönünde çeviriyor) doğru dairesel bir hareketi saat yönünde dönme olarak açıklayabilirim. Sağdan sola hareket (parmağını saat yönünün tersi yönde çeviriyor) ise saat yönünün tersine olacaktır.

Katının üzerindeki bir noktanın dönmeden önceki konumu, bu noktanın dönme eksenindeki ortogonal izdüşümü ve bu noktanın döndürmeden sonraki konumu dönme açısını oluşturur. Yönü belirtilmeyen bir açı ölçüsü, dönme açısını doğru bir şekilde karakterize etmeyebilir. Bir açıyı resmetmek için hem ölçü hem de yön gereklidir. Öğretimde, katılımcılar bir katıyı belirli bir eksen etrafında saat yönünde ve saat yönünün tersinde döndürmenin farklı görüntüler ürettiğini fark ettiler. Bir dönme açısının nasıl oluştuğunu kavradılar. Ayrıca, bir katının belirli bir eksen etrafında saat yönünde 'n' derece döndürüldükten sonraki görüntüsünün ve katının bu eksen etrafında saat yönünün tersinde '360-n' derece döndürüldükten sonraki görüntüsünün aynı olduğunu keşfettiler. Tuğçe ile yapılan görüşmelerden alınan transkript bu durumları örneklendirmektedir.

Araştırmacı: Dönme açısı nedir?

Tuğçe: Cisim dönerken eksen ile yaptığı açıdır.

Araştırmacı: Bana bir örnek verebilir misin?

Tuğçe: Bir örnek vereyim. Bu dönme eksenini ve bu bizim nesnemiz olsun (ekseni temsil etmek için bir kalem ve nesneyi temsil etmek için bir silgi aldı). Bu nesneyi bu konuma getirmek istiyorum (nesneyi eksen etrafında saat yönünün tersine 90 derece döndürdü). Bu nesneyi bu konuma getirmek için nesneyi bu eksen etrafında döndürmem gerekiyor.

Araştırmacı: Örneğin, 30 derece döndürürsen?

Tuğçe: Dönme açısı 30 derece dediğimizde farklı durumlar ortaya çıkabilir. Bu cismi döndürürken sadece açı ölçüsünü dikkate almıyorum. Dönme açısının bir yönü de vardır. Döndürmek için açının ölçüsü yeterli değildir. Yön de gereklidir. Örneğin, saat yönünde 30 derece döndürürsem, nesneyi aşağı doğru taşıyım. Ama saat yönünün tersine 30 derece döndürürsem, nesneyi yukarı doğru taşıyım. Böyle, iki farklı durum ortaya çıkıyor.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın sonuçları, BYK'ye dayalı olarak tasarlanan ve DGÖO'da gerçekleştirilen öğretimin öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir. Bu bulgu, uzamsal beceri ve biliş literatüründeki çalışmalarla uyumludur. Pek çok çalışma, DGÖO'ların ve bilgisayar destekli öğrenme ortamlarının öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin (Bkz. Guven ve Kosa, 2008; Kurtulus ve Uygan, 2010) yanı sıra zihinde döndürme becerilerini (Bkz. Samsudin vd., 2011; Ozcakır-Sumen, 2018) geliştirmelerine yardımcı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, bazı çalışmalar (Bkz. Woolf vd., 2003; Rodenburg vd., 2018) bilgisayar destekli öğrenme ortamlarını öğrencilerin bilişsel seviyelerine göre tasarlamamanın ve öğretim görevlerini onların bilişsel ihtiyaçlarına göre uyarlamamanın eğitimin verimliliğini en üst düzeye çıkardığını rapor etmektedir.

Zihinde canlandırma terimi ile, "görselleştirme (Gavilan ve Avello, 2020)," zihin gözüyle görme (Kosslyn vd., 2010), "bir nesneyi, durumu ya da olayı bellekten geri getirme",

"orijinal bir uyarının bir versiyonu ya da uyarıların yeni bir kombinasyonunu kişinin hayal gücünde veya hafızasında tekrar yaşaması (Pearson vd., 2015, s.590)" ve "bir görevi gerçekleştirmek için zihinsel görüntülerin oluşturulması, gözden geçirilmesi, sürdürülmesi ve dönüştürülmesi (Guarnera vd., 2019)" kast edilmektedir. Zihinde döndürme görevleri zihinde canlandırmayı gerektirmektedir (Bkz. Guarnera vd., 2019). Zihinde döndürme görevlerinde, anlık algısal görsel bilgiden veya uzun süreli bellekte önceden depolanmış bilgiden yararlanılarak 3B'li nesnenin zihinsel bir görüntüsü veya dönme hareketi ile ilgili bir uyarı yaratılır (Bkz. Guarnera vd., 2019). Çalışan bellek, nesnenin görüntüsünü zihinde tutmaktan, özelliklerini incelemekten, nesnenin oluşturulan görüntüsünü döndürmekten ve döndürmeden sonra elde edilen görüntüyü korumaktan sorumludur. Çalışma, DGÖÖ'da katılımcıların bilişsel yükleri dikkate alınarak yürütülen öğretimin onların zihinde canlandırma becerilerini geliştirdiğini göstermiştir. Öğretim oturumlarından önce verilen nesneye uygulanan dönme hareketlerini ve iki eksenli döndürmeden sonraki görüntüyü zihinde canlandırmada zorluk yaşayan katılımcılar, öğretimden sonra genellikle nesneye uygulanan dönme hareketlerini zihinlerinde canlandırabilmiş ve bu hareketleri başka bir nesneye uygulayabilmişlerdir. Güçlü zihinde canlandırma becerisi gerektiren iki eksenli döndürme görevleri gibi daha karmaşık görevlerin bile doğru bir şekilde yerine getirebilmişlerdir. Bu bulgu diğer çalışmalarla uyumludur (Lambert, 2011; Epler-Ruths vd., 2020). Lambert'e (2011) göre bilgisayar grafikleri, bireyin zihinsel hayal gücü ile dış gerçeklik arasında bir köprü sağlar ve sanal gerçeklik alanları aracılığı ile olay ve olguları zihinlerinde canlandırmalarını kolaylaştırırlar. Dinamik görselleştiriciler, soyut kavramları daha somut hale getirerek ve karmaşık nesneleri, durumları veya hayal edilmesi zor olayları tasvir ederek öğrencilerin bilişsel yükünü azaltmaya yardımcı olurlar, böylece öğrenciler görsel verilerdeki örüntüleri kolayca tanıyabilir ve doğru çıkarımlarda bulunabilirler (Epler-Ruths vd., 2020).

Matematik dili, ana dilden farklı, açık bir şekilde tanımlanması gereken terimleri ve sembolleri içerir (Ilany ve Margolin, 2010). Matematik dilindeki bir terim, ana dilde matematik dilindeki anlamından farklı bir anlamda kullanılabilir (Ilany ve Margolin, 2010). Matematik dilini kullanamayan öğrenciler, bu matematiksel terimi kullanıldığı bağlama göre algılayıp yorumlayabilir ve ona farklı bir anlam yükleyebilir (Ilany ve Margolin, 2010). Bu çalışma, katılımcıların öğretimden önce, dönme hareketi ile ilgili terimleri bilmediklerini göstermektedir. Katılımcılar ana dillerindeki kelimeleri kullanarak dönme hareketlerini açıklamaya çalışmışlardır (bir nesneyi yukarıya doğru kaldırmak, eksen tutmak ve nesneyi önden arkaya doğru çevirmek gibi). Bununla birlikte, öğretim onların doğru matematik terimlerine başvurmalarını sağlayarak matematik dil becerilerini geliştirmelerinde yardımcı olmuştur. Böylece, öğretim oturumları sırasında ve sonrasında görevlerdeki dönme hareketlerini doğru matematiksel terimleri kullanarak ifade edebilmişlerdir. Bu bulgu, Jones'in (2001) çalışmasında belirtilenle tutarlıdır. Jones'e (2001) göre öğrencilerin dinamik geometri yazılımlarını kullanmalarını sağlamak onların açıklamalarında daha fazla matematiksel terimlere yer vermelerine olanak tanıyabilir.

Öğrenciler üniversiteye farklı konularda sahip oldukları kavram yanlışlarıyla girmektedirler (Verkade vd., 2017). Onları belirlemek ve düzeltmek daha karmaşık kavramları öğrenmelerini engelleyeceği için önemlidir (Verkade vd., 2017). Bu çalışma matematik öğretmen adaylarının dönme hareketi ile ilgili kavram yanlışlarına sahip olduklarını bu nedenle zihinde döndürme görevlerini doğru bir şekilde gerçekleştiremediklerini göstermiştir. Öğretim, öğretmen adaylarının dönme hareketi ve bileşenleri ile ilgili kavram şemalarını geliştirmelerini sağlamıştır. Böylece, son değerlendirmede dönme ve bileşenleri ile ilgili kavram yanlışlarından kaynaklanan hatalar yapmamışlardır. Bu bulgu matematik ve fen alanında yapılan diğer çalışmaların bulgularıyla paralellik göstermektedir. Korelasyon, olasılık, ondalık sayılar, difüzyon ve ozmos üzerine yapılan çalışmalara göre, simülasyon tabanlı öğrenme ortamları, öğrencilerin gerçek dünya süreçleri veya sistemleri ile etkileşime girmesine yardımcı olarak ve kendi kararlarının etkisini görmelerini sağlayarak öğrencilerin kavram yanlışlarını azaltmalarına yardımcı olmaktadır (Liu, 2010; Gurbuz ve Birgin, 2012; Huang vd., 2008; Meir vd., 2005; Verkade vd., 2017).

Alandaki birçok çalışmanın aksine bu çalışma, katılımcıların performansları, kavram şemaları, zihinde canlandırma becerileri ve matematik dil kullanımları olmak üzere zihinde döndürme becerilerinin gelişimini dört boyutta incelemeye olanak tanımıştır. Öğretim ve görüşmeler sırasında aynı zamanda bu çalışmanın araştırmacılarından biri olan eğitmenin katılımcılarla birebir etkileşim içinde olması, onların uzamsal ve matematiksel düşünme yollarındaki değişiklikleri eş zamanlı olarak tespit etmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, bireyselleştirilmiş öğretim, çalışma katılımcılarının ihtiyaçlarından veya ilerlemelerinden etkilenmiş olabilir. Üstelik, araştırmanın büyük bir bölümünde bireysel veri toplama yaklaşımının tercih edilmesi, araştırmanın sınırlı sayıda katılımcı (dört kadın matematik öğretmen aday) ile yürütülmesine neden olmuştur. Bu nedenle, araştırma bulgularının sınıf gibi hem erkek hem de kadınlardan oluşan veya lise öğrencileri gibi daha genç bireylerin bulunduğu daha büyük bir örneklemlere genelleştirilip genelleştirilemeyeceği bilinmemektedir. Buradan hareketle, araştırma kapsamında tasarlanan öğretimin farklı örneklem gruplarının zihinde döndürme becerilerini geliştirip geliştirmeyeceği araştırılabilir.

Bu çalışma, bir tasarım çerçevesi olarak BYK'yı referans alarak öğretmen adaylarının zihinde döndürme becerilerini geliştirmeyi hedefleyen öğretime DGÖO'ların nasıl entegre edilebileceğine dair umut verici bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bakış açısı, içeriğin, kullanılacak materyaller ve öğrenme etkinliklerinin organizasyonu dahil öğretim tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken spesifik noktalara dikkatleri çekmektedir. Bunlar; görevleri basitten karmaşığa doğru sıralamanın gerekliliği, görevi alt görevlere ayırmanın faydaları, öğretim boyunca kullanılan sıralı görevlere paralel olarak Cabri3D materyallerini tasarlamamanın önemi, bireysel açıklamalar yoluyla Cabri3D materyalleri içine matematik dilini entegre etmenin avantajı ve zihinde canlandırma ile Cabri3D materyallerini birleştirmenin sağladığı fırsat, şeklindedir. Çalışmanın öğretim tasarımı şekillendiren bu yaklaşımların çalışan bellek yükünü yönetmek, azaltmak ve artırmak için kullanıldığı bilinmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmada, her bir öğretim yaklaşımının katılımcıların her birinin öğrenme süreci veya

bilişsel yükü üzerindeki etkinliği analiz edilememiştir. Bu nedenle, uygulanan öğretim yaklaşımlarına göre öğrenenlerin zihinde döndürme becerilerinde veya bilişsel yüklerinde nasıl değişimler (yani bilişsel yük türlerinin miktarlarındaki değişimlerle bağlantılı) meydana geldiğini ortaya koyan araştırmaların tasarlanması ve yürütülmesi önerilmektedir.

Literatür DGÖO'ların bireylerin zihinde döndürme becerilerini geliştirmede etkili olduğuna işaret etse de etkili ve verimli öğretimin nasıl tasarlanması gerektiğini yanıtlamada yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte, BYK, DGÖO'ların öğretime nasıl entegre edilmesi gerektiği konusunda umut verici bir bakış açısı sunmaktadır. DGÖO'ları tasarlarken bireyin bilişsel mimarisini göz önünde bulundurmak, öğrencilerin öğrenme süreci boyunca kapasitelerin uygun görevlerle meşgul olmasına olanak tanır. Bu tür bir öğretim, bireylerin zihinde döndürme becerilerini geliştirmenin en etkili ve verimli yollarından biridir.

Etik Kurul Onayı: Bu çalışma, ilk yazarın 2018 yılında yayınlanan "Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının dinamik geometri ortamında uzamsal becerilerinin gelişiminin incelenmesi" adlı doktora tezinden üretilmiştir. Çalışma boyunca Anadolu Üniversitesi Etik İnceleme Kurulu tarafından belirlenen protokollere uyulmasına rağmen, 2020 öncesi araştırmalar için Eğitim Fakültesi Dekanlığı'nın onayı yeterli olduğundan bu çalışma için etik kurul onayı alınmamıştır.

Bilgilendirilmiş Onam: Araştırma öncesinde her katılımcıdan bilgilendirilmiş onam alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış hakem değerlendirmesi

Yazarların Katkısı: Fikir— H.B.Y.; Tasarım— F.K.; Danışmanlık— H.B.Y. verilerin Toplanması ve İşlenmesi— F.K.; Verilerin Analizi ve Yorumu— F.K., H.B.Y.; Literatür Taraması— F.K., Writing— F.K.; Eleştirel Değerlendirme- Tüm yazarlar.

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Finansal Açıklama: Yazarlar bu çalışmanın herhangi bir finansal destek almadığını beyan etmişlerdir.

Kaynaklar

- Akbulut, Y. (2014). Bilişsel yük kuramı ve çoklu ortam tasarımı [Cognitive load theory and multimedia design]. In Ö. Ö. Dursun ve F. H. Odabaşı (Eds.), *Çoklu Ortam Tasarımı* [Multimedia design] (pp. 37-55). Pegem Akademi Yayınları.
- Berelson, B. (1952). *Content analysis in communication research*. Hafner Publishing Company.
- Bruce, C. D. ve Hawes, Z. (2015). The role of 2D and 3D mental rotation in mathematics for young children: What is it? Why does it matter? And what can we do about it? *International Journal on Mathematics Education*, 47, 331-343. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0637-4>
- Burns, A. (1999). *Collaborative action research for English language teachers*. Cambridge University Press.
- Centre for Education Statistics and Evaluation [CESE]. (2017). *Cognitive load theory: Research that teachers really need to understand*. https://www.cese.nsw.gov.au//images/stories/PDF/cognitive-load-theory-VR_AA3.pdf
- Chandler, P. ve Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332. <https://ro.uow.edu.au/edupapers/128>
- Cherney, I. D. (2008). Mom, let me play more computer games: They improve my mental rotation skills. *Sex Roles*, 59(11), 776-786. <https://doi.org/10.1007/s11199-008-9498-z>
- Cobb, P. ve Steffe, L.P. (1983). The constructivist researcher as teacher and model builder. *Journal for Research in Mathematics Education*, 14(2), 83-94. <https://doi.org/10.2307/748576>
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage.
- De Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: Some food for thought. *Instructional Science*, 38, 105-134. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
- D'Oliveira, T. C. (2004). Dynamic spatial ability: An exploratory analysis and a confirmatory study. *The International Journal of Aviation Psychology*, 14(1), 19-38. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap1401_2
- Epler-Ruths, C. M., McDonald, S., Pallant, A. ve Lee, H. S. (2020). Focus on the novice: evidence of spatial skills' effect on middle school learning from a computer simulation. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 5(61), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00263-0>
- Fernandez- Mendez, L. M., Contreras, M. J. ve Elosua, M. R. (2018). From what age is mental rotation training effective? Differences in preschool age but not in sex. *Frontiers in Psychology*, 9(753), 1-10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00753>
- Fouka, G. ve Mantzorou, M. (2011). What are the major ethical issues in conducting research? Is there a conflict between the research ethics and the nature of nursing? *Health Science Journal*, 5(1), 3-14. Retrieved from <https://www.hsj.gr/medicine/what-are-the-major-ethical-issues-in-conducting-research-is-there-a-conflict-between-the-research-ethics-and-the-nature-of-nursing.pdf>
- Gavilan, D. ve Avello, M. (2020). Brand-evoked mental imagery: the role of brands in eliciting mental imagery. *SAGE Open*, 1-9. <https://doi.org/10.1177/2158244020977484>
- Gecu, Z. ve Cagiltay, K. (2015). Mental Rotation Ability and Computer Game Experience. *International Journal of Game-Based Learning*, 5(4), 15-26. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2015100102>
- Guarnera, M., Pellerone, M., Commodari, E., Valenti, G. D. ve Buccheri, S. L. (2019). Mental images and school learning: A longitudinal study on children. *Frontiers in Psychology*, 10(2034), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02034>
- Guay, R. B. (1976). *Purdue spatial visualization test*. Purdue Research Foundation.
- Gurbuz, R. ve Birgin, O. (2012). The effect of computer-assisted teaching on remedying misconceptions: The case of the subject "probability". *Computers ve Education*, 58(3), 931-941. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.005>
- Guven, B. ve Kosa, T. (2008). The effect of dynamic geometry software on student mathematics teachers' spatial visualization skills. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 100-107. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1102930.pdf>

- Hancock, B. (1998). *Trent focus for research and development in primary health care: Introduction to qualitative research*. Trent Focus.
- Hashemnezhad, H. (2015). Qualitative content analysis research: A review article. *Journal of ELT and Applied Linguistics (JELTAL)*, 3(1), 54-62. Retrieved from <https://silo.tips/download/qualitative-content-analysis-research-a-review-article#>
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B. ve Poliszczuk, D. (2015). Effects of mental rotation training on childrens spatial and mathematics performance: A randomized controlled study. *Trends in Neuroscience and Education*, 4, 60-68. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.05.001>
- Huang, T. H., Liu, Y. C. ve Shiu, C. Y. (2008). Construction of an online learning system for decimal numbers through the use of cognitive conflict strategy. *Computers ve Education*, 50(1), 61-76. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.03.007>
- Ilany, B. ve Margolin, B. (2010). Language and Mathematics: Bridging between Natural Language and Mathematical Language in Solving Problems in Mathematics. *Creative Education (CE)*, 1, 138-148. <https://doi.org/10.4236/ce.2010.13022>
- Johnson, R. B. ve Christensen, L. (2012). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Jola, C. ve Mast, F. W. (2005). Mental object rotation and egocentric body transformation: two dissociable processes? *Spatial Cognition and Computation*, 5, 217-237. <https://doi.org/10.1080/13875868.2005.9683804>
- Jones, K. (2001). Learning geometrical concepts using dynamic geometry software. In K. Irwin (Eds.), *Mathematics Education Research: A catalyst for change* (pp. 50-58). School of Education. Retrieved from https://eprints.soton.ac.uk/41222/1/Jones_learning_geometry_using_DGS_2000.pdf
- Liao, H. (2015). *Reporting credibility in educational evaluation studies that use qualitative methods: A mixed methods research synthesis* (Publication No. ohio1426115203) [Doctoral dissertation, Ohio University]. Ohio University Thesis and Dissertation Services.
- Lincoln, Y. S. ve Guba, E. A. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Kalyuga, S. (2011). Informing: A cognitive load perspective. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 14(1), 33-45. <https://doi.org/10.28945/1349>
- Kalyuga, S., Chandler, P. ve Sweller, J. (1998). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-371. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0720\(199908\)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199908)13:4<351::AID-ACP589>3.0.CO;2-6)
- Kester, L., Paas, F. ve van Merriënboer, J. J. G. (2010). Instructional control of cognitive load in the design of complex learning environments. In J. L. Plass, R. Moreno ve R. Brunken (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 109-130). Cambridge University Press.
- Khalil, M. K. ve Elkhider, I. A. (2016). Applying learning theories and instructional design models for effective instruction. *Advances in physiology education*, 40(2), 147-156. <https://doi.org/10.1152/advan.00138.2015>
- Kosslyn, S. M., Ganis, G. ve Thompson, W. L. (2010). Multimodal images in the brain. In A. Guillot ve C. Collet (Eds.), *The neuro-physiological foundations of mental and motor imagery* (pp. 3-16). Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780199546251.003.0001
- Kurtulus, A. ve Uygan, C. (2010). The effects of Google Sketchup based geometry activities and projects on spatial visualization ability of student mathematics teachers. *Procedia Socail and Behavioral Sciences*, 9, 384-389. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.169>
- Lambert, N. (2011). From imaginal to digital: Mental imagery and the computer image space. *Leonardo*, 44(5), 439-443. https://doi.org/10.1162/LEON_a_00245
- Leahy, W. ve Sweller, J. (2004). Cognitive load and the imagination effect. *Applied Cognitive Psychology*, 18(7), 857-875. <https://doi.org/10.1002/acp.1061>
- Liu, T. C. (2010). Developing Simulation-based Computer Assisted Learning to Correct Students' Statistical Misconceptions based on Cognitive Conflict Theory, using "Correlation" as an Example. *Educational Technology ve Society*, 13(2), 180-192. Retrieved from https://www.ds.unipi.gr/etves/journals/13_2/15.pdf

- Martin-Gutierrez, J. ve Acosta-Gonzalez, M. M. (2017). Ranking and predicting results for different training activities to develop spatial abilities. In M. Khine (Ed.), *Visual- Spatial Ability in STEM Education: Transforming Research into Practice* (pp. 225-239). Springer.
- Mayer, R. E. ve Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6
- Meir, E., Perry, J., Stal, D., Maruca, S. ve Klopfer, E. (2005). How effective are simulated molecular-level experiments for teaching diffusion and osmosis? *Cell Biology Education*, 4(3), 235-248. <https://doi.org/10.1187/cbe.04-09-0049>
- Mertens, D. M. (2020). *Research and evaluation in education and psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods* (5rd ed.). Sage Publications.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Rettinger, D.A., Shah, P. ve Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 621-640. <https://doi.org/10.3389/jpsy.2018.02302>
- Nunan, D. (1999). *Research methods in language learning* (8th ed.). Cambridge University Press.
- Ozcakir-Sumen, Ö. (2018). Enhancing mental rotation skills through Google SketchUp. *Universal Journal of Educational Research*, 6(11), 2586-2596. doi: 10.13189/ujer.2018.061124
- Paas, F., Renkl, A. ve Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38, 1-4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Palys, T. (2008). Purposive sampling. In L. M. Given (Eds.) *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods* (Vol.2). Sage.
- Parveen, H. ve Showkat, N. (2017). *Research ethics*. e-PG Pathshala. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/318912804_Research_Ethics
- Patton, M. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2rd ed.). Sage Publications.
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A. ve Kosslyn, S. M. (2015). Mental imagery: functional mechanisms and clinical applications. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(10), 590-602. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Pouw, W., Rop., G., De Koning, B. ve Paas, F. (2019). The cognitive basis for the split-attention effect. *Journal of Experimental Psychology General*, 1-62. <https://doi.org/10.1037/xge0000578>
- Reilly, D., Neumann, D. L. ve Andrews, G. (2017). Gender differences in spatial ability: Implications for STEM education and approaches to reducing the gender gap for parents and educators. In M. S. Khine (Ed.), *Visual-Spatial Ability: Transforming Research into Practice* (pp. 195-224). Springer International. doi: 10.1007/978-3-319-44385-0_10
- Rodenburg, D., Hungler, P., Etemad, S. A., Howes, D., Szulewski, A. ve Mclellan, J. (2018, August, 15-17). *Dynamically adaptive simulation based on expertise and cognitive load*. IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM), Galway, Ireland. doi: 10.1109/GEM.2018.8587618
- Sargeant, J. (2012). Qualitative research part II: Participants, analysis, and quality assurance. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(1), 1-3. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-11-00307.1>
- Samsudin, K., Rafi, A. ve Hanif, A. S. (2011). Training in mental rotation and spatial visualization and its impact on orthographic drawing performance. *Educational Technology ve Society*, 14(1), 179-186. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.14.1.179>
- Schnotz, W. ve Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19, 460-508. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4>
- Shepard, R. N. ve Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703. doi: 10.1126/science.171.3972.701
- Steffe, L. P. ve Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. Lesh ve A. E. Kelly (Eds.), *Handbook of Research design in mathematics and science education* (pp. 267- 307). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410602725>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295-312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123-138. <http://dx.doi.org/10.1016/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. G. ve Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>

- Taylor, C. (2013). Cognitive load theory: sometimes less is more. *I-manager's Journal on School Educational Technology*, 9 (1), 61-67. <https://doi.org/10.26634/jsch.9.1.2402>
- Turgut, M. ve Yılmaz, S. (2012). Relationships among preservice primary mathematics teachers' gender, academic success and spatial ability. *International Journal of Instruction*, 5(2), 5-20. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED533781.pdf>
- Uribe, L., Castro, W. F. ve Villa-Ochoa, J. A. (2017). How mental rotation skills influence children's arithmetic skills. *Journal of Mathematics Education*, 10(2), 112-126. <https://doi.org/10.26711/007577152790016>
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C. ve Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Van Merriënboer, J. J. G. ve Sluijsmans, D. A. (2009). Towards a synthesis of cognitive load theory, four-component instructional design, and self-directed learning. *Educational Psychology Review*, 21, 55-66. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9092-5>
- Van Merriënboer, J. J. G. ve Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
- Van Merriënboer, J. J. G. ve Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Medical Education*, 44(1), 85-93. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03498.x>
- Verkade, H., Mulhern, T. D, Lodge, J. M., Elliott, K., Cropper, S., Rubinstein, B., Horton, A., Elliott, C., Espinosa, A., Dooley, L., Frankland, S., Mulder, R. ve Livett, M. (2017). *Misconceptions as a trigger for enhancing student learning in higher education: A handbook for educators*. The University of Melbourne. Retrieved from <https://minerva-access.unimelb.edu.au/bitstream/handle/11343/197958/Lrning-Tchnng-Misconceptions-Hndbk-web.pdf?isAllowed=yvesequence=1>
- Wei, W., Yuan, H., Chen, C. ve Zhou, X. (2012). Cognitive correlates of performance in advanced mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 157-181. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02049.x>
- Woolf, B., Romoser, M., Bergeron, D. ve Fisher, D. (2003, July 14-18). *Tutoring 3-dimensional visual skills: Dynamic adaptation to cognitive level* [Paper presentation]. Proceedings of the 11th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Sydney, Australia. Retrieved from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.499.2319verep=rep1vetype=pd>
- Yuan, L., Kong, F., Luo, Y., Zeng, S., Lan, J. ve You, X. (2019). Gender differences in large-scale and small-scale spatial ability: A systematic review based on behavioral and neuroimaging research. *Frontier in Behavioral Neuroscience*, 13(128), 1-23. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00128>
- Zohrab, M. (2013). Mixed method research: Instruments, validity, reliability and reporting findings. *Theory and Practice in Language Studies*, 3(2), 254-262. doi:10.4304/tpls.3.2.254-262

Yazarlar

İletişim

Feyza KURBAN
Matematik Eğitimi

Dr. Feyza KURBAN
Milli Eğitim Bakanlığı, Necati Topay Mesleki ve
Teknik Anadolu Lisesi, Burdur

E-posta: feYZa.1526@gmail.com

Hüseyin Bahadır Yanık
Matematik Eğitimi

Prof. Dr. Hüseyin Bahadır Yanık
Anadolu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Matematik
ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Yunus Emre
Kampüsü, 26470, Eskişehir

E-posta: hbyanik@anadolu.edu.tr

Ekler

A

Ön- ZDDG ve Son- ZDDG'ye Dayalı Örnek Görüşme Sorular:

Dönme hareketi nedir? Bana açıkla mısın?

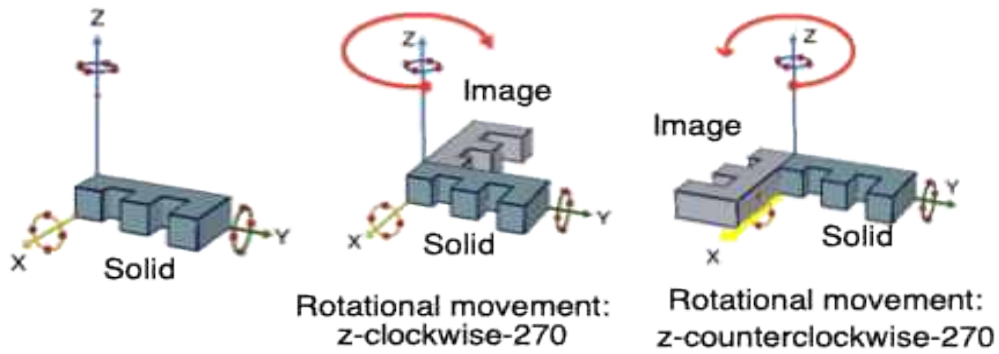
"Dönme eksenini" terimini duyduğunuzda aklınıza ne geliyor? Bana açıklayabilir misin?

"Dönme yönü" nedir? Bu terim hakkında ne biliyor musun? Bu terimi duyduğunuzda aklınıza ne geliyor? Bana açıklayabilir misini?

"Dönme açısı" nedir? Bu terim hakkında ne biliyorsun? Bu terimi duyduğunda aklına ne geliyor? Bana açıklayabilir misin?

B

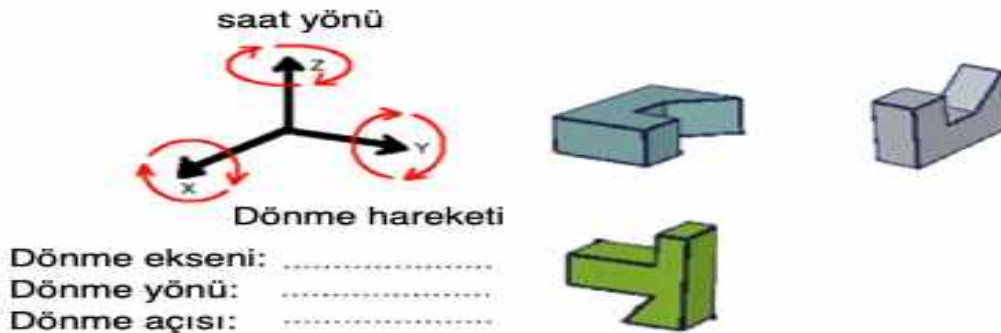
Öğretim sırasında bir Cabri3D materyali aracılığıyla temsil edilen örnek dönme hareketi:



C

Ön- ve Son- ZDDG'lerden alınan örnek tek-eksende döndürme görevi:

Sol üstteki katıya bir dönme hareketi (tek eksen döndürme) uygularsanız, sağ üstte verilen görüntüyü elde edebilirsiniz. Aynı dönme hareketini sol alttaki ikinci katıya uygulayın ve sağ altta elde edilecek görüntüyü ayrıntılı olarak açıklayın. Ayrıca dönme hareketini matematiksel olarak (dönme eksenini, dönme yönü ve dönme açısı) ifade ediniz ve cevabınızı kâğıdın noktalı kısımlarına yazınız.



D

Ön- ve Son- ZDDG'lerden alınan örnek iki-eksende döndürme görevi:

Soldaki katıya iki dönme hareketi (iki-eksende dönme) uygularsanız sağda verilen görüntüyü elde edebilirsiniz. Dönme hareketlerini matematiksel olarak (dönme eksenini, dönme yönü ve dönme açısı) ifade ediniz. Cevabınızı kâğıdın noktalı kısımlarına yazın. Neden bu şekilde düşündüğünüzü açıklayınız.



Birinci dönme hareketi:

Dönme eksenini:
Dönme yönü:
Dönme açısı:

İkinci dönme hareketi:

Dönme eksenini:
Dönme yönü:
Dönme açısı: