

**Eğitim Teknolojilerinde Yeni Eğilimler: Sanal Gerçeklik Uygulamaları**

Tansel Tepe

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye

Devkan Kaleci

Hakan Tüzün

Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye

**ÖZET**

Bu çalışmada sanal gerçeklik ortamları hakkında bilgi verilmiş, sanal gerçeklik türlerinden bahsedilmiş ve akıllı cihazlarda kullanılan yeni nesil etkileşimli sanal gerçeklik uygulamaları örnekleri ile sunulmuştur. Ayrıca sanal gerçeklik uygulamalarının üstün yönleri ve sınırlılıkları eğitim bağlamında tartışılmış, yeni nesil materyal tasarlamak isteyen araştırmacılar için örnek tasarımlar paylaşılmıştır. Son olarak ise sanal gerçeklik uygulamalarının eğitimdeki kullanım alanları ve eğitimdeki potansiyeli değerlendirilmiştir. Her geçen gün çeşitlenen sanal gerçeklik uygulamaları eğlence, turizm, e-ticaret, tıp, savunma, yapılaşma, üretim ve eğitim alanlarında kendini göstermektedir. Sanal gerçeklik uygulamaları ile öğrenciler eğitim gezileri yapabilmektedir. Böylece sanal olarak gittikleri yerlerde bulunma hissini yaşamakta ve o ortamda yer alan objelerin seslerini duyabilmektedir. Bu tür uygulamalar askeri eğitimde savunma ve saldırı stratejilerinde simülasyonlar desteği ile kullanılmaktadır. Tıp eğitiminde öğrenciler sanal kadvralar veya canlı insan bedeni üzerinde çalışabilmekte ve gerçekçi durumları yaşayabilmektedir. Sanal gerçeklik laboratuvarlarında öğrenciler gerçekleştirilmesi tehlikeli ve maliyetli deneyleri defalarca yapabileme şansı bulabilmektedir. Çevrimiçi çok kullanıcı sanal gerçeklik uygulamaları yardımı ile her bir kullanıcı farklı sanal gerçeklik cihazları kullanarak aynı sanal ortamlarda birbirlerini görebilmekte, iletişim ve etkileşime geçebilmektedir. Bu tür uygulamalar etkin işbirlikli çalışma faaliyetlerinin yerine getirilmesini sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Sanal gerçeklik, Etkileşimli video, Cardboard, Google spotlight stories.

**ABSTRACT**

In this study information about virtual reality environments was given, types of virtual reality were mentioned and new generation interactive virtual reality applications used in smart devices were presented with their examples. Also, advantages and disadvantages of virtual reality applications were discussed in educational contexts and sample designs were shared for researchers, who wants to design new generation materials. Finally, usage area and potential of virtual reality applications in education were evaluated. Virtual reality is an interactive or non-interactive simulation application designed to create a sense of presence in a virtual world created by computer with the help of some wearable technologies and imaging equipment. Human-machine interaction in virtual reality is increased to mislead human emotions. Three important feature of virtual reality are expressed by Pimental and Teixeira (1995) as “three-dimensional graphical world”, “being immersed” and “interaction”. Sherman and Craig (2003) add “emotional return” to these features. Pimental and Teixeira (1995) defined main virtual reality environment as model, computer programs, computer, image builder, position sensors, and interactive tools. The high cost of virtual reality devices, the limited access facilities, requiring expertise in the adaptation into the education sector and long-term use leading to health problems are disadvantages of virtual reality applications. Although virtual reality applications were seen as an expensive technology, virtual reality experience was wanted and desired by everyone recently. Increased interest to virtual reality attracted attention of mobile technology companies and this caused

the development of numerous new mobile equipment and applications including components of virtual reality. Especially, by decreasing cost of virtual reality glasses, virtual reality applications for mobile operating systems became reachable and usable. Many free downloadable virtual reality applications in Play Store or App Store became easily reachable for users having smart devices on the behalf of cheap Cardboard glasses developed by Google Company. Another new technology in virtual reality is virtual reality videos formed by jump camera setting. This technology offers the opportunity to watch 360 degree videos to users. Jump camera setting consists of 16 camera modules placed in a circular pattern. Length of this setting and positions of these cameras were optimized to work with Jump compiler program. Jump compiler program converts video images consisting of 16 pieces to stereoscopic virtual reality videos. Thanks to its high-resolution stereoscopic vision technology nearby objects are perceived as nearby, while distant objects are perceived as far. In these devices, in order to obtain a seamless and a panoramic image, 3D alignment method specially developed and integrated into the system is used. Thus, camera images coming from every camera separately and their combined places are not noticed. Designed 3D videos are equivalent to super high resolution images at least five 4K image. This technology is expected to reveal a new trend in cinema and gaming industry. Other new technology "Google Spotlight Stories" interactive videos were designed by Google for smart phones. In these applications when sensors for videos located in certain regions were stimulated, video passes to the other stage through the sensors on smartphones. Each scene is part of the whole videos scenes and so continuity is provided in the video. Users can feel themselves in an interactive virtual reality scenario when they use it with Cardboard glasses. Today, this application is supported by only some Android devices but support for numerous mobile devices was expressed recently by the manufacturer. Every day diversifying virtual reality applications show themselves in areas of entertainment, tourism, e-commerce, medicine, defense, construction, manufacturing, and education. Students can conduct educational trips with virtual reality applications. Thus, they live sense of being there and they virtually go to and can hear voices of objects there. These kinds of applications have been used in military education as defense and attack with support of simulation. In medical education, students can study on virtual cadavers or living human body and live realistic situations. Students will be able to have a chance to perform dangerous and costly experiments repeatedly in virtual realistic labs. Every user can see each other in same virtual environments, communicate and interact by using different virtual reality devices with the help online multiuser virtual reality applications. These kind of applications provide the fulfillment of effective collaborative work activities.

**Keywords:** Virtual reality, Interactive video, Cardboard, Google spotlight stories.

## SANAL GERÇEKLİK

Sanal gerçeklik insanların duyularını yanıltarak onları gerçeğe yakın ortamlarda hissetmelerini sağlayan bir sistemdir. Sanal gerçeklik sisteminin başarısı kişinin duyularının ne kadar iyi kontrol altına alınmasıyla paralel ilerlemektedir. Sanal gerçeklik için birçok tanımlama yapılmıştır. Bu tanımlamalardan bazıları aşağıda ifade edilmiştir: Gobbetti ve Scateni'ye (1998) göre, sanal gerçekliğin temelinde gerçek gibi hissettiren, duyulan, davranılan, görünen bir dünya yaratılabilir yatmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamaları bilgisayarla yaratılmış üç boyutlu bir benzetim içinde gerçek dünyaya ilişkin bir durumun, kullanıcıların vücutlarına giydiği özel aygıtlarla duygusal olarak algılayıp bu yapay dünyayı vücutlarındaki aygıtlarla etkin olarak denetleyebildiği sistemlerdir. Sanal gerçeklik ortamında kullanıcılar, bilgisayar tarafından yaratılmış yapay bir dünyaya girme, orada farklı deneyimler yaşama ve o sanal ortamı yönlendirebilme olanağına sahiptirler (Deryakulu, 1999). Sherman ve Craig'e (2003) göre sanal gerçeklik ortamı, kullanıcılarda zihinsel olarak içine girme ve benzetim ortamında bulunma hissini veren ayrıca kullanıcıların ortamda faaliyetlerde bulunmasına izin veren etkileşimli bilgisayar simülasyonları olarak ifade edilmiştir. Sanal gerçeklik ortamında duyu organları fiziksel bir gerçekliği algılar gibi hareket etmektedir (Sherman, Craig & Will, 2009). Yukarıda yapılan tanımlamalar doğrultusunda, sanal gerçeklik; kullanıcıların vücutlarına giydiği veya farklı cihazların içerisine girdiği görüntüleme donanımlarıyla, bilgisayar tarafından yapılan yapay bir dünyada gerçek hayata yakın deneyimler yaşayabilme amacıyla diğer nesnelere etkileşim içerisinde bulunduğu ve kullanıcılarda ortamda bulunma hissi yaratan üç boyutlu bir benzetim ortamı olarak özetlenebilir.

### Sanal Gerçeklik Ortamında Olması Gereken Özellikler

Sanal gerçekliğin üç önemli özelliğini Pimental ve Teixeira (1995), "üç boyutlu grafik dünya", "içine girme" ve "etkileşim" olarak ifade etmiştir. Sherman ve Craig (2003) bu üç özelliğe "duygusal geri dönüşü" de eklemiştir. Pimental ve Teixeira (1995) sanal gerçeklik ortamının ana bileşenlerini model, bilgisayar programları, bilgisayar, konum algılayıcı ve etkileşim araçları olarak

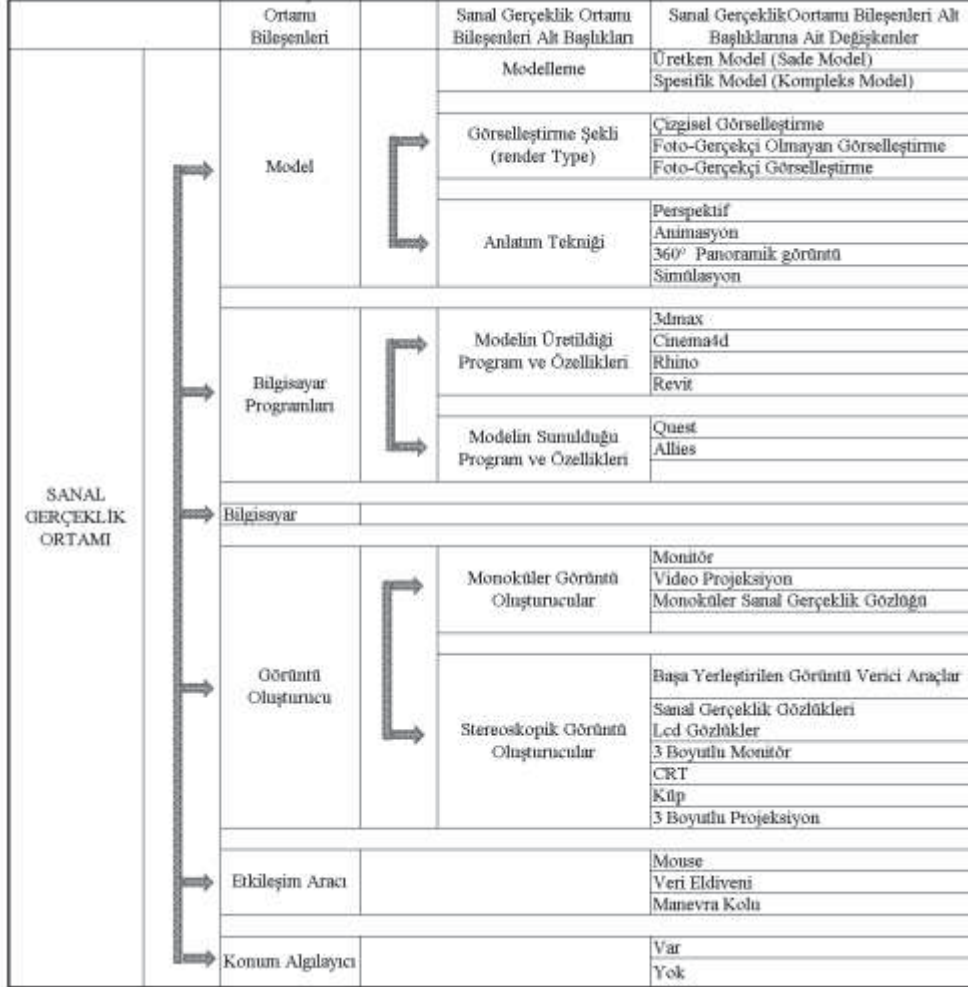
belirtmiştir. Whyte (2002), sanal gerçekliği animasyon ve içinde gezinmeden ayıran temel özelliği etkileşim olarak belirtmiştir.

Üç boyutlu grafik dünya: Gerçek ortamın modellenmesi veya hayal ürünü mekanlar,

İçine girme (immersive): Gerçek olandan zihinsel olarak sıyrılıp, sanal dünyaya grime durumu,

Etkileşim: Ortamın kullanıcının komutlarına tepki vermesi,

Duygusal geri dönüş: Gözlemcinin ortamda kendi varlığını hissedip, duygusal olarak bu mekanda gerçekleştirdiği eylemlerden etkilenmesi olarak tanımlanabilir. Şekil 1’de sanal gerçeklik ortamının ana bileşenleri belirtilmiştir.



Şekil 1. Sanal Gerçeklik Ortamının Ana Bileşenleri

### Sanal Gerçeklik Türleri

McLellan (1996), sanal gerçeklik türlerini dokuz başlık altında ele almıştır. Bu başlıklar aşağıdaki gibi tanımlanmaya çalışılmıştır:

- *Çevreleyen Birincil Şahıs (Immersive First-Person):* Kullanıcı, görüntünün içine konumlandırılır. Sanal uzay içerisinde ilerleme deneyiminin simülasyonunu yapmak için sabit ara yüzler ve BOOM görüntüleyicisi kullanılır. BOOM görüntüleyicisi göstericinin üzerine değil önüne takılır.
- *Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality):* Bilgisayar tarafından oluşturulmuş kodlanmış verilerle, gerçek dünyadaki görselleri birleştirip bireylerdeki anlamı artırmak amaçlı bilgi işleme sürecidir.
- *Masaüstü Sanal Gerçekliği (Desktop VR):* Sanal gerçeklikler içinde en kolay olanıdır. Başa takılı sunum sistemi, veri eldivenleri, veri kıyafetleri ve bilgisayar monitörü kullanılarak yapılır. En büyük dezavantajı kullanıcıya sarmalanma hissi vermemesidir. Bu durum ortamda bulunma hissini azaltır.

- *Aynalar Dünyası (Mirror World)*: Bu sistem girdi aygıtı olarak video kameraları kullanır. Kullanıcı kendi görüntüsünü ekrana yansıtılmış olarak görür ya da büyük bir video ekranında veya videoya yansıtılmış görüntüde sanal dünya ile bütünleşir.
- *Waldo Dünyası (Waldo World)*: Waldo dünyasında, kullanıcı uzaktan kumandalı mekanik yönlendirici ile gerçek zamana bağlantılıdır. Uygulayıcı elektronik bir maske ya da hareketleri tespit eden bir sensor adapte edilmiş vücut giysisi giyerek, gerçek zamanlı olarak bilgisayar animasyon görüntüsünü bir robot ya da görüntü üzerinde kontrol eder.
- *Özelleştirilmiş odalar (Chamber World)*: Bu ortamdaki sanal dünya duvarlarla ve tavanla çevrili bir oda olarak tanımlanmaktadır. Gözlemci bu ortama girer ve üç boyutlu özel bir gözlük giyerek sanal dünyaya tamamen adapte olur. Etkileşimli olan bu sanal gerçeklik ortamında birçok kullanıcı bulunabilir. İşbirliğine dayalı projelerde etkili bir şekilde kullanılabilir. CAVE sistemi tavan, zemin ve dört duvara yerleştirilen ekranlarla kurulan sistemlere bir örnektir.
- *Kabin Simülatorü (Cab Simulator Environment)*: Kabin simülatorleri, bilgisayarlarla bağlantılı, gerçeği ile aynı şekilde tasarlanmış ortamların (örn: uçak kokpiti) olmasını gerektirir. Gerçek ortamın aynısının ekrana yansıtılmasını ve kullanıcı ile etkileşimde olmasını sağlar.
- *Siber Uzay (Cyberspace)*: Siber uzay, karşılıklı etkileşime açık çoklu sensörlerin farklı görüntülerini kullanmamızı sağlar. Siber uzayda herhangi bir zamanda herhangi bir yerde bulunabilir. Dünyanın herhangi bir noktasındaki başka bir insan da aynı anda aynı ortamda bulunabilir.
- *Tele bulunuşluk (Telepresence/Teleoperation)*: Bireye fiziksel olarak bulunduğu mekan yerine istenilen farklı bir mekanda olduğunu hissettirebilmektir. Farklı bir mekanın algılanmasına aracılık etmektir.

### Sanal Gerçeklikte Kullanılan Etkileşim Cihazları

Sanal gerçeklikte kullanılan etkileşim cihazları amaçlarına göre farklılık gösterebilmekte olup aşağıda bu etkileşim cihazları tanıtmaya çalışılmıştır: Şekil 2’de sanal gerçeklikte kullanılan etkileşim cihazları gösterilmiştir:



**Şekil 2.** Sanal Gerçeklikte Kullanılan Etkileşim Cihazları

*2. Başa takılı sunum sistemleri (HMD)*: Bu sistemlere hareket sensörleri ile devamlı olarak konum ölçülebilmektedir. Kafaya takıldıktan sonra mevcut görüntü optik sistem vasıtasıyla görülebilmektedir. Birey kolaylıkla çevreye bakarak sanal ortamda dolaşabilir (Beier, 2008). Sanal gerçeklik gözlükleri HMD'lere örnek gösterilebilir.

3. *Veri eldiveni (Data Glove)*: Veri eldiveni bir girdi aygıtı olup el hareketleri ve belirli pozisyonlar ile bilgisayara veri girdisi sağlamaktadır.

4. *Veri kıyafetleri (Body Suit)*: Özel sensörlerle donatılmış olan bu kıyafetlerin içerisine girilerek kullanıcıların hareketleri algılanabilmekte ve kullanıcı hareketleri dijital ortama aktarılabilir.

5. *Uzay topu (Spaceball)*: Bu cihazlar joystick görünümünde olup istenilen yöne basınç yapmak suretiyle kullanılabilir. Spaceball hareket analizinde de kullanılan bir cihazdır.

## YENİ GELİŞTİRİLMEMEYE BAŞLANAN BAZI SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI

Sanal gerçeklik uygulamaları maliyetli bir teknoloji olarak gözüke de son zamanlarda sanal gerçeklik deneyimi herkes tarafından istenilir ve aranır hale gelmiştir. Sanal gerçekliğe olan ilginin artması başta mobil teknoloji firmalarının ilgisini çekmiş ve sanal gerçeklik bileşenlerini içeren çok sayıda yeni mobil donanımın ve uygulamanın geliştirilmesinin önü açılmıştır. Özellikle sanal gerçeklik gözlüklerinin maliyetleri düşürülerek mobil işletim sistemleri için sanal gerçeklik uygulamaları ulaşılabilir ve kullanılabilir hale gelmiştir. PlayStore veya App Store'dan indirilebilen birçok ücretsiz sanal gerçeklik uygulaması, Google firması tarafından geliştirilen ucuz maliyetli Cardboard gözlükleri sayesinde (Şekil 3) akıllı cihazlara sahip her kullanıcının kolaylıkla ulaşabileceği hale gelmiştir.



Şekil 3. Cardboard Gözlük

Cardboard hakkında detaylı bilgiye <https://www.google.com/get/cardboard/> linkinden ulaşılabilir. Cardboard uygulamaları ile kullanıcılar farklı deneyimler yaşayabilmektedir. Şekil 4'te gösterildiği gibi maliyeti düşük olan bu sanal gerçeklik gözlüğü ile kullanıcılar doğa gezileri yapabilmekte, oyun parklarında eğlenebilmekte, gitmeleri yüksek maliyet gerektiren mekanlara sanal olarak gidip o mekanları görebilmekte ayrıca farklı üç boyutlu oyunlar oynayabilmektedir.





**Şekil 4.** Cardboard Gözlükler ile Yaşanabilecek Farklı Deneyimler

Sanal gerçeklikteki diğer bir yeni teknoloji Jump kamera düzeneği ile oluşturulmuş sanal gerçeklik videolarıdır. Bu teknoloji kullanıcılara 360 derece video izleme imkânı sunmaktadır. Jump kamera düzeneği, dairesel bir düzende yerleştirilmiş 16 kamera modülünden oluşmaktadır (Şekil 5). Bu düzeneğin boyutu ve kameraların yerleşimi Jump derleyici programıyla birlikte çalışacak şekilde optimize edilmiştir. Jump derleyici programı 16 parçadan oluşan video görüntüsünü stereoskopik sanal gerçeklik videosuna dönüştürmektedir. Yüksek çözünürlükteki stereoskopik görüş teknolojisi sayesinde yakındaki nesnelere yakında, uzaktaki nesnelere ise uzakta görünmektedir. Bu cihazlarda kesintisiz ve panoramik bir görüntü elde edebilmek amacıyla özel olarak geliştirilen ve sisteme entegre edilmiş olan 3D hizalama yöntemi kullanılmaktadır. Böylece her bir kameradan ayrı ayrı gelen kamera görüntülerinin birleştirildiği yerler fark edilmemektedir. Derlenen 3D videolar, en az beş adet 4K görüntüye eşdeğer süper yüksek çözünürlükte görüntülerdir. Bu teknolojinin sinema ve oyun sektöründe yeni bir akımı ortaya çıkaracağı öngörülmektedir.



**Şekil 5.** Jump Kamera Düzeneği

Bir başka yeni teknoloji ise Google'ın akıllı telefonlar için geliştirdiği "Google Spotlight Stories" etkileşimli videolarıdır (Şekil 6). Bu uygulamalarda akıllı telefonlardaki sensörler vasıtasıyla videoların belirli bölgelerinde konumlandırılmış video içi sensörler tetiklendiğinde diğer sahneye geçilmektedir. Her bir sahne tüm video sahnesinin bir parçası olduğundan videolarda süreklilik sağlanmıştır. Cardboard gözlüklerle beraber kullanıldığında kullanıcılar kendilerini etkileşimli bir sanal gerçeklik senaryosu içerisinde hissedebilirler. Günümüzde sadece bazı Android cihazları destekleyen bu uygulamanın yakın zamanda çok sayıda mobil cihazı destekleyeceği üretici firma tarafından belirtilmiştir.





Şekil 6. Google Spotlight Stories

### Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Eğitimde Kullanım Alanları Ve Potansiyel Avantajları

Her geçen gün çeşitlenen sanal gerçeklik uygulamaları eğlence, turizm, e-ticaret, tıp, savunma, yapılaşma, üretim ve eğitim alanlarında kendini göstermektedir. Sanal gerçeklik uygulamaları ile öğrenciler eğitim gezileri yapabilmektedir. Böylece sanal olarak gittikleri yerlerde bulunma hissini yaşamakta ve o ortamda yer alan objelerin seslerini duyabilmektedir. Bu tür uygulamalar askeri eğitimde savunma ve saldırı stratejilerinde simülasyonlar desteği ile kullanılmaktadır. Tıp eğitiminde öğrenciler sanal kadavralar veya canlı insan bedeni üzerinde çalışabilmekte ve gerçekçi durumları yaşayabilmektedir. Sanal gerçeklik laboratuvarlarında öğrenciler gerçekleştirilmesi tehlikeli ve maliyetli deneyleri defalarca yapabileme şansı bulabilmektedir. Sanal gerçeklik uygulamaları soyut kavramların öğretilmesinde matematik alanında; tarihi olayların ve yer yüzü oluşumlarının daha iyi kavranmasında tarih ve coğrafya alanlarında etkin şekilde kullanılabilir. Ayrıca dil öğretimi için farklı ülkelere sanal olarak gidilip oradaki insanlarla etkileşimde bulunulabilir. Çevrimiçi çok kullanıcı sanal gerçeklik uygulamaları yardımı ile her bir kullanıcı farklı sanal gerçeklik cihazları kullanarak aynı sanal ortamlarda birbirlerini görebilmekte, iletişim ve etkileşime geçebilmektedir. Bu tür uygulamalar etkin işbirlikli çalışma faaliyetlerinin yerine getirilmesini sağlamaktadır.

Sanal gerçeklik uygulamalarının maliyetlerinin yüksek olması, erişim imkanlarının kısıtlı olması, eğitim sektörüne uygulanmasının uzmanlık gerektirmesi ve zahmetli olması, her kullanıcı için kullanımının kolay olmaması ve teknik bilgi gerektirmesi, uzun süreli kullanımlarda sağlık sorunlarına yol açabilmesi (baş ve göz ağrısı gibi) birer sınırlılık olarak göze çarpsa da bu uygulamaların kullanım avantajları göz önünde bulundurulduğunda bu sınırlılıkların zamanla üstesinden gelinebilir. Aşağıda sanal gerçeklik uygulamalarının eğitimdeki potansiyel avantajları belirtilmiştir:

- Sanal gerçeklik öğrencilerin karmaşık düşünce ve yeteneklerinin geliştirilmesine doğrudan katkıda bulunabilir (Roussou, 2004).
- Motivasyonu artırabilir.
- Dışarıdan gelen etkenlerden soyutlanarak, sadece üzerinde çalışılan bilginin üzerine seçici olarak odaklanılmasını sağlayabilir.
- Sanal gerçeklik öğrencilere dersi anlamada güçlü bir ortam sağlayabilir.
- Sanal gerçeklik öğrencilerin yaratıcılık ve özgüven becerilerini artırabilir.
- Öğrenenlerin inceleme ve keşfetme imkanlarının olmadığı yerlerin incelenmesinde öğrenenlere kolaylıklar sağlayabilir.
- Oluşturulması mümkün olmayan ortamların oluşturulmasını ve öğrencilerin bu ortamlarda deneyim yaşamalarını sağlayabilir.
- Öğrenenler kendi öğrenme hızlarına göre istedikleri kadar uygulamalara katılarak daha etkili bir öğrenme gerçekleştirebilirler.
- Öğrenenler zaman ve mekandan bağımsız olarak uygulamalara katılarak sanal gerçeklik deneyimi yaşayabilirler.

- Öğrenciler gerçek yaşam ortamlarındaki gibi keşfetmeye yönelik ve fiziki çaba gerektiren bir görevi bilgisayar başında yorulmadan gerçekleştirme imkanına sahip olabilirler.
- Sanal gerçeklik ortamları etkileşim ve aktif katılım gerektirdiğinden öğrenenleri pasif olmaktan çıkarıp aktif hale getirebilmektedir.
- Sanal gerçeklik uygulamaları ile öğrencilerin farklı sanal gerçeklik donanımlarını kullanma becerileri artabilir.
- Öğrenenler sanal gerçeklik ortamlarında kendi kendilerine keşfetme olanağına sahip olarak yaparak ve yaşayarak öğrenebilirler.
- Sanal gerçeklik ortamları gerçek yaşam etkinlikleri esnasında karşılaşılabilecek risk faktörlerinin önüne geçebilecektir.
- Deneylere ve öğrenme ortamlarına katılma şansı bulamayan engelli bireylerin sanal gerçeklik ortamları ile öğrenme deneyimleri yaşamaları sağlanabilir.
- Sanal gerçeklik uygulamaları ile birbirinden uzaktaki ve ortak ilgiye sahip bireyler ortak projeler için bir araya gelerek farklı deneyimler yaşayabilir.



**KAYNAKÇA**

- Beier, K. P. (2008). *Virtual Reality: A Short Introduction*, University of Michigan. Retrieved June 20, 2016, from <http://www-vrl.umich.edu/intro/>.
- Deryakulu, D. (1999). *Çağdas Eğitimde Yeni Teknolojiler*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, 1021.
- Gobbetti, E. & Scaneti, R. (1998), *Virtual Reality: Past, Present And Future*. Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience. Ios Press: Amsterdam.
- Demiraslan, Y., & Usluel, K. Y. (2005). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin öğrenme öğretme sürecine entegrasyonunda öğretmenlerin durumu. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(3), Article 15. Retrieved May 5, 2006, from <http://www.tojet.net/articles/4315.htm>.
- McLellan, H. (1996). *Virtual Realities*. Handbook of Research for Educational Communications and Technology, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston, s.457-487.
- Piemental, K. & Teixeira, K. (1995). *Virtual Reality: Through the New Looking Glass*. New York: Intel/McGraw-Hill Press.
- Roussou, M. (2004). Learning by doing and learning through play: An exploration of interactivity in virtual environments for children. *Computers in Entertainment*, 2(1), 1-23.
- Sherman, W. R. & Craig A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality*. Elsevier Science, USA.
- Sherman, W. R., Craig A. B. & Will, J. D. (2009). *Developing Virtual Reality Application: Foundation of Effective Design*. China: Morgan Kaufmann Publication.
- Whyte, J. (2002). *Virtual Reality and the Built Environment*. UK: Architectural Press.