

## EĞİTİMDE SANAL GERÇEKLIK UYGULAMALARINDA ERİŞİLEBİLİRLİK VE UYUMLULUK

Mehmet BÜTÜN<sup>1</sup>, Veli Özcan BUDAK<sup>2</sup>, Murat SELÇUK<sup>3</sup>, İlkin Ecem EMRE<sup>4</sup>, İrfan ŞİMŞEK<sup>5</sup>

### Öz

Sanal gerçeklik (SG) teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmelerle birlikte, bu alanda uygulama geliştirilen platformların sayısı da artış göstermiştir. Cihazların ve uygulama geliştirme platformlarının çeşitlilik kazanması, erişilebilirlik ve uyumluluk sorunlarını gündeme getirmektedir. Bu bağlamda günümüzde eğitim için geliştirilen SG uygulamalarının; hangi cihazlarla uyumlu oldukları ve dağıtıldıkları sanal uygulama mağazası açısından hangi platformlar üzerinde erişilebilir oldukları önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Scopus ve ERIC üzerinde yer alan, 2014-2018 yıllarında yayımlanmış, eğitim için geliştirilen SG uygulamalarının kullanıldığı çalışmalar sistematik derleme ile analiz edilmiştir. İncelenen makaleler; geliştirildikleri platformlar, kullanılan yazılım dilleri, desteklenen işletim sistemi ve erişilebilecekleri sanal mağazalar açısından değerlendirilmiştir. Çalışmaların 29'unda daha önce geliştirilmiş SG uygulamalarının kullanıldığı, 7'sinde kullanılan SG uygulamalarına dair bilgi verilmediği, 28 çalışmada ise SG uygulamaları geliştirildiği görülmüştür. Çalışmaların önemli bir bölümünde, SG uygulamalarının birden fazla cihaz ya da işletim sistemi tarafından desteklenecek şekilde geliştirilmediği, sanal uygulama mağazaları üzerinde erişime açılması konusunda belirsizliğin olduğu, yazılım dili olarak ise farklı dillerin tercih edildiği görülmüştür. Yapılan değerlendirmeler neticesinde çalışmaların önemli bir bölümünde yaygın etki açısından erişilebilirlik ve uyumluluk sorunları olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, eğitim alanında kullanılacak SG uygulamalarının farklı işletim sistemlerinde ve cihazlarda çalışacak şekilde platformdan bağımsız ve mobil cihazlarla uyumlu şekilde geliştirilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** sanal gerçeklik, eğitimde sanal gerçeklik

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, mehmetbutunn@gmail.com, orcid.org/

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Kırklareli Üniversitesi, veliozcanbudak@gmail.com, orcid.org/

<sup>3</sup> Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, muratsel@gmail.com, orcid.org/

<sup>4</sup> Arş. Gör., Marmara Üniversitesi, ecem.emre@marmara.edu.tr, orcid.org/

<sup>5</sup> Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, irfan@istanbul.edu.tr, orcid.org/

## ACCESSIBILITY AND COMPATIBILITY OF VIRTUAL REALITY APPLICATIONS IN EDUCATION

### Abstract

Along with the rapid developments in virtual reality (VR) technology, the number of platforms that enable application development in this area has also increased. The diversity of devices and application development platforms brings accessibility and compatibility issues to the forefront. Nowadays, developed VR applications for education, which devices they are compatible with and from which platforms they are accessible in terms of the virtual application store has become an important research topic. The studies in Scopus and ERIC, published between years 2014-2018 and using VR applications developed for education, were analyzed with a systematic review. Studies were analyzed according to the platforms they have developed, the language of the software used, the supported operating system, and the virtual stores that can be accessed. It was found that in 29 of the studies used VR applications that were developed previously, in 7 studies no information is given about used VR applications, and in 28 studies VR applications were developed. In a significant part of the studies, it was found that VR applications were not developed to be supported by more than one device or operating system, there were ambiguities about accessibility to virtual application stores and different software languages were preferred. As a result of the evaluations, it can be said that accessibility and compatibility problems have found in a significant part of the studies. As a result, it is recommended that VR applications to be used in the field of education to be developed as platform-independent and compatible with mobile devices to work in different operating systems and devices.

**Keywords:** virtual reality, virtual reality in education

## Summary

The rapid developments in virtual reality technologies in recent years have brought along the diversity of devices used in this area. In parallel with the diversification of virtual reality devices, the platforms that allow the development of the applications in this field are also evolving and developing. This situation allows virtual reality applications to be developed and run in a way that is compatible with multiple devices and operating systems. These developments have influenced many studies in different fields. One of these areas is education. Nowadays, more emphasis is given to the availability of different technologies in researches on virtual reality applications in the field of education. In addition, which devices they are compatible with, and on which platforms they are accessible in terms of the virtual application stores are important research topics for the virtual reality applications developed for education. In this study, it is aimed to investigate virtual reality applications developed for education according to their platforms, used software languages, supported operating systems, and virtual stores where applications can be accessed in terms of accessibility and device compatibility.

In this study, the virtual reality studies are investigated, which were published on the Scopus and ERIC databases and published in the field of education between years 2014 and 2018. Literature review is limited to include the studies which have “virtual reality and education” and “virtual reality and learning” words together in the title section. According to these limitations, 98 studies in the Scopus database and 78 studies in the ERIC database were reached. The articles that were common and unavailable in both databases were eliminated and the study was completed with 81 articles. Articles are examined in terms of accessibility and device compatibility according to their platforms, used software languages, supported operating system and virtual stores which applications can be accessed.

It is determined that in 29 of the analyzed studies previously developed VR applications were used. In 7 studies there were no information about the used VR applications. In 28 studies, VR applications were developed (It is found that both a virtual reality application was developed and a developed application was used in 2 studies). It is found that the most preferred platforms are Unity (n=7), Autodesk Maya (n=5), Second Life (n=5), Blender (n=3) and 3Ds Max (n=3). The most preferred languages for software development are; C # (n=7), Javascript (n=6), C ++ (n=5) and Linden Scripting Language (n=5). It is determined that the application was not developed to be supported by more than one device or operating system in a significant portion of the studies. It is also observed that there is uncertainty about the accessibility of the developed applications on virtual application stores.

Nowadays, virtual reality technologies can now be used for different purposes in different research areas. Virtual reality applications in the field of education are being used as a new and effective tool in the acquisition of various achievements. Applications made in the field of education in recent years were examined and the various findings are obtained about the used technologies. Examining virtual reality-based studies in the field of education, it is determined that different application development platforms and different software development languages are used. In addition, applications are often seen to be used via desktop computers. Nowadays, it can be stated easily that providing services on multiple devices is gaining importance. In this respect, it can be stated that carrying out studies only for specific groups might be a disadvantage. It is believed that running the applications on multiple devices can

be useful in spreading the applications. It can also be said that web-based applications may have advantages in terms of accessibility because of direct access from many devices. In terms of software development languages, it is seen that different languages can be preferred. Software development languages vary according to the platforms used by the researchers and / or preferences of the researchers. This situation requires application developers to master software development languages for different platforms. As a result, it is proposed that the virtual reality applications be developed in a platformindependent way to work on different operating systems and different devices, and to be compatible with increasingly used mobile devices.

## Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojileri, sunduğu eşsiz fırsatlar ve yaşam alanlarında sağladığı konfor sayesinde gün geçtikçe yaşamımızın önemli bir parçası haline gelmektedir. Teknolojik altyapının güçlenmesi; bir yönden devasa verilerin depolanmasına, transfer edilmesine ve işlenmesine olanak tanırken, diğer bir yönden neredeyse gerçeğinden ayırt edilemeyecek bir dokuya sahip üç boyutlu sanal ortamların tasarlanması ve bu ortamların çeşitli uygulamalarda kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Gerçeğe daha yakın üç boyutlu sanal ortamların tasarlanması, bireylerin sanal ortamda var olma hissini yaşama şansını sunan SG teknolojilerini güçlendirmektedir. Örneğin, Heilig (1962) tarafından tasarlanan Sensorama, kullanıcıların görme, işitme ve koku alma gibi duyarlarına hitap ederek, onların kendilerini Brooklyn sokaklarında gezen bir motosikleti kullanıyor gibi hissetmelerini sağlamıştır. Günümüz teknolojileri, kullanıcıların uzakta var olma hissini daha önce hiç olmadığı kadar yoğun ve gerçekçi bir şekilde yaşamalarını mümkün kılmaktadır.

2000'li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanan giyilebilir teknolojiler, günümüzde daha ergonomik hale gelmiş ve başa takılan Oculus Rift, Oculus Go, Samsung Gear VR, Sony Morpheus, HTC Vive gibi SG gözlükleri, Google CardBoard gibi ucuz alternatifleri sayesinde, kullanıcıların doğrudan SG ortamlarına bağlanmalarına olanak tanımaya başlamıştır (Can ve Şimşek, 2016). Eğitim, sağlık, mimari, mühendislik, eğlence ve askeriye gibi alanlarda geliştirilen SG uygulamalarının (Burdea ve Coiffet, 2003) sayısı, yeni teknolojilerin hızlı bir şekilde yaygınlaşmasına paralel olarak artış göstermektedir.

SG teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişim ve yaygınlaşma, eğitim alanında yapılan çalışmalarda bu teknolojilere olan ilginin artmasına yol açmıştır (Lin ve Lan, 2015). Eğitimde evrimi hedefleyenler için SG uygulamaları güçlü bir araca dönüştürebilir (Piovesan, Passerino ve Pereira, 2012). Nitekim yapılan araştırmalar SG uygulamalarının eğitim süreçlerinde önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir (Bailenson vd., 2008; Freina ve Ott, 2015; Şimşek, 2016; Bowen, 2018).

SG teknolojilerinin geliştirilebildiği platformların ve desteklendiği cihazların sayısının her geçen gün artması, bu uygulamaların geliştirilmesini ve hayata geçirilmesini kolaylaştırmaktadır (Brown ve Green, 2016). SG uygulamalarının çalıştırıldıkları cihazlar ve bu cihazlarda kullanılan işletim sistemlerinin çeşitlilik göstermesi, bu alanda geliştirilecek uygulamalar için platform ve cihaz uyumluluğunu önemli bir konu haline getirmektedir.

Eğitim alanında yapılan çalışmalarda geliştirilen SG uygulamalarının platform ve cihaz bağımlılığının olmaması erişilebilirlik açısından önemlidir. Ayrıca bu uygulamaların yaygın bir etki göstermesi için; birden çok işletim sistemi ve cihazla uyumlu olmaları, çeşitli sanal uygulama mağazaları aracılığıyla edinilebilmeleri oldukça önemlidir. Dolayısıyla eğitim alanında geliştirilen SG uygulamalarının, hangi yazılım dilleri ile hangi platformlar üzerinde geliştirildikleri, hangi işletim sistemleri ile uyumlu oldukları ve hangi sanal uygulama mağazaları aracılığıyla erişilebildikleri önemli bir araştırma konusudur. Bu çalışmada eğitim alanında yapılan çalışmalarda geliştirilen ve kullanılan uygulamalar ele alınarak, bu uygulamalar erişilebilirlik ve uyumluluk açısından irdelenmektedir.

### **Bir Eğitim Aracı Olarak Sanal Gerçeklik**

SG teknolojileri eğitim aracı olarak birçok çalışmada ele alınmış, son yıllarda SG cihazlarının çeşitlilik kazanması ve bu cihazların daha erişilebilir olması sayesinde bu alanda yapılan çalışmaların sayısında artış görülmüştür. Yapılan bazı çalışmalarda SG kullanımının

öğrencilerin performansını önemli ölçüde arttırdığı (Alhalabi, 2016; Lau ve Lee, 2015) tespit edilmesine rağmen, bazı çalışmalarda ise SG teknolojilerinin her alana doğrudan uygulanamayacağına, çalışmalarda belirli bir pedagojik çerçeve etrafında uygulamanın şekillendirilmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir (Dillenbourg, Schneider, ve Synteta, 2002; Pekkola, 2000; Kolomaznik, Sullivan, ve Vyvyan, 2017).

Bailenson vd. (2008), sanal dünyaların, dönüştürülmüş sosyal etkileşim aracılığıyla öğrenme ortamlarının sosyal dinamiklerini değiştirmede, benzersiz bir beceriye sahip olduğunu belirtmektedir. Piovesan vd. (2012), gerçekte yaşamamızın mümkün olmadığı deneyimleri yaşama konusunda SG'in yerinin doldurulamayacağını ve SG'in karmaşık temaların öğretilmesini sağladığını vurgulamaktadır. Lau ve Lee (2015), öğrenme deneyimlerini artırma amacıyla SG kullanımının, yalnızca öğrencilerin gerçek dünya durumlarıyla başa çıkmaları için simülasyonlar tasarlanmasından ibaret olmadığını, aynı zamanda onların yeni fikirleri keşfetme motivasyonlarını arttırabilecek bir potansiyeli olduğunu ifade etmektedir. Hu, Wu ve Shieh (2016) SG'in, nesnelere özgürce incelenmesine izin vermesi yönüyle, aktif öğrenme ortamları sağlayarak öğrencilerin hayal gücünü tetikleyebileceğini ve yeni yaratıcı kavramlar geliştirme yetilerini olumlu etkileyebileceğini belirtmektedir. Hussein ve Nätterdal (2015), SG uygulamalarıyla mobil uygulamaları karşılaştırdıkları çalışmalarında, etkileşimli bir ortama ihtiyaç duyulan eğitim durumlarında SG uygulamalarının daha başarılı olduğunu belirterek, SG uygulamalarının aktif öğrenmeye teşvik edici olma, daldırma deneyimi sunma ve katılımı artırma gibi özellikleriyle ön plana çıktığını ifade etmektedir.

Dillenbourg vd. (2002) sanal bir öğrenme ortamının tek başına eğitime pozitif bir katkıda bulunamayacağına ve bu ortamların zengin bir pedagojik senaryo ile desteklenmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Pekkola (2000), SG yeni bir eğitim platformu olarak ele alındığında; eğlenceli bir eğitim yöntemi olarak görülebileceğini, her eğitim durumu için SG etkili yöntem olmadığını söyleyebileceğini ve bazı önemli soruların yanıtlanması gerektiğini belirtmektedir: "Grup çalışması için etkili bir atmosfer nasıl yaratılmalıdır?", "İçerik nasıl sunulmalıdır?", "Geri bildirimler nasıl alınacaktır?", "Dikkat nasıl kazanılacak ve nasıl sürdürülecektir?". Kolomaznik vd. (2017), daldırıcı SG cihazlarının daha ulaşılabilir ve daha uygun hale gelmesinin onları çekici bir eğitim aracı haline getirdiğini belirtmiştir. Fakat yaptıkları araştırmada öğrencilerin motivasyonları, tutumları ya da davranışlarında herhangi bir gelişme tespit etmedikleri için, daldırıcı SG teknolojilerinin zayıf katılım için her derde deva bir panzehir olarak görülmemesi gerektiğine de dikkat çekmişlerdir.

Literatürde yer alan çalışmalardan yola çıkarak SG teknolojilerinin;

- ❖ İlgi çekici, eğlenceli ve aktif öğrenmeye olanak tanıyan bir araç olarak görülebileceği,
- ❖ Sosyal etkileşimlere ihtiyaç duyulan öğrenme durumlarında etkili olarak kullanılabilmesi,
- ❖ Sağladığı serbest hareket özgürlüğü ile birlikte yaratıcı düşünme yeteneğini geliştirerek yeni fikirler üretilmesine fırsat tanıyabileceği,
- ❖ Gerçek yaşam durumlarında deneyimlemenin imkansız olduğu (insan vücudunun damar sisteminde gezinmek, uzay boşluğundan gezegenleri keşfetmek gibi) durumlarda önemli bir potansiyele sahip olduğu,
- ❖ Tek başına katılım, motivasyon ve tutumları arttıracak bir sihirli değnek olarak algılanmasının doğru olmadığı,
- ❖ Her eğitim durumuna uygulanmasının zor olduğu,

Mehmet Bütün, vd.

- ❖ Gelişigüzel kullanılacak bir eğitim aracı olarak görülmemesi gerektiği,
  - ❖ Kullanıldığı uygulamalarda pedagojik çerçevenin doğru tasarlanması gerektiği,
- söylenbilir.

### **Sanal Gerçeklik Uygulamalarında Erişilebilirlik ve Uyumluluk**

Daldırma (immersion), etkileşim (interaction) ve hayal etme (imagination) gibi üç önemli özelliğine dikkat çekilen (Burdea ve Coiffet, 2003) SG teknolojileri, kullanıcılara uzakta var olma hissini (presence) yaşatma gibi yönleriyle simülasyonlardan ve klasik sanal dünyalardan farklılaşmaktadır (Steuer, 1992; Barnes, 1996). SG uygulamalarında; bireyler görselleştirme gözlüklerini kullanarak görme, haptik (dokunsal) eldiven giyerek dokunma ve kulaklık kullanarak işitme gibi duyuların uyarılması aracılığıyla bir sanal ortama daldırılabilirler (Fernandez, 2017). Klasik sanal ortamlarda ve simülasyonlarda ise kullanıcı bir ekran üzerinden etkileşime girdiği sanal dünyanın “sadece sanal” olduğunun farkındadır ancak uzakta var olma ya da daldırma gibi hislere kapılmamaktadır. Dolayısıyla SG uygulamaları; görme, işitme, dokunma ve koku alma gibi birden çok duyuya hitap ederek daldırma ve uzakta var olma hissini yaşatma, gerçek yaşam aktivitelerine yakın olacak şekilde üst düzey etkileşim olanağı tanıma ve yüksek seviyede adaptasyon sağlama gibi yönlerden simülasyonlardan ve klasik üç boyutlu sanal ortamlardan farklı olarak ele alınmalıdır. Yazılımın geliştirildiği platformun, tasarlanan sistemin, uygulandığı ortamın ve kullanılan cihazların seçilmesi aşamalarında da bu farklılık göz önünde bulundurulmalıdır.

Günümüzde SG uygulamalarının geliştirilmesi, son yıllarda çeşitlilik kazanan tümleşik uygulama geliştirme platformlarının sayısının artması ile birlikte, geçmişe nazaran daha kolay ve pratik hale gelmiştir. Unity, Unreal Engine gibi oyun geliştirme platformlarının da desteklemeye başladığı SG yazılımları; 3Ds Max, Maya, Blender ve SketchUp gibi birçok platform üzerinden geliştirilebilmektedir. Üç boyutlu uygulama geliştirme platformlarının birçoğu geliştirilen üç boyutlu ortamı bir SG ile ilgili SDK (Software Development Kit) paketiyle SG cihazlarında çalışabilecek formata kolaylıkla dönüştürebilmektedir.

Uygulama geliştiricilerin platform seçiminde arka planda çalışan programlama dili, desteklenen işletim sistemleri, uygulamanın çalıştırılabileceği cihaz yelpazesinin genişliği gibi faktörleri dikkate alması gerekmektedir. SG yazılımlarının geliştirildiği platformların ve uygulama esnasında kullanılan cihazların çeşitlilik göstermesi, dolayısıyla uyumluluk sorunlarının yaşanması, geliştirilen uygulamaların sadece yapılan çalışmayla sınırlı kalması gibi durumların oluşmasına neden olabilmektedir. Geliştirilen uygulamalara ayrılan zaman ve bütçe düşünüldüğünde, yaygın bir etki alanına ulaşabilmeleri ve farklı kitleler tarafından erişilebilir olmaları gerektiği söylenebilir. Yazılımlar için erişilebilirliğinin temel hedefi, mümkün olduğunca geniş bir kullanıcı yelpazesi için uygulamanın kullanılabilirliğini ve elverişliliğini sağlamaktır (Kavcic, 2005). Dolayısıyla, geliştirilecek yazılımların geniş kitleler için tasarlanmasının daha efektif ve ekonomik olacağı söylenebilir. Avrupa Komisyonu (2005), bilgi ve iletişim teknolojilerinde en uygun maliyetli ve ayrımcı olmayan erişim şekli olarak tanımladığı ‘herkes için tasarla’ sürecinde, yaşa ve yeteneklere bakılmaksızın herkesin kullanabileceği ürünler geliştirilmesi gerektiğini belirtmektedir.



Şekil 1. SG uygulamalarında erişilebilirlik ve uyumluluk sorununa neden olan faktörler<sup>6</sup>

SG yazılımları için erişilebilirlik ve uyumluluk sorunlarına neden olabilecek faktörlerin ortadan kaldırılması bu yazılımların yaygın etkisini arttırabilecektir. Kullanıcıların SG uygulamalarına erişimde yaşadığı sorunların temelinde; çeşitli arayüz kısıtları, cihaz ve platform bağımlılığı gibi nedenlerin olduğu söylenebilir. Bu nedenlerin yanı sıra; kültürel etkenler ve bu uygulamaların edinilmesi ile ilgili yaşanan problemler de SG uygulamalarının erişilebilirliğini kısıtlayan faktörler arasında gösterilebilirler. Şekil 1’de yer alan diyagramda SG yazılımlarının erişilebilirliğini ve uyumluluğunu olumsuz etkileyebilecek faktörler gösterilmiştir.

SG uygulamalarında yaşanan erişilebilirlik ve uyumluluk sorunlarının doğru tespit edilebilmesi açısından, bu alanda yapılmış çalışmalarda yer alan uygulamaların incelenmesi yol gösterici olabilir. Böylece uygulamaların yaygın etki göstermesini engelleyen faktörler tespit edilebilecektir.

Bu çalışmada eğitimde sanal gerçeklik uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan yazılımların erişilebilirlik ve uyumluluk bağlamında incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda incelenen SG uygulamalarının;

- Hangi platformlar üzerinde geliştirildikleri,
- Hangi işletim sistemlerinde çalışabilir oldukları,
- Hangi yazılım dilleriyle geliştirildikleri,
- Hangi uygulama dağıtım platformları üzerinden erişime açıldıkları

irdelenmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların incelenmesiyle elde edilecek bulgular, söz konusu sorunlar açısından gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Bu bağlamda çalışmanın, SG uygulamalarında erişilebilirlik ve uyumluluk açısından, literatüre önemli bir katkı yapacağı düşünülmektedir.

## Yöntem

SG uygulaması geliştirilen makalelerin incelendiği bu çalışma içerik analizi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Cohen, Manion ve Morrison (2007) içerik analizinin; metinlerin düzenlenmesi, sınıflandırılması, karşılaştırılması ve metinlerden teorik sonuçlar

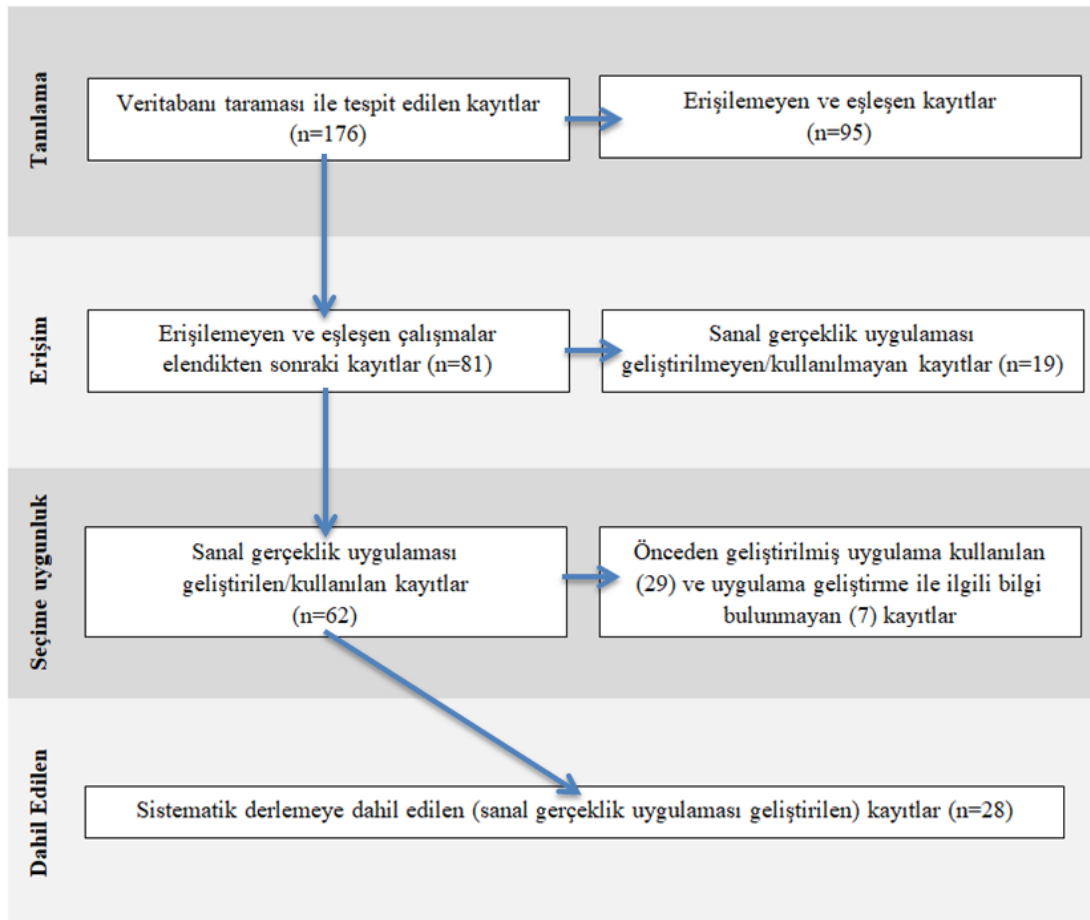
<sup>6</sup> Çağıltay (2018) ve Stephanidis vd. (1998) çalışmalarında yer alan ‘insan bilgisayar etkileşiminde erişilebilirlik ile ilgili prensipler’ göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.



çıkarılmasından oluşan bir araştırma tekniği olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmada içerik analizi, bu yönlerinin yanı sıra birbirlerine benzeyen verileri belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirerek okuyucunun anlayacağı biçime dönüştürmesi nedeniyle tercih edilmiştir (Bauer, 2003; Fraenkel ve Wallen, 2000). İçerik analizi ile irdelenen çalışmalarda yer alan yazılımlar belirlenen erişilebilirlik ve uyumluluk yönleriyle ele alınmıştır.

Yapılan sistematik derleme Scopus ve ERIC veritabanları üzerinde, 2014-2018 yılları arasında yayımlanmış, “sanal gerçeklik (virtual reality) ve eğitim (education)” ile “sanal gerçeklik (virtual reality) ve öğrenme (learning)” anahtar kelimelerini başlık bölümünde içeren makaleleri kapsayacak şekilde sınırlandırılmıştır.

Çalışmaların dahil edilme kriterleri; (a) özgün makale olarak yayınlanmış çalışmalar, (b) İngilizce çalışmalar, (c) SG uygulaması geliştirilen/kullanılan çalışmalar olarak belirlenmiştir. Arama sonuçlarına göre 176 çalışma (98 Scopus, 78 ERIC) listelenmiş, iki arama motorunda da yer alan (eşleşen) ve erişilemeyen çalışmalar elenerek, 81 çalışma incelenmiştir. Ön değerlendirmeler sonucunda 19 çalışmada herhangi bir SG uygulamasının geliştirilmediği/kullanılmadığı tespit edilerek 62 çalışma ele alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda 29 çalışmada önceden geliştirilen bir SG uygulamasının kullanıldığı, 28 çalışmada çalışma kapsamında bir SG uygulaması geliştirildiği, 7 çalışmada kullanılan SG uygulaması hakkında bilgi verilmediği, 2 çalışmada ise hem uygulama geliştirildiği hem hazır bir uygulama kullanıldığı görülmüştür. Araştırma SG uygulaması geliştirilen 28 çalışma ile sınırlandırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırmanı veri toplama sürecine yönelik Akış Diyagramı

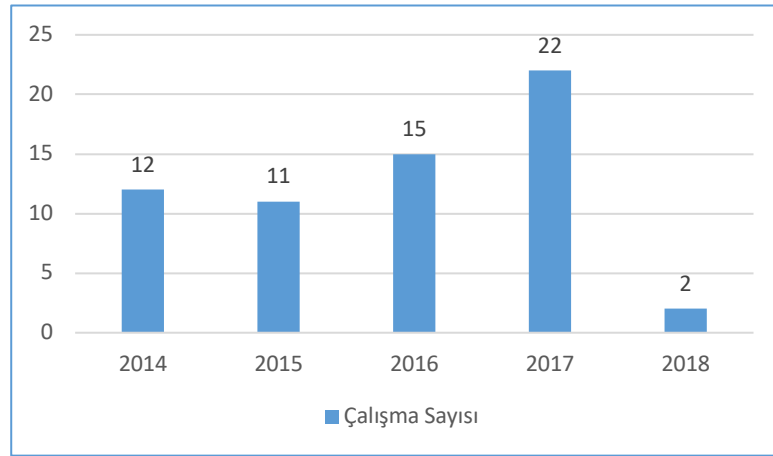
## Bulgular

Bu çalışma kapsamında toplamda 81 çalışma analiz edilmiştir. Bu çalışmalardan, alan yazın ve model önerisi çalışmaları ya da çeşitli araştırma vakalarının sunulduğu çalışmalar gibi herhangi bir uygulama geliştirme eyleminin olmadığı çalışmalar elenmiştir (toplam 19 çalışma). Geriye kalan 62 çalışmaya ait veri kümesi Ek 1'deki gibi ortaya çıkmıştır.

Ek 1'de yer alan çalışmalar ile ilgili yapılan analizler doğrultusunda ortaya çıkan istatistikler detaylı olarak aşağıdaki bölümlerde aktarılmıştır.

### Yıllara Göre Çalışma Sayısı

2014-2018 yılları arasında, bir SG uygulamasının geliştirildiği ya da var olan bir uygulamanın kullanıldığı toplam 62 çalışmanın yıllara göre dağılımı Şekil 3'te görülmektedir.

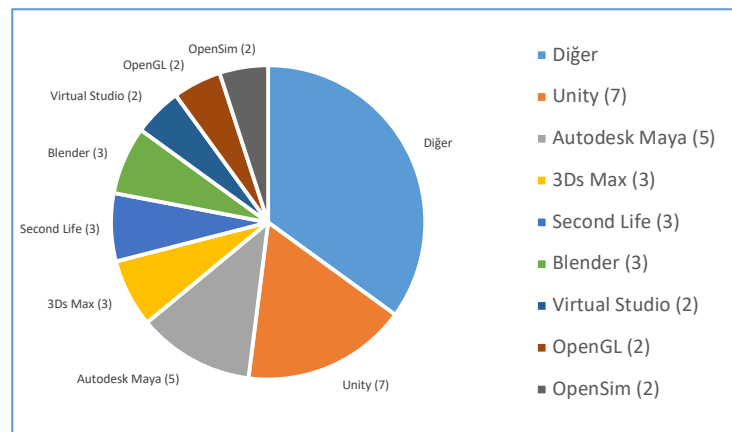


Şekil 3. Yıllara göre çalışma sayısı

Şekil 3 incelendiğinde, çalışma sayısının en çok olduğu yılın 2017 yılı olduğu görülmüştür.

### Uygulama Geliştirilirken Kullanılan Platformlar

Analiz edilen çalışmalarda birbirinden farklı platformların kullanıldığı tespit edilmiştir. Uygulama geliştirilen toplamda 28 çalışmada 41 farklı platformdan yararlanıldığı gözlemlenmiştir. Söz konusu uygulamaların geliştirildiği platformlara yönelik istatistik Şekil 4'deki gibi ortaya çıkmıştır.

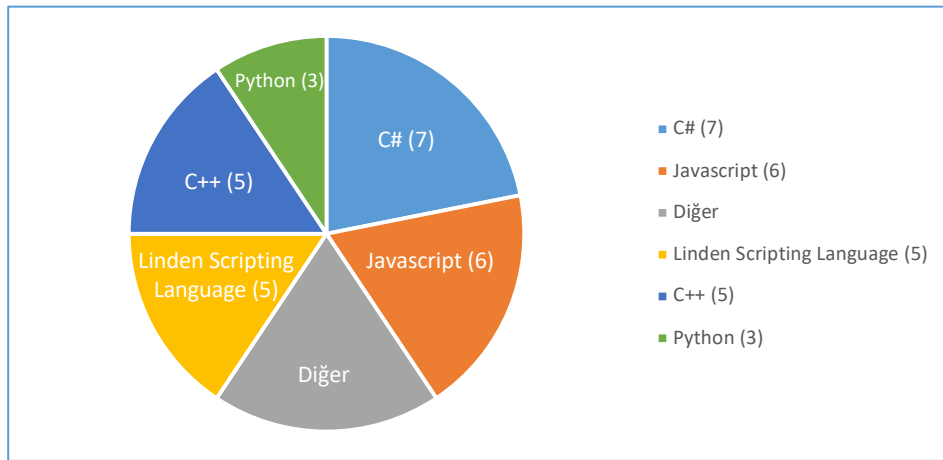


Şekil 4. Uygulama geliştirilirken kullanılan platformlar

Şekil 4’te görüldüğü üzere Unity (n=7) ve Autodesk Maya (n=5) platformlarının en yoğun kullanılan ilk iki platform olduğu tespit edilmiştir. Bu platformları Blender (n=3), Second Life (n=3) ve 3Ds Max (n=3) platformları takip etmektedir. Çalışmaların %35’ini oluşturan diğer platformlar ise, çeşitlilik gösterdiği ve sadece 1 bağımsız çalışmada kullanıldığı için birlikte değerlendirilmiştir.

### Uygulamaların Geliştirildiği Yazılım Dilleri

SG uygulamalarının geliştirildiği platformlardaki farklılık bu uygulamaları tasarlarken kullanılan yazılım dillerinde de görülmüştür. Uygulama geliştirirken kullanılan yazılım dillerinin bazı çalışmalarda tekil olarak, bazılarında ise farklı yazılım dilleriyle birlikte kullanıldıkları belirlenmiştir. Çalışmaya dahil edilen 28 çalışmanın 2 tanesinde yazılım diliyle ilgili herhangi bir bilgi verilmediği görülmüştür.



Şekil 5. Uygulama geliştirilirken yararlanılan yazılım dilleri

Şekil 5 incelendiğinde, en çok kullanılan ilk iki yazılım dilinin C# (n=7) ve Javascript (n=6) olduğu belirlenmiştir. Bu yazılım dillerini Linden Scripting Language (n=5) ve C++ (n=5) takip etmiştir. PHP, Max Script gibi diğer yazılım dillerinin kullanıldığı çalışmalar diğer (n=6) kategorisi altında değerlendirilmiştir.

### Farklı Bir Kaynaktan Temin Edilmiş Yazılım İçeren Çalışmalar

Bu başlık altında sunulan istatistikler, analiz edilen çalışmalarda kullanılmış ve farklı bir kaynaktan temin edilmiş yazılım(lar) içeren SG çalışmalarını kapsamaktadır. Hem bir uygulamanın geliştirilip kullanıldığı hem de farklı kaynaktan elde edilen bir yazılımın kullanıldığı 2 SG çalışması (Tablo 1 – No: 10 ve No: 61) tespit edilmiş olup, ilgili başlık (Uygulama Geliştirilirken Kullanılan Yazılım Dilleri) altına da eklenmiştir. Farklı kaynaktan temin edilmiş yazılımlara ait liste Tablo 2’de yer almaktadır.

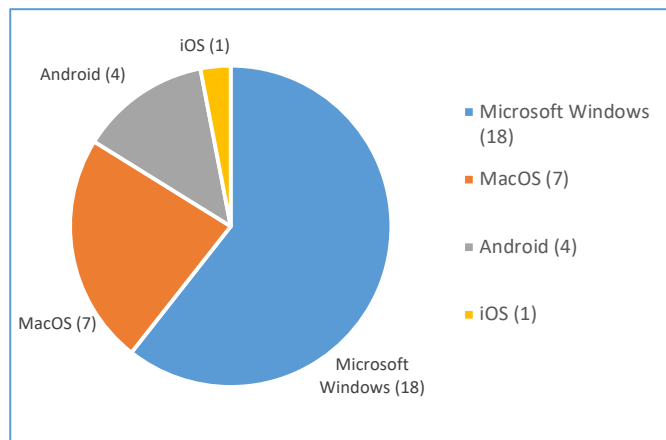
**Tablo 2.** Farklı kaynaktan temin edilmiş yazılımlara ait liste

BiopSym	Arthroscopic Simulator
The Boxes Room Simulator	EssureSim ve PelvicSim
IMA-VR	Google Street View
Lap Mentor	Youtube Video
Scantrainer	Bassin Anticipation Timer
Nightingale Isle	Dextroscope (RadioDexter)
V-Frog	Moon Finder ve Sky Map
LAP Mentor II	VirtaMed ArthroS VR
Block Challenge	Digital Imaging Software (Detaylı bilgi verilmemiş)
NeuroVr2	Spacecraft Game
Web Based Multi User Virtual Campus	Acil İniş Yapan Uçak Similatörü (İsmi belirtilmemiş)
MacCoy Critical	da Vinci Robotic Surgery Simulator
VR Worx 2.6 ve StereoPhoto Maker	GestureTek Interactive Rehabilitation Exercise System (IREX)

Tablo 2’deki istatistikler dışında 1 çalışmada (Tablo 1 – No: 22) 3 boyutlu görsel kullanıldığı belirlenmiştir. Her ne kadar farklı kaynaktan elde edildiği belirtilmese de yazarlar tarafından bu bölüm altında aktarılmasına karar verilmiştir.

### Kullanılan Uygulamaların Çalıştırıldığı İşletim Sistemleri

Bu başlık altında verilen istatistiki veriler toplamda 26 çalışmada paylaşılmış olan veri üzerinden ortaya çıkarılmıştır. Çalışmayı yapan kişiler tarafından geliştirilmiş olan ya da farklı bir kaynaktan temin edilmiş yazılım içeren SG uygulamalarının çalıştırılabildiği tekil işletim sistemlerine yönelik istatistik Şekil 6’da paylaşılmıştır.

**Şekil 6.** Uygulama geliştirilirken yararlanılan yazılım dilleri

Şekil 6 incelendiğinde, kullanılan SG uygulamalarının büyük bir çoğunluğunun %61’lik bir oran ile Microsoft Windows (n=18) işletim sisteminde çalıştırıldığı görülmektedir. Bu oranı

MacOS ve mobil işletim sistemlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. 5 çalışmada ise SG uygulamalarının web tarayıcılar üzerinden çalıştırıldığı belirlenmiştir. Bazı çalışmalarda ise SG uygulamalarının birden fazla platformda çalıştığı görülmüştür. Şekil 6’da belirtilen istatistiklere ek olarak, aynı anda farklı işletim sistemlerinde çalıştırılabilir olan SG uygulamalarına yönelik istatistik ise Tablo 3’teki gibi ortaya çıkmıştır.

**Tablo 3.** SG uygulamalarının aynı anda farklı sistemlerde çalıştırılma durumları

Sistemler	Çalışma Sayısı	Yüzde
Microsoft Windows ve MacOS	7	%25
Microsoft Windows, MacOS ve iOS	1	%3,6
Microsoft Windows ve Android	1	%3,6

Tablo 3’te görüldüğü üzere, Microsoft Windows yine en yoğun kullanılan işletim sistemi olarak ortaya çıkmıştır. Analiz edilen çalışmalarda SG uygulamalarının çoğunlukla aynı anda hem Microsoft Windows hem de MacOS işletim sistemiyle uyumlu çalışacak şekilde geliştirildiği belirlenmiştir.

### Çalışmalarda Kullanılan Uygulamaların Dağıtım Platformları

Analiz edilen çalışmaların sadece 7’sinde kullanılan uygulamaların nereden erişilebileceğine yönelik bilgi verilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda Tablo 4’teki istatistikler ortaya çıkarılmıştır.

**Tablo 4.** Kullanılan uygulamaların erişim yerleri istatistiği

Erişim Yeri	Çalışma Sayısı	Yüzde
Second Life Dağıtımı	3	%10,7
Web Erişimi	3	%10,7
Ücretli	1	%3,6

Tablo 4’te görüldüğü üzere 3 çalışmada, kullanılan SG uygulamalarının Second Life dağıtımının ve web erişiminin olduğu belirtilmiştir. Sadece 1 çalışmada kullanılan uygulamanın ücretli olarak sunulduğu gözlemlenmiştir.

### Sonuçlar

SG teknolojileri günümüzde farklı araştırma alanlarında farklı amaçlarla kullanılabilir. Eğitim alanında yapılan çalışmalarda SG uygulamaları, çeşitli kazanımların edinilmesinde yeni ve etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, 2014-2018 yılları arasında eğitim alanında gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan SG uygulamaları incelenmiş ve bu uygulamaların kullandıkları platform ve (eğer yeni geliştirildiyse) geliştirildikleri yazılım dili bakımından analizler yapılmıştır.

Kullanılan platformlar açısından bakıldığında Unity (%17) ve Autodesk Maya (%12)’nin diğer platformlara göre daha sık kullanıldığı görülmüştür. Bu platformların diğerlerine nazaran

neden daha fazla tercih edildiklerine dair bir bulgu bulunmamakla birlikte, bu hususun yeni bir araştırmanın konusu olabileceği düşünülmektedir. Platform tercihlerinin çeşitlilik göstermesi (tek bir platformda yığılma olmaması), kullanıcıların ihtiyaçlarına cevap verebilen farklı platformların mevcut olduğunu ortaya koymuştur. Bu bakımdan, kullanıcıların ihtiyaç ve isteklerini karşılama kapasitesine sahip birden fazla platformun bulunduğu söylenebilir. Ancak diğer bir açıdan bakıldığında ise kullanıcıların/geliştiricilerin tek bir platform üzerinde ihtiyaçlarına cevap bulamamalarından dolayı bazı çalışmalarda farklı platformları tercih ettikleri söylenebilir.

İncelenen araştırmalar ele alındığında farklı yazılım dillerinin tercih edilebildiği görülmüştür. Araştırmacıların kullandıkları platform ve/veya tercihlerine göre yazılım dilleri de çeşitlilik göstermektedir. Bu durum, uygulama geliştiricilerin farklı platformlara yönelik yazılım geliştirme dillerine hâkim olmasını gerektirmektedir. Aralarında çok büyük farklılık olmamakla beraber 5 farklı programlama dilinin öne çıktığı görülmüştür. Analizler sonucunda ortaya çıkmış olan bulgulara bakıldığında; SG uygulamaları geliştirilirken daha çok Linden Script Language, C#, Javascript, C++ ve Python gibi dillerin tercih edildiği görülmektedir. Dolayısıyla bu programlama dillerine hâkim bir araştırmacının SG alanında da uygulama geliştirebileceği sonucuna varılabilir. Second Life uygulamasına özgü olan Linden Script Language gibi yazılım dillerinin uygulama geliştirmeye başlamadan önce öğrenilmesinin özel bir çaba gerektireceği belirtilebilir. Diğer taraftan hâlihazırda daha yaygın kullanıma sahip olan dillerin, SG uygulamalarının geliştirilmesinde kullanılmasının, geliştiricilere pratiklik ve zaman bakımından avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Analiz edilen bazı çalışmalarda farklı kaynaklardan temin edilmiş yazılımların olduğu tespit edilmiştir. Temin edilen bu yazılımlara bakıldığında, standart bir yapının olmadığı ve yazılımların çeşitlilik gösterdiği görülmüştür. Bu durum, yapılması düşünülen bir çalışma için ihtiyaç duyulan bir SG uygulamasını farklı bir kaynaktan temin etme noktasında sorun ortaya çıkarabilir. Çünkü bu çeşitlilik içinde ihtiyaca uygun bir SG uygulaması bulmanın zor olacağı düşünülmektedir. Bunun yerine, çalışma gerçekleştirecek kişilerin (eğer mümkünse) SG uygulamasını kendilerinin tasarlaması gerekecektir.

Uygulamaların çalıştırıldığı işletim sistemleri incelendiğinde, uygulamaların çoğunlukla masaüstü bilgisayarlar aracılığıyla kullanıldığı ve Microsoft Windows işletim sisteminin öne çıktığı görülmektedir. Bu durumun, Microsoft Windows işletim sisteminin diğer işletim sistemlerine oranla daha yaygın bir kullanıma sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak bu yaygınlığın, yapılan çalışmaların sadece belirli kitlelere yönelik olması dezavantajını ortaya çıkardığı söylenebilir. Bununla birlikte, MacOS işletim sisteminin en fazla tercih edilen ikinci işletim sistemi olduğu da belirlenmiştir. Diğer taraftan, Linux vb. işletim sistemleri üzerinden çalışan bir uygulamaya da bu çalışma kapsamında rastlanmamıştır. Bunun sebebinin, farklı işletim sistemleri üzerinde SG uygulaması geliştirmenin zor olmasından ya da uyumluluk sorunun ortaya çıkmasından olabileceği düşünülmektedir. Mobil işletim sistemlerine özgü geliştirilmiş olan SG uygulamalarının masaüstü işletim sistemlerine özel geliştirilen uygulamaları izlemesi diğer bir bulgu olmuştur. Analizlerde, Android sistemi üzerinde geliştirilen uygulama sayısının daha fazla olduğu, iOS üzerinde ise yalnızca bir çalışmanın gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Bunun sebebinin ise Android işletim sistemli cihazların dünya genelinde daha fazla kullanıma sahip olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir (Statista, 2018). Bazı çalışmalardaki uygulamaların ise farklı işletim sistemleri üzerinde aynı anda çalıştırıldığı belirlenmiştir. Bu durumun uygulama kullanıcılarına kolaylık/esneklik sağladığı söylenebilir.

SG uygulamalarının farklı uygulama mağazaları ya da web aracılığıyla dağıtılmaları; kullanıcılara dünyanın farklı bölgelerinden, çeşitli cihazlar aracılığıyla uygulamaya erişim sağlama olanağı tanımaktadır. Yapılan değerlendirmelerde çalışmaya dâhil edilen çalışmaların erişilebilirlik açısından zayıf kaldıkları belirlenmiştir. Değerlendirilen çalışmaların birçoğunda erişilebilirlik ile ilgili bilgi yer almazken, sadece 7 çalışmada (%25) uygulamaların nasıl dağıtıldıkları ile ilgili bilgi bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalara; Second Life ortamı aracılığıyla, web üzerinden ve belirli ücret karşılığında manuel olarak erişilebildiği tespit edilmiştir. Çalışmalar irdelendiğinde geliştirilen SG uygulamaları için; cihazlarda ne gibi sistem gereksinimlerine ihtiyaç duyulduğu, farklı bölgeler için dil desteği bulunup bulunmadığı ve hangi işletim sistemlerinde çalıştırılabilir oldukları ile ilgili bilgilerin paylaşılmadığı görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde; eğitim için geliştirilen sanal gerçeklik uygulamalarının, erişilebilirlik ve uyumluluk yönünden yaygın etki gösterme konusunda zayıf kaldığı söylenebilir. Bu ise Avrupa Komisyonu'nun (2005) "herkes için tasarla" ilkesiyle örtüşmemektedir.

Erişilebilirlik ile ilgili kısıtlarının temel nedeninin, uygulama geliştirme maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülebilir. Fakat özellikle eğitim için geliştirilen uygulamaların daha fazla erişilebilir olmasının, her çalışma için yeniden uygulama geliştirme zorunluluğunu ortadan kaldıracığından, maliyet açısından daha avantajlı olacağı söylenebilir. Çalışmalarda kullanılan uygulamalara erişimin ücretsiz ve kolay ulaşılabilir olmasının, bu alanda yapılacak çalışmalarda çeşitliliğinin artması açısından da faydalı olacağı düşünülmektedir.

### Öneriler

Günümüzde birden çok cihaz üzerinden hizmet vermenin gittikçe önem kazandığı rahatlıkla belirtilebilir ve bu sebeple hem masaüstü hem de mobil işletim sistemleri üzerinde çalışabilir uygulamaların geliştirilmesi önemlidir. Bununla birlikte, farklı türdeki cihazlardan doğrudan erişimin yapılabilmesi sebebiyle web tabanlı uygulamaların erişilebilirlik açısından avantajlara sahip olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda; *SG uygulamalarının farklı işletim sistemlerinde ve farklı cihazlarda çalışacak şekilde platformdan bağımsız olarak geliştirilmesi, mümkünse web üzerinden erişilebilir olması ve kullanımı giderek artan mobil cihazlarla da uyumlu olmaları* önerilmektedir.

### Bilgilendirme

Bu çalışma "Eğitimde Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Geliştirilen Yazılımlar ve Platformlar Açısından İncelenmesi" başlığıyla, 27. Uluslararası Eğitim Bilimleri Kongresi'nde (ICES UEBK 2018) sunulan sözlü bildirinin genişletilmiş halidir. Ayrıca bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından SDP-2017-22377 kodlu proje ile desteklenmiştir.

### Kaynakça

- Alhalabi, W. S. (2016). Virtual reality systems enhance students' achievements in engineering education. *Behaviour and Information Technology*, 35(11), 919-925. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1212931>
- Anderson, P., Ma, M., & Poyade, M. (2014). A haptic-based virtual reality head and neck model for dental education. İçinde M. Ma, L. C. Jain, & P. Anderson (Ed.), *Virtual, Augmented*

- Reality and Serious Games for Healthcare 1 (C. 68, ss. 29-50). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1_3)
- Avrupa Komisyonu. (2005). eAccessibility: An information society open to all. Geliş tarihi 31 Temmuz 2018, gönderen [http://ec.europa.eu/information\\_society/doc/factsheets/012-eaccessibility.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/doc/factsheets/012-eaccessibility.pdf)
- Barata, P. N. A., Filho, M. R., & Nunes, M. V. A. (2015). Consolidating learning in power systems: Virtual reality applied to the study of the operation of electric power transformers. *IEEE Transactions on Education*, 58(4), 255-261. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2393842>
- Bassil, A., Rubod, C., Borghesi, Y., Kerbage, Y., Schreiber, E. S., Azaïs, H., & Garabedian, C. (2017). Operative and diagnostic hysteroscopy: A novel learning model combining new animal models and virtual reality simulation. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 211, 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2017.01.058>
- Bauer, M. W. (2003). Classical content analysis: A review. In M. W. Bauer & G. Gaskell (Eds.), *Qualitative researching with text, image and sound* (pp. 131-151). London: Sage.
- Bowen, M. M. (2018). Effect of virtual reality on motivation and achievement of middle-school students. Doctor of Education, The University of Memphis, USA:Memphis.
- Burkhardt, J.-M., Corneloup, V., Garbay, C., Bourrier, Y., Jambon, F., Luengo, V., ... Lourdeaux, D. (2016). Simulation and virtual reality-based learning of non-technical skills in driving: critical situations, diagnostic and adaptation. *IFAC-PapersOnLine*, 49(32), 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.191>
- Buttussi, F., & Chittaro, L. (2018). Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(2), 1063-1076. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2653117>
- Carbonell-Carrera, C., & Saorín, J. L. (2017). Geospatial Google Street View with virtual reality: A motivational approach for spatial training education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi6090261>
- Chang, X. Q., Zhang, D. H., & Jin, X. X. (2016). Application of virtual reality technology in distance learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 11(11), 76-79. <https://doi.org/10.3991/ijet.v11i11.6257>
- Chen, C. J., Lau, S. Y., & Teh, C. S. (2015). A feasible group testing framework for producing usable virtual reality learning applications. *Virtual Reality*, 19(2), 129-144. <https://doi.org/10.1007/s10055-015-0263-7>
- Chen, Y. L. (2016). The effects of virtual reality learning environment on student cognitive and linguistic development. *Asia-Pacific Education Researcher*, 25(4), 637-646. <https://doi.org/10.1007/s40299-016-0293-2>
- Cho, D., Ham, J., Oh, J., Park, J., Kim, S., Lee, N. K., & Lee, B. (2017). Detection of stress levels from biosignals measured in virtual reality environments using a kernel-based extreme learning machine. *Sensors (Switzerland)*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/s17102435>



Mehmet Bütün, vd.

- Choi, K. S., He, X., Chiang, V. C. L., & Deng, Z. (2015). A virtual reality based simulator for learning nasogastric tube placement. *Computers in Biology and Medicine*, 57(Supplement C), 103-115. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2014.12.006>
- Cimadevilla, J. M., Roldán, L., París, M., Arnedo, M., & Roldán, S. (2014). Spatial learning in a virtual reality-based task is altered in very preterm children. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(9), 1002-1008. <https://doi.org/10.1080/13803395.2014.963520>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). New York, NY: Routledge.
- Çağiltay, K. (2018). *İnsan-Bilgisayar Etkileşimi ve Kullanılabilirlik Mühendisliği* (2. bs). Ankara: Seçkin Yay.
- Davis, R. L., & Weisbeck, C. (2015). Search strategies used by older adults in a virtual reality place learning task. *Gerontologist*, 55, S118-S127. <https://doi.org/10.1093/geront/gnv020>
- de Faria, J. W. V., Teixeira, M. J., Júnior, L. de M. S., Otoch, J. P., & Figueiredo, E. G. (2016). Virtual and stereoscopic anatomy: When virtual reality meets medical education. *Journal of Neurosurgery*, 125(5), 1105-1111. <https://doi.org/10.3171/2015.8.JNS141563>
- de la Torre-Luque, A., Valero-Aguayo, L., & de la Rubia-Cuestas, E. J. (2017). Visuospatial orientation learning through virtual reality for people with severe disability. *International Journal of Disability, Development and Education*, 64(4), 420-435. <https://doi.org/10.1080/1034912X.2016.1274022>
- de Mello Monteiro, C. B., da Silva, T. D., de Abreu, L. C., Fregni, F., de Araujo, L. V., Ferreira, F. H. I. B., & Leone, C. (2017). Short-term motor learning through non-immersive virtual reality task in individuals with down syndrome. *BMC Neurology*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0852-z>
- Dubovi, I., Levy, S. T., & Dagan, E. (2017). Now I know how! The learning process of medication administration among nursing students with non-immersive desktop virtual reality simulation. *Computers & Education*, 113, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.009>
- Fajnerová, I., Rodriguez, M., Levcík, D., Konrádová, L., Mikoláš, P., Brom, C., ... Horáček, J. (2014). A virtual reality task based on animal research – spatial learning and memory in patients after the first episode of schizophrenia. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00157>
- Fiard, G., Selmi, S. Y., Promayon, E., Vadcard, L., Descotes, J. L., & Troccaz, J. (2014). Initial validation of a virtual-reality learning environment for prostate biopsies: Realism matters! *Journal of Endourology*, 28(4), 453-458. <https://doi.org/10.1089/end.2013.0454>
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. (2000). *How to design and evaluate research in education* (4th ed.). NY: McGraw-Hill.

- Gong, X., Liu, Y., Jiao, Y., Wang, B., Zhou, J., & Yu, H. (2015). A novel earthquake education system based on virtual reality. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E98D(12), 2242-2249. <https://doi.org/10.1587/transinf.2015EDP7165>
- Hsu, K.-S., Jiang, J.F., Wei, H.Y., & Lee, T.H. (2016). Application of the environmental sensation learning vehicle simulation platform in virtual reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(5), 1477-1485. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1525a>
- Huang, H. M., Liaw, S. S., & Lai, C. M. (2016). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projection-based display systems. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 3-19. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.817436>
- Jang, S., Vitale, J. M., Jyung, R. W., & Black, J. B. (2017). Direct manipulation is better than passive viewing for learning anatomy in a three-dimensional virtual reality environment. *Computers & Education*, 106(Supplement C), 150-165. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.009>
- Jimeno-Morenilla, A., Sánchez-Romero, J. L., Mora-Mora, H., & Coll-Miralles, R. (2016). Using virtual reality for industrial design learning: a methodological proposal. *Behaviour and Information Technology*, 35(11), 897-906. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1215525>
- Kim, P. W., Shin, Y. S., Ha, B. H., & Anisetti, M. (2017). Effects of avatar character performances in virtual reality dramas used for teachers' education. *Behaviour & Information Technology*, 36(7), 699-712. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1275809>
- Lau, Kung Wong, Kan, C. W., & Lee, P. Y. (2017). Doing textiles experiments in game-based virtual reality: A design of the Stereoscopic Chemical Laboratory (SCL) for textiles education. *International Journal of Information and Learning Technology*, 34(3), 242-258. <https://doi.org/10.1108/IJILT-05-2016-0016>
- Lau, K. W. (2015). Organizational learning goes virtual?: A study of employees' learning achievement in stereoscopic 3D virtual reality. *Learning Organization*, 22(5), 289-303. <https://doi.org/10.1108/TLO-11-2014-0063>
- Le, Q. T., Pedro, A., & Park, C. S. (2015). A social virtual reality based construction safety education system for experiential learning. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, 79(3-4), 487-506. <https://doi.org/10.1007/s10846-014-0112-z>
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Lee, G. I., & Lee, M. R. (2018). Can a virtual reality surgical simulation training provide a self-driven and mentor-free skills learning? Investigation of the practical influence of the performance metrics from the virtual reality robotic surgery simulator on the skill learning and associated cognitive workloads. *Surgical Endoscopy*, 32(1), 62-72. <https://doi.org/10.1007/s00464-017-5634-6>
- Levac, D. E., Glegg, S. M. N., Sveistrup, H., Colquhoun, H., Miller, P., Finestone, H., ... Velikonja, D. (2016). Promoting therapists' use of motor learning strategies within virtual reality-

- based stroke rehabilitation. PLoS ONE, 11(12).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168311>
- Lin, M. T. Y., Wang, J. S., Kuo, H. M., & Luo, Y. (2017). A study on the effect of virtual reality 3D exploratory education on students' creativity and leadership. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3151-3161.  
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00709a>
- Liou, H. H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology & Society*, 20(3), 110-121.
- Lv, Z., Li, X., & Li, W. (2017). Virtual reality geographical interactive scene semantics research for immersive geography learning. *Neurocomputing*, 254(Supplement C), 71-78.  
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.078>
- Madrigal, E., Prajapati, S., & Hernandez-Prera, J. C. (2016). Introducing a virtual reality experience in anatomic pathology education. *American Journal of Clinical Pathology*, 146(4), 462-468. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqw133>
- Madsen, M. E., Konge, L., Nørgaard, L. N., Tabor, A., Ringsted, C., Klemmensen, Å. K., ... Tolsgaard, M. G. (2014). Assessment of performance measures and learning curves for use of a virtual-reality ultrasound simulator in transvaginal ultrasound examination. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 44(6), 693-699.  
<https://doi.org/10.1002/uog.13400>
- Marusak, H. A., Peters, C. A., Hehr, A., Elrahal, F., & Rabinak, C. A. (2017). A novel paradigm to study interpersonal threat-related learning and extinction in children using virtual reality. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17131-5>
- Middleton, R. M., Alvand, A., Garfield Roberts, P., Hargrove, C., Kirby, G., & Rees, J. L. (2017). simulation-based training platforms for arthroscopy: A randomized comparison of virtual reality learning to benchtop learning. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 33(5), 996-1003. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2016.10.021>
- Moro, C., Štromberga, Z., & Stirling, A. (2017). Virtualisation devices for student learning: Comparison between desktop-based (Oculus Rift) and mobile-based (Gear VR) virtual reality in medical and health science education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(6), 1-10. <https://doi.org/10.14742/ajet.3840>
- Nickel, F., Brzoska, J. A., Gondan, M., Rangnick, H. M., Chu, J., Kenngott, H. G., ... Müller-Stich, B. P. (2015). Virtual reality training versus blended learning of laparoscopic cholecystectomy: a randomized controlled trial with laparoscopic novices. *Medicine*, 94(20), e764. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000000764>
- Orman, E. K., Price, H. E., & Russell, C. R. (2017). Feasibility of using an augmented immersive virtual reality learning environment to enhance music conducting skills. *Journal of Music Teacher Education*, 27(1), 24-35. <https://doi.org/10.1177/1057083717697962>
- Parsons, S. (2015). Learning to work together: Designing a multi-user virtual reality game for social collaboration and perspective-taking for children with autism. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 6(Supplement C), 28-38.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.12.002>

- Pedro, A., Le, Q. T., & Park, C. S. (2016). Framework for integrating safety into construction methods education through interactive virtual reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000261](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000261)
- Rahm, S., Wieser, K., Wicki, I., Holenstein, L., Fucntese, S. F., & Gerber, C. (2016). Performance of medical students on a virtual reality simulator for knee arthroscopy: An analysis of learning curves and predictors of performance. *BMC Surgery*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12893-016-0129-2>
- Ramachandiran, C. R., Jomhari, N., Thiyagaraja, S., & Maria, M. (2015). Virtual Reality Based Behavioural Learning for Autistic Children. *Electronic Journal of E-Learning*, 13(5), 357-365.
- Repetto, C., Colombo, B., & Riva, G. (2015). Is Motor Simulation Involved During Foreign Language Learning? A Virtual Reality Experiment. *SAGE Open*, 5(4). <https://doi.org/10.1177/2158244015609964>
- Rohidatun, M. W., Faieza, A. A., Rosnah, M. Y., Nor Hayati, S., & Rahinah, I. (2016). Development of virtual reality (VR) system with haptic controller and augmented reality (AR) system to enhance learning and training experience. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(16), 8806-8809.
- Rovira, A., & Slater, M. (2017). Reinforcement Learning as a tool to make people move to a specific location in Immersive Virtual Reality. *International Journal of Human-Computer Studies*, 98(Supplement C), 89-94. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.10.007>
- Smith, S. J., Farra, S., Ulrich, D. L., Hodgson, E., Nicely, S., & Matcham, W. (2016). Learning and Retention Using Virtual Reality in a Decontamination Simulation. *Nursing Education Perspectives*, 37(4), 210-214. <https://doi.org/10.1097/01.NEP.0000000000000035>
- Statista. (2018). Global mobile OS market share in sales to end users from 1st quarter 2009 to 1st quarter 2018. Geliş tarihi gönderen <https://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/> .
- Stephanidis, C., Akoumianakis, D., Sfyarakis, M., & Paramythis, A. (1998). Universal accessibility in HCI: Process-oriented design guidelines and tool requirements. İçinde *Proceedings of the 4th ERCIM Workshop on User Interfaces for all* (ss. 19-21). Stockholm, Sweden.
- Sun, G., Chen, W., Li, H., Sun, Q., Kyan, M., Muneesawang, & Zhang, P. (2017). A virtual reality dance self-learning framework using Laban movement analysis. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 10(5), 25-32. <https://doi.org/10.25103/jestr.105.03>
- Şimşek, İ. (2016). The Effect of 3D Virtual Learning Environment on Secondary School Third Grade Students' Attitudes toward Mathematics. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 15(3), 162-168.
- Tiffany, J. M., & Høglund, B. A. (2014). Facilitating Learning Through Virtual Reality Simulation: Welcome to Nightingale Isle. İçinde *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1* (ss. 159-174). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-54816-1_9)

- Tremblay, L., Chebbi, B., Bouchard, S., Cimon-Lambert, K., & Carmichael, J. (2014). Learning disabilities and visual-motor skills; comparing assessment from a hapto-virtual reality tool and Bender-Gestalt test. *Virtual Reality*, 18(1), 49-60. <https://doi.org/10.1007/s10055-014-0242-4>
- Tretsiakova-McNally, S., Maranne, E., Verbecke, F., & Molkov, V. (2017). Mixed e-learning and virtual reality pedagogical approach for innovative hydrogen safety training of first responders. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(11), 7504-7512. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.175>
- Vélaz, Y., Rodríguez Arce, J., Gutiérrez, T., Lozano-Rodero, A., & Suescun, A. (2017). The Influence of Interaction Technology on the Learning of Assembly Tasks Using Virtual Reality. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 14(4), 041007-1/041007-9. <https://doi.org/10.1115/1.4028588>
- Vieira, C. B., Seshadri, V., Oliveira, R. A. R., Reinhardt, P., Calazans, P. M. P., & Vieira Filho, J. B. (2017). Applying virtual reality model to green ironmaking industry and education: 'a case study of charcoal mini-blast furnace plant'. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 126(1-2), 116-123. <https://doi.org/10.1080/03719553.2016.1278516>
- Wan, W. A. J., & Awaatif, A. (2017). Virtual Reality Courseware Towards Achievement of Transfer Learning Among Students with Different Spatial Ability. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 9(2-11), 51-54.
- Wang, Y. S., Sun, J., & Liu, L. (2017). Effects of applying virtual reality to adventure athletic education on students' self-efficacy and team cohesiveness. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 20(3), 895-908. <https://doi.org/10.1080/09720502.2017.1358889>
- Wang, Z., Ni, Y., Zhang, Y., Jin, X., Xia, Q., & Wang, H. (2014). Laparoscopic Varicocele: Virtual Reality Training and Learning Curve. *JSLs: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 18(3), e2014.00258. <https://doi.org/10.4293/JSLs.2014.00258>
- Wong, C. W., Olafsson, V., Plank, M., Snider, J., Halgren, E., Poizner, H., & Liu, T. T. (2014). Resting-state fMRI activity predicts unsupervised learning and memory in an immersive virtual reality environment. *PLoS ONE*, 9(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109622>
- Xu, X., & Ke, F. (2016). Designing a Virtual-Reality-Based, Gamelike Math Learning Environment. *American Journal of Distance Education*, 30(1), 27-38. <https://doi.org/10.1080/08923647.2016.1119621>
- Yeh, S. C., Huang, M. C., Wang, P. C., Fang, T. Y., Su, M. C., Tsai, P. Y., & Rizzo, A. (2014). Machine learning-based assessment tool for imbalance and vestibular dysfunction with virtual reality rehabilitation system. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 116(3), 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2014.04.014>

**EK-1. Eğitim için geliştirilmiş SG uygulaması kullanılan çalışmaların analizi**

SIRA	ÇALIŞMA	KULLANILAN UYGULAMA GELİŞTİRME PLATFORMU	KULLANILAN YAZILIM DİLİ	DIŞARIDAN ALINAN YAZILIM	DESTEKLENEN İŞLETİM SİSTEMİ	DAĞITIM PLATFORMU
1	Fajnerová vd. (2014)	Unreal Engine	JAVA	-	-	-
2	Fiard vd. (2014)	-	-	BiopSym	-	-
3	Tremblay vd. (2014)	Visual Studio, OpenGL ve Open Haptics API	C++	-	Microsoft Windows	-
4	Cimadevilla vd. (2014)	-	-	The Boxes Room Simulator	Microsoft Windows	-
5	Vélaz vd. (2017)	-	-	IMA-VR	Microsoft Windows	-
6	Wang vd. (2014)	-	-	Lap Mentor	-	-
7	Wong vd. (2014)	-	-	-	-	-
8	Yeh vd. (2014)	-	-	4 oyun geliştirilmiştir	-	-
9	Madsen vd. (2014)	-	-	Scantrainer	-	-
10	Tiffany ve Høglund (2014)	Second Life	Linden Scripting Language	Nightingale Isle	Microsoft Windows ve MacOS	Second Dağıtımı Life
11	Lee ve Wong (2014)	-	-	V-Frog	Microsoft Windows	Ücretli
12	Anderson vd. (2014)	Protoshop, Autodesk Maya ve Zbrush	ZScript	-	Microsoft Windows ve MacOS	-
13	Chen vd. (2015)	Internet Space Builder ve Internet Scene Assembler Pro 2.0	Web Programming	-	Microsoft Windows ve MacOS	Web Erişimi
14	Gong vd. (2015)	Autodesk Maya ve SIGVerse	C++	-	Microsoft Windows	-
15	Davis ve Weisbeck (2015)	-	Bilgi yok	-	-	-

Mehmet Bütün, vd.

SIRA	ÇALIŞMA	KULLANILAN UYGULAMA GELİŞTİRME PLATFORMU	KULLANILAN YAZILIM DİLİ	DIŞARIDAN ALINAN YAZILIM	DESTEKLENEN İŞLETİM SİSTEMİ	DAĞITIM PLATFORMU
16	Nickel vd. (2015)	-	-	LAP Mentor II	-	-
17	Parsons (2015)	-	-	Block Challenge	-	-
18	Barata vd. (2015)	Ogre 3D ve Blender	C++	-	-	-
19	Choi vd. (2015)	Visual Studio	C++ ve C#	-	Microsoft Windows	-
20	Le vd. (2015)	Second Life	Linden Scripting Language	-	Microsoft Windows ve MacOS	Second Dağıtımı Life
21	Lau (2015)	Autodesk Maya ve 3D Virtual Tools	-	-	-	-
22	Ramachandiran vd. (2015)	-	-	3 Boyutlu Görseller	-	-
23	Repetto vd. (2015)	-	-	NeuroVr2	-	-
24	Alhalabi (2016)	-	-	-	-	-
25	Madrigal vd. (2016)	-	-	-	-	-
26	Chang vd. (2016)	-	-	Web Based Multi User Virtual Campus	Web Tarayıcı	-
27	Burkhardt vd. (2016)	-	-	MacCoy Critical	-	-
28	Chen (2016)	Second Life	Linden Scripting Language	-	Microsoft Windows ve MacOS	Second Dağıtımı Life
29	de Faria vd. (2016)	-	-	VR Worx 2.6 ve StereoPhoto Maker	-	-
30	Hsu vd. (2016)	Unity ve Sketchup	C# ve Javascript	-	-	-
31	Huang vd. (2016)	VR4MAX ve 3ds Max	PHP	-	Web Tarayıcı	Web Erişimi
32	Jimeno-Morenilla vd. (2016)	3ds Max	Max Script	-	Android	-

Eğitimde Sanal Gerçeklik Uygulamalarında Erişebilirlik ve Uyumluluk

SIRA	ÇALIŞMA	KULLANILAN UYGULAMA GELİŞTİRME PLATFORMU	KULLANILAN YAZILIM DİLİ	DIŞARIDAN ALINAN YAZILIM	DESTEKLENEN İŞLETİM SİSTEMİ	DAĞITIM PLATFORMU
33	Levac vd. (2016)	-	-	GestureTek Interactive Rehabilitation Exercise System (IREX)	-	-
34	Pedro vd. (2016)	Blender	Python	-	-	-
35	Rahm vd. (2016)	-	-	Arthroscopic Simulator	-	-
36	Rohidatun vd. (2016)	Unity ve Blender ve Catia	Phyton	-	Microsoft Windows, MacOS ve iOS	-
37	Smith vd. (2016)	Unity ve Autodesk Maya	C# ve Javascript	-	Web Tarayıcı	-
38	Xu ve Ke (2016)	OpenSim	Linden Scripting Language	-	Microsoft Windows ve MacOS	-
39	Lin vd. (2017)	-	-	-	-	-
40	Wan ve Awaatif (2017)	-	-	-	-	-
41	Wang vd. (2017)	-	-	-	-	-
42	Bassil vd. (2017)	-	-	EssureSim ve PelvicSim	-	-
43	Carbonell-Carrera ve Saorín (2017)	-	-	Google Street View	-	-
44	Cho vd. (2017)	-	-	Youtube (Videos)	-	-
45	de la Torre-Luque vd. (2017)	Virtual Scene Designer	C#	-	Microsoft Windows	-
46	de Mello Monteiro vd. (2017)	-	-	Bassin Anticipation Timer	-	-
47	Dubovi vd. (2017)	OpenSim	Linden Scripting Language	-	Microsoft Windows	-
48	Jang vd. (2017)	-	-	Dextroscope (RadioDexter)	-	-



Mehmet Bütün, vd.

SIRA	ÇALIŞMA	KULLANILAN UYGULAMA GELİŞTİRME PLATFORMU	KULLANILAN YAZILIM DİLİ	DIŞARIDAN ALINAN YAZILIM	DESTEKLENEN İŞLETİM SİSTEMİ	DAĞITIM PLATFORMU
49	Kim vd. (2017)	Storyboard Artist	-	-	-	-
50	Lau vd. (2017)	Autodesk Maya ve Unity	C# ve Javascript	-	Web Tarayıcı	-
51	Liou vd. (2017)	-	-	Moon Finder ve Sky Map	-	-
52	Lv vd. (2017)	WebVRGIS ve OpenGL	C++	-	Android	-
53	Marusak vd. (2017)	WorldViz	Phyton	-	Microsoft Windows	Web Erişimi
54	Middleton vd. (2017)	-	-	VirtaMed ArthroS VR	-	-
55	Moro vd. (2017)	Unity	JavaScript	-	Android ve Microsoft Windows	-
56	Orman vd. (2017)	-	-	Digital Imaging Software (Detaylı bilgi verilmemiş)	-	-
57	Rovira ve Slater (2017)	-	-	Spacecraft Game	-	-
58	Sun vd. (2017)	Unity	C# ve Javascript	-	Microsoft Windows	-
59	Tretsiakova-McNally vd. (2017)	-	-	-	Web Tarayıcı	-
60	Vieira vd. (2017)	3ds Max ve Comos Walkinside	Max Script	-	Android	-
61	Buttussi ve Chittaro (2018)	Unity	C# ve Javascript	Acil İniş Yapan Uçak Similatörü	-	-
62	Lee ve Lee (2018)	-	-	da Vinci Robotic Surgery Simulator	-	-