



Investigating the Usability of Interactive Videos with 3D Content for Developing Spatial Skills

Erkan ÇALIŞKAN ¹, Semirhan GÖKÇE ², Nezh ÖNAL ³

¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Education Department of Computer and Instructional Technology Education, erkancaliskan@ohu.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-2309-1406>

² Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Education Department of Computer and Instructional Technology Education, semirhan@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4752-5598>

³ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Education Department of Computer and Instructional Technology Education, nezihonal@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6979-262X>

Received : 26.12.2018

Accepted : 20.05.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.584671

Abstract – The purpose of this study is to investigate the usability of interactive videos for developing spatial skills of students in geometric solids. For this purpose, it is aimed (1) to specify crucial steps for developing such videos viewed by web browsers, (2) to examine the interactive environment, which were developed in accordance with the learning outcomes of geometric solids in Ministry of National Education elementary school mathematics curriculum, by experts based on Nielsen's heuristics and (3) to point out the opinions for usability of such videos in teaching of geometry. Experts evaluated the developmental process in which the exploratory research method was used. Accordingly, heuristic evaluation was made by mathematics education experts based on Nielsen heuristics to identify the usability of the video. The data obtained from the interviews were qualitatively analyzed and matched with Nielsen heuristics. The codes obtained in terms of the contribution of the interactive video to the teaching process and the student are presented in the themes and categories. At the end of the evaluation, the experts agreed on the usability of interactive videos in teaching of geometry for developing spatial skills and showed positive attitude towards the development of such videos. For further developments, it is suggested to provide such videos in students' familiar media and interfaces, place interactive question-answer environment and associate the content of videos with daily life.

Key words: Interactive video, human-computer interaction, usability, heuristic evaluation, spatial skills.

Corresponding author: Erkan ÇALIŞKAN, Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Education Department of Computer and Instructional Technology Education, erkancaliskan@ohu.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-2309-1406>

Summary

Introduction

Spatial ability is defined as the ability to move objects or components that are composed of one or more parts in three-dimensional space in mind or to visualize them in the mind (Turğut, 2007). Spatial thinking is seen as an important factor affecting academic achievement in the fields of science, technology, engineering and mathematics (Yue, 2008; Wai, Lubinski & Benbow, 2009). So, special emphasis is given to the development of such in Turkish mathematics curriculum with computer aided teaching method and the use of dynamic geometry softwares (Şimşek & Koru Yücekaya, 2014). Current researches state that the interaction between the learner and the learning material is one of the important ways to develop effective learning environments (Hong, Tsai, Ho, Hwang and Wu, 2013; Wouters et al., 2007). The interaction in video-based learning environments allows users go to a desired video content, watch and change the order of the instruction (Domagk, Schwartz and Plass, 2010). With the introduction of Web 2.0 tools and widespread use, video interactions have begun to change. After the development of web technologies and increased bandwidth in Internet usage, the use of interactive videos in e-learning applications has become widespread (Chen, 2012; Zhang et al., 2006). Especially in the last decade, it has become easier to create and to edit videos with mobile devices, to publish them easily on popular video sites, to access educational video sites, to use software applications and to create interactive videos in many different learning areas (Cuypers and Knopper, 2013). Olkun (2003b) emphasizes that it is important to touch the object while developing spatial skills on two-dimensional geometric shapes. In the teaching of geometric solids, it is stated that computer software can be used since it provides dynamic, flexible, replayable and controllable features and can provide significant advantages in teaching the dimension. It also reports that actions such as rotating, reversing and dragging of objects can be done easily in computer environment (Olkun, 2003b). Yue (2008) also indicates that realistic computer-based three-dimensional views improve spatial thinking. One of the most important reasons for this is the lack of easy access to digital three-dimensional content and the lack of pedagogical foundations of the applications made for this purpose (Siiman, Mäeots and Pedaste, 2014).

The purpose of this study is to investigate the usability of 3D interactive videos for developing spatial skills of students. For this purpose, it is aimed (1) to specify crucial steps for developing such videos viewed by web browsers, (2) to examine the interactive environment, which were developed in accordance with the learning outcomes of geometric solids in Ministry of National Education elementary school mathematics curriculum, by

experts based on Nielsen's heuristics and (3) to point out the opinions for usability of such videos in teaching of geometry.

Method

This study was designed in the exploratory research method as it aims to test the usability of interactive videos to improve students' spatial skills in geometric solids content. In the study, an expert-based evaluation was carried out according to the approaches described by Çağiltay (2018). In this study, the heuristic evaluation method was used for the usability of interactive videos designed to improve students' spatial skills. In the study, the criterion sampling method was used. The dynamic geometry learning environment was developed by the experts of the computer and instructional technologies education department. Adobe Photoshop CS6 and Autodesk 3D Studio Max 2013 programs were used in the modeling of three-dimensional objects and Sketchfab.com was used to transfer the three-dimensional models developed into the video. The evaluation of the videos was followed by four faculty members (3 females, 1 male; 2 associate professors and 2 assistant professors) in the department of mathematics education with an average academic study duration of 15 years. Although different heuristics have been developed and demonstrated for usability, one of the most well-known and utilized heuristics for human-computer interaction are the heuristics that Nielsen developed in 1990 with Molich and which was reconstructed in 1994. (Çağiltay, 2018; Georgsson et al., 2016). This study is based on Nielsen's heuristics which has the following 10 general principles: visibility of system status, match between system and the real world, user control and freedom, consistency and standards, error prevention, recognition rather than recall, flexibility and efficiency of use, aesthetic and minimalist design, help users recognize, diagnose, and recover from errors, and help and documentation.

In this study, the opinions of the experts were obtained by semi-structured interview forms developed according to Nielsen heuristics. Each evaluation session was accompanied by the researchers, and each session took approximately 45 minutes. All evaluators were given an explanatory presentation before the evaluation process in which Nielsen heuristics. Also, during evaluation of the interactive video the experts were give written and oral examples in order to reduce the uncertainty of heuristics. The data obtained from the interviews were analyzed qualitatively by the researchers in accordance with the basics of content analysis.

Findings/Results

The interactive videos aiming to improve the students' spatial skills were examined by the experts in mathematics education and evaluated according to Nielsen heuristics. It was stated that the videos showed how the students handled with interaction. However, the evaluators criticized that no feedback can be given to the student's interactions during or at the end of the activity. This problem could be solved by the integration of question-based interactive video technology. The participants offered to enrich the video with cute characters and to use images of the objects mentioned in the video. Furthermore, they agreed on the positive contributions of linking the content of the video with daily life problems. As far as the navigation was concerned, the experts stated that there was nothing wrong with the video player buttons and the interface. In addition, the evaluators focused on the lack of a pathway for the students who had knowledge about the subject to go to the interaction section before starting to the lecture. To sum up, the participants remarked their positive opinions on evaluating the usability of interactive videos that would be used during instruction according to the heuristics.

Conclusions and Discussion

The interface was found to be quite simple and useful, and that there were no problems related with the navigation. At the same time, informing the students about the duration of the video and how long the student would take active role in the interactive video was stated to be a valuable characteristic for such environment. The absence of measurement and evaluation during or at the end of the video, lack of images of the objects and the chapter titles in the video and the absence of error messages and help section were found to be the deficiencies. Furthermore, it was agreed upon shortening the length of the narration, supporting the environment with cute characters, integrating the content to daily life problems and eliminating the language errors for further interactive videos. The evaluation of interactive videos also indicated that these videos would improve the development of basic mathematical skills (problem solving, communication and reasoning) as well as some high-order thinking skills (predicting and critical thinking). Guy et al. (2014) stated that the interactive video supports the learning by providing active learning at the participant side. According to the specialist participated to the study, these videos could be used in geometry and measurement, numbers and operations, algebra and data analysis learning areas. Moreover, these videos would be advantageous in developing higher-order thinking skills, providing meaningful learning, eliminating misconceptions and providing interactions between subjects.

Uzamsal Becerilerin Geliştirilmesi İçin Üç Boyut İçerikli Etkileşimli Videoların Kullanılabilirliğine Yönelik Bir İnceleme

Erkan ÇALIŞKAN ¹, Semirhan GÖKÇE ², Nezih ÖNAL ³

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, erkancaliskan@ohu.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-2309-1406>

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, semirhan@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-4752-5598>

³ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, nezihonal@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-6979-262X>

Gönderme Tarihi: 26.12.2018

Kabul Tarihi: 20.05.2019

Doi: 10.17522/balikesirnef.584671

Özet – Bu çalışmanın temel amacı geometrik cisimlere yönelik hazırlanan etkileşimli videoların öğrencilerin uzamsal becerilerinin geliştirilmesi için kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda (1) İnternet ortamında yayınlanan ve güncel web tarayıcıları tarafından görüntülenebilen etkileşimli videoların nasıl geliştirilebileceğinin aktarılması, (2) Milli Eğitim Bakanlığı ilköğretim matematik öğretim programındaki geometrik cisimler alt öğrenme alanındaki kazanımlarına uygun olarak geliştirilen etkileşimli ortamın Nielsen’in sezgiselleriyle alan uzmanları tarafından incelenmesi ve (3) bu tür videoların geometri öğretimde kullanılabilirliğine yönelik görüşlerin sunulması hedeflenmiştir. Keşfedici araştırma yönteminde yürütülen çalışmada geliştirmeye yönelik süreç sonu uzman temelli değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Buna göre, matematik eğitimi alan uzmanları tarafından videonun kullanılabilirliğinin belirlenmesi adına Nielsen sezgisellerinden yararlanılarak sezgisel değerlendirme yapılmıştır. Öğretim elemanlarıyla inceleme sonunda yapılan görüşmeler ile elde edilen veriler nitel olarak çözümlenerek Nielsen sezgiselleri ile eşleştirilmiştir. Etkileşimli videonun öğretim sürecine ve öğrenciye sağlayacağı katkılar açısından elde edilen kodlar, tema ve kategorilerde toparlanarak sunulmuştur. Değerlendirme sonunda öğretim elemanları geometri öğretiminde öğrencilerin uzamsal becerilerinin gelişimine yönelik tasarlanan etkileşimli videoyu kullanılabilir bulmuşlar ve bu tür videoların geliştirilmesine yönelik olumlu tutum sergilemişlerdir. Gelecekte geometrik cisimlere yönelik geliştirilecek etkileşimli videolarda kullanıcıların tanıdık oldukları ortam ve arayüzlerin kullanılması, videolarda soru tabanlı etkileşimlere yer verilmesi ve videoların günlük hayat ile ilişkilendirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Etkileşimli video, insan-bilgisayar etkileşimi, kullanılabilirlik, sezgisel değerlendirme, uzamsal beceriler.

Sorumlu yazar: Erkan ÇALIŞKAN, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, erkancaliskan@ohu.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-2309-1406>

Giriş

Uzamsal beceri, üç boyutlu uzayda bir ya da daha çok parçadan oluşan cisimleri ve bileşenleri zihinde hareket ettirilebilme veya zihinde canlandırabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Turğut, 2007). Olkun (2003a) da uzamsal yeteneği, uzayın ve geometrik formun kullanımı ile ilgili beceriler şeklinde ifade etmektedir. Matematik eğitiminde, görsellemenin daha çok geometrik süreçlerde kullanıldığı ifade edilebilir (Delice ve Sevimli, 2010). Uzamsal düşünme; bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik gibi alanlarda akademik başarıyı yakından etkileyen önemli bir etmen olarak görülmektedir (Yue, 2008; Wai, Lubinski ve Benbow, 2009). Ülkemizde yenilenen ilkokul, ortaokul ve ortaöğretim matematik dersi müfredatlarında öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerinin geliştirilmesine, bilgisayar destekli öğretim yönteminin uygulanması ile dinamik geometri yazılımlarının kullanımına özellikle vurgu yapılmaktadır (Şimşek ve Kuru Yücekaya, 2014). Olkun ve Altun (2003)'ün da belirttiği gibi matematiksel düşünmeyi de geliştirecek olan uzamsal düşünme, uygun araç ve gereçlerle geliştirilebilir. Dinamik geometri öğretimi olanağı veren ortamlarda gerçekleştirilecek iyi tasarlanmış, gündelik yaşam problemlerine uyarlanmış, kazanıma uygun olarak hazırlanmış sınıf içi etkinlikler hedeflenen becerilerin geliştirilmesinde faydalı olabilir. Özellikle üç boyutlu cisimler konusunun öğretiminde uzamsal düşünmenin geliştirilmesi adına bilgisayar teknolojilerinden yararlanılabilir (Olkun ve Altun, 2003). Bu noktada kullanılacak öğrenme ortamlarından birisi de etkileşimli videolardır.

Manyetik bantlar üzerinde yer alan ya da sayısal olarak derlenmiş hareketli resimler dizisi olarak tanımlanan videolar (Türk Dil Kurumu [TDK], 2018), sağladığı görsellik ve sesler nedeniyle izleyiciler üzerinde önemli etkiler bırakmaktadır. Görsel ve işitsel öğeleri birlikte sunabilme özelliğiyle video teknolojileri etkili öğretim süreçleri için 1950'lerden itibaren eğitim amaçlı kullanılmaktadır (Vural, 2013). Özellikle 1980 ve 90'lı yıllarda öğretim amaçlı videoların kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır (Ayres ve Langone, 2008). Zengin ve güçlü bir ortam olarak e-öğrenmede kullanılan videolar önceleri video kaset, CD ve DVD gibi teknolojilerle televizyonlar aracılığıyla iletilmiştir. Günümüzde ise eğitim amaçlı videolar bilgisayar ve yazılım alanındaki gelişmeler sonucunda öğrenenlerin bilişsel açıdan bilgi işleme süreçlerini destekleyecek biçimde bilgisayar ortamında okul öncesinden yüksek öğretime kadar her düzeyde etkin olarak kullanılmaktadır (Chen, 2012; So, Pow ve Hung, 2009; Vural, 2013; Zhang, Zhou, Briggs ve Nunamaker Jr., 2006). Merkt, Weigand, Heier ve Schwan (2011) videoların hem öğrenci ilgileri ve içsel motivasyonları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bundan dolayı akademik başarıya da olumlu yönde katkı sağladığını

hem de gerçek hayatta karşılaşılması zor olan durumları (aslanların avlanma biçimleri ya da savaş ortamları gibi) öğrenme ortamına taşıdığından öğrenmeyi daha etkili kıldığını belirtmektedirler. Donkor (2010; 2011) yapmış olduğu çalışmalarda geleneksel kâğıt temelli öğretim materyallerine oranla video temelli materyallerin öğrenmeyi daha çok geliştirdiğini ve aynı zamanda video temelli materyallerin başarısının bu videoların kalitesine bağlı olduğunu bulmuştur. Bununla birlikte alan uzmanı görüşleri ve yapılmış çalışmalar video ile yapılan öğretimin başarısının etkileşime bağlı olduğunu göstermektedir (Wouters, Tabbers ve Paas, 2007). Örneğin, Zhang ve diğerleri (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışmada e-öğrenme ortamında etkileşimli video ile desteklenen öğrencilerin hem daha yüksek performans gösterdikleri hem de süreçten daha fazla memnun kaldıkları bulunmuştur. Videoya etkileşim öğelerinin eklenmesi, katılımcı tarafında aktif öğrenmenin gerçekleşmesini sağlayarak öğrenmeyi desteklemektedir (Guy, Byrne ve Rich, 2014). Zhang ve diğerlerine (2006) göre e-öğrenme ortamlarındaki etkileşimli videoların yapıları ve etkileri iyi anlaşılmamıştır ve videoların öğretim sürecinde kullanılmaya başlamasından sonra etkileşimli videoların kullanıldığı ilk araştırma sonuçları hep öğretimi olumlu yönde arttırdığı yönde sonuçlar ortaya koyarken daha sonraki dönemlerde yapılan araştırma sonuçları kendi aralarında tutarsızlıklar göstermektedir. Bu durum videolarda kullanılan etkileşimin türüne ve oranına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu noktada etkileşimi iyi tanımlamak ve tasarlamak e-öğrenme ortamlarındaki etkileşimli videoların kullanımını açısından önemlidir.

Öğrenen ile öğrenme materyali arasındaki etkileşim, etkin öğrenme eylemlerini geliştirecek önemli yollardan birisidir (Hong, Tsai, Ho, Hwang ve Wu, 2013; Wouters ve diğerleri, 2007). Genel bir görüşe göre video temelli öğrenme ortamlarındaki etkileşim; kullanıcının, düşük bir arama süresi içerisinde video içeriğinde istediği bir bölüme hızlı bir biçimde gidebilmesi, izlemesi ve baştan inceleyerek öğretimin sıralamasını değiştirmesidir (Domagk, Schwartz ve Plass, 2010). Örneğin Mayer ve Chandler (2001)'in basit etkileşim olarak tanımladıkları eyleme göre katılımcılar sunumun istedikleri bölümden başlatma ve devam ettirme olanaklarına sahiptir. Benzer olarak Schwan ve Riempp (2004) tarafından tasarlanan video öğretimde etkileşimli grup, öğretim videoları üzerinde başlatma ve durdurma, hız ve yön konusunda kontrol yetkisine sahipken etkileşim olmayan grup ise sadece baştan sona kadar istedikleri kadar izleme hakkına sahiptir. Teknolojik bir bakış açısından etkileşim; iletim ortamı (web, video konferans, VOIP, vb.), giriş aygıtları (klavye, fare, dokunmatik ekran, vb.) ya da sağlanan özellik (hiper metin veya ortam, benzetim (simülasyon), çoklu ortam, vb.) olarak sınıflandırılabilir (Johnson, Bruner ve Kumar, 2006).

Tüm bu durumlarda etkileşim, ortam özelliği olarak tanımlanmakta ve öğrenen ile öğrenme sistemi arasındaki dinamik bir ilişki olarak gösterilmektedir (Domagk ve diğerleri, 2010). Zamanında yapılan tanımlamalar gibi Sims (1997) bu ilişkiyi öğrenenin özel bir öğrenme ortamında öğrenme materyali üzerinde dolaşımı, erişimi ve kontrol etmesi olarak göstermektedir. Ancak teknolojik gelişmeler ve özellikle 2004 yılında web 2.0 araçlarının tanıtılması ve kullanımının yaygınlaşmasıyla video etkileşimleri de şekil değiştirmeye başlamıştır. Zhang ve diğerlerinin (2006) de belirttiği gibi kavram yeni değil ancak yararlanma biçimleri yenidir. Uygulanma biçimi olarak etkileşim artık sadece oynat, durdur ya da başa sar biçiminde değil içeriğe hâkim olma ve değişikliklere neden olma anlamına da gelmektedir. Zhang ve diğerlerinin (2006) yaptıkları çalışmada etkileşimli videoların mikro ve makro düzeyde etkileşim desteği olarak başlat-durdur düğmelerinin yanı sıra kullanıcıların gezinebileceği bir zaman çizelgesi sisteme eklenmiştir. Zaman çizelgesi on bölüme ayrılmış ve istenilen bölümden başlama olanağı öğrencilere tanınmıştır. Ayrıca kullanıcı video üzerinde kendine sağlanan ana menü ve içerik listesi bölümünden de dolaşım şansına sahiptir. On bölüm burada tarihsel sıralamada sunulmuştur. Video oynarken bölüm ismi ve numarası video üzerinde, temel anahtar kavramlar ise sol tarafta gösterilmektedir. Aynı zamanda video süresiyle ilgili bilgilendirmeler verilmiştir. Etkileşimi, öğrenen ve öğrenme ortamının karşılıklı eylemleri (öğrenenin etkisine göre ortamın tepkisi ve bunun tersine dönerek devam etmesi) olarak tanımlayan Domagk ve diğerleri (2010) ise çalışmalarında etkileşimli bir benzetim (simülasyon) ortamı tasarlamışlardır. Bu ortamda kullanıcı bir kimya deneyi gerçekleştirmektedir. Öğrenen, deney seti içerisinde farklı gaz türleri enjekte ederek ve farklı sıcaklık ayarlamaları yaparak farklı sonuçları gözleme şansına sahiptir. Hong ve diğerleri (2013) tarafından etkileşimli videolar görsel eğitimin yeni bir biçimi olarak tanımlanmakta ve yüz-yüze eğitime benzer olarak öğrenenin öğretim konuları ve nesnelere fiziksel ve gerçekçi görüntülerini gözlemek için dokunma ve görüş kullanımını sağladığı vurgulanmaktadır.

Web teknolojilerinin gelişmesi ve İnternet kullanımındaki bant genişliğinin artmasından sonra e-öğrenme uygulamalarında etkileşimli videoların kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır (Chen, 2012; Zhang ve diğerleri, 2006). Özellikle son on yıl içerisinde mobil aygıtlar ile video oluşturmanın ve düzenlemenin kolaylaşması, popüler video sitelerinde kolaylıkla yayınlanması, eğitim amaçlı video sitelerinin yaygınlaşması ve yazılım uygulamalarının özelliklerinin artarak kullanımlarının kolaylaşması etkileşimli videoların birçok farklı öğrenme alanında kullanılmasını sağlamıştır (Cuypers ve Knopper, 2013). Bu konuda yapılmış bilimsel çalışmalar durumun en önemli göstergesidir. Fadde (2006) spor

eğitimi alanında etkileşimli videoların kullanımı üzerinde çalışarak video eğitimin oyun performansına transfer etkisini ölçen alandaki ilk çalışmayı gerçekleştirmiş ve etkileşimli videoların çaylak ve uzman beyzbol oyuncularını arasındaki temel farklılıkları oluşturan becerilerin gelişimine katkı sağladığını bulmuştur. Camacho Miñano, Urquía Grande, Rivero Menéndez ve Pascual Ezama (2016) muhasebe eğitiminde ve Hammond, Cherrett ve Waterson (2015) ise çocuklarda yaya eğitiminde etkileşimli videoları kullanmışlardır. Araştırmacılar bu çalışmalarda kullanılan etkileşimli videoların olumlu katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Farklı alanlarda yapılan çalışmalar gibi matematik alanında da videoların öğretim sürecinde kullanılmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Adamo Villani, Doublestein ve Martin (2005) etkileşimli gerçekçi üç boyutlu animasyon ve videoların kullanımıyla sağır çocuklara matematik becerilerinin öğretimi üzerine çalışmışlardır.

Etkileşimli videoların öğretim amaçlı kullanımındaki artışa karşın yapılan çalışmalar yeterli görülmemektedir (Hong ve diğerleri, 2013; Zhang ve diğerleri, 2006). 2006 yılında Zhang ve diğerleri etkileşimli videoların etkisini araştıran herhangi bir çalışmaya ulaşamadıklarını belirtirken, 2013 yılında Vural etkileşimli video temelli öğretimin öğrenme üzerindeki etkililiğini ölçen yeterli sayıda çalışma olmasına karşın çeşitli etkileşim etkinliklerinin videoların içerisine yerleştirilmesine ilişkin daha çok çalışmaya gereksinim duyulduğunu belirtmektedir. Son beş yıl içerisinde de önemli bir atılım olmamıştır. Özellikle matematik alanı açısından bakıldığında uzamsal becerilerin geliştirilmesinde üç boyut içerikli etkileşimli videoların yararlı olabileceği düşünülmektedir. Olkun (2003b); iki boyutlu geometrik şekillerin öğrenilmesinde bile öğrenenlerin cisme temaslarının oldukça önemli olduğunu belirtirken uzamsal becerilerin geliştirilmesi açısından bunun daha çok gerekli olduğuna vurgu yapmaktadır. Üç boyutlu geometrik cisimlerin öğretiminde ise bilgisayar yazılımlarının; dinamik, esnek, tekrar oynatabilir ve kontrol edilebilir olma özellikleriyle kullanılabilmesi ve boyut öğretiminde önemli avantajlar sağlayabileceği belirtilmektedir (Olkun, 2003b). Ayrıca cisimlerin döndürme, tersine çevirme ve sürüklenme gibi eylemlerin bilgisayar ortamında rahatlıkla yapılacağını söylemektedir. Yue (2008) da gerçekçi bilgisayar temelli üç boyutlu görüntülerin uzamsal düşünmeyi geliştirdiğini bulmuştur. Dijital üç boyutlu içerikler, bugünlerde genellikle eğlence amaçlı (televizyon ve filmlerde özel efektler ya da video oyunlarda ortam ve nesnelerin tasarımı) kullanılmaktadır. Eğitim amaçlı kullanımları için yeterli önem verilmemiştir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi olarak dijital üç boyutlu içeriğe kolaylıkla erişim şansının olmaması ve bu amaçla yapılan uygulamaların pedagojik temellerinin eksik kalması görülmektedir (Siiman, Mäeots ve

Pedaste, 2014). Bu noktada geliştirilmiş ortamların iyi bir değerlendirme sürecinden geçmiş olması gerekmektedir.

Birçok ürünün başarısızlığının temel nedenlerinden biri test ve değerlendirme eksikliğidir. Özellikle web bağlamında ortamı test edenler ya da değerlendirenler ürünü bir kullanılabilirlik değerlendirmesine alırlar (Almeida, Mealha, ve Veloso, 2010). Kullanılabilirlik web uygulamalarının en önemli öğelerinden biri olarak düşünülmektedir (Fung, Chiu, Ko, Ho ve Lo, 2016). Gelişen teknolojinin beraberinde ortaya çıkan ürünlerin insan hayatında giderek daha fazla yer edinmesi, teknolojik ürünler üzerinde kullanılabilirlik çalışmalarının yapılmasını gerekli hale getirmiştir (Bayrak, Karaman ve Kurşun, 2014). Kullanılabilirlik testleri etkili öğrenme çıktıları için öğrencilerin öğrenme ve etkileşim deneyimlerini anlamaya yardımcı olmakta kullanılmaktadır (Moody, 2013). Çevrimiçi e-öğrenme uygulamalarında öğrenen katılımının kalitesi ve etkililiği her zaman bir sorun olarak görülmüştür. Kullanılabilirlik testleri birçok araştırmacı tarafından web sitesi etkileşimlerini değerlendirmek ve geliştirmek için kullanılmaktadır (Becker ve de Villiers, 2008; Özkan ve Köşeler, 2009).

Kullanılabilirlik kavramı için yapılmış birçok tanım olmasına karşın en çok kabul görmüş olan tanımlamalardan birisi Jakob Nielsen'e aittir (Çağiltay, 2018; Fung ve diğerleri, 2016). Nielsen (2012)'e göre kullanılabilirlik; verimlilik, memnuniyet, öğrenilebilirlik, hatırlanabilirlik ve hatalar olmak üzere beş özellik olarak tanımlanabilir. Çağiltay (2018)'a göre kullanılabilirlik, kullanıcıların bir ürün aracılığıyla gerçekleştirecekleri görevi; etkili, verimli ve memnun edici bir şekilde yapmalarıdır. Kullanılabilirlik; kullanıcıya şeffaf, kolay kullanım, kullanıcı dostu ve öğrenme kolaylığı gibi kavramlarla da karşımıza çıkmaktadır (Çağiltay, 2018). Bir yazılım ürününün kullanılabilirliğini değerlendirmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır (Jimenez, Lozada ve Rosas, 2016). Holzinger (2005) tarafından önerilen basit bir sınıflandırmaya göre kullanılabilirlik değerlendirme yöntemleri; (1) tipik olarak uzmanlar tarafından yapılan denetimler ve (2) temsili kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen ampirik değerlendirme yöntemleri olmak üzere iki temel kategoride toplanabilir. Çağiltay (2018)'a göre kullanılabilirlik değerlendirme yöntemleri, tür (süreç içi ve süreç sonu) ve yaklaşım (tasarım rehberleri temelli, kullanıcı temelli, uzman temelli ve model temelli) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Dix, Finlay, Abowd ve Beale (2004: akt. Bayrak ve diğerleri, 2014) kullanılabilirlik çalışmalarındaki değerlendirme yaklaşımları olarak uzman ve kullanıcı temelli değerlendirmeler ile gözleme ve sorgulamaya dayalı değerlendirmeleri ön plana çıkarmaktadırlar. Alan yazında web temelli sistemler için en çok

yararlanılan yaklaşım ise sezgisel değerlendirme olarak da bilinen uzman temelli değerlendirme ve Nielsen'in kullanılabilirlik sezgiselleridir (Amaro, Veloso ve Oliveira, 2016; Çağıltay, 2018; Daramola, Oladipupo, Afolabi ve Olopade, 2017; Georgsson, Staggers ve Weir, 2016; Jimenez ve diğerleri, 2016; Pala, 2014; Sim ve Read, 2016; Şahin, Hebecci ve Çelik, 2014).

Nielsen ve Molich sezgisel değerlendirmeyi ilk olarak yazılımının verimliliğinin değerlendirilmesi için bir yöntem olarak 1990'da duyurmuşlardır (Sim ve Read, 2016). Sezgisel değerlendirme, bir dizi önceden tanımlı sezgiselleri temele alarak bir sistemin kullanılabilirliğini değerlendirmek için birkaç uzmanın kullanımını ve görüşlerini içerir. Amaç, bir sistemin güçlü ve zayıf yönleri bakımından kullanılabilirlik özelliklerini hızlı bir şekilde değerlendirmek ve kullanılabilirlik sorunlarını keşfetmektir (Daramola ve diğerleri, 2017). Nielsen (1992: akt. Sim ve Read, 2016) tarafından tanımlanan klasik sezgisel değerlendirmede, az sayıdaki uzman değerlendirici, ürünün kullanılabilirlik ilkelerine uygunluğuna dayalı olarak bir ürün içindeki kullanılabilirlik sorunlarını bağımsız olarak tespit etmektedirler. Ortamın olası kullanıcıları bu yöntemin bir parçası değildir (Georgsson ve diğerleri, 2016). Bunun yerine, uzmanlar, sistemleri değerlendirmek için kullanılabilirlik ilkeleri, süreçleri ve standartları hakkında sahip oldukları bilgileri kullanırlar (Lowry ve diğerleri, 2012) Nielsen (1995) sezgisel değerlendirme yönteminde kullanılması açısından 10 adet kullanılabilir sezgisel tanımlamıştır. Bunlar; (i) sistem durumunun görünürlüğü, (ii) sistem ve gerçek dünya arasındaki uyum, (iii) kullanıcı kontrolü ve özgürlüğü, (iv) tutarlılık ve standartlar, (v) hata önleme, (vi) hatırlama yerine tanıma, (vii) esneklik ve kullanım verimliliği, (viii) estetik ve sade tasarım, (ix) kullanıcıların hataları tanınması, belirlenmesi ve hatadan kurtulmasına yardımcı olma ile (x) yardım ve belgelendirme.

Problem Durumu

Geometri öğretiminde güçlük yaşanmasının temel sebeplerinden biri geometrik cisimlerin durağan görünümünün kavranmasında güçlük çekilmesi ve öğrencilerin üç boyutu algılamasında sorun yaşamalarıdır (Kösa, 2011). Öğrencilerin üç boyutlu canlandırma ve uzamsal becerilerin geliştirilmesi açısından etkin deneyimler yaşayabilecekleri, çıkarımda bulunup genelleme yapabilecekleri, kavramsal anlamaları kolaylaştıracak bir öğretim gerçekleştirilmelidir (Gürbüz ve Gülburnu, 2013). Geometri öğretiminde yaşanan sıkıntılara dayalı olarak farklı öğretim materyallerinin hazırlanarak uygulanması gerektiği ifade edilmektedir (Tutak ve Birgin, 2008). Uzamsal becerilerin geliştirilmesi adına Gibson (1962)'un öne sürdüğü öğrenenlerin cisimlere etkin dokunuşlarının en iyi yol olduğu görüşü

tasarlanan dinamik geometri öğrenme ortamlarında sağlanabilir mi sorusuna odaklanmak bu araştırmanın temel çıkış noktasıdır. Olkun (2003b)'nin da belirttiği gibi bilgisayarlarla ilgili bazı deneyimler göz önüne alındığında, bilgisayar üzerinde şekilleri döndürme, çevirme ve sürüklenme gibi dönüşümler somut malzemelerle aynı hareketleri yapmaktan daha kolay olabilmektedir. Dijital üç boyutlu materyallerle uğraşmak hem öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmekte oldukça etkilidir hem de öncesinde olmadığı biçimde kolay yapılabilmektedir (Siiman ve diğerleri, 2014). Ancak, eğitsel videolarla ilgili yapılmış çalışmalarda en önemli sorunun etkileşim boyutunun yeterince irdelenmemesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Hadidi ve Sung, 1998). Buradan hareketle bu çalışmanın temel amacı üç boyut içerikli etkileşimli videoların öğrencilerin uzamsal becerilerinin geliştirilmesindeki kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda İnternet ortamında yayınlanan ve güncel web tarayıcıları tarafından görüntülenebilen üç boyut içerikli etkileşimli videoların nasıl geliştirilebileceğinin aktarılması, Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] ortaokul matematik öğretim programındaki kazanımlara uygun olarak üç boyutlu cisimler konusunda etkileşimlere dayalı olarak geliştirilen ortamın Nielsen'in sezgiselleriyle alan uzmanları tarafından incelenmesi ve bu tür videoların geometri öğretimde kullanılabilirliğine yönelik görüşlerinin sunulması hedeflenmiştir.

Yöntem

Araştırma Modeli

Bu çalışma, üç boyut içerikli etkileşimli videoların öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmek için kullanılabilirliğini test etmeyi amaçladığından keşfedici araştırma yönteminde tasarlanmıştır. Reiter (2017)'in de belirttiği gibi daha önce yeterince deneyimlenmemiş ya da irdelenmemiş durumları tanılamak için gerçekleştirilen keşfedici araştırmalar derinlemesine verilerden, ilişkilerden ve nasıl sorusundan daha çok ne sorusu üzerinde durarak sonraki çalışmalar için zemin oluşturmaktadır. Araştırmada geliştirmeye yönelik değerlendirme yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmada Çağıltay (2018)'in tanımladığı yaklaşımlara göre süreç sonu uzman temelli bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Dix, Finlay, Abowd ve Beale (2004: akt. Pala, 2014)'e göre kullanılabilirlik testlerinde ele alınan uzman analizi altında kullanılabilir yöntemler; sezgisel değerlendirme, bilişsel iş adımları, model tabanlı değerlendirme ve önceki çalışmaların kullanımınıdır. Sezgisel değerlendirmede alan uzmanları insan-bilgisayar etkileşimi ilkeleri doğrultusunda kendi sezgileri doğrultusunda ürünü değerlendirmeye odaklanırken kendilerini kullanıcının yerine koyarak görevi tamamlamak amacıyla ürünün kullanılabilirliğini değerlendirirler (Çağıltay, 2018; Moody, 2013). Böylece

ürünün hem olumlu-olumsuz tarafları ortaya konulurken aynı zamanda kullanıcıların karşılaşması olası sorunlar da bulunmaya çalışılır (Moody, 2013; Pala, 2014). Sezgisel değerlendirme, maliyet etkinliği ile kısa ve öz olması gibi pek çok avantaja sahiptir (Çağiltay; 2018; Fung ve diğerleri, 2016; Moody, 2013). Salazar, Lacerda, Nunes ve von Wangenheim (2013) kullanılabilirlik açısından sezgisel yöntemlerin, sistemlerin değerlendirilmesi için faydalı yönergeler sağladığına dikkat çekerek tasarımcılara sistemleri geliştirme konusunda oldukça yardımcı olduklarını vurgulamaktadırlar. Bu avantajlardan dolayı, bu araştırmada da öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmeye yönelik tasarlanan üç boyut içerikli etkileşimli videoların kullanılabilirliğini değerlendirmek için sezgisel değerlendirme yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma Grubu

Alanyazında sezgisel değerlendirmelerin kapsama bağlı olarak 3 ile 5 uzman tarafından gerçekleştirilmesi önerilmektedir (Amaro ve diğerleri, 2016; Almeida ve diğerleri, 2010; Jimenez ve diğerleri, 2016). Amaro ve diğerleri (2016) gerek ortam uzmanı kullanıcıları gerekse insan-bilgisayar etkileşimi uzmanları ile uzman olmayanları değerlendirici olarak kullanmayı önermektedir. Hızlı ve ek kaynak gerektirmeyen kullanılabilirlik test türlerinden uzman değerlendirmenin en önemli dezavantajı, uzman olarak seçilen bireylerin başkası tarafından uzman olarak görülmemesidir (Çağiltay, 2018). Bu sorun çalışmadaki değerlendiricilerin öğretim alanı açısından matematik eğitimi anabilim dalındaki öğretim üyelerinden seçilmesiyle aşılmıştır. Çalışma grubunun belirlenmesinde ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Matematik eğitimi alanında uzman olan katılımcıların belirlenmesinde kullanılan temel ölçütler uzamsal becerilerin öğretiminde ve öğretim teknolojileri kullanımı konusunda tecrübe sahibi olmalarıdır. Test edilecek dinamik geometri öğrenme ortamı bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alan uzmanları tarafından geliştirilmiştir. Değerlendirme süreci ise matematik eğitimi ana bilim dalında görevli ortalama akademik çalışma süreleri 15 yıl olan dört öğretim üyesi (3 kadın, 1 erkek; 2 doçent, 2 doktor öğretim üyesi) tarafından yapılmıştır. Öğretim üyeleri uzamsal becerilerin öğretimi konusunda alan uzmanıdır ve teknoloji entegrasyonuna yönelik çeşitli çalışmaları bulunmaktadır.

Üç Boyut İçerikli Etkileşimli Videoların Geliştirilmesi

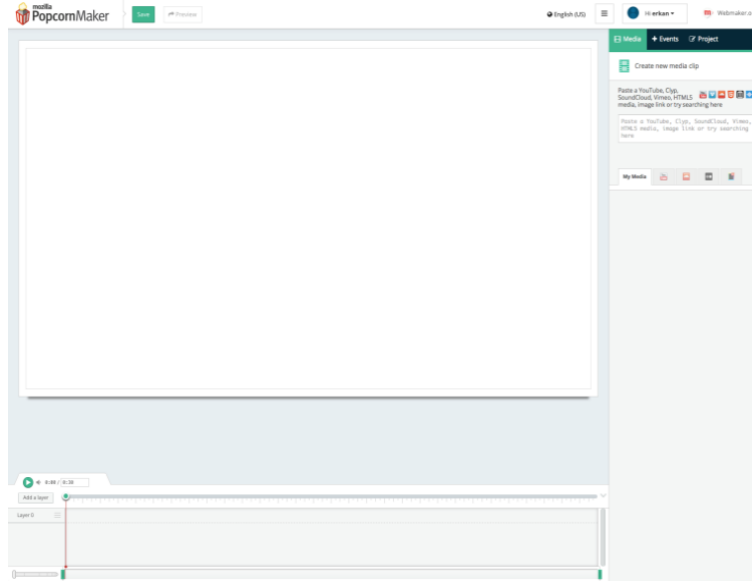
Bilgisayar ortamında etkileşimli videoların geliştirilmesi için birçok seçenek bulunmaktadır. Öncelikle karar verilmesi gereken hazırlanacak videoların ağ tabanlı olarak yani İnternet üzerinden yayınlanıp yayınlanmayacağıdır. Bu noktada verilecek karara göre kullanılacak yazılımlar değişiklik göstermektedir. Örneğin etkileşimli videolarda kullanılacak

üç boyutlu modellerin geliştirilmesi için bilgisayar ortamında Blender yazılımı daha çok seçenek sunmasına karşın İnternet temelli yapılacak uygulamalar açısından Sketchfab daha uygundur. Araştırmacılar tarafından bu çalışmada geliştirilecek etkileşimli videoların FATİH projesi de göz önünde bulundurarak İnternet üzerinden yayımlanmasının daha olumlu olacağına karar verilmiştir. Kullanılan yazılımlar ve araçlar da bu amaca uygun olarak seçilmiştir. Çevrimiçi etkileşimli video oluşturmak için birçok Web 2.0 aracı ya da sitesi (zaption.com, wirewax.com vb.) kullanılabilir. HTML 5, Flash ya da başka bir platform tabanlı olacak şekilde alternatifler arasından seçimler yapılabilir. Bu çalışmada gerek üç boyut modellemeyi video içeriğine aktarma kolaylığından gerekse ücretsiz oluşundan dolayı Mozilla tarafından geliştirilen Popcorn Maker sistemi tercih edilmiştir. Üç boyutlu nesnelerin modellenmesinde Adobe Photoshop CS6 ve Autodesk 3D Studio Max 2013 programları kullanılmış, video içerisine geliştirilen üç boyutlu modellerin aktarılması için ise Sketchfab.com sitesinden yararlanılmıştır. Bu bölümde etkileşimli videoların oluşturulması açısından sadece Popcorn Maker ve Sketchfab'ın kullanımları hakkında bilgi verilmektedir.

Popcorn Maker

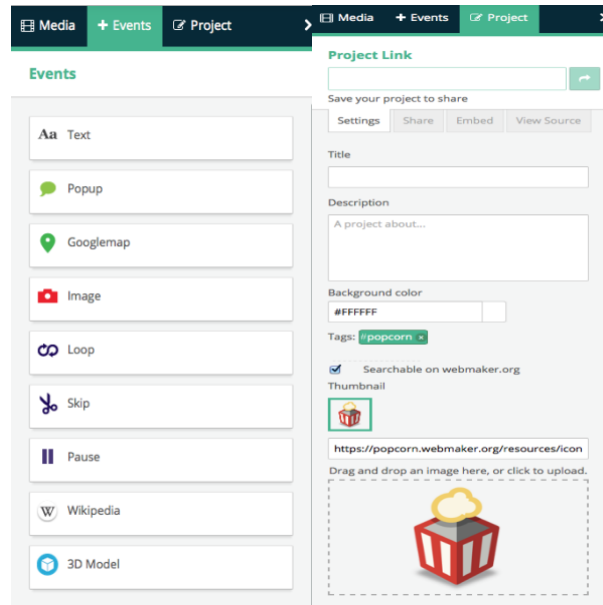
Popcorn Maker, Mozilla tarafından kullanıcıların web okuryazarlığını ve dijital becerilerini geliştirmek amacıyla uygulanan Webmaker Projesi (URL1) kapsamında kullanıma sunulmuştur. Videolara etkileşim kazandıran ücretsiz bir web uygulamasıdır. Popcorn Maker web videolarını geliştirmeyi, karıştırmayı (harmanlamayı) ve paylaşmayı kolaylaştırmaktadır (URL2). Daha önceki sürümlerinde bu uygulama iki ayrı ortamda sunulmaktaydı. Birisi açık kaynak kodlarıyla sunulan Popcorn.js, diğeri ise web tarayıcı üzerinde çalıştırılan Popcorn Maker idi. Ancak, Mozilla grubu artık destek sağlamayacaklarını duyurarak çevrim içi ortamın yayımını durdurmuştur. Açık kaynak kodlarıyla sunulan ortam ise GitHub gibi yazılım ve ortamlar aracılığıyla kullanılabilir ve geliştirilebilir olarak varlığını sürdürmektedir. Web arayüzlü ortamın alternatifleri bulunabilmektedir.

Popcorn Maker arayüzü (Şekil 1), basit biçimde sürükle bırak mantığıyla çalışmaktadır. İçerik olarak video, fotoğraf, harita, link, sosyal medya beslemeleri ya da daha fazlası eklenebilir. Herşey web tarayıcı üzerinde gerçekleşir. Popcorn Maker açık web öğeleri kullanılarak inşa edilmiş ve HTML, CSS ve JavaScript kullanılarak yazılmıştır (URL2).

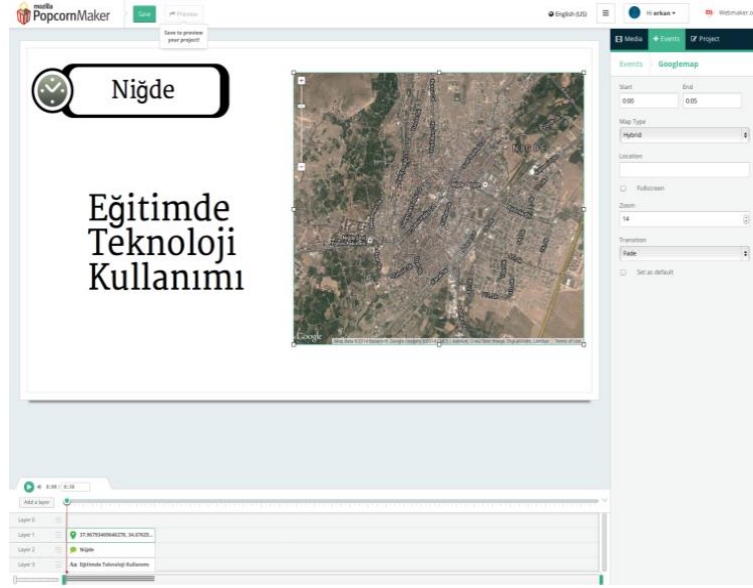


Şekil 1 Popcorn Maker Arayüzü

Popcorn Maker arayüzündeki üst bölüm projenin kaydedilmesi, ön izlenmesi ve yayımlanmasıyla ilgiliyken ortadaki beyaz olan bölüm çalışma alanıdır. Alt taraftaki şerit zaman çizelgesi ve katmanlar bölümü, sağ menü sahneye eklenecek medya ve olaylar ile proje ayarlarının yapıldığı bölümdür. Sahneye birçok sosyal medya ortamından video çekebilmeniz mümkündür. Olaylar olarak; yazı, harita, resim ya da üç boyutlu nesne eklenebilir (Şekil 2). Aynı zamanda Şekil 2’de proje ayarlarıyla ilgili bölüm de görüntülenmektedir. Şekil 3’te ise bir çalışmanın genel görünümü verilmiştir.



Şekil 2 Popcorn Maker Olay ve Proje Menüleri



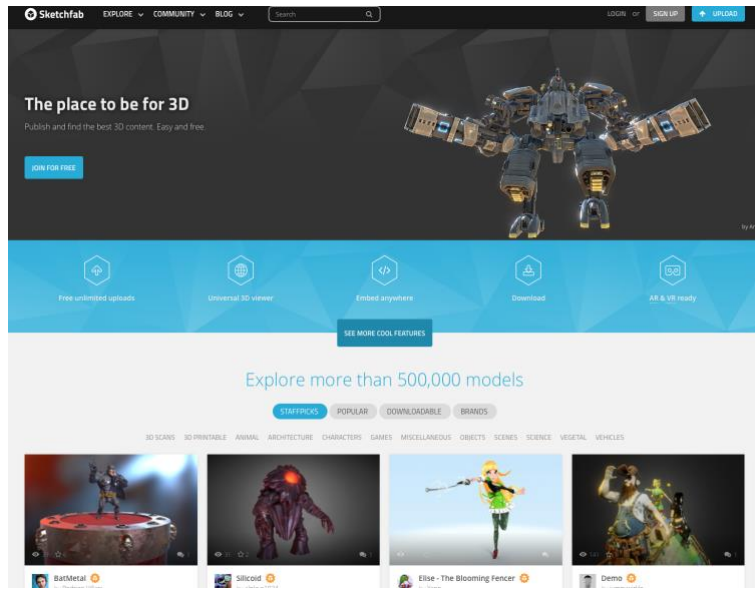
Şekil 3 Popcorn Maker'da Bir Çalışma Görünümü

Popcorn Maker, Mozilla Webmaker projesi açık kaynak JavaScript kütüphanesi olan Popcorn.js üzerine kurulmuştur. Popcorn.js yardımıyla bir web sayfasına kolaylıkla bir video aktararak ses ve diğer video kontrol öğeleri yerleştirilebilmektedir. Popcorn.js, HTML öğelerini, yöntem ve olaylarını kullanarak API içerisine aktarmakta ve etkileşimler için bir eklenti sistemi oluşturmaktadır. Kısaca Popcorn.js bir HTML sayfasında diğer öğeler ile videonun etkileşimi için videonun zaman çizelgesini kullanma yolu sunmaktadır (Cuypers ve Knopper, 2013). API (Application Programming Interface), herhangi bir uygulamanın belli işlevlerini diğer uygulamaların da kullanabilmesi için oluşturulmuş bir modüldür (URL3). Eklentiler (Plugins) ise kullanıcıların Popcorn videolarına işlevsellik kazandırmaktadır. Popcorn eklentileri Facebook, Flickr, Googlefeed, Googlemap, LinkedIn, Twitter, Wikipedia ve daha birçok sistem ile bağlantı kurulmasına olanak sağlamaktadır (URL4). Popcorn.js film yapımcıları, web geliştiricileri ve web üzerinde zaman temelli etkileşimli ortam oluşturmak isteyen herkes için JavaScript dilinde yazılarak geliştirilmiş bir HTML 5 ortamıdır. Kodlar tamamen ücretsizdir ve tüm geliştiricilerin kullanımına açıktır (URL4).

Sketchfab

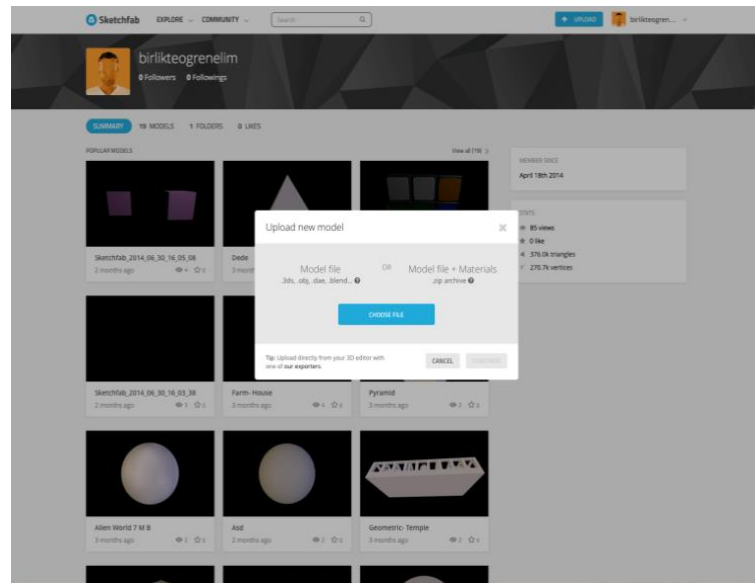
Sketchfab üç boyutlu modellerle web tabanlı etkileşimde bulunmayı sağlayan bir sistemdir. WebGL destekleyen herhangi bir web tarayıcı aracılığıyla üç boyutlu etkileşimli modeller Sketchfab aracılığıyla görüntülenebilir. Sketchfab üzerinde döndürme, sürüklenme ya da yakınlaştırma gibi dolaşımalar birçok iki ya da üç tuşlu fare ile uyumludur (Siiman ve diğerleri, 2014). Sketchfab çevrim içi üç boyutlu içeriğin yayınlanması adına önemli ortamlardan birisidir. Onlarca farklı üç boyut dosya formatı desteklenmektedir. Kullanıcılar

kendi tasarladıkları üç boyutlu nesnelere ya da site içerisindeki tasarımcıların eserlerini kullanabilirler. Son yapılan güncellemelerle site üzerinden model satın almak da mümkün olmaktadır. Skectfab'deki modeller herhangi bir web sayfası içerisine yerleştirilebilir ya da Tumblr, WordPress, Bēhance, Facebook, Kickstarter, LinkedIn, deviantART gibi platformlarda paylaşılabilir. Sistem aynı zamanda sanal gerçeklik ortamlarıyla da entegre olabilmektedir (URL5). Şekil 4'te ortamın giriş ekranı görüntülenmektedir.



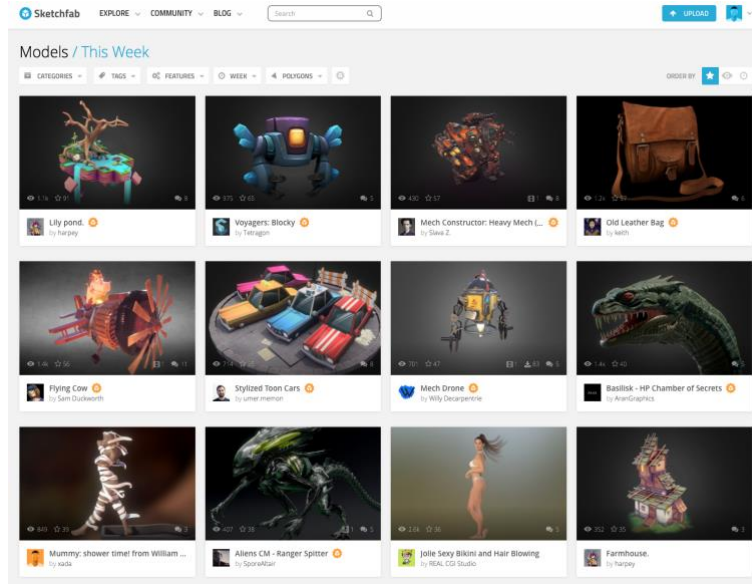
Şekil 4 Sketchfab Giriş Ekranı

Sisteme giriş yaptıktan sonra kullanıcı kendi sayfasından .3ds, .obj, .dae ya da .blend olmak üzere daha önceden hazırlamış olduğu birçok çalışmayı sisteme yükleyebilir (Şekil 5). Dosya aktarma işlemi oldukça kolay gerçekleşmektedir. Seç ve yükle gibi iki adımda işlem tamamlanmaktadır.



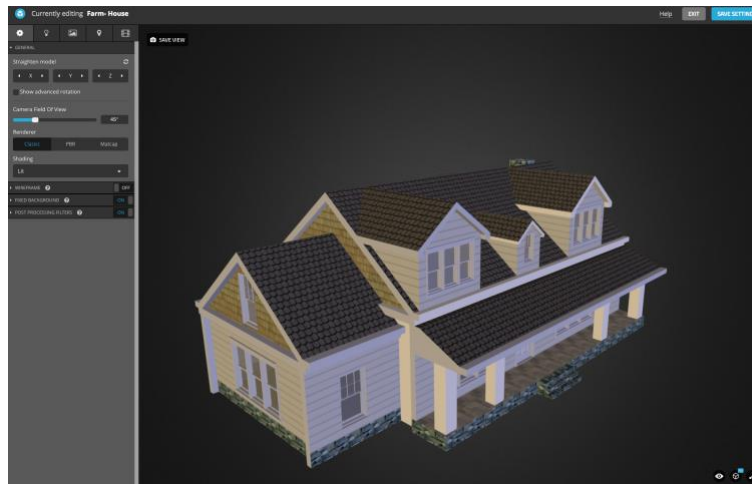
Şekil 5 Sketchfab Model Yükleme Arayüzü

İstenirse Şekil 6'da görülen arayüzden diğer kullanıcıların oluşturdukları ve kullanıma açtıkları modellerden de yararlanılabilir.



Şekil 6 Sketchfab Modeller Sayfası

Model sahneye yüklendikten sonra Şekil 7'de görüntülediği gibi ışık, doku, boyut ve konumlandırma gibi birçok alt ayarlar değiştirilebilir ve yeni eklentiler yapılabilir.

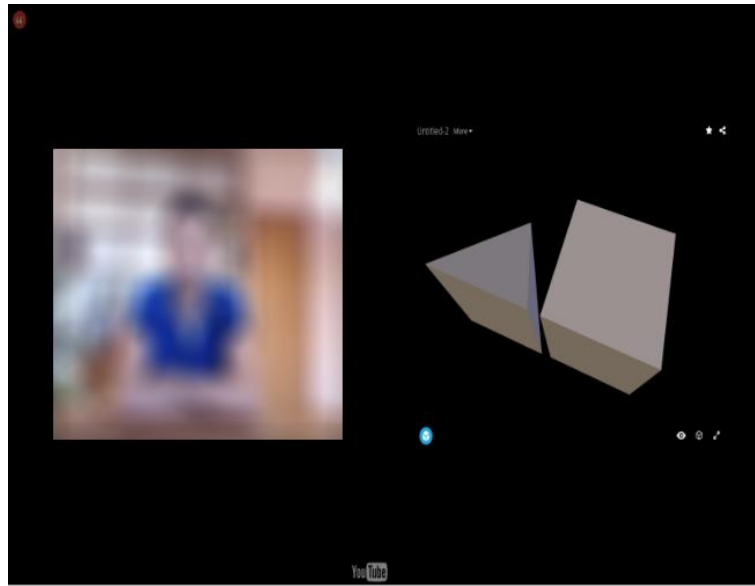


Şekil 7 Sketchfab Model Düzenleme Bölümü

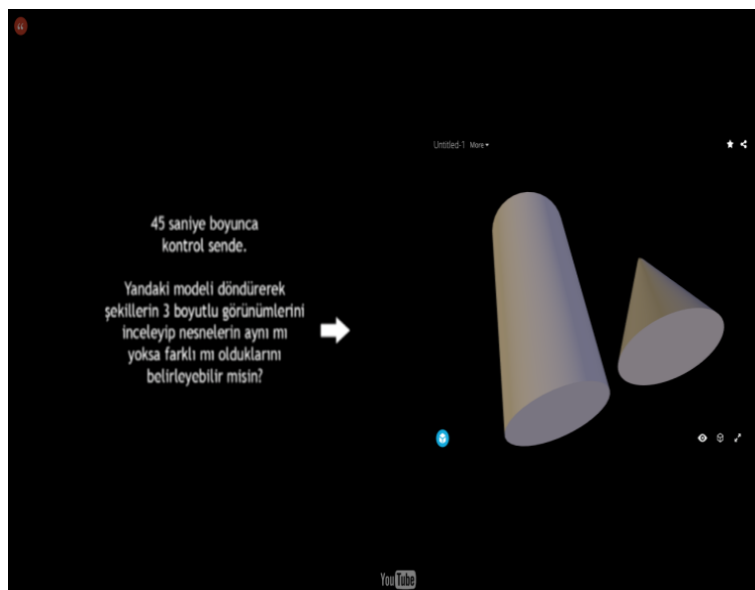
İncelenen Ortamın Geliştirilmesi

Araştırma kapsamında öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirme amacıyla hazırlanan ortamda öğrenci, konu anlatımını video ile takip ederken anlatılan içerik ile ilgili üç boyutlu modeli videonun yanındaki bölümde fare ile etkileşimli bir biçimde kullanabilmektedir. Öğretmen cismin ya da öğenin özelliklerini anlatırken öğrenci de cismin sağına soluna, altına üstüne ve perspektif görünüşüne rahatlıkla bakabilmekte cisme yaklaşıp uzaklaşabilmekte ve ayrıntılı biçimde incelemesini gerçekleştirebilmektedir. Tasarım süreç ve ilkelerine uygun biçim de gerçekleştirilen eylemlerde yazılım açısından daha önceden de bahsedildiği gibi

modelleme için Adobe Photoshop CS6 ve Autodesk 3D Studio Max 2013 programları kullanılmış, ortam Mozilla Popcorn ile geliştirilmiş ve modellerin aktarılmasında Sketchfab.com kullanılarak tamamlanan video İnternet üzerinde yayımlanmıştır. Ortamın kullanımına ilişkin ekran görüntüleri Şekil 8 ve 9’da görülmektedir. Şekil 8’de öğretmen konuyu anlatırken öğrenci de anlatılan konuyla ilişkili olan modelleri ekran üzerinde fare yardımıyla boş bir uzay düzleminde rahatlıkla evirip çevirebilmektedir. Şekil 9’da görüntülenen ekranda ise önce tabanları aynı gösterilen iki geometrik şeklin öğrencinin döndürme ve çevirme işlemleriyle aslında aynı cisimler olmadığını keşfetmesi sağlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 8 Geliştirilen Ortamdan Bir Görüntü-1



Şekil 9 Geliştirilen Ortamdan Bir Görüntü-2

Sezgisellerin Belirlenmesi

Birçok grup ve araştırmacı tarafından kullanılabilirlik testleri için farklı sezgiseller geliştirilmiş ve ortaya konulmuş olmasına karşın insan-bilgisayar etkileşimi için en çok bilinen ve yararlanılan sezgiseller Nielsen'in 1990'da Molich ile geliştirdiği ve kendisinin 1994 yılında yeniden yapılandığı sezgisellerdir (Çağiltay, 2018; Georgsson ve diğerleri, 2016). Bu çalışmada Nielsen'in sezgiselleri temel alınmıştır. Nielsen'in sezgiselleri şu şekilde tanımlanmaktadır;

Sistem durumunun görünürlüğü: Sistem, kabul edilebilir bir süre içerisinde uygun geribildirim türüyle, kullanıcıları her zaman bilgilendirmelidir.

Sistem ile gerçek dünya arasındaki uyum: Sistem, sistem odaklı terimler yerine kullanıcıya tanıdık gelen kelime, cümle ve kavramlarla konuşmalıdır.

Kullanıcı kontrolü ve özgürlüğü: Kullanıcıların yanlış sistem işlevlerini seçmeleriyle sıklıkla karşılaşılır. Bu noktada kullanıcılar uzun bir işlem adımı gerektirmeden istenmeyen durumdan ayrılmak için "acil çıkış" a ihtiyaç duyarlar. Bundan dolayı geri alma ve yineleme işlevleri sunulmalıdır.

Tutarlılık ve standartlar: Kullanıcılar, farklı kelimelerin, durumların veya eylemlerin aynı anlama gelip gelmediğini merak etmemelidirler. Bundan dolayı dilde bir tutarlılık ve standart olmalıdır.

Hata önleme: İyi hata mesajlarından daha iyi olan şey bir sorunun oluşmasını önleyen dikkatli bir tasarımdır. Hataya neden olabilecek koşullar ortadan kaldırmalı ve kontrol edilmelidir. Eylemi gerçekleştirmeden önce kullanıcılara bir onaylama seçeneği sunulabilir.

Hatırlama yerine tanıma: Nesnelere, eylemler ve seçenekler görünür hale getirilerek kullanıcının bilişsel yükü en aza indirilmelidir. Kullanıcı, ortamın bir bölümünden diğerine bilgi hatırlamak zorunda kalmamalıdır. Sistemin kullanım yönergeleri görünür olmalı ya da istenildiğinde kolaylıkla geri getirilebilir olmalıdır.

Esneklik ve kullanım verimliliği: Acemi kullanıcı tarafından görülemeyen hızlandırıcılar uzmanların etkileşimini çoğunlukla hızlandırabilir. Böylece sistem deneyimsiz ve tecrübeli kullanıcılara hitap edebilir. Kullanıcıların sık sık eylem gerçekleştirilmesine izin verilmelidir.

Estetik ve sade tasarım: İçerikler, ilgisiz ya da ara sıra gereksinim duyulan bilgileri içermemelidir. Bir içerikteki her ek bilgi, ilgili bilgi birimleri ile çatışır ve anlaşılabilirliği zorlaştırır.

Kullanıcıların hataları tanınması, belirlenmesi ve hatadan kurtulmasına yardımcı olma: Hata mesajları basit bir dilde (kodlar olmadan) ifade edilmeli, sorunu tam olarak belirtmeli ve yapıcı bir çözüm önermelidir.

Yardım ve belgelendirme: Sistemin yardım belgeleri olmadan kullanılabilir olması istenen tasarım olmasına karşın yardım ve belgelendirme sağlamak gerekli olabilir. Bu tür bilgilerin araştırılması kolay olmalı, kullanıcının görevine odaklanmalı, yürütülecek somut adımları listelemeli ve çok büyük olmamalıdır (Çağiltay, 2018; Georgsson ve diğerleri, 2016; Nielsen ve Molich, 1990: akt. Sim ve Read; 2016).

Verilerin Toplanması ve Çözümlemesi

Açıklayıcı araştırma yöntemlerinde iyi tanımlanmamış ya da daha önce yeterince çalışılmamış sorun durumlarının çözümlenmesinde nitel veriler önerildiğinden bu çalışmada da değerlendirici uzman görüşleri bir değerlendirme rubriği ile değil Nielsen sezgisellerine bağlı olarak geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formlarıyla alınmıştır. Her değerlendirme oturumuna çalışmanın sorumlu yazarı tarafından eşlik edilmiştir ve oturumların her biri yaklaşık 45 dakika sürmüştür. Tüm değerlendiricilere değerlendirme süreci öncesi açıklayıcı bir tanıtım yapılmıştır. Ortamın hedefinden bahsedilmiş ve değerlendirme aşamasında kullanacak Nielsen sezgiselleri örneklerle açıklanmıştır. Etkileşimli videonun değerlendirici tarafından kullanılması aşamasında sesli düşünme ile sezgisellere bağlı görüşleri alınmıştır. Ancak çalışmanın temel amacına da uygun olacak biçimde Schaffer (2007)'in de belirttiği gibi, sezgiselliğin belirsizliğini azaltmak ve çalışmada kullanımını netleştirmek için yazılı ve sözlü örnekler verilmesi adına daha önceden sezgisellere bağlı olarak geliştirilen yarı yapılandırılmış soru formuyla değerlendiriciyle videonun incelenmesinden sonra bir görüşme gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç verilerin daha fazla ayrıntılandırılmasıdır. Benzer bir uygulamayı Siiman ve diğerleri (2014) ile Amaro ve diğerleri (2016) de kendi çalışmalarında yapmışlardır. Görüşmelerden elde edilen veriler nitel olarak içerik analizi kurallarına uygun biçimde araştırmacılar tarafından çözümlenmiştir. Çözümlemede öğretim elemanlarının görüşlerinin Nielsen sezgiselleriyle eşleştirilmesine ve çalışmada sunulacak diğer kategori ve temaların oluşturulmasına çalışılmıştır. Kodlayıcılar arası tam uyumun sağlanması sonucunda kodlama işlemi sonlandırılmıştır.

Bulgular ve Yorumlar

Öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmeye yönelik hazırlanan üç boyut içerikli etkileşimli videolar matematik eğitimi öğretim elemanları tarafından incelenmiş ve Nielsen'in

sezgisellerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Sezgisellere göre elde edilen bulgular şu şekildedir:

Sistem durumunun görünürlüğü

Değerlendiricilere göre etkinlikte öğrencilerin video ile nasıl etkileşime girebilecekleri anlatılmaktadır. Aynı zamanda yüklenme ifadeleri ve sürelerinin yer alması olumlu karşılanmıştır. Benzer biçimde öğrencinin ne kadar süreyle video üzerinde aktif rol alacağı zamanı geldiğinde öğrencilere bildirilmiştir. Ancak etkinlik sırasında ve sonunda ölçme ve değerlendirme sürecinin gerçekleştirilememesinden kaynaklı olarak öğrencinin etkileşimlerine yönelik bir geribildirim verilememektedir. Bu sorun, soru tabanlı etkileşimli video teknolojisinin bütünleştirilmesiyle giderilebilir.

Sistem ile gerçek dünya arasındaki uyum

Öğretim elemanları inceledikleri etkileşimli videonun ortaokul düzeyinde kullanılacağı için anlatımın sevimli karakterler ile zenginleştirilmesini ve video anlatımında bahsi geçen nesnelerin görsellerinin de anlatım sırasında sunulmasını önermişler, videonun günlük yaşam problemleriyle ilişkilendirilmesinin de olumlu katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Kullanıcı kontrolü ve özgürlüğü

Uzman değerlendiriciler arayüz üzerinde fazla menü ve alt bölüm olmadığını, alışkın bir ortam üzerinden çalışmaya devam edeceklerini ve geri alma ya da yineleme gibi video etkileşim araçlarında sorun yaşamayacaklarını bildirmişlerdir.

Tutarlılık ve standartlar

Kendilerine sunulan etkileşimli videoyu inceleyen öğretim elemanları tutarlılık ve standartlar kapsamında video oynatıcı düğmeleri ve arayüzü konusunda herhangi bir sorun olmadığını belirtirken video anlatımının dilindeki hataların, yanlış kavram kullanımlarının (daire yerine yuvarlak ifadesi gibi) ve bazı tutarsızlıkların giderilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Hata önleme

Geliştirilen öğrenme materyalinde öğrencilerin yapması gerekenler net bir şekilde aktarıldığından ve kullanılan ortamda fare ya da klavye yanlış kullanımlarından dolayı herhangi bir hatanın ortaya çıkması değerlendiriciler tarafından olası görülmemiştir.

Hatırlama yerine tanıma

Etkileşimli videoyu izleyen öğretim elemanları etkinliğin öğrencinin düzeyine uygun hale getirilmesi gerektiğini ve yapılan etkinlikle ilgili bilgilendirmenin bölüm başlığı gibi video ekranında yazılması gerektiğini söylemişlerdir.

Esneklik ve kullanım verimliliği

Buradaki temel sorunun video içerisinde bölümlerin oluşturulmamasından kaynaklı olduğu ifade edilmiştir. Konu hakkında bilgisi olan öğrencilerin konu anlatımına başlamadan etkileşim bölümüne gitmesini sağlayan yolun olmaması eksiklik olarak görülmüştür. Her ne kadar video oynatma penceresindeki zaman çubuğundan ileri geri alma şansı olsa da istenilen bölüme geçiş bağlantısı bulunmamaktadır. Aynı zamanda sunum içerisinde uzmanlaşan öğrencilerin video anlatımından çıkarım yapmasının sağlanamaması da diğer bir eksiklik olarak görülmüştür. Deneyimsiz kullanıcılar açısından herhangi bir sorun dile getirilmemiştir.

Estetik ve sade tasarım

Değerlendiriciler videodaki anlatımının kısaltılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Arayüz tasarımında ise herhangi bir sorun görülmemiş, oldukça sade ve kullanışlı bulunmuştur. Video içerisinde kullanılan model boyutlarının yeniden düzenlenmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Kullanıcıların hataları tanınması, belirlenmesi ve hatadan kurtulmasına yardımcı olma

Sistem tasarımında herhangi bir hata tasarımı yapılmadığından, yapılabilecek olası hatalarla ilgili geri dönüş sağlanmamıştır. Değerlendiriciler öğrencinin gerek zaman bölmesinde gereksiz ilerlemesini gerekse de etkileşime katılmadan o bölümü geçmesini bir hata olarak tanımlamış, bu ve benzeri durumlar için hata mesajlarının hazırlanarak sistem içerisine konulmasını önermişlerdir.

Yardım ve belgelendirme

Katılımcılar inceledikleri ortama ilişkin herhangi bir yardım ya da belgelendirmenin sağlanmadığını ifade etmişlerdir. Kullanılan arayüz her ne kadar tanıdık olsa da bir açıklamanın ya da yardım alınabilecek bölümün olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Çalışmaya katılan öğretim elemanlarının tamamı öğretim etkinliklerinde kullanılacak bu ve benzeri etkileşimli videoların geliştirilme aşamasında uzman temelli değerlendirmelerde sezgisellerin kullanılmasının olumlu olacağını söylemişlerdir.

Üç boyut içerikli etkileşimli videoların öğretim sürecinde kullanımına yönelik genel görüşler

Üç boyut içerikli etkileşimli videoların geometrik cisimlerin öğretim sürecinde kullanılmasının sağlayacağı katkılar açısından Katılımcı1 (K1); üst düzey düşünme

becerilerini geliştirme ve kalıcı öğrenme sağlmasına, Katılımcı2 (K2); kavram yanlışlarını gidermede yararlı olacağına, Katılımcı3 (K3); öğrenci merkezli uygulamayı destekleyeceğine ve Katılımcı4 (K4) ise anlaşılmayan yönlerde istendiği kadar tekrar sağlanabileceğine vurgu yapmışlardır. Öğretim elemanları arasında K3 etkileşimli video kullanımı için video düzenleme yetkinliğinin önemini, K4 ise bilgisayar kullanma becerisi gerektirmesini belirtmiş olup bunları kullanım için birer sınırlılık olarak nitelendirmişlerdir. Çalışmada geliştirilen türdeki etkileşimli videoların matematik derslerinde kullanılmasının öğrenciye sağlayacağı katkılara yönelik görüşlerinden elde edilen temalar; kavram yanlışlarını önleme ile düşünme ve işlem becerilerini geliştirme kategorileri altında sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Öğrencilerde geliştirmesi olası beceriler açısından öğretim elemanlarından; K1: Tahmin etme ve akıl yürütme becerileri ile üç boyutlu düşünme becerilerine, K2: Problem çözme, tahmin etme ve akıl yürütme ve üç boyutlu düşünme becerilerine, K3: Eleştirel düşünme ve ilişkilendirme becerilerine ve K4: Problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerine bu etkileşimli videonun katkı sağlayacağı yönünde fikir beyan etmiştir.

Tablo 1 Etkileşimli Videonun Öğrenciye Sağlayacağı Katkılar

Tema	Kodlar	f	Görüşü Belirten Katılımcılar
Kavram yanlışlarını önleme	Alt taban, üst taban, yanal alan, perspektif çizimi konularındaki kavram yanlışlarını gidermeye	2	K1, K2
	Cisim köşegeni hakkındaki kavram yanlışlarını gidermeye	1	K2
	2-3 boyut kavramı, tablolama, grafiğe dönüştürme ve eşitleme gibi konulardaki kavram yanlışları gidermeye	1	K3
Düşünme ve işlem becerilerini geliştirme	Problem çözme	2	K2, K4
	Tahmin etme ve akıl yürütme	2	K1, K2
	Üç boyutlu düşünme	2	K1, K2
	Eleştirel düşünme	2	K3, K4
	İlişkilendirme	2	K3

Tablo 2’de ise görüşmeye katılan öğretim elemanlarının etkileşimli videoların kullanılabileceği konular ile ilgili görüşlerinin kodlanmasıyla elde edilen temalar; geometri ve ölçme, sayılar ve işlemler, cebir ve veri işleme kategorileri altında sınıflandırılmıştır.

Tablo 2 Etkileşimli Videonun Kullanılabileceği Konular

Kategori	Tema	f	Görüşü Belirten Katılımcılar
Geometri ve Ölçme	Geometrik cisimler	4	K1, K2, K3, K4
	Cisimlerin farklı yönlerden görünüşleri	3	K1, K2, K4
	Üçgen, dörtgen, çember ve daire	2	K1, K4
	Zaman ve hacim ölçüleri	1	K3
Sayılar ve İşlemler	Rasyonel sayılar	1	K3
Cebir	Eşitlik ve denklem	1	K3
Veri işleme	Veri analizi	2	K3, K4

Öğretim elemanları etkileşimli videodan oldukça etkilendiklerini vurgulamış ve bu tür videoların oluşturulmasına yönelik eğitimlere de açık olduklarını ayrıca belirtmişlerdir.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma kapsamında öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirmek için geometrik cisimlere yönelik hazırlanan üç boyut içerikli etkileşimli bir videonun kullanılabilirliği incelenmiştir. Video, matematik eğitiminde görevli öğretim elemanları tarafından Nielsen'in sezgisellerine bağlı kalınarak değerlendirilmiştir. Öğretim elemanları sezgisellere dayalı olarak yapılan değerlendirmelerin üç boyut içerikli etkileşimli videoların geliştirilme sürecine oldukça katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. Alanyazında da özellikle web ortamındaki bilgisayar etkileşimleri açısından kullanılabilirlik testlerinin yapılması gerektiği, sezgisel değerlendirmenin de kullanılabilirlik açısından en etkili yöntemlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Almeida ve diğerleri, 2010; Bayrak ve diğerleri, 2014; Fung ve diğerleri, 2016). Moody (2013) de kullanılabilirlik testlerinin etkili öğrenme çıktıları için öğrencilerin öğrenme ve etkileşim deneyimlerini anlamaya yardımcı olmakta kullanıldığını dile getirmektedir.

İnceleme sürecinden sonra öğretim elemanlarıyla yapılan görüşmelerde katılımcılar, ortam arayüzünün oldukça sade ve kullanışlı olduğunu, öğrenciler tarafından da bilinen oynatma ve kullanım ilkelerine sahip olduğu için kullanımda önemli sorunların yaşanmayacağını ve ilgi çekeceğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda video yüklenme ifadeleri ve sürelerinin yer alması, öğrencinin ne kadar süreyle etkileşimli video üzerinde etkin rol alacağını zamanı geldiğinde öğrencilere bildirilmesi uzman değerlendiriciler tarafından olumlu karşılanmıştır. Etkinliklerde ölçme ve değerlendirmenin yapılmaması, video anlatımında bahsi geçen nesnelere görsellerine yer verilmemesi, bölüm başlıklarının videoda

gösterilmemesi, bölümler arası geçişlere olanak sağlanmaması, hata mesajlarının ve yardım bölümünün olmaması eksiklikler olarak gösterilmiştir. Zhang ve diğerleri (2006) çalışmalarında kullandıkları etkileşimli videoyu on bölüme ayırmışlar, öğrencilere istenilen bölümden başlama ve bölümler arası geçiş olanağı tanımlar, bölüm ismi, süresi ve temel anahtar kavramları ortam içerisinde göstermişlerdir. Öğretim elemanları ayrıca videonun düzeye uygun hale getirilmesi adına anlatımın kısaltılması, sevimli karakterler ile desteklenmesi, günlük yaşam problemleriyle ilişkilendirilmesi ve kullanılan dildeki hataların giderilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Katılımcılar etkileşimli videonun öğretim programında belirtilen temel matematik becerilerinin (problem çözme, iletişim, akıl yürütme ve ilişkilendirmenin) yanı sıra bazı üst düzey düşünme becerilerini (tahmin etme, eleştirel düşünme) de geliştireceğini belirtmişler ve ortaokul matematik dersinde birçok farklı konuda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Guy ve diğerleri (2014) etkileşimli videoların katılımcı tarafında aktif öğrenmenin gerçekleşmesini sağlayarak öğrenmeyi desteklediğini belirtirken ülkemizde yenilenen matematik öğretim programlarında da bilgisayar destekli öğretim yönteminin uygulanması ve dinamik geometri yazılımlarının kullanımına vurgu yapılmaktadır (Şimşek ve Kuru Yücekaya, 2014). Çalışmaya katılan öğretim elemanlarına göre matematik öğretiminde geometri ve ölçme, sayılar ve işlemler, cebir ve veri işleme alanlarında kullanılabilecek olan üç boyut içerikli etkileşimli videolar, üst düzey öğrenme becerilerini geliştirme, anlamlı ve kalıcı öğrenme sağlama, kavram yanlışlarını giderme ve etkileşim sağlama gibi oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır. Merkt ve diğerleri (2011) de videoların öğrenci ilgileri ve içsel motivasyonları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu bundan dolayı akademik başarıya da olumlu yönde katkı sağladığını belirtmektedirler. Donkor (2010; 2011) ile Zhang ve diğerleri, (2006) de e-öğrenme ortamlarında etkileşimli videoların birçok katkı sağladığını dile getirmektedirler. Bunun yanı sıra, bilgisayar ortamında uygulanan ve geometrik cisimlere yönelik geliştirilen uygulamaların öğrencilerin uzamsal becerilerini geliştirdiğini söyleyen çalışmalara da rastlamak mümkündür (Olkun, 2003b; Yue, 2008). Etkileşimli videoların hazırlanmasında ve uygulanmasında teknolojik becerilerin gerekliliği geliştiriciler ve kullanıcılar açısından sınırlılık oluşturabileceği katılımcılar tarafından vurgulanmıştır.

Öneriler

Ortaya çıkan sonuçlara dayalı olarak şu önerilerde bulunulabilir:

- Üç boyut içerikli etkileşimli videoların geliştirilme sürecinde sezgisellere dayalı değerlendirmelerden yararlanılabilir.
- Benzer videoların hazırlanabilmesi için kullanıcıların tanıdık oldukları ortam ve arayüzler kullanılmalıdır.
- Soru tabanlı etkileşimli video teknolojilerine yer verilmelidir.
- Videoda bölümler oluşturulmalı ve bölümler arası geçiş prosedürleri tanımlanarak işe koşulmalıdır.
- Öğrenen düzeyine uygun dil ve görseller kullanılarak videolar günlük hayatla ilişkilendirilmelidir.
- Ortamda yardım ve destek bölümlerine yer verilmeli ve hata mesajlarıyla geribildirim sağlanmalıdır.
- Öğreticilere benzer videoların oluşturulmasına yönelik eğitim seminerleri düzenlenebilir.

Kaynakça

- Adamo Villani, N., Doublestein, J., & Martin, Z. (2005). Sign language for K-8 mathematics by 3D Interactive animation. *Journal of Educational Technology Systems*, 33(3), 241-257.
- Almeida, S., Mealha, O., & Veloso, A. (2010). Heuristic evaluation of "FarmVille". Videojogos 2010, ISBN: 978-989-20-2190-4. http://gaips.inesc-id.pt/videojogos2010/actas/Actas_Videojogos2010_files/VJ2010-FP_P_21-30.pdf adresinden 10.10.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Amaro, A.C., Veloso, A.I., & Oliveira, L. (2016). Social games and different generations: A heuristic evaluation of Candy Crush Saga. Paper presented at the 1st International Conference on Technology and Innovation in Sports, Health and Wellbeing (1-3 December), Vila Real, Portugal. 10.1109/TISHW.2016.7847791 <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7847791> adresinden 20.07.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Ayres, K.M., & Langone, J. (2008). Video supports for teaching students with developmental disabilities and autism: Twenty- five years of research and development. *Journal of Special Education Technology*, 23(3), 1-8.
- Bayrak, M., Karaman, A., & Kurşun, E. (2014). FATİH projesi kapsamında kullanılan LCD panelli etkileşimli tahtaların kullanılabilirlik problemlerinin tespiti. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 28-50.
- Becker, D., & de Villiers, M.R. (2008). Iterative design and evaluation of an e-learning tutorial: A research-based approach. *South African Computer Journal*, 42, 38-46.
- Camacho Miñano, M. M.; Urquía Grande, E.; Rivero Menéndez, M. J., & Pascual Ezama, D. (2016). Multimedia teaching resources for Financial Accounting in bilingual degrees. *Educación XXI*, 19(1), 63-89. 10.5944/educXXI.13941
- Chen, Y.T. (2012). A study of learning effects on e-learning with interactive thematic video. *Journal of Educational Computing Research*, 47(3), 279-292. 10.2190/EC.47.3.c

- Cuypers, H., & Knopper, J.W. (2013). Interactive mathematical videos. Paper presented at the MathUI 2013. <https://cermat.org/events/MathUI/13/proceedings/Interactive-Mathematical-Videos-MathUI2013.pdf> adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Çağiltay, K. (2018). *İnsan-bilgisayar etkileşimi ve kullanılabilirlik mühendisliği: Teoriden pratiğe (2. Baskı)*. Ankara: Seçkin Yayıncılık. ISBN: 978-975-02-4596-1
- Daramola, O., Oladipupo, O., Afolabi, I., & Olopade, A. (2017). Heuristic evaluation of an institutional e-learning system: A Nigerian case. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(3), 26-42.
- Delice, A., & Sevimli, E. (2010). Geometri problemlerinin çözüm süreçlerinde görselleme becerilerinin incelenmesi: Ek çizimler. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 31, 83-103.
- Domagk, S., Schwartz, R.N., & Plass, J.L. (2010). Interactivity in multimedia learning: An integrated model. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 1024-1033. 10.1016/j.chb.2010.03.003
- Donkor, F. (2010). The comparative instructional effectiveness of print-based instructional materials for teaching practical skills at a distance. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 11(1), 96-115.
- Donkor, F. (2011). Assessment of learner acceptance and satisfaction with video-based instructional materials for teaching practical skills at a distance. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(5), 74-92.
- Fadde, P.J. (2006). Interactive video training of perceptual decision-making in the sport of baseball. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 4(3-4), 265-285.
- Fung, R.H.Y., Chiu, D.K.W., Ko, E.H.T., Ho, K.K.W., & Lo, P. (2016). Heuristic usability evaluation of university of Hong Kong libraries' mobile website. *The Journal of Academic Librarianship*, 42, 581-594. 10.1016/j.acalib.2016.06.004
- Georgsson, M., Staggers, N., & Weir, C. (2016). A modified user-oriented heuristic evaluation of a mobile health system for diabetes self-management support. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 34(2):77-84. 10.1097/CIN.0000000000000209
- Gibson, J.J. (1962). Observations on active touch. *Psychological Review*, 69(6), 477-491.
- Guy, R., Byrne, B., & Rich, P. (2014). Supporting physiology learning: the development of interactive concept-based video clips. *Advances in Physiology Education*, 38, 96-98. 10.1152/advan.00096.2013.
- Gürbüz R., & Gülburnu, M. (2013). 8. sınıf geometri öğretiminde kullanılan Cabri 3d'nin kavramsal öğrenmeye etkisi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitim Dergisi*, 4(3), 224-241.
- Hadidi, R., & Sung, C. (1998). Students' acceptance of Web-based course offerings: An empirical assessment. Paper presented at the AMCIS Conference, Baltimore, MD. <http://aisel.aisnet.org/amcis1998/> adresinden 23.01.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Hammond, J., Cherrett, T., & Waterson, B. (2015). Making in-class skills training more effective: The scope for interactive videos to complement the delivery of practical pedestrian training. *British Journal of Educational Technology*, 46(6), 1344-1353. 10.1111/bjet.12205
- Holzinger, A. (2005). Usability engineering methods for software developers. *Communications of the ACM*, 48(1), 71-74. 10.1145/1039539.1039541
- Hong, J.C., Tsai, C.M., Ho, Y.J., Hwang, M.Y., & Wu, C.J. (2013). A comparative study of the learning effectiveness of a blended and embodied interactive video game for kindergarten students, *Interactive Learning Environments*, 21(1), 39-53. 10.1080/10494820.2010.542760
- Jimenez, C., Lozada, P., & Rosas, P. (2016). Usability heuristics: A systematic review. Paper presented at the IEEE 11CCC.

- <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7750805> adresinden 20.07.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Johnson, G. J., Bruner, G. C., & Kumar, A. (2006). Interactivity and its facets revisited. *Journal of Advertising*, 35(4), 35-52. 10.2753/JOA0091-3367350403
- Kösa, T. (2011). *Ortaöğretim öğrencilerinin uzamsal becerilerinin incelenmesi*. (Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Lowry, S.Z., Quinn, M.T., Ramaiah, M., Schumacher, R.M., Patterson, E.S., North, R., Zhang, J., Gibbons, M.C., & Abbott P. (2012). Technical Evaluation, Testing and Validation of the Usability of Electronic Health Records. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST Interagency/Internal Report (NISTIR) 7804. https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=909701 adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Mayer, R. E., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397. 10.1037/0022-0663.93.2.390
- Merkt, M., Weigand, S., Heier, A., & Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. *Learning and Instruction*, 21, 687-704. 10.1016/j.learninstruc.2011.03.004
- Moody, C. (2013). How interactive video (itv) web-enhanced format affects instructional strategy and instructor satisfaction? (Doctoral thesis, Walden University, College of Education, Washington, Minneapolis, USA). <https://search.proquest.com/docview/1312339732> adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/> adresinden 23.01.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability> adresinden 23.01.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Olkun, S. (2003a). Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2d geometry. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22(1), 43-56.
- Olkun, S. (2003b). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*. 10.1501/0003624 <http://acikarsiv.ankara.edu.tr/browse/4036/4235.pdf?show> adresinden 23.01.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Olkun, S., & Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *The Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 2(4), 86-91.
- Özkan, S., & Köseler, R. (2009). Multi-dimensional students' evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation. *Computers & Education*, 53(4), 1285-1296. 10.1016/j.compedu.2009.06.011
- Pala, F.K. (2014). *Çoklu ortam tabanlı tartışmalarla desteklenmiş çevrimiçi öğrenme ortamının geliştirilmesi ve etkililiğinin sınanması*. (Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Reiter, B. (2017). Theory and methodology of exploratory social science research. *International Journal of Science and Research Methodology*, 5(4), 129-150.

- Salazar, L.H., Lacerda, T., Nunes, J.V., & von Wangenheim, C.G. (2013). A systematic literature review on usability heuristics for mobile phones. *International Journal of Mobile Human Computer Interaction*, 5(2), 50–61.
- Schaffer, N. (2007). Heuristics for Usability in Games. https://gamesqa.files.wordpress.com/2008/03/heuristics_noahschafferwhitepaper.pdf adresinden 23.01.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Schwan, S., & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction*, 14, 293–305. 10.1016/j.learninstruc.2004.06.005
- Siiman, L., Mäeots, M., & Pedaste, M. (2014). Learning Biology with Interactive Digital 3D Content: Teacher Attitudes. Proceedings of the 13th European Conference on e-Learning ECEL-2014, 478–484. Aalborg University, Copenhagen, Denmark.
- Sim, G., & Read, J.C. (2016). Using computer-assisted assessment heuristics for usability evaluations. *British Journal of Educational Technology*, 47(4), 694–709. 10.1111/bjet.12255
- Sims, R. (1997). Interactivity: A forgotten art? *Computers in Human Behavior*, 13(2), 157–180.
- So, W.W., Pow, J.W., & Hung, V.H. (2009). The interactive use of a video database in teacher education: Creating a knowledge base for teaching through a learning community. *Computers & Education*, 53, 775–786. 10.1016/j.compedu.2009.04.018
- Şahin, İ., Hebebcı, M.T., & Çelik, İ. (2014). Çevrimiçi öğrenme ortamlarında kullanılabilirlik: Bir literatür tarama çalışması. International Conference on Education in Mathematics, Science & Technology’de sunulmuş bildiri, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya (14-16 Mayıs).
- Şimşek, E., & Koru Yücekaya, G. (2014). Dinamik geometri yazılımı ile öğretimin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 65–80.
- Türk Dil Kurumu [TDK] (2018). Türk Dil Kurumu. <http://www.tdk.gov.tr/>
- Turğut, M. (2007). *İlköğretim II. kademedeki öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir). <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> adresinden 12.04.2018 tarihinde edinilmiştir.
- Tutak, T., & Birgin, O. (2008). *Geometri öğretiminde bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi*. 8th International Educational Technology Conference’da sunulmuş bildiri. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir (6-8 Mayıs).
- URL1. Mozilla Webmaker. <https://webmaker.org>
- URL2. Introducing Popcorn Maker. <https://blog.mozilla.org/blog/2012/11/11/popcorn-maker/>
- URL3. Api Nedir? <http://api.nedir.com>
- URL4. Popcorn-Js. <https://github.com/menismu/popcorn-js>
- URL5. About Sketchfab. <https://sketchfab.com/about>
- Vural, Ö.F. (2013). The impact of a question-embedded video-based learning tool on e-learning. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(2), 1315–1323.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. 10.1037/a0016127
- Wouters, P., Tabbers, H.K., & Paas, F. (2007). Interactivity in video-based models. *Educational Psychology Review*, 19, 327–342.
- Yue, J. (2008). Spatial Visualization by Realistic 3D Views. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(1), 28–38.
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R.O., & Nunamaker Jr., J.F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43, 15–27. 10.1016/j.im.2005.01.004