



Astronomi ve Uzay Bilimleri Dersinde Gökküre Konusunun Etkileşimli Tahta Uygulamalarıyla İşlenmesinin Öğrencilerin Görsel Düşünce Düzeylerine Etkisi

The Effect of Interactive Board Applications on the Subject of Celestial Sphere in Astronomy and Space Science Course on Visual Thinking of Students

Yılmaz EMREM¹, Zeynep GÜREL²

Öz

Bu çalışma 10. sınıf seviyesinde gökküre konusunu işlemek üzere yürütülen yüksek lisans tezinin, öğrencilerdeki görsel düşünme düzeylerindeki gelişimin araştırıldığı bir parçasıdır. Bu çalışma ile Astronomi ve Uzay Bilimleri derslerinde işlenen Gökküre konusunun etkileşimli tahta uygulamalarıyla işlenmesinin öğrencilerin görsel düşüncelerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Gökkürenin gökyüzünü tanımlamak için varsayımsal olarak düşündüğümüz, Dünya ile eşmerkezli ve eşeksenli, devasa çaplı bir küre olması nedeniyle ve görsel düşünmeye dayalı özelliğinden dolayı, bu çalışmada Gökküre konusunun etkileşimli tahta ile işlenmesi için ilk araştırmacı tarafından bir ders tasarımı yapılmıştır. Sonraki aşamada, Astronomi ve Uzay Bilimleri dersini seçen 10. Sınıf Fen bölümü öğrencileriyle etkileşimli tahta uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Nitel araştırmada örnek olay çalışması için etkileşimli tahta uygulamalarının öğrencilerin iki ve üç boyutlu görsel düşüncelerine ve algı düzeylerine etkisinin araştırılmasına dair sorulara cevap aranmıştır. Elde edilen sonuçlar, etkileşimli tahta uygulamalarının öğrencilerin görsel düşüncelerini desteklediğine işaret etmektedir. Araştırmanın ilk aşamasında etkileşimli tahta kullanmadan önce öğrenciler bir yıldızın yerini tanımlayamamışlardır. Daha sonra etkileşimli tahta kullanımı küresel koordinatları ve bir yıldızın hareketini görmeyi mümkün kılmıştır. Sonuç olarak öğrenciler tartışmaya katılmışlar, soyut kavramlarla tanımlayamadıkları yıldız hareketini açıklayabilmişlerdir. Ayrıca öğrenciler görüşmede etkileşimli tahta kullanımıyla ilgili olumlu düşüncelerini belirtmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: etkileşimli tahta uygulamaları, gökküre, astronomi eğitimi, görsel düşünme.

Abstract

This study is a part of a master thesis carried out at students of 10th grade for teaching at the subject of celestial sphere student's development of visual thinking levels. It aims to investigate the effects of teaching celestial spheres in Astronomy and Space Science classes using interactive board applications on visual thinking of students. Since a celestial sphere is an abstract sphere of gigantic radius homocentric and coaxial with the Earth that we hypothetically imagine in defining the sky, and since it pertains to visual thinking, one of the researchers designed a course aimed at teaching celestial spheres using an interactive board as part of this research. Next, interactive board applications were conducted with 10th grade science majors who selected Astronomy and Space Sciences Elective Course. In this study which was designed in compliance with qualitative case study methodology, the researchers searched for an answer to the questions asked to investigate the effect of interactive board applications on students' two- and three-dimensional thinking. As a result, it was found that interactive board applications supported students' visual thinking process. In the first stage of the study without using the interactive board, students could not define the location of a star. Then the use of interactive board made it possible for students to be able to see the spherical coordinates and movement of the star. Consequently, students participated in the discussion and they could explain the movement of a star via interactive board although they could not succeed this using abstract concepts. They also presented related positive opinions in the interview.

Keywords: interactive board applications, celestial sphere, astronomy education, visual thinking.

1. Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul Türkiye; <https://orcid.org/0000-0002-7162-7412>

2. Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul Türkiye; <https://orcid.org/0000-0003-1028-4396>

Atf / Citation: Emrem, Y., ve Gürel, Z. (2019). Astronomi ve uzay bilimleri dersinde gökküre konusunun etkileşimli tahta uygulamalarıyla işlenmesinin öğrencilerin görsel düşünce düzeylerine etkisi. *Kastamonu Education Journal*, 27(3), 981-991. doi:10.24106/kefdergi.2262

Extended Summary

This study is a part of a master thesis carried out at 10th grade for teaching the subject of celestial sphere. With the launch of Movement of Enhancing Opportunities and Improving Technology (FATİH) Project, the use of interactive and smart boards at schools has become widespread. The launch of FATİH Project coincided with the addition of Astronomy topics in high school physics courses, and this made it possible for Astronomy topics to be presented to students through interactive and smart board applications. In such a case it gained importance to investigate about how students acquired the relevant learning outcomes.

In textbooks and lessons the theory of the celestial sphere, which is in fact three-dimensional, is explained and exemplified on two-dimensionally drawn celestial sphere figures. On the other hand, when interactive and smart boards are examined, it is seen that most applications are visual. It is apparent that the subject of celestial sphere is convenient to investigate about the effect of two- and three-dimensional visual applications on students' visual thoughts. Accordingly, how and to what extent the visual applications about celestial sphere which are enhanced via interactive board are effective on students' visual thoughts and learning outcomes gets importance.

Methodology: In this study it was aimed to reveal the effect of a teaching process about the celestial sphere via interactive board media in consistence with physics program on visual thinking. The sample of the study included three students taking Astronomy and Space Sciences course out of fifteen 10th grade science major students attending a private Science and Technology high school in Başakşehir district of Istanbul. The research on students' visual thinking development process was completed using interactive board applications while teaching the subject of celestial sphere in 10th grade Astronomy Elective Course. Case study was adopted as one of the basic qualitative research methods. The case of the study was students' reactions that were based on visual thinking when interactive board applications on the subject of celestial sphere were used. Before the implementation of the study, the first researcher prepared the computer-based classroom environment which was enriched with interactive board applications for the group of 15 students to follow the lesson easily. In the second stage the figures and illustrations were chosen from different resources for interactive board applications. In the next stage, since these figures and illustrations were two- and three-dimensional and it was easy to express them in spherical coordinates, they were interrelated with visual thinking and an implementation plan was prepared.

The data of the study was organized in three groups; before, during and after the implementation process. The data set included field notes, video and tape recordings and students' written answers to pre-test 1, pre-test 2, post-test 1 and post-test 2. Before beginning the study, a pilot study was carried out and two pre-tests were carried out. After the pilot study and pre-test, the celestial sphere course is conducted by the researcher with interactive board applications. And after the first lesson a semi-structured pre-interview was made with students about interactive board applications.

Findings :The findings related to the courses presented by means of interactive board applications: Findings obtained from dynamic applications: It is considered that the dynamic applications on the interactive board trigger the visual thinking of students. It has been observed that the students comprehend the movements of the celestial bodies by means of dynamic applications, without verbal descriptions.

It can be said that the dynamic applications on the interactive board enable the students to gain visual experience about the visual movements of celestial bodies. In this regard, it is considered that it enables students to visualize the visual movements.

Findings concerning two dimensional animated applications: It is considered that, by the help of the animated applications displayed in two dimensions on the interactive board, students can perceive the concepts which are actually three dimensional but drawn as two dimensional, such as the celestial sphere, as three dimensional just like in reality and visualize them as three dimensional in their minds, allowing them to think three dimensionally and facilitating their learning.

As another finding, it can be said that the students can combine their previous knowledge with those gained in the class by the help of the interactive board applications, that are animated in two dimensions on the board .

Findings regarding the post-test and application questions: It can be said that, the students can visualize the features such as the azimuth angle of the celestial sphere in their minds by means of interactive board applications, which also enable them to technically understand the measurement methods and their causes and the learning outcomes are imprinted on the students' minds during the analysis stage.

Results: As a result, it was found that interactive board applications supported students' visual thinking process. In the first stage of the study without using the interactive board, students could not define the location of a star. Then the use of interactive board made it possible for students to be able to see the spherical coordinates and movement of the star. Consequently, students participated in the discussion and they could explain the movement of a star via interactive board although they could not succeed this using abstract concepts. They also presented related positive opinions in the interview.

1. Giriş

Milli Eğitim Bakanlığının eğitimde FATİH “Fırsatları Artırma Teknolojiyi İyileştirme Hareketi” projesi ile bilişim teknolojileri (BT) sınıfları (bilgisayar, internet bağlantısı, yazıcı, tarayıcı ve projeksiyon cihazı, akıllı tahta vb. BT ekipmanları) oluşturulması hedeflenmiştir. Proje kapsamında tüm sınıflara “etkileşimli tahta” donanımı yerleştirilmesi planlanmaktadır.

“Bu kapsamda okuldaki bütün öğretmenlerimizin aynı anda BT ekipmanlarını derslerine destek amacıyla kullanabilmeleri için her dersliğin akıllı tahta ile donatılması ihtiyacı doğmuştur” (Etkileşimli Tahta, 2018).

Bu proje ile öğrencilerin kazanımlarının artırılması hedeflenmekte ve öğrencilerin görsel yolla kazanımlarının analizlerini yapmaları hedeflenmektedir. FATİH projesinin resmi web adresinde projeye dair hedeflerin aşağıdaki maddeler ile açıklandığı görülmektedir: “Öğrencinin kişisel kazanımının sağlanabilmesi için bireysel veri analizinin yapılabilmesi esastır. Öğrencinin sadece sınavla değerlendirildiği sistemden; sınav sonuçlarına göre eksik kalan yönlerini görerek, bunları görsel olarak analiz ederek, ders dışındaki ilgi alanlarını tespit ederek, özel yeteneklerini keşfederek, hangi yolla daha kolay öğrendiğini anlayarak, hangi alanlara eğilimli olduğunu fark ederek, değerlendirildiği bir sisteme geçiş bu proje ile hedeflenmektedir” (Proje Hakkında, 2018).

Eğitim ve öğretimde teknoloji kullanımı her geçen gün giderek artmaktadır. Öğretim teknolojileri içinde son günlerde en popüler olan ve “elektronik tahta, akıllı tahta, beyaz tahta” olarak da adlandırılan etkileşimli tahtalardır. Etkileşimli tahtalar ile ilgili yapılan çalışmalarda, genel olarak öğrencilerin etkileşimli tahtaya karşı tutumları incelenmiş ve etkileşimli tahta uygulamaları ile öğrencilerin ilgili konuları anlayıp anlamadıkları araştırılmıştır (Noroozi, Weinberger, Biemans, Mulder, Chizari, 2011; Wood ve Ashfield, 2008). Smith, Higgins, Wall ve Miller (2005) yaptıkları alanyazın değerlendirmesinde, etkileşimli tahtanın etki ve potansiyeli hakkında çok kuvvetli bir biçimde pozitif bulgular olduğunu ancak bunların öncelikli olarak öğretmen ve öğrenci görüşlerine dayalı olduğunu belirtmektedirler. Bunların yanı sıra Weimer (2001) tarafından deneysel desen kullanılarak yapılan bir çalışmada, öğrencilerin bir sınıf projesine yönelik tutumları, motivasyonları ölçülmüş ve sonuçta etkileşimli tahta kullanılan sınıftaki öğrencilerin motivasyonunda artış olduğu görülmüştür (akt: Erduran ve Tataroğlu, 2008).

Bilginin öğrenciye aktarımında sözel ve görsel iletişimin ve etkileşimin önemi düşünüldüğünde etkileşimi sağlayacak ve arttıracak araçların önemi anlaşılabilir. Alanyazında etkileşimli tahta kullanılarak işlenen derslerde ne derecede etkileşim sağlandığının belirtildiği görülmüştür.

“Etkileşimli tahtalar etkileşim için güçlü bir araçtır, çünkü herkes üzerine yazabilir, üzerinde yapılan değişiklikler saklanabilir, yüksek görsel etkiye sahiptir, çok sayıda kaynağın ulaşılabilir olmasını sağlar, tartışmayı ve etkileşimli öğrenmeyi destekler.” (Becta, 2006, akt: Sünkür, Arabacı, Şanlı, 2012, s.314).

Bilginin ve hedef kazanımın öğrenciye aktarılmasında etkileşimin önemi bilindiği için, alanyazında bu kazanımlara ait sunum yöntemlerinin tartışıldığı ve görsel yolla sunumun etkisinin tartışıldığı görülmüştür. Görsel yolla sunumun yanı sıra, alanyazında görsel düşünce teriminin de tanımlandığı görülebilir. “Son yıllarda bilgisayar teknolojisi kullanımının artmasına bağlı olarak, sanal gerçeklik ve simülasyonların görsel düşünme bağlamında Astronomi eğitiminde sıkça kullanıldığı ve bu konuda yapılan araştırma sayısının arttığı görülmektedir. Görsel düşünme terimi temelde, zihinsel bir görüntü oluşturmak ve işlemek anlamına gelir” (Loughlin 1997, s.1). Öğrencilerin Astronomi öğreniminde, teknoloji kullanımını ile somut ve soyut kavramların şekilsel ve uzamsal bileşenlerini kullanarak, zihinlerinde bu kavramları oluşturabilecekleri söylenebilir.

Alanyazında görselleştirmenin etkinliğini ele alan çalışmalara da rastlanmıştır. Loughlin ve Krakowski (2001) yaptıkları bir örnek olay çalışmasında, işlenen ders konularının anlaşılması ile ilgili olarak aşağıdaki iddialarda bulunmuşlardır (Loughlin ve Krakowski, 2001, s.128):

“...teknolojiler üst düzeyde bilişsel ve görsel deneyimler sunabilir. Öğrenciler teknoloji ile öğrenirken birden fazla yöntem kullanmaya teşvik edilmelidirler.”

Resimli ve görsel formların, dilsel düşünme üzerindeki ve kavramların anlatımı için sunacağı avantajlar aşağıda sunulduğu gibidir (Diezmann, 1997, akt: Loughlin 1997, s.2):

- Mekânsal “uzamsal-uzaysal” ilişkileri gösterme yeteneği.
- Bir nesne içindeki oransal ilişkilerin gösterilmesi.
- Algısal çıkarımları kolaylaştırmak. (Örneğin, nesnelerin görece boyutu).

Loughlin'in önerileriyle aynı doğrultuda savlarının olduğu ileri sürülebilecek olan Schneiderman ve Plaisant, soyut verilerin ve bilginin görselleştirmesini "soyut verilerin anlaşılır kılınması için etkileşimli görsel sunumların kullanımı" şeklinde tanımlamış ve "bilimsel görselleştirme için üç boyutluluğun gerekeceğini, zira hacimli cisimlerin birbirini takip eden yüzey ve kütle gibi benzer tipik tutarsızlıklar içerdiklerini" belirtmişlerdir (2010, akt: Redwood, 2013, s.17). Redwood (2013), Ware (2004) ve Spence (2007) da bu açıklamayı desteklediklerini, "görselleştirme, büyük miktarlardaki verilerin anlaşılması için yetenek sağlar" (Ware, 2004, akt: Redwood, 2013, s.17) ifadesiyle örnek vererek açıklamışlardır. Alanyazında görselleştirmenin bilimsel verilerin algılanmasını sağladığının savunulduğu görülmüştür.

Bu alanyazından sonra öğrencilere verilmek istenen hedef kazanımların görselleştirilerek anlatılmasının onların görsel düşüncelerini ve algılarını, konuyu anlamalarını ve problemlerin çözümünü etkilediği söylenebilir.

Boz (2005), yaptığı araştırmada "görselleştirme" için genel bir tanımın aranmasına öncelik vermiştir. Böyle bir tanım arayışının nedenini, dinamik görselleştirmenin, görselleştirmenin bir alt kategorisi olduğunu ileri sürmesine bağlamıştır. Ve dinamik görselleştirme ortamları için en uygun olanın bilgisayar yazılım programı olduğu düşünülmektedir. Dinamik görüntülerin oluşturduğu ortamların bilgisayar, etkileşimli tahta olmakla birlikte insan zihninde de olabileceği ifade edilmiştir.

Yair ve Mintz (2001)'in araştırmalarında, son geliştirilen görselleştirme tekniği teknolojileri ve öğretmenlerin bu teknolojileri kullanarak yaptıkları görsel sunumların öğrenmeyle olan ilişkisini ve öğrenmeye olan etkisini ortaya koydukları gözlenmiştir.

Daha önceden nitel veri toplanarak yapılan etkileşimli tahta ile ilgili çalışmalarda, etkileşimli tahta kullanılan sınıflarda öğretme ve öğrenmede gelişme olduğu belirlenmiştir (Wood ve Ashfield, 2008). Etkileşimli tahtanın öğrenme platformu olarak kullanılıp araştırıldığı, tartışma ve bilgisayar tabanlı öğrenmenin araştırıldığı başka bir çalışmada ise, görsel sunumlar içeren öğrenme ortamlarında argümanların daha kaliteli olduğu saptanmıştır (Noroozi, Weinberger, Biemans, Mulder ve Chizari, 2011).

Bu çalışmada alanyazından farklı olarak, öğrencilerin algılamada zorlandıkları üç boyutlu şekillerin ve modellerin etkileşimli tahta uygulamaları kullanılarak anlatılması sonucunda öğrencilerin üç boyutlu görsel düşüncelerindeki farklar araştırılmıştır. Yine alanyazında son yıllarda görselleştirme ve görselleştirme tekniklerinin tartışılması ağırlık kazanmışken, görsel düşünme alanında daha az çalışma gözlenmiştir.

Görsel düşünmeye ve son yıllarda bilgisayar teknolojisi kullanımının artmasına bağlı olarak, sanal gerçeklik ve simülasyonların Astronomi eğitiminde sıkça kullanıldığı ve ayrıca bu konuda yapılan araştırma sayısının arttığı görülmektedir.

Astronomi bilimi ve gezegen eğitiminde güçlü görselleştirme teknolojilerinin kullanımı, öğrenciler için yeni ve heyecan verici bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Görsel gerçeklik ve simülasyonlar güncellenmiş bilimsel verilerden faydalanırlar ve karmaşık olayların sunumunu kolaylaştırırlar. Deneyimler şunu göstermiştir, öğretmenlerin öğrencilere rehberliği olmazsa, yüksek teknoloji Astronomi programlarının etkinliği önemli ölçüde azalmaktadır (Yair ve Mintz, 2001, s.2097). Yair ve Mintz tarafından sunulan, görselleştirme teknolojilerinin ve programlarının kullanımının olumlu yöndeki önermelerine rağmen, yüksek teknoloji programlarının etkinliğini tartıştıkları görülmektedir.

Çalışma sürecinde, 2011-2012 eğitim öğretim yılında gökküre konusu öğrencilere etkileşimli tahta kullanılmadan anlatılırken, öğrencilerin küresel ve düzlem yüzeyler üzerine dik izdüşüm alamadıkları, bu yüzeyler üzerindeki açıları ve bağıl hareketleri algılamakta zorlandıkları gözlenmiştir. Bu sorunu aşmak için gökküresi modeli ve planetaryum kullanılmasına rağmen, öğrencilerin gökküresini algılamalarında hızlı bir gelişme olmadığı gözlenmiştir. Astronomi eğitiminde, görsel düşünmenin önemli yer ettiği düşünülerek, etkileşimli tahtanın önem kazandığı söylenebilir. Kapıcıoğlu ve arkadaşları (2003) etkileşimli tahtanın, eğitmenin ders sırasında anlatmak istediği konuları daha etkili bir şekilde anlatabilmesi için çeşitli grafikleri çizebileceği bir ortam sunduğunu ileri sürmektedir. Baylon ve Torres (2008) denizcilik akademisinde yaptığı çalışmada öğrencilerin derslerde göksel koordinatlarla başa çıkamadıklarını görmüşlerdir. Çünkü öğrenciler görselleştirme ve hayal kurma ile ne öğrenecekleri ve neyi hesaplayacakları konusunda zorlanmaktadırlar. Bunun nedeni temel bir konu olan izdüşümün anlaşılabilmesi için olmasına bağlanmıştır.

Problem durumunun incelenmesi sonucunda oluşturulan araştırma sorusu şu şekildedir:

"Gökküre konusunun etkileşimli tahta kullanılarak öğretiminin öğrencilerin iki ve üç boyutlu görsel düşüncelerine etkisi nasıldır?"

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı Astronomi ve Uzay Bilimleri dersinde bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen etkileşimli tahta uygulamalarının öğrencilerin görsel düşüncelerini nasıl etkilediği ve bu uygulama sürecinin öğrencilerin öğrenmelerine etkisinin belirlenmesidir.

2. Yöntem

Araştırma 2012-2013 eğitim - öğretim yılında İstanbul ili Başakşehir ilçesindeki özel bir Fen ve Teknoloji lisesinde, 10. sınıf A şubesinde, önceki yılda gerçekleştirilen nicel çalışma ve pilot çalışmanın sonuçlarına dayandırılarak tasarlanmıştır. Araştırmada küçük grup çalışması yapılmıştır. Araştırma gurubunu, bahsi geçen lisenin 15 kişilik 10. Sınıf Fen sınıfından Astronomi ve Uzay Bilimleri dersini seçen üç öğrenci oluşturmaktadır. Öğrencilerin görsel düşüncelerindeki gelişme sürecinin araştırması, 10. Sınıf Seçmeli Astronomi dersindeki, “Kon³ Düzenekleri Ve Görünür Hareket” ünitesindeki Gökküre konusunda, etkileşimli tahta uygulamaları kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada nitel çalışmada temel araştırma desenlerinden örnek olay yöntemi çalışması yapılmıştır. Araştırmanın örnek olayı; gökküre konusuna ait şekillerin etkileşimli tahtadaki uygulamalar kullanılarak, gökküre konusunda çalışan öğrencilerin görsel düşünceye dayanan tepkileridir.

Veri seti, araştırmacının notları, video ve ses kayıtlarından oluşmaktadır. Ayrıca veri toplamak amacıyla öğrencilerin yazılı olarak cevapladıkları testler hazırlanmıştır. Testlere ilişkin veriler Ön test 1, Ön test 2, Son test 1, Son test 2 aracılığıyla toplanmıştır. Ayrıca öğrencilere etkileşimli tahta programı üzerinde cevaplayacakları iki tane uygulama sorusu yöneltilmiştir.

Çalışmanın iç geçerliliğinin sağlanması için, test soruları hazırlanırken Astronomi alanındaki kaynaklardan yararlanılmıştır. Ön testlerin ve son test sorularının ve şekillerinin yer aldığı soru kâğıtları uygulamaya konmadan önce Astromi alanından ve alan eğitimi alanından iki farklı uzmandan onay alınmıştır. Eğitim alanındaki uzmanın görüşü dikkate alınarak aynı kazanıma ait sorular değiştirilerek ve farklı bilgi seviyelerinde sorulmuştur. Ayrıca pilot çalışma yapılmıştır. Öğrencilerin sorulardaki ifadeleri anladıkları sonucuna varılmıştır. Son testte yer alan ufuksal ve yersel ekvatorial koordinat sistemi soruları kaynaklarda yer alan bilinen bir soru şeklindedir. Ayrıca görselliği sağlamak için şekillere yer verilmiş, sorularda mevcut gökürresi şekillerinden esinlenilerek oluşturulmuştur. Araştırma sürecinde gerçekleştirilen derslerde derslerdeki uygulamalarda bu şekillere yer verilmiştir. Yapılan çalışmada verilerin miktarını arttırmak ve güvenilirliği sağlamak için veri üçlemesi yapılmış, öğrencilerin yazılı cevapları ve sınıf içi uygulamaların video kayıtları alınmış ve öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Araştırma sürecinde öğrencilere uygulanan testler, pilot çalışma sürecinde denenmiş ve öğrencilere uygulanan test sorularının uzman onayı alınmıştır. Tablo 1’de araştırma süreci zaman dilimine göre, araştırma sürecinin aşamaları görülmektedir.

Tablo 1. Araştırma Sürecinin Aşamaları

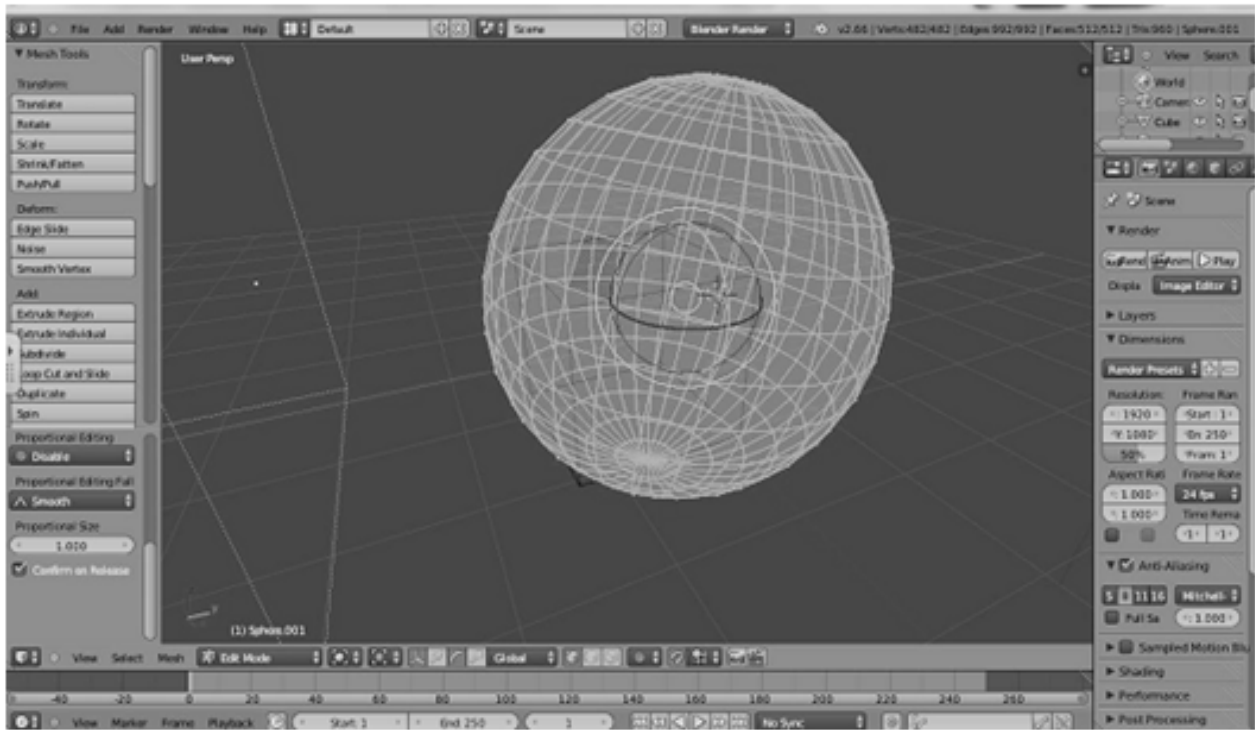
Tarih	Çalışma Kapsamı	Görüşmeler ve Veri Kayıtları
11.2012	Araştırma konusu “Gökküre” Ön Test 1 uygulaması.	Çalışmada odaklanılacak problemin unsurlarının tespiti. Probleme göre etkileşimli tahta uygulamalarının belirlenmesi.
22.03.2013	Ön Test 2’nin uygulandığı derste dinamik yazılım programı ile temel görsel algı ve gökküre bilgisinin verilmesi.	X
24.03.2013	X	Etkileşimli tahtadaki dinamik uygulamalar hakkındaki görüşmenin yapılması.
04.2013-05.2013	Etkileşimli tahtada dersler yapılması. Derse katılmayan öğrencilere ders tekrarının uygulanması.	Her dersin video kaydı yapılmıştır. Etkileşimli tahta sayfalarının kayıtları yapılmıştır.
2012-2013	Ders video kayıtlarının çözümlenmesi.	X
25.05.2013	Öğrenci 1 ile etkileşimli tahtadaki uygulamalar hakkında görüşmenin yapılması. Yazılı son testin uygulanması.	Yarı yapılandırılmış görüşme tekniği uygulanmıştır. Görüşmenin video kaydı yapılmıştır.
28.05.2013	Öğrenci 2 ve Öğrenci 3 ile etkileşimli tahtadaki uygulamalar hakkında görüşme yapılmıştır. Yazılı son test uygulanmıştır.	Yarı yapılandırılmış görüşme tekniği uygulanmıştır. Görüşmenin video kaydı yapılmıştır.

Tarih	Çalışma Kapsamı	Görüşmeler ve Veri Kayıtları
06.2013	Görüşmelerin video kayıtlarının çözümlenmesinin yapılması.	X
01.2012-07.2013	Alanyazın taramasının yapılması.	X
05.2014	Son test soruları uzman onayının alınması.	X

Derslerin araştırmacı tarafından sunulduğu, etkileşimli tahta uygulamaları ile öğretim sürecinde, etkileşimli tahta yüzeyi üzerinde, dinamik “hareketli” üç boyutlu görüntü sağlayan bir dinamik yazılım programı, internet bağlantısı ile kullanılan üç boyutlu animasyon ve simülasyonlar içeren bir internet sayfa bağlantısı ve etkileşimli tahtaya ait uygulamaların özellikleri kullanılmıştır.

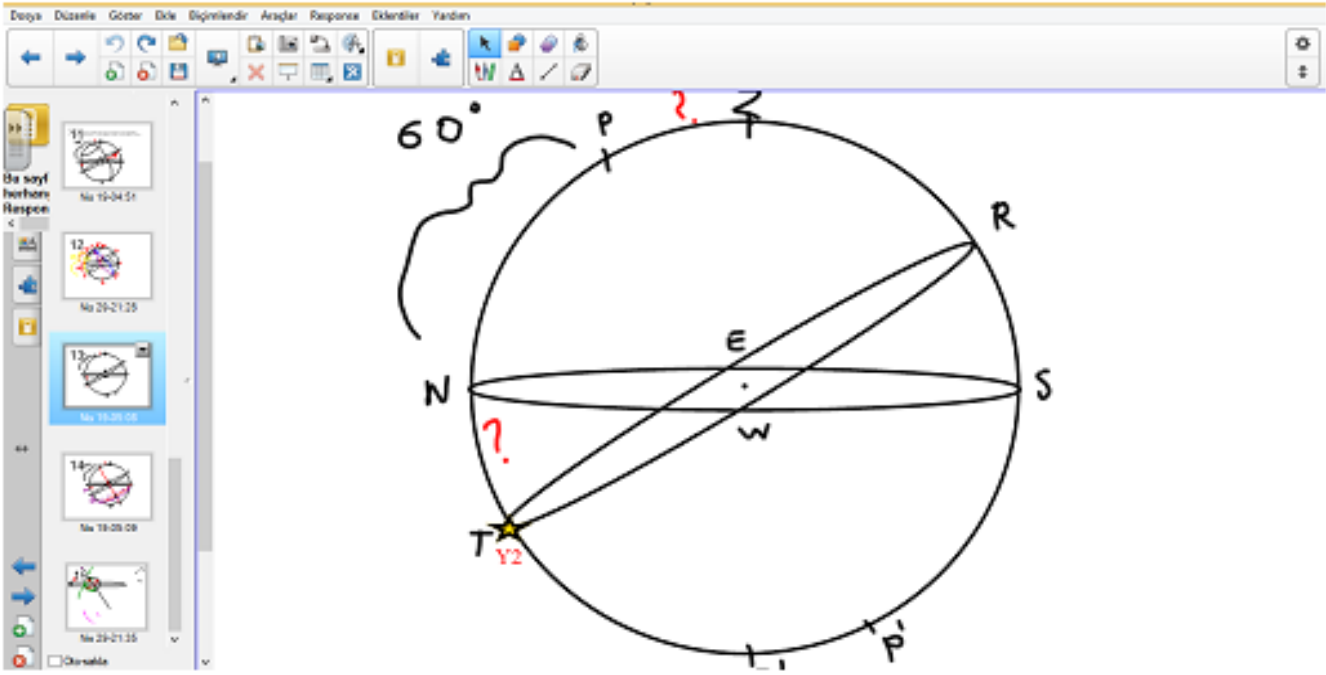
Araştırma sürecinde araştırmacı tarafından, bir üç boyutlu görüntü oluşturma programında bileşenleri hareketli olan yedi adet sanal gökküresi görüntüsü oluşturulmuştur. Bu görüntü etkileşimli tahtada dinamik uygulama olarak kullanılmıştır. Ayrıca etkileşimli tahtada iki boyutlu hareketli uygulamalar da yapılmıştır. Şekil 1 ve Şekil 2’de sırasıyla derslerde kullanılan etkileşimli tahta uygulamaları görüntüleri görülmektedir.

Şekil 1’de üç boyutlu canlandırma ve görüntüleme programında araştırmacı tarafından oluşturulmuş dinamik üç boyutlu gökküresi modeli örneği görülmektedir.



Şekil 1. Etkileşimli tahtada dinamik uygulama şeklinde kullanılan üç boyutlu yazılım programındaki çizim örneği.

Derslerde kullanılan, etkileşimli tahta yazılım programının sahip olduğu uygulamanın bulunduğu etkileşimli tahta sayfası örneği aşağıda Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Etkileşimli tahta uygulama sayfası örneği.

Bu etkileşimli tahta uygulamasında T noktasında bulunan Y2 yıldızı gökküresi üzerinde etkileşimli tahta uygulaması kullanılıp, gökküresi bileşenleri ve noktaları hareket ettirilerek, öğrencilerde küre üzerindeki hareketin algısının oluşturulduğu düşünülmektedir.

3. Bulgular Ve Yorumlar

Ön Testlere Ait Bulgular

Öğrencilerin tanımlardan ve sabit şekillerden yola çıkarak, üç boyutlu cisimleri iki boyutlu ortamlara (kâğıt düzlemi vb.) aktaramadıkları gözlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin tanımlardan ve yazılı açıklamalardan yola çıkarak temel fizik kavramlarını akıllarında şekil olarak canlandırmada zorlandıkları belirlenmiştir. Bulguya ulaşmada öğrenci 3'ün ön test 1'deki 2. Soruya verdiği cevap örnek olarak gösterilebilir. Şekil 3'de ön test 1, 2. Soru çözüm örneği görülmektedir.

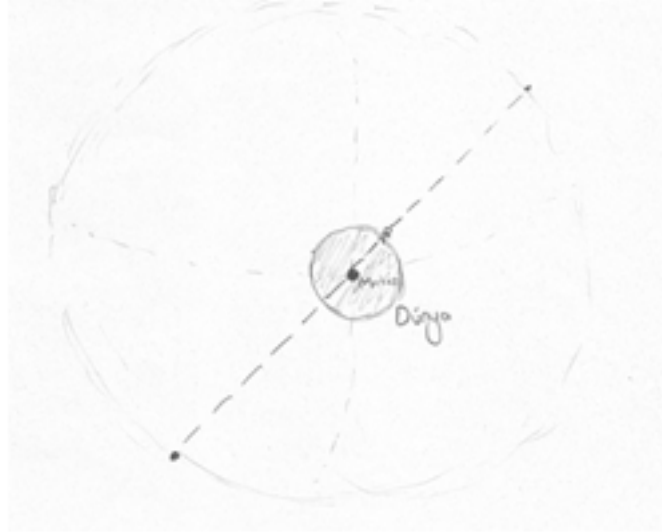
SORU 2. . İstanbul ' un enlemini 45 derece kabul edersek, İstanbul ' daki bu kişinin ufuk düzlemini gökküresi üzerinde çiziniz.



Şekil 3. Öğrenci 3'ün ön test 1'deki 2. soru çözüm örneği.

Öğrencilerin tanımları verilen gökküresini bütün teknik bileşenleri ile tam olarak çizemedikleri gözlenmiştir. Çizimlerde gökküresi bileşenleri birbirine uygun olmayan açılarda ve eksik olarak gösterilerek çizildiği gözlenmiştir. Öğrencilerin gökküresinin tanımlarla açıklanması yolu ile görsel olarak akıllarında canlandırmada zorluk çektikleri söylenebilir. Öğrenci 3'ün ön test 2 deki 1. Soruya verdiği cevap bulguyu destekler. Öğrenci 3'ün ön test 2'de 1. Soruda verilen tanımdan yola çıkarak çizdiği gökküresinde; gözlemcinin başucu ve ayakucu doğrultusunu, enlemini yerküre üzerinde belirtmekle birlikte ufuk düzlemi gibi temel bir düzlemi belirtmemiştir. Şekil 4'de öğrenci 3'ün ön test 2'deki 1. Soru çözüm örneği

görülmektedir.



Şekil 4. Öğrenci 3'ün ön test 2'deki 1. soru çözüm örneği.

Etkileşimli Tahta Uygulamaları İle Sunulan Derslerde Elde Edilen Bulgular

Dinamik Uygulamaların Üç Boyutlu Düşünmeye Etkisi

Etkileşimli tahtadaki dinamik uygulamaların, kitaplarda teorik olarak açıklanan, gök cisimlerinin görsel hareketleri konusunda, öğrencilerin görsel olarak deneyim kazanma olanağı sağladığı söylenebilir. Buna bağlı olarak öğrencilerin fiziki ortamlardaki cisimlerin görünen hareketleri konusunda ön görüş kazanma olasılığı sağladığı ve öğrencilerin görsel düşüncelerine olanak sağladığı düşünülmektedir. Bulgu ders sırasındaki video kayıtlarına dayanılarak öğrenci tepkilerinden elde edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin, dinamik uygulamalar kullanılarak gökküresini temsil eden küreye bakış açısının değiştirilmesiyle, sözel tanımlar yapılmadan, gökküresinin hareketini anlayıp kavradıkları gözlenmiştir. Bu bulguya ders sırasında öğrencilerin tepkilerinin gözlemlerinden ulaşıldığı gibi Öğrenci 3 ün bu konudaki görüşleri bulguyu desteklemektedir.

Öğrenci 3: *Dinamik uygulamalar, üç boyutlu ve hareketli görseller için kullanılabilir. Etkileşimli tahtada benim gördüğüm fayda, üç boyutlu ve hareketli şekilleri projeksiyon özelliği ile yansıtılması.*

Etkileşimli Tahtada İki Boyuttaki Hareketli Uygulamalara Ait

Etkileşimli tahtada iki boyut üzerinde gerçekleştirilen hareketli uygulamaların, görsel düşünmeye, üç boyutlu görsel düşünmeye ve öğrenmeye etkisine dair bulguların yanı sıra bilgiler arasında bağlantı kurma etkisine dair bulgular saptanmıştır.

Ufuk düzleminin, başka bir düzlem üzerinde hareket ettirilmesi şeklindeki uygulamalar, iki boyutta çizilen gökküresi gibi üç boyutlu kavramların, öğrencilerin üç boyutlu olarak algılamasını, akıllarında üç boyutlu canlandırmalarını sağlar ve buna bağlı olarak üç boyutlu düşüncenin öğrencide oluşmasına yardımcı olur ve öğrenmeyi kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Bulguya açıklık getirmesi için görüşülen öğrencilerden, Öğrenci 3'ün görüşleri örnek olarak verilebilir.

Soru - 3. Sayfadaki hareketli ufuk düzlemi gökküresini 3 boyutlu olarak algılamayı sağladı mı?

Cevap: Yıldızın taşınması ve hareketli olması gökküresinin üç boyutlu olduğunu anlaşıyor kılıyor.

Soru - 3. Sayfadaki ufuk düzlemini hareket ettirmek gökküresini 3 boyutlu hayal etmenizi ve 3 boyutlu hayal gücünüzü etkiledi mi?

Cevap: Evet, etkileşimli tahtada hareketli şekiller hayal gücümü olumlu etkiledi. Olumsuz etkilemedi.

Bununla birlikte, öğrenciler fiziki hayatta yıldızların görsel hareketini gözlemlerler. Bu gözlemler ile yıldızların eğrisel öz hareketindeki yerküreye doğru olan radyal hareket bileşenlerinin gözlemlenmesi ve algılanması uzaklık nedeniyle olanaksızdır. Bu durum öğrencilerin üç boyutlu gökküresi kavramlarını öğrenmelerine ket vurmaktadır. Öğrencilerin görsel harekette algılayamadıkları yıldız hareket bileşenleri "sanal gökküresi, kürenin içindeki uzaysal boşluk, küre üze-

rindeki radyal hareketler” gibi soyut kavramlar ile açıklanmasının öğrenmeyi güçleştirdiği düşünülmektedir. Hareket uygulaması ile yukarıda açıklanan sözel ifadelerin bu dezavantajı ortadan kaldırılacağı düşünülmektedir. Bulguya açıklık getirilmesi için Öğrenci 3’ün bu konudaki görüşleri örnek olarak verilebilir.

Soru: 4. Sayfadaki yıldızların çember üzerinde hareket etmesi 3 boyutlu gökküresinin hareketini algılamada yardımcı oldu mu?

Cevap: Yıldızın enlem çemberinde hareket etmesi, üç boyutlu düşünmeme katkısı oldu.

Etkileşimli tahta uygulamaları, yıldızların ufuk düzlemi altındaki hareketleri gibi öğrencilerin gerçek fizik hayatta gözlemlenemeleri olanaksız olayların akılda canlandırılmasını sağlayarak, fizik olaylarının kavranmasını sağlar. Bulguya Öğrenci 3’ün kavram ile ilgili etkileşimli tahta uygulaması hakkındaki yorumuyla ulaşılmıştır.

Soru: 4. Sayfadaki siyah yıldızların gökküresi üzerine hareket ettirilmesi, gerçekte var olmayan hayali gökküresini aklında canlandırırken yardımcı oldu mu?

Cevap: Doğup batma hareketleri yıldızların uzaydaki hareketini aklımda canlandırmama gayet yararlı oldu. Hareketi uzaya uyarlayabildim.

Öğrenciler sirkompolar yıldızlar ile ilgili hareketli uygulamalar yolu ile elde ettikleri kazanımlardan yola çıkarak aşağıda görülen yan kazanımları elde ettikleri belirlenmiştir:

Öğrenciler tarafından gökküresindeki iki boyuttaki görsel yıldız hareketinin kavranılması, öğrencilerin yıldızların gerçekteki üç boyutlu küresel yüzey üzerindeki hareketlerini üç boyutlu algılayıp üç boyutlu düşünmelerini ve kavramalarını sağladığı söylenebilir. Bulgu sirkompolar yıldızların hareketli uygulamaları ile açıklanması sırasındaki gözlemlerden ve Öğrenci 3’ün bu konudaki görüşlerinden elde edilmiştir.

Öğrenci 3: *Sirkompolar yıldızlardaki hareketli uygulamalar ile enleme göre yıldızların ufuktaki görünme açısını düşünebildim. Ve yıldızların küre yüzeyinde hareket ettiği anlaşılıyor.*

Gökyüzündeki fizik olaylarının ve hareketlerin etkileşimli tahta uygulamaları ile canlandırılmasının üç boyutlu algılamayı sağladığı ve öğrencide hedeflenen kazanımdan daha ileri bir aşama ve yan kazanımlar elde edildiği söylenebilir. İki boyutta yapılan bu hareket uygulamasının öğrencilerin algılarında üç boyut etkisi oluşturduğu ve böylece öğrencilerin iki boyutta çizilmiş bir şekli gerçekte olduğu gibi üç boyutlu olarak düşündüğü söylenebilir. Bu bulgu, ufuksal koordinat sistemindeki bir gökküresi üzerindeki yıldızın görsel hareketinin canlandırılması uygulaması sonrasında, öğrencilerin gökküresini üç boyutlu algılayarak farklı enlemlerde farklı ufuk düzlemlerindeki gözlemcilerin yıldızları görüş açısını ve yıldızların doğup batma açısız hareketini algılamasıyla elde edilmiştir. Bu bulguya görüşülen öğrencilerin yukarıda açıklanan ufuksal koordinat sistemindeki yıldız hareketi uygulaması hakkındaki yorumlarından ulaşılmıştır. Bu yorumlardan biri olan Öğrenci 3’ün yorumu bulguya ulaşmada örnek gösterilebilir.

Öğrenci 3: *Etkileşimli tahta uygulamaları ile üç boyutlu algılamamın sağlandığını düşünüyorum.*

Uygulama Sorusu Bulguları

Son görüşmede öğrencilere Yerküre, Güneş, gözlemci ve ufuk düzleminde oluşan model üzerinde bir uygulama sorusu sorulmuştur. Bu modele ait ufuksal koordinat sistemindeki gökküresi şeklinin çizimi ve çizim ile ilgili “Kutup Yıldızının farklı enlemler için şekil üzerinde gösterilmesi gibi” teknik sorular yöneltilmiştir.

Son görüşmede, öğrencilere sorulan etkileşimli tahta uygulaması ile cevaplamalarının istendiği sorunun, üç öğrenci tarafından etkileşimli tahta üzerinde uygulama yapılarak ve teorik açıklama yapılarak cevaplandığı gözlemlenmiştir. Öğrenciler Kutup Yıldızını farklı enlemler için gökküresinde konumlandırarak uygulamayı gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulamadan yola çıkarak, etkileşimli tahta uygulamaları ile öğrencilerin gökküresindeki azimut açısı gibi kavramları akıllarında canlandırarak, teknik olarak ölçüm yöntemlerini ve nedenlerini, açıların ölçülme yönünün anlamalarını sağladığı ve kazanımların öğrencilerde analiz aşamasında yer ettiği söylenebilir. Bulguya görüşmeye ait video kayıtları gözlemleri ve öğrencilerin cevapları ile ulaşılmıştır.

Etkileşimli tahta uygulamaları öğrencilerin, görsel düşünmelerinin gelişmesine olanak sağlar ve gökküre konusuna ait kavramlar arasında bağlantı kurarak, kendilerine verilmeyen kavramlar, Fizik olayları ve konular hakkında bilişsel bilgi üretmelerine, gerçek fizik hayatındaki problemleri çözmelerine olanak sağlar. Öğrencilerin sorulara doğru cevap verdikleri gözlenmiştir.

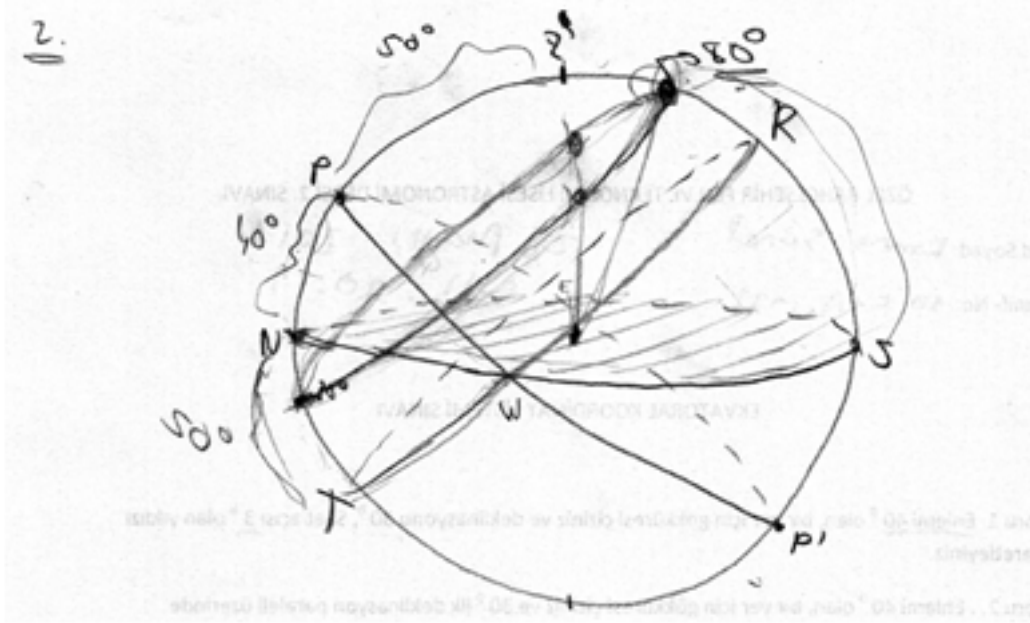
Öğrenciler uygulama sorularında verilen görevleri gerçekleştirmiş ve hedef kavramlara ait değerleri hesaplamışlar-

dır. Öğrenci 3'ün bulguyu destekleyen görüşleri ve çözüm yaparken yaptığı yorum aşağıdaki gibidir:

Öğrenci 3: Kuzey yarımkürede Güneş'in oluşturduğu gölge daima güneye doğru, öğlen güneye doğru düşmesi gerekiyor. 22 Haziranda kuzey yarımkürede öğle vakti gözlemcinin gölgesi, güney yönündedir. Güneş'in yaz aylarında görsel hareketi kış aylarına göre daha büyük bir yaydır ve güney noktası etrafında hareket ettiği gözlenir.

Son Test Bulguları ve Yorumları

Öğrenciler etkileşimli tahta uygulamalarıyla gökküre konusunu öğrendikten sonra, gerçek fiziki hayattaki cisimlerin birbirine göre bir konumsal açılarını görsel olarak düşünürler ve bu görsel düşüncelerini problem çözmek için kullanabilirler. Bulguya öğrencilerin son test ekvatorial koordinat sistemi bölümündeki 2. Sorunun çözümünü doğru şekilde yapmaları ile ulaşılmıştır. Örnek olarak Şekil 5'de Öğrenci 3'ün çözümü gösterilebilir.



Şekil 5. Son Test Ekvatorial Koordinat Sistemleri 2. Soru Öğrenci 3'ün çözüm örneği.

4. Tartışma, Sonuçlar ve Öneriler

Bu örnek olay çalışmasının sonuçları incelendiğinde akıllı tahta uygulamalarının görsel düşünce, görsel algı ve öğrenmeye olumlu yönde etki ettiği görülmektedir.

Araştırmanın ikinci sorusu ile ilgili bulgulara göre, akıllı tahta uygulamalarının öğrencilerin şekilleri görsel olarak algılamalarını sağladığı ve böylece öğrencilerde gökküresi konusunda görsel düşünce oluşmasını sağladığı görülmüştür.

Etkileşimli tahta uygulamaları ile anlatılan gökküre konusunda, öğrencilerin gökküresi bileşenlerini akıllarında görsel olarak canlandırabildikleri anlaşılmaktadır. Araştırmanın sorusu ile ilgili bulgulara göre, etkileşimli tahta uygulamalarının öğrencilerin görsel düşünme sürecine olumlu yönde destek verdiği ve öğrencilerin görsel düşünmelerini desteklediği, öğrencilerin, etkileşimli tahtadaki üç boyutlu dinamik uygulamalar ile üç boyutlu şekillerin hareketlerini ve ayrıtlarını, bileşenlerini farklı açılardan görebildikleri görülmüştür.

Boz'un (2005) dinamik görselleştirme ve bilgisayar yazılım programlarını karşılaştırmasında, en uygun olanın dinamik görselleştirme ortamları olduğu sonucuna varması, etkileşimli tahta uygulamalarının görsel düşünceye etkisinin araştırılması sürecinde öğrencilerin etkileşimli tahtadaki uygulamalar içinde en çok görsel dinamik uygulamaları verimli bulmaları sonucuyla örtüşmektedir.

Üç boyutlu dinamik uygulamaların, öğrencilerin şekil bileşenlerinin hareketlerini ve bu bileşenleri farklı açılardan görmelerini sağlayarak onların üç boyutlu düşünmelerini sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler etkileşimli tahta uygulamaları ile şekilleri üç boyutlu düşündükten sonra, diğer gökküresi şekillerinde üç boyutlu düşünmeyi öğrendikleri sonucuna ulaşılmıştır. Böylece etkileşimli tahtadaki üç boyutlu uygulamaların öğrencilerin üç boyutlu düşünce becerilerini geliştirerek öğrenmelerini olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Etkileşimli tahta uygulamalarının görsel

düşünmenin yanı sıra üç boyutlu düşünmeye olumlu katkısına dair bulgulara da rastlanmıştır.

Araştırma sürecinde etkileşimli tahta uygulamaları olarak kullanılan, üç boyutlu dinamik yazılım programlarıyla oluşturulan dinamik şekillerin bilgisayar imleci ile yapılan rotasyonu, büyütmesi gibi uygulamaların sınıf ortamına sağladığı olanaklardır. Bu döndürme, büyütme gibi dinamik uygulamaların etkileşimli tahta üzerinde görselleştirmede kullanılan yegâne uygulamalardır.

Yapılan alanyazın taramalarında, dinamik uygulamaların görselleştirmede olumlu yönde etkinliğini ortaya koyan çalışmalara rastlanmıştır. Gutierrez (1996), görselleştirmeyi sağlamak için sınıflarda kullanılacak olan, geometrik uzamsal nesnelerin 3 boyutlu gösterimini veren ve kullanıcıların bu nesnelerin dinamik dönüşümüne izin veren yeni bir araç olan bilgisayar programlarında imleç ile yapılan, döndürme, büyütme ya da bölümlere ayırma gibi işlemlerin kullanılabilirliğini belirtmektedir.

Üç boyutlu şekiller etkileşimli tahtanın düz yüzeyinde üç boyutun iki boyuta izdüşümü olarak gözlemlenmektedir. Bu durumda üç boyutlu dinamik uygulamaların, zamanın ekonomik kullanılmasını sağlayarak görsel düşünmeyi sağlamak için gereklilik arz ettiği anlaşılmaktadır. Gutierrez'in (1990), üç boyutlu geometrik görselleştirme için yaptığı araştırmasında, iki boyutlu ortamlarda üç boyutlu şekillerin sabit iki boyutta gösterildiği yer etmiş fakat bu dezavantajlı durumun hareket özelliği ile önüne geçilmesi bu çalışmada yer etmemiştir.

Çalışmanın sonuçlarının etkileşimli tahta kullanacak öğretmenlere, etkileşimli tahta uygulamalarının öğrencilerdeki kazanımların kısa sürede oluşması ve bilgi hiyerarşisine analiz ve sentez yapabilme düzeyinde verimlilik sağlanması konusunda bir ön fikir verecek olmasının çalışmayı önemli kıldığı düşünülmektedir. Ayrıca araştırma sonucunda elde edilen bulgular, sonuçlar ve yorumların nicel çalışmalar için ölçek geliştirmeye fikir vereceği düşünülmektedir. Etkileşimli tahta uygulamalarının, öğrencilerin algıları ve öğrenmeleri üzerindeki etkilerini araştırarak, gelecekte öğretmenlere bu tahtaların daha etkin kullanılmasına katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

Etkileşimli tahtada şekillere dayalı kavramlar üzerindeki uygulamaları öğrencilerin gözlemler ile akıllarında taklit etmeleri, bu şekiller üzerindeki uygulamaları model alıp diğer şekiller üzerinde yorumlamaları Albert Bandura'nın gözlem yolu ile öğrenme kuramı ile uyum sağlanarak, etkileşimli tahtada öğretme teknikleri üzerinde gelişme sağlanabilir.

5. Kaynakça

- Baylon, A., ve Torres Jr, D. (2008). MAAPCNiA: A boost to authentic MET instruction. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 2 (3) 285 -290
- Erduran, A., ve Tataroglu, B. (2009). Eğitimde akıllı tahta kullanımına ilişkin fen ve matematik öğretmen görüşlerinin karşılaştırılması. *The Proceedings of 9th International Educational Technology Conference (IETC2009)* içinde (s.14 -21) Ankara : Türkiye
- Etkileşimli Tahta. (2017). 13 Nisan 2018 tarihinde <http://fatihprojesi.meb.gov.tr/etkilesimli-tahta/> adresinden erişildi.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. L.Puig, A. Gutiérrez (Ed), *Proceedings of the 20th in pme conference* (s. 3-19). Valencia: Valencia Üniversitesi
- Hatta, B., M. ve Mandes, E., Enhancing visual thinking and learning with computer graphics and virtual environment design *Cornput&. Graphics* 19, 889-894
- Kapicioglu, M., i., S., isler, V., Bulun., M., Toprak, S., Okutanoglu A., Gulnar, B. Vd (2003). Tip Eğitiminde Senkron Egitim ve Selcuklu Tip Fakültesi'ndeki Uygulamaları [Elektronik versiyon]. *The Turkish Online Journal of Educational Technology TOJET* 2 (3) 137-141
- Loughlin, C. ve Krakowski, K. (2001). Technological tools for visual thinking: What does the research tell us? N. Smythe (Ed.), *Apple University Consortium Academic and Developers Conference Proceedings of the Apple University Consortium Conference* (s.127-138). Australia: Apple University
- McLoughlin, C. *Visual Thinking and Telepedagogy*. Curtin University, 20 Ocak 2014 tarihinde <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth97/papers/McLoughlin/McLoughlin.html> adresinden erişildi.
- Mintz, R., Litvak, S., & Yair, Y. (2001). 3D-virtual reality in science education: An implication for astronomy teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20 (3), 293-305.
- N. Boz. (2005). Dinamik Görselleştirme ve Yazılım Ortamları. *Eğitim Teknolojileri Türkçe Online Dergisi*, 4 (1) (3).
- Noroozi, O., Weinberger, A., Biemans., H.,J.,A., Mulder, M., ve Chizari, M. (2012). Argumentation-based computer supported collaborative learning (AB-CSSL): A synthesis of 15 years of research. *Elsevier Journal Educational Research Review*, 7, 79 – 106
- Proje Hakkında. (2017). 13 Nisan 2018 tarihinde <http://fatihprojesi.meb.gov.tr/proje-hakkinda> adresinden erişildi.
- Redwood, J. (2013). *Algorithmic art and visualisation: Objectivity and creativity from machine*. Uiversity of Plymouth School Of Art And Media Digital Art And Technology. 13 Nisan 2018 tarihinde <http://jred.co.uk/dissertation-sans-serif.pdf> adresinden erişildi.
- Sünkür, M., Şanlı, Ö. ve Arabacı, İ.B. (2011). Akıllı Tahta Uygulamaları Konusunda İlköğretim II. Kademe Öğrencilerinin Görüşleri (Malatya İli Örneği), *NW-SA-Education Sciences*, (7) 313-321
- Wood R., Ashfield J.(2008) The use of the interactive whiteboard for creative teaching and learning in literacy and mathematics: A case study, *British Journal of Educational Technology Vol 39 No 1* 2008 84–96