

**T.C.**  
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜSTÜN YETENEKLİ ÖĞRENCİLERİN KULLANIMI İÇİN SANAL  
GERÇEKLİK ORTAMINDA KUVVET GERİBESLEMELİ HAPTİK  
UYGULAMALARIN GELİŞTİRİLMESİ**

**Hakan ÜSTÜNEL**

**Doktora Tezi**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

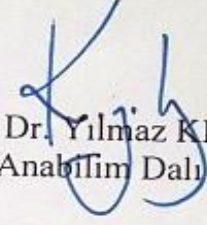
**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Erdem UÇAR**

**EDİRNE-2014**

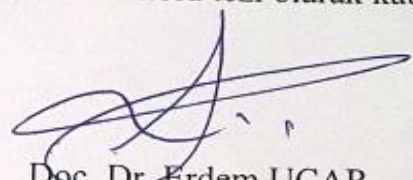
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

  
Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. Erdem UÇAR  
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında bir doktora tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN

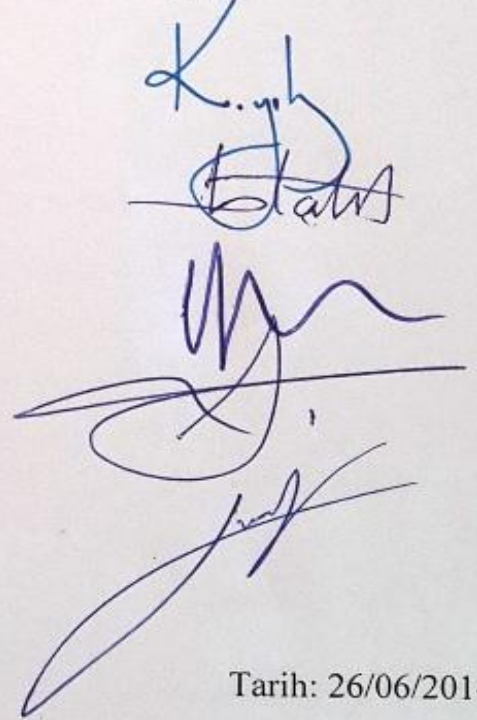
Prof. Dr. Hasan Hüseyin BALIK

Prof. Dr. Yılmaz ÇAN

Doç. Dr. Erdem UÇAR

Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT

İmza



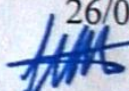
Tarih: 26/06/2014

Tarih: 26/06/2014

**T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ DOKTORA PROGRAMI**  
**DOĞRULUK BEYANI**

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

26/06/2014

  
Hakan ÜSTÜNEL

Doktora Tezi

Hakan ÜSTÜNEL

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, bilgisayar bilimleri ve mühendisliğinin önemli bir çalışma alanı olan sanal gerçeklik (virtual reality) ve kuvvet geribeslemeli (force feedback) haptik teknolojiler kullanılarak geliştirilen uygulamaların üstün yetenekli/zekâlı öğrencilerin kimya eğitiminde kullanılması ve etkilerinin incelenmesidir.

Kuvvet ve hareket iletimi için kullanılabilen, rijit cisimlerin rijit mafsallarla birleştirildiği bir sisteme sahip haptik cihaz olan 6 serbestlik dereceli ve 3 eksenli Phantom Omni<sup>TM</sup> kullanılarak algoritmalar geliştirilmiştir. Yazılım geliştirme ortamı olarak Visual C++ seçilmiştir. OpenGL<sup>TM</sup> ve HDAPI grafik uygulamaların işlenmesinde kullanılmıştır. 3D görüntünü oluşturulmasında ekranı olan bir gözlük (*Head Mounted Display*) olan Wrap 1200<sup>TM</sup> kullanılmıştır.

İnsan bilgisayar etkileşimi ve bilişim teknolojilerini konu alan bu tez çalışmasının örneklemini, İstanbul Bilim&Sanat Merkezine devam eden üstün yetenekli/zekâlı 52 6. ve 7. sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Deney grubuna sanal gerçeklik ortamında geliştirilen kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar, kimyasal bağlar konusu eğitimde uygulanmıştır. Kontrol grubunda bu eğitim geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amaçlarından biri de üstün yetenekli/zekâlı öğrencilerle normal zekâlı öğrencilerin alan bağımlı-alan bağımsız bilişsel stillerinin farklılığıdır. Veriler anketler yoluyla toplanmış ve istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırma sonucunda deney grubu lehine manidar sonuçlara ulaşılmıştır. Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların üstün yetenekli/zekâlı öğrencilerin eğitim sürecine karşı tutumlarını olumlu bir şekilde etkilediği açığa çıkarılmıştır.

Yıl : 2014

Sayfa Sayısı : 81

Anahtar Kelimeler : Sanal Gerçeklik, kuvvet geribeslemeli haptik teknolojiler,  
kimyasal bağlar, üstün yetenekli/zekâlılar eğitimi, alan  
bağımlı/alan

bağımsız bilişsel stiller

Doktora Tezi

Hakan ÜSTÜNEL

Trakya University Institute of Natural Sciences

Computer Engineering

## ABSTRACT

The aim of this study is to identify the effects of force feedback haptic applications developed in virtual reality (VR) environments which is an important field of study in computer science and engineering, on talented/gifted students' attitudes towards chemistry education in learning progress. With this aim, literature review on the subject has been done.

A 3D 6 DOF (Degree of Freedom) haptic device (Phantom Omni<sup>TM</sup>) has been used to develop the algorithm in this study. It can be used to transmit force and motion with using a haptic device. Visual C++ was chosen as Software development environment. OpenGL<sup>TM</sup> and HDAPI had been used to rendering graphics. At the 3D image creation state Wrap 1200<sup>TM</sup> which is a kind of head mounted display, has been chosen.

This thesis has been the subject of human-computer interaction and information Technologies. The sample of this study consists of 52 students identified as talented/gifted who are attending 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> grades at the Istanbul Science&Art Center in Istanbul. The experimental group had taken chemical bond applications developed by using a force feedback haptic device in Virtual Reality environment and the control group had taken it by traditional teaching methods. One aim of this study is to compare the differences in FD/FI cognitive styles of the talented/gifted and the other students. The was collected through a questionnaire. They were analyzed using descriptive statistics and qualitative analysis methods.

According to the findings of the research, it has been observed that there is a significant difference between which the favored experimental group and the control group. The study reveals that there is a relation between force feedback haptic applications which developed in virtual reality environments and talented/gifted students' attitudes towards educational programs.

Year : 2014

Number of Pages : 81

Keywords : Virtual Reality, force feedback haptic technologies, chemical bond, talented/gifted education, FD/FI cognitive styles

## TEŞEKKÜR

Çalıőmamın her safhasında yakın ilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, yoğun temposuna rağmen zaman ayırarak yardımlarını esirgemeyen, akademik bilgi ve tecrübelerini örnek aldığım danışman hocam, sayın Doç. Dr. Erdem UÇAR'a ve tez çalışması boyunca dostça tavsiyelerinden dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. İlhan UMUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sürecinde akademik birikimlerini paylaşarak karşılaştığım problemlerin çözümüne katkı sunan sayın Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN'a ve sayın Prof. Dr. Hasan Hüseyin BALIK'a teşekkür ederim.

Başta kimya öğretmeni İsmail ATEŐ olmak üzere İstanbul Bilim Sanat Merkezi personeline araőtırmam esnasında gösterdikleri anlayış ve yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması için TUBAP tarafından sağlanan maddi desteklere teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan, maddi-manevi desteklerini sunan değerli anneme, babama ve eşime teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vi
TABLolar .....	vii
ŞEKİLLER .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. SANAL GERÇEKLİK VE HAPTİK TEKNOLOJİLER .....	6
2.1 Sanal Gerçeklik .....	6
2.1.1 OpenGL .....	7
2.1.2 3D Görüntü Birimleri .....	8
2.2 Haptik Teknolojiler .....	8
2.2.1 Mekanizmalarına Göre Haptik Cihazlar .....	11
2.2.1 Haptik Cihaz İmalatı .....	12
2.2.2 Haptik Geribesleme (Haptic feedback) .....	12
2.2.3 Haptik Cihaz Uygulama Alanları .....	14
3. KİMYASAL BAĞLARIN SANAL GERÇEKLİK VE HAPTİK CİHAZLAR KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLMESİ .....	18
3.1 Kimyasal Bağlar .....	18
3.1.1 Kovalent Bağ .....	18
3.1.2 İyon Bağı ve M.etal Bağı .....	19
3.1.3 Atom Yarıçapı .....	20
3.1.4 Elektronegatiflik .....	21
3.1.4.1 Pauling Elektronegatifliği .....	21
3.2 Haptik Cihaz (Phantom Omni) .....	22
3.2.1 Yazılım Geliştirme Platformu .....	24
3.2.1.1 OpenHaptics Kütüphane ve Sınıfları .....	24
3.3 Algoritma Geliştirme Aşamaları .....	26

4. ALAN ÇALIŞMASI .....	37
4.1 Zekâ ve Üstün Zekâ Kavramları .....	37
4.2 Üstün Zekâlı Öğrencilerin Özellikleri.....	39
4.2.1 Bilişsel Stiller .....	39
4.3 Üstün Zekâlı Öğrenciler İçin Eğitim Ortamı Düzenlemeleri ve Materyal Geliştirme Gerekliliği .....	40
4.4 Deneysel Çalışma ve Sonuçları .....	41
4.4.1 Üstün Zekâlı Öğrencilerin Bilişsel Stil Farklılıklarının Belirlenmesi .....	42
4.4.2 Geliştirilen Haptik Uygulama Aşamaları Örnekleme Uygulanması ve Uygulama Sonuçları .....	48
4.2.2.1 Metadoloji .....	48
4.2.2.2 Araştırmaya İlişkin Bulgular .....	49
5. TARTIŞMAVE SONRAKİ ÇALIŞMALAR .....	54
KAYNAKÇA .....	59
Tez Döneminde Yapılan Bilimsel Yayınlar .....	64
EKLER.....	65
Ek 1 İzin Belgesi .....	65
Ek 2 Ölçekler .....	66
Ek Tutum Ölçeği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Değerleri .....	71
Ek 4 3 Özgeçmiş ve Eserler Listesi .....	72



## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>OPENGL<sup>TM</sup></b>	: Açık grafik kütüphanesi (Open Graphic Library)
<b>DOF</b>	: Serbestlik derecesi (Degree of Freedom)
<b>GUI</b>	: Grafik kullanıcı arayüzü (Graphical User Interface)
<b>p</b>	: Olasılık değeri
<b>H</b>	: Hipotez
<b>HD</b>	: Haptik cihaz (Haptic Device)
<b>API</b>	: Uygulama programlama arayüzü (Application Programming Interface)
<b>t</b>	: t-istatistiksel değeri
<b>U</b>	: Mann-Whitney U istatistiksel değeri
<b>WISC-R</b>	: Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised
<b>SPSS<sup>TM</sup></b>	: Statistical Package for the Social Science
<b>SE</b>	: Standart hata (Standard Error)
<b>X</b>	: Ortalama
<b>GEFT</b>	: Grup gömülü figürler testi (Grup Embedded Figures Test)
<b>FD</b>	: Alan bağımlı (Field Dependent)
<b>FI</b>	: Alan bağımsız (Field Independent)
<b>FM</b>	: Alan orta (Field Middle)
<b>HDAPI</b>	: Haptik cihaz API (Haptic Device API)
<b>HLAPI</b>	: Haptik kütüphane API (Haptic Library API)
<b>PDD</b>	: Phantom aygıt sürücüsü (Phantom Device Driver)
<b>PCC</b>	: Phantom iletişim dönüştürücüsü (Phantom Communication Converter)
<b>HÇKK</b>	: Haptik Çekim Kuvveti Katsayısı
<b>YSK</b>	: Yarıçap Simülasyon Katsayısı

## TABLÖLAR

<b>Tablo 3.1</b> Polar olmayan (nonpolar) atom yarıçapları.....	20
<b>Tablo 3.2</b> Pauling elektronegatiflik değerleri.....	21
<b>Tablo 3.3</b> Phantom omni mekanik özellikleri .....	22
<b>Tablo 4.1</b> Araştırma grubunun yapısı .....	42
<b>Tablo 4.2</b> Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stil puanlarının cinsiyet, sınıf ve ICT temelli ders seçme değişkenlerine göre dağılımlarına ilişkin T-testi sonuçları .....	44
<b>Tablo 4.3</b> Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stillerinin ( <i>FD-FI-FM</i> ) cinsiyet, sınıf ve ICT temli ders seçme değişkenlerine göre dağılımlarına ilişkin <i>Mann-Whitney-U</i> testi sonuçları .....	45
<b>Tablo 4.4</b> Bilişsel stil puanlarının cinsiyet, sınıf ve üstün zekâlı olma değişkenlerine göre dağılımlarına T-testi sonuçları .....	46
<b>Tablo 4.5</b> Bilişsel stiller ( <i>FD-FI-FM</i> ) ile cinsiyet, sınıf ve üstün zekâlı olma değişkenlerine göre dağılımlarına <i>Mann-Whitney-U</i> testi sonuçları .....	47
<b>Tablo 4.6</b> Araştırma grubunu oluşturan örneklemin sınıf ve cinsiyet değişkenlerine göre dağılımları .....	42
<b>Tablo 4.7</b> Ölçme aracını oluşturan maddelerin deney ve kontrol gruplarına göre dağılımlarına ilişkin t-testi sonuçları .....	42

## ŞEKİLLER

Şekil 1.1 Bilişim teknolojileri gelişim aşamaları .....	2
Şekil 1.2 Tez çalışması anahtarlarının blok diyagramı ile ifadesi .....	5
Şekil 2.1 Sanal nesnelerin uşturulması, kamera pozisyonu ve çalışma hacmi .....	6
Şekil 2.2 OpenGL pipeline yapısı .....	7
Şekil 2.3 Wrap 1200 .....	8
Şekil 2.4 Deri ve derialtı yapıları .....	9
Şekil 2.5 Master-slave sistem (Goertz, 1951) .....	9
Şekil 2.6 İnsan ve makine arasındaki haptik iletişim aşamaları .....	10
Şekil 2.7 Seri mekanizmalı haptik cihazlar .....	11
Şekil 2.8 Paralel mekanizmalı haptik cihazlar .....	11
Şekil 2.9 Hibrit mekanizmalı bir haptik cihaz .....	12
Şekil 2.10 Sonsuz çalışma hacmine sahip bir haptik cihaz tasarımı .....	12
Şekil 2.11 Kuvvet geribeslemeli haptik cihazlar .....	13
Şekil 2.12 Dokunsal geribeslemeli haptik cihazlar .....	13
Şekil 2.13 Haptik teknolojinin anatomi eğitiminde kullanımı .....	14
Şekil 2.14 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin askeri eğitim [40] sürecinde kullanımı (a) savaş eğitimi (b) paraşütle atlama eğitiminde kullanımı .....	15
Şekil 2.15 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik uygulamaların imalat sektöründe kullanımı .....	15
Şekil 2.16 16 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin eğlence/oyun sürecinde kullanımı .....	16
Şekil 2.17 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin sanat sektöründe kullanım örnekleri .....	17
Şekil 3.1 Kovalent bağ yapısı .....	18
Şekil 3.2 İyonik bağ oluşumu .....	19
Şekil 3.3 Metalik bağ yapısı .....	19
Şekil 3.4 Periyodik tabloda atom yarıçapının değişimi .....	20
Şekil 3.5 Peryodik taploda kimyasal bağlar ve elektronegatiflik değerlerinin değişimi .....	22

<b>Şekil 3.6</b> Phantom omni makro (a) ve mikro (b) hareketleri .....	23
<b>Şekil 3.7</b> Açık döngülü impedans kontrollü haptik sistemler için blok diyagramı ...	23
<b>Şekil 3.8</b> OpenHaptics bileşenleri .....	24
<b>Şekil 3.9</b> HDAPI blok diyagramı .....	25
<b>Şekil 3.10</b> OpenHaptics genel şeması .....	26
<b>Şekil 3.11</b> OpenHaptics blok diyagramı .....	26
<b>Şekil 3.12</b> Nesnelere ve pop-up menü .....	27
<b>Şekil 3.13</b> Programa ait genel akış diyagramı .....	28
<b>Şekil 3.14</b> Geliştirilen uygulamaların örnekleme oluşturulan gruba uygulanması .....	29
<b>Şekil 3.15</b> Yazılımda kullanılan başlıca fonksiyonlar .....	30
<b>Şekil 3.16</b> <i>initGlut</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	30
<b>Şekil 3.17</b> <i>Cizim_Func</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	31
<b>Şekil 3.18</b> <i>GrafikTemelDurumAyarlari</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	31
<b>Şekil 3.19</b> <i>Kure_Ciz</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	32
<b>Şekil 3.20</b> Sanal nesnelere etkileşimi .....	32
<b>Şekil 3.21</b> <i>Koordinat_Ekseni_Ciz</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	33
<b>Şekil 3.22</b> <i>Kuvvet_Vektoru_Ciz</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	33
<b>Şekil 3.23</b> <i>Menu_dongu_bekle</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	34
<b>Şekil 3.24</b> <i>Menu_isleri</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	34
<b>Şekil 3.25</b> <i>initGraphics</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	36
<b>Şekil 3.26</b> <i>Coulomb_Kuvvet_isleri</i> fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı .....	36
<b>Şekil 3.27</b> IQ skoru normal dağılım eğrisi .....	38
<b>Şekil 3.28</b> Halka teoremi .....	38
<b>Şekil 3.29</b> Bilişsel süreç aşamaları .....	39
<b>Şekil 4.1</b> Geliştirilen uygulamaların örnekleme uygulanması .....	32

# GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada; sanal gerçeklik ve haptik konularındaki çalışmalara bakıldığında; çoğunlukla tıp ve askeri alanlarda yoğunlaşma görülmektedir. Özellikle bir toplumun dinamiği olabilecek üstün yetenekli/zekâlı öğrencilerin eğitimlerinin daha etkin ve verimli olmasını sağlayabilecek şekilde tasarlanmasına dönük bir çalışmaların eksikliği göze çarpmaktadır.

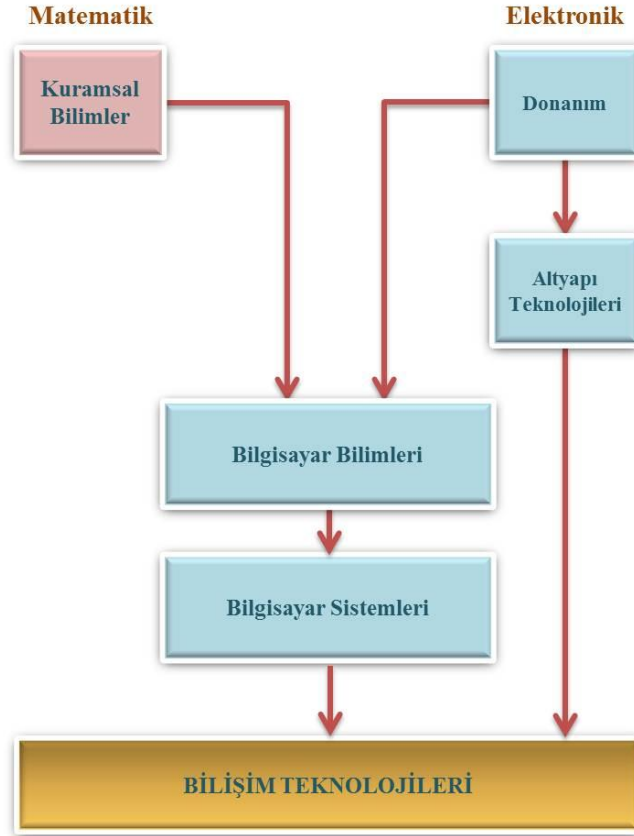
Barındırdığı dokunsal (tactile) ve kinestetik özelliklerle sanal bir öğrenme ortamı sunan haptik teknolojilerdeki gelişmelerle insan makina etkileşiminde (human-computer interaction) yeni çığırar açılmaktadır. Haptik uygulamalarla oluşturulan dokunma hissinin işbirlikçi sanal çevrenin sosyal etkileşimi (CVE – Collaborative Virtual Environment), eğitim performansını ve verimliliğini arttıracaktır.

Bilgisayar bilimleri ve mühendisliğinin bir konusu olan sanal gerçeklik ve kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların hedef grup olarak seçilen üstün zekâlı öğrencilerin eğitim ve öğretiminde öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri konularda öğrenme sürecini kolaylaştırmak, hızlandırmak ve kalıcı öğrenmeyi sağlamak tez çalışmasının amaçları arasındadır.

Bu amaçla okul öğretmenlerinden gözleme dayalı elde edilen bilgilerle, üstün zekâlı öğrencilerin öğrenmekte güçlük çektikleri dersler ve konular belirlenmiştir. Bu konulardan, özellikle periyodik tablodan yararlanarak kimyasal bağlar konusu hakkında etkin ve kalıcı öğrenmeyi sağlamak amacıyla sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri ve mikro boyutta gerçekleşen kimyasal bağlar konusunda hazırlanan kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların sanal gerçeklik ortamında gerçekleşmesi öğrencilere yeni öğrenme fırsatları sunacaktır.

Zebehazy ve Wilton [1] eğitim öğretim faaliyetlerinin zenginleştirilmesi ve verimliliğin artırılabilmesi için sanal gerçeklik ortamında hazırlanan eğitim öğretim materyallerinin gerekliliğine vurgu yapmıştır.

Kimyasal bağlar konusunda uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle üstün zekâlı öğrencilerle üstün zekâ tanınmamış öğrencilerin öğrenme stillerini etkileyen bilişsel stillerinin belirlenmesi amacıyla bir ölçek veri toplama aracı olarak kullanılmıştır.



Şekil 1.1 Bilişim teknolojileri gelişim aşamaları [2]

Bilişim teknolojilerinin gelişmişliğinden söz etmek bir bakıma matematik gibi kuramsal temellerden ve elektronik ve teknolojilerinin gelişmişlik düzeylerinden bahsetmek demektir. Altyapı teknolojileri geliştikçe bilişim teknolojilerine doğrudan katkı sunulabilmektedir. Bilgisayar bilimlerinin vazgeçilmez bir parçası olan bilgisayar sistemleri bilişim teknolojilerinin gelişmesinde en önemli yere sahiptir.

Tez çalışmasında kullanılan sanal gerçeklik ve haptik cihazlar Şekil 1.1 de belirtilen öğelerin birlikte ve aynı seviyede gelişmişliklerine iyi bir örnektir.

Kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların simüle edilmesinde Visual C++ programla dili algoritma geliştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Görüntü işleme (render) aşamalarında ise OpenGL kütüphanesi tercih edilmiştir. Çalışma hacmi (workspace) geliştirilen uygulamalar için yeterli düzeyde olan phantom omni haptik cihaz olarak kullanılmıştır.

Tezin sonraki bölümleri şu şekildedir;

2. Bölüm: Sanal gerçeklik ve haptik teknolojiler
3. Bölüm: Kimyasal bağların sanal gerçeklik ve haptik cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmesi
4. Bölüm: Alan Çalışması
5. Bölüm: Tartışma ve sonraki çalışmalar



Şekil 1.2 Tez çalışması anahtarlarının blok diyagramı ile ifadesi



İlgili literatür hem haptik ve sanal gerçeklik hem de üstün zekalı öğrencilerin özel eğitim ihtiyaçları göz önünde bulundurularak taranmıştır. Literatürde ulaşılabilen yazılım geliştirme platformlarından OpenGL kütüphanesini kullanan Visual C++ tercih edilmiştir (Şekil 1.2).

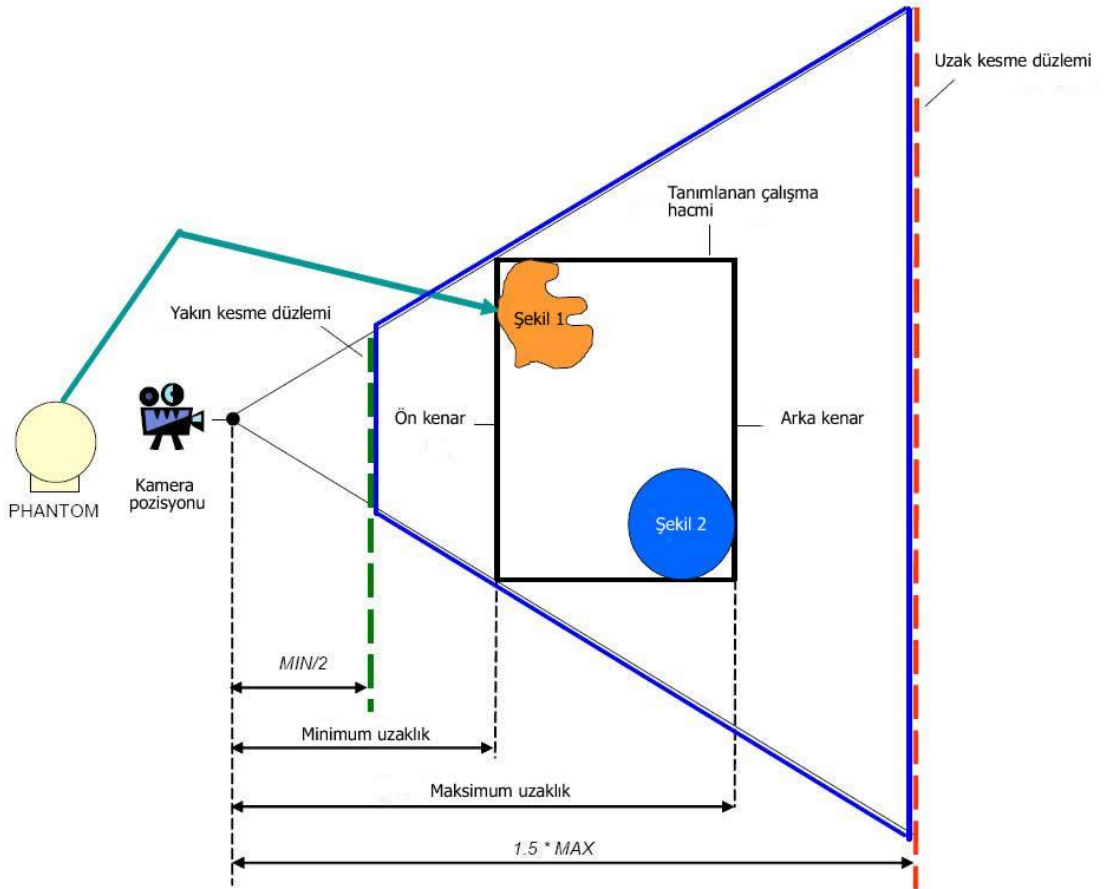
Değerlendirme aşamasında geliştirilen uygulamalar belirlenen örneklemin kullanımına sunulmuş ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek yorumlanmıştır.

Örneklem deney ve kontrol grubu olarak ikiye bölünmüştür. Geliştirilen haptik uygulamalar deney grubuna uygulanmıştır. Kontrol grubu geleneksel öğretmen merkezli yöntemlerle aynı içeriği almıştır. Uygulama sonunda deney grubunu oluşturan öğrencilerle kontrol grubunu oluşturan öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik uygulamalara karşı tutumlarının farklılaşıp farklılaşmadığının saptanması amacıyla istatistiksel analizler yapılmıştır.

## 2. SANAL GERÇEKLİK VE HAPTİK TEKNOLOJİLER

### 2.1 Sanal Gerçeklik

Son yıllarda bilişim teknolojilerinin alt birimlerini oluşturan (şekil 1.1) elektronik (donanım) ve bilgisayar bilimlerindeki eş zamanlı gelişmenin bir sonucu olarak “sanal gerçeklik” teknolojileri günlük hayatımıza kadar girmiş oldu. Yeni eğlence ve eğitim ortamı ihtiyacının gelişme sürecini hızlandırdığı sanal gerçeklik; bilgisayar bilimleri destekli üretilen 3 boyutlu (3D) resim ve animasyonların 3D görüntü birimleri kullanılarak simüle edilmesidir [3]. Oluşturulan sanal nesnelerle etkileşim kurulması sağlanarak insan zihninde canlandırılan bir ortam olarak tanımlanabilir.

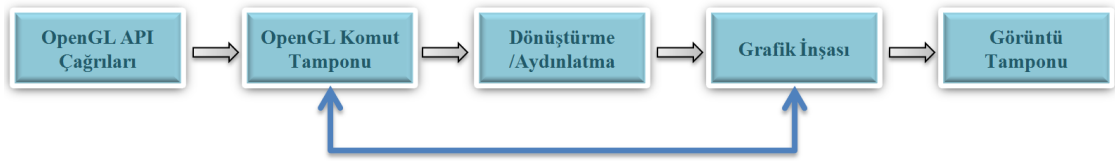


Şekil 2.1 Sanal nesnelerin oluşturulması, kamera pozisyonu ve çalışma hacmi [4]

Tez çalışması kapsamında kullanılan haptik cihaz ile sanal 3D görüntünün oluşturulması sürecinde çalışma hacmi ve bu çalışma hacmine nesnelere yerleştirilmesi ve kamera pozisyonu şekil 2.1 de gösterilmektedir.

### 2.1.1 OpenGL

OpenGL bir programlama dili olmamakla birlikte grafik donanım aygıtları için hazırlanmış bir arayüzdür. Grafik işlemler gereken uygulamalarda bir programlama dili tarafından donanıma erişimi sağlar. Aynı zamanda OpenGL prosedürel olarak çalışan bir API dir.



Şekil 2.2 OpenGL pipeline yapısı [5]

Şekil 2.2 de OpenGL genel pipeline yapısı gösterilmektedir. Ayrıca her bir alt basamak (*vertex*, *frame*, *pixel*) için birbiriyle ilişkili pipeline yapıları mevcuttur [6]

Bir API olarak OpenGL C++ çağrı yapısını kullanır. Bu sebeple C++ programlama dili ile yazılan uygulamalar OpenGL çağrılarını işletebilir. OpenGL kendi işlevsel kütüphanesi olan ve içerisinde yüzey eğrileri ve özel matris operasyonlarını içeren GLU ile birlikte kullanılır. Windows işletim sistemi üzerinde *opengl32.lib* ve *glu32.lib* OpenGL in ihtiyaç duyduğu ithalat kütüphaneleridir.

OpenGL fonksiyonları için prototiplenimleri, tipler ve makrolar *gl.h* isimli başlık dosyasında bulunur. İşlev yordamlarının prototipleri *glu.h* adlı başlık dosyasında bulunmaktadır. Bu tip dosyaşar genellikle programlama dilinin kurulduğu konumda bulunan include dosyasının içinde bulunurlar.

```
#include<windows.h>
#include<gl/gl.h>
#include<gl/glu.h>
```

GLUT (*OpenGL Utility Toolkit*) OpenGL programlarının platformdan bağımsız çalışabilmelerine olanak tanır.

### 2.1.2 3D Görüntü Birimleri

Bu çalışmada 3D görüntünü oluşturulmasında harici bir 3D gözlük (*Head Mounted Display*) olan Wrap 1200 kullanılmıştır. Ayrıca uygulamalar 3D görüntüleme olanağı sunan nvidia chipset kullanan Asus Geforce GTX660 Direct CU II grafik işlemci kullanılarak geliştirilmiştir. ASUS 27' nvidia 3D vision kit entegre (VG278H 27) monitör görüntü birimini oluşturmuştur.



Şekil 2.3 Wrap 1200

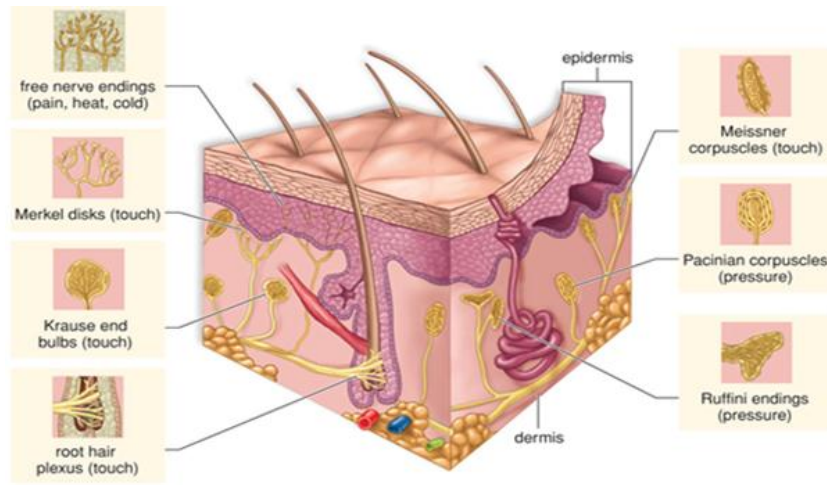
Ayrıca kuvvet geribeslemeli haptik cihadan elde edilen görüntünün eş zamanlı olarak render edilmesi gerekmektedir. Literatürde *haptik render* işlemi ve aşamaları detaylı olarak incelenmiştir [7,8,9,10,11]. Bu aşamalar genel olarak; çakışma yönetimi (collusion management), kuvvet geribesleme, modelleme, dinamik simülasyon gibi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır.

### 2.2 Haptik Teknolojiler

Haptik genel olarak dokunma yoluyla hissetme olarak tanımlanabilir. 20. Yüzyılın ilk yarısında sadece psikologlar tarafından kullanılan bir terim olan haptik, 1980 lerden sonra bilişim teknolojilerindeki gelişmeler ışığında tanımı daha da genişletilmiştir.

Dokunma ile ilgili akla gelen ilk uzuv eldir. Ayrıca deri ve deri altındaki alıcılar (*reseptör*) dokunma hissinin oluşmasında önemli bir yere sahiptir. Bingel'in [12] James

J. Gibson (1904–1979)'dan aktardığına göre haptik duyu bir sistemdir ve vücudu kullanarak vücuda bitişik kişisel dünyanın farkındalığıdır.



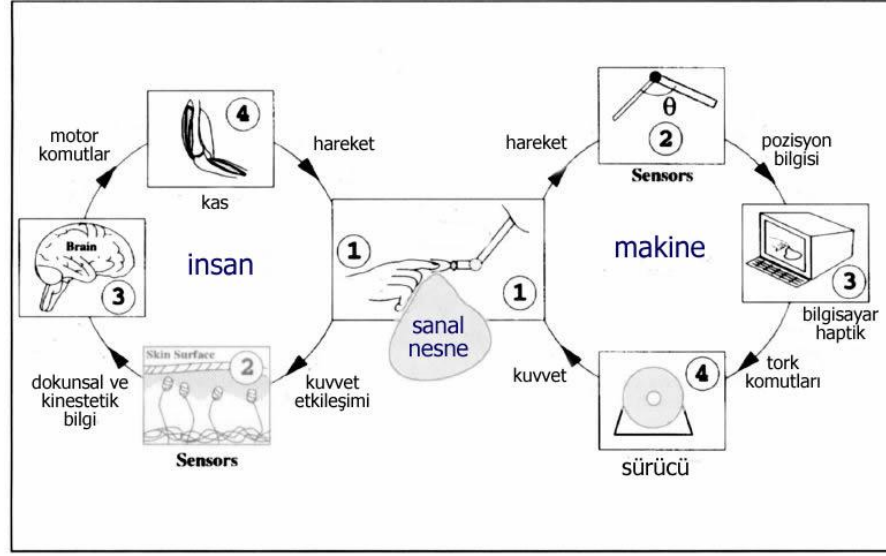
Şekil 2.4 Deri ve derialtı yapıları [14]

Deri altında nesnelere hissedilmesinde aktif rol alan cisimcikler mevcuttur. *Pacinian cisimcikleri* titreşimlere, *Meissner cisimcikleri* sivri kenarlara, *Ruffini cisimcikleri* esnekliğe ve *Merkel diskleri* ise basınca karşı duyarlıdır [13].

İnsan algılama sistemi çok sayıda duyunun aynı anda ve bir arada çalışmasıyla işleyen bir sistemdir [12]. Aynı anda ne kadar çok duyu öğrenme etkinliğinde aktif rol alırsa o kadar öğrenmenin verimli ve kalıcılığında söz edilebilir. Ayrıca kişinin geçmiş yaşantıları da algılamayı etkilemektedir. 1950 yılında Goertz tarafından tasarlanan master-slave sistem haptik sistemlerin temelini oluşturmaktadır. Haptik cihazlardan beklenen özelliklerin başında hızlı cevap verebilme ve çalışma hacminin yüksek olmasıdır.



Şekil 2.5 Master-slave sistem (Goertz, 1951) [15]



Şekil 2.6 İnsan ve makine arasındaki haptik iletişim aşamaları [16]

Şekil 2.6 de insan ve makine arasındaki haptik iletişim aşamaları gösterilmiştir. Haptik cihazdan gelen kuvvet geribesleme derialtındaki sensörler tarafından algılanarak dokumsal ve kinestetik bilgi olarak beyne iletilir.

Aynı zamanda beyin tarafından kaslara iletilen motor hareket komutları işletilerek hareket oluşturulmuş olur. Oluşturulan motor hareket haptik cihazdaki sensörler yardımıyla hesaplanarak pozisyon bilgisi üretilir. Aynı şekilde bilgisayar tarafından üretilen komut sürücü (actuator) tarafından kuvvete dönüştürülür.

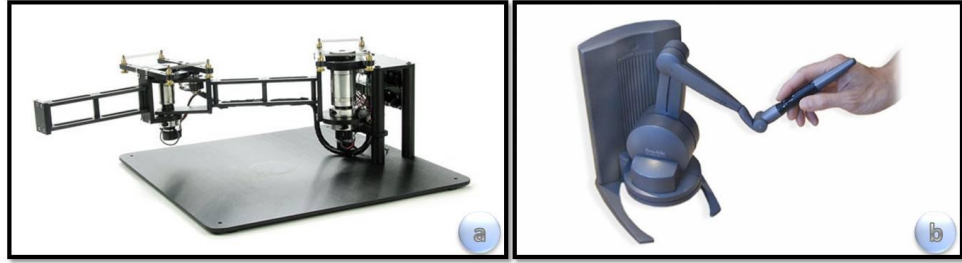
Srinivasan [17], disiplinler arası bir yapıya sahip olan haptik teknolojiler günümüzde 3 alt disiplinden oluştuğunu belirtmektedir.

- İnsan haptik (Human haptics) ; insadaki dokunma duygusu.
- Makine haptik (Machine haptics); insan dokunma sistemi yerine geçebilecek makineler.
- Bilgisayar haptik (computer haptics); sanal nesnenin hissedilmesine olanak sunacak yazılım ve algoritmalar.

## 2.2.1 Mekanizmalarına Göre Haptik Cihazlar

Haptik mekanizma, kuvvet ve hareket iletimi için kullanılabilen rijit cisimlerin, rijit mafsallarla birleştirildiği sistem olarak tanımlanabilir [18]. Haptik mekanizmalar paralel ve seri mekanizmalar olarak sınıflandırılabilir.

**Seri Mekanizmalı Haptik Cihazlar:** Endüstriyel robotlar seri bağlanmış bağlardan oluşan, açık döngülü mekanizmalardır. Çalışma uzayları büyük olmasına rağmen fazla yük altında performansları düşüktür. İnsan kolu çalışma şekline örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2.7 Seri mekanizmalı haptik cihazlar

a) Quanser® Serial robot b) Phantom Desktop

**Paralel Mekanizmalı Haptik Cihazlar:** Ortak bir platforma entegre bağlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Çalışma hacmi küçük olmasına rağmen yük altında performansları yüksektir [19,20]



Şekil 2.8 Paralel mekanizmalı haptik cihazlar

a) Force Dimension Omega haptic device [21] b) Force Dimension Delta haptic device [22]

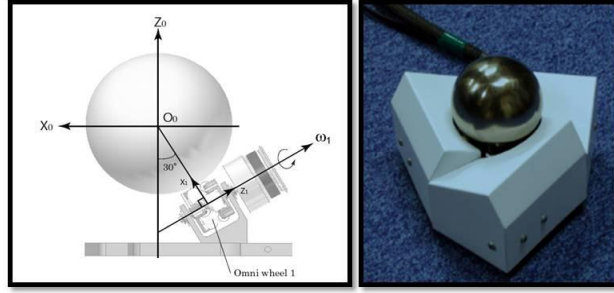
Ayrıca seri ve paralel mekanizmaların bir arada kullanıldığı hibrit haptik sistemler de mevcuttur. Aşağıdaki şekilde telerobotik cerrahi uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirilmiş bir hibrit haptik cihaz görülmektedir.



Şekil 2.9 Hibrit mekanizmalı bir haptik cihaz [23]

### 2.2.1.1 Haptik Cihaz İmalatı

Üretimi ve uygulama çeşitliliği hızla artmakta olan haptik cihazlar barındırdığı mekanik, elektronik ve yazılım unsurlarından dolayı genellikle çok uluslu mekatronik firmalar ve disiplinler arası çalışma yürütülmekte olan üniversitelerin arge laboratuvarlarında imal edilebilmektedir.



Şekil 2.10 Sonsuz çalışma hacmine sahip bir haptik cihaz tasarımı

Tsumaki ve arkadaşları [24] teorik olarak sonsuz hacimli olan bir haptik cihaz geliştirmişlerdir. Ulusal üniversitelerimizin çeşitli fon destekleriyle geliştirdikleri haptik cihazlar ve bu cihazlara ait arayüzler bulunmaktadır [18,25,26,27,28,29].

### 2.2.2 Haptik Geribesleme (Haptic feedback)

Haptik geribildirim temel olarak; kuvvet geribeslemeli (*force feedback*) ve dokunsal geribeslemeli (*tactile feedback*) olarak ikiye ayrılır.





Şekil 2.11 Kuvvet geribeslemeli haptik cihazlar a) Mad Catz® Wireless Racing Wheel [30] b) Novint Falcon [31]

Haptik duyunun kaslar ve tendomlarda bulunan proprioseptif alıcıları tarafından algılanan gücün hissedildiği bölgelere ait geribildirim *kuvvet geribeslemeli* sistem denir.

Sanal bir uyarıcının bulunduğu ortamdan kullanıcıya doğru uygulanan gücün geriye doğru itme olarak iletildiği yönetim bölgelerini tetikler.



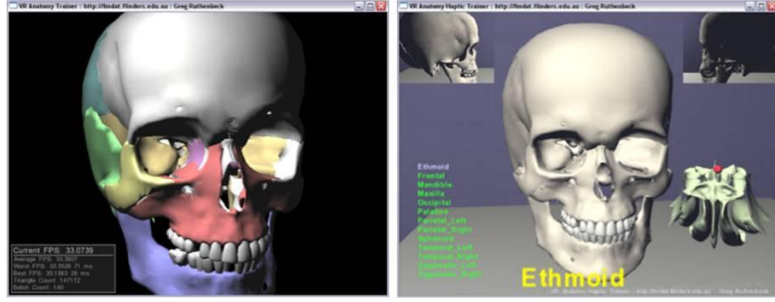
Şekil 2.12 Dokunsal geribeslemeli haptik cihazlar

Deri ısı, basınç ve gerilme gibi sinyallerin geribildirilmesiyle oluşan sisteme *dokunsal geribildirim* (tactile feedback) adı verilir. Genellikle günlük hayatımızda “dokunmatik” olarak adlandırılan sistemlerin çalışma prensibini ifade eder.

Literatürde dokunsal ve kuvvet geribeslemeli sensörler yapılarını aynı anda içinde barındıran haptik cihazlarda mevcuttur [32].

### 2.2.3 Haptik Cihaz Uygulama Alanları

Haptik teknolojiler yaygın olarak tıp, eğlence, eğitim, endüstri, askeri ve sanat alanlarında kullanım alanı bulmaktadır [16,17].



Şekil 2.13 Haptik teknolojinin anatomi eğitiminde kullanımı [33]

Haptik teknolojilerin ve cihazların pahalı olması nedeniyle eğitim öğretim ortamlarında aktif kullanımları haptik cihazların ucuzlamasıyla doğru orantılı olarak seyretmektedir.

#### *Tıp Eğitimi*

Tıp eğitiminin pahalı olması ve eğitsel materyallerinin bazı hassas konuların eğitiminde kullanımlarının sınırlı olması nedeniyle (kadavra eğitimi vb.) eğitim sürecinde güçlükler yaşanabilmektedir. Haptik cihazlar bu boşluğu doldurarak hem eğitim maliyetlerini düşürmekte hem de eğitimde kaliteyi arttırarak verimi yükseltmektedir.

Diş hekimliği uygulamalarında da sık sık karşımıza haptik teknolojiler çıkmaktadır. Literatürde çok sayıda diş protez uygulamaları görmek mümkündür [7,34,35]. Cerrahi operasyonlara ilişkin uygulama örnekleri ise günümüzde hızla artmaktadır [36]. Hata toleransı az olan beyin cerrahisi eğitimi ve uygulamalarında haptik cihazlar kullanılabilir [37]. Uygulama risklerinin çok fazla olduğu epidural iğne [38] yapılması eğitiminde günümüzde haptik cihazlarla

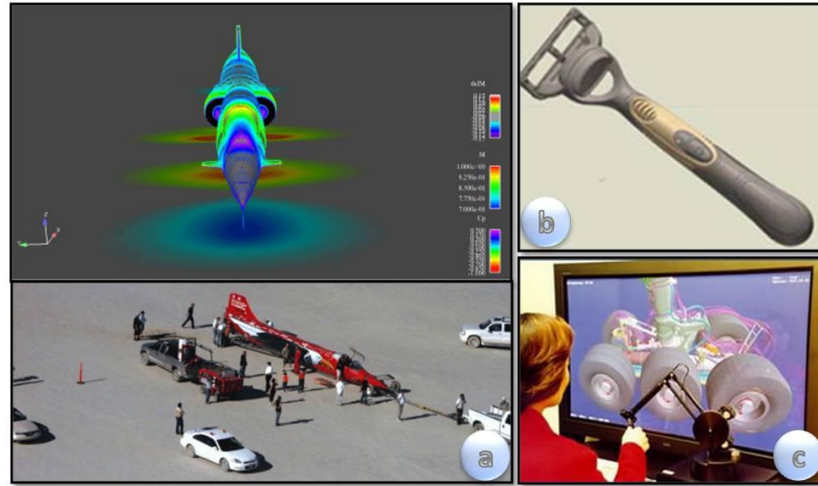
yürütülebilmektedir. Telepresence ameliyat uygulama eğitim modülleri [39] yaygınlaşmaya başlamaktadır.



Şekil 2.14 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin askeri eğitim [40] sürecinde kullanımı (a) savaş eğitimi (b) paraşütle atlama eğitiminde kullanımı

### ***Askeri Eğitim:***

Askeri eğitim de aynı tıp eğitimi gibi pahalı ve riskli durumlarla iç içedir. Sanal gerçeklik ortamında paraşütle atlama, sanal olarak operasyon düzenleme, uçuş simülatörleri tipik örneklerdendir. Örneğin, ateşlendiğinde farklı kuvvet geribildiriminde bulunan silahların kullanımını riskli ve maliyetlidir.



Şekil 2.15 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik uygulamaların imalat sektöründe kullanımı (a) American Eagle firmasıca gerçekleştirilen hız rekoru kırma denemeleri (b) Gillette firmasının üretim aşamalarında haptik model geliştirme aşaması

(c) Boeing firmasının uçak iniş takımlarında kablolama çakışma engelleme eğitimi (*collusion detection*) [41]

Haptik cihazlar ve teknolojilerin tercih edilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Askeri teknolojiler ulusal güvenliği ilgilendirdiğinden çoğu uygulamaya ait verilere erişmek pek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple literatürde detaylı tasarım ve araştırma örnekleri görmek mümkün olamamaktadır.

### ***Endüstri ve imalat:***

İmalat ve endüstri sektöründe yeralan firmalar günümüzde yoğun olarak araştırma-geliştirme aşamaları başta olmak üzere üretimin birçok aşamasında haptik cihazları kullanmaktadır. Dört teker sistemler [42,43] ve iki teker [44] sistemleri sürücü güvenliği ve araç imalatı, değişen ihtiyaçlar için endüstriyel sensör üretimi [45,46] bunlardan birkaçıdır.

### ***Eğlence:***

Üretim ve geliştirme maliyetlerinin düşmesiyle birlikte kuvvet geribeslemeli haptik cihazlar oyun sektöründe de önemli bir yer edinmiştir. Yolda engelle (*tümsek, çukur vb.*) karşılaşınca kullanıcıya geribildirimde bulunan yarış oyunları içeren konsollar neredeyse sıradan hale gelmiştir. Bu tür oyunlar haptik prensiplerle işletilmektedir.



Şekil 2.16 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin eğlence/oyun sürecinde kullanımını (a) Novint XIO (b) Novint Falcon [47]

### ***Sanat Eğitimi:***

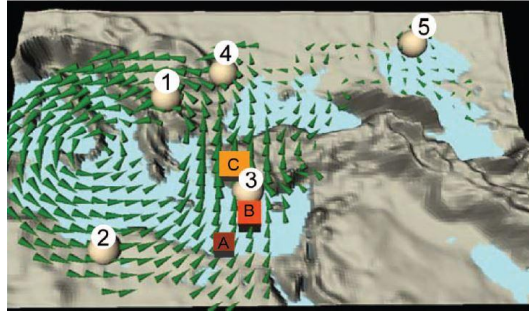
Heykel başta olmak üzere 3D modelleme gereken sanatın hemen hemen bütün birimlerinde haptik teknolojiler kullanılabilir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik teknolojinin sanat sektöründe kullanım örnekleri [48]

### ***Eğitim Öğretim:***

Maliyetlerin ucuzlamasıyla artık haptik teknolojilere genel eğitim öğretim faaliyetlerinde de yer almaya başlamışlardır. Öğrencilerin normal şartlar altında gerçekleştiremeyecekleri deneyler ve uygulamalar haptik cihaz ve yazılımlarla gerçeğe yakın bir şekilde ölçeklenerek simüle edilebilmektedir. Bu eğitsel içerikler mikrodan makro ölçeğe kadar çeşitlilik göstermektedir.



Şekil 2.18 Rüzgârlar ve yağışların oluşumu konusunda geliştirilen uygulama

Şekil 1.8’ de de görülebileceği gibi Yannier [49] ve arkadaşları rüzgâr ve yağış çeşitlerinin oluşumunu simüle eden bir haptik uygulama geliştirmişlerdir. Haptik teknoloji kullanan uygulama/deneyler; fizik (*kaldıraç, sürtünme, kütle, hacim vb.*) [50,51], biyoloji (*moleküler özellikler*) [52,53], kimya (*molekül oluşturma*) [54,55,56] özel eğitim (*görme engelliler*) [57], geometri [58] gibi alanlarda çeşitlilik göstermektedir.

### 3. KİMYASAL BAĞLARIN SANAL GERÇEKLİK VE HAPTİK CİHAZLAR KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

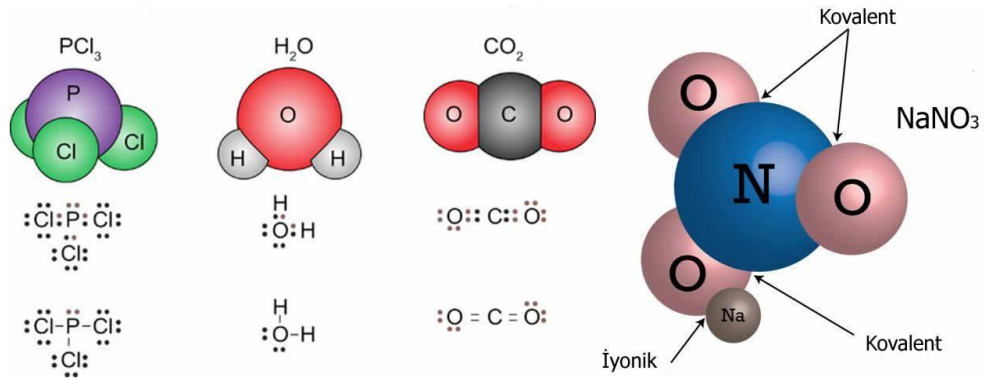
#### 3.1 Kimyasal Bağlar

Birbiriyle tepkimeye giren maddelerin atomları her zaman kararlı (elektron sayıları dengeli) bir dış kabuğa sahip olabilmek için elektron almak, vermek ya da paylaşmak eğilimindedirler. Bu süreçte atomları bir arada tutan bir tür çekim kuvvetiyle birbirlerine bağlanırlar. Temel olarak 3 çeşit bağ yapısı bulunmaktadır. Bunlar iyonik bağ, kovalent bağ ve metal bağıdır.

##### 3.1.1 Kovalent Bağ

İki atom arasında iki ya da daha fazla elektronun paylaşılmasıyla oluşan bağa *kovalent bağ* adı verilir [59,60]. Bu yapı ortaya çıkan molekülü bir arada tutan ortak çekim gücü olarak da tanımlanabilir.

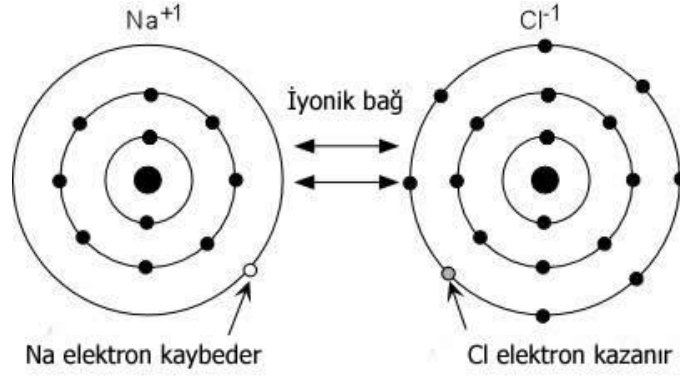
Paylaşılan elektron ya da elektronlar (valence electrons), her iki çekirdek etrafındaki yörüngelerde dönerler, iki çekirdek arasındaki bölgede daha uzun süre buldukları için bu bölgede (-) yüklü bir alan oluştururlar. Bu alan, her iki çekirdeğe bir çekme kuvveti uygulayarak bir bağ oluşturur.



Şekil 3.1 Kovalent bağ yapısı [61]

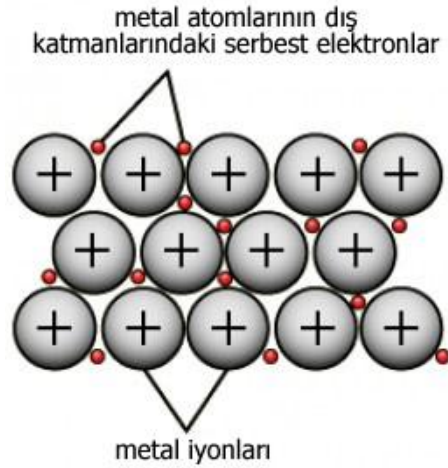
### 3.1.2 İyon Bağı ve Metal Bağı

Bir atomun kararlı bir dış kabuk elde etmek üzere, bir ya da birkaç elektron kaybetmesi veya kazanması sonucunda oluşan elektrik yüklü parçacığa *iyon* denir.



Şekil 3.2 İyonik bağ oluşumu [62]

Pozitif (+) elektrik yüklü iyonlara *katyon*, negatif (-) elektrik yüklü iyonlara *anyon* denir. İki element birbiriyle tepkimeye girerek iyonlar oluşturduğunda, ortaya çıkan karşıt yüklü katyonlar ve anyonlar birbirini çeker ve bu çekim nedeniyle bir arada kalırlar. Bu tür elektrostatik bağlara *iyon bağları* denir.



Şekil 3.3 Metalik bağ yapısı [63]

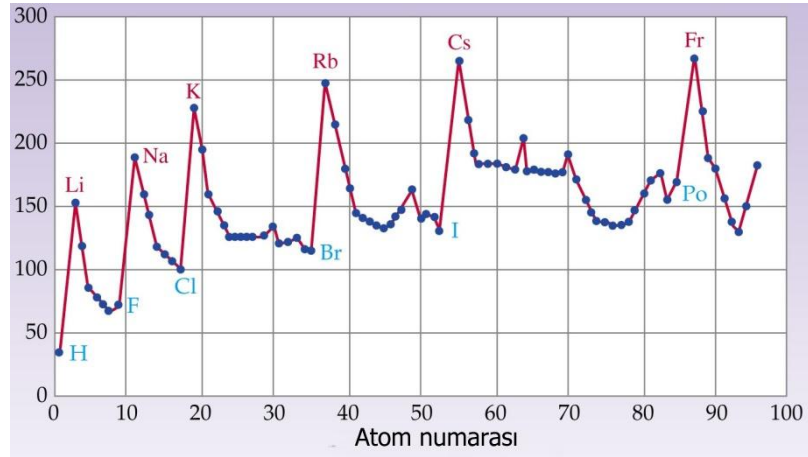
### 3.1.3 Atom Yarıçapı

Kuantum kuramına göre çekirdek çevresinde belli bir uzaklıktan sonra elektron yoğunluğu giderek azalır ve sonsuz uzaklıkta sıfır olur [64]. Bu nedenle atom yarıçapları çoğunlukla birbirine bağlı atomların çekirdekleri arasındaki uzaklık ölçülerek hesaplanır.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H 32																	He 31
Li 123	Be 89											B 82	C 77	N 75	O 73	F 71	Ne 69
Na 154	Mg 136											Al 118	Si 111	P 106	S 102	Cl 99	Ar 98
K 203	Ca 174	Sc 144	Ti 132	V 122	Cr 118	Mn 117	Fe 117	Co 116	Ni 115	Cu 117	Zn 125	Ga 126	Ge 122	As 120	Se 117	Br 114	Kr 111
Rb 216	Sr 191	Y 162	Zr 145	Nb 134	Mo 130	Tc 127	Ru 125	Rh 125	Pd 128	Ag 134	Cd 148	In 144	Sn 140	Sb 140	Te 136	I 133	Xe 126
Cs 235	Ba 198	La 169	Hf 144	Ta 134	W 130	Re 128	Os 126	Ir 127	Pt 130	Au 134	Hg 149	Tl 148	Pb 147	Bi 146	Po (146)	At (145)	Ra

Tablo 3.1 Polar olmayan (nonpolar) atom yarıçapları

Literatürde atom yarıçapını farklı yöntemleri referans alarak hesaplayan ve farklı sonuçları tabloştıran kaynaklar bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında geliştirilecek olan simülasyonda atom yarıçapı değerlerinin hesaplanmasında Gary ve Meissler' in [65] verileri referans alınmıştır (Tablo3.1).



Şekil 3.4 Periyodik tabloda atom yarıçapının değişimi [60]

Şekil 3.4 de x eksenini atom numarasını, y eksenini ise atom yarıçapını ( $pm$ ) ifade etmektedir.



### 3.1.4 Elektronegatiflik

Elektron ilgisi genel olarak bir molekülün içindeki bir atomun elektronları kendine çekebilme gücü olarak tanımlanabilir [64,66]. Bir moleküldeki atomlar farklı derecede kendilerine doğru çeker. Bazıları diğerlerine göre daha fazla bağ elektronlarını kendilerine doğru çeker. Elektronegatiflik değeri büyük olan atom küçük olan atoma göre bir elektronu daha fazla çekim gücüne sahiptir [67]. Elektronegatiflik değerinin simgesi  $x$  (*ksi diye okunur*) dir. Elektronegatiflik değeri özellikle bağ enerjileri ve molekül yapılarının belirlenmesinde önemli bir yer tutar. Literatürde çeşitli araştıracılar atomların elektronegatiflik değerlerini hesaplamak için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Pauling ( $x_p$ ), Mulliken ( $x_m$ ), Sanderson, Pearson, Allen, Jaffe ve Allred-Rochow elektronegatifliği bunlardandır [65]. Bu çalışmada Pauling elektronegatiflik değerleri ( $x_p$ ) kullanılacaktır.

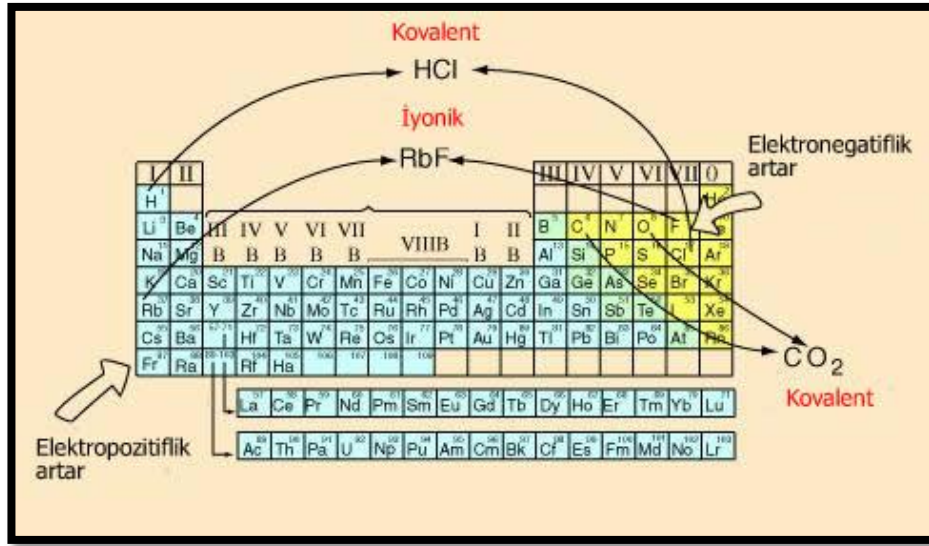
#### 3.1.4.1 Pauling Elektronegatifliği ( $X_p$ )

Elektronegatiflik için en geniş ölçüde kullanılan tanımlamadır ve bağ oluşum enerjilerine dayanır. Pauling elementlerin bağ enerjilerini ve enerjiler arasındaki farkları hesaplayarak bir tablo oluşturmuştur. Tez çalışması kapsamında geliştirilen smülasyonun algoritmasında pauling sıkalasını referans almıştır. Hesaplama işlemlerine ait formüller algoritmalar başlıkları altında açıklanmıştır.

<b>H</b> 2.20																			<b>He</b> n.a.
<b>Li</b> 0.98	<b>Be</b> 1.57											<b>B</b> 2.04	<b>C</b> 2.55	<b>N</b> 3.04	<b>O</b> 3.44	<b>F</b> 3.98	<b>Ne</b> n.a.		
<b>Na</b> 0.93	<b>Mg</b> 1.31											<b>Al</b> 1.61	<b>Si</b> 1.90	<b>P</b> 2.19	<b>S</b> 2.58	<b>Cl</b> 3.16	<b>Ar</b> n.a.		
<b>K</b> 0.82	<b>Ca</b> 1.00	<b>Sc</b> 1.36	<b>Ti</b> 1.54	<b>V</b> 1.63	<b>Cr</b> 1.66	<b>Mn</b> 1.55	<b>Fe</b> 1.83	<b>Co</b> 1.88	<b>Ni</b> 1.91	<b>Cu</b> 1.90	<b>Zn</b> 1.65	<b>Ga</b> 1.81	<b>Ge</b> 2.01	<b>As</b> 2.18	<b>Se</b> 2.55	<b>Br</b> 2.96	<b>Kr</b> 3.00		
<b>Rb</b> 0.82	<b>Sr</b> 0.95	<b>Y</b> 1.22	<b>Zr</b> 1.33	<b>Nb</b> 1.60	<b>Mo</b> 2.16	<b>Tc</b> 1.90	<b>Ru</b> 2.20	<b>Rh</b> 2.28	<b>Pd</b> 2.20	<b>Ag</b> 1.93	<b>Cd</b> 1.69	<b>In</b> 1.78	<b>Sn</b> 1.96	<b>Sb</b> 2.05	<b>Te</b> 2.10	<b>I</b> 2.66	<b>Xe</b> 2.60		
<b>Cs</b> 0.79	<b>Ba</b> 0.89	<b>La</b> 1.10	<b>Hf</b> 1.30	<b>Ta</b> 1.50	<b>W</b> 2.36	<b>Re</b> 1.90	<b>Os</b> 2.20	<b>Ir</b> 2.20	<b>Pt</b> 2.28	<b>Au</b> 2.54	<b>Hg</b> 2.00	<b>Tl</b> 1.62	<b>Pb</b> 2.33	<b>Bi</b> 2.02	<b>Po</b> 2.00	<b>At</b> 2.20	<b>Rn</b> n.a.		
<b>Fr</b> 0.70	<b>Ra</b> 0.89	<b>Ac</b> 1.10	<b>Rf</b> n.a.	<b>Db</b> n.a.	<b>Sg</b> n.a.	<b>Bh</b> n.a.	<b>Hs</b> n.a.	<b>Mt</b> n.a.	<b>Ds</b> n.a.	<b>Rg</b> n.a.	<b>Uub</b> n.a.	—	<b>Uuq</b> n.a.	—	—	—	—		

Tablo 3.2 Pauling elektronegatiflik değerleri [64]

Kimyasal bağlar konusunda geliştirilmiş olan kuvvet geribeslemeli haptik uygulamada atomların çekim kuvvetleri ve yarıçaplarının nasıl simüle edildiği algoritmalar başlığı altında açıklanmıştır.



Şekil 3.5 Peryodik tabloda kimyasal bağlar ve elektronegatiflik değerlerinin değişimi [68]

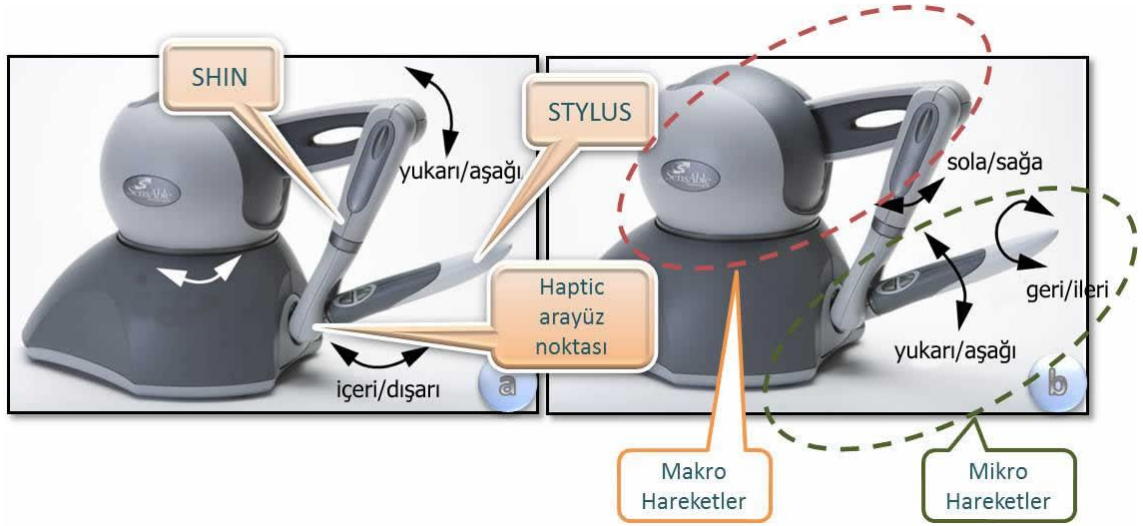
### 3.2 Haptik Cihaz (Phantom Omni)

Üç eksenli ve 6 serbetlik dereceli kuvvet geribeslemeli bir haptik cihaz olan Phantom Omni ye ait özellikler Tablo 3.3 de gösterilmektedir. Phantom Omni haptik uygulamalar konusunda yaygın kullanım alanına sahiptir. Ergonomik oluşu, muadili olan haptik cihazlara göre daha karşılanabilir bir fiyata sahip oluşu ve programlama ortamlarının çeşitliliği sebebiyle kullanım alanları yaygınlaşmaktadır.

<b>Kuvvet geribesleme çalışma hacmi</b>	~ 6.4 W x 4.8 H x 2.8 D in > 160 W x 120 H x 70 D mm
<b>Masa üzerinde kaplanan alan (Footprint)</b>	6 5/8 W x 8 D in ~168 W x 203 D mm
<b>Ağırlık (device)</b>	3 lb 15 oz
<b>Hareket alanı</b>	Hand movement pivoting at wrist
<b>Nominal pozisyon çözünürlüğü</b>	> 450 dpi ~ 0.055 mm
<b>Sürtünme (Backdrive friction)</b>	< 1 oz (0.26 N)
<b>Nominal (orthogonal arms) pozisyonadaki maksimum karşılanabilir kuvvet</b>	0.75 lbf. (3.3 N)
<b>Devamlı karşılanabilir kuvvet (24 hrs.)</b>	> 0.2 lbf. (0.88 N)
<b>Stiffness</b>	X axis > 7.3 lb/in (1.26 N/mm) Y axis > 13.4 lb/in (2.31 N/mm) Z axis > 5.9 lb/in (1.02 N/mm)
<b>Boş ağırlık (inertia - apparent mass at tip)</b>	~ 0.101 lbf. (45 g)
<b>Kuvvet geribesleme</b>	x, y, z
<b>Pozisyon hassasiyeti [Stylus gimbal]</b>	x, y, z (digital encoders) [Pitch, roll, yaw ( $\pm$ 5% linearity potentiometers)]
<b>Arayüz</b>	IEEE-1394 FireWire® port
<b>Desteklenen platformlar</b>	Intel-based PCs

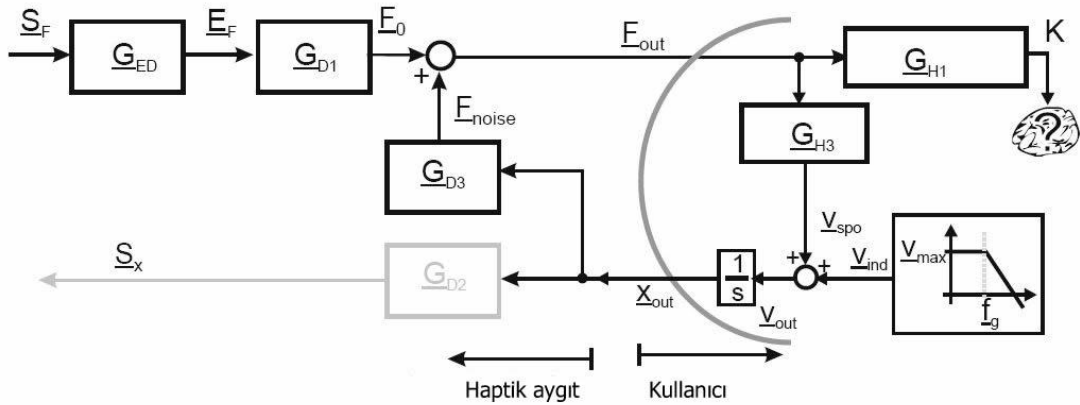
Tablo 3.3 Phantom omni mekanik özellikleri [4]

Tablo 3.3 de phantom Omni ye ait katalog bilgileri yer almaktadır. Matlab Smulink (Quanser inc.) ve python programlama ortamında X3D (SenseGraphics) kullanılarak uygulama geliştirme platformları da bulunmaktadır.



Şekil 3.6 Phantom omni makro (a) ve mikro (b) hareketleri

Phantom Omni diğer 6 serbestlik dereceli haptik cihaz modellerinde de olduğu gibi gövde, omuz ve kol bileşenlerinden oluşmaktadır. Tanımlanabilen hareketler; makro hareketler (küresel) ve mikro hareketler (kartezyen) dir.



Şekil 3.7 Açık döngülü impedans kontrollü haptik sistemler için blok diagramı [13]

Açık döngülü impedans kontrollü haptik sistemlerin blok diyagramı basit bir şekilde açıklanabilir. Kuvvet sinyali ( $\underline{S}_F$ ), driver ( $\underline{G}_{ED}$ ) yoluyla oransal olarak kuvvet enerji formuna ( $\underline{E}_F$ ) dönüştürülür. Bu enerji sürücü (actuator) ( $\underline{G}_{D1}$ ) tarafından çıkış kuvveti ( $\underline{F}_O$ ) olarak değişir. Bu çıkış kuvveti gürültü (noise) ( $\underline{E}_{noise}$ ) ile birleşir. Bu gürültü kullanıcı (*user*) hareketleri tarafından ve cihazın kinematik tasarım ( $\underline{G}_{D3}$ ) özelliklerinden kaynaklanır. Bu kuvvetlerin toplamı gerçek çıkış kuvvetini ( $\underline{F}_{OUT}$ ) oluşturur. Ayrıca bu tür sistemlerde haptik sistemin pozisyonunu ölçen ( $\underline{G}_{D2}$ ) bir sensör bulunabilir

Phantom Omni® bağlantı noktası olarak IEEE 1394a firewire portu kullanılmaktadır. PCC (*Phantom Communication Converter*) iletişim noktası olarak kullanılabilir. Phantom Omni sürücü kurulumu yapılırken sırasal bir yol izlenmeli ve cihaza ait teknik özellikler ve blok diyagramları biliniyor olmalıdır [69].

### 3.2.1 Yazılım Geliştirme Platformu

OpenHaptics uygulama ortamını çalışabilmesi için Microsoft Visual Studio Visual C++ geliştirme ortamına ihtiyaç duyulmaktadır. OpenHaptics kütüphaneleri, OpenGL ve 3D çıkış birimleri uygulama geliştirme aşamalarında kullanılmıştır.

#### 3.2.1.1 OpenHaptics Kütüphane ve Sınıfları

OpenHaptics Win32 ve X64 geliştirme ortamlarını 64-bit sistemler üzerinde desteklemektedir. Akademik kullanıcıları *akademik* seçeneğini işaretlemelidirler. OpenGL 3D render işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.



Şekil 3.8 OpenHaptics bileşenleri

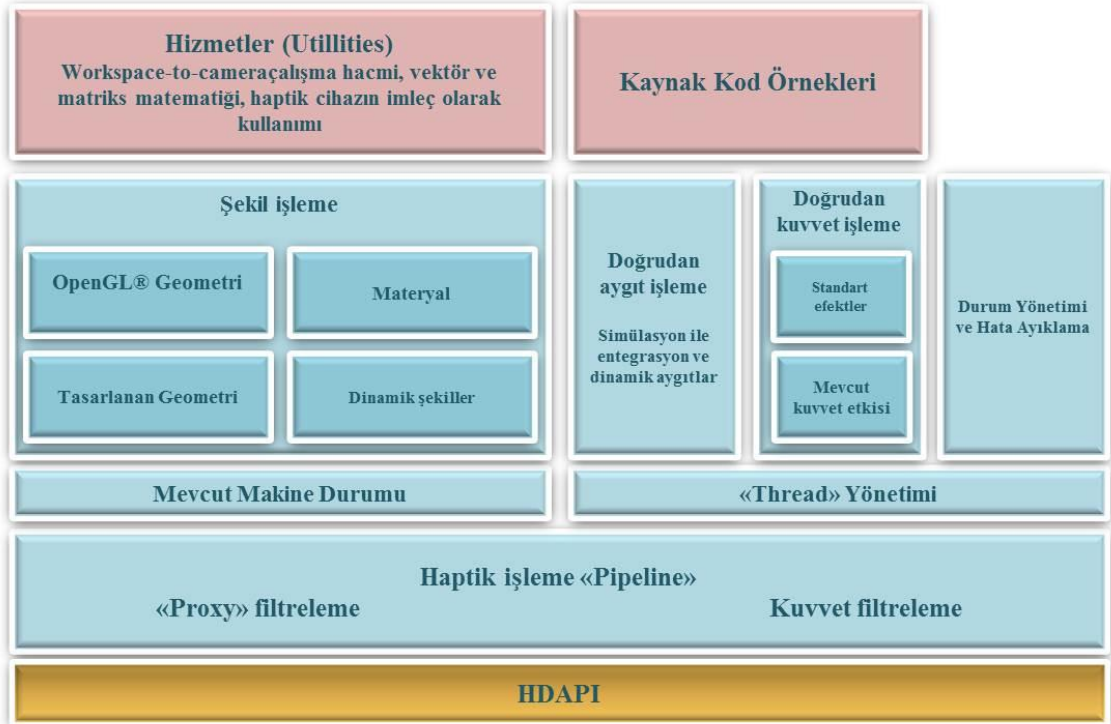
OpenHaptics Toolkit aşağıdaki bileşenleri içermektedir,

- QuickHaptics micro API: Az kodla geometri parserlarının yazılabilmesini sağlar.
- Haptic Device API(HDAPI): Haptik cihaza düşük seviyeli erişim sağlar.
- Haptic Library API (HLAPI): Yüksek seviyeli grafik uygulamalarının yazılabilmesine olanak sunar.
- Phantom® Device Drivers (PDD): Haptik cihaz sürücüsünü içerir.

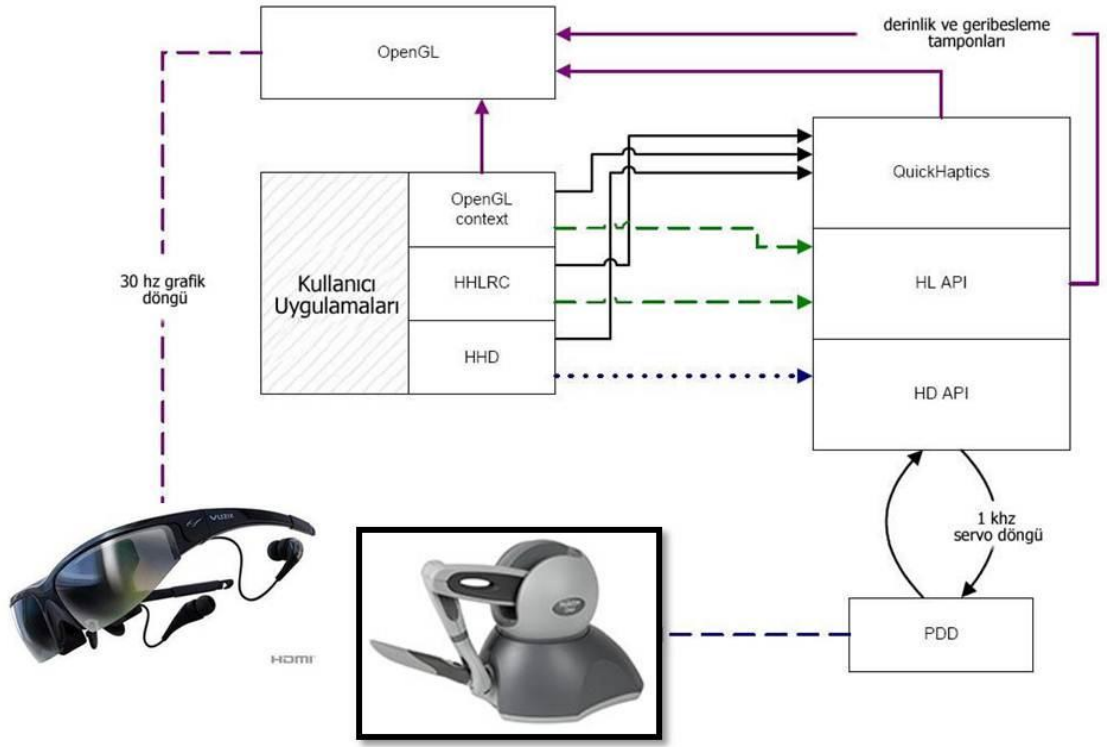
OpenHaptics temel kütüphaneleri aşağıdadır;

- #include <HD/hd.h>
- #include <HL/hl.h>
- #include <QHHeadersGLUT.h>
- #include <QHHeadersWin32.h>
- #include <HDU/hduVector.h>
- #include <GL/glut.h>

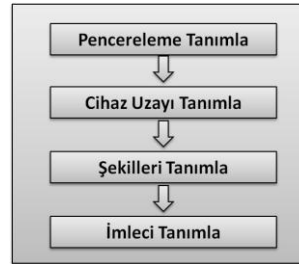
OpenHaptics kurulumu yapılırken *linker* ayarlamalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir [4].



Şekil 3.9 HDAPI blok diyagramı [69]



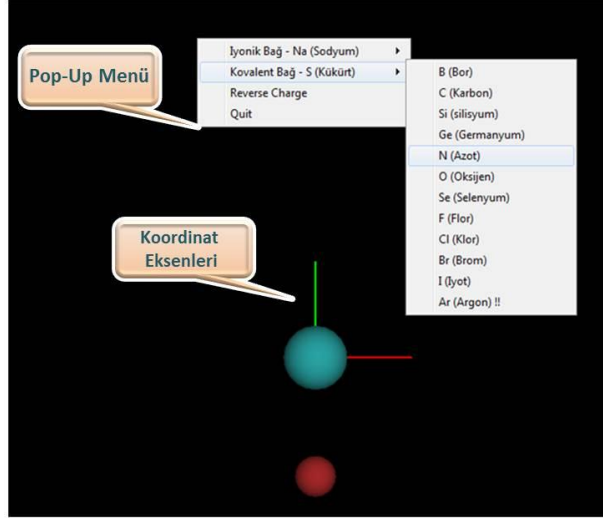
Şekil 3.10 OpenHaptics genel şeması [4]



Şekil 3.11 OpenHaptics blok diyagramı

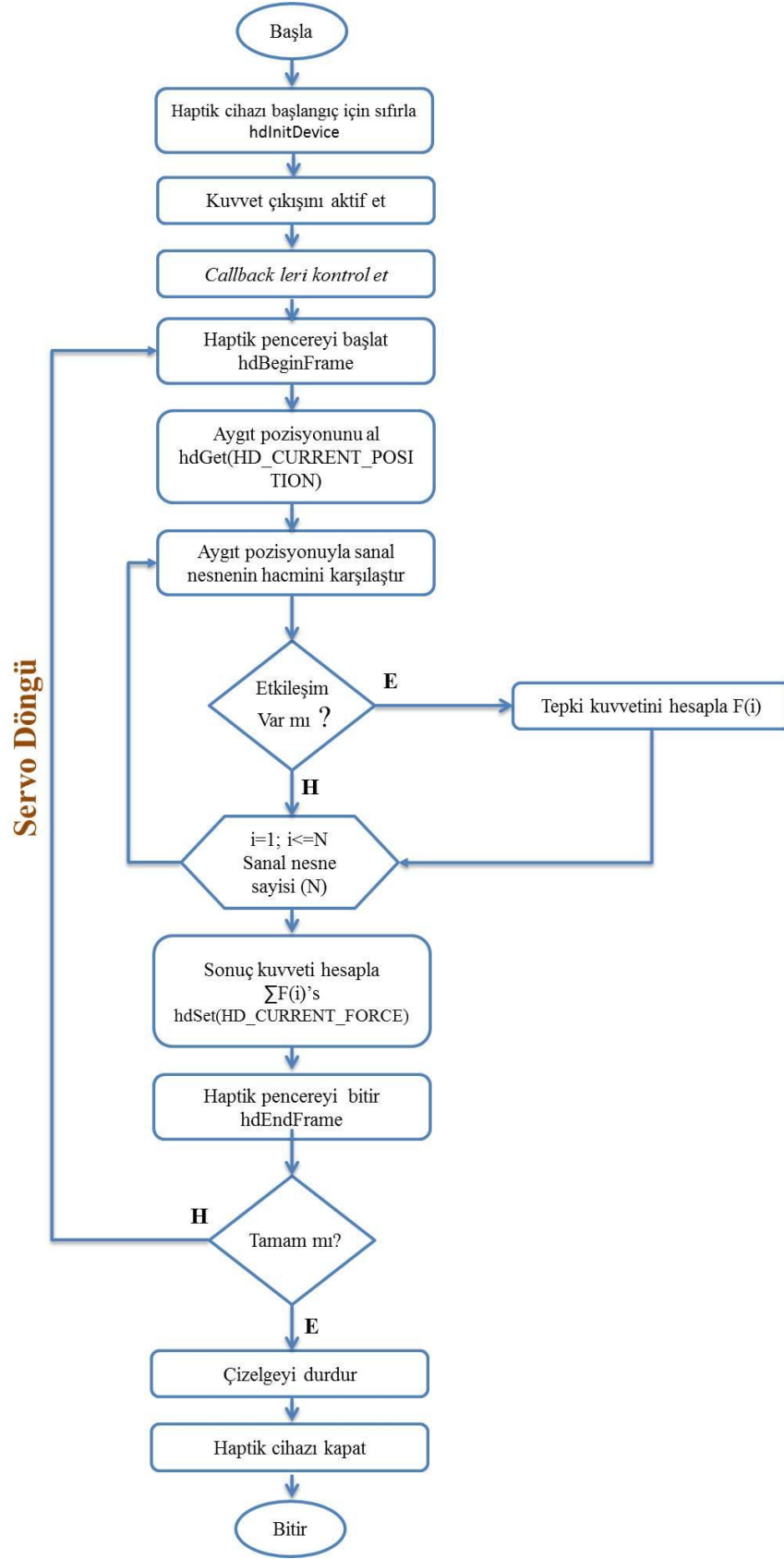
### 3.3 Algoritma Geliştirme Aşamaları

Bu bölümde elementler arasındaki çekim kuvvetini simüle eden yazılıma ait algoritmalar ve kod örnekleri verilecektir. Elementler arasında kimyasal bağlar (*iyonik ve kovalent*) gerçekleşirken her element birbirini farklı çekim kuvvetiyle çeker. Bu çekim kuvveti elementlerin arasındaki elektronegatiflik kuvveti değeri farkının büyüklüğüyle doğru orantılıdır. Bu hesaplamalar **Menu\_isleri fonksiyonu** başlığı altında gösterilmiştir. Elektronegatiflik değerleri arasındaki fark kuvvet vektörünün büyüklüğünü etkilemekte ve bu vektörel büyüklük haptik cihazda kuvvet geribeslemesi olarak kullanıcıya iletilmektedir.



Şekil 3.12 Nesnelere ve pop-up menü

Simüle edilen her bir element için nonpolar yarıçap değerleri hesaplanarak programda seçilen elemente ait değişkene atanmaktadır. Elementlerin yarıçaplarının hesaplanması ile ilgili işlemler **Menu\_isleri fonksiyonu** başlığı altında gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Programa ait genel akış diyagramı



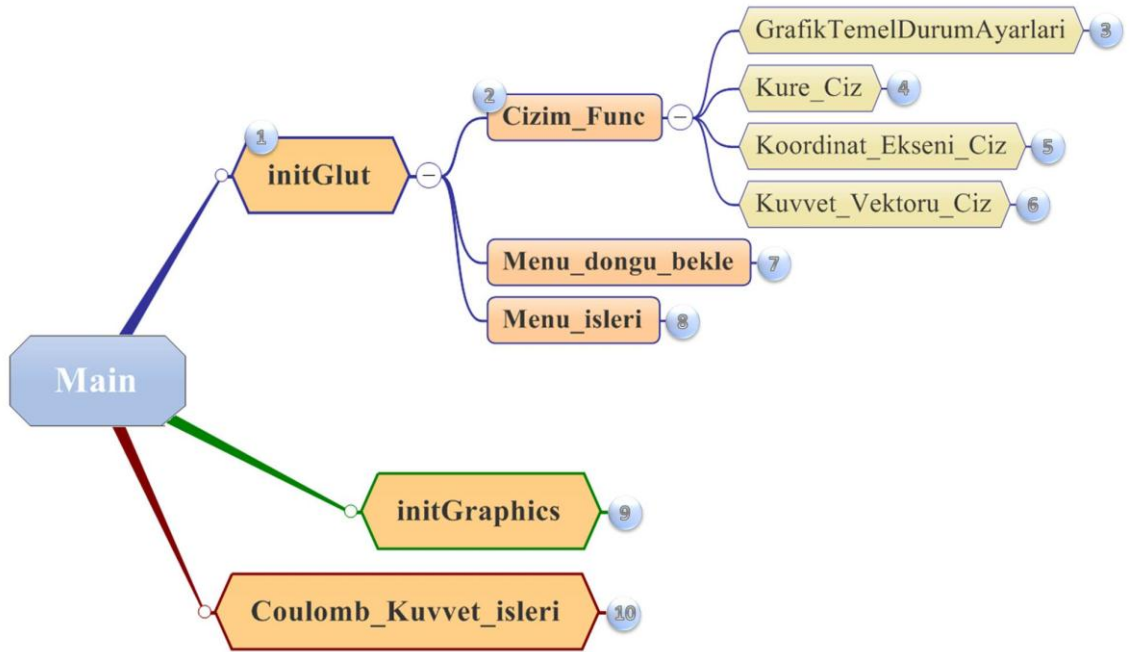
Geliştirilen yazılım kapsamında haptik cihaz temel ayarlarının gerçekleştirilmesi ve sanal nesnelerin render edilmesi aşamalarına ait akış diyagramı şekil 3.13’de gösterilmektedir. Diyagramda da görülebileceği gibi her bir sanal nesne için ayrı ayrı kuvvet vektörü değeri hesaplanmaktadır. Grafik işlemleri sonlandırıldıktan sonra haptik cihaza erişim durdurulmaktadır.

Servo döngü haptik cihaza gönderilen kuvvetin hesaplanmasını kontrol eder. Kararlı bir kuvvet geribesleme için 1khz veya daha yüksek frekanslı bir yenileme frekansı gerekmektedir.

Öncelikle pencerelemenin (*windowing*) tanımlanması gerekmektedir. Bir şekli yerleştirmeden önce pencereleme tanımlanmazsa nesnenin nereye yerleştirileceği bilinemez. Diğer aşamalara arasında öncelik sıralaması yoktur. Sadece birden fazla haptik cihaz kullanılacaksa her cihazdan önce çalışma uzaylarının tanımlanması gerekir.



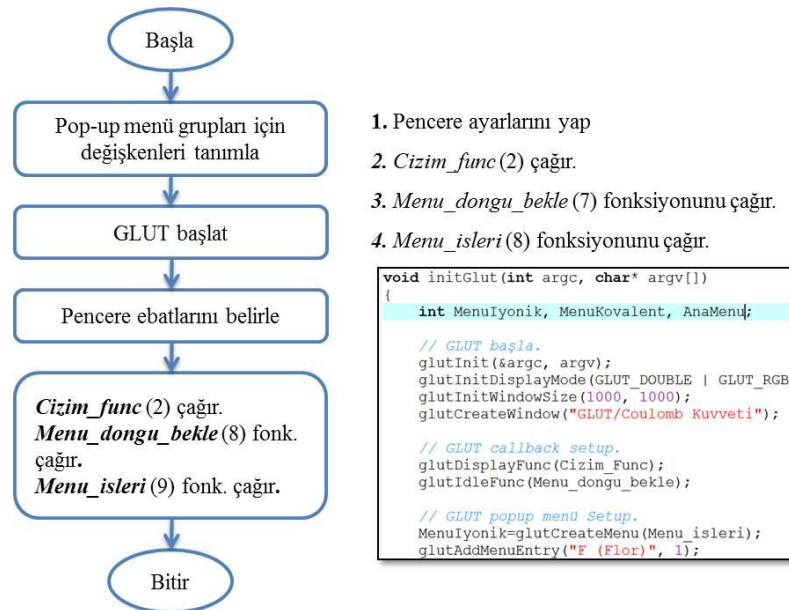
Şekil 3.14 Geliştirilen uygulamaların örnekleme oluşturulan gruba uygulanması



Şekil 3.15 Yazılımda kullanılan başlıca fonksiyonlar

Şekil 3.15 de uygulama bulunan fonksiyonlar ve bu fonksiyonların çağırıldıkları yerler belirtilmiştir. Herbir fonksiyona ait algoritma, akış diyagramı ve ilgili kod örneği sırasıyla belirtilmiştir. Ekler bölümde kodlar verilmiştir.

### 1. *initGlut* Fonksiyonu



1. Pencere ayarlarını yap
2. *Cizim\_func* (2) çağır.
3. *Menu\_dongu\_bekle* (7) fonksiyonunu çağır.
4. *Menu\_isleri* (8) fonksiyonunu çağır.

```

void initGlut(int argc, char* argv[])
{
    int MenuIyonik, MenuKovalent, AnaMenu;

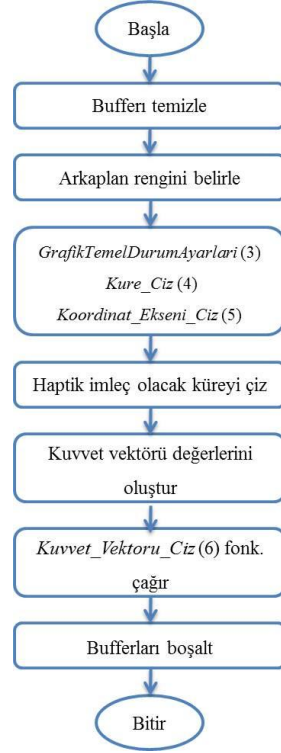
    // GLUT başla.
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB);
    glutInitWindowSize(1000, 1000);
    glutCreateWindow("GLUT/Coulomb Kuvveti");

    // GLUT callback setup.
    glutDisplayFunc(Cizim_Func);
    glutIdleFunc(Menu_dongu_bekle);

    // GLUT popup menü Setup.
    MenuIyonik=glutCreateMenu(Menu_isleri);
    glutAddMenuEntry("F (Flor)", 1);
  }
  
```

Şekil 3.16 *initGlut* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

## 2. Cizim\_Func Fonksiyonu



1. Bufferi temizle.
2. Arkaplan rengini belirle.
3. *GrafikTemelDurumAyarlari* (3) fonk. çağır.
4. *Kure\_Ciz* (4) fonk. çağır.
5. *Koordinat\_Ekseni\_Ciz* (5) fonk. çağır.
6. Haptik imleç olacak küreyi çiz.
7. Kuvvet vektörü değerlerini oluştur.
6. *Kuvvet\_Vekturu\_Ciz* (6) fonk. çağır.
9. Bufferları boşalt.

```
.....  
Grafik ana döngü func.  
.....  
void Cizim_Func(void)  
{  
    // Setup model transformations.  
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);  
    glClearColor(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);  
    glClearColor (0.0, 0.0, 0.0, 0.0); //ARKAPLAN RENGI  
  
    glPushMatrix();  
    GrafikTemelDurumAyarlari();  
    Koordinat_Ekseni_Ciz(Kure_YariCap_Merkez*3.0);  
  
    // Sabit Küreyi Ciz (statik küre).  
    static const hduVector3Dd Kure_YariCap_Merkez_Pozisyon(0, 0, 0);  
    static const float Kure_YariCap_Merkez_Renk[4] = {.2, .8, .8, .8};  
    .....
```

Şekil 3.17 *Cizim\_Func* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

## 3. *GrafikTemelDurumAyarlari* Fonksiyonu



1. Işıklandırmada kullanılacak değişkenleri tanımla
2. Işık dağıtımını yap.

```
.....  
Sets up graphics pipeline, ışık vb.  
.....  
void GrafikTemelDurumAyarlari()  
{  
    glShadeModel(GL_SMOOTH);  
  
    GLfloat lightZeroPosition[] = { 10.0, 4.0, 100.0, 0.0 };  
    GLfloat lightZeroColor[] = { 0.6, 0.6, 0.6, 1.0 }; // Yeşil.  
    GLfloat lightOnePosition[] = { -1.0, -2.0, -100.0, 0.0 };  
    GLfloat lightOneColor[] = { 0.6, 0.6, 0.6, 1.0 }; // Kırmızı.  
  
    GLfloat light ambient[] = { 0.8, 0.8, 0.8, 1.0 }; // Beyaz ışık dağıtım.
```

Şekil 3.18 *GrafikTemelDurumAyarlari* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

Kuvvet geribeslemeli haptik uygulama başlatılmadan önce temel grafik ayarlamaları gerçekleştirilmektedir.

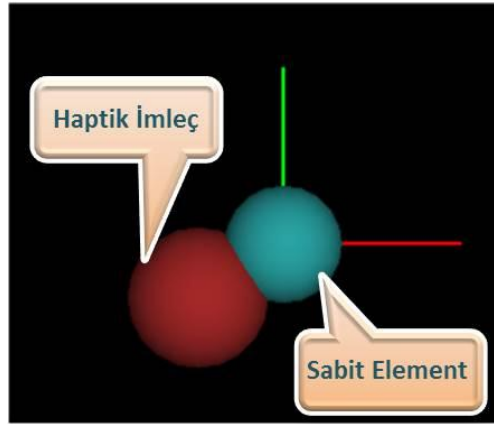
#### 4. Kure\_Ciz Fonksiyonu



1. Küre yarıçap, renk ve pozisyon bilgilerini al.
2. Kamera açısını belirle.
3. Belirlenen küreyi çiz.

```
.....  
Elektriksel çekim kuvvetini simüle edecek kürelerin çizimi  
.....  
void Kure_Ciz(GLUquadricObj* pQuadObj,  
              const hduVector3Dd sposition,  
              const float color[4],  
              double Kure_Yaricap)  
{  
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);  
    glPushMatrix();  
    glEnable(GL_LIGHTING);  
    glColor4fv(Color);  
    glTranslatef(position[0], position[1], position[2]);  
    gluSphere(pQuadObj, Kure_Yaricap, 20, 20);  
    glPopMatrix();  
}
```

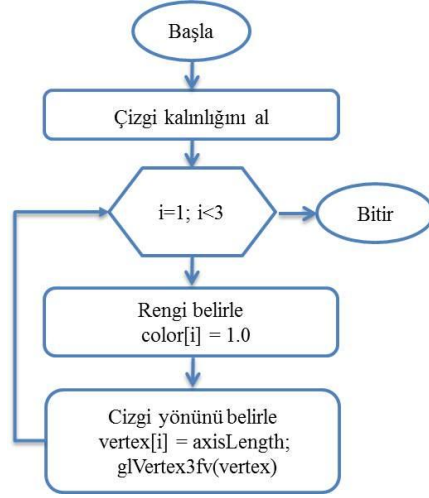
Şekil 3.19 Kure\_Ciz fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı



Şekil 3.20 Sanal nesnelerin etkileşimi

Tasarlanan sanal nesnelerin hacimleri birbirilerini kestiğinde etkileşime (*interaction*) geçerler.

## 5. Koordinat\_Ekseni\_Ciz Fonksiyonu



1. Çizgi kalınlığını al
2. Koordinat eksenini sembolize eden X i çiz.
3. Koordinat eksenini sembolize eden X i çiz.

```

//Kartezyan eksenleri çiz
*****
void Koordinat_Ekseni_Ciz(double axisLength)
{
    glDisable(GL_LIGHTING);
    glEnable(GL_COLOR_MATERIAL);
    glLineWidth(2.0);

    glBegin(GL_LINES);
    for (int i = 0; i < 3; i++)
    {
        float color[3] = { 1, 0, 0 };
  
```

Şekil 3.21 Koordinat\_Ekseni\_Ciz fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

```

glBegin(GL_LINES);
for (int i = 0; i < 3; i++)
{
    float color[3] = { 1, 0, 0 };
    color[i] = 1.0;
    glColor3fv(color);

    float vertex[3] = {0, 0, 0};
    vertex[i] = axisLength;
    glVertex3fv(vertex);
    glVertex3f(0, 0, 0);
}
glEnd();
  
```

## 6. Kuvvet\_Vektoru\_Ciz Fonksiyonu



1. Pozisyonu ve kalınlık değerlerini al.
2. Işıklandırma ayarlarını ata.
3. Döndürme (rotating) açısını değiştir.
4. Renk değişkenlerini ata.
5. Silindir çiz.
6. Koni çiz.

```

//Kuvvet vektörünün çizimi
*****
void Kuvvet_Vektoru_Ciz(GLUquadricObj* pQuadObj,
    const hduVector3Dd &position,
    const hduVector3Dd &forceVector,
    double Ok_Kalinlik)
{
    glDisable(GL_LIGHTING);
    glPushMatrix();

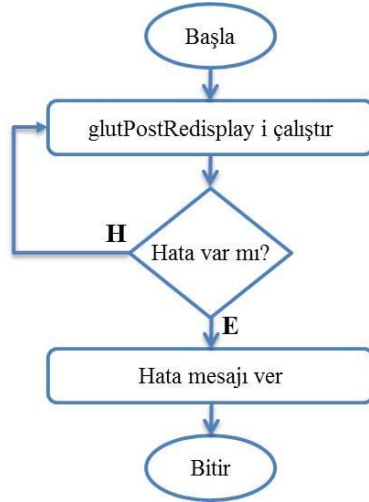
    glTranslatef(position[0], position[1], position[2]);
    hduVector3Dd unitForceVectorAxis = normalize(forceVector);
    hduVector3Dd zAxis( 0,0, 1.0 );
    hduVector3Dd toolRotAxis = zAxis.crossProduct(unitForceVectorAxis);

    double toolRotAngle = acos(unitForceVectorAxis[2]);
    hduMatrix rotMatrix = hduMatrix::createRotation(toolRotAxis,
        toolRotAngle);
  
```

Şekil 3.22 Kuvvet\_Vektoru\_Ciz fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

Kuvvet vektörü, bir silindir ve bu silindirin ön kısmına konumlandırılan bir koniden oluşmaktadır. Elementler arasında oluşacak çekim kuvveti ne kadar büyük olursa kuvvet vektörünün boyuda elementler birbirlerine yaklaştıkça aynı oranda uzayacaktır.

### 7. Menu\_dongu\_bekle Fonksiyonu



1. *glutPostRedisplay* i çalıştır.
2. Render işlemlerinde bir hata var mı?

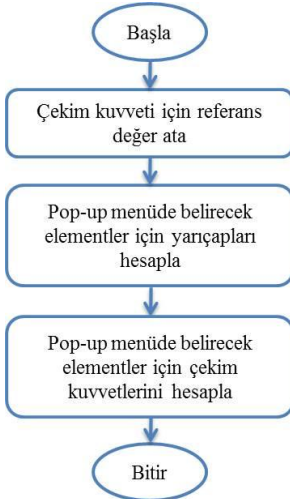
```

//***** GLUT iskeleti tarafından periyodik olarak yapılan çağrı. *****//
void Menu_dongu_bekle(void)
{
    glutPostRedisplay();

    if (!hdWaitForCompletion(gSchedulerCallback, HD_WAIT
    {
        printf("ANA SCHEDULER CALLBACK TEN ÇIKILIYOR\n");
        printf("ÇIKMAK İÇİN BİR TUŞA BASINIZ\n");
        getchar();
        exit(-1);
    }
  
```

Şekil 3.23 *Menu\_dongu\_bekle* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

### 8. Menu\_isleri Fonksiyonu



1. Çekim kuvveti için referans değer ata.
2. Pop-up menüde belirecek elementler için yarıçapları hesapla.
3. Pop-up menüde belirecek elementler için çekim kuvvetlerini hesapla.

```

//***** İyonik Bağ Na - SODYUM - 0.93 - ELEKTRONEGATİFLİK (referans alınıyor) KAYNAK 1*****//
// Na için (Na/polar)Yarıcap(pm)=154 (pm) -REFERANS 30 piksel */
void Menu_isleri(int ID)
{
    double cekim_kuvveti_sabiti=0.85;
    switch (ID)
    {
        /* NAZI - KAYNAK_2
        //***** İyonik Bağ Na - SODYUM - 0.93 - ELEKTRONEGATİFLİK (referans alınıyor) KAYNAK 1*****//
        // Na için (Na/polar)Yarıcap(pm)=154 (pm) -REFERANS 30 piksel */
        case 1: // F1or - F2or(Na)0.93 - 3.35 - 3.05
            Kure_YariCap_ilecek=10.470; // (Na/polar)Yarıcap(pm) *71 >>71-69=2*0.235=0.470*10=4.70
            Kure_YariCap_Merkez=30;
            Cekim_Kuvveti=1.0*cekim_kuvveti_sabiti;
            break;
        case 2: // F1or - Cl(Na)0.93 - 3.16 - 2.23
            Kure_YariCap_ilecek=17.05; // (Na/polar)Yarıcap(pm) *99 >>99-69=30*0.235=7.05*10=17.05
            Kure_YariCap_Merkez=30;
            Cekim_Kuvveti=0.736*cekim_kuvveti_sabiti;
            break;
    }
  
```

Şekil 3.24 *Menu\_isleri* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

Elementlerin elektronegatiflikdeğerlerinin simüle edilmesi için [64] kullanılmıştır. Simüle edilen elementlerden en yüksek değere sahip olan F (3.98*Ec*) ve Na (0,93*Ec*)

dür. Bu iki element arasındaki farkı (3,03 *Ec*) ifade edecek olan çekim kuvveti (*haptik kuvvet*) katsayısı1 olarak kabul edilmiştir. Diğer elementler arası çekim kuvveti bu değerler referans alınarak hesaplanmıştır. Bu katsayıya **HÇKK** (*Haptik Çekim Kuvveti Katsayısı*) denecektir. İyonik bağ yaparken referans element Na seçilmiştir.

$$H\check{C}KK_{X-Y} = [X (Ec) - Y (Ec)]/3,03$$

Örneğin, brom (Br) ile sodyum (Na) elemnti atomları arasında oluşacak çekim kuvveti şu şekilde hesaplanır;

$$\text{Br elektronegatiflikdeğeri (2,96 } Ec) - \text{Na elektronegatiflikdeğeri (0,96 } Ec) = 2,03 Ec$$

$$H\check{C}KK_{\text{Br-Na}} = 2,03/3,03 = 0,670$$

Bu değer İyot –Na için;  $H\check{C}KK_{\text{I-Na}} = 0,570$

Kovalent bağ yaparken referans element Kükürt (S) seçilmiştir.

Bu değer karbon –kükürt için;  $H\check{C}KK_{\text{C-S}} = 0,01$  olarak hesaplanır.

Elementlerin yarıçap bilgilerinin simüle edilmesi için Miessler'in [65] verileri kullanılmıştır. Polar olmayan (nonpolar) elementlerin yarıçaplarında periyod ve grup numaraları önemlidir

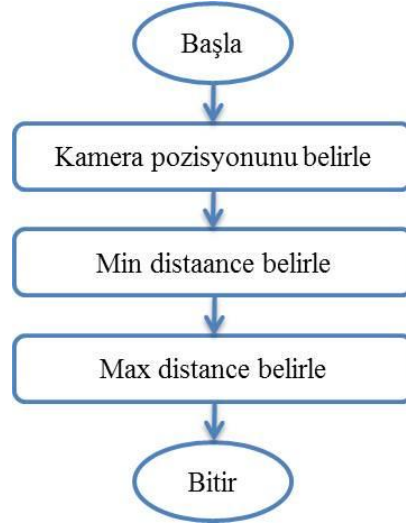
Simüle edilen elementlerden en büyük yarıçap değerine sodyum (Na-154pm) sahipken en küçük değere helyum (He – 69 pm) sahiptir. Yazılım geliştirilirken en büyük elementin yarıçapının (Na) 30 pixel olmasına karar verilmiştir. Bu değer referans alınarak diğer elementlerin yarıçap değerleri hesaplanmıştır. Yarıçap Simülasyon Katsayısı (YSK) hesaplanarak diğer elementlerin yarıçapları referans değerlere göre orantılanmıştır.

$$YSK = 30 \text{ pixel } / (\text{Na})_r = 30 \text{ pixel} / 154 \text{ pm} = 0,194 \text{ pixel/pm}$$

Örneğin, germanyum (Ge) nin yarıçapı hesaplanırken;

$$(\text{Ge})_r * YSK = 122 \text{ pm} * 0,194 \text{ pixel/pm} = 23,668 \text{ pixel}$$

## 9. *initGraphics* Fonksiyonu

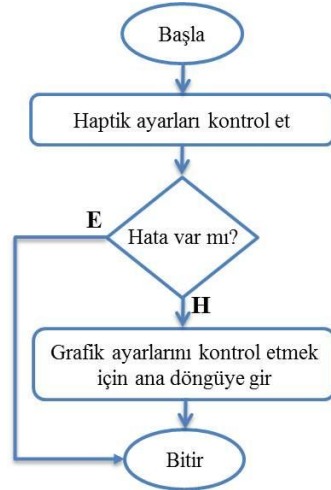


1. Kamera pozisyonunu belirle.
2. Min distaance belirle.
3. Max distance belirle.

```
void initGraphics(const HVector3D &LLB, const HVector3D &TRF)  
{  
    // Setup perspektif yansıtma (projection).  
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);  
    glLoadIdentity();  
  
    HDouble centerScreen[3];  
    centerScreen[0] = (TRF[0] + LLB[0])/2.0;  
    centerScreen[1] = (TRF[1] + LLB[1])/2.0;  
    centerScreen[2] = (TRF[2] + LLB[2])/2.0;  
  
    HDouble screenDim[3];  
    screenDim[0] = TRF[0] - LLB[0];  
    screenDim[1] = TRF[1] - LLB[1];  
    screenDim[2] = TRF[2] - LLB[2];  
  
    HDouble maxDimXY = screenDim[0] > screenDim[1] ?  
        screenDim[0] : screenDim[1];  
    HDouble maxDim = maxDimXY > screenDim[2] ?  
        maxDimXY : screenDim[2];  
    maxDim /= 2.0;  
}
```

Şekil 3.25 *initGraphics* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

## 10. *Coulomb\_Kuvvet\_isleri* Fonksiyonu



1. Haptik ayarları kontrol et.
2. Grafik ayarlarını kontrol et.
3. Ana döngüye gir.

```
.....  
Kolomp kuvveti geribildirim(callback) çizelgesi - listesi  
.....  
void Coulomb_Kuvvet_isleri()  
{  
    std::cout << "HAPTİK CALLBACK" << std::endl;  
    gSchedulerCallback = hdScheduleAsynchronous(  
        CoulombCallback, 0, HD_DEFAULT_SCHEDULER_PRIORITY);  
  
    HDeviceInfo error;  
    if (HD_DEVICE_ERROR(error = hdGetError()))  
    {  
        hduPrintError(stderr, &error, "HAPTİK CİHAZ YÜKLEMEMEDİ\n");  
        fprintf(stderr, "\nÇIKIŞIK İÇİN BİR TUŞA BASINIZ\n");  
        getchar();  
        exit(-1);  
    }  
}
```

Şekil 3.26 *Coulomb\_Kuvvet\_isleri* fonksiyonu akış diyagramı, algoritma ve kod yapısı

Program boyunca mekanik (*haptik-omni*) hatalar olup olmadığı sürekli kontrol edilir. Eğer mekanik hata yoksa yazılımla (*render*) ilgili bir hata olup olmadığını inceleyen döngüye girilir. Grafik ve haptik işlemler eşzamanlı olarak çalıştırılır.



## 4. ALAN ÇALIŞMASI

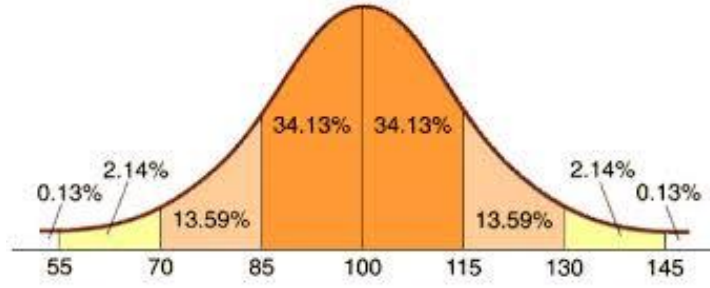
### 4.1 Zekâ ve Üstün Zekâ Kavramları

Literatürde üstün olma durumuna ilişkin çeşitli terimler bulunmaktadır. Bunlar üstün zekâlı (gifted), üstün yetenekli (talented), üstün zekâlı ve yetenekli (gifted&talented) şeklindedir. Kavramsal olarak bir karışıklığa sebep olmamak için bu çalışmada üstün zekâlı (gifted) terimi kullanılacaktır. Zekâ ve üstün zekâ için literatürde farklı tanımlamalara ulaşılmaktadır. Bu durumun başlıca sebebinin zekânın birbirleriyle ilişkili birçok yönünün bulunmasındandır.

Zekâ terimiyle ilgili olarak, çevre koşullarıyla geliştirilebilen bir kavram olması, beyin temelli araştırmaların sonuçları, performans ve çoklu zekâ kriterleri gibi nedenlerle daha çok boyut kazanan ve karmaşıklaşan bir konu olmasından dolayı yeni bakış açılarıyla yeni tanımlama girişimleri günümüzde de sürmektedir [70]. Zekâ kavramı, ilişkili olduğu varsayılan özellikler irdelenerek, dolaylı yollarla açıklamaya çalışılmaktadır.

Köksal'ın [71] Stenberg 'ten aktardığına göre, Thorndike zekâyı, gerçeğin ya da doğruların bakış açısından bakarak iyi cevaplar verme gücü olarak tanımlarken Terman; zekânın, soyut düşünme becerisi olduğunu düşünmektedir. Freman ise, zekâyı duyuşal kapasite, idrakle ilgili kabul kapasitesi, çabukluk, birliğin ranjı ya da esnekliği, ustalık ve yaratıcılık, dikkat süresi, cevap vermede çabukluk ve uyanıklılık olarak algılamaktadır. Ayrıca Gardner'in çoklu zekâ kuramı dikkate alındığında toplumdan topluma tanımlamaların değişebileceği görülecektir. Kök'ün [70] Enç'ten aktardığına göre üstün zekâlı ve zekâli çocuk tanımlamalarına bakılırsa, ilkinin Terman tarafından yapıldığı görülür, Terman'ın geliştirdiği Stanford-Binet ölçeğinde (Şekil 4.1):

- 110-120 üstün zekâlı
- 120-140 çok üstün zekâlı
- 140 + deha olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1 IQ skoru normal dağılım eğrisi

Şenol'un [72] Eric'ten aktardığına göre üstün zekâ; bireyin çevresinde dikkat çekecek şekilde üst düzeyde başarı ve yaratıcılık göstermesini sağlayan erken gelişmiş, üst düzeyde becerilerdir.

Günümüzde üstün zekâ kavramında Renzulli'nin geliştirdiği üstün zekâ teorisi geniş kabul görmektedir. 'Üç halka' (3 ring) olarak ifade edilen bu yapıda üstün zekâ veya üstüninsan yapısındaki su üç temel ögenin etkileşiminden ortaya çıktığı ifade edilmektedir [73].



Şekil 4.2 Halka teoremi

Şekil 4.2 de belirtilen ögeler; zekâ gelişiminde ortalamanın üstünde olmak, problemlere farklı açılardan yaklaşarak, yaratıcı çözümler üretebilmek, bir işi basından sonuna kadar götürebilecek motivasyona sahip olmak şeklindedir.

## 4.2 Üstün Zekâlı Öğrencilerin Özellikleri

Üstün zekâlı bireylerin analitik düşünebilme, sebep sonuç ilişkisi kurabilme, kavramlar arasında mantıksal ilişkileri kurabilme gibi *bilişsel özellikleri*; mükemmeliyetçilik, özgüven ve bağımsız hareket etme gibi *kişilik özellikleri*; yaşlarına göre olgun olma, kendi idealleri ile topluma ayak uydurma istekleri arasında içsel bir çelişki yaşamaları sebebiyle yaşadıkları yalnızlık gibi *sosyal özellikleri* diğer bireylere göre farklılık gösterebilmektedir [71].

### 4.2.1 Bilişsel Stiller

Bilişsel stillerle ilgili literatürde çeşitli tanımlamalar mevcuttur. Geniş kabul gören tanımlamayı yapan Messick [74] bilişsel stillerin, insanların bilgiyi edinme, analiz etme, değerlendirme ve yorumlayarak kendi hayatlarına uyarlama yöntemleri olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.3 Bilişsel süreç aşamaları [75]

Bilişsel süreç aşamaları Şekil 4.3 de genelden özele doğru sıralanmış haliyle gösterilmiştir. Bilişsel stiller genel olarak bir bireyin bilgiyi öğrenirken seçtiği ya da takip ettiği yöntemlerdir. Bu sebeple bireylerin bilişsel stilleri belirlenebilirse, o bireye uygun eğitim programları hazırlanabilir. Bilişsel stillerin belirlenmesinde çeşitli sınıflandırmalar çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Bu araçlardan en yaygın kullanılan ve geniş kabul gören, Witkin [76] ve arkadaşları tarafından geliştirilen Grup Gömülü Şekiller Testi “GEFT” (*Grup Embedded Figures Test*) dir. Bu yöntem 40 yılı aşkın bir süredir çeşitli araştırmalarda kullanılmıştır.

Temel olarak bu ölçme aracıyla bireyler *alan bağımsız* FI (Field Independent), *alan bağımlı* FD (Field Dependent) ve *alan orta* FM (Field Middle) olarak belirlenir. Daniels [9] FI ve FD bireylerin özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamıştır;

#### ***Alan Bağımlı (FD)***

- Kendisini çevreleyen algısal alana güvenir.
- Belirgin olmayan ipuçlarını kullanmakta zorlanır.
- Belirsiz bir bilgiyle bir yapı kurmakta zorlanır.
- Önceki öğrenmelerle yeni bilgiyi ilişkilendirmekte zorlanır.

#### ***Alan Bağımsız (FI)***

- Kendisini çevreleyen algısal alandan bağımsız olarak nesnelere algılar.
- Alan içinde ilişkisiz kavramlardan bir ilişki bulabilir.
- Mevcut bilgiyle belirsiz bir bilgiyi yapılandırabilir.
- Önceki öğrenmelerle yeni bilgiyi kullanarak bilgiyi yeniden organize edebilir.

Bu çalışma, bilisel stillerin belirlenmesi, üstün zekâlı öğrencilerle üstün zekâ tanılaması yapılmamış öğrencilerin farklılıklarının ortaya konması gerekliliği açısından önemlidir. GEFT ten elde edilen bulgular, farklı öğrenme stillerine sahip oldukları düşünülen üstün zekâlı öğrencilere yeni eğitim öğretim ortamlarının sunulması amacıyla zenginleştirilmiş materyallerin hazırlanması aşamalarının pedagojik yönden temelini oluşturacaktır.

### **4.3 Üstün Zekâlı Öğrenciler İçin Eğitim Ortamı Düzenlemeleri ve Materyal Geliştirme Gerekliliği**

Üstün zekâlı öğrencilerin öğretmenlerinden bir çoğu, üstün öğrenenlerin alıştırmaya ve tekrardan, öğretmen merkezli, ezberci, testle değerlendirilen ve eleştirel düşünme özgürlüğünün sağlanmadığı eğitim ortamlarından sıkıldığını belirtmektedir. Üstün zekâlı çocuklar “tek tip elbise herkese uyar (one size fits all)” sınıflarında uygun düzeyde kendilerini zorlayıcı durumlar bulamadıklarını, öğretmenler ise genel eğitimin heterojen sınıflarında üstün zekâlılarla nasıl baş edeceklerini otomatik olarak

bilemediklerini, bunun için de bazı şeyleri yapmaktan sakındıklarını rapor etmektedirler [77]. Üstün zekâlı öğrencilerin, bağımsız düşünme için bilgi ve kaynaklara, bilgilerini geliştirmek için fırsatlara ihtiyaçları vardır [78].

Üstün zekâli öğrenciler bireysel ihtiyaçlarına göre dizayn edilmiş eğitimler alırlarsa yeterlilik hissi ve olumlu benlik algısı geliştirirler. Aksi halde başarısızlık konusunda en yüksek risk grubunda yer alabilirler. Uygun eğitimi aldıklarında daha verimli ve etkili çalışarak üst düzey problem çözme becerileri geliştirirler. Bu öğrenciler bilgileri özümseyip sentezledikten sonra birleştirerek birçok çözüm önerisi getirebilirler [79]. Üstün zekâlı öğrencilerin ilgi alanları ve öğrenme stillerindeki farklılıklar çeşitli zorluklara sebep olmaktadır. Bu zorluklar; öğrencilerin ilgi alanına göre kavramları, kural ve anahtarları düzenleme, öğrenme için fırsatları değerlendirme, esnek öğrenme ortamı ve koşullarıyla grupluşturmatümdengelim ve tümevarım yöntemleriyle öğrencilerin bireysel veya grup olarak çalışmalarını sağlama şeklinde sıralanabilir.

Tek tip genel eğitim programları ortalama zekâ düzeyindeki öğrenci ihtiyaçlarına göre hazırlandığı için öğrenci kazanımı ancak kavrama, uygulama düzeyinde kalacak analiz, sentez ve değerlendirme yapma gibi yüksek düzeyli düşünme becerilerinin geliştirilmesi sağlanamayacaktır [70]. Bu durum, üstün zekâlı öğrenciler açısından incelendiğinde var olan potansiyellerini en üst düzeyde kullanamamalarına bağlı olarak zekâlerinin köreleceği ve zamanla kaybolabileceği sonucunu doğurabilecektir. Üstün zekâli öğrencilerin bahsedilen öğrenme özelliklerine sahip olmaları, ortaya çıkan zorluklar ve farklı eğitimsel ihtiyaçları nedeniyle bu ihtiyaçların giderilmesi yönünde eğitim düzenlemeleri yapılmalıdır.

#### **4.4 Deneysel Çalışma ve Sonuçları**

Bu bölümde, öncelikle üstün zekâlı öğrencilerle üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrencilerin öğrenme stillerini etkileyen bilişsel stillerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen uygulama sonuçlarına yer verilmiştir.

İkinci aşamada ise geliştirilen haptik uygulamaların deney grubuna uygulanmasının ardından kontrol grubuyla deney grubu arasındaki tutum farklılıklarına ilişkin sonuçlara değinilmiştir.

#### 4.4.1 Üstün Zekâlı Öğrencilerin Bilişsel Stil Farklılıklarının Belirlenmesi

Üstün zekâlı öğrencileri bilişsel stil farklılıkları ve ICT temelli eğitim içerikleri hakkında literatürde herhangi bir araştırmaya rastlanamamıştır. Bu sebeple araştırma grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stillerinin üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrenciler ile farklılık gösterip göstermediğini saptamak amacıyla bir ölçme aracı kullanılarak model bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bilişsel stillerle ilgili literatür bölüm 2 de verilmiştir. Aşağıdaki araştırma soruları için gruplar oluşturulmuştur.

- *Üstün zekâlı öğrencilerin FD/FI bilişsel stilleri ICT temelli ders seçme, cinsiyet ve sınıf değişkenlerine göre farklılık göstermekte midir? (Grup 1)*
- *Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrencilerin FD/FI bilişsel stilleri üstün zekâlık, cinsiyet ve sınıf değişkenlerine göre farklılık göstermekte midir? (Grup 2)*

#### **Çalışma Örnekleme:**

Araştırmaya ait veriler 2 gruptan elde edilmiştir. Birinci grup İstanbul Bilim ve Sanat Merkezine devam eden üstün zekâlı 52 6. ve 7. Sınıf öğrencilerinden oluşmuştur. İkinci grup ise bahsi geçen 52 üstün zekâlı öğrenciden oluşan 1. Gruba 38 üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrencinin eklenmesiyle elde edilmiştir. Araştırmaya katılan bütün üstün zekâlı öğrencilerin WISC-R (*Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised*) puanı 130 un üzerindedir.

<i>Araştırma Grupları</i>		<i>Kız</i>	<i>Erkek</i>	<i>Toplam</i>
<i>Grup 1</i>	<i>Üstün Z.</i>	18	34	52
	<i>Üstün Z.</i>	18	34	52
<i>Grup 2</i>	<i>Tanılanmamış</i>	15	23	38
	<i>Toplam</i>	33	57	90

Tablo 4.1 Araştırma grubunun yapısı

### ***Bilim& Sanat Merkezinde ICT Temelli Eğitim:***

Bilim ve Sanat Merkezine devam eden öğrenciler ilk yıl *uyum eğitimlerini* tamamladıktan sonra 21 temel disiplinin genel kapsamlarını öğrenebilecekleri BYF (*Bireysel Yetenekleri Farketme*) programına geçerler. İlk yılın ardından ÖYG (Özel Yetenekleri Geliştirme) sürecinde öğrencilerden 3 disiplin seçmeleri istenir. ÖYG programını tamamlayan öğrenciler üçüncü süreç olan Proje geliştirme aşamasına geçer. Bilim ve sanat merkezinde ICT temelli eğitim içerikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Web programlama SQL, NET, ASP, PHP,HTML5
- Grafikprogramlama&dizayn (OpenGL, Maya, SketchUp, SolidWorks)
- Visual C + +, C #, C + + konsol uygulamaları
- Dijital elektronik
- Temel elektronik
- Bilgisayar matematiği (logic, number systems, etc.).
- PIC programlama
- PLC programlama
- Temel ve ileri robotik uygulamaları

### ***Ölçme Aracı:***

Araştırmada ölçme aracı olarak Saklı Figürler Testi (*GEFT Group Embedded Figures Test*) kullanılmıştır. Bu araç El Benna [80] tarafından Witkin 'in [76] çalışmasından uyarlanmıştır. Bahar [81] ölçme aracının güvenilirlik değerini (reliability) 0.812 olarak hesaplamıştır. Ölçme aracında karışık şekillerden oluşan 20 soru bulunmaktadır. Bu testten elde edilen puana göre katılımcı alan Bağımlı (FD), alan bağımsız (FI), alan Orta/ (Field Middle-FM) olarak belirlenmiştir.

Ölçme aracından elde edilen verilere göre her bir test sonucu aşağıdaki şekilde kategorize edilir;

- Ortalamanın (*Mean*) standart sapmanın (*Standart Derivation-SD*) dörtte biriyle toplanmasıyla oluşan değer üstü alan bağımsız olarak belirlenir ( $Mean+SD*0,25$ ).
- Ortalamadan Standart sapmanın dörtte birinin çıkarılmasıyla elde edilen değer altı alan bağımlı (*FD*) olarak belirlenir ( $Mean-SD*0,25$ ).

- Alan bağımsız (*FI*) ile alan bağımlı (*FD*) arasında kalan değerler alan orta (*FM*) olarak belirlenir ( $FD < FM < FI$ ).

***Data Toplama Prosedürü ve Analizi:***

Örnekleme oluşturan çalışma grubu araştırmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak SPSS v20.0 (*Statistical Package for Social Scientists*) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolaştırılmıştır. Araştırmaya konu olan değişkenlerin manidarlığının belirlenmesinde *ortalamalar (means)*, *t-testi* ve *Mann-Whitney-U* uygulanmıştır.

***Bulgular:***

Grup 1 ve grup 2 için ayrı ayrı hipotezler kurularak analizler gerçekleştirilmiştir.

***Grup 1 örnekleme bilişsel stil puanı dağılımı:***

- *Cinsiyet* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **cinsiyet** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *ICT ders seçme* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **ICT temelli ders seçme** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *Sınıf* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **sınıf** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.

<i>Faktörler</i>	<i>Gruplar</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
<i>Cinsiyet</i>	<i>Kız</i>	18	8,17	2,895	0,682	-1,527	50	0,133
	<i>Erkek</i>	34	9,53	3,145	0,539			
<i>ICT ders seçme</i>	<i>Hayır</i>	22	7,41	2,84	0,605	-3,658	50	0,001
	<i>Evet</i>	30	10,27	2,741	0,5			
<i>Sınıf</i>	<i>6<sup>th</sup></i>	30	9,57	3,036	0,554	1,394	50	0,169
	<i>7<sup>th</sup></i>	22	8,36	3,125	0,666			

Tablo 4.2 Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stil puanlarının cinsiyet, sınıf ve ICT temelli ders seçme değişkenlerine göre dağılımlarına ilişkin T-testi sonuçları

Araştırmaya katılan üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stil puanları ile ICT temelli ders seçme değişkeni arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50) = -3,658, p < 0,05$ ). ICT temelli ders seçen öğrenciler ( $M = 10,27$ ), seçmeyen öğrencilere ( $M = 7,41$ ) göre daha fazla alan bağımsız (*FI*) özellik göstermektedir. Uygulanan *T-*



testi sonucunda üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stil puanları ile cinsiyet ve sınıf değişkenleri arasında bir farklılık saptanamamıştır ( $p>.05$ ).

Grup 1 örnekleme bilişsel stil(FD-FI-FM) dağılımı:

- Cinsiyet  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) cinsiyet değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- ICT ders seçme  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) ICT temelli ders seçme değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- Sınıf  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) sınıf değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Factörler	Gruplar	n	M	U	z	p
Cinsiyet	Kız	33	24,31	266,5	-0,809	0,418
	Erkek	57	27,66			
ICT ders seçme	ICT-tabanlı değil	38	20,48	197,5	-2,614	0,009
	ICT-tabanlı	52	30,92			
Sınıf	6 <sup>th</sup>	50	28,68	264,5	-1,292	0,196
	7 <sup>th</sup>	40	23,52			

Tablo 4.3 Üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stillerinin (FD-FI-FM) cinsiyet, sınıf ve ICT temelli ders seçme değişkenlerine göre dağılımlarına ilişkin Mann-Whitney-U testi sonuçları

Araştırmaya katılan üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) ile ICT temelli ders seçme değişkeni arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $U=197,500; z=-2,614; p<0,05$ ). ICT temelli ders seçen öğrenciler ( $M=30,92$ ), seçmeyen öğrencilere ( $M=20,48$ ) göre daha fazla alan bağımsız (FI) özellik göstermektedir.

Uygulanan *Mann-Whitney-U* testi sonucunda üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) ile cinsiyet ve sınıf değişkenleri arasında bir farklılık saptanamamıştır ( $p>.05$ ).

Grup 2 örnekleme bilişsel stil puanı dağılımı:

- *Cinsiyet*  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **cinsiyet** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *Üstün zekâlı olma*  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **üstün zekâlı olma** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *Sınıf*  $H_0$ : Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin *bilişsel stil puanları* **sınıf** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.

<i>Faktöler</i>	<i>Gruplar</i>	<i>M</i>	<i>n</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
<i>Cinsiyet</i>	<i>Kız</i>	6,76	33	3,354	0,584	-0,937	88	0,351
	<i>Erkek</i>	7,56	57	4,213	0,558			
<i>Üstün zekâlı olma</i>	<i>tanınmamış</i>	4,82	38	3,608	0,585	-5,979	88	0,000
	<i>Üstün zekâlı</i>	9,06	52	3,102	0,43			
<i>Sınıf</i>	<i>6<sup>th</sup></i>	7,2	50	4,468	0,632	-0,186	88	0,853
	<i>7<sup>th</sup></i>	7,35	40	3,159	0,499			

Tablo 4.4 Bilişsel stil puanlarının cinsiyet, sınıf ve üstün zekâlı olma değişkenlerine göre dağılımlarına T-testi sonuçları

Araştırmaya katılan öğrencilerin bilişsel stil puanları ile üstün zekâlı olma değişkeni arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(88)=-5,979, p<0,05$ ). ICT temelli ders seçen öğrenciler ( $M=9,06$ ), seçmeyen öğrencilere ( $M=4,82$ ) göre daha fazla alan bağımsız (FI) özellik göstermektedir.

Uygulanan *T*-testi sonucunda öğrencilerin bilişsel stil puanları ile cinsiyet ve sınıf değişkenleri arasında bir farklılık saptanamamıştır ( $p>.05$ ).

Grup 2 örnekleme bilişsel stil(FD-FI-FM) dağılımı:

- *Cinsiyet* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) **cinsiyet** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *Üstün zekâlı olma* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) **üstün zekâlı olma** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.
- *Sınıf* H<sub>0</sub>: Üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) **sınıf** değişkenine göre anlamlı bir farklılık göstermektedir.

<i>Faktörler</i>	<i>Gruplar</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>U</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
<i>Cinsiyet</i>	<i>Kız</i>	33	43,5	874,5	-0,587	0,557
	<i>Erkek</i>	57	46,66			
<i>Üstün zekâlı olma</i>	<i>Tanınmamış</i>	38	31,09	440,5	-4,748	0,00
	<i>Üstün Z.</i>	52	56,03			
<i>Sınıf</i>	<i>6<sup>th</sup></i>	50	47,05	922,5	-0,668	0,504
	<i>7<sup>th</sup></i>	40	43,56			

Tablo 4.5 Bilişsel stiller (FD-FI-FM) ile cinsiyet, sınıf ve üstün zekâlı olma değişkenlerine göre dağılımlarına *Mann-Whitney-U* testi sonuçları

Araştırmaya katılan öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) ile üstün zekâlı olma değişkeni arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (U=440,500;z=-4,748;p<0,05). Üstünzekâlı öğrenciler (M=56,03), üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilere (M=31,09) göre daha fazla alan bağımsız (FI) özellik göstermektedir.

Uygulanan *Mann-Whitney-U* testi sonucunda öğrencilerin bilişsel stilleri (FD-FI-FM) ile cinsiyet ve sınıf değişkenleri arasında bir farklılık saptanamamıştır (p>.05).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda da görüleceği üzere ICT temelli etkinliklere devam eden üstün zekâlı öğrenciler ile devam etmeyen üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stilleri arasında farklılık bulunmaktadır (*Grup 1*).

Ayrıca üstün zekâlı öğrenciler ile üstün zekâ tanınması yapılmamış öğrencilerin bilişsel stilleri farklılık göstermektedir (*Grup 2*). Bu durum üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stillerine uygun eğitsel materyaller geliştirmeyi manidar kılmaktadır. Bu sebep tez kapsamında gerçekleştirilen uygulamaları önemli kılmaktadır.

#### 4.4.2 Geliştirilen Haptik Uygulama Aşamaları Örnekleme Uygulanması ve Uygulama Sonuçları

Sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik uygulamaların üstün zekâlı öğrencilerin eğitimlerinde kullanılma sürecinin etkililiğinin saptanması amacıyla oluşturulan deney ve kontrol gruplarına bir ölçek uygulanmıştır.



Şekil 4.1 Geliştirilen uygulamaların örnekleme uygulanması

##### 4.4.2.1 Metodoloji

##### Örneklem

İstanbul Bilim ve Sanat Merkezine devam eden üstün zekâlı 52 öğrenci sanal gerçeklik ortamında geliştirilen haptik uygulamaların etkililiğinin değerlendirilmesi amacıyla uygulanan ölçme aracının örneklemini oluşturmuştur.

Gruplar	Sınıf			Cinsiyet		
	6 <sup>th</sup>	7 <sup>th</sup>	Toplam	Kız	Erkek	Toplam
<i>Deney G.</i>	9	13	22	13	9	22
<i>Kontrol G.</i>	21	9	30	5	25	30
Toplam	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>52</b>	<b>18</b>	<b>34</b>	<b>52</b>

Tablo 4.6 Araştırma grubunu oluşturan örneklemin sınıf ve cinsiyet değişkenlerine göre dağılımları

## Ölçme Aracı

Ölçme aracı Çorum [82] geliştirilmiş ve sanal gerçeklik uygulamalarının etkililiğinin değerlendirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Ölçme aracında bulunan 16 madde için hesaplanan cronbach alfa ( $\alpha$ ) güvenilirliği katsayısı Çorum tarafından 0,842 olarak hesaplanmıştır. Ölçme aracı haptik uygulamalar için revize edilmiştir.

Ölçme aracına ait Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk değerlerine göre dağılımları ekler bölümünde verilmiştir.

## Veri Toplama Prosedürleri ve Analizi

Veri toplama aracı, İstanbul İl Milli Eğitim Müdürlüğünün izin ve onayı ile örnekleme oluşturan üstün zekâlı öğrencilere İstanbul Bilim Sanat Merkezinde, araştırmacının gözetiminde gerekli açıklamalar yapılarak uygulanmış.

Örnekleme oluşturan çalışma grubu araştırmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak SPSS v20.0 (Statistical Package for Social Scientists) yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolastırılmıştır.

Araştırmaya konu olan değişkenlerin manidarlığının belirlenmesinde *ortalamalar (means)* ve *t-testi* uygulanmıştır.

### 4.4.2.2 Araştırmaya İlişkin Bulgular

Tablo 6.8e göre araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının 1. maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=4,113, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,87$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=4,23$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının 2. maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır

( $t(50)=5,828, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan ğrenciler ( $M=4,77$ ), kontrol grubunu oluşturan ğrencilere ( $M=3,95$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâli “*ğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **3.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=-4,177, p<0,05$ ). Kontrol grubunu oluşturan ğrenciler ( $M=1,82$ ), deney grubunu oluşturan ğrencilere ( $M=1,17$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

<i>Factors</i>	<i>Groups</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>																																																																																																																																																																																																														
<i>Faktör 1</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,87	,346	,063	4,113	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	4,23	,752	,160				<i>Faktör 2</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,77	,430	,079	5,828	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,95	,575	,123	<i>Faktör 3</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,17	,379	,069	-4,177	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	1,82	,733	,156	<i>Faktör 4</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,73	,521	,095	5,767	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,64	,848	,181	<i>Faktör 5</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,87	1,074	,196	1,503	50	<b>,139</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,41	1,098	,234	<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232	<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>
<i>Faktör 2</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,77	,430	,079	5,828	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,95	,575	,123				<i>Faktör 3</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,17	,379	,069	-4,177	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	1,82	,733	,156	<i>Faktör 4</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,73	,521	,095	5,767	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,64	,848	,181	<i>Faktör 5</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,87	1,074	,196	1,503	50	<b>,139</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,41	1,098	,234	<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232	<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150										
<i>Faktör 3</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,17	,379	,069	-4,177	50	,001																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	1,82	,733	,156				<i>Faktör 4</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,73	,521	,095	5,767	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,64	,848	,181	<i>Faktör 5</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,87	1,074	,196	1,503	50	<b>,139</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,41	1,098	,234	<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232	<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																								
<i>Faktör 4</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,73	,521	,095	5,767	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,64	,848	,181				<i>Faktör 5</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,87	1,074	,196	1,503	50	<b>,139</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,41	1,098	,234	<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232	<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																						
<i>Faktör 5</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,87	1,074	,196	1,503	50	<b>,139</b>																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,41	1,098	,234				<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232	<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																				
<i>Faktör 6</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,83	,379	,069	5,392	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	1,086	,232				<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179	<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																		
<i>Faktör 7</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,67	,884	,161	-4,179	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,68	,839	,179				<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166	<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																
<i>Faktör 8</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,70	,535	,098	5,587	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,68	,780	,166				<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157	<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																														
<i>Faktör 9</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,10	,923	,168	-2,060	50	,037																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,59	,734	,157				<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124	<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																												
<i>Faktör 10</i>	<i>Deney G.</i>	30	3,17	1,487	,272	-0,587	50	<b>,513</b>																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,36	,581	,124				<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192	<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																										
<i>Faktör 11</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,03	,999	,182	4,010	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,95	,899	,192				<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207	<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																								
<i>Faktör 12</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,23	,935	,171	4,962	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,91	,971	,207				<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197	<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																																						
<i>Faktör 13</i>	<i>Deney G.</i>	30	2,63	1,351	,247	-0,417	50	<b>,661</b>																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,77	,922	,197				<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165	<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																																																				
<i>Faktör 14</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,57	,626	,114	-6,675	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,86	,774	,165				<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299	<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																																																																		
<i>Faktör 15</i>	<i>Deney G.</i>	30	4,43	,626	,114	4,345	50	,001																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	3,18	1,402	,299				<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																																																																																
<i>Faktör 16</i>	<i>Deney G.</i>	30	1,53	,681	,124	-3,815	50	,000																																																																																																																																																																																																														
	<i>Kontrol G.</i>	22	2,27	,703	,150																																																																																																																																																																																																																	

Tablo 4.8 Ölçme aracını oluşturan maddelerin deney ve kontrol gruplarına göre dağılımlarına ilişkin t-testi sonuçları

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **4.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=5,767, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,73$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=3,64$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **6.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=5,392, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,83$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=3,68$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **7.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=-4,179, p<0,05$ ). Kontrol grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=2,68$ ), deney grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=1,67$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **8.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=5,587, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,70$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=3,68$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **9.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=-2,060, p<0,05$ ). Kontrol grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=2,59$ ), deney grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=2,10$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **11.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır



( $t(50)=4,010, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,03$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=2,95$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **12.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=4,962, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,23$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=2,91$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **14.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=-6,675, p<0,05$ ). Kontrol grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=2,86$ ), deney grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=1,57$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **15.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=4,345, p<0,05$ ). Deney grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=4,43$ ), kontrol grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=3,18$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Araştırmaya katılan üstün zekâlı “*öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara katılma (deney/kontrol grubu olma)*” değişkeni ile veri toplama aracının **16.** maddesi arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $t(50)=-3,815, p<0,05$ ). Kontrol grubunu oluşturan öğrenciler ( $M=2,27$ ), deney grubunu oluşturan öğrencilere ( $M=1,53$ ) göre daha fazla bu maddeye katılmaktadırlar.

Uygulanan *t*-testi sonucunda veri toplama aracının **6, 10 ve 13** maddeleri için deney ve kontrol grupları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ( $p>.05$ ).

## 5. TARTIŞMA VE SONRAKİ ÇALIŞMALAR

Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların geliştirilmesi ve bu uygulamaların üstün zekâlı öğrencilerin kullanımlarına sunulmasını konu alan bu araştırmanın sonuçları bir çok açıdan manidarlık göstermiştir.

Araştırma da öncelikle üstün zekâlı öğrencilerin alan bağımlı/alan bağımsız bilişsel stillerinin üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrencilere göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Bu amaçla Saklı Figürler Testi (GEFT Group Embedded Figures Test) üstün zekâlı olan ve üstün zekâ tanılması yapılmamış öğrencilere uygulanmıştır. Bu uygulama sonucunda üstün zekâlı öğrencilerin daha fazla alan bağımsız (Field Independent) özellik gösterdikleri saptanmıştır.

Bu sonuçlara ek olarak sadece üstün zekâlı öğrencilerden oluşan gruba GEFT uygulandığında ICT tabanlı (Information & Communication Technologies) olan, elektronik, robotik, programlama, web tasarımı, web programlama ve 3D programlama (maya) gibi etkinliklere devam eden üstün zekâlı öğrenciler ile bahsi geçen etkinliklere devam etmeyen üstün zekâlı öğrencilerin bilişsel stillerinin farklılık gösterdiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Literatürdeki alan bağımsız bilişsel stil özellikler [83] ile ICT tabanlı alanlarda başarılı/devamlı olma değişkeni birbirleriyle örtüşmektedir.

Bu sonuçların yanında cinsiyet ve sınıf değişkenlerinin öğrencilerin bilişsel stillerine etkilerinin manidarlık göstermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde üstün zekâlı öğrencilerin öğrenme stillerinin farklılık gösterdikleri gösteren araştırma sonuçları mevcuttur [71,78,79]. Bu tez çalışması sonuçları da literatürdeki benzer araştırmaların sonuçlarını teyit eder niteliktedir.

GEFT sonuçları üstün zekâlı öğrencilerin farklı öğrenme stilleri olduğunu göstermektedir. Bu sebeple üstün zekâlı öğrenciler için öğrenmekte güçlük

çekebilecekleri konular alan öğretmenleri ve araştırmacının gözlemleri neticesinde belirlenmiştir. Bu konulardan bir olan ve mikro düzeyde gerçekleşen *kimyasal bağlar* konusunda farklılaştırılmış bir eğitim materyali geliştirilmiştir. Bu uygulama kuvvet geribeslemeli bir haptik cihaz olan Phantom Omni (Şekil 3.6) kullanılarak sanal gerçeklik ortamında üstün zekâlı öğrencilere uygulanmıştır. Bu amaçla kimyasal bağlar konusunda iyonik ve kovalent bağları simüle eden bir yazılım geliştirilmiştir. Kuvvet geribeslemeli haptik uygulama deney grubuna uygulanmıştır.

Haptik uygulamalarının konu edinildiği kimyasal bağlar konusu öğretmen merkezli geleneksel yöntemler uygulanarak kontrol grubuna sunulmuştur. Araştırma sonuçlarını değerlendirmek Çorum [82] tarafından geliştirilen için tutum ölçeği iki gruba da uygulanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda deney ve kontrol grupları arasında manidar farklılıklar saptanmıştır. Bu sonuçlara göre;

- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile hazırlanmış uygulamaları kullanmaktan zevk aldıkları*” saptanmıştır.
- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim uygulamalarından nitelikli sonuçlar alınabileceğinden umutlu oldukları*” saptanmıştır.
- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim kendilerinde farklı bir heyecan uyandırdığı*” saptanmıştır.
- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar içerisinde yer almak kendilerine büyük zevk verdiği*” saptanmıştır.
- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile ilgili çalışmaların olabildiğince yaygınlaşması gerektiğini düşündükleri*” saptanmıştır.
- Deney grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üstün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar bir eğitim yöntemi olarak yüz yüze (geleneksel) eğitim kadar etkili olduğunu düşündükleri*” saptanmıştır.

- Deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların eğitim alanında kullanılması ile geleneksel yöntem ile asla edinemeyecekleri deneyimler yaşayacaklarına inandıkları*” saptanmıştır.
- Deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Herkesin sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim çalışmalarını desteklemesi gerektiğini düşündükleri*” saptanmıştır.

Elde edilen bulgular orum [82]’in ulaştığı sonuçları desteklemektedir. Ayrıca yukarıdaki sonuçları destekleyen şu sonuçlara da ulaşılmıştır.

- Kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar için harcanan zamanın gereksiz olduğunu düşündükleri*” saptanmıştır.
- Kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile nitelikli sonuçlar alınabilmeğinden emin olmadıkları*” saptanmıştır.
- Kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların kişileri bireyselliğe ittiğini düşündükleri*” saptanmıştır.
- Kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalara yatırım yapılmasının (Geleneksel eğitimi yeniden düzenleyip iyileştirmek varken) kendilerini rahatsız ettiğini düşündükleri*” saptanmıştır.
- Kontrol grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrenciler, deneş grubunu oluşturan üştün zekâlı öğrencilerden daha fazla “*Sanal geręeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamaların kendileri için sadece bir eğitim yaklaşımı olmaktan başka bir şey ifade etmediğini düşündükleri*” saptanmıştır.

Zebehazy ve Wilton [1] de bir yönüyle ifade ettiği gibi eğitim öğretim faaliyetlerinin zenginleştirilmesi ve verimliliğin arttırılabilmesi için alternatif eğitim materyuallerinin geliştirilmesi önemlidir.

Öğrenme yaklaşımlarında, kalıcılığının arttırılması için mümkün olduğu kadar çok duyu organı aktif olarak öğrenme sürecinde rol almalıdır. Kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile öğrenciler öğrenme sürecinde daha fazla aktif rol alabilmektedirler. Öğrenciler yaparak/hissederek öğrenme olanağına kavuşacak ve motivasyonları artacaktır.

Bilgisayar bilimleri ve yazılım mühendisliğine yaptığı katkı düşünüldüğünde tez çalışmasının önemli bir eksikliği giderdiği sonucuna varılabilir.

Haptik teknolojiler kullanılarak geliştirilen uygulamaların yaygınlaşması ile normal şartlar altında labaratuvar ortamında gerçekleştirilmesi mümkün olmayan makro ve mikro düzeyde uygulamalar haptik teknolojiler ile eğitim öğretim ortamına sunulabilecektir. Ayrıca uygulanması tehlikeli olan riskli konuların öğretilmesi gerçekleştirilebilmiş olacaktır.

Bilişim teknolojileri bünyesinde kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar sadece eğitim öğretim ortamlarında değil tıp, endüstriyel üretim, eğlence, sanat ve askeri alanlarda da kullanım alanına sahiptir. Teknoloji geliştirme maliyetlerinin düşmesiyle fiyatları da düşen sanal gerçeklik ve haptik teknoloji cihaz ve ekipmanlarının 3D tarayıcılardan ve yazıcılardan elde edilen veriler ile entegrasyonu ile entegrasyonu ile daha da zenginleştirilmiş uygulamalar hazırlanabilir.

Daha gelişmiş uygulamalar ve algoritmaların sonraki araştırmalarda geliştirilebilmesi ve mevcut uygulamanın bir basamak oluşturması düşüncesiyle yazılım, modüler bir şekilde tasarlanmıştır.

İnsan bilgisayar etkileşiminin önemli bir ayağı olan haptik teknolojilerle , deforme edilebilir nesnelerin içinde olduğu alanlarda uygulamalar geliştirilebilir. Biyoloji, anatomi, radyasyon ve manyetizmanın etkileri, çekirdek reaksiyonları konularında sanal gerçeklik ortamında uygulamalar gerçekleştirilebilir.

## **TEŐEKKÖR**

Bu tez Trakya Öniversitesi Araştırma Projeleri Birimi tarafından TÖBAP 2012/70 No'lu Doktora projesi olarak desteklenmiŐtir. Proje kapsamında sağlanan maddi destekler için Trakya Öniversitesi Araştırma Projeleri Birimine TeŐekkÖr ederim.

## KAYNAKÇA

- [1] Zebehazy, K.T., Wilton A.P. (2014). **Quality, Importance, and Instruction: The Perspectives of Teachers of Students with Visual Impairments on Graphics Use by Students**. Journal of Visual Impairment & Blindness, January-February
- [2] Vural, F.T.Y., Erten, Y.M. (2000). **Bilgisayar Sistemleri**. Akademi yayınevi. Ankara
- [3] Kayabaşı, Y. (2005). **Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması**. The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET July 2005 ISSN: 1303-6521 volume 4 Issue 3 Article 20
- [4] OpenHaptics Toolkit version 3.1 API Reference Manual.
- [5] Cozzi, P., Riccio, C. (2012). **OpenGL Insights**.CRC Press.Boca,Raton.
- [6] Woo, M., Neider, J., Davis,T.(1997).**OpenGL Programming Guide**. Addison-Wesley Publishing Company.
- [7] Üner, G.(2007). **Development of a material cutting model for haptic rendering applications**. Middle east Technical University.Yüksek Lisans Tezi
- [8] Gutiérrez1, L.F., Aguinaga,I., Harders,M., Ramos, F.(2012). **Speeding up the simulation of deformable objects through mesh improvement**. Comp. Anim. Virtual Worlds 2012; 23:425–433
- [9] Wang, Zheng.,Giannopoulos, E., Slater, M., Peer, A., Buss, M.(2011). **Handshake: Realistic Human-Robot Interaction in Haptic Enhanced Virtual Reality**. Presence, Vol. 20, No. 4, August 2011, 371–392 (By MIT)
- [10] Kim, J.P., Lee, B.C., Kim, H., Kim, J., Ryu,J.(2009). **Accurate and Efficient CPU/GPUBased 3-DOF Haptic Rendering of Complex Static Virtual Environments**.Presence: Volume 18, Number 5.(BY MIT)
- [11] Frisoli,A., Bergamasco,E., Ruffaldi, E.(2008). **Advanced Haptic Systems for Virtual Reality. Product Engineering: Tools and Methods** © Springer Science Business Media B.V. 2008 Based on Virtual Reality, 145–168.
- [12] Bigel, Z.K.(2009). **‘Haptik’in Tasarımı’ Tasarım Aşamalarında Haptik Etmeler**. Doktora Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- [13] Thorsten, A.K. (2009). **Engineering Haptic Devices**.Springer.
- [14] <http://blog.lib.umn.edu/meyer769/myblog/2011/10/a-lifetime-free-of-pain-a-blessing-or-curse.html> 24.02.2014
- [15] [http://rrsd.ans.org/pages/ray\\_goertz\\_info.html](http://rrsd.ans.org/pages/ray_goertz_info.html) 22.03.2014
- [16] Sirinivasan, M.A., Basdogan, C.(1997). **Haptics in Virtual Environments: Taxonomy, Research Status and Challenges**.Comput. & Graphics, Vol. 21. No. 4,pp. 393404
- [17] Srinivasan, M.A. **What is Haptics?. Online kaynak:** [http://www.geomagic.com/download\\_file/view/2376/6359](http://www.geomagic.com/download_file/view/2376/6359)(erişim tarihi: 17.02.2014)
- [18] Özkan, M.M.(2007). **Bir Haptik Arayüz Yapısal Analizi ve İmalatı**. Yüksel Lisans Tezi. Gebze Yüksel Teknoloji Enstitüsü.

- [19] Faulring, E.L., Colgate, J.E., Peshkin, M.A.(2004). **A High Performance 6-DOF Haptic Cobot**. In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004
- [20] Yoon, J., Ryu, J.(2001). **Design, Fabrication, and Evaluation of a New Haptic Device Using a Parallel Mechanism**. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics Vol. 6, No. 3, September.
- [21] <http://charm.stanford.edu/ME327/Xiyang> 24.02.2014
- [22] <http://cs.stanford.edu/people/conti/delta3.html> 24.02.2014
- [23] [http://www.stanford.edu/group/salisbury\\_robotx/cgi-bin/salisbury\\_lab/?page\\_id=399](http://www.stanford.edu/group/salisbury_robotx/cgi-bin/salisbury_lab/?page_id=399) 09.04.2014
- [24] Tsumaki, Y., Ohgi, T., Niiyama, A.(2010). **A Spherical Haptic Interface with Unlimited Workspace**. International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, vol. 3, no. 3, September.
- [25] İdin, M.(2009). **Altı Serbestlik Dereceli Haptik Arayüz Uyumlu Mekanizma Tasarımı ve imalatı**. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- [26] Başer, Ö. (2012). **Transparency and stability performance improvement in haptic devices**. ODTÜ. Yüksek Lisans Tezi
- [27] Aker, A.(2011). Tele-robotik haptik bir Tutucu sistem tasarımı. Marmara Ü. Yüksek Lisans Tezi.
- [28] Köse, K.C.(2007). **Ameliyat Simülasyonu için haptik kol tasarımı**. Dumlupınar Ü. Yüksek Lisans Tezi.
- [29] Bideci, S. (2007). **Control system design for a haptic device**. ODTÜ. Yüksek Lisans Tezi.
- [30] <http://www.openwheeler.co.uk/steering-wheels/mad-catx/xbox-360-wireless/review/> 24.02.2014
- [31] <http://brl.ee.washington.edu/~sina/ee589/> 24.02.2014
- [32] Aggarwal, A., Kirchner, F. (2014). **Object Recognition and Localization: The Role of Tactile Sensors**. Sensors 2014, 14, 3227-3266
- [33] [http://flinders.edu.au/science\\_engineering/csem/research/programs/human-computer-interaction/ghs.cfm](http://flinders.edu.au/science_engineering/csem/research/programs/human-computer-interaction/ghs.cfm) 22.04.2014
- [34] Koçak, U.(2007). **Development of Dental Educational Simulation with Haptic Device**. Yüksek Lisans Tezi. ODTÜ
- [35] Wang, D., Zhang, Y. Wang, Y., Lü, P., Zhou, W.(2009). **Haptic rendering for dental training system**. WANG DangXiao et al. Sci China Ser F-Inf Sci, Mar. 2009, Vol. 52 no. 3, 529-546
- [36] Basdogan, C., De, S., Kim, J., Muniyandi, M., Kim, H., Sirinivasan, M.A.(2004). **Haptics in Minimally Invasive Surgical Simulation and Training**. IEEE Computer Graphics and Applications. March/April 2004
- [37] Lomore, G.M., Banerjee, P.P, Luciano, C., Neckrysh, S., Charbel, T.F.(2007). **Virtual Reality in Neurosurgical Education: Part-Task Ventriculostomy Simulation with Dynamic Visual and Haptic Feedback**. Neurosurgery 61:142–149, 2007
- [38] Jiang, Z., Gao, Z., Chen, X., Sun, W.(2013). **Remote Haptic Collaboration for Virtual Training of Lumbar Puncture**. Journal of Computers, Vol. 8, No. 12, December 2013



- [39] Ueberle, M., Esen, H., Peer, A. **Haptic Feedback Systems for Virtual Reality and Telepresence Applications**. Institute of Automatic Control Engineering, Technische Universität München. (Dersnotları). Online erişim: <http://www.lsr.ei.tum.de/studentische-arbeiten/> 03.02.2014
- [40] <http://defence.pk/threads/the-army-gets-unreal-the-pros-cons-of-video-games-for-combat-training.270350/> 20.03.2014
- [41] <http://geomagic.com/en/community/case-studies/> 12.03.2014
- [42] Ghoneim, Y.A.(2013). **Vehicle Dynamics Approach to Driver Warning**. **International Journal of Vehicular Technology**. International Journal of Vehicular Technology Volume 2013, Article ID 109650
- [43] Chang, W., Hwang, W., Ji, Y.G.(2011). **Haptic Seat Interfaces for Driver Information and Warning Systems**. *Int. Journal of Human-Computer Interaction*. 27(12), 1119–1132
- [44] Huth, V., Lot, R., Biral, F., Rota, S.(2011). **Intelligent intersection support for powered two-wheeled riders: a human factors perspective**. *IET Intell. Transp. Syst.*, 2012, Vol. 6, Iss. 2, pp. 107–114
- [45] Wang Z (2013). **Fluid–Structure Interaction-Based Biomechanical Perception Model for Tactile Sensing**. *PLoS ONE* 8(11).
- [46] Rohde M, Wold A, Karnath H-O, Ernst MO (2013). **The Human Touch: Skin Temperature during the Rubber Hand Illusion in Manual and Automated Stroking Procedures**. *PLoS ONE* 8(11)
- [47] <http://www.novint.com/index.php/products> 23.03.2014
- [48] [http://www.inition.co.uk/case\\_study/future-3d-2-sketch-sculpt-print/](http://www.inition.co.uk/case_study/future-3d-2-sketch-sculpt-print/) 06.04.2014
- [49] Yannier, N., Basdogan, C., Tasiran, S., Sen, O.L.(2008). **Using Haptics to Convey Cause-and-Effect Relations in Climate Visualization**. *IEEE transactions on haptics*, vol. 1, no. 2, july-december 2008
- [50] Williams, R.L., Chen, M.Y., Seaton, J.M.,(2000). **Haptics-Augmented High School Physics Tutorials**. Final Ödevi. Ohio Univ. Makine Müh. Bölümü
- [51] Williams, R.L., He, X., Franklin, T., Wang, S.(2004). **Haptics-Augmented Undergraduate Engineering Education**. *International Conference on Engineering Education* October 16–21, 2004
- [52] Subasi, E., Basdogan, C.(2008). **A New Haptic Interaction and Visualization Approach for Rigid Molecular Docking in Virtual Environments**. Presence: Volume 17, Number 1
- [53] Davies, R.A., Nigel, W.J., MacDonald, J.N., Hughes, K.H.(2005). **Visualization of Molecular Quantum Dynamics – A Molecular Visualization Tool with Integrated Web3D and Haptics**. Association for Computing Machinery, Inc.
- [54] Trindade, J.F., Fiolhais, C., Gil, V., Teixeira, J.C.(1999). **Virtual Environment of Water Molecules for Learning and Teaching Science**. *Charting the Future for Computer Graphics Education*. July 3-5, 1999, Coimbra, Portugal
- [55] Yu, W., Rainloll, R., Brewster, S. **Haptic Graphs for Blind Computer Users**. Online erişim. <http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/HHCI-ray.pdf> 17.02.2014

- [56] Haag, M.P., Reiher, M.(2013).**Real-Time Quantum Chemistry**. International Journal of Quantum Chemistry 2013, 113, 8–20
- [57] Plimmer, B., Reid, P., Blagojevic,R.(2011).**Signing on the Tactile Line: A Multimodal System for Teaching Handwriting to Blind Children**. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 18, No. 3, Article 17.
- [58] Moustakas, K., Nikolakis,G., Tzovaras,D., Strintzis, M.G.(2005).**A Geometry Education Haptic VR Application Based on a New VirtualHand Representation**. Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2005 (VR'05)- Bonn, Germany
- [59] Stockey,C., Oxlade,C., Wertheim, J.(2007). **Illustrated Dictionary of Science**. Usborn publishing.
- [60] Dekock, R.L. (1987). **The Chemical Bond**. Journal of Chemical Education. v64 n11 p934-41 Nov 1987
- [61] <http://www.ck12.org/user:brakkemh@gmail.com/book/CHEM-10---Fall-2012/r4/section/10.2/>  
21.02.2014
- [62] [http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/crystal\\_chemistry.htm](http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/crystal_chemistry.htm)21.02.2014
- [63] <http://ria-majumdar.hubpages.com/hub/Primary-and-Secondary-Bonds> 21.02.2014
- [64] Tunalı, N.K., Özkar, S. (2011). **Anorganik Kimya**. Gazi kitapevi.11. baskı. Ankara.
- [65] Miessler,G.L., Tarr,D.A. (2009). **İnorganik Kimya**.Palme yayıncılık.Ankara. 3. Baskıdan çeviri. Çeviri editörleri (Nurcan Karacan, Perihan Gürkan).
- [66] Chang, R. (2011). **Genel Kimya**. **Palme Yayıncılık**. Ankara. Çeviri editörleri (Tahsin uyar, Serpil Aksoy, Recai İnam)
- [67] Hinchliffe, A. (2008). **Molecular Modelling for Beginners**. Wiley publication. 2. baskı.
- [68] <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/chemical/bond2.html> 21.02.2014
- [69] OpenHaptics Toolkit version 3.1 Programmer's guide.
- [70] Kök, B. (2012). **Üstün zekâli ve yetenekli öğrencilerde farklılaştırılmış geometri öğretiminin yaratıcılığa, uzamsal yeteneğe ve başarıya etkisi**. İstanbul Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi
- [71] Köksal, A. (2007). **Üstün zekâli çocuklarda duygusal zekâyı geliştirmeye dönük program geliştirme çalışması**. İstanbul Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi
- [72] Şenol, C. (2011). **Üstün yetenekliler eğitim programlarına ilişkin öğretmen görüşleri (bilsem örneği)**. Fırat Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi
- [73] Renzulli, J. S. (1986). **The Tree Ring Conception of Giftedness: A Developmental Model for Creative Productivity**. Cambridge: University of Cambridge Press.
- [74] Messick, S. (1984). **The nature of cognitive styles: Problems and promises in educational practice**. Educational Psychologist, 19, 59-74
- [75] Jonassen, D. H.,& Grabowski, B. L. (1993). **Handbook of Individual Differences, Learning, and Instruction**. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum (p. 234).
- [76] Witkin, H.A., Goodenough, D.R., Moore, C.A. & Cox, P.W. (1977). **Field dependent and field independent cognitive styles and their educational implications**. Review of Educational Research, 47, 1-64. DOI: 10.2307/1169967

- [77] Tomlinson, C. A. (2004). **Deciding to Differentiate Instruction in Middle School: One School's Journey**. C. A. Tomlinson (der.), Differentiation for Gifted and Talented Students (209- 229). California: Corwin Press
- [78] Sternberg, R. J., Grigorenko, E. L. (2000). **Teaching for Successful Intelligence**. USA: Skylight Training and Publishing Inc.
- [79] Bosch, N. (2005). **Equal Educational Opportunity, Teaching & Teacher Education: An International Journal of Research and Studies**. Journal for the Education of the Gifted, 28(3/4), 374-88.
- [80] El-Banna, H. (1987). **The development of a predictive theory of science education based upon information processing theory**. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Glasgow, Scotland.
- [81] Bahar, M. (2003). **The Effect of Instructional Methods on the Performance of The Students Having Different Cognitive Styles**. H.U. Journal of Education. 24 : 26-32
- [82] Çoruh, L.(2011). **Sanat Tarihi Dersinde bir Öğrenme Modeli Olarak Sanal Gerçeklik Uygulamasının Etkililiğinin Değerlendirilmesi (Erciyes Üniversitesi Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakülteleri Örneği Uygulaması)**. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi.
- [83] Daniels, H. L. (1996). **Interaction of cognitive style and learner control of presentation mode in a hypermedia environment**, erişim: 25.02.2014 <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-3132141279612241>

## **Tez Döneminde Yapılan Bilimsel Yayınlar**

**Üstünel,H.,Meral, M., Uçar, E., umut,İ.**(2012). The factors effecting students' PC game types preferences. Procedia - Social and Behavioral Sciences 47 ( 2012 ) 943 – 949

Civelek, T., Uçar,E., **Üstünel,H.**, Umut,İ. (2013). The effects of computer assisted physics experiment simulations on students' learning . Cypriot Journal of Educational Sciences. Volume 08, Issue 4, (2013) 457-471

## EKLER

### Ek 1 İzin Belgesi



T.C.  
İSTANBUL VALİLİĞİ  
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 59090411/44/1777085  
Konu: Araştırma İzni

05/05/2014

Sayın: Hakan ÜSTÜNEL  
İstanbul Bilim Sanat Merkezi  
Atatürk Mah. Meriç Cad. No: 6-2  
Ataşehir/İSTANBUL

İlgi: a) 28.04.2014 tarihli dilekçeniz.  
b) Valilik Makamının 05.05.2014 tarih ve 1767986 sayılı oluru.

İlgi (a) dilekçeniz ile *"Üstün Zekalı Öğrencilerin Eğitiminde Kullanılmak Amacıyla Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haptik Uygulamaların Geliştirilmesi"* konulu tezinize dair araştırma çalışmanız hakkındaki ilgi (a) dilekçeniz ilgi (b) valilik onayı ile uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve ilgi (b) Valilik Onayı doğrultusunda gerekli duyurunun araştırmacı tarafından yapılmasını, işlem bittikten sonra 2 (iki) hafta içinde sonuçtan Müdürlüğümüz Strateji Geliştirme Bölümüne rapor halinde bilgi verilmesini rica ederim.

M. Nurettin ARAS  
Şube Müdürü

EK:1- Valilik Onayı  
2- Ölçekler

Elektronik İmza Aslı Sistemimizde Mevcuttur	
Adı Soyadı:	<b>Mualla ÇELEBİ</b>
Ünvanı:	<b>Bölüm Şefi</b>
Tarih:	<b>07/05/2014</b>
İmza:	<b>[İmza]</b>

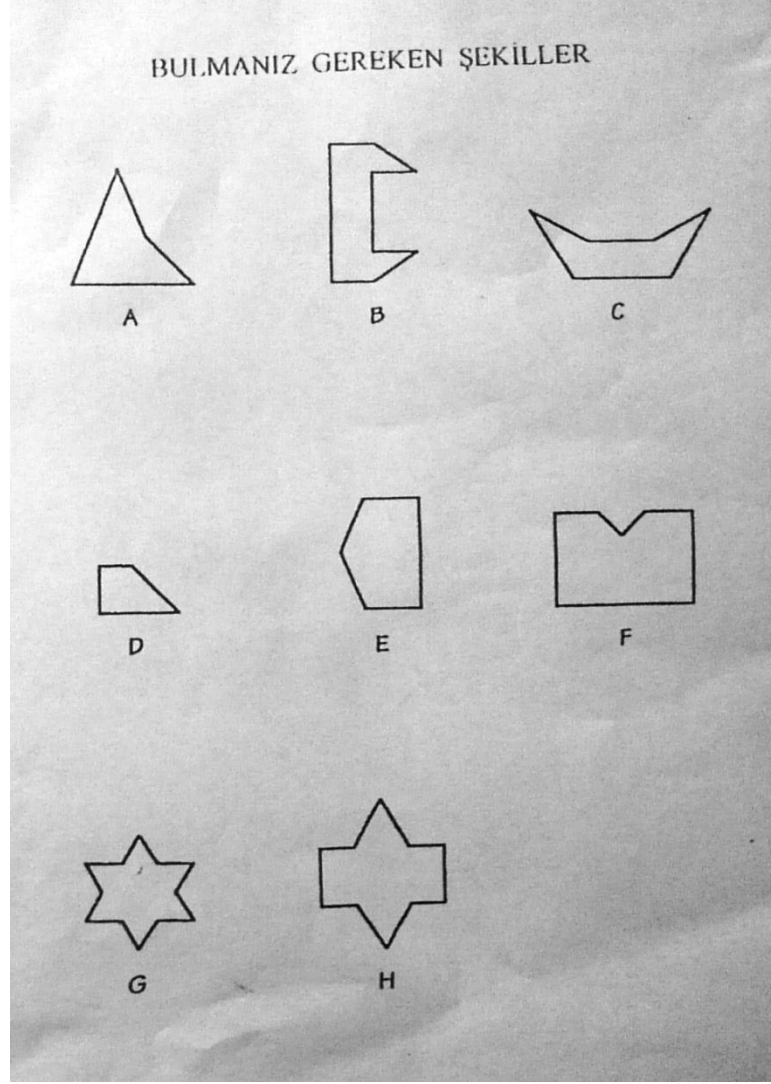
Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5 inci maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.  
Evrak teyidi <http://evraksorgu.meb.gov.tr> adresinden 2caf-ab69-3559-aae1-6ccd kodu ile yapılabilir.

İ Milli Eğitim Müdürlüğü D/Blok Bab-1 Ali Cad. No:13 Çağaloğlu  
E-Posta: [sgb34@meb.gov.tr](mailto:sgb34@meb.gov.tr)

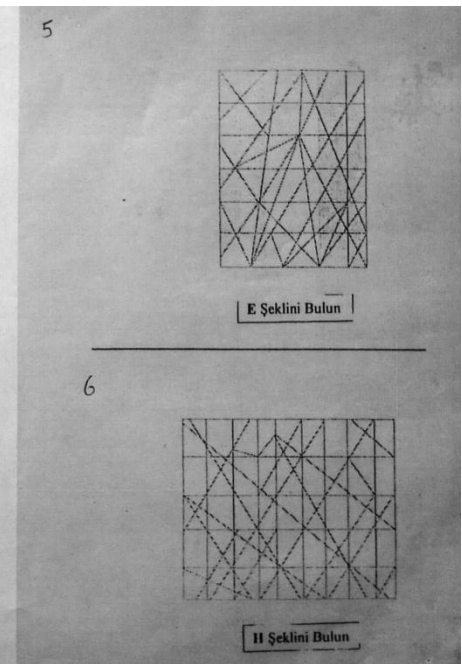
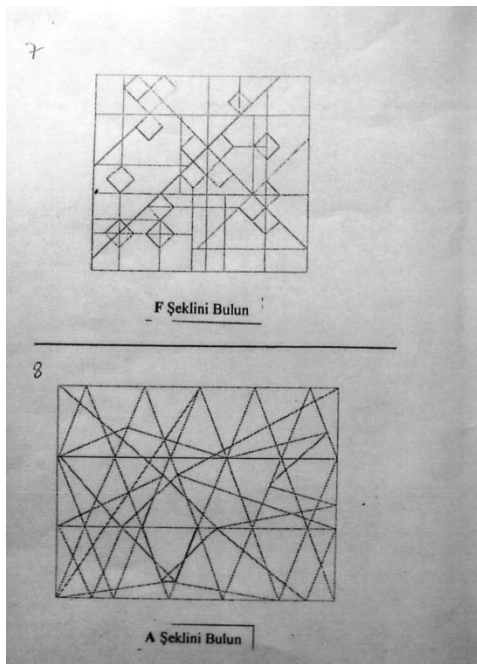
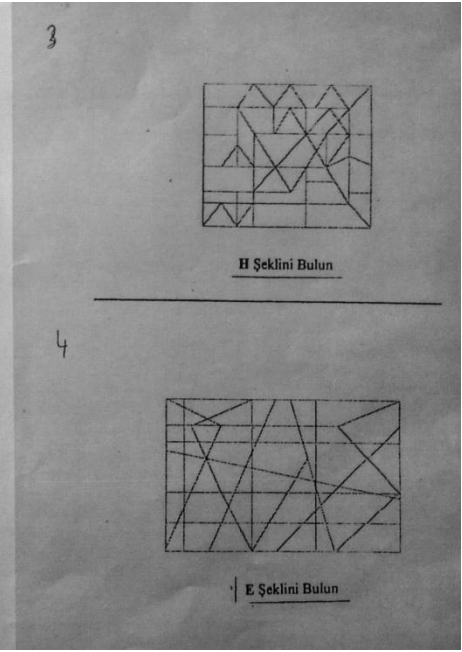
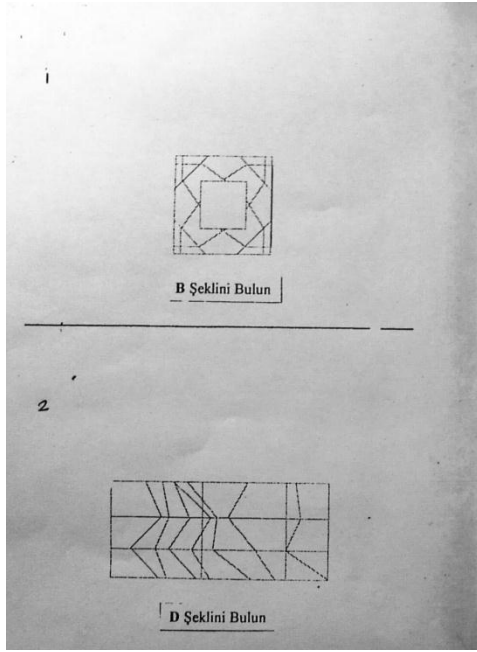
A. BALTA VHKİ  
Tel: (0 212) 455 04 00-239  
Faks: (0 212)455 06 52

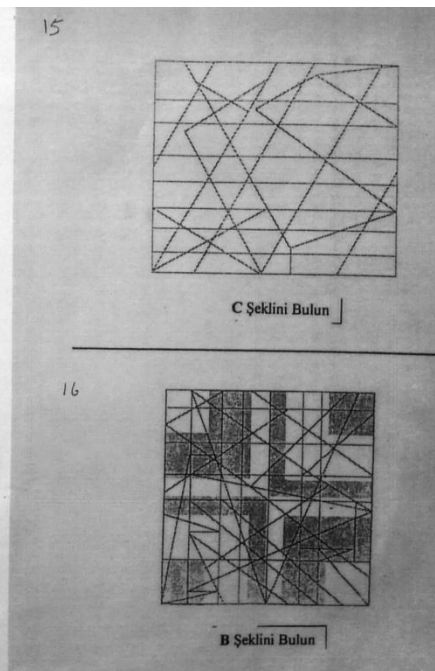
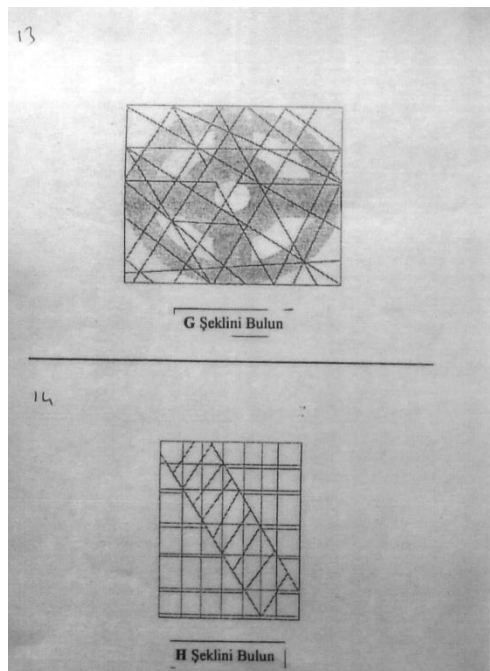
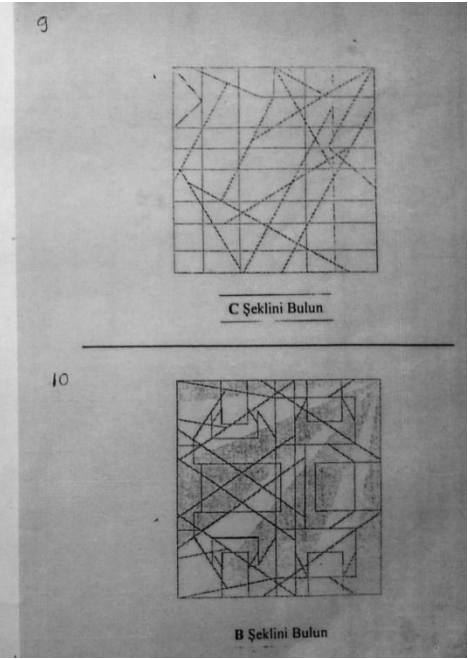
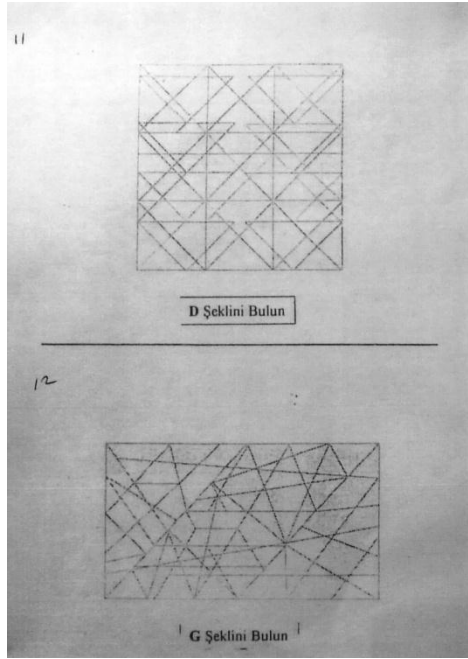
## Ek 2 Ölçek

### Saklı Figürler Testi

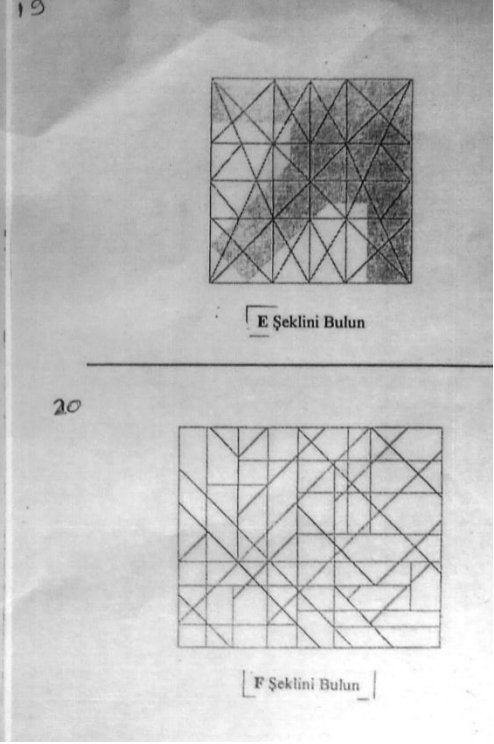
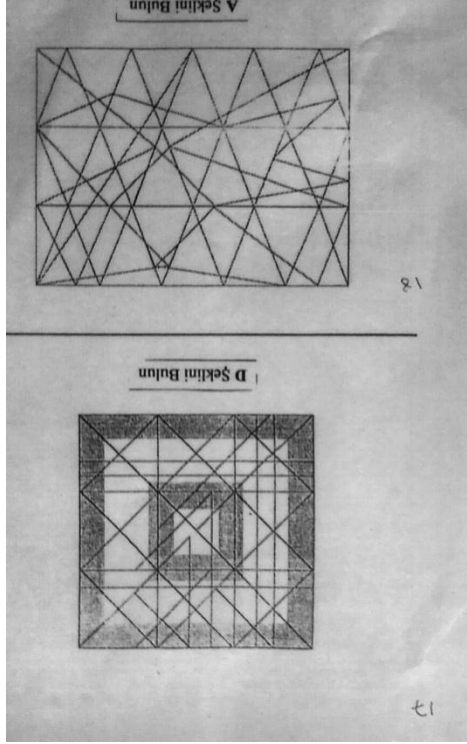


Soruların altında belirtilen şekilleri aynı boyutta ve aynı yönde olacak nitelikte işaretleyiniz. Her soruda yalnız bir tane doğru şekil bulunmaktadır.









Sanal Gerçeklik (Virtual Reality):Bilgisayarlar tarafından simüle edilen 3D ortamlara denir.

Haptik Teknolojiler:Dokunmatik, dokunma duyusu ile ilgili.

	Tamam en	Katılı m	Kararsı	Katılı yo	Tamam
<b>Faktörler</b> <b>(Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ... ; )</b>					
1. ... ile hazırlanmış uygulamaları kullanmaktan zevk alırım.					
2. ... ile eğitim uygulamalarından nitelikli sonuçlar alınabileceğinden umutluyum.					
3. ... ile eğitim için harcanan zaman bence gereksizdir.					
4. ... ile eğitim insanda farklı bir heyecan uyandırıyor.					
5. ... ile eğitim insanların eğitim yoksunluğunu ortadan kaldıracak bir yaklaşımdır.					
6. ... ile eğitim faaliyetleri içerisinde yer almak bana büyük zevk verir.					
7. ... ile eğitim uygulamalarından nitelikli sonuçlar alınabileceğinden emin değilim.					
8. ... ile ilgili çalışmalar olabildiğince yaygınlaşmalıdır.					
9. ... ile eğitim kişileri bireyselliğe ittiğinden tasvip etmiyorum.					
10. ... ile eğitim için ayrılan kaynaklar geleneksel eğitimde değerlendirilmelidir.					
11. ... bir eğitim yöntemi olarak yüz yüze (geleneksel) eğitim kadar etkilidir.					
12. ... yönteminin eğitim alanında kullanılması ile geleneksel yöntem ile asla edinemeyeceğim deneyimler yaşayacağıma inanıyorum					
13. ... imkânlarının ICT temelli ( <i>Information &amp; Communication Technologies- based</i> ; bilgisayar programlama, elektronik,mekanik, robotik) eğitiminde yeterince kullanıldığına inanıyor musunuz?					
14. Geleneksel eğitimi yeniden düzenleyip iyileştirmek varken Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim yaklaşımına yatırım yapılması beni rahatsız ediyor.					
15. Herkes sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim çalışmalarımı desteklemelidir.					
16. Benim için sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim sadece bir eğitim yaklaşımı olmaktan başka bir şey ifade etmiyor.					

### Ek 3 Tutum Ölçeği Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk Değerleri

Faktörler (Sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ; )		Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
		Statistic	Sig.	Statistic	Sig.
1. ...ile hazırlanmış uygulamaları kullanmaktan zevk alırım.	<i>Deney G.</i>	,257	,001	,796	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,517	,000	,404	,000
2. ... ile eğitim uygulamalarından nitelikli sonuçlar alınabileceğinden umutluyum.	<i>Deney G.</i>	,350	,000	,746	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,473	,000	,526	,000
3. ... için harcanan zaman bence gereksizdir.	<i>Deney G.</i>	,234	,003	,804	,001
	<i>Kontrol G.</i>	,503	,000	,452	,000
4. ...ile eğitim insanda farklı bir heyecan uyandırıyor.	<i>Deney G.</i>	,302	,000	,795	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,462	,000	,559	,000
5. ...ile insanların eğitim yoksunluğunu ortadan kalkacaktır.	<i>Deney G.</i>	,218	,008	,880	,012
	<i>Kontrol G.</i>	,216	,001	,863	,001
6. ... içerisinde yer almak bana büyük zevk verir.	<i>Deney G.</i>	,297	,000	,825	,001
	<i>Kontrol G.</i>	,503	,000	,452	,000
7. ...ile nitelikli sonuçlar alınabilmeğinden emin değilim.	<i>Deney G.</i>	,337	,000	,730	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,308	,000	,735	,000
8. ...ile ilgili çalışmalar olabildiğince yaygınlaşmalıdır.	<i>Deney G.</i>	,340	,000	,818	,001
	<i>Kontrol G.</i>	,446	,000	,594	,000
9. ...kişileri bireyselliğe ittiğinden tasvip etmiyorum.	<i>Deney G.</i>	,348	,000	,797	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,235	,000	,831	,000
10. ... için ayrılan kaynaklar geleneksel eğitimde değerlendirilmelidir.	<i>Deney G.</i>	,325	,000	,738	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,246	,000	,851	,001
11. ...bir eğitim yöntemi olarak yüz yüze (geleneksel) eğitim kadar etkilidir.	<i>Deney G.</i>	,202	,020	,859	,005
	<i>Kontrol G.</i>	,267	,000	,818	,000
12. ...eğitim alanında kullanılması ile geleneksel yöntem ile asla edinemeyeceğim deneyimler yaşayacağıma inanıyorum	<i>Deney G.</i>	,219	,007	,863	,006
	<i>Kontrol G.</i>	,294	,000	,778	,000
13. ... ICT temelli ( bilgisayar programlama, elektronik, mekanik, robotik) eğitiminde yeterince kullanılıyor.	<i>Deney G.</i>	,221	,007	,892	,021
	<i>Kontrol G.</i>	,193	,006	,867	,001
14. ...yatırım yapılması (Geleneksel eğitimi yeniden düzenleyip iyileştirmek varken) beni rahatsız ediyor.	<i>Deney G.</i>	,294	,000	,799	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,317	,000	,742	,000
15. Herkes sanal gerçeklik ortamında kuvvet geribeslemeli haptik uygulamalar ile eğitim çalışmalarını desteklemelidir.	<i>Deney G.</i>	,221	,006	,858	,005
	<i>Kontrol G.</i>	,317	,000	,742	,000
16. ... benim için sadece bir eğitim yaklaşımı olmaktan başka bir şey ifade etmiyor.	<i>Deney G.</i>	,259	,000	,790	,000
	<i>Kontrol G.</i>	,350	,000	,725	,000

## Ek 4 Özgeçmiş ve Eserler Listesi

### ÖZGEÇMİŞ

1980 Yılında Kırıkkale’de doğdu. İlköğrenimini Kırıkkale ve Ankara’da tamamladı. 1994 yılında Kırıkkale Fen Lisesinde ortaöğrenimine başladı ve 1997 yılında Beypazarı Lisesinde bitirdi. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliğinde Lisans eğitimini sürdürdü. 2008 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Teknoloji Eğitimi Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimini bitirdi. Halen İstanbul Bilim Sanat Merkezinde bilişim teknolojileri öğretmeni olarak mesleki yaşamını sürdürmektedir.

**Üstünel,H.,Meral, M., Uçar, E., umut,İ.**(2012). The factors effecting students’ PC game types preferences. Procedia - Social and Behavioral Sciences 47 ( 2012 ) 943 – 949

Civelek, T., Uçar,E., **Üstünel,H.**, Umut,İ. (2013). The effects of computer assisted physics experiment simulations on students' learning . Cypriot Journal of Educational Sciences. Volume 08, Issue 4, (2013) 457-471