

3B HOLOGRAM DESTEKLİ LİNEER CEBİR ÖĞRETİMİNE İLİŞKİN ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ¹

STUDENT VIEWS ABOUT 3D HOLOGRAM-BASED LINEAR ALGEBRA TEACHING

Dilek HAZAR

Araş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Buca, İzmir, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0465-1455>

dilekizgiol90@gmail.com

Cenk KEŞAN

Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Buca, İzmir, Türkiye

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2629-8119>

cenkkesan@gmail.com

Received: 26-02-2021

Accepted: 09-04-2021

Published: 30-07-2021

Suggested Citation:

Hazar, D., & Keşan, C. (2021). 3B hologram destekli lineer cebir öğretimine ilişkin öğrenci görüşleri. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 10(3), 195-211.



This is an open access article under the [CC BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Öz

3B Hologram teknolojileri, bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak tasarlanan objelerin görüntüsünü boşluğa yansıtarak objenin üç boyutlu olarak görülebilmesine imkân vermektedir. Bu çalışmanın amacı, öğretmenin ve öğrencinin sınıftaki ders etkinliklerinde 3B Hologram teknolojisini pratik ve etkili bir şekilde kullanabilmesine imkân verecek şekilde geliştirilen HoloDEU yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen 3B Hologram destekli vektör uzayı öğretimine ilişkin öğrenci görüşlerini ve araştırmacı deneyimlerini incelemektir. Araştırmanın deseni durum çalışmasıdır. 3B Hologram teknolojisini lineer cebir öğretiminde hem öğretmen hem de öğrenci tarafından daha pratik ve etkili şekilde kullanılabilmesi için gerekli kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler doğrultusunda HoloDEU yazılımı ve çevrimiçi öğrenme ortamı taslak olarak geliştirilmiştir. İlköğretim matematik öğretmenliği ikinci sınıfta öğrenim görmekte ve lineer cebir 2 dersini almakta olan öğrencilerle birlikte yazılımın vektör uzayı kavramının öğretiminde kullanımına ilişkin öğretim uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın süreci gözlemlenmiş ve öğrencilerle görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler içerik analiziyle değerlendirilmiştir. Öğrenci görüşlerine göre HoloDEU ve 3B Hologram teknolojisinin üç boyutlu düşünme becerilerini ve anlamlarını geliştirdiğini, beceri kazandırdığını ve derse ilgilerini arttırdığını düşündükleri görülmüştür. Ayrıca araştırmacı notları ve öğrenci görüşlerine göre zamandan, sınıf mevcudundan, yazılım-bilgisayardan ve öğrencilerin eksik bilgi-iletişim teknolojisi becerilerinden kaynaklanan sorunlar tespit edilmiştir. HoloDEU yazılımı sorunları giderecek şekilde güncellenmiştir.

Anahtar Terimler: 3B Hologram, HoloDEU, lineer cebir öğretimi, vektör uzayı, öğrenci görüşleri.

Abstract

3D Hologram technologies allow an object to be seen in three dimensions by reflecting its image in three dimensions on a computer. The aim of this study is to examine student views and researchers' experiences in 3D Hologram-based vector space teaching using HoloDEU software, which was developed to enable the teacher and student to use 3D Hologram technology practically and effectively in classroom activities. The method of the research is a case study. Necessary criteria have been determined for using 3D Hologram technology in linear algebra teaching by both teachers and students in a more practical and effective way. In line with these criteria, HoloDEU software and the online learning environment have been developed. A teaching application related to the use of software in teaching the concept of vector space was carried out with students who were studying primary school mathematics teaching in the second year and taking a linear algebra 2 course. As the research was carried out, interviews were conducted with the students. The obtained data were evaluated by content analysis. According to the students' opinions, it was seen that they thought that HoloDEU and 3D Hologram technology improved their three-dimensional thinking skills and understanding, they gained skills, and they increased their interest in the lesson. In addition, according to the researcher's notes and student views, problems arising from time, class size, and

¹ Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığında, birinci yazarın Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019.KB.EGT.004 nolu proje ile desteklenen doktora tezinden üretilmiştir. Çalışma verilerinin bir bölümü 2-4 Mayıs 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen I. Uluslararası Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Sempozyumunda (UBEST-2019) sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

computer software as well as from gaps in students' information-communication technology skills were identified. HoloDEU software has been updated to fix these problems.

Keywords: 3D Hologram, HoloDEU, linear algebra teaching, vector space, student views.

GİRİŞ

Temelde vektör uzayları teorisine dayanan lineer cebir dersinde öğretmenlere çok kolay gelen kavramlar öğrencilerde karmaşa yaratabilir. Öğrenciler bu kavramları önceki bilgileriyle ilişkilendirmede yetersiz kalabilir, yeni tanımların yükü ağır gelebilir. Böyle durumlarda öğretmenler sorunların öğrencilerin önceden aldığı mantık ve cebir derslerindeki temel mantık ve küme teorisi konularındaki alıştırmaya yetersizliklerinden ya da geometrik sezgiyi kullanabilme becerilerindeki eksikliklerden kaynaklandığını düşünmektedir (Dorier, 2002). Öğrenciler pek çok yeni kelimeler, kavramlar, tanımlar ve teoremler ile karşılaştığında sayı, vektör, denklem, koordinat gibi kavramları kullanmaya çalışırken güçlük yaşamaktadır (Parraguez & Oktaç, 2010).

Öklit uzayına göre işlenen lise müfredatı gereği vektörü yönü, doğrultusu ve büyüklüğü olan doğru parçası olarak bilen öğrenciler lineer cebir dersinde matris, polinom ya da fonksiyonun da vektör olabileceği durumlarla karşılaşmaktadır. İkili işlem ve kümede eksik bilgiler sebebiyle vektör uzayını bir bütün olarak göremeyip vektör uzayının elemanlarını farklı kümelerden seçme eğiliminde olabilir. Ayrıca yeni karşılaştıkları ikili işlemde önceden alışkın deneyim kazandıkları bir ikili işlemi kullanma eğilimi gösterebilirler. Bunların hataları önleyebilmek için lineer cebir öğretiminde öğrencilere farklı küme ve ikili işlemlerle deneyim imkanları verilmeli ve iki vektör uzayı işlemi arasındaki ilişkinin koordinasyonunu kolaylaştıracak etkinlikler tasarlanmalıdır (Parraguez & Oktaç, 2010). Cebirsel uygulamalarda işlemsel sürece odaklanan öğrenciler kavramın anlamını kazanmakta güçlük yaşayabilmektedir. Lineer cebir formel yöntemlerle öğretildiğinde öğrenciler cebirsel temsillere odaklanarak kavramın formel ve şekilsel temsillerinde güçlük yaşamaktadır. Pedagojik yönden öğretme sürecinde şekilsel temsillere yer verildiğinde öğrenmenin somut dünyasından formel dünyasına anlamlı bir yolculuk mümkün olabilir, öğrenciler kavram anlamını kazanabilir (Stewart & Thomas, 2009). Lineer cebirin şekilsel temsillerle destekli olarak öğretilmesi başarıyı arttırmaktadır (İzgiol, 2014). Araştırmacıların deneyimlerine göre lineer cebirin üç boyutlu geometrik şekilleri etkileşimli veya normal tahtada ya da matematik yazılımlarında oluşturulsa bile öğrenciler bu şekilleri üç boyutlu olarak algılamakta güçlük çekmektedir. Üç boyutlu uzaydaki lineer cebir uygulamalarının anlaşılması diğer boyutlardaki ve farklı uzaylardaki uygulamaların anlaşılmasını etkilediği için lineer cebirdeki üç boyutlu geometrik şekilleri üç boyutlu algıyı öğrenciye hissettirecek teknolojilere ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Zaman ilerledikçe daha hızlı ortaya çıkan, geliştirilen ve yaygınlaşan bu teknolojiler arasında, eğitimde de yansımaları mevcut olan holografik teknolojiler yerini almaktadır. Holografi teorisi Gabor'un (1949) elektron mikroskobunun çözünürlüğünü arttırmaya yönelik çalışmalarına dayanmaktadır. Hologram kelimesi "bütün" anlamına gelen "holos" ve "mesaj" anlamına gelen "gram" Yunan kelimelerinin birleşimidir (Aina, 2010). İlk zamanlar uygun teknolojinin var olmaması sebebiyle istenen gelişmeyi yakalayamasa da lazer teknolojisinin keşfiyle ilerlemeler başlamıştır (Ackermann & Eichler, 2007).



Şekil 1. Akıllı telefonlar için piramit hologram (Kayıkçı ve Yürekli, 2020)

Holografik teknolojileri etkili kullanabilmek için yüksek hızda internet, obje ya da içeriği hazırlamak için üç boyutlu tasarım yapılabilen bilgisayar yazılımları, içeriği ya da nesneyi sergileyebilmek için holografik oynatma teknolojisi ve hologram cihazı gerekmektedir. Üç boyutlu bilgisayar yazılımlarında hazırlayabilen eserlerin .stl, .obj, .fbx, .3ds gibi üç boyutlu çıktılarıyla, bu yazılımlarda hazırlanabilen nesnelerin ya da animasyonların kamera animasyonu ile imgelerini oluşturarak (render) hologram içerikleri oluşturulabilir. Hologram cihazı Şekil 1'deki gibi piramit hologram teknolojisi ya da farklı bir hologram cihazı olabilir.

Ancak eğitimdeki bazı bariyerler yayılmayı yavaşlatmaktadır. Hologram teknolojileri yeni gelişmekte olduğu için maliyetinin yüksek olması (Aina, 2010), internet hızının yetersiz kalması, hologram teknolojilerinin eğitimde kullanılmasına ilişkin eğitimlerin yetersiz kalması, holografik içerikleri görüntülemeye kullanılacak ara yazılımların mevcut olmaması ya da yüksek ücretli olması gibi faktörler bu bariyerler arasındadır. Şekil 1'deki gibi piramit hologramın üretilmesi düşük maliyetli olsa da oluşan üç boyutlu eserin boyutlarının küçük olması ve çözünürlüğün düşük olması gerçeklik algısını bozabileceği için eğitimde kullanılabilirliği konusunda yetersiz kaldığı düşünülebilir. Bununla birlikte yapılandırmacı yaklaşımın desteklediği günümüz eğitim sisteminde öğrencilerin derste aktif olması beklenmektedir. Ancak holografik içerik oluşturmak için mühendislik ve mimarlıkta kullanılan üç boyutlu tasarım programlarında eser tasarlamak ve bu eseri hologram cihazında görüntülenmesi için hazır hale getirmek saatler sürmektedir. Bu durumda öğrencinin derste süresi içinde bir kavramı öğrenirken kavramla ilgili holografik içerik hazırlaması ve eseri hologramda görüntülenmesi mümkün değildir.

Bu bağlamda 3B Hologram (3BH) Destekli Öğretimi hem öğretmenin hem öğrencinin derste holografik eser oluşturabileceği, hazırlanan holografik eserlerin depolanabileceği (yüklenme tarihine göre gruplandırma özelliğine sahiptir), holografik eseri hologram cihazına birkaç saniyede akıllı telefon, tablet ya da bilgisayar kullanarak gönderebileceği, hologram cihazına aktarılan holografik görüntüyü büyütme, küçültme, 360 derece döndürme işlemlerini yapabileceği, ayrıca üç boyutlu tasarım yazılımlarında hazırlanan üç boyutlu obje, animasyon veya video çıktıların (.stl, .obj, .fbx, .3ds, .avi uzantılarında renderları) depolanabileceği ve hologram cihazına aktarabileceği çok modüllü bir yazılım olan HoloDEU geliştirilmiştir.

APOS Teorisi ve Vektör Uzayı Kavramına İlişkin Genetik Çözümleme

Çalışmada APOS teorisinin seçilme sebebi, vektör uzayının lisans düzeyinde soyut yönü olan bir kavram olmasıdır. APOS teorisi Analiz, Mantık, Diferansiyel, Soyut Cebir gibi yüksek matematik derslerinin yanı sıra ortaokul ve lise düzeyindeki matematik derslerinde de başarıyla kullanılmaktadır. Piaget'in yansıtıcı soyutlama çalışmalarına dayanarak ortaya çıkan APOS teorisi öğrenci bir kavramı öğrenirken oluşturduğu zihinsel yapılar ve mekanizmaları, bu yapılar ve mekanizmaların oluşumunu ve arasındaki işleyişi (genetik çözümleme), genetik çözümlemeye bağlı olarak kavramın öğretimi (etkinlikler-sınıf tartışmaları-alıştırmalar (ACE) öğretme döngüsünü) ve öğrenme sürecinin genetik çözümlemeye bağlı olarak değerlendirilmesi konularında yol gösterici bir teoridir.

Dubinsky'ye (1991) göre öğrenci bir kavramı öğrenirken Eylemler (Actions), Süreçler (Processes), Nesnelere (Objects) ve Şemalar (Schemas) zihinsel yapıları oluşur. Bu zihinsel yapıların oluşmasını tetikleyen zihinsel mekanizmalar ise içselleştirme, koordine etme, tersine çevirme, kapsülleme ve genellemedir. Zihinsel mekanizmaların ve zihinsel yapıların oluşumunu ve arasındaki işleyişi açıklayan hipotetik model ise genetik çözümlemedir. Arnon, Cotrill, Dubinsky, Oktaç, Roa-Fuentes, Trigueros, ve Weller (2014) ile Parraguez ve Oktaç (2010) çalışmalarında APOS teorisinin yapı ve mekanizmalarını ve vektör uzayının genetik çözümlemesi aşağıdaki gibidir:

Bir kavramın eylem anlayışında öğrenci dış uyaranlara tepki olarak matematiksel nesnelere üzerinde hesaplamalar ve dönüşümler gerçekleştirebilir, birbirini tetikleyen birkaç adımlı çözümleri gerçekleştirebilir. Vektör uzayı kavramının eylem anlayışından bahsettiğimizde öğrenci bir kümenin belirli elemanlarına ikili işlemi uygulayabilir ve sonucu bulabilir.

Öğrenci eylemleri içselleştirdiğinde ve süreç anlayışına ulaştığında, bu eylemler hakkında düşündüğünde çözümleri açıkça yazmadan zihninde adımları gerçekleştirebilir. İki ya da daha fazla süreci koordine ederek yeni süreçler oluşturabilir. Vektör uzayı kavramının süreç anlayışında öğrenci genel anlamda bir ikili işlemin kümenin her elemanına ne yaptığının farkındadır ve bu konuda düşüncelerini ifade edebilir.

Bu süreçler üzerinde dönüşümleri gerçekleştirme ihtiyacı duyduğunda öğrenci süreçleri nesneye kapsülleyebilir. Vektör uzayı nesne anlayışında öğrenci kapsüllemeyi ve bir kümenin tüm elemanlarına ikili işlemi uygulama süreci ile aksiyom şemasının özümsemesini gerçekleştirdiğinde aksiyomları sağlayan ve üzerinde ikili işlem (iç işlem) tanımlanmış kümenin nesne anlayışına ulaşmıştır. Öğrenci bütün verilen aksiyomların sağlanıp sağlanmadığını doğrulayabilir. Üzerinde çalışılan kümenin üzerinde başka bir ikili işlem daha tanımlanabildiği için tüm aksiyomları sağlayan üzerinde ikili işlem tanımlanmış küme nesnesi ile cisim nesnesinin (field schema) koordine edilmelidir. Buradaki koordinasyon sonucunda üzerinde vektörün skalerle çarpılması ikili işlemi (cisim ve küme üzerinde tanımlanmış dış işlem) tanımlanmış olan küme nesnesi anlayışına ulaşılır. Üzerinde bir ikili işlem tanımlanmış küme nesnesi ve üzerinde vektörün skalerle çarpılması ikili işlemi tanımlanmış ikili işlem nesnesi arasında dağılma kurallarının koordine edilmesiyle üzerinde iki ikili işlem tanımlanmış (bir iç işlem ve bir dış işlem) ve aksiyomları sağlayan küme nesnesi anlayışına yani vektör uzayı nesnesine ulaşılır. Burada öğrenci iç işlem ve dış işlemlere göre verilen bütün aksiyomların sağlanıp sağlanmadığını gösterebilir. Sağlanmadığı durumlarda vektör uzayı olabilmesi için kümeyi veya işlemleri manipüle edebilir. Böyle bir durum vektör uzayı nesnesine ilerlerken koordine edilen iki nesnenin içerdiği süreçlere geri dönebilmek için kapsülden çıkarma mekanizmasını gerektirir. Araştırma üzerinde iç işlem tanımlanmış küme nesnesi ile üzerinde dış işlem tanımlanmış küme nesnesi arasındaki koordinasyonu süreci bakımından genetik çözümlene Parraguez ve Oktaç (2010) çalışmasındaki göre farklılık göstermektedir.

Bir problemi çözmek istediğinde öğrencinin harekete geçireceği bu eylemler, süreçler ve nesnelere kavramın şema yapısını oluşturmaktadır. Şema anlayışına sahip olan bir öğrenci asimile ederek yeni nesnelere oluşturabilir. Şema anlayışı kendi içinde “İç”, “Ara” ve “İleri” seviyelere ayrılmaktadır. İç seviyede yeni oluşturulan nesne ve diğer nesne ve süreçler mevcuttur ancak öğrenci bunlar arasında mevcut olabilecek ilişkilerin farkında değildir. Vektör uzayı kavramının şema anlayışının iç seviyesinde öğrenci farklı vektör uzaylarının ya da vektör uzayı olmayan durumların farkındadır ancak alt uzay, germe gibi diğer kavramlarla ilişkilerin farkında değildir. Ara seviyede ilişkilerin farkına varılmaya başlanmıştır. Öğrenci bu aşamada alt uzay, lineer dönüşüm, öz değer öz vektör gibi kavramlarla ilişkilendirmelere başlamıştır. İleri seviyede ise öğrenci tüm ilişkilerin farkındadır ve herhangi bir problemde hangi şemanın kullanılacağına karar verebilir. Bireyin vektör uzayında nesne anlayışına ulaşabilmesi için küme, fonksiyon, ikili işlem, aksiyom ve cisim şema anlayışlarına sahip olması gerekmektedir.

3B Hologram Destekli ESA (ACE) Öğretim Döngüsü Uygulaması

Araştırmada 3B Hologram Destekli ESA (etkinlikler-sınıf tartışmaları ve alıştırmalar) öğretim döngüsü ile vektör uzayı öğretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada HoloDEU yazılımının öğretim sürecinde ilk kez kullanıldığı için aynı zamanda yazılımın pilot çalışmasıdır. Bu sebeple vektör uzayı öğretimine başlamadan önce öğrencilerle HoloDEU ve GeoGebra kullanımına ilişkin dersler yapılmıştır. Bu derslerin kapsamı yazılımların bilgisayara yüklenmesi, açılması, özelliklerinin tanıtılması ve örnek uygulamaların yapılması şeklinde tasarlanmıştır. İki haftalık uygulamadan sonra üçüncü hafta vektör uzayı kavramının öğretimi sürecine geçilmiştir.

İlk olarak derse *Etkinlikler* ile başlanmıştır. Bu etkinlikler genetik çözümlemedeki küme, fonksiyon, ikili işlem ve cisim kavramlarına ilişkin bilgileri kullanarak çözülebilecek sorulardan oluşmaktadır. Bu sorular farklı ikili işlem ve kümeleri içerecek şekilde, öğrencilerin önceden sahip olduğu bilgiler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bu soruların ilk bölümü $\overline{Z_4}$, $\overline{Z_5}$, $\overline{Z_5^2}$, $\overline{R^2}$ kümelerinin cisim olup olmadığının incelenmesi ve kümelerin eleman sayılarının değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

İkinci bölümü ise GeoGebra-HoloDEU uygulamalarını içeren sorulardan oluşmaktadır. İkinci bölümdeki sorular vektör uzayı aksiyomlarının GeoGebra’ da \mathbb{R}^2 ve sonrasında \mathbb{R}^3 geometri penceresindeki çizimlerle incelenmesine yöneliktir. Bu sorular değerlendirilirken öğrencilere vektör uzayı tanımı verilmemiştir.

Öğrenciler bu ilk bölümdeki soruları bireysel olarak çözdükten sonra tahtada çözüm gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte cebirsel ifadeler ve formel tanımlarla önceki bilgiler tekrarlanmıştır. Daha sonra GeoGebra-HoloDEU uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Öncelikle GeoGebra Geometri uygulamasında \mathbb{R}^2 koordinat sisteminde çizimleri gerçekleştirilmiştir. Her öğrenci vektörleri kendisi belirlemiştir. Her çizimde ve açıklamalarda öğrenciler GeoGebradan .stl formatında çıktı olarak dosyayı HoloDEU aracılığıyla 3B Hologram cihazına aktarmışlardır. Bu gönderme işlemi yaklaşık birkaç saniye sürmektedir. \mathbb{R}^2 koordinat sistemindeki uygulamalar tamamlandıktan sonra vektör uzayı aksiyomlarının vektörel çizimleri \mathbb{R}^3 koordinat sisteminde GeoGebra 3B Hesaplama aracında gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde her adımda çizilen tasarımlar HoloDEU aracılığıyla 3B Hologram cihazına aktarılarak hologram cihazında görüntülenen tasarımlar üzerinde incelemeler ve açıklamalar yapılmıştır.

Tamamlanan etkinliklerden sonra sınıf tartışması ile çizimlerde açıklanan ikili işlem özellikler, iç işlem, dış işlem ve kümeler arasında kurulan genel yapı üzerinde durulmuştur. Formel tanımlar yapılmıştır. Araştırmacıların yazarı olduğu ders kitabı kullanılarak formel tanımlar verilmiştir, teoremler ispatlanmıştır ve örnekler çözülmüştür. Kitaptaki örnekler \mathbb{R} , \mathbb{R}^2 , \mathbb{R}^n , \mathbb{C} , $P_2(\mathbb{R})$, $M_{2 \times 3}$ vektör uzaylarına ilişkindir.

Ders sonunda \mathbb{Z}_5 , \mathbb{Z}_5^2 , \mathbb{C}^2 ve \mathbb{P}_3 gibi sonlu ve sonsuz sayıda vektöre sahip kümelerin ve bunların çeşitli alt kümelerinin vektör uzayı olup olmadığına ilişkin sorular ek alıştırma olması için verilmiştir.

Alıştırmaları çözerken standart vektörel toplama ve skalerle çarpma işlemlerine göre çözümleri gerçekleştirmeleri istenmiştir.

Çalışmanın amacı araştırmacılar tarafından geliştirilen HoloDEU yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen 3B Hologram destekli ve APOS teorisine dayalı vektör uzayı kavramının öğretim sürecinde öğrencilerin görüşlerini ve araştırmacının deneyimlerini incelemektir.

Bu amaç doğrultusunda araştırmanın problemleri aşağıdaki gibidir:

HoloDEU yazılımı ve 3B Hologram cihazı sınıfta nasıl kullanılmaktadır?

Öğrenciler 3B Hologram destekli vektör uzayı öğrenme deneyimlerini nasıl açıklıyorlar?

YÖNTEM

Araştırma Deseni

Çalışmada araştırılan durum, geliştirilen HoloDEU yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen 3B Hologram destekli vektör uzayı kavramının öğretim sürecinde öğrencilerin ve araştırmacının yaşadığı deneyimlerine ilişkin görüşleridir. Bu amaç doğrultusunda araştırmada öğrencilerin 3B Hologram destekli vektör uzayı öğrenme deneyimlerini nasıl açıkladığı ve HoloDEU yazılımı ve 3B Hologram cihazının sınıfta nasıl kullanıldığı sorularının yanıtları araştırılmıştır. Araştırmacı 3B Hologram destekli vektör uzayı öğretimi sürecinin nasıl gerçekleştiğini incelemiştir. Bu süreçte HoloDEU yazılımının, hologram cihazının, GeoGebra yazılımının kullanımına ilişkin durumlar, vektör uzayı etkinliklerinin uygulanması sürecine ilişkin durumlar ve meydana gelen diğer durumlar araştırmacı tarafından dikkate alınmıştır. Bu araştırmada öğrencilerin vektör uzayını öğrenme süreçlerine değinilmemiştir.

Araştırma “nasıl” ve “ne” soruları ile başlayan durum çalışması bir durum hakkında çoklu bilgi kaynaklarıyla ayrıntılı bilgi elde edilerek bu durumun betimlendiği nitel bir yaklaşımdır (Creswell, 2013). Araştırmanın çalışma takvimi Tablo 1’deki gibidir.

Tablo 1. Çalışma takvimi

Ders İçeriği	Hafta	A şubesi	B şubesi
GeoGebra ve HoloDEU uygulamaları	Birinci hafta: GeoGebra tanıtımı ve vektörel işlemlerin uygulamaları	3x45 dakika	3x45 dakika
	İkinci hafta: GeoGebra pratikleri ve objelerin hologram cihazına aktarılması ile ilgili uygulamalar	3x45 dakika	3x45 dakika
Vektör Uzayı kavramı ve ilgili kavramların öğretimi	Üçüncü hafta: vektör uzayı kavramı uygulamaları	3x45 dakika	3x45 dakika
	Dördüncü hafta: vektör uzayı kavramı uygulamaları	3x45 dakika	3x45 dakika

Çalışma Grubu

Çalışma grubu bir devlet üniversitesinde ilköğretim matematik öğretmenliği ikinci sınıfta öğrenimine devam etmekte olan 45 öğrenciden oluşmaktadır. Öğretim faaliyetlerine her iki şubeden toplam yaklaşık 100 öğrenci katılmıştır. Görüşme gönüllü olarak katılmak isteyen öğrencilerle gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın etik kurul izni alınmıştır. Katılımcıların Gönüllü Katılımcı Onam Formu ile onayları alınmıştır.

Veri Toplama Araçları

Görüşme soruları

Öğrencilerin hologram destekli öğretim ile ilgili görüşlerini almak amacıyla kullanılacaktır. Hologram destekli lineer cebir öğretimi ilk defa kullanılacağından süreçte öğrencilerin bakış açısıyla yaşanabilecek olumlu ya da olumsuz durumlar belirlenmeye çalışılacaktır. Bu alt amaç doğrultusunda görüşme formunun soruları taslak olarak hazırlanmıştır. Bu sorular için nitel araştırmalarda çalışmaları olan üç ve bilgisayar destekli öğretim konusunda uzman bir öğretim elemanının görüşüne başvurulmuştur. Yüz yüze gerçekleşen görüşmelerle uzman görüşleri alınmıştır ve araştırmacı notlarıyla kayıt altına alınmıştır. Soruların uygun olduğuna karar verilmiştir. Alınan görüşler doğrultusunda düzenleme yapılarak sorular aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

GeoGebra uygulamaları ve HOLOGRAM modelleri destekli lineer cebir öğretiminde yaşadığınız öğrenme süreciniz ile ilgili olumlu düşünceleriniz nelerdir?

GeoGebra uygulamaları ve HOLOGRAM modelleri destekli lineer cebir öğretiminde yaşadığınız öğrenme süreciniz ile ilgili olumsuz düşünceleriniz nelerdir?

Araştırmacı gözlemleri

Hologram destekli öğretim lineer cebir öğretiminde ilk defa kullanılacaktır. Ayrıca HoloDEU yazılımı tez çalışması kapsamında hologram cihazının hem öğrenciler hem de öğretmen tarafından aktif olarak kullanılabilmesi için geliştirilmiş olup öğretimde ilk defa kullanılacaktır. Bu sebeple süreç boyunca GeoGebra yazılımının, hologram cihazının, HoloDEU yazılımının, bilgisayar kullanımının ve APOS teorisinin öğretimde bütünleşmesinde yaşanabilecek durumlar araştırmacı tarafından izlenecek ve kayıt altına alınacaktır.

Gözlemcinin öğretim sürecindeki bu durumları tespit edebilmesi için gözlem formunun taslak soruları hazırlanmıştır. Bu sorular için nitel araştırmalarda çalışmaları bulunan ve lineer cebir alanında uzman olan üç ve bilgisayar destekli öğretim konusunda uzman bir öğretim elemanının görüşüne başvurulmuştur. Uzman görüşü alındıktan sonra ön görülen bu durumların dışındaki öğretim sürecini etkileyebilecek diğer durumların da not alınabileceği gözlem formunun son hali Şekil 2'deki gibidir.

Araştırmacı hem öğretmen hem gözlemci rolünde olması sebebiyle süreçte gözden kaçan durumların olmaması ve araştırmacının tespit ettiği durumları teyit edebilmesi için dersler kamera ile kayıt altına alınmıştır.



Şekil 2. Araştırmacı gözlem formu

Veri Analizi

Çalışmanın amacı doğrultusunda toplanan veriler öğrenci görüşleri, araştırmacının gözlemler ve kamera kayıtlarından oluşmaktadır. Veriler içerik analiziyle incelenmiştir. İçerik analizi, nitel analizde bazen tekrar eden metinler gibi benzer temaların örüntülerini tanıma, önceden belli olmayan bu örüntüleri tümevarımsal yaklaşımla ortaya çıkarma işidir (Patton, 2002). Veriler benzer özelliklere göre kodlara, sonra kodlar arasında benzer özellikte olanlara göre temalara ayrılmıştır.

Geçerlik ve Güvenirlik

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlilik konusunda çalışmanın niteliğini arttırmak için inandırıcılık, aktarılabirlik, tutarlık ve teyit edilebilirlik kavramları sağlanmalıdır (Yıldırım & Şimşek, 2016).

Teyit edilebilirlik için, sorumlu araştırmacı elde ettiği nitel verileri analiz ettikten bir ay sonra, tüm analiz sürecini tekrar gerçekleştirmiştir. Kodlayıcı iç tutarlığı Miles ve Huberman (1994) kodlayıcı güvenirlilik katsayısı hesaplamasına göre %85.71 olarak hesaplanmıştır ($\Delta = C \div (C + \partial) \times 100$; Δ =güvenirlilik katsayısı, C=üzerinde görüş birliği sağlanan terim sayısı, ∂ =üzerinde görüş birliği bulunmayan terim sayısı). İnanırıcılık (iç geçerlik) konusunda başarılı olabilmek için çalışmada, araştırmacı çalışma gruplarıyla araştırma öncesinden lineer cebir derslerinde iletişime geçmiştir. Öğretim uygulamaları, soruların uygulanması ve görüşmelerin gerçekleştirilmesi sürecinin tümünde araştırmacı araştırma sahasında katılımcılarla bire bir iletişim halinde olmuştur. Ayrıca görüşmelerdeki söylemlere, önemli noktalarda bulguya destek olması amacıyla doğrudan alıntı olarak bulgularda yer verilmiştir. Veriler böylelikle ayrıntılı betimlenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR

HoloDEU Yazılımı ve 3B Hologram Cihazı Sınıfta Kullanımı

3B Hologram Destekli ESA (ACE) Öğretim Döngüsü Uygulaması ve Tablo 1'deki çalışma takvimine göre gerçekleştirilen öğretim etkinlikleri uygulamanın gerçekleştirildiği eğitim fakültesinin Hologram ve Çok Amaçlı Okuma Salonunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Bu salonda 3B Hologram cihazı ve öğrencilerin oturma düzenine uygun sayıda çalışma sandalyesi bulunmaktadır. 3B Hologram cihazı görüntü netliğinin artması amacıyla tek yüzü hariç siyah renkle kaplıdır. 3B Hologram cihazının boyutlarından dolayı bilgisayar laboratuvarlarından ziyade bu salona yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Salonda bilgisayar yoktur ancak her masada priz soketleri mevcuttur. Ayrıca salonda yüksek hızda kablosuz internet bulunmaktadır. Bilgisayarı olan öğrenciler derse bilgisayarını getirmiştir. Bilgisayarı olmayan öğrenciler ise GeoGebra uygulamalarını akıllı telefonlarından gerçekleştirmişlerdir.



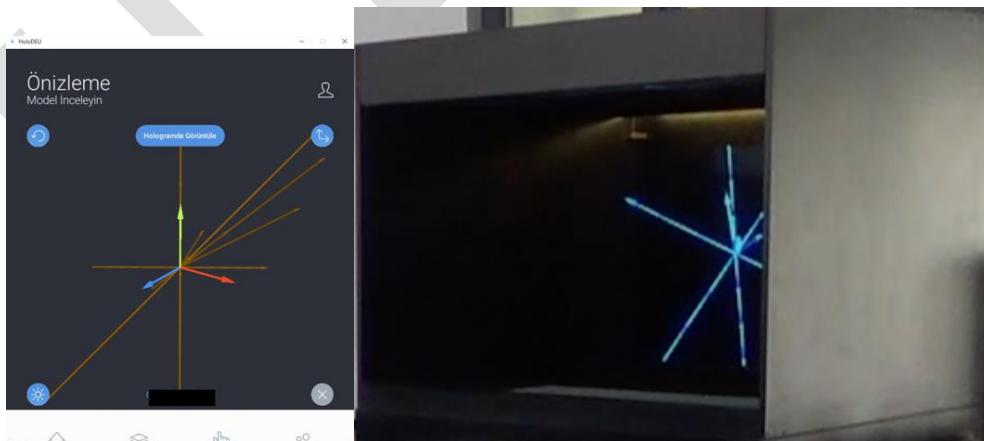
Şekil 3. 3B Hologram cihazı ve salonu

Öğrenciler ilk olarak HoloDEU ve 3B Hologram cihazı ile tanıştırılmıştır. HoloDEU yazılımının lineer cebir dersinde ilk kez kullanımı gerçekleştirileceği için yazılımın prototip versiyonu herhangi bir internet mağazasına yüklenmemiştir. İndirme linki veya USB bellek kullanılarak yazılım öğrencilere verilmiştir. Bu sebeple yazılım sadece bilgisayarlarda kullanılabilmiştir. Akıllı telefonlarda GeoGebra tasarımlarını yapan öğrenciler .stl olarak indirdiği tasarımları bilgisayarı olan arkadaşlarına göndererek, bilgisayarlardaki HoloDEU aracılığıyla tasarımlarını 3B Hologram cihazına aktarmışlardır.

GeoGebra matematik uygulamalarının gerçekleştirilebildiği eğitimin her seviyesinde kullanılabilen dinamik bir yazılımdır. Çalışma grubundaki öğrenciler GeoGebra ile ilk kez lineer cebir dersinde karşılaştılar. Bu sebeple öğretim faaliyetlerine bu yazılımın tanıtılması da eklenmiştir. GeoGebra ve HoloDEU yazılımlarının kullanımı hakkında bilgilerin sunumu ve örnek tasarımların yapılması sürecinde öğrencilerin bu süreci akıllı telefonda yürütmede zorluk yaşadığı gözlemlenmiştir.

HoloDEU bilgisayarlara yüklenirken güvenlik yazılımlarının çıkardığı problemlerle karşılaşmıştır. Tasarımların stl çıktılarını HoloDEU ya aktarırken bazı bilgisayarların model ismini kabul etmediği gözlemlenmiştir. İsim değişikliği yapılarak bu sorun çözülmüştür. HoloDEU havuzuna aktarılan tasarımların sayısı arttıkça farklı günlerde havuza aktarılan tasarımların bulunması güçleşmiştir. Hologram cihazına aktarılan tasarımın boyutu sabit olduğu için büyütme-küçültme işlevinin ihtiyacı gözlemlenmiştir. Model havuzunda bir model açıldığında model havuzuna tekrar geri dönebilmek için yazılım ana ekrana dönmek zorunda bırakılmaktadır.

HoloDEU ile yaşanan bu sorunlar yazılım tasarım ekibi ile paylaşarak yazılım güncellemesi yapılmıştır. Bu güncellemelerle modellerin havuzda tarihe göre kümelenmesi, ekranda hologram açıkken model havuzuna dönebilmek için bir buton eklenmesi, tasarımı döndürme, yaklaştırma, taşıma işlevlerinin eklenmesi gerçekleştirilmiştir. HoloDEU yazılımının üyelik fonksiyonunu bulundurma, öğrenci tarafından bir modelin holograma aktarılacağı zaman yönetici onayı istemesi, model havuzundaki tasarımların yönetici tarafından kontrol edilebilmesi, HoloDEU ya bir tasarımın yüklenmesinin ve hologram cihazına aktarılma süresinin (bilgisayar hızına göre değişmektedir) birkaç saniye sürmesi ve öğrencilerin model havuzundaki tüm tasarımlara kablosuz erişim sağlayabilmesi özelliklerinin 3B Hologram destekli öğretim sürecini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Ayrıca HoloDEU üç boyutlu tasarım programlarında çizilebilecek model ve animasyonları da 3B Hologram ve kullanıcılar ile paylaşmaya imkân verdiği için tıp, mühendislik, güzel sanatlar, fen bilimleri vb. alanlarda da kullanıma uygundur. HoloDEU yazılımının ekran görünümü ve 3B Hologram cihazında örnek bir tasarım aşağıdaki Şekil 4' deki gibidir.



Şekil 4. HoloDEU ve 3B Hologram cihazında örnek bir tasarım

Öğrencilerin Görüşleri

3B Hologram destekli vektör uzayı kavramının öğretim etkinlikleri tamamlandıktan sonra öğrencilerle gerçekleştirilen görüşmelerin içerik analizi bulguları bu bölümde incelenmiştir. “GeoGebra uygulamaları ve Hologram modelleri destekli lineer cebir öğretiminde yaşadığınız öğrenme süreciniz

ile ilgili olumlu düşünceleriniz nelerdir?” sorusuna verilen yanıtların temaları ve frekans bilgileri Tablo 2’deki gibidir.

Tablo 2. Temalara göre frekanslar

Öğrencilerin olumlu görüşlerinin temaları	f
Üç boyutlu düşünme becerilerini geliştirmektedir	20
Anlamayı geliştirmedir	19
Beceri kazandırmaktadır	2
Derse olan ilgiyi arttırmaktadır	9

Tablo 2 incelendiğinde öğrencilerin 3B Hologram destekli öğretim sürecine yönelik olumlu görüşleri bu öğretimin üç boyutlu düşünme becerilerini geliştirdiği, anlamalarını geliştirdiği, beceri kazandırdığını ve derse olan ilgilerini arttırdığı yönündedir. Üç boyutlu düşünme becerilerini ve anlamalarını geliştirdiği yönünde görüşlerin %40 ve %38, derse olan ilgiyi arttırdığı ve beceri kazandırdığı yönündeki görüşlerin ise %18 ve %4 ünü oluşturduğu görülmektedir.

Üç boyutlu düşünme becerilerini geliştirme

Öğrencilerin 3B Hologram destekli öğretimin üç boyutlu düşünme becerilerini geliştirdiğine yönelik görüşlerden bazıları aşağıdaki gibidir.

Bence lineer cebir dersinin vektör uzayı konusunu bu şekilde daha kolay kavradım ve 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı.

Üç boyutlu düşünmemiz daha kolay bir hale geldi.

3 boyutu kafamda daha iyi canlandırımdım.

Zihnimde canlandırmakta zorlandığım kısımları somut olarak görebiliyorum.

Derste birçok konuyu üç boyut yönünden görebilmemizi sağlıyor

Görsel açıdan etkili oluyor.

Lineer cebir öğretiminde hologram modelleri kullanıyor olmak büyük şanstı. Hologram kullanımı üç boyutta düşünmeyi kolaylaştırdı.

Soyut düşünme yeteneğimi arttırdı. Bir soruda yanlış işlem yapıp yapmadığımı koordinat üzerinde soyut olarak düşünerek test edebiliyorum.

Üç boyutlu kavramları zihnimizde canlandırmak normalde zor bir durumken hologram desteği ile bu durum kolaylaştı.

Konuyu anlamamızda yardımcı oldu grafikleyerek somut bir şekilde anladım.

Bence lineer cebir dersinin vektör uzayı konusunu bu şekilde daha kolay kavradım ve 3 boyutlu düşünmemi kolaylaştırdı.

Somutlaştırmada zorlandığımız bazı konuların öğreniminde faydalı bir eğitim aracı olduğunu düşünüyorum.

Öğrenciler 3B Hologram destekli öğretim ile şekilleri zihninde daha kolay canlandırabildiğini, üç boyutlu düşünmeyi kolaylaştırdığını, üç boyutlu olarak şekilleri görebildiklerini ve soyut olarak zihninde düşünmekte zorlandığı şekillerin 3B Hologram ile somut hale geldiğini ifade etmişlerdir.

Anlamayı geliştirme

Anlamayı geliştirdiğine yönelik öğrenci görüşlerinden bazılarına aşağıda yer verilmiştir.

Görsel boyut kazandığı için kalıcılığı arttı ve anlam kazandı, lineer in uzun uzun ispatlarından bir nefes alıp görsel etkili bir materyalle çalışmak görsel zekama dokunan güzel bir süreçti.

Daha akılda kalıcı olduğunu düşünüyorum soyut bir şeyleri somut olarak gördüğümüzde

Konuyla ilgili örnek verileceği zaman görsel olarak görmek daha iyi anlamamı sağlıyor. Konunun pekiştirilmesini daha olanaklı sağlıyor.

Dersi aktif bir şekilde işleme olanağı sağlıyor

Bölümümüz nedeniyle birkaç dersimiz hariç tüm dersleri teorik olarak almaktayız. Lineer Cebir gibi teorik bir derste; vektör, vektör uzayı, çeşitli cebirsel işlemler ... vb. konularda tahta üzerinde cebirsel ifadelerle anlatım yapmak çoğumuzun kuralları ezber yoluyla öğrenmesine neden olmaktadır. Ancak hocamızın dersi desteklemede kullandığı yöntem sayesinde ders içeriğimizdeki konular görsel ve 3D olarak anlaşılır hale gelmiştir. Teorik derslerde bunun gibi hologram modelleri zihinde görsel algılamayı artırmaktadır, bu durum bizim ders başarımızı olumlu etkilemektedir.

Çalışmalar üç boyutlu olduğu için akılda kalıcı ve öğretici

Dersi daha kolay kavriyorum.

3 boyutlu gözlem yapma konusunda yardımcı oldu olayları görsel bakış açısıyla inceleyip bilgilerin daha iyi oturmasına yardımcı oldu.

Üç boyutta nasıl şekiller düzlemler üzerinde nasıl çalıştığımızı görebildik

Göz önünde görme, akılda kalma açısından görsel olarak baya olumlu

Kendimiz çabalayarak ve bizzat uğraşarak yaptığımız için daha kalıcı öğrenme oluyor. Öğretmenimiz her birimize daha çok vakit ayırabiliyor.

3 boyutlu anlamamız açısından yararlı olduğunu düşünüyorum

Öğrencilerin görüşleri 3B Hologram destekli vektör uzayı öğretiminde üç boyutlu olarak şekilleri somut olarak inceleyebildikleri için daha iyi anlayabildikleri, kalıcılığı arttırdığı, başarıyı olumlu etkilediği ve öğrenme sürecinde öğrenciyi aktif rol verdiği yönündedir.

Beceri kazanma

Öğrencilerin beceri kazanma ile ilgili görüşleri aşağıdaki gibidir.

Bilgisayar üzerinden matematik ile ilgili çizimler yapabilmeyi öğreniyoruz.

Hologramı tanımış olduk

3B Hologram destekli öğrenme sürecinde öğrencilerin bilgisayarda matematik ile ilgili çizimler yapmaya ve hologram cihazını kullanmaya yönelik beceriler kazandığına ilişkin görüşler de bulunmaktadır.

Derse olan ilgiyi artırma

Öğrencilerin 3B Hologram destekli öğrenme ile derse olan ilgilerinin arttığına yönelik görüşler aşağıdaki gibidir:

Derse olan ilgimi ve çalışma isteğimi artırdı.

Daha akılda kalıcı ve öğrenimi destekleyici olduğunu düşünüyorum. Derse olan ilgimin ve merakımın artmasını sağladı. Güzel bir uygulamaydı

Hologram bana çok farklı geldi en başta zorlandım ama sonradan eğlenceli ve güzel mantıklı geldi.

Üç boyutlu şekilleri daha somut olarak görmemizi sağladı dersi de daha ilgi çekici hale getirmiş oldu

Ders daha zevkliydi ve somuttu

Süreci görsel olarak takip edebildiğimiz için bilgiler daha kalıcı oluyor, eğlenerek öğreniyoruz.

GeoGebra ve hologram uygulamaları derse olan ilgimi arttırdı. Şekillerin 3 boyutlu hallerini görmek konuyu kavramada kolaylık sağladı.

Bu görüşlere göre öğrenciler 3B Hologram destekli vektör uzayı kavramını öğrenmenin derse olan ilgilerini, merakını ve çalışma isteklerini arttırdığını, zevkli olduğunu, eğlenerek öğrendiklerini düşünmektedir.

“GeoGebra uygulamaları ve Hologram modelleri destekli lineer cebir öğretiminde yaşadığımız öğrenme süreciniz ile ilgili olumsuz düşünceleriniz nelerdir?” sorusuna verilen yanıtların temaları ve frekans bilgileri Tablo 3’teki gibidir.

Tablo 3. Temalara göre frekanslar

Öğrencilerin olumsuz görüşlerinin temaları	f	
Zaman problemleri	18	
Sınıf mevcudundan kaynaklı problemler	5	
Bilgi-iletişim teknolojileri ile ilgili sorunlar	Öğrenci kaynaklı sorunlar	6
	Yazılım, bilgisayar kaynaklı sorunlar	19

Öğrencilerin 3B Hologram destekli vektör uzayı öğrenme deneyimlerine ilişkin olumsuz görüşlerinin zaman problemleri, sınıf mevcudundan kaynaklanan problemler ve BİT ile ilgili sorunlar olmak üzere üç temadan oluşmaktadır. BİT ile ilgili sorunlar ise öğrencilerin BİT beceri yetersizliklerinden ve yazılım-bilgisayardan kaynaklanan sorunlar olmak üzere iki alt temada toplanmaktadır. Olumsuz görüşlerin %37,5 si zaman problemlerinden, %10 u sınıf mevcudundan, %12,5 i öğrencilerin BİT kullanım becerilerinin yetersizliklerinden ve %40 ı yazılım ve bilgisayar ile ilgili sorunlardan kaynaklanmaktadır.

Zaman problemleri

Zaman problemleri ile ilgili görüşlerden bazıları aşağıdaki gibidir:

Biraz uzun sürüyor.

Zaman kaybı

Fazla zaman alıyor

İlk öğrenme sürecinde ne yapacağımızı bilemediğimiz için vakit kaybımız oldu

Teorik bilgileri öğrenmek için daha az zaman kaldı.

Tek olumsuz yanı zaman kaybı olması ama normal bir şekilde öğrenmektense bu şekilde öğrenmeyi tercih ediyorum.

HoloDEU yazılımının prototipinin öğretimde kullanılabilirliğinin pilot çalışmasının gerçekleştirildiği 3B Hologram destekli vektör uzayı öğretimi ile ilgili öğrenci görüşleri zaman aldığı, vakit kaybı yaşadıkları ve tanım-teorem-soru çözümü için daha az zaman kaldığı yönündedir. Öğrencilerin bu görüşlere sahip olmalarının sebepleri GeoGebra’yı ilk defa kullandıkları için deneyim eksikliği yaşamaları, akıllı telefonda GeoGebra’yı kullanmada güçlük çekmeleri ve HoloDEU ile ilgili yaşanan yükleme, güvenlik, dosya ismini kabul etmemesi, akıllı telefonda tasarımı bilgisayarla olan arkadaşına gönderilmesi gibi sorunların gündeme gelmesidir.

Sınıf mevcudundan kaynaklı problemler

Öğrencilerin görüşleri arasındaki sınıf mevcudundan kaynaklanan problemlere yönelik ifadeler aşağıdaki gibidir:

Çok etkili bir yöntem olduğunu düşünüyorum fakat sınıftaki öğrenci sayısının fazlalığından ve bilgisayar eksikliğimizden bizim için zorluğu var. Hem klasik ders hem modern öğretimi bir arada götürmenin de zor olduğunu düşünüyorum.

Kalabalık gruplar halinde olduğumuz zaman anlayış zorlaşıyor

Sınıftaki kişi sayısı fazlalaştığında verimin düştüğünü düşünüyorum.

Hologramın sınıftaki konumu elverişli değildi. Her açıdan görmek mümkün olmuyor ya birkaç kişi görebiliyor ya da herkesin görmesi için kargaşa yaşıyordu. Uygulamayı telefondan yapıyor olmak beni zorladı.

Yazılım kullanımları ile ilgili sorun yaşandığında araştırmacı sorunları çözmek için öğrencilerle bireysel olarak ilgilenmek durumunda kalmıştır. Bu durumda öğretme sürecinde birkaç dakikalık duraksamalar yaşanmıştır. Sınıf mevcudu gruplarda yaklaşık 50 civarında olduğu için böyle zamanlarda sınıf mevcudu dezavantaj haline gelmiştir. Bunun öğrencilerin görüşlerinde sınıf mevcudundan dolayı anlamının olumsuz etkilendiği ve hologram cihazının üç yanı kapalı olduğu için tasarımları görmek istediklerinde yerlerinden kalkmalarının kargaşa yaşattığı yönünde ortaya çıktığı görülmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinden kaynaklanan sorunlar

Öğrenci kaynaklı sorunlar

Öğrencilerin bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanma becerilerindeki eksiklerinden kaynaklanan sorunlara ilişkin görüşlerden bazıları aşağıdaki gibidir:

Teknoloji alanında yeteneğim olmadığı için ders esnasında zorlanıyorum bu da dersi anlamamı geciktiriyor

Teknolojik cihazları kullanmada sorun yaşayanlar olduğunda ona doğrusu gösterilirken zaman kaybı oluyor bence aynı zamanda da diğer yapanlar beklerken sıkılıyor ve dersten kopuyorlar

GeoGebra uygulamasının her özelliğini tam bilmediğimiz için verilen direktifleri uygulamada gecikebiliyoruz. Zamanında yapanlar beklemek zorunda kalıyor ve derse olan ilgi dağılıyor.

Öğrencilerden bazıları kendilerini teknoloji kullanımında yeterli görmediği, yazılımları kullanmada sorun yaşayanlara yardım edilmesinin, yazılımları kullanmakta çok iyi olmadıkları için adımları takip etmekte geç kaldıkları, yazılımı kullanmada sorun yaşamayan öğrencilerin ise diğerlerini bekleme sürecinde ilgilerinin dağıldığı ve öğrenme sürecini olumsuz etkilediğini düşünmektedirler.

Yazılım ve bilgisayardan kaynaklanan sorunlar

3B Hologram destekli öğretme sürecinde yazılım ve bilgisayardan kaynaklanan sorunlara ilişkin öğrenci görüşleri aşağıdaki gibidir:

Teknik arızalar yüzünden zaman kaybımız çok fazla. Kalabalık bir grupla bu çalışmayı yapmaya hala hazır olunmadığını düşünüyorum.

Bilgisayar kullanmayı bilmeyen ve şahsi bilgisayara sahip değilseniz gerçekten öğrenme sürecini zorlaştırıp öğretmen için de zaman kaybına sebep oluyor.

Bilgisayardan holograma bağlanma konusunda sıkıntı yaşamıştık ama o da kısa sürede halledildi.

Okula ait bilgisayarların kullanılması yerine her öğrencinin kendi bilgisayarını getirme durumu

Bu uygulamada yetersiz olduğumuzu düşünüyorum. Herkes eşit şartlarda olmadığı için eşit şartlarda değerlendirilemiyor. Eğer okulumuzun bilgisayar odası olsaydı ya da sunulacak başka bir imkân kimse bu konuda zorlanmazdı açıkçası. İmkânı olmayan insanlar derse tam katılım sağlayamıyor. Okulumuzda böyle bir ders yapılacaksa bunun için gerekli argümanlar çalışma ortamı da hazır olmalı. Teşekkür ederim.

Bence herkes için eşit şartlarda olmalıydı. Yani bazılarının bilgisayarı varken bazılarının yok ya da telefonları uygulama için uygun işletim sistemine sahip olmayabiliyor derste

bunun sıkıntısını çok fazla yaşadık. Eşit şartlar altında olmadığından yeterli verim alınmıyor.

Programı yüklerken ve yaptığımız uygulamaları programa atarken bazı sıkıntılar oldu ismimizi filan kabul etmedi

İnternet gerektiren bir uygulama olduğu için zaman zaman çizdiğimiz vektörlerin kaydedilmediği oldu. Bu da bizim açımızdan sıkıntılara neden oldu.

Uyum sağlamada zorlanma işlemlerin yazılımında yapılan hatalardan dolayı geri kalmamıza ve konudan bir süre sonra kopmamıza neden olabiliyor.

Bence tek olumsuz tarafı bu imkanların öğrencilerin kullanımı açısından kısıtlı olmasıdır. Yani her okulda hologramın olamayacak olmasıdır.

Bazen bilgisayarlarda sistem yazdığımız denklemleri kabul etmediği için tekrar tekrar uğraşıyoruz ve uzun zamanımızı alıyor.

Okuldan bize sunulan imkanlar yetersizdi ve herkes eşit imkanlara sahip olmadığı için öğrenme süreci zorlaştı. Bilgisayarı olmayanlar her ne kadar telefondan da ulaşmaya çalışsa zorluk yaşadılar ve bilgisayara aktarma kısmı zorladı. Programı bilgisayarlara yükleme süreci ve hepimizin programı anlama süreci büyük bir zaman kaybına sebep oldu.

Yapılan uygulamalardaki zaman problemi ve uygulama içi kaydetme sorunları

Öğrenci görüşlerinin çoğunun bu temada toplandığı görülmektedir. Herkesin kendine ait bilgisayarının olmaması, HoloDEU ile ilgili yaşanan yazılım sorunları, GeoGebra kullanımında yaşanan sorunlar bu görüşlerin ortaya çıkma sebepleridir. Hologram cihazı her ne kadar taşınabilir olsa da boyutlarından dolayı bilgisayar laboratuvarlarında uygun bir yer bulunamadığı için öğrencilerden bilgisayarlarını getirmeleri istenmiştir. Herkesin bilgisayarı olmasa da uygulamalar akıllı telefondan da gerçekleştirilebilmektedir. Ancak sınıf mevcudu kalabalık olduğu ve öğrenciler yazılımlarla yeni tanıştığı için, ek olarak HoloDEU yazılımı prototip olduğu için ortaya çıkan olumsuz durumlar öğrenciler görüşlerinde de kendini göstermektedir.

TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada soyut kavramlardan oluşan lineer cebir dersinde cebir ve matris temsillerinin karşılığı olan şekilsel temsilleri üç boyutlu ve daha gerçekçi olarak gözlemlemeye imkân sağlayan 3B Hologram cihazının lineer cebir öğretiminde hem öğrenciler hem de öğretmenler tarafından aktif ve pratik olarak kullanımına olanak veren HoloDEU yazılımının öğretim sürecindeki kullanımı incelenmiştir. APOS teorisi vektör uzayı gibi soyut kavramların öğretimi ve öğrenilmesi sürecinde genetik çözümleme ile öğrenme sürecindeki zihinsel mekanizmaları ve yapıları açıkladığı ve öğrenme sürecini değerlendirmede kullanıldığı, ESA (ACE) öğretim döngüsü ile öğretim planına yön verdiği için 3B Hologram destekli vektör uzayı öğretimi APOS teorisine dayalı olarak yapılandırmacı yaklaşım ile yürütülmüştür. HoloDEU yazılımının öğretim sürecindeki kullanımı araştırmacının gözlemleri ve öğrencilerin görüşleri üzerinden değerlendirilmiştir.

3B Hologram destekli öğretimde HoloDEU prototip yazılımının kullanımında yaşanan problemler; yazılım prototip versiyonunda olduğu için akıllı telefonlara yüklenememesi, bilgisayara yüklenirken güvenlik yazılımlarının izin istemesi, tasarım yazılıma yüklenirken bazı tasarım isimlerini kabul etmemesi, tasarımı görüntülerken model havuzuna dönmek için ana menüye dönmek zorunda bırakılması, model havuzundaki tüm modellerin tek grupta toplandığında aranan modeli bulmakta güçlük yaşanması, tasarım sabit boyutta olduğunda tasarımı incelemenin zor olması şeklindedir. Bu sorunlar yazılım güncellemesi ile aşılmıştır. Model havuzundaki tasarımlar tarih bazlı gruplandırılmıştır. Yazılım ekranında tasarım varken model havuzuna dönmek için bir buton eklenmiştir. Yazılımda tasarımları büyütme-küçültme işlevi eklenmiştir. Yazılımın akıllı telefonlarda kullanılabilmesi ve bilgisayarlarda güvenlik izni durumu için HoloDEU internet mağazalarına

yüklenmelidir. Tasarımın 3B Holografik görüntüsü bilgisayar, akıllı telefon ya da tabletlerde oluşturulması, HoloDEU'ya yüklenmesi, sonra HoloDEU aracılığıyla 3B Hologram cihazına aktarılması süreci sonunda elde edilmektedir. Üç aşamalı olan bu süreci tek aşamaya indirecek yazılımlar geliştirilebilir.

HoloDEU yazılımında üyelik girişi ile kullanıcıların yönetilmesi, öğrenci modeli holograma göndereceğinde yönetici onayı gerekmesi, havuzdaki tasarımların yönetici kontrolünde olması, HoloDEU'ya bir tasarımın yüklenmesinin ve hologram cihazına aktarılma süresinin (bilgisayar hızına göre değişmektedir) birkaç saniye sürmesi ve öğrencilerin model havuzundaki tüm tasarımlara ve 3B Hologram cihazına kablosuz erişim sağlayabilmesi özelliklerinin bulunmasının 3B Hologram destekli öğretim sürecini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. Üç boyutlu tasarım yazılımlarında çizilebilecek .obj, .stl, .fbx gibi model ve video animasyonları da 3B Hologram cihazı ve kullanıcılar ile kablosuz olarak saniyeler içinde paylaşmaya imkân vermesi ve diğer tüm özellikleri ile tıp, mühendislik, güzel sanatlar, fen bilimleri vb. alanlarda da kullanıma uygun olması bakımından HoloDEU çok yönlü bir yazılımdır.

Öğrenciler 3B Hologram destekli öğretimin şekilleri üç boyutlu olarak canlandırmalarına yardımcı olduğunu, üç boyutlu düşünme becerilerini ve anlamalarını geliştirdiğini, kalıcı öğrenmelerini arttırdığını, yazılım ve bilgisayar kullanma becerilerini geliştirdiğini, lineer cebir dersini daha zevkli hale getirdiğini ve ilgilerini arttırdığını düşünmektedir. Alan yazındaki çalışmalarda lineer cebirin şekilsel-matris-cebirsal-formel temsilleri gibi çoklu temsiller arasında bağlantı kurulmasının başarıyı ve tutumu olumlu etkilediği (Stewart & Thomas, 2009; İzgiol, 2014; Kaya & Keşan, 2018) sonuçları ile öğrencilerin bu görüşleri birbirine paraleldir. 3B Hologram destekli öğretim ile fizik derslerinde Bernoulli akışkanlar mekaniğine göre sıvının basıncındaki vektörel hareketlerin, manyetizmada vektör alanlarının, coğrafyada farklı rüzgâr ve dalga hareketlerinin deniz kıyısındaki falezleri nasıl etkilediğinin üç boyutlu holografik görüntülerle modellenmesiyle öğrencilerin bu kavramları, denklemleri, olayları üç boyutlu olarak düşünebileceği, daha iyi anlayabileceği, derslere olan ilgilerinin artabileceği düşünülmektedir.

Yazılım kullanma becerilerindeki eksikliklerin, herkesin bilgisayarının olmamasının, akıllı telefondan GeoGebra kullanımında güçlük yaşamalarının, sınıfın kalabalık olmasının zaman problemlerine yol açtığını ve bu durumların 3B Hologram destekli öğrenimlerini olumsuz etkilediğini yönelik görüşler bulunmaktadır. Çalışma grubundaki öğrencilerin lisans programına göre GeoGebra gibi yazılımların kullanımı son sınıfta yer almaktadır. Öğrencilerin GeoGebra, HoloDEU gibi yazılımları kullanmayı lisans öğretiminin ilk yılında başlamaları yazılımı alan ve alan eğitimi derslerinde kullanım becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilir ve teknolojiyi öğretimde kullanmaya teşvik edebilir. Bununla birlikte 3B Hologram destekli öğretimin az sayıda öğrencilerden oluşan grupla gerçekleştirilmesi zamandan ve sınıf mevcudundan kaynaklanan sorunları azaltabilir. Bilgisayarı olmayan öğrenciler için derslerde bilgisayar desteği sağlanırsa tasarımlarını akıllı telefonlara göre daha büyük ekrana sahip bir ortamda daha rahat oluşturmalarına imkân verebilir.

Ortaokul-lise düzeyinde görev yapan öğretmenler veya akademisyenler farklı matematik kavramlarını öğretmek için kalabalık olmayan gruplarla, her öğrencinin bilgisayarının olduğu ve 3B Hologram cihazındaki modelleri rahatlıkla görebilecekleri öğrenme ortamları oluşturarak öğrencilerin öğrenme süreçlerini, başarılarını veya tutumlarını inceleyecekleri araştırmalar yapabilir. HoloDEU yazılımının özelliklerini genişletecek projeler hayata geçirilebilir. MEB bünyesinde 3B model havuzları oluşturulabilir. 3B Hologram cihazı olan okullarda öğrenciler derste bu modelleri kullanabilir, HoloDEU ve 3B tasarım programları yardımıyla öğrenciler derste kendileri 3B tasarımlar hazırlayabilir ve bu tasarımları hologramda görüntüleyebilir. Bu araştırma ve kullanım önerileri matematik dersi dışında fen bilimleri ve sosyal bilimler gibi diğer alanlarda da gerçekleştirilebilir.

Bu çalışma 18 saatlik video kaydı, araştırmaya katılan öğrencilerin yansıtmaları, görüşleri ve deneyimleri, araştırmacıların gözlemleri ve deneyimleri, vektör uzayı kavramı, bu kavramın APOS Teorisi çerçevesinde hazırlanan öğretim döngüsü ve HoloDEU yazılımının özellikleri ile sınırlıdır.

KAYNAKLAR

- Ackermann, G. K., & Eichler, J. (2007). *Holography: a practical approach*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Aina, O. (2010). *Application of holographic technology in education*. Bachelor's thesis of Degree Programme in Business Information Technology, Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Tornio.
- Arnon, I., Cotrill, J., Dubinsky, E., Oktaç, A., Roa-Fuentes, S., Trigueros, M., & Weller, K. (2014). *APOS Theory, A framework for research and curriculum development in Mathematics Education*. New York: Springer Science+Business Media.
- Creswell, C. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design, choosing among five approaches*. SAGE Publications.
- Dorier, J. L. (2002). *On the learning linear algebra*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers.
- Dubinsky, E. (1991). *Reflective abstraction in advanced mathematical thinking*. In D. O. Tall (Ed.), *Advanced mathematical thinking* (pp. 95-123). Dordrecht: Kluwer.
- Gabor, D. (1949). "Microscopy by reconstructed wavefronts". *Proceedings of the Royal Society*, 197 (1051), 454–487.
- Holograpy.ru (2020). History of holography. Retrieved from: <http://www.holograpy.ru/histeng.htm>
- İzgiol, D. (2014). *Teknoloji destekli çoklu temsil temelli öğretimin öğrencilerin lineer cebir öğrenimine ve matematiğe yönelik tutumlarına etkisi*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kaya, D., & Keşan, C. (2018). Çoklu temsil temelli cebir öğretimin matematiğe yönelik tutuma etkisi. *KSBD*, 10(18), 1-22.
- Kayıkçı, Ş., & Yürekli, A. (2020). Görüntülü mobil iletişimde hologram teknolojisinin kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 94-99.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Parraguez, M., & Oktaç, A. (2010). Construction of the vector space concept from the viewpoint of APOS theory. *Linear Algebra and its Applications*, 432, 2112–2124.
- Patton. M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3 ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Stewart, S., & Thomas M.O. (2009). A framework for mathematical thinking: the case of linear algebra. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(7), 951–961.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2016). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (10. baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

EXTENDED ABSTRACT

Concepts that are easy for teachers in a linear algebra course based on vector space theory can create confusion for students. Students may be unable to associate these concepts with their previous knowledge and new definitions may be confusing. In such cases, teachers think that the problems are caused by the lack of practice in basic logic, by the insufficient understanding of set theory and algebra in lessons that students have previously taken and by the deficiencies in their ability to use geometric intuition (Dorier, 2002; p: xix) When students encounter many new words, concepts, definitions and theorems, they have difficulties in trying to use concepts such as numbers, vectors, equations, and coordinates (Parraguez & Oktaç, 2010). In linear algebra teaching, students should be allowed to experience different sets and binary operations, and activities that will facilitate the coordination of the relationship between two vector space operations should be designed (Parraguez & Oktaç, 2010). Students who focus on the computational process in algebraic applications may have difficulty gaining the meaning of the concept. When linear algebra is taught with formal methods, students have difficulty in the formal and informal representations of the concept by focusing on algebraic representations. When formal representations are included in the teaching process in pedagogical terms, a meaningful journey from the concrete world of learning to the formal world is possible, and students can gain the meaning of the concept (Stewart & Thomas, 2009). Teaching linear algebra supported by formal representations increases success (Izgiol, 2014). According to the experience of the researchers, even if the three-dimensional geometric shapes of linear algebra are created on an interactive or normal board or in mathematical software, students

have difficulty in perceiving these shapes in three dimensions. Since understanding the applications of linear algebra in three-dimensional space affects the understanding of applications in other dimensions and different spaces, it is thought that technologies are needed to make students grasp the three-dimensional perception of three-dimensional geometric shapes in linear algebra. Among the technologies that are emerging, developing and spreading faster as time progresses, holographic technologies are finding an important place in the field of education. As hologram technologies are newly developing, factors such as high cost (Aina, 2010), insufficient internet speed, insufficient training in the use of hologram technologies in education, and lack of middleware to display holographic content are preventing its widespread use. Also, students are expected to be active in the course in today's education system where the constructivist approach is supported. However, it takes hours to design work in three-dimensional design programs used in engineering and architecture to create holographic content and to prepare this work for viewing on a hologram device. In this case, students can't prepare holographic content related to the concept and display the work on the hologram while learning a concept during the lesson. The aim of the study is to examine the views of the students and the experiences of the researcher in 3D Hologram based vector space teaching based on APOS theory using the HoloDEU software developed by researchers. For this purpose, the problems the study addresses are how HoloDEU and 3D Hologram are used in the classroom and how students explain their 3D Hologram-assisted vector space learning experiences. In this context, 3D Hologram-based teaching can create holographic artifacts in the lesson, and when the prepared holographic work can be stored (using the feature of grouping according to the upload date), the holographic work can be sent to the hologram device using a smartphone, tablet or computer in a few seconds, and then the holographic work can be transferred to the hologram device. It is a multi-module, where it can enlarge or reduce the image, rotate it 360 degrees, and also store three-dimensional objects, animation or video outputs (renderings in .stl, .obj, .fbx, .3ds, .avi extensions) prepared in three-dimensional design software and then transfer it to the hologram device. HoloDEU is software that has been developed for this purpose. Lesson plans were prepared using the genetic analysis in the Parraguez and Oktaç (2010) study. In this study, as HoloDEU software was used for the first time in the teaching process, it is also a pilot study of the software. For this reason, before starting the vector space teaching, lessons on the use of HoloDEU and GeoGebra were held with students. The scope of these courses is designed to install the software on the computer, to open it, to introduce its features and to make sample applications. 3D Hologram Supported ACE (activities-classroom discussions and exercises) teaching cycle and vector space teaching was carried out in the third week after the two-week application. The research was carried out within the framework of a case study of qualitative research design. The study group consists of 45 students who were continuing their education in the second year of primary mathematics teaching at a state university. Data collection tools consist of researcher observations, lecture video recordings, and a semi-structured interview form that investigates student views on 3D Hologram supported teaching. The data were analyzed by content analysis. The reliability rate between coders is 85.71%. According to the findings of the study, students think that 3D Hologram-assisted teaching helps them to visualize shapes in three dimensions, improves their three-dimensional thinking skills and understanding, increases their permanent learning, improves software and computer use skills, makes linear algebra lesson more enjoyable, and increases their interest. Other students state that a lack of software skills, not having a computer for everyone, having difficulties using GeoGebra on a smartphone, and time problems due to crowded classrooms negatively affected their 3D Hologram-based learning. Overall, it is thought that students can improve their thinking in 3D, understand better, and increase their interest in lessons by 3D Hologram-based teaching in many topics in a variety of subjects such as Bernoulli fluid mechanics, vector movements in fluid pressure, vector fields in magnetism in physics; and different wind and wave movements affecting cliffs on the seashore in geography. There were some problems in using HoloDEU prototype software in 3D Hologram-based teaching. For example, the software could not be installed on smartphones because it is in the prototype version, security software requests permission while being loaded to the computer, some design names were not accepted while loading the design, users were forced to return to the main menu to return to the model pool while viewing the design, there were difficulties in finding the desired

model when all models in the model pool are collected in one group, and it was difficult to examine the design when the design was of a fixed size. These problems have been resolved with the software update. The designs in the model pool are grouped on a date basis. When there is a design on the software screen, a button has been added to return to the model pool. The function of enlarging and reducing designs has been added to the software. The 3D Holographic image of the artifact is obtained at the end of the three-phase process of creating the artifact on computers, smartphones or tablets, uploading it to HoloDEU, and then transferring it to the 3D Hologram device via HoloDEU. The software can be developed to reduce this three-stage process to a single stage. It takes a few seconds to manage users with membership login in HoloDEU software and to grant administrator approval when sending the student model to the hologram. Also, as designs in the pool are under the control of the manager, the time to upload a design to HoloDEU and transfer it to the hologram device (depending on the speed of the computer) also takes a few seconds. Students can then use all designs and 3D Holograms in the model pool. It has been observed that the ability to provide wireless access to the device has a positive effect on the 3D Hologram based teaching process. Model and video animations such as .obj, .stl, .fbx, which can be drawn in three-dimensional design software can be shared wirelessly with the 3D Hologram device and users within seconds. In addition, HoloDEU is a versatile software in that all of its features are suitable for use in areas such as medicine, engineering and fine arts. For the software to be used on smartphones and for security permission on computers, HoloDEU must be installed from internet stores. If students start to use software such as GeoGebra and HoloDEU in the first year of undergraduate education, it can help them develop their skills in using the software in their field and field education courses and encourage them to use technology in teaching. However, carrying out 3D Hologram-based teaching with a small group of students can reduce the problems caused by time and class size. If computer support is provided in lessons for students who do not have a computer, it can allow them to create their designs more comfortably in an environment with a larger screen than a smartphone.