



Araştırma Makalesi / Research Article SANAL GERÇEKLIK ORTAMINDA ALGI

Nihal KAYAPA*, Togan TONG

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, Yıldız-İSTANBUL

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Geliş/Received: 18.02.2011 Kabul/Accepted: 30.12.2010

ÖZET

Son dönemlerde, sanal gerçeklik ortamları da bir temsil ortamı olarak tasarımcılar tarafından kullanılmaya başlanılmıştır. Sanal gerçeklik ortamları geleneksel olarak kullanılan temsil ortamlarından, özellikle derinlik algısı konusunda sunduğu olanaklardan dolayı ayrılmaktadır. Derinlik algısı gerçek evrenin üçüncü boyutunun görsel algısıdır. Derinlik algısı, derinlik bilgi kaynaklarından gelen bilgi ile oluşturulur. Bunlar; göze ait bilgi, stereoskopik bilgi, dinamik bilgi ve resimsel bilgidir. Sık kullanılan temsil ortamlarında sadece resimsel bilgi vardır, sanal gerçeklik ortamı ise bazı araçlar ve donanımlarla bu dezavantajın üstesinden gelir. Gözlemci mekânsal fikri (özellikle üçüncü boyutunu) bu ortamda stereoskopik, dinamik ve resimsel bilgi kaynaklarından gelen bilgilerle algılar. Ayrıca sanal gerçeklik ortamında, gözlemci kendi varlığını ortamda hissederek mekânı algılar. Bu özelliklerinden dolayı sanal gerçeklik ortamı, diğer temsil ortamlarına göre gerçek ortam algısına daha yakın bir algı sunar; fakat sanal gerçeklik ortamında, tek bir algı yoktur. Sanal gerçeklik ortamı oluşturmak için, altı ana bileşene ihtiyaç vardır. Bunlar: model, bilgisayar programları, bilgisayar, konum algılayıcı ve etkileşim aracıdır. Bu bileşenler farklı biçimlerle tanımlanabilmektedir; bu da ortamın yapısını ve algısını değiştirmektedir. Bileşenler ayrıca, üç boyutlu grafik dünya, etkileşim, içine girme ve duyuşal geri dönüş gibi ortam özelliklerini de etkilemektedir. Gerçek ortam ve sanal gerçeklik ortamındaki algısal farkları araştıran çalışmalarda, içine girme derecesi daha yüksek olan sanal ortamlardaki algısal tepkilerin, gerçek ortamdaki tepkilere daha yakın olduğunu ortaya konulmuştur. Sanal gerçeklik ortamının içine girme derecesini arttıran etmenler bilinmemektedir; fakat bunların bireysel deneyimle ilişkileri bilinmemektedir.

Anahtar Sözcükler: Sanal gerçeklik ortamı, derinlik algısı, içine girme, sanal gerçeklik ortamı bileşenleri.

PERCEPTION IN VIRTUAL REALTY ENVIROMENT

ABSTRACT

Recently, virtual reality environments also started to be used as representation tool by designers. Virtual reality differs from other representation tools especially because of the opportunities offered in depth source. Real world has three dimensions. Depth perception is the visual perception of the third dimension of the real world. Depth perception is created with information from the depth sources. These are ocular, stereoscopic, dynamic and pictorial information. The representation tools used frequently has only pictorial information. But the virtual reality comes over this disadvantage with some tools and hardware. In this environment, the spatial ideas are perceived with information from stereoscopic, dynamic and pictorial sources. Location and the depth of the objects in the real environment are perceived with information from allocentric and egocentric frames. Observer perceives both information from allocentric and egocentric frames in virtual reality like in real environment. Because of these factors, virtual reality provides a closer perceptual knowledge to real environments than the other representation tools. But there is not a single perceptual knowledge in virtual reality environment like real environment. Six main components are needed in order to create a virtual reality environment. These are model, computer programs, computer, tracking tools and interaction tool. These components can be defined in different ways and this, changes structure of the virtual reality and also, the perception of the environment. Virtual reality components also affect the properties of the environment. Three-dimensional graphical world, being immersed, interactivity and sensorial feedback are the properties of the virtual reality. Being immersed is more important property than the others in the virtual reality used in design activity. Results of studies conducted on perceptual differences between real and virtual reality show that the perceptual responses in virtual reality environments with higher degree of being immersed are closer to real- world reaction. The factors, that increase the degrees of being immersed to virtual reality, are known. There are individual differences in the perceptual responses of observers and the relation between these factors and individual experience is unknown.

Keywords: Virtual reality environment, perceptual differences, being immersed, virtual reality components.

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author: e-ileti/e-mail: nihal.kayapa@gmail.com, tel: (533) 688 11 09

1. GİRİŞ

Tasarımcılar uzun zamandır iki boyutlu çizgisel anlatım, perspektif, maket, animasyon gibi temsil ortamlarını mekânsal fikirleri geliştirmek, değerlendirmek ve başkalarına aktarmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Son dönemlerde, sanal gerçeklik ortamları da bir temsil ortamı olarak tasarımcılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Sanal gerçeklik ortamı, gerçek dünyaya ilişkin bir durumun, bilgisayar tarafından yaratılmış üç boyutlu bir simülasyon içinde, kullanıcının da bu simülasyon ortamını özel aygıtlar yardımıyla, duyuşsal olarak algıladığı ve bu yapay dünyayı, yine bu aygıtlar aracılığıyla denetleyebildiği ortamlar olarak tanımlanmaktadır. Sanal gerçeklik ortamları, geleneksel olarak kullanılan temsil ortamlarından, özellikle de, derinlik algısı konusunda sunduğu olanaklardan dolayı ayrılmaktadır.

2. DERİNLİK ALGISI

Lang (1974), algının çevreden bilgi almayı ve edinmeyi içeren aktif bir süreç olduğunu ifade eder. Berger (1989) ise çevreden alınan bilginin, yüzde seksenden fazlasının görsel duyuşsal aracılığı ile algılandığını söyler. Görsel algı, görsel duyuşsal ortamdan gelen verilerle herhangi bir olayın veya nesnenin zihinsel imgesinin elde edilmesidir. Gerçek evren üç boyutludur. Gerçek evrenin üçüncü boyutunun görsel algılanmasına da derinlik algısı denilmektedir.

Derinlik algısı, derinlik bilgi kaynaklarından (diğer bir ifade ile derinlik ipuçlarından) gelen bilgi ile oluşturulur. Palmer (1999), bu bilgi kaynaklarını dörde ayırır. Bunlar; göze ait bilgi, stereoskopik bilgi (binoküler farklılık), dinamik bilgi (hareket paralaksı) ve resimsel bilgidir.

Göze ait bilgi kaynakları olarak kabul edilen uyum ve yakınsama, gözün doğal yapısından kaynaklanan bilgi kaynaklarıdır. Uyum, göz kaslarının lens şeklinde geçici değişiklikler yaparak, optik odaklanmayı kontrol etmesi olgusudur. Yakınsama ise, retinaya yansımış objeye odaklanmak için yapılan göz hareketidir. İki gözün retinasında oluşan gerçek evrenin yansımaları, gözler arasındaki mesafeden kaynaklı olarak farklılık gösterir. Buna binoküler farklılık ya da retina ayrılığı denir. Birbirinden çok az farklı bu iki imaj, insan beyninde birleştirilerek derinlik algısı elde edilir. Stereoskopik bilgi bu kaynaktan gelen bilgidir. Gözlemci hareket ederken, retinasına yansıyan nesnenin yönü ve oranı değişir. Gözlemcinin çevresindeki objelerin, gözlemcinin retinasındaki göreceli değişimine hareket paralaksı denir. Hareket paralaksı, odaklanılan nesnenin ortamda bulunan diğer nesnelere veya gözlemciye olan yakınlığını veya uzaklığını gösteren bir bilgidir. Monoküler ipuçları olarak da ifade edilen resimsel bilgi kaynakları için tek göz yeterlidir. Bu bilgi kaynakları, her iki göz tarafından aynı şekilde algılanır. Gündelik hayatta ve sanatta sıkça kullanılan resimsel bilgi kaynakları, iki boyutlu statik bir düzlemin üst üste binme, göreceli boyut-bilinir boyut, perspektif, alanda yükseklik, gölge, atmosferik perspektif, doku gradyanı gibi belirli ilkeler dâhilinde incelenmesidir. Palmer (1999), stereoskopik ve dinamik bilginin ilgi uyandıran derinlik bilgisi üretse de, resimsel bilginin derinlik algısında kesinlikle en önemli bilgi kaynağı olduğunu söyler. Tasarımcılar uzun zamandır resimsel bilgiyi temsil ortamlarında kullanmaktadırlar.

Normal koşullar altında, gözlemci iki gözü açık biçimde, ortam ışığı ile aydınlatılmış, hareketsiz yüzeyler arasında dolaştığında, çevresinden farklı derinlik kaynaklarından gelen bilgileri alır. Derinlik algısı, olabildiğince doğru bilgiyi elde etmeyi amaçlayan, birçok farklı kaynaktan gelen bilginin birleşimidir (Palmer, 1999). Eşit önemdeki farklı derinlik ipuçları, genellikle aynı derinlik algısında birleşir. İki boyutlu çizgisel anlatım veya perspektif gibi temsil ortamlarında, mekânsal fikre iki boyutlu bir düzlemde bakılır. Bu temsil ortamları sadece resimsel bilgi içerir, diğer kaynaklardan gelen bilgiler bu ortamlarda yoktur. Animasyon bu temsil ortamlarından farklı olarak dinamik bilgiyi de içerir; fakat bu bilgi de önceden belirlenmiş bir hareketten gelir ve gözlemcinin istekleri doğrultusunda değişmez. Sanal gerçeklik ortamı ise bazı araçlar ve donanımlarla bu dezavantajın üstesinden gelir. Gözlemci bu ortamda, mekânsal fikri özellikle

üçüncü boyutunu, stereoskopik, dinamik ve resimsel bilgi kaynaklarından gelen bilgilerle algılar. Bu noktada şunun altı çizilmelidir ki; göze ait bilgi kaynakları olan; uyum ve yakınsama, sanal gerçeklik ortamında etkin olarak çalışmamaktadır.

Algı kendiliğinden ve genellikle bilinçsiz olarak gerçekleşir. Bu süreçte, gözlemci çevresindeki evrene ait birçok bilgiyi toplar. Gözlemci, bu bilgilerden bir bölümünü evrende kendi varlığını düşünerek ortaya koyarken; bir bölümünü de kendi varlığından bağımsız bir şekilde, evrendeki diğer nesnelere ilişkili olarak ortaya koyar. Howard (1995), algısal evrendeki nesnelere konumlarının ve derinliğinin referans çerçeveleriyle ilişkili olarak ortaya konulduğunu söyler. Referans çerçeveler, kişi merkezli ve nesne merkezli çerçeveler olarak ikiye ayrılır. Kişi merkezli çerçevede, (egocentric) nesnelere konumları, yönelişleri, istikametleri, gözlemcinin belirli perspektifleri ile uyumlu şekilde temsil edilir. Nesne merkezli çerçevede (allocentric) ise nesnelere, gözlemcinin dışında ve onun konumundan bağımsız olarak, bir mekan içinde temsil edilirler (Klatzky,1998). Nesne merkezli çerçeve ile elde edilen konumsal bilgi, gözlemcinin dışındaki bir uzayla ilgilidir ve eşdeğer Kartezyen koordinat sistemindeki noktaların konumuyla tanımlanır. Kişi merkezli çerçeveye elde edilen bilgi ise, kişiyle ilişkili konum eksenleriyle tanımlanır. Kişi merkezli çerçevede özel bir koordinat sistemi oluşturulur; merkez kişidir, referans ekseni de kişinin yönelim eksendir ve kişiye göre nesnenin uzaklığı belirlenir. Kurt'a (2002) göre, beyin bu iki referans çerçevesinden gelen bilgileri bir bütün olarak değerlendirir.

Sanal gerçeklik ortamında, gözlemci zihinsel olarak gerçek evrenden koparak, sanal ortama girer. Bu ortamda, gözlemci kendi varlığını hissederek mekânsal fikri algılar. Diğer temsil ortamlarının algısında, sadece nesne merkezli referans çerçeveden gelen bilgi kullanırken; sanal gerçeklik ortamı algısında, gerçek evren algısında olduğu gibi nesne ve kişi merkezli referans çerçevelerinden gelen bilgiler bir bütün olarak kullanılır. Ayrıca sanal gerçeklik ortamı, gözlemcinin ortamda eylemde bulunmasına ve yer değiştirmesine izin verir. Bunun sonucu olarak ta bu ortamda duygusal geri dönüş, diğer temsil ortamlarından daha güçlü olmaktadır.

3. SANAL GERÇEKLIK ORTAMI VE ÖZELLİKLERİ

Sanal gerçeklik ortamı, gerçek dünyaya ilişkin bir durumu veya hayali bir durumu, üç boyutlu bir simülasyon içinde, gözlemcinin de bu simülasyon ortamını özel araçlar yardımıyla kendi varlığını hissederek etkileşime girerek algıladığı ortamlardır. Pimental ve Teixeira (1995), üç boyutlu grafik dünya, içine girme ve etkileşimin sanal gerçekliğin üç önemli özelliği olduğunu söyler. Sherman ve Craig (2003) bu özelliklere “duygusal geri dönüşü” de ekler.

Üç boyutlu grafik dünya, sanal ortamın ana bilgi kaynağıdır. Aynı zamanda tasarımcının zihninde olan ve yayınlanarak başkaları ile paylaşılan mekânsal fikirlerdir. İngilizce, “being immersed” olarak ifade edilen, içine girme (içinde olma), genellikle duygusal ve zihinsel bir durumu tarif eder. Gerçek olandan zihinsel olarak sıyrılıp, sanal dünyaya (üç boyutlu grafik dünyaya) girmeyi ifade eder (Sherman ve Craig, 2003). İçine girme, dışarıdan gelen etkenlerden soyutlanarak; sadece üzerinde çalışılan bilginin üzerine seçici odaklanmadır. Sanal gerçeklik ortamında etkileşim ise gerçek ortamda yapılan hareketlerin, bu ortama yansması ve bunun sonucu olarak gözlemcide algısal tepkilerin oluşmasıdır. Bu süreç farklı biçimlerde olabilir; gözlemcinin gerçek ortamdaki hareketi ile (kafa veya vücut hareketi) sanal ortamdaki bakış açısı değişebilir, ortam gözlemcinin yazdığı bilgiye cevap verebilir, gözlemci ortamdaki nesnelere yerlerini, özelliklerini değiştirebilir veya aynı sanal gerçeklik ortamında birden fazla gözlemci iletişim içinde olabilir. Etkileşim şekli ortamın oluşturulma amacına göre değişmektedir. Sanal gerçeklik ortamının etkileşim ve içine girme özelliklerinin bir yansıması olarak da kabul edilen duygusal geri dönüş ise; gözlemcinin ortamda kendi varlığını hissedip, duygusal olarak bu mekândan veya bu mekânda gerçekleştirdiği eylemden etkilenmesidir.

Yaygın düşünce, sadece stereoskopik başa yerleştirilen görüntü sağlayıcıyla oluşturulan ortamı, sanal gerçeklik ortamı olarak kabul etmektedir ki; bu görüş, ortamın potansiyelleri ve kullanım alanları göz önüne alındığında, sınırlayıcıdır. Farklı donanımlar, yazılımlar ve teknikler

kullanılarak, farklı amaçlara hizmet edebilecek sanal gerçeklik ortamları oluşturmak mümkündür. Sherman, vd. (2009), sanal gerçeklik ortamının hedeflenen bilgiye göre tasarlanan bir ortam olduğunu söyler. Ortamın tasarımında (oluşturulmasında) kullanılan donanımlar, yazılımlar ve teknikler yukarıda ortaya konulan ortam özelliklerini etkilemektedir. Bazı donanımlar, yazılımlar ve tekniklerle oluşturulan ortamlarda içine girme, etkileşim ve duygusal geri dönüş gibi ortam özellikleri daha etken biçimde çalışırken; bazı ortamlarda bu özelliklerin etkinliği azalmaktadır.

Çizelge 1. Sanal Gerçeklik Bileşenleri, Alt Bileşenleri ve Değişkenleri

SANAL GERÇEKLIK	Sanal Gerçeklik Bileşenleri	Sanal Gerçeklik Bileşenleri Alt Başlıkları	Sanal Gerçeklik Bileşenleri Alt Başlıklarına Ait Değişkenler	
			Üretken Model (Sade Model)	Spesifik Model (Kompleks Model)
SANAL GERÇEKLIK	Model	Modelleme		
		Görselleştirme Şekli (render Type)		Çizgisel Görselleştirme
				Katı Görselleştirme
				Dokulu Görselleştirme
		Anlatım Tekniği		Perspektif
				Animasyon
			360° Panoramik görüntü	
	Bilgisayar Programları	Modelin Üretildiği Program ve Özellikleri		3dmax
				Cinema4d
		Modelin Sunulduğu Program ve Özellikleri		Rhino
				Revit
	Bilgisayar			
	Görüntü Oluşturucu	Monoküler Görüntü Oluşturucular		Monitör
				Video Projeksiyon
				Monoküler Sanal Gerçeklik Gözlüğü
Stereoskopik Görüntü Oluşturucular			Başa Yerleştirilen Görüntü Verici Araçlar	
			Sanal Gerçeklik Gözlükleri	
			Lcd Gözlükler	
Etkileşim Aracı		3 Boyutlu Monitör		
		CRT		
		Küp		
Konum Algılayıcı			3 Boyutlu Projeksiyon	
			Mouse	
			Veri Eldiveni	
			Manevra Kolu	
			Var	
			Yok	

Genel yaklaşım, sanal gerçeklik ortamlarını donanımlar üzerinden anlatmak ve tartışmaktır. Fakat Pimental ve Teixeira'nın (1995) ifade ettiği gibi, donanımlar sadece sanal ortama girmeyi ve etkileşimde bulunmayı sağlar; sanal gerçeklik ortamı oluşturmaz. Sanal

gerçeklik ortamı oluşturmak için, altı ana bileşene ihtiyaç vardır. Bunlar; ana konseptin üç boyutlu modeli, modeli oluşturmak ve sunmak için bilgisayar programları, bu programların çalışması için bilgisayar, modeli oluşturmak ve sanal gerçeklik ortamında görsel olarak deneyimlemek için görüntü oluşturucular, ortamın içine girmek ve hareket edebilmek için konum algılayıcı ve modelle etkileşim içinde olmak için kullanılan etkileşim aracıdır. **Model, bilgisayar programları, bilgisayar, konum algılayıcı ve etkileşim aracı**, sanal gerçeklik ortamı ana bileşenleridir. Ortamı oluşturan bu bileşenler, alt başlıklar aracılığıyla yapılır. Alt başlıklar ise değişkenler arasından yapılan seçimle tanımlanır. Çizelge 1’de sanal gerçeklik ortamı oluşturmada kullanılan bileşenler, alt başlıklar ve değişkenler gösterilmektedir.

Sanal gerçeklik ortamı bileşenlerinin alt başlıklarına ait değişkenler arasında yapılan seçimler, ortamının yapısını belirlemekte ve dolayısıyla ortamdaki algının oluşmasında ana görevi üstlenmektedir. Bu konu bir örnekle açıklanırsa; Çizelge 1’de görüldüğü gibi, model sanal gerçekliğin ana bileşenidir. Model olmadan, bir sanal gerçeklik ortamı oluşturulamaz. Model bileşeni modelleme, görselleştirme şekli ve anlatım tekniği gibi alt başlıklardan oluşur. Bu başlıklara ait veriler oluşturulmadan; model yaratılamaz ve sunulamaz. Modelin oluşturulmasında, görselleştirilmesinde ve sunulmasında farklı yöntemler kullanılabilir. Model oluşturulurken sade veya karmaşık bir modelleme tekniğinin seçilmesi; modelin yapısını, dolayısıyla da sanal gerçeklik ortamının yapısını ve buna bağlı olarak da ortam özelliklerini ve algısını etkilemektedir.

4. SANAL GERÇEKLIK ORTAMINDA ALGI

Sanal gerçeklik ortamında algı, gerçek ortamdan farklı olarak, seçilen değişkenlere göre değişir. Dolayısıyla sanal gerçeklik ortamında algı üzerine araştırma yapılırken; ortamı oluşturan bileşenleri tanımlayan değişkenlerin, algıya etkisi iyi irdelenmelidir.

Gerçek ortam algısında, gözlemci mekânsal bilgi ile çevrilidir. İç mekân durumunda gözlemci mekânın içindedir; dış mekânda ise, gözlemci gökyüzü, doğal ve yapay çevre ile sarılı bir ortamda yapıyı algılar. Dolayısıyla gözlemci, her daim farklı noktalardan gelen mekânsal bilgi ile çevrilidir. Sherman ve Craig ‘e (2003) göre, sanal gerçeklik ortamın içine girme yani gerçek ortamdaki koparak sanal ortama girme özelliğinin yüksek olması, gerçeklik duygusu yaratmakta ve duygusal geri dönüşü arttırmaktadır. Gerçek ortam ve sanal gerçeklik ortamındaki algısal farkları araştıran çalışmalarda, içine girme derecesi daha yüksek olan sanal ortamlardaki algısal tepkilerin, gerçek ortamdaki tepkilere daha yakın olduğunu ortaya konulmuştur.

Pimental ve Teixeira’nın (1995) sanal gerçeklik ortamının, etkileşim ve üç boyutlu grafik dünya gibi özellikleri olsa da içine girmenin, ortamın en önemli özelliği olduğunu vurgular ve içine girmenin derecesini etkileyen etmenleri ortaya koyar (Bkz. Çizelge 2). Sanal gerçeklik ortamının görsel alanının, çözünürlüğünün, yenilenme hızının, detay miktarının yüksek olması, başa yerleştirilen görüntü verici, konum algılayıcı, stereoskopik görüntü sağlayıcı donanımların kullanılması ve ortamın etkileşime izin vermesi, içine girmenin derecesini arttırmaktadır.

İçine girme özelliğinin etkinliği arttırmak, sadece Çizelge 2’de ortaya konulan etmenlere bağlı değildir. Gözlemcilerin sanal ortamdaki algısal tepkileri, bireysel farklılıklar göstermektedir ve içine girmenin derecesi de bu farklılıklardan etkilenmektedir. Pimental ve Teixeira (1995), bir kişi için önemli olan etmenin, diğer bir kişi için önemli olmadığını ifade eder ve yukarıda ortaya konulan etmenlerin bireysel deneyimle ilişkisini açıklayamadıklarını vurgular. Sherman ve Craig (2003) ise, onbeş yıldır sanal gerçeklik arayüzleri ve insan ilişkileri üzerine hatırı sayılır bir araştırma yapıldığını; fakat insanın arayüze verdiği tepkinin tam olarak anlaşılmadığını, vurgular.

Çizelge 2. Sanal Gerçeklik Ortamında İçine Girmeyi Etkileyen Faktörler



4. SONUÇLAR

Bireyin gerçek mekânı nasıl tanımladığı, mekânın onun için anlamını, ona ne duyumsattığı söz konusu olduğunda, o ortamın nasıl algılandığı sorusu önem kazanmaktadır. Algı, insanın içinde bulunduğu çevreyi tanıması ve anlamlandırması için yaşamsal bir olgu iken, mekânın tasarımında, değerlendirilmesinde, üretilmesinde, kısacası mimarlık kapsamında yer alan her türlü eylem, olgu ve süreç içinde önemli bir yer tutmaktadır. Sanal gerçeklik ortamı, sık kullanılan temsil tekniklerinden daha çok derinlik bilgi kaynağı içermesi ve gerçek ortama daha yakın bir algı sunması nedeni ile ayrılmaktadır. Fakat yapılan araştırmalar göstermektedir ki; bu ortamdaki algı gerçek ortamdaki algı ile tam olarak örtüşmemektedir.

Yukarıda da ifade edildiği gibi, sanal gerçeklik ortamı hedeflenen bilgiye ulaşmak için tasarlanan bir ortamdır. Mimari tasarım sürecinde kullanılacak sanal gerçeklik ortamının, içine girme derecesinin yüksek olması; ortamda gerçek ortama benzer algısal bilgi elde edilmesi açısından önemlidir. İçine girme özelliğini arttıran etmenler bilinse de bu etmenlerin birbirleriyle etkileşimi ve bireysel deneyimdeki rolü bilinmemektedir. Bunların ortaya konulması, ortamdaki algının gerçek ortam algısı ile örtüşme oranının bilinmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- [1] Sherman, W.R., Craig A.B., (2003), "Understanding Virtual Reality", Elsevier Science, Usa.
- [2] Sherman, W.R., Craig A.B. ve Will, J.D., (2009), "Developing Virtual Reality Application, Foundation of Effective Design", Morgan Kaufmann Publication, China.
- [3] Piemental, K. & Teixeira, K., (1995), "Virtual Reality : Through the New Looking Glass", Intel/McGraw-Hill, New York.
- [4] Akai, C. (2007), "Depth Perception in Real and Virtual Environments: An Exploration of Individual Differences", Master Thesis, University of British Columbia, Usa.
- [5] Henry Daniel, (1992), "Spatial Perception in Virtual Environments: Evaluating an Architectural Application", Master thesis, University of Washington.
- [6] Knapp, J.M., (1999), "The Visual Perception of Egocentric Distance in Virtual Environment", Phd thesis, University of California, Usa.

- [7] Gooch,A.,A,Willemsen,P., (2001), “Evaluating Space Perception in NPR Immersive Enviroment”, Phd Thesis, University of Utah, Usa.