

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANAL ORTAMLARDA 2B NESNELER İLE ÇOKLU
DOKUNMA TABANLI ETKİLEŞİM

MUSTAFA FATİH TUNALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2015

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SANAL ORTAMLARDA 2B NESNELER İLE
ÇOKLU DOKUNMA TABANLI ETKİLEŞİM

MUSTAFA FATİH TUNALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2015

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**MULTITOUCH INTERACTION WITH 2D
OBJECTS IN VIRTUAL ENVIRONMENTS**

MUSTAFA FATİH TUNALI
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2015



GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/06/2015 tarih ve 2015/41 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28/08/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mustafa Fatih TUNALI'nın tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç.Dr. Mehmet GÖKTÜRK

ÜYE

: Doç.Dr. Erkan ZERGEROĞLU

ÜYE

: Doç.Dr. İlyas KANDEMİR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, 3B sanal ortamlarda 2B nesnelere ile çoklu dokunma tabanlı etkileşim gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, bu tip bir etkileşim için kullanılacak görüntüleme sistemine karar vermek için, standart ekran ve sanal gerçeklik gözlüğü 3B ortamlarda 2B hedef seçme performansı açısından karşılaştırılmıştır. Bu amaçla bir deney düzeneği hazırlanmış ve 11 katılımcı ile deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda elde edilen veriler ışığında sanal gerçeklik gözlüğünün standart ekrana göre daha avantajlı olduğu görülmüştür. İkinci aşamada görüntüleme sistemlerinin bir özelliği olan stereoscopic görüntü ile monoscopic görüntü 3B ortamlarda 2B hedef seçme performansı açısından karşılaştırılmıştır. Bir deney düzeneği hazırlanmış ve 20 kişi üzerinde deney yapılmıştır. Bu deneyde sanal gerçeklik gözlüğü için stereo ve mono görüntü ve standart ekran için stereo ve mono görüntü olmak üzere dört farklı sistem karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak stereo görüntünün hedef seçme performansı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Üçüncü aşamada ise gölge kullanımının performansa etkilerini incelemek amacıyla bir deney düzeneği hazırlanmış ve elde edilen sonuçlar ikinci aşamadaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Deney sonucunda gölge kullanımının ekran üzerinde olumlu yönde bir etkisinin olduğu gözlenmiş, SGG üzerinde ise önemli bir etki oluşturmamıştır. Son olarak sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak 3B ortamda 2B nesnelere ile çoklu dokunma tabanlı etkileşime girilebilecek bir sistem geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik, 3B Kullanıcı Arayüzleri, Çoklu Dokunma ile Etkileşim, Stereoskopik Ekran, Sanal Gerçeklik Gözlüğü.

SUMMARY

In this work, multitouch interaction with 2D objects in 3D virtual environments is developed. First, 2D target selection performance in 3D virtual environments is compared for standard monitor and head mounted display to decide which type of display system is better for this type of interaction. For this purpose, an experimental setup is prepared and this experiment is applied to 11 participant. The experimental results show that head mounted display is better than standard monitor in terms of selection performance. Second, stereoscopic view and monoscopic view is compared for 2D target selection performance in 3D virtual environments using standard monitor and head mounted display. An experimental setup is prepared for this purpose and applied to 20 participants. Results show that stereoscopic view is not effects 2D target selection performance in 3D virtual environments significantly. Third, an experimental setup is prepared to compare shadow, stereo view and mono view performances. Results show that, in standard monitor setup, shadow has a significant performance improvement. However, in SGG setup, shadow has no significant effect on target selection tasks. Last, a system for multitouch interaction with 2D objects in 3D virtual environments that uses head mounted display is developed.

**Key Words: Virtual Reality, 3D User Interfaces, Multitouch Interaction
Stereoscopic Display, Head Mounted Display.**

TEŞEKKÜR

BaŐta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiğbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalıŐmanın oluŐmasının yolunu açan danıŐmanım Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK'e, ayrıca eğitimim süresince bana her konuda tam destek veren annem Nursel TUNALI'ya, babam Hüseyin TUNALI'ya ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. SANAL ORTAMLAR	3
2.1. 3B Sanal Ortam Görüntüleme Yöntemleri	3
2.1.1. Standart Ekran	3
2.1.2. Stereoskopik Görüntü	4
2.1.2.1. Aktif Stereo	4
2.1.2.2. Pasif Stereo	4
2.1.3. Sanal Gerçeklik Gözlüğü	5
2.1.4. Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)	6
2.2. 3B Sanal Ortamlarda Etkileşim Yöntemleri	7
2.1.3. Sanal El (Virtual Hand) Yöntemi	7
2.1.3. Işın Gönderme (Ray Casting) Yöntemi	8
2.1.3. Kapanma (Occlusion) Tabanlı Etkileşim Yöntemi	8
3. FITTS KANUNU	9
3.1. Performans İndisi	10
3.2. ISO Standardı	10
4. SGG VE STANDART EKCRAN PERFORMANSLARININ 3B SANAL ORTAMLARDA 2B HEDEF SEÇİMİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	11
5.1. Katılımcılar	11
5.2. Donanım	11
5.3. Sanal Ortam	13

5.4. Deneyler	15
5.5. Deney Sonuçları	15
5. STEREO VE MONO GÖRÜNTÜNÜN PERFORMANSLARININ 3B SANAL ORTAMLARDA 2B HEDEF SEÇİMİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	17
5.1. Katılımcılar	17
5.2. Donanım	17
5.3. Sanal Ortam	19
5.4. Deney 1	19
5.4.1. Deney Sonuçları	19
5.5. Deney 2	21
5.5.1. Deney Sonuçları	21
5.6. Yorum	22
6. STEREO GÖRÜNTÜ VE GÖLGE KULLANIMININ 3B ORTAMLARDAKİ 2B HEDEF SEÇİM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	24
6.1. Deney Düzeneği ve Sanal Ortam	24
6.2. Deney 1	24
6.2.1. Deney Sonuçları	25
6.3. Deney 2	26
6.3.1. Deney Sonuçları	27
6.4. Yorum	28
7. 3B SANAL ORTAMDA 2B NESNELER İLE ÇOKLU DOKUNMA TABANLI ETKİLEŞİM UYGULAMASI	30
7.1. 3B Giriş İşlemleri	30
7.2. Dokunma Tabanlı Etkileşim	32
7.2.1. Etkileşim Yüzeyi	32
7.2.2. İmleç	33
8. SONUÇLAR ve YORUMLAR	35
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	40

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

SGG	:	Sanal Gerçeklik Gözlüğü
2B	:	2 Boyutlu
3B	:	3 Boyutlu
sn	:	Saniye
m	:	Metre

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Aktif stereo gözlük.	4
2.2: Pasif stereo.	5
2.3: Sanal gerçeklik gözlüğü.	6
2.4: CAVE ortamı.	7
3.1: 2D seçme görevi.	9
3.2: Dairesel seçme görevi.	10
4.1: 3B giriş aracı a) Gönderici, b) Alıcı, c) Sensör.	12
4.2: Sanal Gerçeklik Gözlüğü.	12
4.3: Standart ekran.	13
4.4: Sanal ortam a) Üst görünüm, b) Yan görünüm.	13
4.5: Sanal ortam.	14
4.6: Zaman – ID grafiği.	15
4.7: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).	16
5.1: Standart ekran.	18
5.2: NVIDIA 3D Vision gözlük a)Kızılötesi ışık gönderici, b) Gözlük.	18
5.3: Zaman – ID grafiği.	19
5.4: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).	20
5.5: Zaman – ID grafiği.	21
5.6: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).	22
6.1: Zaman – ID grafiği.	25
6.2: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).	26
6.3: Zaman – ID grafiği.	27
6.4: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).	28
7.1: Etkileşim yüzeyleri.	33
7.2: İmleçler.	34

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
4.1: Hedef genişlik ve aralık değerleri.	14
4.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).	16
5.1: Performans indisi sonuçları (Genel indis).	20
5.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).	22
6.1: Performans indisi sonuçları (Genel indis).	26
6.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).	28
8.1: Performans indisi sonuçları (Tüm durumlar için).	35

1. GİRİŞ

Son yıllarda sanal gerçeklik teknolojisi popülerlik kazanmış ve büyük firmaların ilgi alanları arasına girmiştir. Bunun en büyük nedeni, ekran ve sensör teknolojisindeki gelişmeler sonucunda sanal gerçeklik gözlüklerinin performans ve fiyat açısından son kullanıcıya uygun duruma gelmesidir. Led ekranlar yardımıyla yüksek çözünürlüklü ve geniş açılı görüntüler elde edilebilirken, pozisyon algılayabilen sensörler aracılığıyla sanal ortam ile doğal bir şekilde etkileşime girilebilmektedir.

Sanal gerçeklik gözlükleri 3B ortamlar için daha uygun olan görüntüleme sistemleridir. Ancak, günlük kullanımdaki sanal içeriklerin büyük bir bölümü 2B içeriklerdir. Bu tip içeriklerin sanal gerçeklik gözlüğü ile görüntülenmesi için geliştirilen yöntemlerden biri, 3B ortam içerisine sanal ekranlar yerleştirmektir. 2B görüntü, belirli boyuttaki bir düzlemsel bölge üzerinde gösterilir. İçerik ile etkileşim de bu sanal ekran üzerinden gerçekleştirilir. Bu şekilde 2B içeriğe erişim sağlanmış olur. Bu alanda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların ilki 1993 yılındaki çalışmadır [1]. Bu ilk çalışma konunun temelini oluşturmaktadır. Ancak konunun popüler olması 1999 yılını bulmuştur. Belirli bir süre devam eden çalışmalarda sanal ortamlarda 2B pencerelerin gösterilmesi ve bu pencereler ile etkileşim ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış, 3B pencere sistemleri geliştirilmiştir [2]-[6]. 2005 yılından sonra bu konu üzerine yapılan çalışmalar azalmış, konu popülerliğini kaybetmiştir. Alıcı ve görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler ile 2010'lu yıllarda tekrar çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [7]-[9]. Genellikle bu çalışmalar artırılmış gerçeklik alanı ile ilgili olarak yapılmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak sanal gerçeklik gözlükleri ile standart ekranların 3B ortamlardaki 2B nesnelere etkileşim performansları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla bir deney düzeneği hazırlanmış ve kullanıcılar ile bir deney yapılmıştır. Görüntüleme sistemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. SGG ile ekranların karşılaştırıldığı çalışmalarda, genellikle 3B nesnelere işlemler gerçekleştirilmiştir [10],[11]. Bunun dışında büyük ekranların küçük ekranlar ile karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır [12].

İlk deneyde elde edilen verileri daha ayrıntılı incelemek amacıyla yeni bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Bu deneyde stereoscopic görüntü ile monoscopic

görüntü karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma işlemi monitör ve sanal gerçeklik gözlüğü için ayrı ayrı yapılmıştır. Stereo görüntü ile ilgili de çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [13]-[17]. Bu çalışmalarda stereo performansını ölçmek için yine 3B nesnelere kullanılmıştır. Bu çalışmada 2B nesnelere için stereo performansları ölçülmektedir.

Bu ikinci deneyde elde edilen veriler kullanılarak yeni bir deney yapılmıştır. Bu deneyde stereo ve mono görüntü ile gölge kullanımı karşılaştırılmıştır. Seçim yapmak için kullanılan imleç için gölge oluşturulmuştur. Bu gölge yardımı ile imlecin hedeften uzaklığının daha iyi tahmin edilebileceği düşünülmüştür. Bu düşünceyi test etmek amacıyla deney gerçekleştirilmiş ve gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

Son olarak sanal gerçeklik gözlüğü ve çoklu dokunma tabanlı etkileşimin kullanıldığı bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemde etkileşim, tablet ile çoklu dokunma tabanlı etkileşime benzemektedir. Kullanıcı, parmaklarına takılan alıcılar yardımı ile sanal monitör üzerinde dokunmatik işlemler gerçekleştirir. Alıcı olarak Ascension firmasının Trakstar isimli manyetik alıcısı [29], SGG olarak da Oculus Rift kullanılmıştır [30]. Proje Unity3D oyun motoru üzerinde geliştirilmiştir [31].

2. SANAL ORTAMLAR

Sanal ortamlar, bilgisayar üzerinde tasarlanmış ortamlardır. Genellikle, etkileşime girilecek nesnelere ve bu nesnelere içerisinde bulunduğu bir çevreden oluşmaktadır. 2B ve 3B olarak tasarlanabilir. 3B ortamlar 2B ortamlara göre daha gerçekçi ve karmaşıktır.

2.1. Sanal Ortam Görüntüleme Yöntemleri

Sanal ortamları görüntülemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır [10]-[19]. Bu yöntemlerin, kullanılacak ortamlara göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

2.1.1. Standart Ekran

Bir sanal ortam görüntüsünü elde etmenin en basit yöntemlerinden biri standart ekran kullanmaktır. 3B sanal ortamın belirli bir açıdan görüntüsünün 2B ekran düzlemi üzerine izdüşümü alınır ve elde edilen görüntü ekran üzerinde gösterilir. Ortam içerisinde gezinebilmek için bu görüntünün alındığı açı ve ortam içerisindeki pozisyonu değiştirilebilir. Bu pozisyon ve açı bilgisi çeşitli giriş araçlarıyla değiştirilebilir. Baş takibi, bu giriş araçlarına bir örnektir. Kullanıcının baş pozisyonu ve açısı ölçülerek sanal ortama aktarılır. Bu şekilde kullanıcı, doğal bir yöntemle sanal ortam içerisinde dolaşılabilir.

Standart ekranlarda stereo ve mono görüntü olmak üzere iki farklı görüntü yöntemi bulunmaktadır. Mono görüntü, yukarıda bahsedilen izdüşüm yöntemi ile elde edilir. Stereo görüntü ise mono görüntüye göre biraz daha karmaşıktır. Burada amaç 3B algısının kullanıcıya yapay olarak hissettirilmesidir. İnsan gözü çevresini iki gözü yardımı ile iki farklı açıdan görür. Daha sonra bu görüntüler beyinde birleştirilerek ortamın 3B derinlik bilgisi elde edilir. Stereo görüntü de bu özellikten yararlanır. Sanal ortamdaki görüntü, tek bir açıdan değil, iki farklı açıdan (iki göz arası mesafe kadar bir fark oluşturacak şekilde) elde edilir. Elde edilen bu görüntülerden biri sol göze, diğeri sağ göze verilir. Böylece 3B görme hissi oluşturulmuş olur.

2.1.2. Stereoskopik Görüntü

Yukarıda da bahsedildiği gibi stereo görüntünün kullanım amacı sanal ortamın derinliğini daha kolay bir şekilde algılayabilmektir. Kullanım alanı sadece standart monitörler ile sınırlı değildir. Hemen hemen her görüntüleme sistemi için kullanılabilir. Ancak stereo görüntü her sistem için aynı şekilde oluşturulmaz. Stereo görüntü oluşturmak için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler aktif stereo ve pasif stereo olmak üzere iki grup altında toplanabilir. Bu çalışmadaki stereo ile ilgili deneyde bir aktif ve bir pasif stereo yöntemi kullanılmıştır.

2.1.2.1. Aktif Stereo

Bu yöntemdeki amaç kullanıcının sol ve sağ gözünün önüne görüntü ile senkronize olacak şekilde engeller koyarak ilgili görüntüyü almasını sağlamaktır. Bu yöntemin avantajı, ekrandaki tüm çözünürlüğün ve renklerin her iki göz için de kullanılabilmesidir. Dezavantajı ise fiziksel olarak bir açılıp kapanma olması nedeniyle kullanıcılara rahatsızlık vermesidir.



Şekil 2.1: Aktif stereo gözlük.

2.1.2.2. Pasif Stereo

Pasif stereo yöntemi çeşitli şekillerde elde edilebilmektedir. Bu yöntemlerden biri polarizasyon sistemleri kullanmaktır. Ekranda polarize halde üst üste bindirilmiş iki farklı görüntü bulunmaktadır. Gözlüklerde ise her iki göz için farklı filtre ile bu iki görüntüden birinin geçirilmesi, diğerinin engellenmesi sağlanmaktadır.

Renk karmalı gözlükte ise görüntü iki zıt renge göre filtrelenir. Gözlükler de bu renk için bir filtre şeklinde yapılır. Bu tip gözlüklerde kırmızı-cyan renk tercih edilir. Bu iki görüntü beyinde birleştirilerek 3B görüntü elde edilmiş olur.

Bir diğer yöntem ise sanal gerçeklik gözlüğü gibi göze yakın olarak konumlandırılan ekranlar için kullanılmaktadır. Bu yöntemde ekran ikiye bölünür. Sol göz için oluşturulan görüntü ekranın sol tarafında, sağ göz için oluşturulan görüntü ise ekranın sağında bulunur. Bu şekilde iki göz de sadece ilgili görüntüyü görmüş olur.

Bu gözlüklerin avantajları genellikle daha uygun fiyata elde edilmeleri ve kullanıcılara rahatsızlık vermemesidir. Dezavantajı ise ekran çözünürlüğünün tamamından yararlanamama ve bazı durumlarda renklerin gerçek değerlerde görülememesi olarak söylenebilir.



Şekil 2.2: Pasif stereo.

2.1.3. Sanal Gerçeklik Gözlüğü

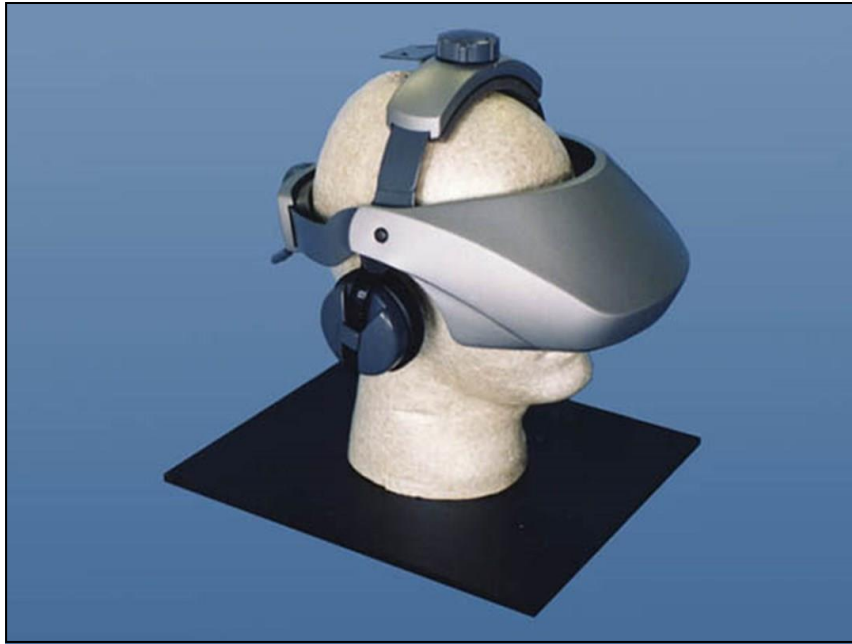
Sanal gerçeklik gözlüğü, kask şeklinde tasarlanmış bir görüntüleme sistemidir. Kullanıcı bu sistemi başına takarak kullanır. Sistem üzerindeki ekran gözün önüne yerleştirilmiştir. Göz ile ekran arasında bir lens bulunmaktadır. Bu lens yardımı ile görüş açısı genişletilerek düz bir ekrana bakma hissi yerine gerçek görüğe daha yakın bir görüntü elde edilebilmektedir. Sanal gerçeklik gözlüklerinin ilk dönemlerinde bu görüş açısı daha düşük seviyelerdeyken günümüzde 100 derece gibi geniş bir yatay görüş açısı seviyesine gelmiştir.

Günümüzde, sanal gerçeklik gözlükleri içerisinde baş takibi özelliği de bulunmaktadır. Bu özellik sanal gerçeklik açısından çok önemli bir özelliktir.

Bu sistemlerin bir diğere avantajı ise, ekranın göze yakın olması nedeniyle, iki ayrı göze farklı görüntü verilerek pasif stereo görüntü elde edilebilmesidir. Bu stereo yönteminde, görüntü üzerinde herhangi bir filtre kullanılmadığı ya da fiziksel bir açılıp kapanma olmadığı için, diğere stereo yöntemlerine göre daha avantajlı bir yöntemdir.

Bu sistemin bir dezavantajı ise gözlüğün baş üzerinde takılı olma zorunluluğudur. Çok hafif bir gözlük olmadığı için bazı kişiler için rahatsız edici olabilir. Bir diğere dezavantaj olarak, ekranın çok yakın olması nedeniyle, düşük çözünürlüklerde piksellerin daha kolay görülebilir ve rahatsız edici olabilir.

Son dönemde bu tip sistemler açısından yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Teknolojik gelişmeler yardımıyla dezavantajların azaltılmaya başlandığı (ağırlık, çözünürlük gibi) söylenebilir.



Şekil 2.3: Sanal gerçeklik gözlüğü.

2.1.3. Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)

Bu yöntemde [19] bir odanın tüm yüzeyleri dev ekranlar olarak tasarlanır ve kullanıcı bu oda içerisinde bulunur. Yüzeyler projektör ile ekrana dönüştürülebileceği gibi büyük ekranlar da kullanılabilir. Görüntüler stereo olarak oluşturulur ve her ekran birbiri ile kalibre edilmiştir. Kullanıcı bir stereo gözlük takmaktadır. Stereo görüntü, ekranın dışında oluşacak şekilde (negatif paralaks)

tasarlanmıştır. Bu şekilde kullanıcının, görüntünün içerisinde yer alması sağlanmış olur. Kullanıcının konumu takip edilmektedir ve bu konum görüntü ile kalibre edilmiştir. Görüntü kullanıcının pozisyonuna göre oluşturulmaktadır.



Şekil 2.4: CAVE ortamı.

2.2. 3B Sanal Ortamlarda Etkileşim Yöntemleri

3B sanal ortamlar ile etkileşim için çeşitli yöntemler bulunmaktadır [20]-[24]. Bu yöntemlerde farklı donanımlardan yararlanılabilmektedir. Bu bölümde bu yöntemler açıklanacaktır.

2.2.1. Sanal El (Virtual Hand) Yöntemi

Bu yöntemde kullanıcının eline bir eldiven takılır. Bu eldiven üzerinde çeşitli sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler yardımı ile elin pozisyonu, oryantasyonu, parmakların konumları gibi bilgiler elde edilebilmektedir. Bu bilgiler yardımı ile sanal ortam içerisinde bir el oluşturulabilmektedir. Kullanıcı etkileşime girmek istediğinde, bu etkileşim, istenilen bir nesneye dokunularak gerçekleştirilir. Bu yöntem doğal etkileşime yakın bir yöntemdir.

Bu yöntem yakın nesnelere için daha avantajlıdır. Uzaktaki nesnelere etkileşime girilmesi gerektiğinde o nesnenin yanına gidilmesi gerekmektedir. Yakındaki nesnelere için ise daha hassas bir etkileşim sağlayabilmektedir.

2.2.2. Işın Gönderme (Ray Casting) Yöntemi

Bu yöntemde amaç belirli bir yöndeki obje ile etkileşime girmektir. Kullanıcı tarafından bir noktadan etkileşime girmek istediği yöne doğru bir ışın gönderilir. Bu ışının çarptığı noktadaki nesne etkileşime girilen nesnedir. Bu ışın genellikle kullanıcının elinden gönderilir. Bu nedenle kullanıcının elinin pozisyonu ve oryantasyonu gereklidir. Bu işlem bir sensör yardımı ile gerçekleştirilir.

Bu yöntemin avantajı, uzak nesnelere ile kullanıcı konumu değiştirilmeden etkileşime girilebilmesidir. Ancak nesnelere ne kadar uzakta bulunursa hassasiyet de o kadar azalacaktır. Çünkü ışını gönderme açısındaki küçük bir değişiklik uzak nesnelere için büyük bir mesafe değişimine neden olur. Bu yöntem, sanal el yöntemine göre doğallık açısından daha geridedir.

2.2.3. Kapanma (Occlusion) Tabanlı Etkileşim Yöntemi

Bu yöntem 2B ortamlarda kullanılan fare imleci ile benzer özelliktedir. İmleç olarak bir nesne belirlenir. Bu nesnenin pozisyon ve oryantasyonu bir 3B giriş aracı ile değiştirilmektedir. Ortamdaki bir nesne ile etkileşime girebilmek için imleç olarak belirlenen nesnenin etkileşime girilecek nesneye temas etmesi gerekmektedir.

Bu yöntemde imleç hızı gerçek dünyadaki hareket ile aynı olmak zorunda değildir. Bu özellik belirli konularda avantaj sağlayabilir. Küçük alandaki bir hareket ile daha büyük bir ortam kontrol edilebilir. Ancak bu hareket hızı ne kadar arttırılırsa hassasiyet o kadar azaltılmış olur.

3. FITTS KANUNU

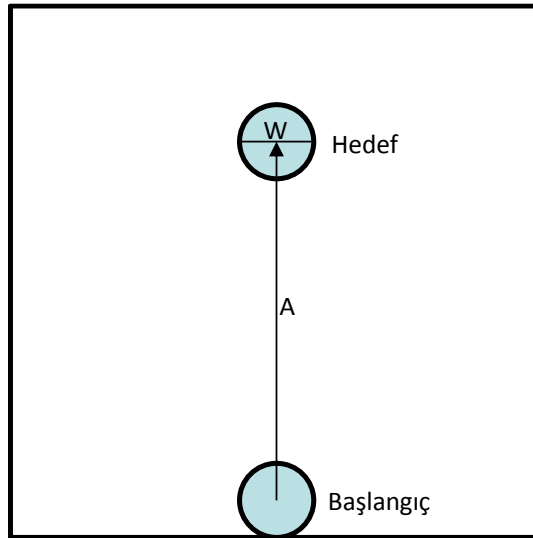
Fitts kanunu [25]-[28], başlangıç konumundan bir hedefe ulaşmak için geçen sürenin, hedefin büyüklüğü ve başlangıç - hedef arasındaki mesafe ile ilişkisini açıklar.

Şekil 3.1'deki gibi oluşturulan bir görev için, eşitlik (3.1)'deki A değeri, başlangıç ile hedef arasındaki mesafedir. W değeri ise hedefin genişliğini temsil etmektedir. Denklem sonucunda elde edilen ID (zorluk indisi) değeri görevin zorluğu anlamına gelmektedir. Eşitlik (3.1)'den anlaşılacağı gibi A değeri arttığı sürece ve W değeri azaldığı sürece hedefin seçilme zorluğu artmaktadır.

$$ID = \log_2 \left(\frac{A}{W} + 1 \right) \quad (3.1)$$

Hedefin zorluğu ile görevlerde ölçülen süre arasındaki ilişki ise eşitlik (3.2)'de açıklanmaktadır. Buradaki a ve b değerleri deneysel değerlerdir. Farklı deney düzenekleri için değerleri değişmektedir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen süreler yardımı ile a ve b değerleri hesaplanarak sistemin modeli çıkartılmış olur. a ve b değerleri lineer regresyon yöntemi ile hesaplanır.

$$MT = a + b.ID \quad (3.2)$$



Şekil 3.1: 2D seçme görevi.

4. SANAL GERÇEKLIK GÖZLÜĞÜ VE STANDART EKRAN PERFORMANSLARININ 3B SANAL ORTAMLARDA 2B HEDEF SEÇİMİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

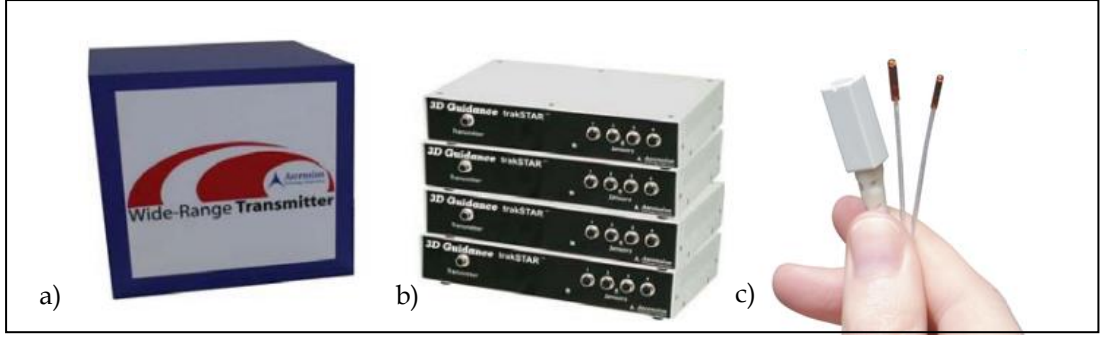
Sanal gerçeklik gözlüğü ve ekranın sanal ortamlardaki 2B nesnelere etkileşim performansına etkisini incelemek için iki farklı deney düzeni hazırlanmıştır. Bu iki düzen için özdeş sanal ortam ve özdeş giriş aracı kullanılmıştır. Farklılığı oluşturan etken görüntüleme sistemidir. İlk düzenekte sanal gerçeklik gözlüğü kullanılırken ikinci düzenekte ise ekran kullanılmıştır. Bu görüntüleme sistemleri iki özellik bakımından farklılık göstermektedir. Bu özelliklerden birincisi stereo görüntüdür. Sanal gerçeklik gözlüğü stereo görüntü verirken, ekran mono görüntü vermektedir. İkinci özellik ise baş takibidir. Sanal gerçeklik gözlüğü ile baş takibi yapılmaktadır. Bu şekilde sanal ortamda perspektif değiştirilebilmektedir. Ekran için baş takibi yapılmamaktadır.

4.1. Katılımcılar

Deneylerde 11 farklı denek kullanılmıştır. Deneklerin yaşları 25 ile 32 arasında değişmektedir. 3B arayüzler ile ilgili daha önceden tecrübeleri yoktur.

4.2. Donanım

3B giriş aracı olarak Ascension firmasının Trakstar isimli manyetik takip cihazı kullanılmaktadır. Bu cihaz, 3 boyutta pozisyon ve oryantasyon bilgisi verebilmektedir. Aynı anda birden fazla alıcının konum ve oryantasyon bilgisi alınabilmektedir.



Şekil 4.1: 3B giriş aracı a) Gönderici, b) Alıcı, c) Sensör.

Sanal gerçeklik gözlüğü olarak Oculus Rift kullanılmıştır. Görüş açısı 100° dir. Her göz için 960×1080 çözünürlüğe sahiptir. İvmeölçer, jiroskop ve manyetik sensör yardımı ile oryantasyon bilgisini hesaplayabilmektedir. Kızılötesi kamera ve gözlük üzerindeki kızılötesi ledler yardımı ile pozisyon bilgisi de hesaplanabilmektedir.



Şekil 4.2: Sanal gerçeklik gözlüğü.

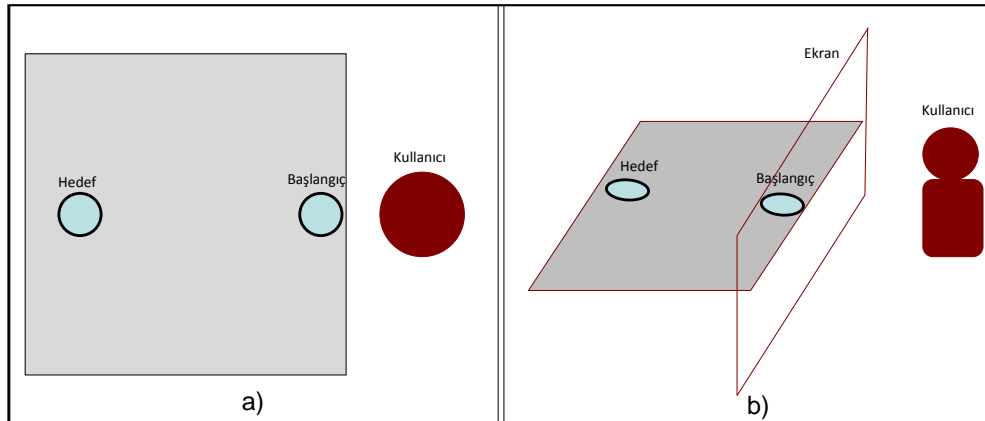
Ekran olarak LG firmasının $42''$ boyutundaki ve 1920×1080 çözünürlükteki ekranı kullanılmıştır. Mono görüntü vermektedir.



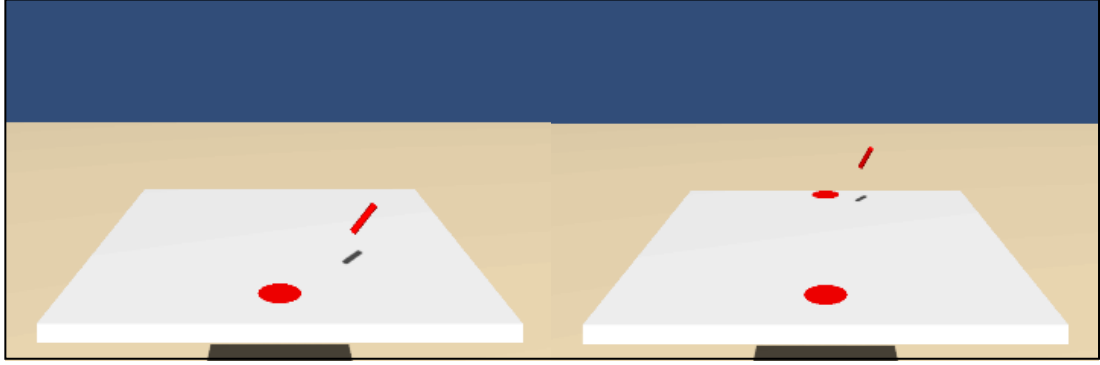
Şekil 4.3: Standart ekran.

4.3. Sanal Ortam

Etkileşimin gerçekleşeceği düzlem, kullanıcının görüş açısına göre yatay olarak konumlandırılmıştır. Görevler, kullanıcının ekran düzleminde içeriye doğru hareket etmesini sağlayacak şekilde hazırlanmıştır. Görevlerde bir başlangıç ve bir hedef noktası bulunmaktadır. Başlangıç noktasının genişliği ve konumu sabittir. Hedef noktası, bu başlangıç noktası referans alınarak konumlandırılmıştır. Hedef noktasının genişliği ve başlangıç noktasına olan uzaklığı her görev için farklılık göstermektedir.



Şekil 4.4: Sanal ortam a) Üst görünüm, b) Yan görünüm.



Şekil 4.5: Sanal ortam.

Bu deney için toplamda 20 farklı görev oluşturulmuştur. Bu görevlerde 4 farklı genişlik ve 8 farklı aralık kullanılarak ikililer oluşturulmuş ve bu ikililer için süreler ölçülmüştür. Kullanılan genişlik ve aralık değerleri tablo 1’de verilmiştir. Tüm görevler için zorluk indisleri (ID) birbirinden farklıdır.

Tablo 4.1: Hedef genişlik ve aralık değerleri.

Durum	Aralık (A)	Genişlik (W)	ID
1	0,2	0,1	1,58
2	0,2	0,075	1,87
3	0,3	0,1	2,00
4	0,1	0,025	2,32
5	0,5	0,1	2,58
6	0,4	0,075	2,66
7	0,6	0,1	2,81
8	0,5	0,075	2,94
9	0,7	0,1	3,00
10	0,2	0,025	3,17
11	0,7	0,075	3,37
12	0,5	0,05	3,46
13	0,8	0,075	3,54
14	0,3	0,075	3,70
15	0,7	0,05	3,91
16	0,4	0,025	4,09

Tablo 4.1: Devam.

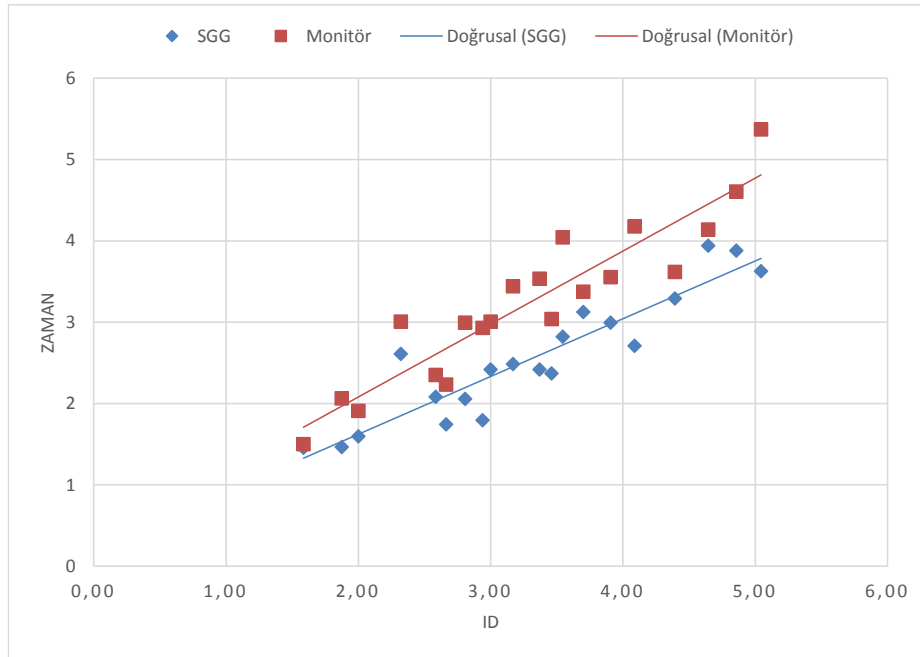
17	0,5	0,025	4,39
18	0,6	0,025	4,64
19	0,7	0,025	4,86
20	0,8	0,025	5,04

4.4. Deneyleer

Her bir görev için 11 farklı denek ile ikişer defa süre ölçülmüştür. Bu işlem iki deney düzeneği için de aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Toplamda 20 x 11 x 2 x 2 olmak üzere 880 süre ölçümü yapılmıştır.

4.5. Deney Sonuçları

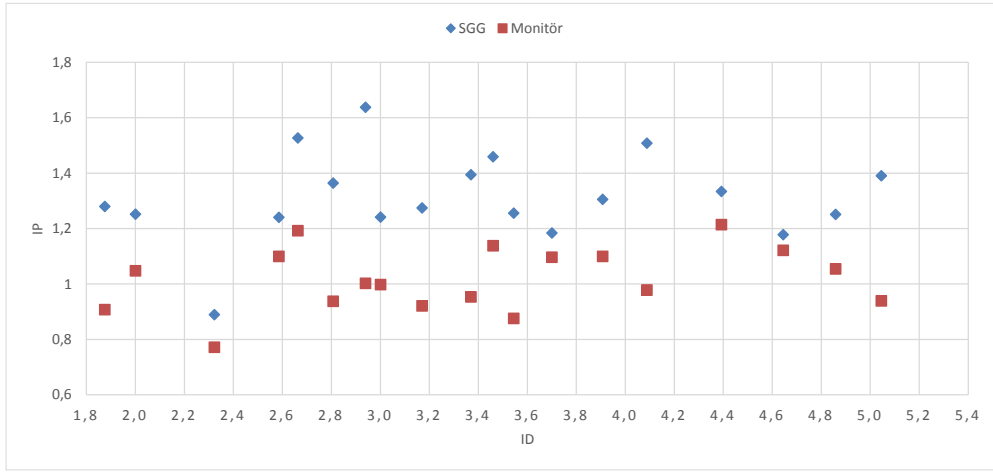
Deneyler sonucunda elde ettiğimiz zaman verilerinin zorluklara göre dağılımı şekil 4.6’da gösterilmiştir. Sanal gerçeklik gözlüğü ve ekran kullanılan sistemlerin görev tamamlama süreleri karşılaştırıldığında, ekran kullanılan görevlerdeki sürelerin, tüm zorluk indisleri için, sanal gerçeklik gözlüğü kullanılan görevlere göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.6: Zaman – ID grafiği.

Şekil 4.6'deki veriler için eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4)'teki yöntemler kullanılarak performans indisleri hesaplanmıştır.

Eşitlik (3.3)'teki yöntemle göre hesaplama yapıldığında şekil 4.7'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Burada performans değerleri zorluk indislerine bağlı olduğu için, grafik üzerinde gösterilmiştir. Bu yöntem ile her bir zorluk indisi için ayrı ayrı performans karşılaştırması yapılabilmektedir. Şekil 4.7'deki sonuçları incelediğimizde, zorluk indislerinin bir bölümünde ekran ve sanal gerçeklik gözlüğü arasındaki performans farkı çok küçük olurken, bir bölümünde önemli bir performans farkı görülmüştür.



Şekil 4.7: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).

Eşitlik (3.4)'teki yöntemle göre hesaplama yapabilmek için b değerinin bulunması gerekmektedir. b değeri, eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmaktadır. Gerekli hesaplamalar yapıldığında tablo 4.2'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).

Durum	a	b	IP
Ekran	0,288	0,897	1,115
SGG	0,205	0,710	1,408

Tablo 4.2'deki sonuçlara bakıldığında sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak hazırlanan sistemin genel performansının ekran kullanılan sisteme göre daha iyi olduğu görülmüştür.

5. STEREO VE MONO GÖRÜNTÜNÜN PERFORMANSLARININ 3B SANAL ORTAMLARDA 2B HEDEF SEÇİMİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, 3B sanal ortamlardaki 2B objelerin seçimine stereo görüntünün etkileri incelenmiştir. Bu amaçla iki ayrı deney düzeneği hazırlanmıştır. İlk deney düzeneğinde görüntüleme sistemi olarak sanal gerçeklik gözlüğü kullanılmıştır. SGG ekranı mono ve stereo görüntü verebilmektedir. Deneydeki ölçümler mono ve stereo için ayrı ayrı yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Sanal ortam, bölüm 5'teki sanal ortam ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. İkinci deney düzeneğinde ise görüntüleme sistemi olarak 3B stereo ekran ve aktif stereo gözlük kullanılmıştır. Aynı şekilde stereo ve mono görüntü için ölçümler alınmış, elde edilen veriler ışığında gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

5.1. Katılımcılar

Deneyler 20 farklı katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Deneklerin yaşları 20 ile 29 arasında değişmektedir. 3B arayüzler ile ilgili daha önceden tecrübeleri yoktur veya çok az tecrübeleri bulunmaktadır.

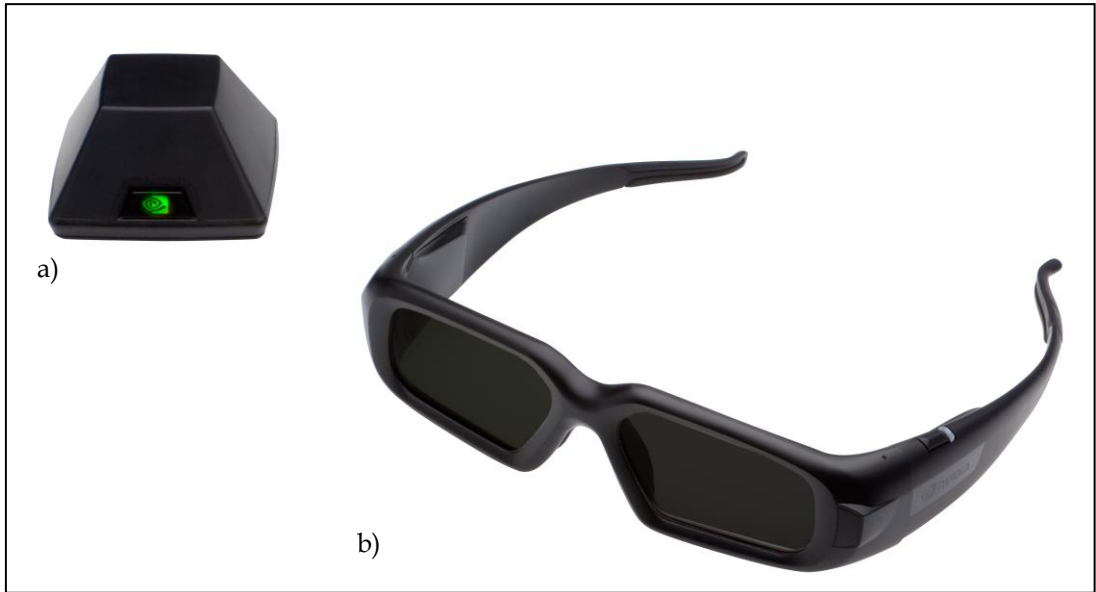
5.2. Donanım

3B input aracı ve sanal gerçeklik gözlüğü olarak yine bölüm 5'teki gibi Ascension Trakstar ve Oculus Rift kullanılmıştır. Ekran olarak ise ASUS VG236H model numaralı ekranı kullanılmıştır. 24'' boyutundadır ve 1920 x 1080 çözünürlükte görüntü verebilmektedir. 120 Hz yenileme hızı bulunmaktadır. NVIDIA 3D Vision gözlük kullanımı için uygundur.



Şekil 5.1: Standart ekran.

Stereo gözlük olarak ise NVIDIA 3D Vision gözlük kullanılmıştır. Bu gözlük aktif stereo özelliğinde bir gözlüktür. Sağ ve sol gözü ekrandaki stereo görüntü ile senkronize olarak sırasıyla açıp kapatır. Bu şekilde stereo görüntünün algılanması sağlanmış olur.



Şekil 5.2: NVIDIA 3D Vision gözlük a) Kızılötesi ışık gönderici, b) Gözlük.

5.3. Sanal Ortam

Sanal ortam, bölüm 4’teki ortam ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Bu bölümdeki ortamda stereo görüntünün etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için gölgeler kaldırılmıştır.

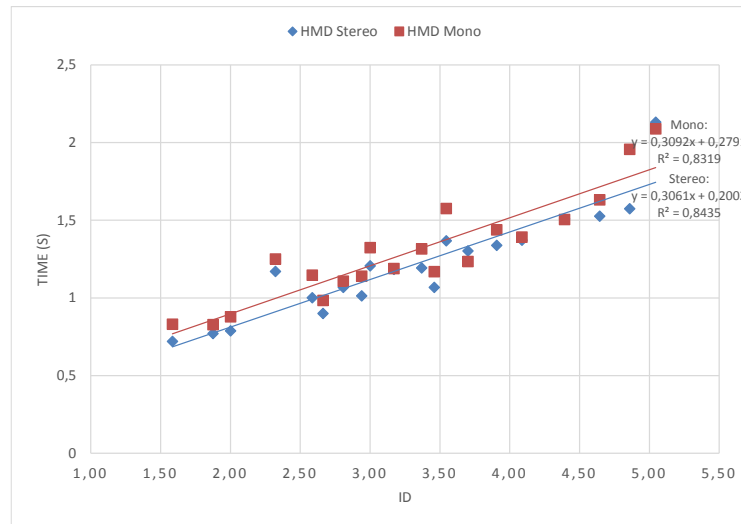
Deneylerde yapılması gereken görevler de bölüm 4’teki gibidir. Tablo 4.1’deki mesafe ve genişlikteki görevler tanımlanmıştır.

5.4. Deney 1

Bu deneyde sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak bir deney düzeneği hazırlanmıştır. SGG’nin stereo ve mono görüntü verebilme özelliğinden yararlanılarak bu iki özellik için ölçümler alınmıştır. Deneye katılan 20 katılımcı, stereo ve mono görüntü için 2’şer set görev gerçekleştirmiştir. Bir set görev içerisinde 20 farklı görev bulunmaktadır. Toplamda 1600 (20 x 2 x 2 x 20) zaman ölçümü yapılmıştır.

5.4.1. Deney Sonuçları

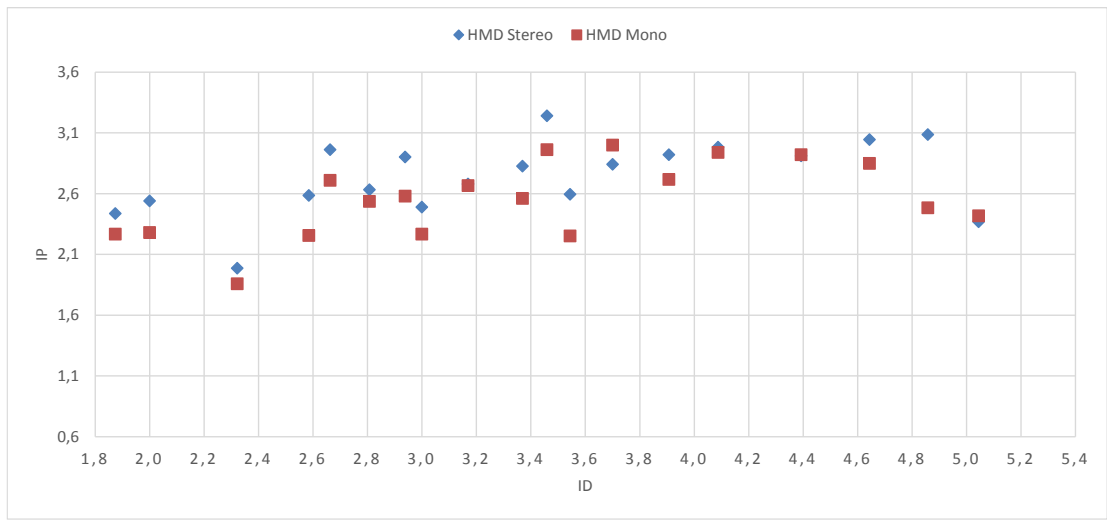
Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen süreler kullanılarak Fitts Kanunu modeli şekil 5.3’teki gibi oluşturulmuştur. Bu grafikte görülebildiği gibi, stereo ve mono görüntü için birbirine çok yakın ve paralel sayılabilecek iki doğru elde edilmiştir.



Şekil 5.3: Zaman – ID grafiği.

Şekil 5.3'deki veriler için eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4)'teki yöntemler kullanılarak performans indisleri hesaplanmıştır.

Denklem eşitlik (3.3)'teki yöntemle göre hesaplama yapıldığında şekil 5.4'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Burada performans değerleri zorluk indislerine bağlı olduğu için, grafik üzerinde gösterilmiştir. Bu yöntem ile her bir zorluk indisi için ayrı ayrı performans karşılaştırması yapılabilmektedir. Şekil 5.4'deki sonuçları incelediğimizde SGG için stereo ve mono görüntü performansları arasında önemli bir farkı bulunmadığı görülmüştür.



Şekil 5.4: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).

Eşitlik (3.4)'teki yöntemle göre hesaplama yapabilmek için b değerinin bulunması gerekmektedir. b değeri, eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmaktadır. Gerekli hesaplamalar yapıldığında tablo 5.1'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 5.1: Performans indisi sonuçları (Genel indis).

Durum	a	b	IP
Stereo Görüntü	0,200	0,306	3,267
Mono Görüntü	0,279	0,309	3,234

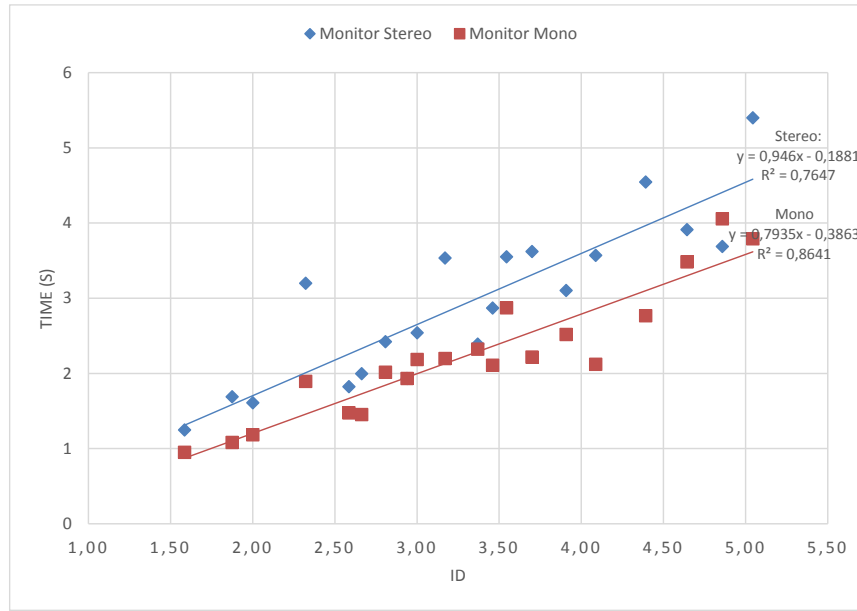
Tablo 5.1'deki sonuçları incelediğimizde SGG için genel stereo ve mono görüntü performansları arasında da önemli bir farkı bulunmadığı görülmüştür. İki sonuç birbirine çok yakın çıkmıştır.

5.5. Deney 2

Bu deneyde 3B stereo ekran ve aktif 3B stereo gözlük kullanılarak bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Aynı ekran kullanılarak stereo ve mono görüntü için ölçümler alınmıştır. Deneye katılan 20 katılımcı, stereo ve mono görüntü için 2'şer set görev gerçekleştirmiştir. Bir set görev içerisinde 20 farklı görev bulunmaktadır. Toplamda 1600 (20 x 2 x 2 x 20) zaman ölçümü yapılmıştır.

5.5.1. Deney Sonuçları

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen süreler kullanılarak Fitts Kanunu modeli şekil 5.5'teki gibi oluşturulmuştur. Bu grafik yardımıyla mono görüntü performansının stereo görüntüye göre daha iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5: Zaman – ID grafiği.

Şekil 5.5'deki veriler için eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4)'teki yöntemler kullanılarak performans indisleri hesaplanmıştır.

Eşitlik (3.3)'teki yönteme göre hesaplama yapıldığında şekil 5.6'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Şekil 5.6'deki sonuçları incelediğimizde, stereo ekran ve aktif 3B stereo gözlük için, mono görüntü performansının stereo görüntü performansına göre daha iyi olduğunu görebilmekteyiz. Neredeyse tüm zorluk değerleri için mono görüntü performans değerleri daha iyi çıkmıştır.



Şekil 5.6: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).

Eşitlik (3.4)'teki yöntemle göre hesaplama yapıldığında tablo 5.2'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 5.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).

Durum	a	b	IP
Stereo Görüntü	-0,188	0,946	1,057
Mono Görüntü	-0,386	0,794	1,260

Tablo 5.2'deki sonuçları incelediğimizde stereo ekran ve aktif 3B stereo gözlük için, mono görüntü performansının stereo görüntü performansına göre genel performans açısından da daha iyi olduğunu görebilmekteyiz.

5.5. Yorum

Bu bölümde gerçekleştirilen iki deney sonucunda, 3B sanal ortamlarda 2B hedef seçimi için, stereo görüntünün mono görüntüye göre avantajlı olmadığı gösterilebilmektedir. Bu çalışmadaki hedefler tek bir düzlem üzerinde 2B olarak seçilmektedir. Bu tip hedefler için stereo görüntü, 3B hedef seçimindeki gibi bir performans artışı sağlamamaktadır.

İkinci deneyde stereo görüntü performansının daha düşük çıkmasının nedeninin aktif stereo gözlük kullanılması olduğu düşünülmektedir. Birkaç katılımcı gözlüğün

gözü rahatsız ettiği ile ilgili görüş belirtmişlerdir. Bir diğer neden de bilgisayar performans farkı olabilir. Stereo ekranda görüntü oluşturmak için yenileme hızının mono ekrana göre iki kat fazla olması gerekmektedir. Aynı donanım kullanılmasına karşılık, görüntü daha zor oluşturulacağı için küçük gecikmeler yaşanmış olabilir.

Deney 1 ve deney 2 sonuçları birlikte düşünüldüğünde sanal gerçeklik gözlüğünün standart ekrana göre, performans açısından, daha iyi olduğu tekrar görülebilmektedir.

6. STEREO GÖRÜNTÜ VE GÖLGE KULLANIMININ 3B ORTAMLARDAKİ 2B HEDEF SEÇİM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Gölge kullanımı ve stereo görüntünün, 3B ortamlarda uzaklığın algılanmasında etkili olduğu bilinmektedir. Ancak 5. bölümdeki deneyler sonucunda stereo görüntünün 3B ortamlardaki 2B hedef seçimine önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür. Bu bölümde, bu tip hedeflerin seçiminde gölge kullanımının etkisi ile stereo görüntünün etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

6.1. Deney Düzenegi ve Sanal Ortam

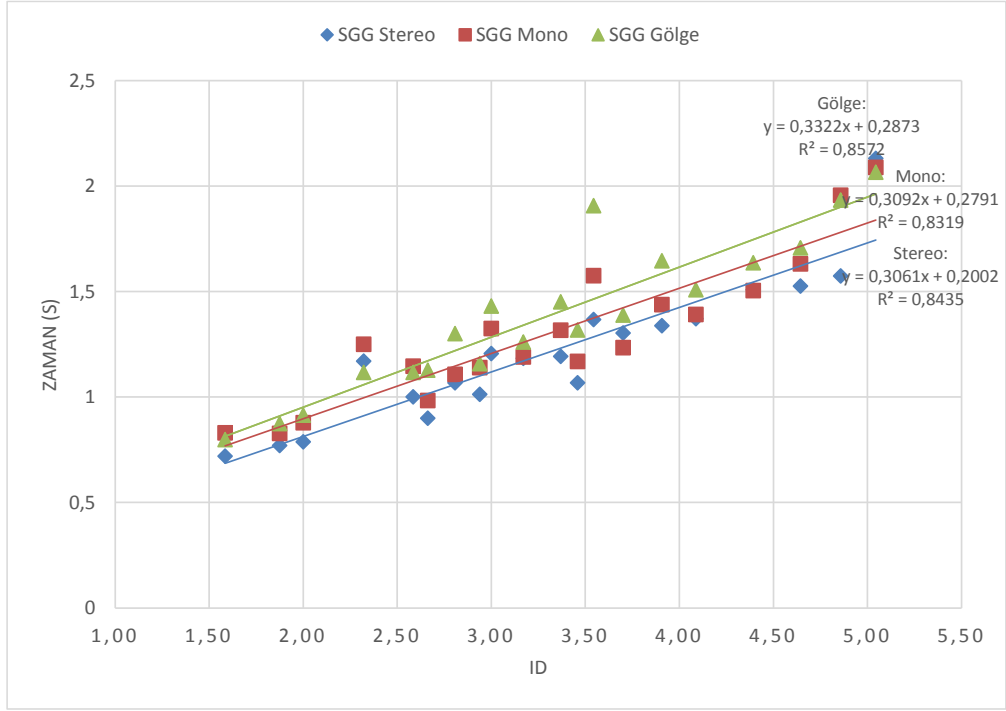
Bu bölümdeki deneylerde, 5. bölümdeki düzenek ve ortam kullanılmıştır. Seçimlerin yapılmasını sağlayan imlece gölge eklenmiş, bu şekilde gölgenin hedef seçimine etkisi incelenmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için 5. bölümde elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Bu bölümde elde edilen veriler ile 5. bölümdeki deneylerde elde edilmiş olan veriler birlikte değerlendirilerek gölgesiz stereo ve mono görüntü ile gölgeli mono görüntü karşılaştırılmıştır. Bu deneyde de 5. bölümdeki deneylerde kullanılan görevler kullanılmıştır.

6.2. Deney 1

Deney 1'de kullanıcılar, sanal gerçeklik gözlüğü için gölge kullanılarak oluşturulan ortamda görevleri gerçekleştirmişlerdir. 5. bölümdeki deney 1'de SGG kullanılarak mono ve stereo görüntü için hedef seçim performansları elde edilmiştir. Bu performans değerleri ile bu deneyde elde edilen veriler birleştirildiğinde gerekli karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Deneye katılan 20 katılımcı, gölge kullanılarak hazırlanmış ortam için ikişer set görev gerçekleştirmişlerdir. Bir set görev içerisinde 20 farklı görev bulunmaktadır. Toplamda 800 (20 x 1 x 2 x 20) zaman ölçümü yapılmıştır. Bir önceki deneyde kullanılan 1600 ölçüm ile toplamda 2400 zaman verisi bulunmaktadır.

6.2.1. Deney Sonuçları

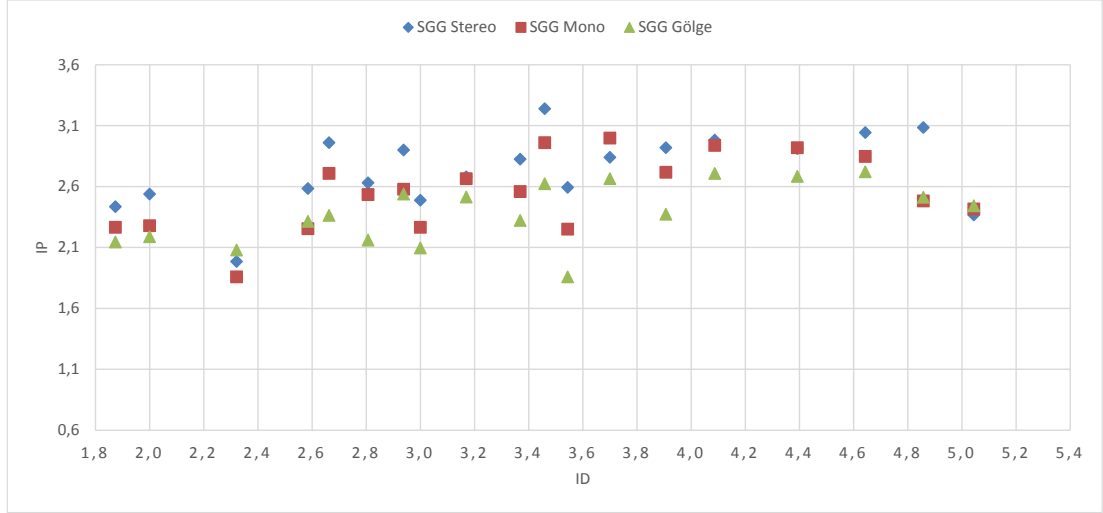
Elde edilen tüm veriler ışığında şekil 6.1'deki gibi bir Fitts Kanunu modeli oluşturulmuştur. Bu modelde görülebileceği gibi, gölge kullanılarak yapılan deney sonucunda elde edilen doğru diğer doğrulara yakın çıkmıştır.



Şekil 6.1: Zaman – ID grafiği.

Şekil 6.1'deki veriler için eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4)'teki yöntemler kullanılarak performans indisleri hesaplanmıştır.

Şekil 6.2'deki sonuçları incelediğimizde SGG için gölge kullanımı performansı ile stereo ve mono görüntü performansları arasında önemli bir farkı bulunmadığı görülmüştür.



Şekil 6.2: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).

Eşitlik (3.4)'teki yönteme göre performans hesaplaması yapıldığında ise Tablo 6.1'deki sonuçlara ulaşılmaktadır.

Tablo 6.1: Performans indisi sonuçları (Genel indis).

Durum	a	b	IP
Stereo Görüntü	0,200	0,306	3,267
Mono Görüntü	0,279	0,309	3,234
Gölge Kullanımı	0,287	0,332	3,012

Tablo 6.1'deki sonuçları incelediğimizde SGG için genel gölge kullanımı performansı ile genel stereo ve mono görüntü performansları arasında da önemli bir farkı bulunmadığı görülmüştür. Üç sonuç birbirine yakın çıkmıştır.

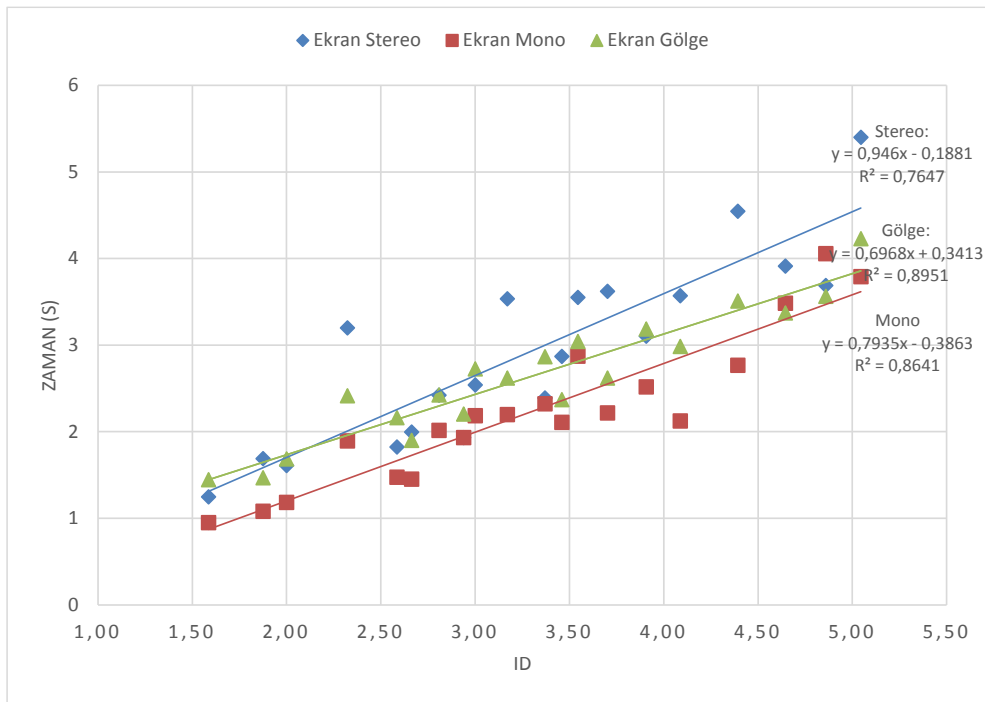
6.3. Deney 2

Deney 2'de kullanıcılar, standart ekran için gölge kullanılarak oluşturulan ortamda görevleri gerçekleştirmiştir. 5. bölümdeki deney 2'de standart ekran ve aktif stereo gözlük kullanılarak mono ve stereo görüntü için hedef seçim performansları elde edilmiştir. Bu performans değerleri ile bu deneyde elde edilen veriler birleştirildiğinde gerekli karşılaştırmalar yapılabilmektedir. Deneye katılan 20 katılımcı, gölge kullanılarak hazırlanmış ortam için ikişer set görev gerçekleştirmiştir. Bir set görev içerisinde 20 farklı görev bulunmaktadır. Toplamda

800 (20 x 1 x 2 x 20) zaman ölçümü yapılmıştır. Bir önceki deneyde kullanılan 1600 ölçüm ile toplamda 2400 zaman verisi bulunmaktadır.

6.3.1. Deney Sonuçları

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen süreler kullanılarak Fitts Kanunu modeli şekil 6.3'teki gibi oluşturulmuştur. Bu grafik yardımıyla gölge kullanılarak oluşturulan ortamın performansının mono görüntü ve stereo görüntüye göre daha iyi olduğu görülmektedir.

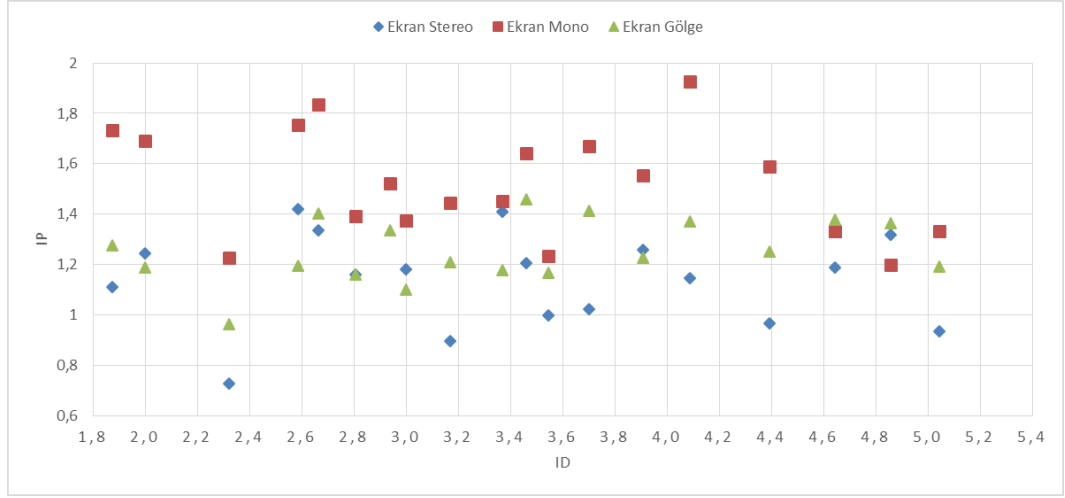


Şekil 6.3: Zaman – ID grafiği.

Şekil 6.3'deki veriler için eşitlik (3.3) ve eşitlik (3.4)'teki yöntemler kullanılarak performans indisleri hesaplanmıştır.

Eşitlik (3.3)'teki yöntemle göre hesaplama yapıldığında şekil 6.4'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Şekil 6.4'deki sonuçları incelediğimizde, gölge kullanımındaki performans değerlerinin, stereo ekran ve aktif 3B stereo gözlük için stereo görüntü performansına göre daha iyi olduğunu görebilmekteyiz. Mono ekran performansı küçük zorluk değerleri için gölge performansına göre daha iyi olarak gözükmektedir. Ancak eşitlik (3.4)'teki yöntemle göre hesaplama yapıldığında genel gölge

performansının genel mono görüntü performansına göre daha iyi olduğu görülebilmektedir.



Şekil 6.4: Performans indisi sonuçları (ID'ye bağlı indis).

Eşitlik (3.4)'teki yönteme göre hesaplama yapıldığında tablo 6.2'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 6.2: Performans indisi sonuçları (Genel indis).

Durum	a	b	IP
Stereo Görüntü	-0,188	0,946	1,057
Mono Görüntü	-0,386	0,794	1,260
Gölge Kullanımı	0,341	0,697	1,434

Tablo 6.2'deki sonuçları incelediğimizde stereo ekran ve aktif 3B stereo gözlük için, gölge kullanılan sistemin genel performansının mono görüntü ve stereo görüntü performansına göre genel performans açısından da daha iyi olduğunu görebilmekteyiz.

6.4. Yorum

Bu bölümde gerçekleştirilen ilk deney sonucunda, 3B sanal ortamlarda 2B hedef seçimi için gölge kullanımının önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bunun

nedeni olarak baş takibinin hedef seřimine etkisinin stereo ve gölgeye göre önemli derecede büyük olması görölmüřtür.

İkinci deneyde ise gölge kullanımı hedef seçim performansında belirli bir artış sağlamıştır. Bu deney sonucunda, performans açısından, gölge kullanımının aktif stereo görüntü kullanımından daha yararlı olduğu gösterilmiştir.

7. 3B SANAL ORTAMDA 2B NESNELER İLE ÇOKLU DOKUNMA TABANLI ETKİLEŞİM UYGULAMASI

Bu bölümde amaç, standart 2B çoklu dokunma yöntemlerini 3B sanal ortamlara uyarlayarak bu ortamlar içerisindeki 2B yüzeyler ile çoklu dokunma tabanlı etkileşim sağlanabilecek bir sistem geliştirmektir. Sistemde 3 adet sensör kullanılmaktadır. Bu sensörler yardımı ile birbirinden bağımsız 3 ayrı dokunma işlemi aynı anda yapılabilmektedir. Bu sensörler parmaklara takılmaktadır ve bu şekilde parmakların konumları sanal ortam içerisinde bilinmektedir.

7.1. 3B Giriş İşlemleri

Giriş aracı olarak Ascension firmasının Trakstar isimli aracı kullanılmaktadır. Verici ve alıcı olmak üzere iki farklı parçası bulunmaktadır. Verici bir manyetik alan oluşturur. Alıcı ile bu manyetik alandan yararlanarak vericiye olan uzaklığını ve vericiye göre oryantasyonunu algılar. Bir sistemde birden fazla alıcı bulunabilir. Bizim kullandığımız sistemde 3 adet alıcı bulunmaktadır. Her bir alıcı diğerlerinden bağımsız olarak, aynı anda çalışabilmektedir.

Alıcılardan ölçülen veriler, firmanın sunmuş olduğu api yardımı ile alınabilmektedir. Bu api cpp için yazılmıştır. Bizim sistemimiz Unity3D oyun motoru ile geliştirilmektedir. Bu nedenle verilerin Unity3D içerisinden okunabilmesi için eklenti (plugin) formatında olması gerekmektedir. Eklentiler DLL yardımı ile oluşturulmaktadır. DLL içerisindeki fonksiyonlar Unity3D içerinden çağırılabilir.

Giriş aracından veri okumak için cpp ile gerekli fonksiyonlar yazılmış ve DLL olarak çıkartılmıştır. Bu fonksiyonlar aşağıdaki gibidir.

- void init();

Bu fonksiyon sistemin başlatılmasını sağlanması ve gerekli ayarların yapılmasını sağlamaktadır. Bizim sistemimiz için ilk olarak hangi alıcıların aktifleştirileceği seçilmiş, sonrasında metrik sistemin kullanılacağı, veri alma

sıklığının 100Hz olacağı ve her bir sensör için x, y, z pozisyon bilgisi ve oryantasyon için quaternion bilgisi alınacağı ayarlanmıştır.

- void readData(int sId);

Bu fonksiyon, bir alıcı için o zamandaki verinin okunmasını ve gerekli değişkenlere atanmasını sağlamaktadır. sId parametresi, hangi alıcı için okuma yapılacağını belirtmektedir.

- double getX();
- double getY();
- double getZ();

Bu fonksiyonlar pozisyon bilgisini döndürmektedir.

- double getQ0();
- double getQ1();
- double getQ2();
- double getQ3();

Bu fonksiyonlar oryantasyon bilgisini quaternion formatında döndürmektedir. Unity3D içerisinde quaternion kullanıldığı için bu format tercih edilmiştir. Farklı formatlarda da okuma yapılabilir.

Bu işlemler yapıldıktan sonra sıra bu fonksiyonları eklentiye dönüştürmeye ve bu eklentiye Unity3D içerisinde kullanmaya gelmektedir. Fonksiyonlar DLL olarak çıkartılmış ve bu DLL, Unity3D projesinde Assets/Plugins/ klasörü altına koyulmuştur. Bu klasör özel bir klasördür. Proje içerisinde bu klasör altındaki DLL fonksiyonları kullanılabilir. Bu fonksiyonları kullanmak için aşağıdaki gibi bir kod parçası eklememiz gerekmektedir.

- [DllImport ("dll_ismi")]
- private static extern void fonksiyon_ismi();

Bu işlem yapıldıktan sonra ilgili fonksiyonlar proje içerisinde c# fonksiyonu gibi kullanılabilir.

Bir sonraki aşamada elde edilen veriler yardımı ile sahne içerisindeki nesnelere kontrol edilecektir. Bu amaçla 3 adet nesne oluşturulmuş ve alıcı verilerinden elde edilen konum ve oryantasyon bilgileri bu nesnelere konum ve oryantasyon bilgisi olarak kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda 3 adet 3B imleç elde edilmiştir. Etkileşim ile ilgili tüm işlemler bu imleçler yardımı ile gerçekleştirilecektir.

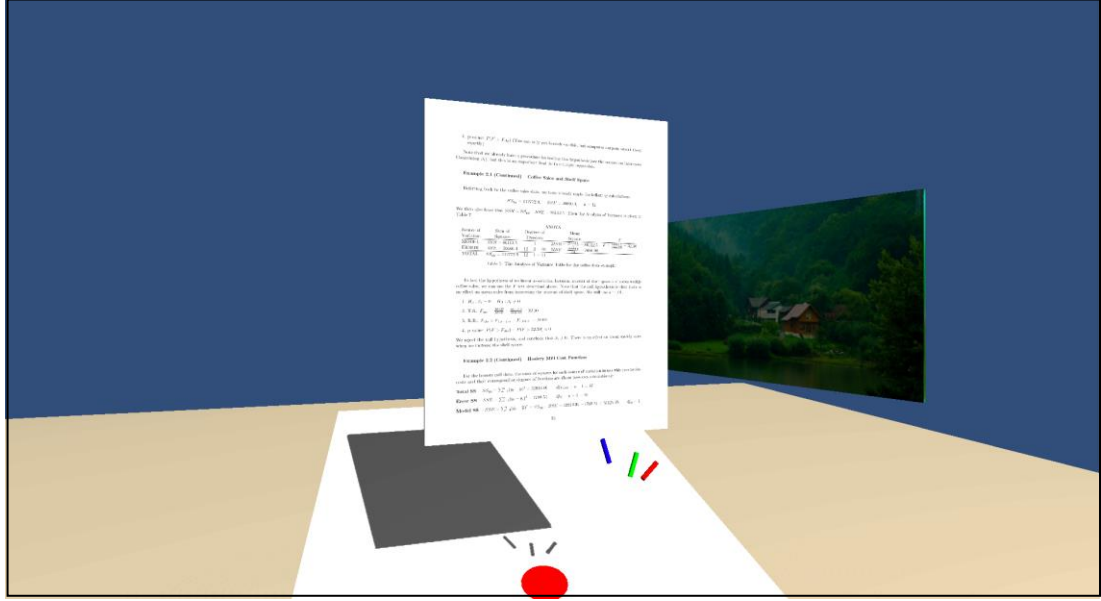
7.2. Dokunma Tabanlı Etkileşim

Bölüm 7.1’de oluşturulan imleçlerin dokunma tabanlı etkileşim için kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla bir etkileşim sistemi geliştirilmiştir. Etkileşim, 2B düzlemler üzerinde gerçekleştirilecektir. Bu düzlemler sanal pencereleri temsil etmektedir. Sistemde iki ayrı bileşen bulunmaktadır. Bunlardan biri imleç, diğeri ise etkileşim yüzeyidir. Hem yüzeyler hem de imleçler birden fazla olabilir.

7.2.1. Etkileşim Yüzeyi

Etkileşim yüzeyi olarak düzlemsel bir nesne oluşturulmuş ve bu nesneye gerekli özellikler eklenerek imleç ile etkileşime girebilmesi sağlanmıştır. Etkileşim ile ilgili işlemler imleçler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde yüzeyler ile ilgili yapılması gereken imlece bu yüzeyin etkileşim yüzeyi olduğunun gösterilmesidir. Burada Unity3D’nin tag özelliğinden yararlanılmıştır. Nesnelere tag isminde bir özelliği (değişkeni) bulunmaktadır. Tag özelliği aynı olan nesnelere için toplu işlemler yapılabilir.

Unity3D içerisinde prefab isminde bir sistem bulunmaktadır. Bir nesne içerisinde değişiklikler yapıldığında ya da içerisine yeni componentler eklendiğinde elde edilen son durumu kaydedilebilir. Kaydedilen bu yeni nesne, ayrı bir nesne tipi gibi davranmaktadır. Yani bu yeni nesnede tanımlanan tüm özelliklere sahip olan başka bir nesne oluşturulabilir. Bu sistemden yararlanılarak bir etkileşim yüzeyi prefabı oluşturulmuştur. Bu prefab içerisinde daha sonra bahsedilecek başka özellikler de bulunmaktadır.



Şekil 7.1: Etkileşim yüzeyleri.

7.2.2. İmleç

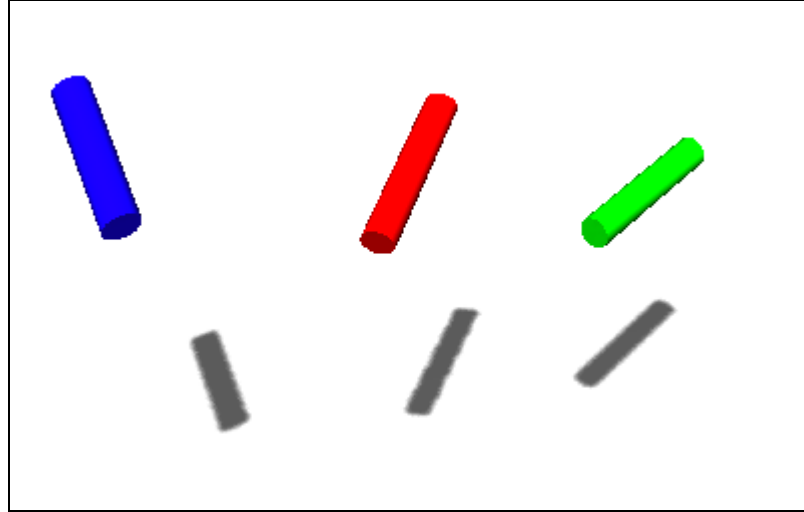
Etkileşim yüzeyleri ile etkileşime girebilen bir nesnedir. Küçük bir silindir şeklinde oluşturulmuştur. Yönü ve konumu yukarıda anlatıldığı gibi alıcı yardımı ile belirlenmektedir.

Bir imlecin bulunabileceği beş farklı durum tanımlanmıştır. Bu durumlar PRESS, RELEASE, MOVE, STAY ve OUT durumlarıdır. OUT durumu imlecin yüzey dışında olduğu anlamına gelmektedir. PRESS durumu ise OUT durumundaki bir imlecin yüzeye temas ettiği anda girdiği durumdur. Bu durum çok kısa süren bir durumdur. Ardından STAY durumuna geçilir. STAY durumu, imlecin yüzey içerisinde hareketsiz olarak durması anlamına gelmektedir. Eğer imleç yüzey içerisinde hareket etmeye başlarsa MOVE durumuna geçilir. Hareket bittiğinde tekrar STAY durumuna dönlür. RELEASE durumu ise içerideki bir imlecin dışarıya çıktığı ilk andaki durumudur. Bu durum da yine kısa sürelidir. Bu durum sonrasında OUT durumuna geçilir.

Burada bahsedilen durumlar için süreler tutulmaktadır. Bu süreler çift tıklama gibi özellikler için kullanılmaktadır. Çift tıklama işleminde, ilk tıklamadan sonra ikinci tıklamaya kadar belirli bir süreden fazla geçmiş ise işlem gerçekleştirilmez.

İmleç için bir diğer önemli özellik, imlecin yüzeye dokunduğu noktanın tespit edilmesidir. Bizim sistemimizde bu nokta, etkileşim yüzeyi üzerindeki bir koordinat sisteminde 2B olarak hesaplanmaktadır. Bir yüzey üzerindeki tıklanan nokta 0,0 ile 1,0 arasındaki bir noktadır. Bu aralık yatay ve dikey için geçerlidir.

Eğer imleç bir yüzey içerisinde ise, imlecin belirli zaman aralıklarındaki son 120 konum değeri bir array içerisinde tutulur. Bu değerler gesture tanımlayabilmek için bir alt yapı oluşturulması amacıyla tutulmaktadır. İmleç durumlarından STAY ve MOVE durumlarına karar vermek için de bu verilerden yararlanılmaktadır. Son 10 değer için noktaların sırasıyla birbirine bağlanması sonucu oluşan yayın uzunluğu belirli bir değerin üzerinde ise imleç MOVE durumunda, değil ise STAY durumunda olur.



Şekil 7.2: İmleçler.

8. SONUÇ

Bu çalışma 3B sanal ortamlarda 2B nesnelere ile etkileşim, görüntüleme sistemleri açısından incelenmiş ve bu inceleme sonucunda bir etkileşim sistemi geliştirilmiştir.

Tablo 8.1: Performans indisi sonuçları (Tüm durumlar için).

Durum	a	b	IP
SGG Stereo Görüntü	0,200	0,306	3,267
SGG Mono Görüntü	0,279	0,309	3,234
SGG Gölge Kullanımı	0,287	0,332	3,012
Ekran Gölge Kullanımı	0,341	0,697	1,434
Ekran Mono Görüntü	-0,386	0,794	1,260
Ekran Stereo Görüntü	-0,188	0,946	1,057

Tablo 8.1’de yapılan deney durumları performans değerlerine göre sıralanmıştır. Sıralama sonucunda bu çalışmada kullanılan sistemler açısından baş takibinin en önemli özellik olduğu anlaşılabilmektedir. Önem sırasında daha sonra gölge kullanımı, son olarak da stereo kullanımı gelmektedir.

İlk olarak sanal gerçeklik gözlüğü ile standart ekran karşılaştırılmış, sonuç olarak sanal gerçeklik gözlüğünün standart ekrana göre avantajlı olduğu görülmüştür. Bu avantajın nedeni olarak baş takibi ve geniş görüş açısı gösterilebilir. Bu deney sonucunda bir diğer avantajın stereo görüntü olabileceği de düşünülmüştür. Stereo görüntünün performansı etkileme ihtimalini araştırmak için ikinci bir deney yapılmıştır.

İkinci deneyde stereo görüntü ile mono görüntü, iki farklı sistem için karşılaştırılmıştır. İlk olarak sanal gerçeklik gözlüğü için yapılan karşılaştırmada stereo ve mono görüntü performansı birbirine çok yakın çıkmıştır. İkinci sistemde ise aktif stereo gözlük ve stereo monitör kullanılmıştır. Bu deneyde mono görüntü performansı stereo görüntü performansına göre biraz daha iyi çıkmıştır. Bunun nedeni olarak da aktif stereo gözlüğün kullanıcılara açılıp kapanmadan kaynaklanan

bir rahatsızlık vermesi ve oluşturulması gereken görüntü sayısının mono ekrana göre iki kat fazla olması gösterilebilir.

Üçüncü deneyde ise gölge kullanımı ile stereo ve mono görüntü performansları karşılaştırılmıştır. Bu deney sonucunda standart ekran için gölge kullanımı, performans açısından, mono ve stereo görüntüye göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Son olarak bu elde edilen veriler ışığında bir etkileşim sistemi geliştirilmiş ve bu sistemde sanal gerçeklik gözlüğü kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Feiner S., MacIntyre B., Haupt M., Solomon E., (1993), "Windows on the world: 2D windows for 3D augmented reality", In Proceedings of the 6th annual ACM symposium on User interface software and technology, 145-155, Atlanta, Georgia, United States, 3-5 November.
- [2] Lindeman R. W., Sibert J. L., Hahn J. K., (1999), "Hand-held windows: towards effective 2D interaction in immersive virtual environments" In Virtual Reality, 1999. Proceedings., IEEE, 205-212, Houston, Texas, USA, 13-17 March.
- [3] Lindeman R. W., Sibert J. L., Hahn J. K., (1999). "Towards usable VR: an empirical study of user interfaces for immersive virtual environments", In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, 64-71, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 15-20 May.
- [4] Roussel N., (2003), "Ametista: a mini-toolkit for exploring new window management techniques", In Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction, 117-124, Rio de Janeiro, Brazil, 17-20 November.
- [5] Larimer D., Bowman D. A., (2003), "VEWL: A Framework for Building a Windowing Interface in a Virtual Environment", In INTERACT, Zurich, Switzerland, 1-5 September.
- [6] Chapuis O., Roussel N., (2005), "Metisse is not a 3D desktop!", In Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology, 13-22, Seattle, WA, USA, 23-26 October.
- [7] Febretti A., Mateevitsi V. A., Chau D., Nishimoto A., McGinnis B., Misterka J., Leigh J., (2011). "The OmegaDesk: towards a hybrid 2D and 3D work desk", In Advances in Visual Computing, 13-23, Las Vegas, NV, USA, 26-28 September.
- [8] Hilliges O., Kim D., Izadi S., Weiss M., Wilson A., (2012), "HoloDesk: direct 3d interactions with a situated see-through display", In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2421-2430, Austin, Texas, USA, 5-10 May.
- [9] Lee J., Olwal A., Ishii H., Boulanger C., (2013)., "SpaceTop: integrating 2D and spatial 3D interactions in a see-through desktop environment", In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 189-192, Paris, France, 27 April - 2 May.
- [10] Patrick E., Cosgrove D., Slavkovic A., Rode J. A., Verratti T., Chiselko G., (2000), "Using a large projection screen as an alternative to head-mounted displays for virtual environments", In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, 478-485, New York, NY, USA, 1-6 April.

- [11] Bowman D. A., Datey A., Farooq U., Ryu Y., Vasnaik O., (2001), "Empirical comparisons of virtual environment displays", Technical Report No: TR-01-19, Department of Computer Engineering, Virginia Tech University, USA
- [12] Czerwinski M., Smith G., Regan T., Meyers B., Robertson G., Starkweather G., (2003), "Toward characterizing the productivity benefits of very large displays", In Proceedings of INTERACT 9-16, Zurich, Switzerland, 1-5 September.
- [13] Arsenault R., Ware C., (2004), "The importance of stereo and eye-coupled perspective for eye-hand coordination in fish tank VR", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 13(5), 549-559.
- [14] Teather R. J., Stuerzlinger W., (2011), "Pointing at 3D targets in a stereo head-tracked virtual environment", In *3D User Interfaces (3DUI)*, 2011 IEEE Symposium, 87-94, Singapore, Singapore, 19-20 March.
- [15] Bruder G., Steinicke F., Sturzlinger W., (2013), "Effects of visual conflicts on 3D selection task performance in stereoscopic display environments", In *3D User Interfaces (3DUI)*, 2013 IEEE Symposium 115-118, Orlando, FL, USA, 16-17 March.
- [16] Bruder G., Steinicke F., Sturzlinger W., (2013), "To touch or not to touch?: comparing 2D touch and 3D mid-air interaction on stereoscopic tabletop surfaces", In Proceedings of the 1st symposium on Spatial user interaction, 9-16, Los Angeles, CA, USA, 20-21 July.
- [17] Teather R. J., Stuerzlinger W., (2013), "Pointing at 3d target projections with one-eyed and stereo cursors", In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 159-168, Paris, France, 27 April - 2 May.
- [18] Saggio G., Ferrari M., (2012), "New Trends in Virtual Reality Visualization of 3D Scenarios". In: Xin-Xing Tang, Editors, "Virtual Reality – Human Computer Interaction", InTech.
- [19] Cruz-Neira C., Sandin D. J., DeFanti T. A., (1993), "Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE", In Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, 135-142, Anaheim, CA, USA, 2-6 August.
- [20] Grossman T., Balakrishnan R., (2004), "Pointing at trivariate targets in 3D environments", In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 447-454, Vienna, Austria, 24-29 April.
- [21] Cabral M. C., Morimoto C. H., Zuffo M. K., (2005), "On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments", In Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction, 100-108, Cuernavaca, México, 23-26 October.

- [22] Sprague D. W., Po B. A., Booth K. S., (2006), “The importance of accurate VR head registration on skilled motor performance”, In Proceedings of Graphics Interface 2006, 131-137, Quebec City, Canada, 7-9 June.
- [23] Teather R. J., Pavlovych A., Stuerzlinger W., MacKenzie I. S., (2009, March). Effects of tracking technology, latency, and spatial jitter on object movement. In 3D User Interfaces, IEEE Symposium, 43-50, Lafayette, Louisiana, USA, 14-15 March.
- [24] Jankowski J., Hachet M., (2013), “A survey of interaction techniques for interactive 3D environments”, In Eurographics 2013-STAR, Girona, Spain, 6-10 May.
- [25] Fitts P. M., (1954), “The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement”, Journal of experimental psychology, 47(6), 381.
- [26] MacKenzie I. S., (1992), “Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction”, Human-computer interaction, 7(1), 91-139.
- [27] Soukoreff R. W., MacKenzie I. S., (2004), “Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI”, International journal of human-computer studies, 61(6), 751-789.
- [28] Zhai S., (2004), “Characterizing computer input with Fitts' law parameters—the information and non-information aspects of pointing”, International Journal of Human-Computer Studies, 61(6), 791-809.
- [29] ATTS, (2009), “3D Guidance trakSTAR Installation and Operation Guide, Ascension Technology Corporation, Revision D”, Ascension Technology Technical Staff.
- [30] Web 1, (2015), <https://developer.oculus.com/documentation/>, (Erişim Tarihi: 24/06/2015).
- [31] Web 2, (2015), <http://docs.unity3d.com/Manual/index.html>, (Erişim Tarihi: 24/06/2015).

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Fatih TUNALI 1989 yılında Bursa'da doğdu. 2007 yılında başladığı Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünü 2012 yılında başarıyla tamamlayarak, aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2013 yılından bu yana Gebze Teknik Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.