



**MEDVR: TIPTA BİR GELİŞTİRİLMİŞ GERÇEKLIK UYGULAMASI
VE BAŞARIYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

**(MEDVR: AN AUGMENTED REALITY APPLICATION IN MEDICINE
AND FACTORS ON SUCCESS)**

Ahmet Özkurt*

ÖZET/ABSTRACT

Geliştirilmiş Gerçeklik (*Enhanced Reality, Augmented Reality*) yaklaşımı, tamamen sentetik bir ortamın insanlar tarafından gerçek olarak algılanmasını amaçlayan Sanal Gerçeklik (SG, *Virtual Reality, VR*) yönteminde gerçek dünya ile de etkileşim sağlanması ile ortaya çıkmıştır. Bu sayede gerçek ortam ve durumlarda sanal gerçeklik ekipmanı kullanılarak insan algılaması çeşitli bilgi ve tekniklerle daha zenginleştirilebilmekte, gerçek doğal ortamda beklenenden daha fazla bir gerçeklik hissi alınabilmektedir. Tıp alanında ise Geliştirilmiş Gerçeklik uygulamaları eğitim, teşhis ve tedavi amaçları ile elde edilen gerçek verilerin bilgisayar desteği ile işlenmesi ve tıbbi işlemlerde diğer bilgi ve yöntemlerle desteklenmesi esasına dayanır. Bir hekimin kendi imkanları ve bilgi birikimi yanında ihtiyaç duyabileceği diğer bilgi, destek ve ayrıntıların gerektiği ortamda etkileşimli olarak sağlanması sonucu işlemin başarı oranı artacağından insan sağlığı bakımından iyileştirmeler de sağlanabilir. Bu makalede, yukarıda anlatılan metot ve sistemlerin ortak özellikleri verildikten sonra, özellikle beyin ameliyatları için gerekli eğitim, teşhis, planlama ve tedavi amaçlı bir geliştirilmiş bir gerçeklik sistemi prototipi sunulmuştur. Bu prototip sistemin geliştirilmesi aşamasında gereksinimleri, uygulama alanları ve uygulamada karşılaşılabilen diğer problemlerin analizi ve çözümleri üzerinde de durulmuştur.

Augmented Reality (Enhanced Reality) method is existed from the term of virtual reality, which is used an immersion approach for human to sense all synthetic world as real with the interaction with the real world. By using this approach, it is possible to donate human perception with extra information further than natural senses and enhance human immersion. In the medicine, augmented reality can be used to enhance the information that the medical personnel may require in the education, diagnosis and treatment phases of their efforts on their background donations. After donating the medical personnel with desired information on required time efficiently and interactively, this may increase the success rate of the operation and thus improve the human health. In this article, after giving common properties of similar assistance systems and methods, a prototype enhanced reality system which can be used specially in all phases of brain surgeries is presented. Details, requirements, and limitations of that prototype system are also discussed.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Geliştirilmiş gerçeklik, Sanal gerçeklik, Tıpta ileri görüntüleme teknikleri
Augmented reality, Enhanced reality, Virtual reality, Medical visualization techniques

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Müh. Böl., Kaynaklar Yer., Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

Son yıllara kadar hekimlerin büyük bölümü çeşitli bulgular ve ölçümlerle elde ettikleri biyolojik işaretler ile kendi birikimleri ve el becerileri ile hastalık tanıma ve tedavi yöntemleri geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerin doğruluk ve hassasiyet dereceleri konusunda tartışmalar sürmektedir. Her geçen gün yeni bir yöntem ortaya atılmakta, teşhis ve tedavi yöntemleri arasında bir standartlaşma imkanı aranmaktadır. Bu durumların oluşmasındaki en büyük neden, mevcut bilgilerin tam olarak toplanamaması ve tüm hekimlerin eğitim ve uygulamada benzer şartlarda bulunmamasıdır.

Tıp alanında Geliştirilmiş Gerçeklik uygulamaları eğitim, teşhis ve tedavi amaçları ile elde edilen gerçek verilerin bilgisayar desteği ile işlenmesi ve tıbbi işlemlerde diğer bilgi ve yöntemlerle desteklenmesi esasına dayanır (Greenleaf, 1996). Bir hekimin kendi imkanları ve bilgi birikimi yanında ihtiyaç duyabileceği diğer bilgi, destek ve ayrıntıların gerektiği ortamda etkileşimli olarak sağlanması sonucu işlemin başarı oranı artacağından insan sağlığı bakımından iyileştirmeler de sağlanabilir.

Çalışmada, özellikle beyin ameliyatları için gerekli eğitim, teşhis, planlama ve tedavi amaçlı bir geliştirilmiş gerçeklik sistemin geliştirilmesi aşamasında gereksinimleri, uygulama alanları ve uygulamadaki diğer problemlerin çözümü üzerinde durulmuştur. Elde edilen prototip sistemin ayrıntıları verilmiş, tıbbi personelin görüşleri doğrultusunda, teknik gereksinimler ve sınırlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Kullanılan yöntem, daha önceden hastadan alınmış gerçek MRI (*Magnetic Resonance Imaging*), CT (*Computed Tomography*) ve EKG (*Electrocardiogram*) gibi verilerinin üç boyutlu bir sanal ortamda birleştirilmesi, gerçek kamera ve mikroskop görüntüleri ile birlikte hekim tarafından kullanılmasının sağlanmasıdır (Toriwaki ve Mori, 1999). Bu yöntem gerçek ve/veya sanal veriler kullanılarak tıp eğitiminde, ameliyat planlamasında, tedavide ve tedavi sonrası izlemede kullanıma uygundur.

Son yıllarda artan oranda kullanılmaya başlanan yöntem ile teşhis ve tedavinin doğruluk ve başarı oranı artımı sayesinde insan sağlığına olumlu katkılar yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

Bu çalışmada, ilk önce geliştirilmiş gerçeklik sistemlerinin kaynağı sanal gerçeklik tanımı verilecek, bileşenleri tanımlanacak, gereksinimleri ve sınırlamaları verilerek okuyucunun temel bir bilgiye sahip olması sağlanacaktır. Daha sonra verilen sanal gerçeklik bilgisi üzerine geliştirilmiş gerçeklik sistemleri ve özellikle tıp alanındaki uygulamalarına dönük tartışmalar yapılacaktır. Verilen bu bilgiler, daha sonra örnek bir geliştirilmiş gerçeklik uygulama sistemi üzerinden tamamlanmaya çalışılacak, bu sistem ve benzerlerinden yola çıkarak bu tür yöntemlerin başarısını arttıracak veya etkileyecek faktörler yöntemi oluşturan metodun bileşenleri ve terimleri cinsinden eldeki değerlerle verilecek ve yorumlanacaktır.

2. SANAL GERÇEKLİK

Sanal gerçeklik (*Virtual Reality*) ilk olarak 1965 yılında Ivan Sutherland tarafından “bir ekrandaki sanal dünyanın gerçek görünmesi, gerçek duyulması, gerçek hissedilmesi ve gözlemci hareketlerine gerçekçi tepkiler verilmesi” olarak tanımlanmıştır (Mazuryk vd., 1996). Bu tanımdan anlaşılacağı gibi bu yöntem insan algılarının gerçek olmayan bir dünya ile yanıtlanması esasına dayalıdır. Çizelge 1 insan duyularının toplam algıdaki rollerini vermektedir.

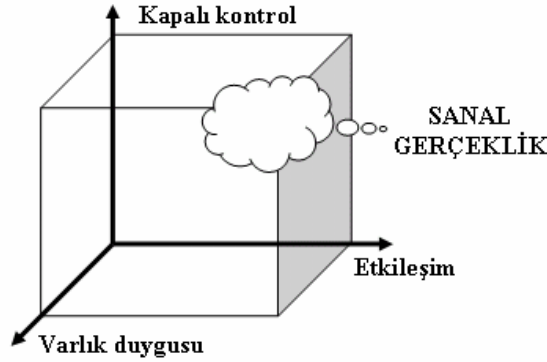
Yapılan birçok tanımı bulunan sanal gerçeklik için en uygun tanım olarak tamamen duyuşal, çok yönlü etkileşimli, çoklu algılama öğeleri içeren, gözlemci merkezli ve üç boyutlu bilgisayar üretimi bir ortam olarak yapılandır (Cruz Neira, 1993). Bu diğer tanımlar

gibi burada da önemli olan yeterli duyuşsal materyal ile algılama yanılması sağlayabilmek ve bu gerçekdişı dünyayı gerçek hissi oluşturacak şekilde yapılandırabilmektir.

Çizelge 1. İnsan duyularının toplam algılamada yeri (Heilig 1992)

Duyu	Toplam algıdaki yeri %
Görme	70
Duyuma	20
Koklama	5
Dokunma	4
Tatma	1

Bütün bunlardan sanal gerçekliğin gerçekte olmayıp yaratılan (*simulated*) dünyada etkileşimli (*interactive*) ve varolma duygusu (*immersive*) deneyimi olduğu sonucuna varılabilir (Zelter, 1992). Burada etkileşim (*interactive*), kapalı kontrol (*autonomy*) ve varlık duygusu (*presence*) eş olarak değerlendirilmekte ve bunların birleşimi toplam etkiyi getirmektedir. Şekil 1 bu dengeyi göstermektedir.



Şekil 1. Sanal gerçekliğin 3 eksenli VR – Zeltzer's cube (Zelter, 1992)

Teknolojik olarak duyuşsal sistemler ile yapılan sanal gerçekliğ uygulamalarında bilgisayarlar tarafından üretilmiş tamamen 3 boyutlu görüntülerin iki boyutlu ekranlar, HMD (*Head Mounted Display*) veya *stereographic* ekranlar üzerinde gözlemcinin el (*data glove*) ve baş hareketleri ve pozisyonu ile orantılı ve gerçekçi olarak yenilenmesi ve/veya değiştirilmesi, ses ve mekanik geri besleme devreleri ve ekstra sensörler ile desteklenmesi yoluyla tamamen hissedilebilir bir gerçekliğ uygulanması mümkün olmaktadır (Scheirich, 1994).

2.1. Sanal Gerçekliđ Uygulamaları

Genel prensiplerine bakıldığında her türlü veri ve uygulama için avantajları bulunan sanal gerçekliğ daha çok aşağıdaki alanlarda uygulama fırsatı bulabilmektedir (Mazuryk ve Gervautz, 1996). Bu tip uygulamalarda temel amaç endüstriyel veya mimari verilerin üretim sürecinden önce belirli etkenlere göre önceden sanal ortamda test edilmesi ve sorunların bilinerek son halinin üretilmesi üretim sürecinin kısaltılması ve tekrarlardan dolayı artan maliyetin düşürülmesidir. Eğlence sektörü de insan algısının yanılması ile başlangıçtan beri ilgilenmiştir. Bu sektör belli sanal gerçekliğ yöntemlerini kullandığı gibi kendisi de diğer uygulamaları etkileyecek yöntemler de geliştirmiştir.

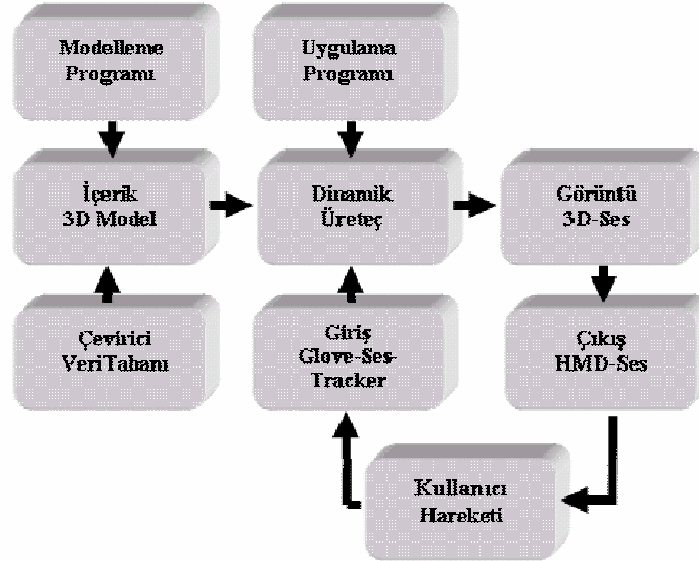
- Veri ve Mimari görüntüleme
- Modelleme, Tasarım ve Planlama

- Eğitim ve tecrübe artırımı
- Telepresence ve uzaktan işlem
- Kooperatif çalışma
- Eğlence ve Spor

2.2. Temel Sanal Gerçeklik Sistemi

Temel bir sanal gerçeklik sistemi, gerekli görüntüleme ve mekanik geri besleme elemanları, bir bilgisayar sistemi ve bu sistem üzerinde çalışan yazılımdan ibarettir. Şekil 2 böyle bir sistemde en genel anlamda yapılması gereken işlemler ve aralarındaki ilişkiyi göstermektedir.

Yapılan esas işlem bilgisayar ortamında oluşturulan yapay dünyanın görüntü özellikleri ve bakış açısını kullanıcı hareketlerine uygun şekilde *manipule* edilmesi ve sanal ortamdaki objelerle etkileşimli bir gerçeklik hissi yaratılmasıdır. Bu amaçla görsel ve duyuşal bütünlük oluşturmak için ses ve görüntü ağırlıkla kullanılır. Genellikle baş üstü ekranlar (HMD) çıkış, veri eldivenleri (*data glove*) ve pozisyon izleyiciler (*tracker*) giriş birimi olarak kullanılarak yazılımsal sanal dünyalar yaratılır (Lee ve Kim, 1996).



Şekil 2. Temel sanal gerçeklik sistemi yapılandırılması (Greenleaf, 1996)

2.3. Sanal Gerçeklik Donanımları

Temel olarak bir Sanal Gerçeklik sistemi 4 ana bileşenden oluşur. Bunlar:

1. Giriş Birimleri:

- Pozisyon ve Dönüş İzleme Devreleri: Magnetik, Akustik, optik ve mekanik
- Göz İzleme devreleri
- 3D giriş Devreleri: 3D fare, Data Glove, akıllı manipulatörler
- Masaüstü Giriş Devreleri: SpaceBall, CyberMan

2. Çıkış Birimleri: Gösterge ve ses birimleri

- Görsel Ekranlar
 - CRT tip
 - LCD tip

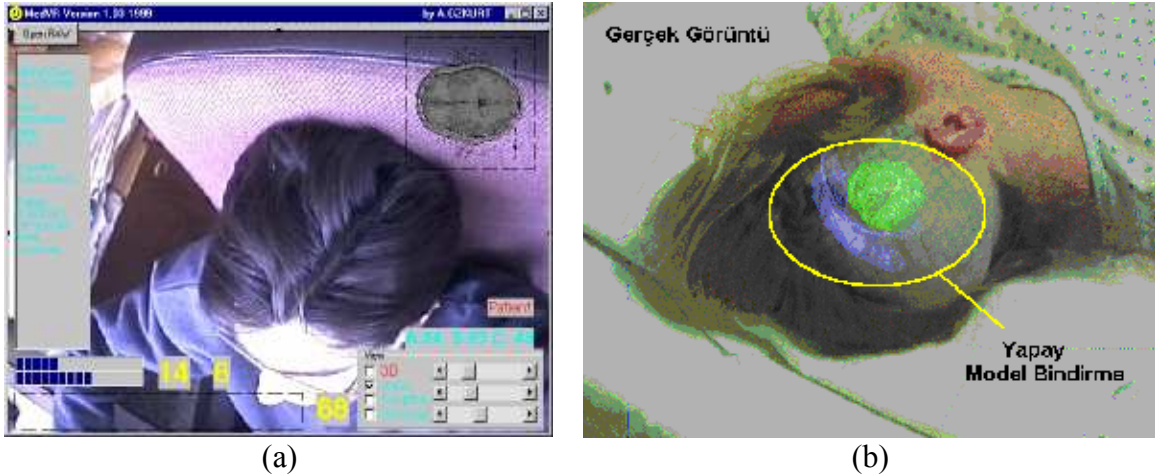
3D glasses SHUTTER GLASSES

Surround displays
Binocular Omni Oriented Monitors (BOOM)
Head Mounted (Coupled) Displays (HMD)

- Mekanik geri besleme Ürünleri
Kinetik (force) geri besleme monitörleri
Dokunmatik geri besleme monitörleri
 - Ses Üreteçleri
3. Hesaplama ve Görüntü Donanımı.
Hacimsel Görüntüleyiciler
Yüzeysel Görüntüleyiciler
 4. Sistem Yazılımı ve Grafik Motoru

3. GELİŞTİRİLMİŞ GERÇEKLİK

Geliştirilmiş Gerçeklik, Sanal gerçeklikte gözlemci veya kullanıcının tamamen bilgisayar ortamındaki sentetik dünya ile ilişkisinden farklı olarak gerçek dünya ve sanal objelerin birleşimi olan bir ortamdır. Bu metotta kullanıcı daha çok görsel yönde etkilenen algıları kullanarak, etiketler, üç boyutlu gerçekçi modeller ve/veya açıklayıcı bilgilerle donatılır (Tang vd 1998). Sanal gerçeklikten farklı olarak gerçek dünya ile etkileşim kesilmeyip aksine bu etkileşimi en yüksek seviyeye getirmek amaçlanmıştır. Şekil 3 bilgilerle desteklenmiş geliştirilmiş gerçeklik uygulama sonuçlarını göstermektedir.



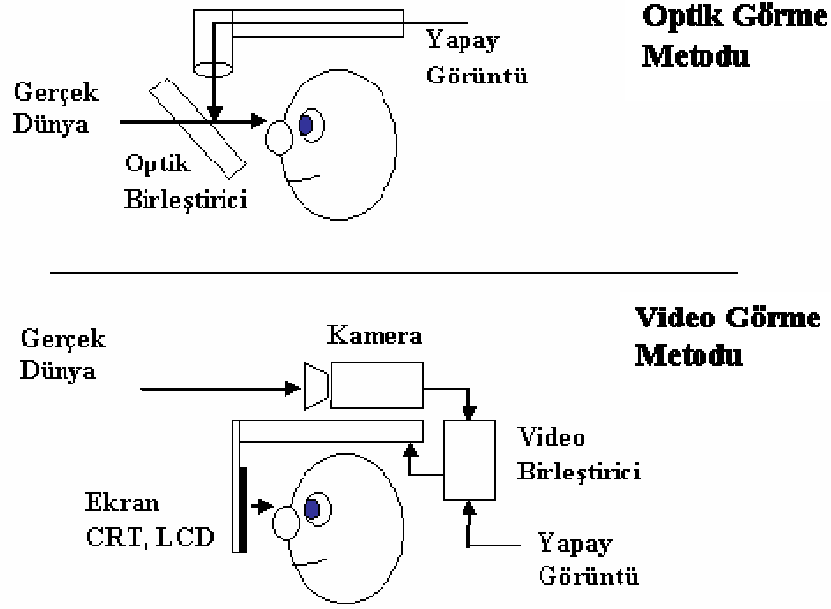
Şekil 3. Geliştirilmiş Gerçeklik Uygulamaları a)MEDVR (Özkurt, 2001), b) HipNAV

3.1. Geliştirilmiş Gerçekliğin Farklılıkları

Geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında kullanılan ekipmanlar sanal gerçeklik ekipmanlarına benzer özellikler gösterse de gerçek dünya etkileşimi gereksinimi sebebiyle temel bazı farklılıklar vardır. Bu farklılıklar; görüntü aktarımı, çevreyi algılama ve mekanik geri besleme konularında ortaya çıkmaktadır.

Görüntü Aktarma: Gerçek dünya görüntülerinin ve yapay model ve bilgilerin aynı anda görüntülenmesi amacıyla hem gerçek görüntü kaynağına hem de iki görüntüyü birleştirecek bir yapıya ihtiyaç vardır. Bunu için temel 2 yöntem önerilmektedir (Tang vd., 1998). Bunlar, optik görme (Optical see-through) ve video görme (Video see-through) yöntemleridir. Bunların arasındaki en önemli fark optik yöntemde kullanıcının kendi gözü ile gördüğü gerçek dünya görüntüsüne saydam bir birleştirici üzerine yapay bilginin düşürülmesi, video

görme ise tamamen kapalı bir HMD-kamera düzeneği ile tüm görüntünün birleştirilip kullanıcıya verilmesi işlemidir. Bu iki sistem arasındaki fark Şekil 4'te gösterilmiştir. Optik birleştirici işlevi baş üstü ekipmanla yapılabileceği gibi, saydam monitör sistemleri ve aynalı yansıtıcılarla da yapılabilir. Video görme tekniği ise daha karmaşık bir tekniktir. Kullanıcının ve kameranın bakış açısının uyarlanması gerekmektedir. Ancak alınan gerçeklik duygusu optik sistemlerdeki derinlik eksikliği karşısında oldukça olumludur.



Şekil 4. Geliştirilmiş Gerçeklik Görüntü Mekanizmaları

Çevreyi Algulama: Sanal gerçeklikte tüm algılanan yapay dünya bilgisayar ortamında olduğu için uzaklık ve referans nokta konularında nispeten serbestlik vardır. Ancak gerçek dünya ilişkilerinde gerçek boyut ve uzaklıklar ile çalışmak zorunluluğu nedeniyle gerçek pozisyon ve boyut ölçümlerine ve gerçek koordinat dönüşümleri yapılmalıdır.

Mekanik Geribesleme: Gerçek dünyanın tepkileri genellikle analog olarak oluşmaktadır. Bu değişken büyüklüklerin gerginlik, sertlik gibi sisteme dahil edilmesi ve belli uygulamalarda işlenmesi gerekmektedir. Bu geri besleme özellikle dokunma duygusu gerektiren tıbbi ve plastik uygulamalarda önem kazanmaktadır.

3.2. Tıpta Geliştirilmiş Gerçeklik Uygulamaları

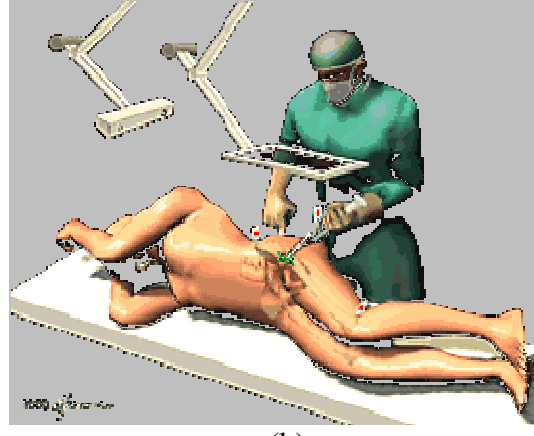
Tıp alanı teknolojik gelişmelere en yakın alanlardan biridir. İnsan sağlığı ile ilgili gereksinimler birçok gelişmeyi doğurmuş veya bu gelişmelerin ortaya çıkmasında zorlayıcı ve destekleyici görev yapmıştır. Son yıllarda tıbbi personelin insan vücudunun çalışması hakkında daha detaylı üç boyutlu bilgi edinme ve görsel materyal kullanma oranı gittikçe artmaktadır. Sanal gerçeklikle başlayan ve geliştirilmiş gerçeklik ile devam eden eğilimde aşağıdaki uygulamalarda etkin kazanımlar sağlanabileceği görülmüştür (Greenleaf, 1996; Faulker vd., 1996; Toriwaki ve Mori, 1999).

- vücudun herhangi bir riskli operasyon yapılmadan anatomik özelliklerinin öğretilmesi,
- vücut çalışma şeklinin gözlenmesi,
- herhangi bir rahatsızlığın belirlenmesi,

- uygun tedavinin gerçekçi simülasyonlarla belirlenmesi,
- en uygun tedavinin planlanması,
- planlanan tedavinin en etkili şekilde uygulanması için yardımcı sistemler,
- uzaktan etkileşimli konsültasyon imkanı ile uzaktan tıbbi operasyon olasılıklarının geliştirilmesi,
- çeşitli mental rahatsızlıkların test edilip rehabilitasyonlarının yapılması ve
- özürhümlerinin sorunlarının çözümleri



(a)



(b)

Şekil 5. Tıpta geliştirilmiş gerçeklik uygulamaları. (a)Görsel gezinti (Toriwaki, Mori, 1999), (b)Ameliyatlarda optik görme işlemi.

Yukarıdaki uygulama alanlarından görüleceği gibi bu uygulamalar tıbbın eğitim, teşhis ve tedavi amaçlarının tamamında kullanılmaya uygundur. Şekil 5 örnek uygulamaları göstermektedir.

4. MEDVR (MEDICAL VIRTUAL REALITY) SİSTEMİ

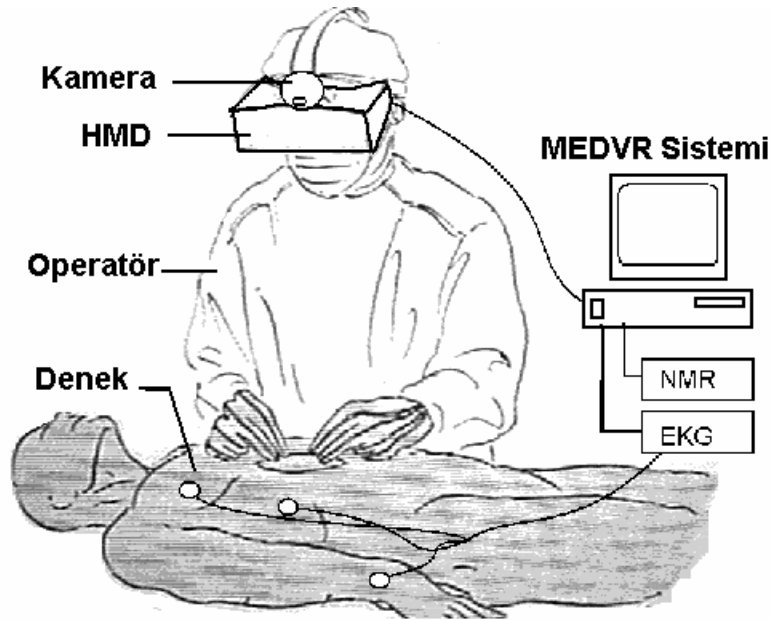
MEDVR sistemi, özellikle ameliyatların eğitim, teşhis, planlama ve tedavi aşamalarında kullanılmak ve benzer sistemlerin üzerinde araştırmalar yapmak üzere geliştirilmiş prototip bir operatör destek sistemidir. Temel prensibi, sanal gerçeklik ekipmanı ve Geliştirilmiş gerçeklik görüntüleme yöntemi kullanarak ameliyatlara ilgili tüm işlemlerde görsel destek sağlayarak operatörün başarısını arttırmak ve insan sağlığını geliştirebilmektir. MEDVR uygulama şeması Şekil 6'da verilmiştir.

MEDVR sistemi, temel olarak bir, iki ve üç boyutlu biyolojik sinyalleri ve gerçek hasta video görüntülerini giriş olarak kullanır. Giriş sinyalleri gerekli ön ve ileri işlemlerden geçirilerek yapılan işlemin niteliğine uygun şekilde operatörün başında bulunan HMD üzerinden gerçek video görüntüsüne anahtar renk bindirme metodu kullanarak bindirir. Şekil 7 MEDVR sisteminin blok diyagramını göstermektedir.

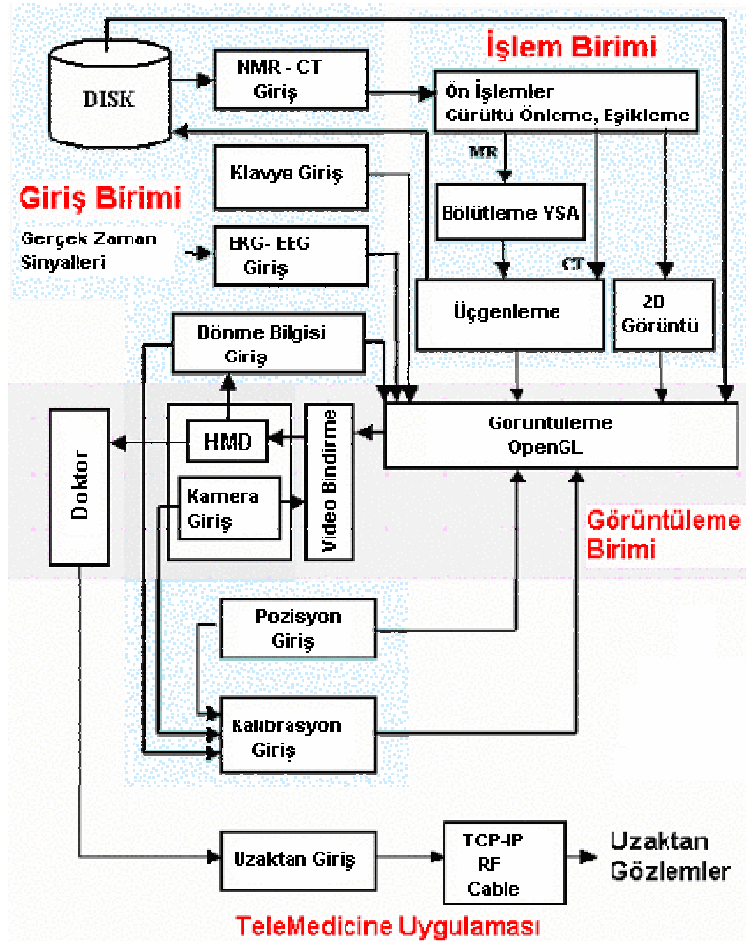
MEDVR sistemi blok diyagramından da görülebileceği gibi bir bilgisayar donanımı, tek boyutlu biyolojik sinyaller için bir veri toplama birimi, daha önceden alınmış iki ve üç boyutlu bilgiler için bir disk ve arabirim, bir yazılım uygulaması, sanal gerçeklik ekipmanı ve geliştirilmiş gerçeklik için özel video bindirici devre ve yazılımı içermektedir. Sistem üzerinde henüz uygulanmayan bir de uzaktan gözlem imkanı mevcuttur.

Sistem üzerinde bir, iki ve üç boyutlu destek görüntüleri alınabilmektedir. Tek boyutlu görüntüler EKG gibi sinyaller, iki boyutlu görüntüler CT ve NMR imajları ve üç boyutlu görüntüler ise iki boyutlu CT ve NMR görüntülerinin filtrelenmesi, bölütlenmesi ve

modellenecek işlenmesi ile elde edilen üçboyutlu poligonlaştırılmış yüzey görüntüleridir. Şekil 8 gerçek görüntü üzerine yapılan eklemeleri ve sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 6. MEDVR prototip sistemi uygulama şekli (Rosen vd., 1996)



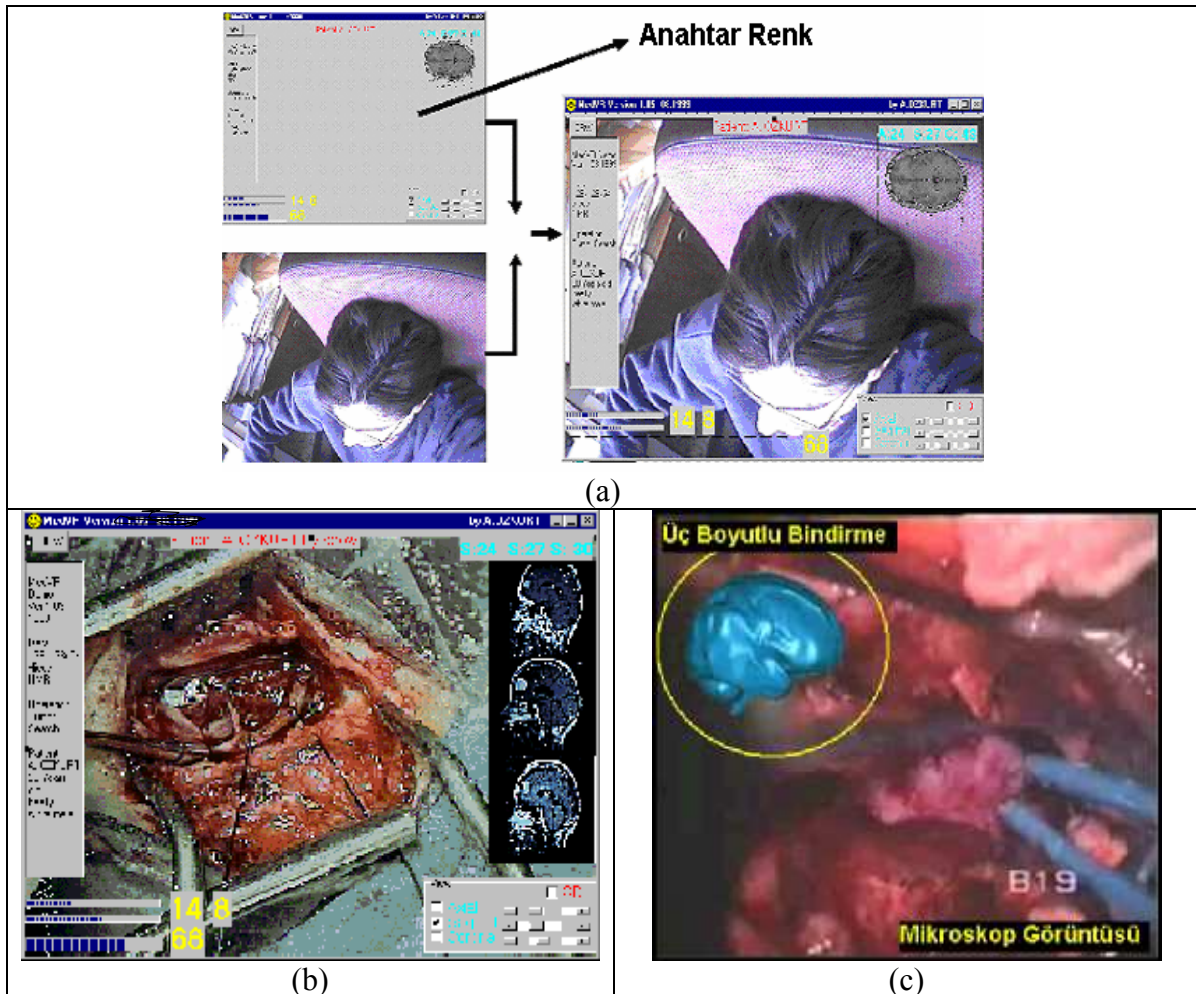
Şekil 7. MEDVR sistemi Blok Diyagramı (Özkurt, 2001)

MEDVR sistemi, 333 MHz hızında, çift PII işlemcili, 256MB RAM kullanan, 14GB disk kapasiteli bir bilgisayar sisteminde çalışmaktadır. Özel bir video yakalama ve anahtar renk bindirme opsiyonu olan gelişmiş bir ekran kartına sahiptir. Bu konfigürasyon bir CCD kamera ve güç yedeklemesi ile desteklenmektedir. EKG ve EEG girişleri için bir adet 100kHz örnekleme frekansına sahip 10 kanallı veri giriş/çıkış kartı kullanılmıştır.

İşletim sistemi olarak Windows NT 4.0 ve 2000 kullanılmıştır. MEDVR sisteminin ana yazılımı Borland C++ Builder kullanılarak geliştirilmiş, üç boyutlu görüntülerde OpenGL grafik kütüphanesinden yararlanılmıştır. Ancak video bindirme işlemi MUTECH IV400 kartı yazılımı ile bağımsız olarak yapılmıştır.

Sistem güvenilirliği ile ilgili olarak bir çalışma yapılmamıştır. Ancak sistemin gerçek anlamda uygulamaya sokulması aşamasında güvenilirliği belgelenmiş ürünler kullanmak gereklidir.

MEDVR sistemi veri girişi aşamasında gerçek zamanlı olan ve olmayan olarak iki ana grupta sinyalleri işlemektedir. Gerçek zamanlı işaretler; biyolojik sinyaller, kullanıcı baş hareketleri, kullanıcı klavye ve ses girişi ve video sinyalidir. Bunlar neredeyse gerçek zamanda işlenebilmektedir. Gerçek zamanda olmayan işaretler ise iki boyutlu CT ve NMR datalarıdır. Bu datalar katman katman yerleştirilmiş hacimsel yapıya dönüştürülür ve veri işleme aşamasına aktarılır.



Şekil 8. MEDVR sistemi sonuçları. (a) anahtar renk bindirme işlemi, (Özkurt 2001) (b) Bir ve 2 boyutlu bilgi bindirme, (Özkurt, 2001), (c) üç boyutlu model bindirme (Özkurt ve Özmehmet, 2001)

Veri işleme aşamasında ön işlemler ve ana işlem bölümü yer alır. Ön işlemler genel gürültü ve arka plan temizleme ve eşikleme olarak tamamlanır. Bu aşama EKG, EEG ve CT verisi için yeterli olup bir ve iki boyutlu gösterime hazır hale getirilir. Ancak NMR görüntüleri bu aşamadan sonra alt bölgelerin ayrıştırılması amacıyla bölütleme ve ayıklama işlemlerine sokulmak zorundadır. Bölütleme işlemi için NMR görüntülerinin uzaysal ve istatistiksel özelliklerinden bölütleme yapan bir yapay sinir ağı (YSA) kullanılmıştır. Kullanılan YSA Kohonen'in SOM (*Self Organizing Maps*) ağıdır (Kohonen, 1990). Her katmanın bölütlenmesinin ardından bütün beyin dokuları birleştirilerek ayrı ayrı tamponlarda tutulurlar. Benzer şekilde basit bir eşikleme ile ayrılan CT verileri kafatası bilgisi olarak ayrıca saklanır.

Ayrı tamponlarda tutulan beyin doku ve kafatası bilgileri eğer üç boyutlu görüntüleme yapılacaksa daha uygun ve hızlı görüntülemek için modellenmelidir. Bu amaçla iki ana yöntem vardır. Bunlar, yüzey ve hacim modellemesidir. MEDVR sistemi Marching Cubes algoritmasını kullanarak üçgen yüzey modelleme yapmaktadır (Lorensen ve Cline, 1987). Bu modeller ayrı ayrı olarak önceden gerçekleştirilmektedir.

Görüntüleme aşamasında en büyük işlem gücü üç boyutlu gösterimlerde harcanır. İncelenen bölgenin boyutu ve modellemeye üretilen üçgen sayısı ile orantılı olan detay görüntüsüne bağlı olarak saniyede işlenen üçgen sayısı artabilir. Bu durumda adaptif bir detay indirgeme de yapılmıştır. Elde edilen görüntüler, OpenGL grafik kütüphanesindeki tamponlar aktararak etkileşimli görüntüleme mümkün hale getirilir.

5. GELİŞTİRİLMİŞ GERÇEKLIK SİSTEMLERİNDE BAŞARIYI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Standart bir görüntüleme sisteminden farklı olarak geliştirilmiş gerçeklik sistemlerinde kullanıcı veya gözlemci üzerinde algısal kabullenmeler elde etmek ve yanılsamalar yapabilmek için belli koşulların sağlanmış olması gerekmektedir. Bu koşullar sistemin tüm donanım, yazılım, oluşturulacak varolma hissi ve sistem performansı ile bir bütün olarak sağlanmalıdır. Ancak ilk olarak İnsan görsel hissetme (*Visual Perception*) karakteristiğinin belirlenmesi daha sonra ise bu algıyla doğrudan ilgili diğer teknik parametrelerin incelenmesi yararlı olacaktır.

5.1. İnsan Görsel Hissetme Karakteristiği Özellikleri

İnsan görsel hissetme sistemi belli bir görüntüyü algımlarken aşağıda verilen noktalarda mümkün olduğunca rahatlık hissetme arzusundadır (Scheirich, 1994). Bu parametrelerin her birindeki en uygun değerler görsel etkilenmeyi olumlu olarak geliştirir.

- Görme alanı (*Field of view*)
- Görsel netlik (*Visual acuity*)
- Titreşim miktarı (*Temporal resolution*)
- Parlaklık ve renk (*Luminance and color*)
- Derinlik hissetme (*Depth perception*)

MEDVR sistemi yukarıda verilen karakteristikler bakımından orta ve altı seviyeli bir etki yakalamaktadır. Bu prototip sistem her iki göz için yaklaşık 45° lik bir görme alanı, 640x480'lik bir görüntü hassasiyeti, saniyede 25 kare tarama hızı, ayarlanabilir parlaklık ve

odak noktası imkanı vermektedir. Çiftli görüntü (stereographic) imkanı olmasına rağmen henüz geliştirilmemiştir. Bu nedenle derinlik hissi konusunda çalışmalar devam etmektedir.

5.2. Teknik Parametreler

Geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında temel teknik kısıtlamaları doğuran ana sebepler **maliyet** ve tasarımın yapıldığı **çevresel etmenler**dir. Ekipman maliyetleri sonucu doğrudan etkilediği gibi, belli uygulamalarda da tasarımın yapılması mümkün olamayabilir. Ancak uygun maddi desteğin bulunduğu uygulanabilir alanlarda gerçekleştirilen sistemin performansı düşünüldüğünde göz önünde tutulması gereken teknik parametreler vardır (Faulker, Krauss, 1996).

- **Hassasiyet** (*Accuracy*): sistemde yer alan her türlü sensör ve ekipmanın hassasiyeti ve hata olasılıkları belirlenmeli ve sonuca etkileri araştırılmalıdır.
- **Çözünürlük** (*Resolution*): Kullanılan ekipman seçiminde önemli bir parametredir. Görüntü sisteminin çözünürlüğü görüntüyü direk etkilerken, sensörlerin çözünürlüğü gerçekliğe etkiyi belirler
- **Boşluk Zamanı** (*Lag Time*): Herhangi bir işlem veya transfer sırasında sistemdeki durmalar algılamayı olumsuz şekilde etkiler.
- **Tepki Zamanı** (*Response Time*): Yapılan işlemler veya görüntü ve sensör yenilemelerinde beklemeler algılamada rahatsızlıklara yol açar.
- **Ağırlık** (*Weight*): Kullanılan ekipmanın ağırlığı veya hissedilir yapısı beklenen etkiyi değiştirebilir.
- **Ergonomi** (*Ergonomics*): Ekipmanın kullanım rahatlığı ve uygulamada yararı belirleyici etmenlerdendir.

MEDVR sistemi, çözünürlük ve hassasiyet konusunda orta seviyeli bir sistem görüntüsü verse de hesaplama gücü yetersizliği sebebiyle boşluk zamanı ve tepki zamanı parametreleri cinsinden geliştirilmeye gerek duymaktadır. Kullanılan düşük maliyetli HMD yüzünden ergonomi ikinci plandadır.

5.3 İşlemsel Parametreler

Bir geliştirilmiş gerçeklik uygulaması aslında yeterli bir donanım üzerinde yürüyen güçlü bir yazılımdan oluşmaktadır. Yukarıda belirtilen parametreler göz önüne alındığında yapılan bütün işlemlerin mümkün olduğunca hızlı, hassas ve güvenilir olmasına ihtiyaç vardır. Ancak gerekli gerçeklik hissinin verilmesi için belli işlem ve prosedürün de yapılması gereklidir. Bunlar veri işleme ve görüntüleme görevleridir ve her birisinin mutlaka gerçekleştirilmesi gereklidir.

Veri girişi. Bir geliştirilmiş gerçeklik uygulamasında veri girişi önemli rol oynar. Genellikle baş ve el hareketlerini takip eden izleyici sinyallerinin ile herhangi bir geri besleme elemanının pozisyonunu kullanmak hayati önem taşır. MEDVR gibi sistemlerde de gerçek dünyadan gelen EKG gibi gerçek sinyaller ve video verisi nerdeyse gerçek zamanda işlenmesi gerekir.

Veri işleme. Sensör bilgileri sadece görüntü özelliklerini manipule etmede kullanıldıklarından sadece birkaç koordinat sistemi dönüşümü ile pek işlem gücü harcamadan halledilebilir. Ancak diğer bilgilerin işlenmesi için birkaç basamaktan oluşan bir işleme ihtiyacı vardır. Bunlar **ön işleme, filtreleme, bölütleme, modelleme ve görüntüleme** ve

görüntü bindirme aşamalarıdır. EKG ve EEG gibi tek boyutlu sinyaller, direk veri aktarımı ve basit filtreleme işlemleri sonunda görüntülemeye uygundur. Ancak CT ve NMR gibi iki boyutlu görüntüler, eğer 3 boyutlu görüntüleme için hazırlanmak zorunda ise belli işlemlerin uygulanması gereklidir. Bu işlemler, **gürültü ve arka alandan ayırmak için eşikleme, renk sistemi değişimleri, bölütleme ve isimlendirme ve yüzey veya hacim modelleme** işlemleridir.

Görüntüleme. Elde edilen üç boyutlu modellerin görüntülenmesi için **ışıklandırma ve gölgeleme, perspektif uyarlama** işlemleri gereklidir. Bu işlemler için OPENGL ve DirectX gibi özelleşmiş grafik kütüphaneleri önerilir.

MEDVR sistemi OpenGL grafik kütüphanesi kullanmaktadır. Ancak yazılımın yürüdüğü ortamın ve video bindirme amacıyla da kullanılan ekran kartının grafik hızlandırma olanağı olmadığından tam detay görüntülerde zaman zaman görüntüleme tıkanıklıklar görülebilmektedir. Bu sorun donanımsal görüntü hızlandırıcılar ve entegre üçgen işleyicileri kullanmak ile çözümlenebilir.

5.4. Bilgisayar Donanımı Parametreleri

Bilgisayar donanımı geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında anahtar gereksinimlerden biridir. Uygulamanın çok geniş bir işleme gereksinimi olduğundan tasarım aşamasında gerekli tüm işlemlerin yapılabilmesi amacıyla aşağıdaki şartları sağlayan güçlü bir donanım edinilmelidir.

- **İşlem gücü:** Saniyede işlenecek işlem miktarı, özellikle üç boyutlu görüntüleme durumlarında çok yükselmektedir. Bu tip ileri görüntüleme işlemleri yaparken gerekli koordinat sistemi dönüşümleri yapmak, dış dünya ile neredeyse gerçek zamanlı etkileşimde bulunmak gerektiğinde işlem gücü önemli bir parametre olmaktadır. Önerilen konfigürasyon birden çok işlemcili performans özelleştirilmiş güncel iş istasyonlarıdır.
- **Grafik birimi:** Geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında video giriş ve çıkış, video bindirme ve gelişmiş hacim ve yüzey işleyici donanıma ihtiyaç vardır. Video Bindirme özelliği olan özellikle OPENGL destekli ve grafik hızlandırıcı yakalama (*frame grabber*) kartları kullanmak en uygun çözüm olacaktır.
- **Güvenilirlik:** sistem çalışması bakımından güvenilirlik önemli bir parametredir. Tüm sistemlerin çalışma şartlarında kullanım süresince hatasız çalışması garantilenmelidir.

5.5. İnsan Faktörleri

Geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında genellikle atlanan önemli bir parametre de kullanıcının psikolojik ve fizyolojik parametreleridir. Ekipmanın kullanım şekli ve süresi, ürettiği gürültü ve ısı kullanıcı üzerinde olumsuz etkiler yapabilir. Bu etkiler genellikle simülör rahatsızlığı (*simulator sickness*) olarak bilinir (Faulker ve Krauss, 1996). Bunlar:

- **Uyku Hissi (*Drowsiness*)**
- **Mide Bulantısı ve Ağrısı (*Nausea*)**
- **Baş ağrısı (*Headache*)**
- **Yön ve Referans Bozulması (*Disorientation*)**
- **Göz odaklama sorunları (*Oculomotor disfunction*)**

Bu tip olumsuzluklar genelde görülmesi de olasılıkları tasarımıda gözletilmelidir. MEDVR sisteminde kullanılan *CyberMaxx* HMD uzun süreli kullanımda baş ağrısı ve bunalma hissi yaratabilmektedir. Ancak daha hafif ve rahat bir HMD kullanımı bu sorunu çözebilir. Ancak bu durum maliyeti önemli ölçüde artırabilir.

6. SONUÇ VE YORUMLAR

MEDVR sistemi gibi henüz geliştirilme aşamasındaki geliştirilmiş gerçeklik uygulamaları, ortaya yeni yeni çıkmaya başlayan ticari ürünler ve bunlara duyulan ilgi tıp alanının her aşamasında benzer sistemlerin kullanılabilmesi sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak yeni ihtiyaçlara yeni çözümlerin oluşturulması imkanının artması akıllardaki soru işaretlerini kaldırmaktadır. Diğer alanlarda son kullanım daha hızlı olmasına rağmen tıp alanında belli uygulamalardaki insan hayatı riski nedeniyle geliştirme çalışmaları son derece özenli yapılmak ve yukarıda belirtilen tasarım parametreleri göz önüne alınmalıdır.

MEDVR sistemi değinilen geliştirme çalışmalarında sistem parametrelerinin belirlenmesi amacıyla tasarlanmış prototip bir sistemdir. Yapılan tasarım sonucu alınan sonuçlar konu ile ilgili tıbbi personele aktarılmıştır. Sistemin kullandığı metot ve sistemin çalışma şekline, genel cerrahların ve beyin cerrahlarının olumlu tepkisine rağmen, kullanılan tıbbi ekipmanlarla arayüz ve kalibrasyon ve fiziksel geribesleme konularında henüz geliştirilmeye gereksinim duymaktadır. Ancak tıp eğitiminde özellikle anatomik detayların etkileşimli olarak öğrenilmesi aşamasında, teşhis sırasında herhangi bir anatomik bozukluğun en uygun şekilde tespit edilmesinde, tedavi ve ameliyat sonrası iyileşmenin ayrıntılı olarak gözlenmesi işleminde ve uzak alanlarla bağlantı sağlanması durumunda uzaktan tıp alanında bilgi alışverişinde yararlı olacağı açıktır.

Bu tip kapsamlı destek sistemlerinin geliştirilmesinde maddi kaynak daha önce verildiği gibi önemli bir sistem parametresidir. Ancak önemli bir başka gereksinim de çoklu disiplinler arası en uygun ve verimli çalışma koşullarının sağlanmasıdır. Tasarımın her aşamasında nitelikli mühendisler, yazılımcılar ve tıbbi personelin birlikte çalışma zorunluluğu vardır. Benzer çalışmalar ile tıp alanında yapılabilecek yeniliklerin ve geliştirmelerin insan sağlığını iyileştirme ve dolayısıyla toplum yapısının geliştirilmesine büyük katkıları olacaktır.

KAYNAKLAR

- Cruz Neira C. (1996): "Virtual Reality Overview", SIGGRAPH'93 Course, No. 23, s. 1.1-1.18.
- Faulker G., Krauss M. (1996): "Guidelines for Establishing a Virtual Reality Lab", IEEE Engineering in Medicine and Biology, s. 86-93.
- Greenleaf W. (1996): "Developing the Tools for Practical Applications", IEEE Engineering in Medicine and Biology, s. 23-30.
- Heilig M.L., El Cine del F. (1996): "The Cinema of the Future", Presence, 1, 3, s. 279-294.
- Kohonen T. (1990): "The Self-Organizing Map", Proceedings of the IEEE, 78, 9, s. 1464-1480.
- Lee W., Kim Y. (1996): "Applying Multimedia to Medical Imaging", IEEE Engineering in Medicine and Biology, s. 79-85
- Lorenson W.E., Cline H.E. (1987): "Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Reconstruction Algorithm", Proc. of SIGGRAPH'87 Computer Graphics, 21, 4, s. 163-169.

- Mazuryk T., Gervautz M. (1996): "Virtual Reality History, Applications, Technology and Future", Technical Report TR-186-2-96-06, Institute of Computer Graphics Vienna University of Technology, Austria.
- Özkurt A. (2001): "Three Dimensional Medical Visualization for Surgical Operations", PhD Thesis, Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Science, February, İzmir, TURKEY.
- Özkurt A., Özmehmet K. (2001): "Interactive Medical Volume Visualization for Surgical Operations", 23rd International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, İstanbul.
- Rosen J.M., Soltanian H., Redett R.J., Laub D. (1996): "Evaluation of Virtual Reality", IEEE Engineering in Medicine and Biology, s.16-22.
- Scheirich H. (1994): "Stereoscopies-Principles and Techniques", Diploma Thesis, Vienna University of Technology, Austria.
- Tang S., Kwoh C., Teo M., Ling K. (1998): "Augmented Reality Systems for Medical Applications", IEEE Engineering in Medicine and Biology, s. 49-58.
- Toriwaki J., Mori K. (1999): "Recent Progress in Medical Image Processing-Virtualized Human Body and Computer Aided Surgery", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol E82-D, No:3, s. 611-628.
- Zeltzer D. (1992): "Autonomy, Interaction, Presence", Presence, 1, 1, s. 127-132.