

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAMAŞIR MAKİNESİ PROGRAM SEÇİM DÜĞMESİNDE
KULLANICILARIN KALİTE ALGISINI ETKİLEYEN TEMEL
FAKTÖRLERİ BELİRLEME

MUAZ SALİH KURNAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2014

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAMAŞIR MAKİNESİ PROGRAM
SEÇİM DÜĞMESİNDE KULLANICILARIN
KALİTE ALGISINI ETKİLEYEN TEMEL
FAKTÖRLERİ BELİRLEME

MUAZ SALİH KURNAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE

2014

T.R.
GEBZE INSTITUTE OF TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING AND SCIENCES

**IDENTIFYING BASIC FACTORS
AFFECTING USERS' PERCEPTION OF
QUALITY IN WASHING MACHINE
PROGRAM SELECTOR**

MUAZ SALİH KURNAZ
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MEHMET GÖKTÜRK

GEBZE
2014



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/06/2014 tarih ve 2014/37 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 17/09/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Muaz Salih KURNAZ'ın tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

ÜYE

: Doç. Dr. Erkan ZERGEROĞLU

ÜYE

: Doç. Dr. İlyas KANDEMİR

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Tüketici elektroniğinde fonksiyonalite ve dayanıklılık esasları hemen hemen tüm üründe aynı seviyeye ulaşmış ve daha önceleri göz önünde bulundurulmayan birtakım ayırtedici değişikliklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Ayrıca teknolojik tasarımın hızla ilerlemesiyle insanların kontrol edeceği değişken sayısı artmış, buna karşın insanların algısal kapasitesinde herhangi bir ilerleme olmamıştır. Dolayısıyla teknolojik olarak kapsamlı ve detaylı ürünlerde kullanılabilirlik sorunu ve kalite algısı gözlemlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada döner düğme ve çevre birimlerini kullanan tüketicilerin kalite algısının sayısallaştırılması hedeflenmektedir. Bu amaçla ön çalışmada oldukça önemli olduğu anlaşılmış olan döner düğme ve çevre birimleri ile algısal kalite ilişkisi ve kullanılabilirliği incelenmektedir.

Hazırlanmış olan deney prototipi, üzerine farklı döner düğme başlarının takılabileceği bir şaft ve bu şaftın arkasında, normal şartlarda kullanıcının alması beklenen haptik geribildirimleri yaratabilecek olan DC motor, tork sensörü, kontrol ünitesi ve deney yazılımından oluşmaktadır.

Döner Düğme özelliklerin çıkarılması için bilgisayar destekli ölçme sistemi gerçekleştirilmiş, bu özellikler kütüphane olarak saklanmıştır. Hazırlanan senaryolar, kullanıcı etkileşim laboratuvarı şartlarında belirli bir kullanıcı grubu ile test edilmiş, elde edilen veriler ve geri bildirimler analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Haptik Sistem, Döner Düğme, Haptik Kullanıcı Arayüzü, Kullanılabilirlik, Kalite Algısı.

SUMMARY

In consumer electronics, functionality and durability basis reach same level almost all product and this causes some new distinctive changes. Also, number of variants controlled by humans is increased by technological movement, although there is no improvement in the human sensory capacity. Therefore, the quality perception and utilization problems of technologically comprehensive goods are monitored.

This study focuses to numerize the consumer quality perception who uses rotary knob and peripherals. To do that, rotary knob, which is shown very important by pre-studies, peripherals and utilization is examined.

Prepared experiment prototype is constructed with a shaft installed with different rotary knob title, DC engine, which is created by users' haptic feedback, torque sensor, control unit, and experiment software.

In order to show the properties of rotary knob, computer supported measurement system is created supported and these properties are kept in a library.

Prepared scenarios are analyzed with the datas and feedbacks which are collected from a particular user group under user interaction laborator circumstances.

Key Words: Haptic System, Rotary Knob, Haptic User Interface, Usability, Perception of Quality.

TEŞEKKÜR

Bu tezin bütün süreçlerinde bana her zaman yol gösterici olan ve değerli zamanını benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK hocama, çalışmalarına katkı sağlayan Sayın Doç. Dr. Erkan ZERGEROĞLU hocama ve iş arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitimim süresince bana maddi manevi her türlü desteği sağlayan aileme ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	5
2. HAPTİK TEKNOLOJİSİ	6
2.1. Haptik Uygulama Alanları	6
2.2. Haptik Uygulama Şekilleri	8
2.3. Haptik Genel Konfigürasyon	9
3. DÖNER DÜĞME HAPTİK PROTOTİP SİSTEMİ	11
3.1. Haptik Sistem Gereksinimleri	11
3.2. Haptik Sistem Bileşenleri	11
3.3. Haptik Sistem Kurulumu	13
4. YAZILIM ve VERİTABANI TASARIMI	14
4.1. Yazılım Mimarisi	14
4.2. Veritabanı Tasarımı	15
4.3. Yazılım Tasarımı	16
5. HAPTİK SİSTEM BİLGİSAYAR UYGULAMASI	18
5.1. Matematiksel Formül Çıkarımı	18
5.1.1. Sanal Düğme Benzetimi	19
5.1.2. Haptik Düğme Benzetimi	20
5.2. Kullanıcı Arayüz Çalışması	21
5.2.1. Deney Öncesi Arayüz Çalışması	22
5.2.1.1. Kullanıcı İşlemleri Ekranı	22
5.2.1.2. Düğme İşlemleri Ekranı	22

5.2.1.3. Düğme Profili Oluşturma ve Görüntüleme Ekranı	23
5.2.1.4. Deney Oluşturma ve Seçme Ekranı	24
5.2.2. Deney Sırası Arayüz Çalışması	25
5.2.2.1. Başlangıç Ayarları	25
5.2.2.2. Kullanıcı Anlık Sistem Göstergeleri	26
5.2.2.3. Operatör Anlık Sistem Göstergeleri	27
5.2.3. Deney Sonrası Arayüz Çalışması	28
5.2.3.1. Deney Sonuçları Görüntüleme Ekranı	28
6. DENEYLER	30
6.1. Haptik Parametre Bilgisayarlı Ölçüm Deneyi	30
6.2. Kullanıcı Kalite Algısı Ölçüm Deneyi	31
6.2.1. Sanal Düğme Modelleme Deneyi	32
6.2.2. Haptik Düğme Modelleme Deneyi	33
7. SONUÇLAR ve YORUMLAR	34
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	43

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
°	: Derece
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
GYTE	: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
PID	: Proportional Integral Derivative
PSD	: Program Seçim Düğmesi
std	: Standard Deviation
sn	: Saniye
uml	: Unified Modeling Language

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Yıllar içersinde değişen beyaz eşya artan kontrol parametreleri.	1
1.2: Klasik çamaşır makinesi etkileşim noktaları	2
1.3: Kalite algısı değişkenleri.	2
1.4: Sonsuz döner düğmeli çamaşır makinesi kontrol paneli.	3
1.5: Örnek döner düğme yakından görünüşü.	3
1.6: Psd iç yapısı.	4
2.1: a) Haptik dokunmatik ekranlarda uygulama örneği-1, b) Haptik dokunmatik ekranlarda uygulama örneği-2.	7
2.2: a) Arabalarda haptik düğme uygulaması -1, b) Arabalarda haptik düğme uygulaması-2, c) Arabalarda haptik düğme uygulaması-3.	8
2.3: Haptik insan etkileşimi algı alanları.	9
2.4: Haptik genel konfigürasyonu.	10
3.1: Örnek use case diyagramı.	11
3.2: Haptik sistem kurulumu-1.	12
3.3: Haptik sistem kurulumu-2.	13
4.1: Yazılım mimarisi.	14
4.2: Veritabanı tasarımı.	15
4.3: Yazılım tasarımı.	17
5.1: Üçgen dalga çentik profili.	20
5.2: Kare dalga çentik profili.	20
5.3: Çentikli döner düğme modelleme verisi.	21
5.4: Kullanıcı işlemleri arayüzü.	22
5.5: Düğme işlemleri arayüzü.	23
5.6: Düğme profili oluşturma ve görüntüleme arayüzü.	24
5.7: Deney oluşturma ve seçme arayüzü.	25
5.8: Deney başlangıç ayarları arayüzü.	26
5.9: Kullanıcı anlık sistem göstergeleri arayüzü.	27
5.10: Operatör anlık sistem göstergeleri arayüzü.	28
5.11: Deney sonuçları görüntüleme arayüzü.	29
6.1: Mevcut döner düğmelerin parametre ölçüm sistemi.	30

6.2:	Kullanıcı kalite algısı ölçümü deney sistemi.	31
6.3:	Kare dalga kullanıcı deneyi tork profili.	32
6.4:	Üçgen dalga kullanıcı deneyi tork profili.	32
6.5:	Haptik düğme kullanıcı deneyi tork profili.	33
7.1:	Bay kalite değerlendirme sonucu.	34
7.2:	Bay kullanılabilirlik değerlendirme sonucu.	35
7.3:	Bay bitirme zamanı.	35
7.4:	Bayan kalite değerlendirme sonucu.	36
7.5:	Bayan kullanılabilirlik değerlendirme sonucu.	37
7.6:	Bayan bitirme zamanı.	37

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
7.1: Deney katsayıları.	38
7.2: Ortalama deney süreleri.	38
7.3: Kullanıcıların ortalama kalite puanları.	39
7.4: Kullanıcıların ortalama kullanılabilirlik puanları.	39

1. GİRİŞ

Tüketici elektroniği ve beyaz eşya alanında 2000’li yıllardan sonra pazardaki tüm ürünlerin fonksiyonel olarak benzer teknik kabiliyetlere sahip olduğu gözlenmektedir. Markalar için dayanıklılık ve fonksiyonellik eskiden önemli kriterler olsada, tüm markalar aynı standartları sağlamaya başladığı için önemini kaybetmeye başlamış, önceden düşünülmeyen birtakım parametreler ön plana çıkmaya başlamıştır [Ali S. et al., 2006], [Zorriassatine F.,2003].

Teknolojik tasarımdaki hızlı ilerleme ile insanların kontrol ettiği değişken sayısı artmıştır. Buna karşın insanların algısal kapasitesinde herhangi bir ilerleme olmamıştır. Dolayısıyla kapsamlı ve detaylı ürünlerde gözlenen kullanılabilirlik sorunları ve kalite algısı ortaya çıkmıştır. Şekil 1.1’de uzun yıllar aralıklarında çamaşır makinelerinde yaşanan değişim görülmektedir. Zamanla kontrol değişkenlerinin olağanüstü artmış olduğu görülmektedir [Badescu M. et al., 2002].



Şekil 1.1: Yıllar içerisinde değişen beyaz eşya artan kontrol parametreleri.

Bu açıdan, tüketicinin ürün tercihinin genellikle aşağıdaki parametrelere bağlı değiştiği gözlenmektedir [Gurari N. and Akamura A.M., 2007], [Kim L., 2008].

- Marka
- Dış görünüş
- Diğer kullanıcıların dedikodusu ve tavsiyesi
- Kullanıcı performansı ve tatmini

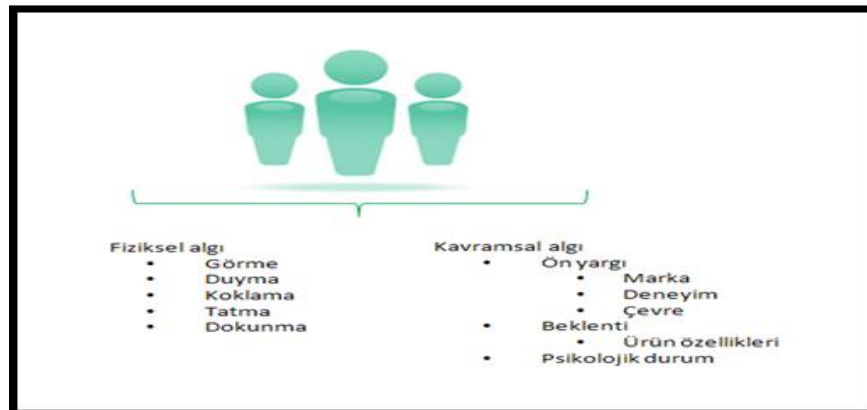
- Reklam
- Mağaza içi inceleme deneyimi, dokunma

Çamaşır makinelerinde müşterilerin ürün ile etkileşimi Şekil 1.2’de görülen kısımlardan meydana gelmektedir.



Şekil 1.2: Klasik çamaşır makinesi etkileşim noktaları.

Müşterinin ürün üzerinde oluşan kalite algısını etkileyen değişkenler Şekil 1.3’deki gibi sınıflandırılabilir [MacLean K. E., 1999], [MacLean K. E. et al., 2000].



Şekil 1.3: Kalite algısı değişkenleri.

Çamaşır makinelerinde eskiden bu yana kullanılagelen, mekanik zamanlayıcı esaslı döner kontrol düğmeleri, kullanıcıların aşına olmaları, yazılım ile kontrol edildiklerinde esnek olmaları, ergonomik olarak tüketiciler tarafından genellikle kolay kullanılabilirlikleri için halihazırda tercih edilen bir etkileşim biçimidir [Bjelland H. V. et al., 2002], [Rob S. et al.,2001], [Shneiderman B., 2008].

Döner kontrol düğmelerinin son yıllarda kullanılan modeli, sonsuz tur atabilen, şaft kodlayıcısı ile sayısal bilgi aktaran ve sayısal kontrol sistemlerine girdi verebilen modelidir. Bu tür döner kontrol düğmeleri, otomotivde, profesyonel kontrol sistemlerinde, video ve ses cihazlarında uzun süreden beri avantajları nedeniyle kullanılmaktadır. Örnek bir döner kontrol düğme Şekil 1.4’de gösterilmiştir.



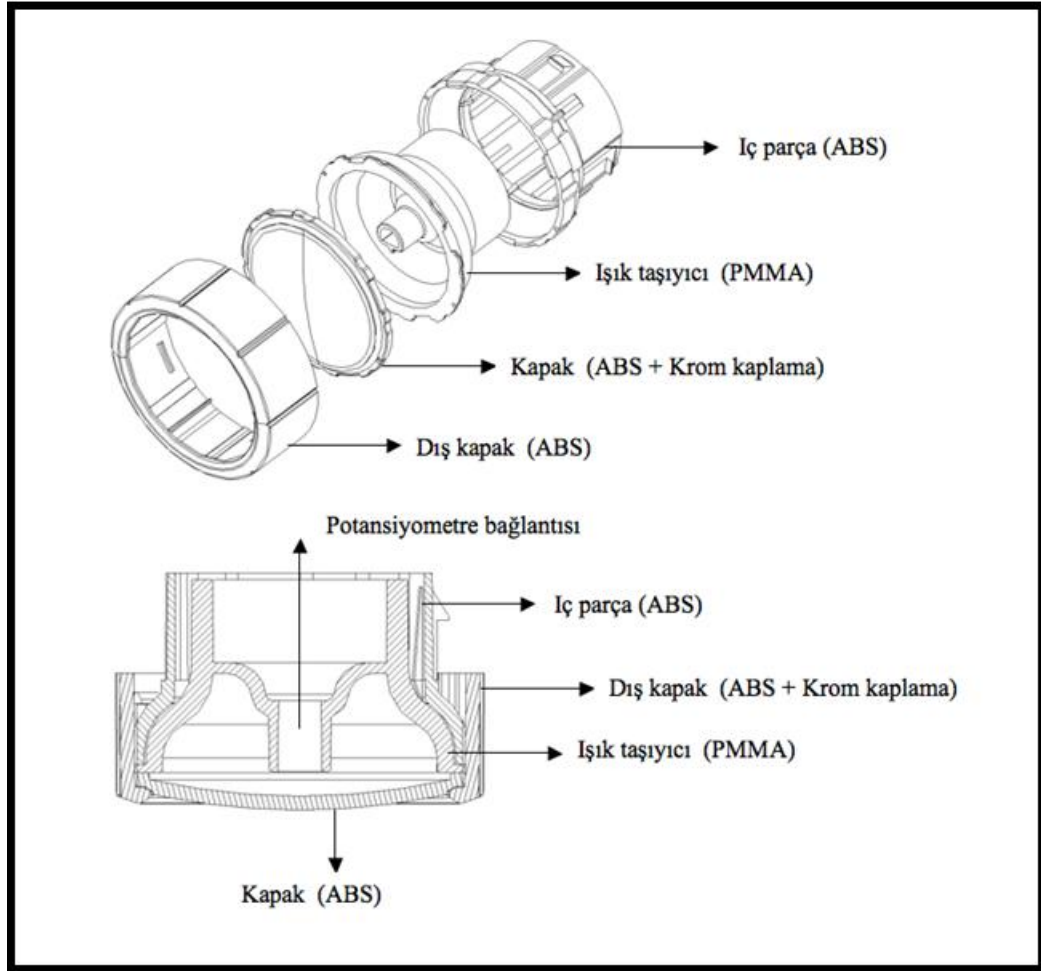
Şekil 1.4: Sonsuz döner düğmeli çamaşır makinesi kontrol paneli.

Program seçim düğmeleri çamaşır makinesinde yıkama programı için kullanıldıkları gibi, sonsuz döngü içermeleri nedeniyle, ekranlı sistemlerde, menülerle farklı modlar ile de kullanılabilir. Örnek sistemde program seçme amacıyla kullanılan düğme Şekil 1.5’de görülmektedir.



Şekil 1.5: Örnek döner düğme yakından görünüşü.

Bu düğmeler, çamaşır makinesi ekibi içerisinde PSD (program seçme düğmesi) olarak adlandırılmaktadır. PSD'ler teknik olarak çok çeşitli şekilde imal edilebilmekte ve farklı maliyetlerle farklı kalite seviyelerine ulaşılabilir. Şekil 1.6'da Arçelik tarafından geliştirilmiş olan bir PSD'nin iç bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 1.6: PSD iç yapısı.

PSD'ler birden fazla plastik parçanın birleştirilmesi ile imal edilirler. Mevcut yöntemde PSD; elektronik karta, bir potansiyometre ile bağlıdır. Program seçimi bu potansiyometrenin döndürülmesiyle yapılır. PSD ler müşterinin çamaşır makinesiyle ana etkileşim noktalarındandır. Kullanılabilirliği, sağlamlığı ve ergonomisi ile yaşamı boyunca müşterinin kalite algısını etkiler. Bu projenin ortaya çıkmasındaki en önemli faktörlerden biri de daha önceki bölümlerde anlatıldığı üzere müşterinin alışveriş kararını, satış sonrası tatminini belirleyen ilgili faktörlerin daha sonra kullanılabilir biçimde ortaya konmasıdır [Norman D., 2005].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada çamaşır makinesi müşterilerinin kalite algısını etkileyen temel faktörler belirlenecek ve taksonomik olarak ele alınacaktır. Ön araştırma sonuçlarından elde edilmiş olan bilgiler ışığında, halihazırda en önemli görülen kalite etmenlerinden biri olan program seçim döner düğmesi ele alınacak ve nicel araştırma gerçekleştirilecektir. Çamaşır makinesinin müşteri ile ana etkileşim noktalarından olan döner program seçim düğmesinde, müşterinin kalite algısı haptik parametrelere dönüştürülecek, kuvvet, şekil değiştirme, yineleme hızı ve mekanik gerilme yönünden tanımlı hale getirilecektir.

Proje kapsamında mevcut döner düğme tasarımlarının pozisyon ve tork özellikleri ölçülerek bu değerlere uygun haptik simülasyonu gerçeklenmektedir. Bu sayede mevcut tasarımlar, rakip tasarımlar ve aday tasarımlar arasında kullanıcı kalite algısı deneyleri kolaylıkla yapılabilecek, elde edilen ölçümlerden mekanik tasarım parametreleri elde edilecektir. Bu parametrelerle prototipler üretilip kullanıcı üzerinde deneysel çalışma yapılacaktır.

Elde edilmesi planlanan düğme profilleri ile, çamaşır makinesinin ve diğer tüketici cihazlarının haptik müşteri etkileşimli diğer noktalarına uyarlanması ile yeni projeler geliştirilmesini sağlayacaktır. Geliştirilmesi planlanan döner düğmelerin daha verimli bir kullanıcı deneyimi ve kalite algısı yaratacağı beklenmektedir.

2. HAPTİK TEKNOLOJİSİ

Yazılışı: Haptic Okunuşu: hap-tik Sözlük Anlamı: Uluslararası Bilim Sözlüğüne göre, Yunanca: haptesthai kelimesinden gelen Dokunma veya Dokunsal anlamındadır. Haptik insan ve sanal ortam arasında varolan herşeydir. Haptik arayüzleri sanal dünya ile operatör arasında enerji değişim olanakları sağlayan bir sistem gibi düşünülebilir [Web 1, 2013].

1950 ile 1980 yılları arasında Robot alanında kuvvet geri dönüşlerini anlamak amacıyla kullanılmıştır. 1990 ile 1995 yılları arasında PHANTOM ürünleri haptik teknolojisinin “Joystik Geliştirme Alanı” ’nda kullanılmıştır. 20. Yüzyılın başlarında ise “Haptik” kelimesi (Dokunma + Kinestatik) şeklinde kullanılmıştır.

2.1. Haptik Uygulama Alanları

İnsanlar yaşamın her alanında elektronik cihazlarla etkileşim içindedir. Dokunma duyusu günlük yaşantımızda diğer duylara göre dokunma duyusuna daha çok güvenmektedir. Genel olarak kumanda elemanları olarak klavye, mouse, joystik ile çalışırken veya döner düğme, butonlar aletler hatta oyuncaklarda bir iş yapma işlemi olduğu için daha güven vermektedir. İnsanın uygulamış olduğu bir kuvvete karşılık geleneksel olarak, insan bilgisayar etkileşiminde geri beslemeler; kelimeler, resimleri verilerin bir ekran üzerinde görüntülenmesinden ibaretti. Giriş araçları (klavye veya fare) insan hareketlerini ekran diline çevirmede kullanılırdı fakat kullanıcının klavye veya fareye uyguladığı kuvvete karşılık bir geri besleme sağlamazdı.

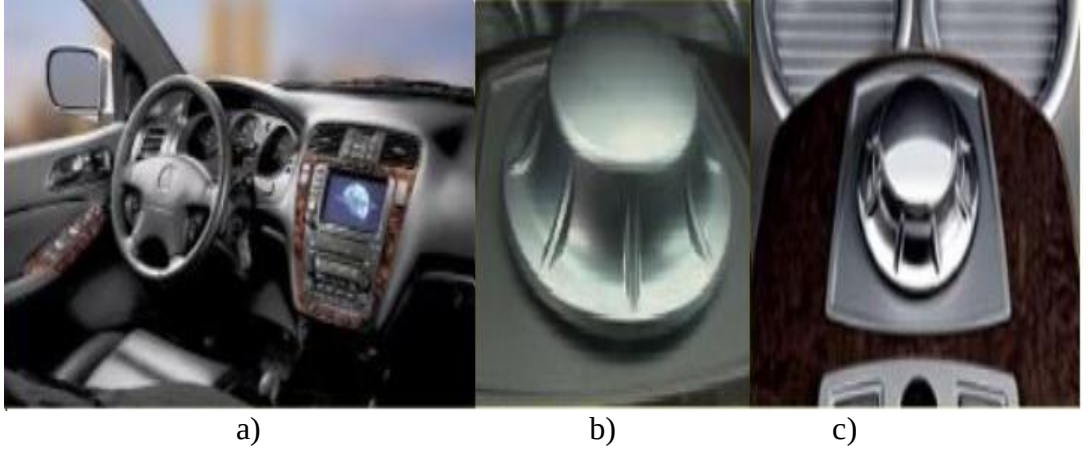
Ancak bu tür cihazlarda, insan makine etkileşimi sonucu elde edilen geri beslemeler bir ekran üzerine kelimelerin, resimlerin veya verilerin ekranda gösterilmesinden ibaretti. Örneğin ekranda görülen kumanda elemanlarını günlük yaşamda kullandığımızda bir düğmeyi çevirme veya düğmeye basma yani bir kuvvet uygulamaya karşılık geri besleme yalnızca ekranda görülen görüntü olmaktaydı. Haptik teknoloji kinematik ve deri yolu ile sağladığı geri besleme ile değişimi sağlamıştır. Aşağıdaki şekilde evler, iş yerleri kısaca hayatımızın hemen hemen her anında kullandığımız cihazlar gösterilmiştir. [Kimura and Yamane, 2006].

Resim veya heykel sanat gibi alanlarda dokunmatik ekran aracılığı ile hareket, tekrar ölçülendirme veya döndürme hareketini kolaylıkla yapma imkanı sağlar. Haptic dokunmatik bir ekran üzerindeki tuşlara parmağınız ile dokunduğunuzda size orada gerçekten tuş varmış hissi vererek geri titreşim gönderiyor. Yani bir dokunmatik ekran üzerinden parmağınız ile tuşlara bastığınızda oradaki tuşu parmağınıza gelen titreşimler sayesinde varmış gibi hissetmeniz Haptic Teknolojisi ile olmaktadır [Web 2, 2013].



Şekil 2.1: a) Haptik dokunmatik ekranlarda uygulama örneği-1, b) Haptik dokunmatik ekranlarda uygulama örneği-2.

Şekil 2.2’de haptik kontrollü döner düğmeler arabalarda menü seçimleri, enstrüman kontrolünde kullanılmaktadır. Çalışmanın testleri 2 eğitimsiz, 2 eğitimli kullanıcı ile araba sürerken yapılmıştır. CD, Radyo ve Navigasyondan oluşan görevler kullanıcılar tarafından yapılmıştır. 6 değerlendirici tarafından sistemlerde olası sorunları bulmak için, sezgisel değerlendirme ile, kullanılabilirlik denetimini gerçekleştirilmiştir. Kullanılabilirlik sonuçlarında eğitimsiz kullanıcıların dokunmatik ekranda daha iyi oldukları çıkmıştır. Eğitimli kullanıcılarda ise diğer sistemler daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca döner düğmede menü seçiminin küçük aralık değerlerini hissettirebildiği için daha kolay olduğu görülmüştür [Thatcher et al., 2005].



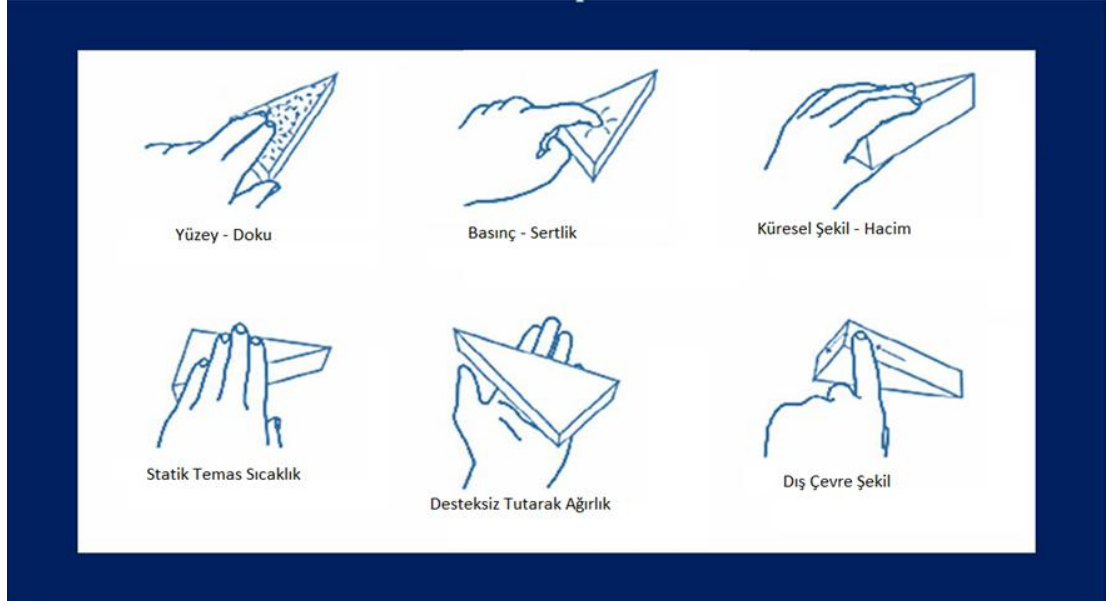
Şekil 2.2: a) Arabalarda haptik düğme uygulaması -1, b) Arabalarda haptik düğme uygulaması -2, c) Arabalarda haptik düğme uygulaması -3.

2.2. Haptik Uygulama Şekilleri

Kinestetik veya deri yolu ile dokunsal olarak hissedilir. Haptik hem kinestetik hem dokunsal olarak geri besleme sağlamaktadır. Taşınabilir veya hareketsiz, kinestetik veya dokunsal olarak farklı şekillerde uygulanır. Haptik Uygulama Şekilleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Deri aracılığı ile / Dokunarak:
- Sıcaklık, basınç, titreşim, sürtünme, acı
- Derideki duyu algısını artırır
- Kinestatik / Algılama:
- Pozisyon, hareket, kuvvet
- Kas, tendomlar ve eklem hareketleri

Haptik Geri Besleme = Dokunma + Kinestetik Haberleşme. Şekil 2.3'te "Haptik İnsan Etkileşimi Algı Alanları" gösterilmiştir. Haptik Teknoloji sanal ortamda dokunma duyusu aracılığı ile uygulanan kuvvet, titreşim ve/veya hareketlerin uygulanması ile dokunma duyusu ile sanal ortam arasında kullanıcıya geri besleme sağlar.

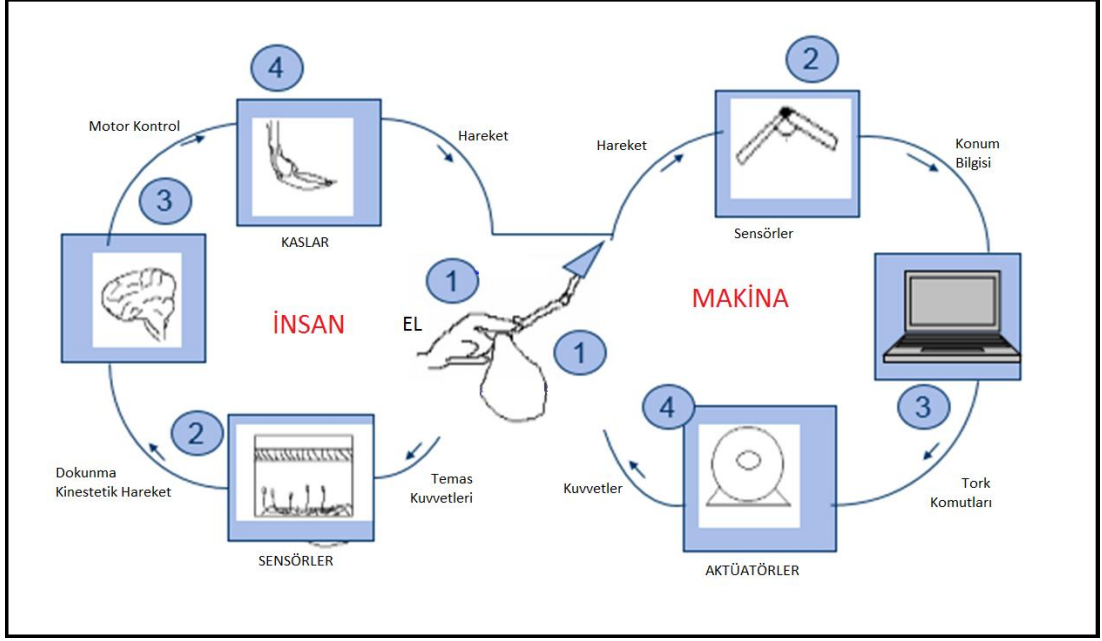


Şekil 2.3: Haptik insan etkileşimi algı alanları.

Haptik kullanılarak ölçülebilen bazı duyular; örneğin bir cismin üzerine parmaklarla kuvvet uygulandığında yüzeydeki pürüzlülüklerin algılanması, cisim sertliği, hacmi, sıcaklığı, desteksiz tutma ile ağırlığını veya şekli anlaşılabılır. [Klatzky, 1990].

2.3. Haptik Genel Konfigürasyon

Şekil 2.4'te haptik uygulamalardaki genel konfigürasyonu gösterilmiştir. Haptik ile insan arasındaki etkileşime örnek olarak gösterilebilir. Bu şekil aynı zamanda insanın gerçek dünya algısı ile kullanılan arayüz veya makine arasındaki bilgi akışı hakkında bilgi vermektedir. İşleyiş olarak açıklanacak olursa; İlk olarak sembolik kola insan tarafından bir kuvvet uygulanır ve sensör kolun pozisyonunu algılar. Ardından Sinyal koşullandırma basamakları çalışarak analog sinyali bilgisayarın anlayacağı dile çevirir. Bilgisayar ortamında veri değerlendirilir ve ilgili çıkış kanalına voltaj gönderir ve motor çalışmaya başlar. Böylece bir insan dokunma duyusuna bir hareket uygulanabilir. İnsan derisindeki alıcılar ilk önce bunu dokunma olarak daha sonra kinestatik veya her ikisi olarak beyinde dönüştürülür.



Şekil 2.4: Haptik genel konfigürasyonu.

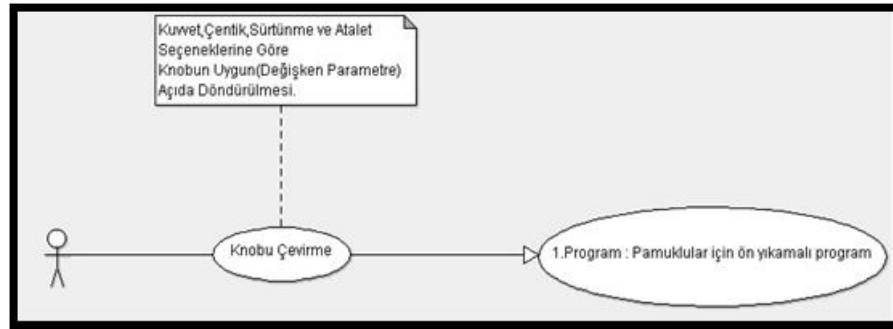
3. DÖNER DÜĞME HAPTİK PROTOTİP SİSTEMİ

3.1. Sonlu Farklar Yöntemi

Okunan makaleler ve uygulama alanında bulunan birçok çamaşır makinası program seçim düğmeleri incelendiğinde genel olarak aşağıdaki katsayıları düzenleyip farklı tiplerde düğme profilleri oluşturulabilmektedir.

- Kuvvet katsayısının ayarlanması
- Sürtünme katsayısının ayarlanması
- Atalet katsayısının ayarlanması
- Çentik sayısının ayarlanması

Şekil 3.1’de örnek bir kullanıcı görevi, kullanıcının yapacağı işlev ve bu işlevi yerine getirirken ayarlanacak sistem gereksinimi içeren bir use case diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.1: Örnek kullanıcı durum diyagramı.

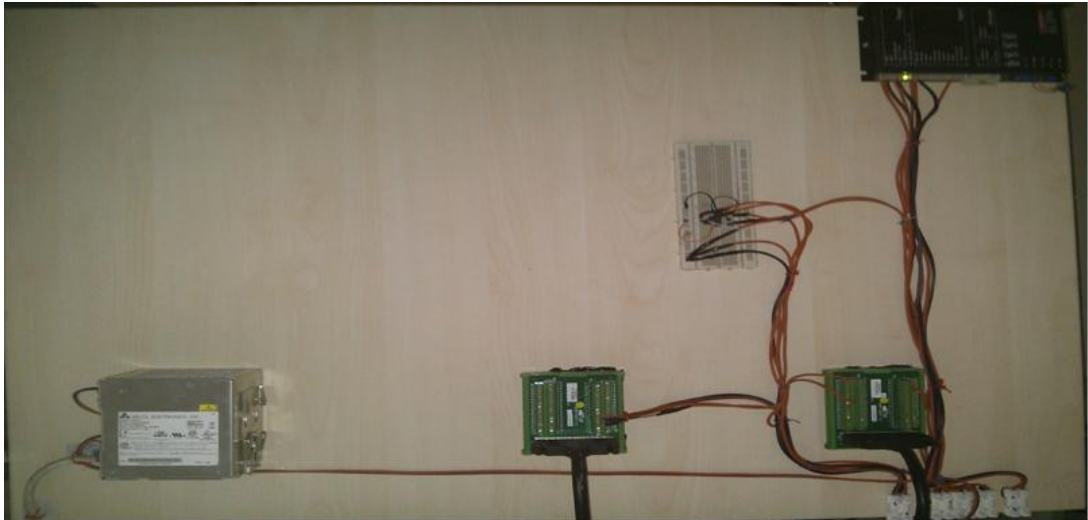
3.2. Haptik Sistem Bileşenleri

- Döner Tip Hassas Tork Sensörü ile Döner düğmenin davranışlarını fiziksel olarak okuyup sistemimize aktaracaktır. Döner düğmenin anlık olarak kuvvet ve açı değerlerini almaktadır.
- Daq (Data Acquisition) Kartı ile Analog Output , Analog Input ve Encoder Input kanallarından Tork sensörü aracılığıyla alınan kuvvet ve açı bilgilerini

okuyarak kendi geliştirdiği Daq Pilot uygulaması/arayüzüyle ve dll dosyaları ile sistemimize aktarmaktadır.

- Motor Sürücüsü ile tork sensörü aracılığıyla elde edilmiş formüle göre uygulanacak kuvveti motora aktarma işlemini yapmaktadır.
- Motor ise Motor Sürücüsünden aldığı talimatla anlık olarak uygulanacak kuvveti döner düğmeye uygulamaktadır.
- Daq Kartı Analog Terminali ile Daq Kartının Tork Sensörünün analog çıkışından alacağı tork bilgisini sağlam amacıyla kullanılmaktadır.
- Daq Kartı Digital Terminali ile Daq Kartının Tork Sensörünün encoder çıkışından alacağı pozisyon bilgisini sağlam amacıyla kullanılmaktadır.
- Yükseltici Devresi ile tork sensörü ve Daq Kartı Digital Terminali arasında oluşan voltaj düşmesini gidermeyi sağlamaktadır.
- Güç Kaynağı ise Motorrun, Motor Sürücüsünden aldığı talimatı uygulayabilmesi için gerekli voltaj değeri vermesini sağlamaktadır

Motor Sürücüsü, Daq Kartı Analog Terminali, Daq Kartı Digital Terminali, Opump Devresi ve Güç Kaynağının bulunduğu sistem kurulumu da Şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.2: Haptik sistem fiziksel kurulum-1.

3.3. Haptik Sistem Kurulumu

Döner düğme profillerini çıkartma işlemini yaparken öncelikle belirli zaman aralıklarında motor tarafından uygulanacak görevlerin tork sensörü tarafından algılanarak döner düğme profil formülüzasyonu sağlanacaktır. Tork sensöründe içinde bulunduğu fiziksel kurulum Şekil 3.3'deki gibi verilmiştir.



Şekil 3.3: Haptik sistem fizisel kurulum-2.

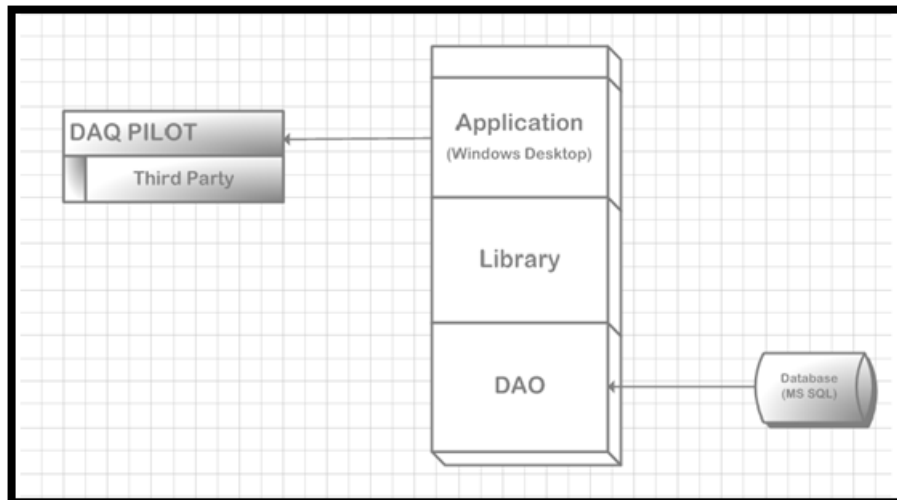
4. YAZILIM VE VERİTABANI TASARIMI

Sistemin haberleşmesini sağlamak ve anlık olarak kontrol edebilmek için bir uygulama yazılımı çıkarılmıştır. Bu uygulama yazılımının oluşturulmasının öncesinde gerek uygulamanın kullanacağı verilerin saklandığı veritabanı gerekse kullanıcının anlık olarak sistemden istediği verileri ulaşma ve yeni veri eklemesini sağlamak amacıyla yazılım tasarımları detaylıca düşünülerek tasarlanmıştır.

Yapılan uygulamanın en önemli kısmı sistemimizde var olan Daq Kartı ile gerek analog işlemler gereksede digital işlemleri sağlayacağımız haberleşmenin PCI üzerinden sağlanacağı yapının oluşturulmasıdır. Bu yüzden haberleşmenin sağlanması için Daq kartının sağladığı dll dosyaları üzerinden uygulama yazılımımızın belirlenmesi gerekmiştir.

4.1. Yazılım Mimarisi

Sistem kurulumu yapıldıktan sonra bu sistem ile insan arasındaki etkileşimi sağlayacak arayüze sahip bir uygulama yazılması gerekmektedir. Daq kartımızın bize sağladığı kütüphane dosyaları ile yazılım mimarimizin genel olarak yapısını gösteren Şekil 4.1'deki gibidir.



Şekil 4.1: Yazılım mimarisi.

Yazılım mimarisinde de gösterildiği gibi C# dilinde .Net platformunda desktop uygulaması ile uygulama yazılımımız oluşturulmuştur. Bu yazılım alt tarafta sisteme

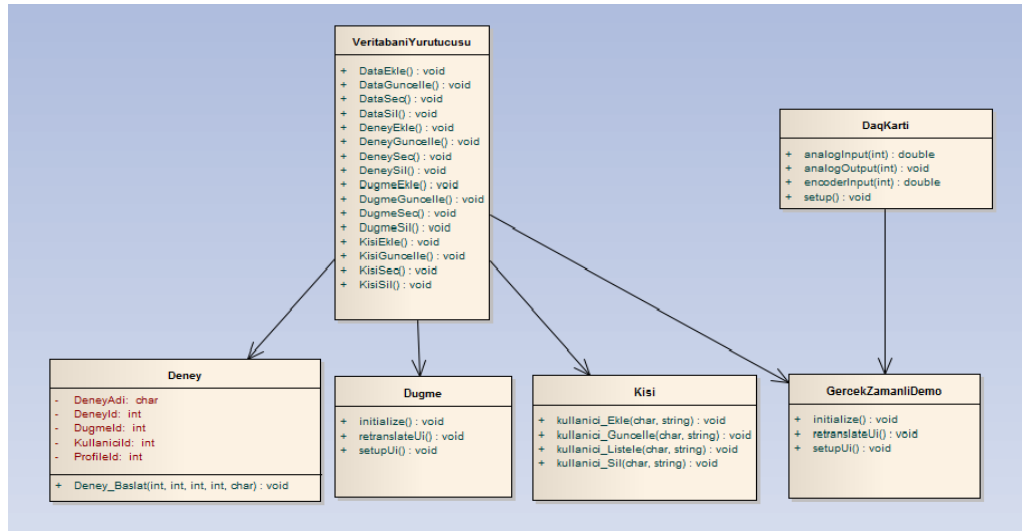
eklenmiş daq kartı .dll dosyaları ile donanımlar üzerinde gerekli haberleşmeleri sağlamaktadır.

Uygulama yazılımımız haberleşme sırasında aldığı ve gönderdiği verileri saklamak için bir veritabanına ihtiyaç duymaktadır. MS SQL Server üzerinde veri tipleri gözönüne alınarak gerekli tablolar oluşturulmuştur. Veritabanıyla iletişimi rahat bir şekilde sağlamak amacıyla DAO yapısı üzerinden haberleşme sağlanmaktadır.

Daq kartımızın bize sağladığı kütüphane harici sistemimizin ne aralıklarla veri alacağı hangi veri türünde veri toplayacağını belirleyeceğimiz dış kaynaklı bir uygulama olan DAQ PILOT yazılımını bize sağlamaktadır. Bu uygulama yazılımı yardımıyla başlangıç parametrelerini sistemden ayarlayarak işlemleri başlatılmaktadır.

4.2. Veritabanı Tasarımı

Yapılan haptik sistem için çıkarılmış gereksinimler doğrultusunda genel bir dizayn oluşturulmuştur. Bu dizayn doğrultusunda sistemin veritabanı şeması Şekil 4.2'deki gibidir.



Şekil 4.2: Veritabanı tasarımı.

Veritabanı tasarımı MS SQL platformunda gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak sistem gereksinimlerimiz gözönüne alınarak veritabanı tablolarımız

ıkarılmıştır. Herbir tablonun içerisinde sistemden toplanacak veriler veya sistemden toplanacak verilerle bağlantılı olacak verilerin ilişkileri tasarlanmıştır.

Genel anlamda veritabanı işlemleri olan ekle, sil, güncelle ve seç işlemlerinin bulunduğu veritabanı yürütücüsü oluşturulmuştur.

Sistemimizin en önemli girdilerinden olan düğme ile ilgili hangi fiziksel özellikleri içerdiği ve genel anlamda düğme özelliklerini içeren Düğme tablosu oluşturulmuştur.

Sistemde deneyleri yapacak kişinin de özellikleri deneyleri etkileyecek bir parametre olarak düşünüldüğünden kişinin önemli olarak görülen özelliklerini içeren kişi tablosu oluşturulmuştur.

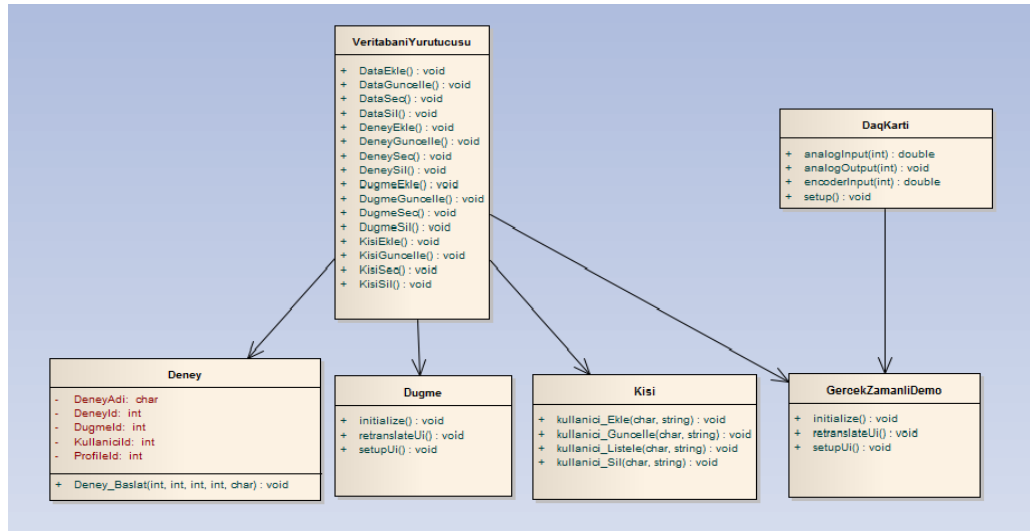
Düğme ile ilgili özellikleri sistemde tutulduktan sonra sistemimizin en önemli kısmı olan düğme profilleri çıkarılması için herbir düğme için çıkarılmış düğme parametrelerini tutan düğme profili tablosu oluşturulmuştur.

Deney işlemi başlamadan önce sistemde deneyi hangi düğme ile hangi kullanıcı ile hangi düğme profilleri uygulayarak oluşturulacağı bilgilerini içeren Deney tablosu oluşturulmuştur.

Deney işlemleri başladıktan sonra sistemde kullanıcının yaptığı işlemleri kayıt altına alabilmek ve verilen görevleri ne doğrulukta yerine getirdiğini belirlemek amacıyla ayrıca sonrasında farklı kişi veya farklı düğmeler ile durumları karşılaştırmak amacıyla Deney işlemleri tablosu oluşturulmuştur.

4.3. Yazılım Tasarımı

Yapılan haptik sistem için çıkarılmış gereksinimler doğrultusunda genel bir dizayn oluşturulmuştur. Bu dizayn doğrultusunda sınıfların ve bu sınıflar arasındaki işlemlerin genel olarak ilişki durumunu gösteren uml diyagramı şekil 4.3'deki gibidir.



Şekil 4.3: Yazılım tasarımı.

5. HAPTİK SİSTEM BİLGİSAYAR UYGULAMASI

Sistem ile ilgili fiziksel kurulum yapıldıktan sonra ve yazılım mimarisi, veritabanı tabloları ve Uml Diyagramlarını çıkartıldıktan sonra sistemin kontrol işlemini sağlayacağımız uygulama yazılımına gelmekteyiz. Bu noktada ana temalarıyla işleri bölümlendirildiğinde aşağıdaki ana başlıklar ortaya çıkmaktadır.

- Matematiksel Formül Çıkarımı
- Kullanıcı Arayüzü

5.1. Matematiksel Model Çıkarımı

Daq kartı tork ve pozisyon(açı) olmak üzere toplamda bu iki veriyi ayrı kanallardan tork sensöründen alır. Aldığı bu verileri sistemde PID (Proportional-Integral-Derivative) adı verilen, en çok kullanılan bir kontrol yöntemlerinden birine koyarak kontrol işlemini sağlar. PID endüstrideki uygulamaların %75'inde uygulanmaktadır. Çok geniş bir uygulama alanının olmasına rağmen PID uygulamalar için standart bir tanımlama yoktur.

Coulomb ve dinamik sürtünme dikkate alındığında, genel olarak sürtünmenin etkisinde olan bir düğmenin dinamiği aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} B\ddot{q} &= \tau_e - \tau_f \\ \tau_f &= F_v \dot{q} + F_c \text{sgn}(\dot{q}) \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\text{sgn}(q) = \begin{cases} 1 & , \text{eğer } q > 0 \\ 0 & , \text{eğer } q = 0 \\ -1 & , \text{eğer } q < 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Burada B , atalet sabitini, τ_e kullanıcı tarafından uygulanan harici torku, τ_f sürtünmenin neden olduğu torku, F_v visko sürtünme sabitini, F_c Coulomb sürtünme sabitini ifade etmektedir.

$$e(t) = r_\tau(t) - \tau(t) \quad (5.3)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5.4)$$

Yukarıda geçen formülde $\tau(t)$ ölçülen tork değerini, K_p oransal kontrolör katsayısını, K_d türev kontrolör katsayısını, K_i integral kontrolör katsayısını ve $u(t)$ kontrol sinyalini ifade etmektedir.

5.1.1.Sanal Düğme Benzetimi

Çentik etkisinin sürtünme ile modellenmesi durumunda bir ayırık döner düğmeyi, çentik sayısı, sürtünme katsayıları ve çentik tork profili ile karakterize etmek mümkündür. Bu parametreler kullanılarak bir sanal düğme benzetimi gerçekleştirilmiştir. Sürtünme katsayısı, çentik sayısı ve tork profili kullanıcı arayüzünden alınmaktadır ve tasarlanan sistem buna uygun olarak çentik bölgeleri boyunca kullanıcıda sürtünme hissi oluşturmaktadır.

Çentik etkisi, (5.3)'te ifade edilen sürtünme biçiminde modellenmiştir. Bu bağlamda kullanıcıya uygulanması gereken tork (5.4)'te belirtilmiştir.

$$r_\tau(t) = -k_p(t)(F_c \operatorname{sgn}(\dot{q}(t)) + F_v \dot{q}(t)) \quad (5.5)$$

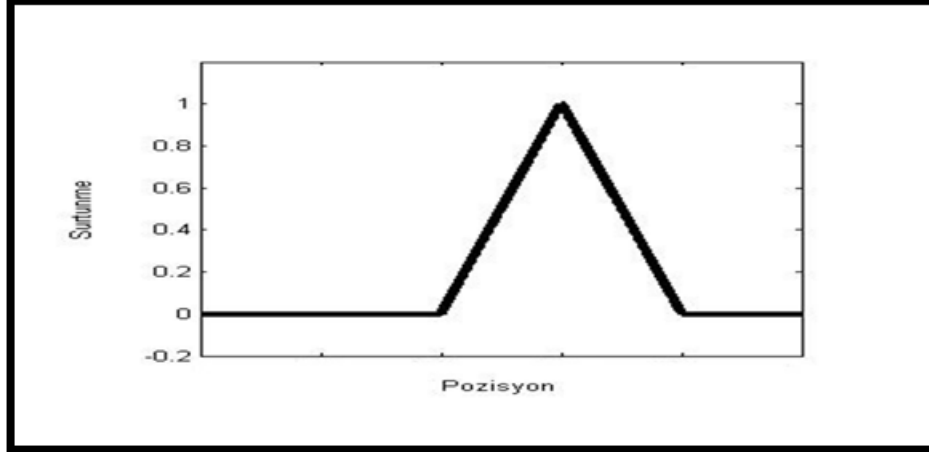
Burada $q(t)$ ölçülen tork değerini, $r_\tau(t)$ kullanıcıya uygulanması gereken referans tork değerini ifade etmektedir, k_p çentik tork profiline uygun olarak zamana göre [01] aralığında değer alan tork profil çarpanıdır.

Bu tork, tork sensöründen alınan ölçümleri kullanan bir PID kontrolör ile belirtildiği biçimde uygulanmaktadır.

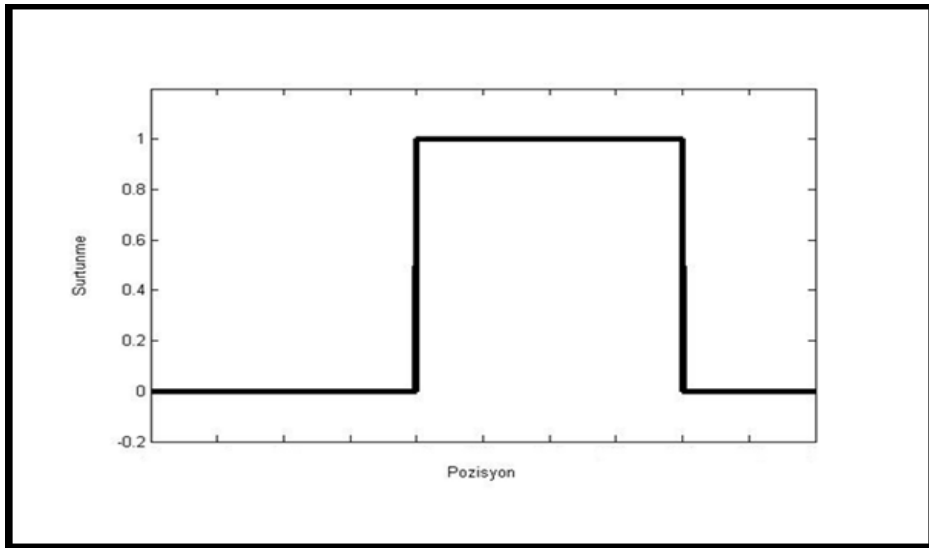
$$e(t) = r_\tau(t) - \tau(t) \quad (5.6)$$

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5.7)$$

Yukarıda geçen formülde $\tau(t)$ ölçülen tork değerini, K_p oransal kontrolör katsayısını, K_d türev kontrolör katsayısını, K_i integral kontrolör katsayısını ve $u(t)$ kontrol sinyalini ifade etmektedir. 2 farklı çentik profili (üçgen dalga ve kare dalga) biçiminde oluşturulmuştur.



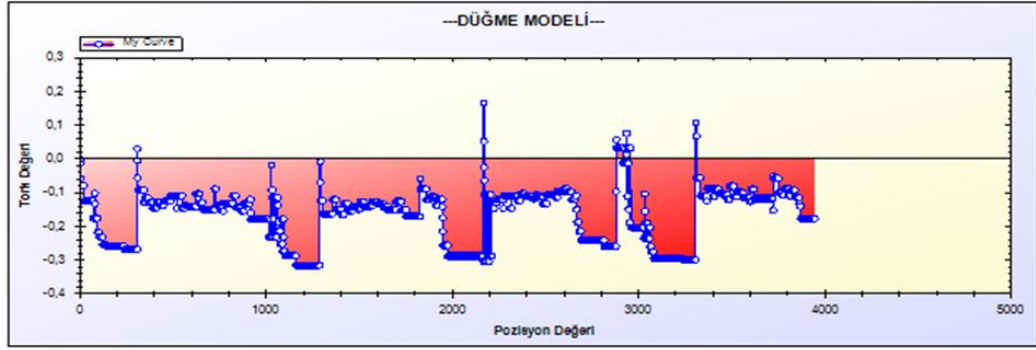
Şekil 5.1: Üçgen dalga çentik profili.



Şekil 5.2: Kare dalga çentik profili.

5.1.2.Haptik Düğme Benzetimi

Deney sırasında kulp yerine modellenecek olan 5 çentikli bir düğme yerleştirilmiş ve motor kullanılarak düğme saat yönünde 20s/tur hızında çevrilmiştir. Bir tam tur boyunca elde edilen tork profili Şekil 5.3'deki görülmektedir.



Şekil 5.3: Çentikli döner düğme modelleme verisi.

5.2.Kullanıcı Arayüz Çalışması

Kullanıcı arayüzü oluşturulurken sistemi deney öncesi veriler, deney sırasında oluşacak veriler ve deney sonrasında oluşacak veriler görüntüleme olarak 3 ana başlıkta düşünebilir. Bu başlıklar;

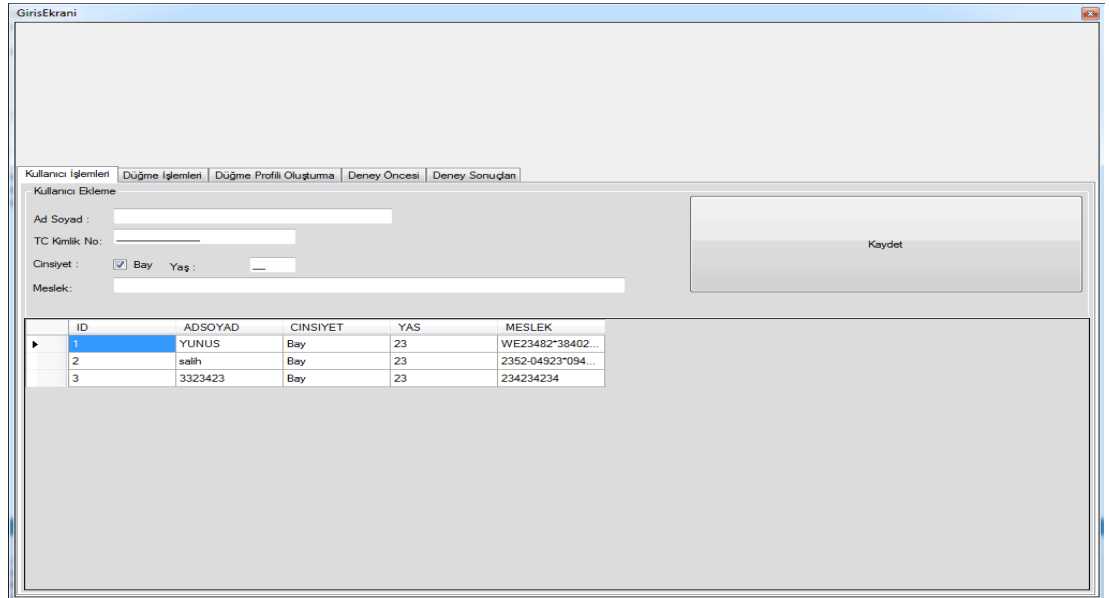
- Matematiksel Formül Çıkarımı
 - i) Kullanıcı İşlemleri Ekranı
 - ii) Düğme İşlemleri Ekranı
 - iii) Düğme Profili Oluşturma ve Görüntüleme Ekranı
 - iv) Deney Oluşturma ve Seçme Ekranı
- Kullanıcı Arayüzü
 - i) Başlangıç Ayarları
 - ii) Kullanıcı Anlık Sistem Göstergeleri
 - iii) Operatör Anlık Sistem Göstergeleri
- Deney Sonrası Arayüzü
 - i) Deney Sonuçları Görüntüleme Ekranı

5.2.1.Deney Öncesi Arayüz Çalışması

5.2.1.1.Kullanıcı İşlemleri Ekranı

Sistemde hazırlanan düğme profili ve fiziksel kurulumu yapılan düzeneği kimin kullandığı önemlidir. Deneyi yapan herbir kişinin bizim için önemi olan cinsiyeti, yaşı ve mesleği bilgilerinin yanı sıra adı soyadı ve tc_kimlik numara bilgileri de tutulmaktadır. Şekil 5.4'deki kullanıcı ekleme ekranı görülmektedir.

Ekranın ilk işlemi olarak ele alınan Kullanıcı İşlemleri bölümünde sistemde daha öncesinde deneylerde yer almış yada sadece ekleme işlemi yapılmış tüm kullanıcıların bilgileri listelenmektedir.



ID	AD SOYAD	CINSİYET	YAS	MESLEK
1	YUNUS	Bay	23	WE23482*38402...
2	salih	Bay	23	2352-04923*094...
3	3323423	Bay	23	234234234

Şekil 5.4: Kullanıcı işlemleri arayüzü.

5.2.1.2.Düğme İşlemleri Ekranı

Kullanıcı arayüzü oluşturulurken deney öncesi verilerinden birisi olan döner düğme özelliklerini belirterek sisteme düğme ekleme işleminin yapılması gerekmektedir. Düğme profili oluşturulmadan önce o düğmeye ait bilgiler sisteme eklenmiş olmalıdır.

Sistemde hazırlanan düğme profili ve fiziksel kurulumu yapılan düzeneğe hangi düğmenin kullanıldığı önemlidir. Deneyi yapılan herbir düğmenin bizim için

önemi olan düğme adı, çalışma türü, kalınlık, çapı, şekli, yüksekliği ve malzeme bilgilerinin yanı sıra fonksiyonu, deseni, rengi ve etiket bilgileri de tutulmaktadır. Şekil 5.5’deki düğme işlemleri arayüzü görülmektedir.

Ekranın ikinci işlemi olarak ele alınan Düğme İşlemleri bölümünde sistemde daha öncesinde deneylerde yer almış ya da sadece ekleme işlemi yapılmış tüm düğmelerin bilgileri listelenmektedir.

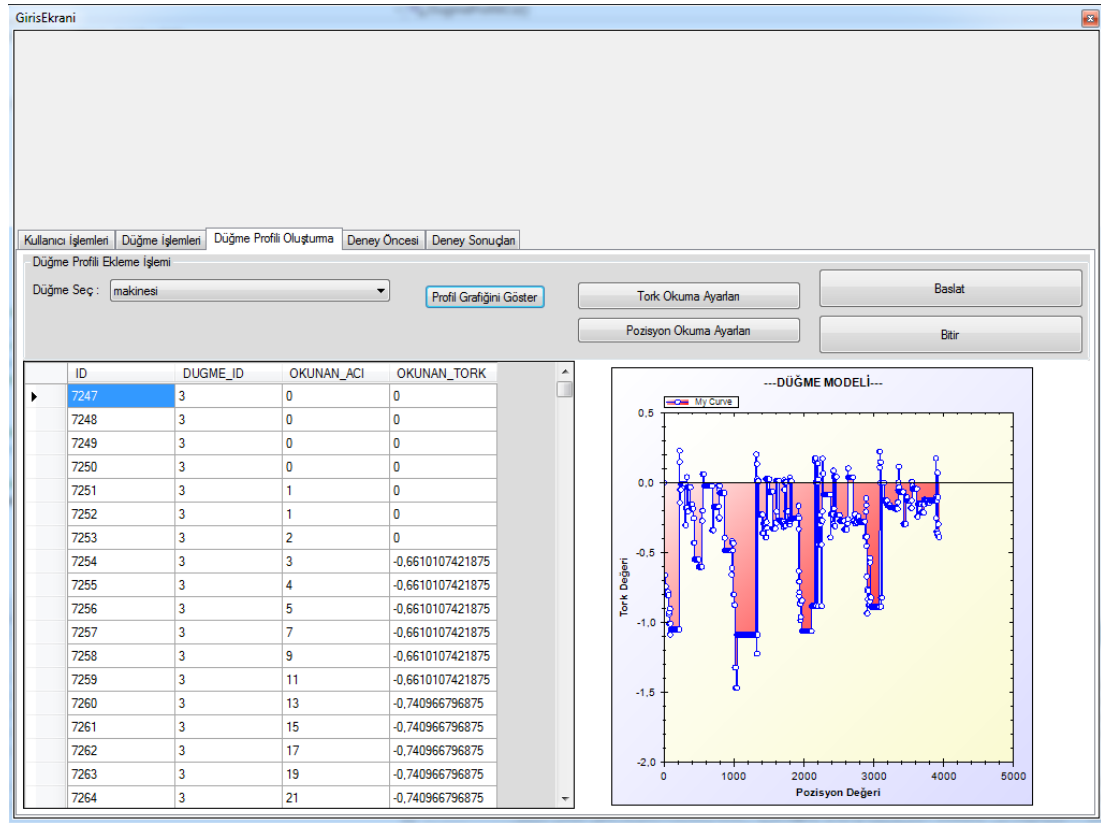
ID	DUGMEADI	FONKSIYON_ADI	KONTROL	HAREKET_TURU	CALISTIRMA_TURU	SEKIL	DESEN	MALZEME	RENK
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Şekil 5.5: Düğme işlemleri arayüzü.

5.2.1.3. Düğme Profilleri Oluşturma ve Görüntüleme Ekranı

Sistemde farklı düğmeler için farklı düğme profilleri oluşturulmaktadır. Burada daha öncesinden veritabanında oluşturulan düğme profil tablosuna bağlı bulunan düğme için her bir pozisyon karşısında okunan tork durumuna göre yeni bir düğme profili oluşturulmaktadır. Şekil 5.6’daki düğme profili oluşturma ekranı görülmektedir.

Ekranın üçüncü işlemi olarak ele alınan Düğme Profili Oluşturma ve Görüntüleme İşlemleri bölümünde sistemde daha öncesinde deneylerde yer almış ya da sadece ekleme işlemi yapılmış tüm düğme profil bilgileri listelenmektedir.



Şekil 5.6: Düğme profili oluşturma ve görüntülemearayüzü.

5.2.1.4. Deney Oluşturma ve Seçme Ekranı

Sistemde kullanıcı yeni bir sistem oynatma işlemi öncesinde sisteme eklenmiş döner düğme seçimi ve yine öncesinde düğmelere göre belirlenmiş düğmeprofil seçimini yaparak yeni bir sistem oynatımına giriş yapmış olmaktadır. Şekil 5.7’de düğme seçim ekranı görülmektedir.

Sistemde hazırlanan düğme profili ve kullanılacak kişinin seçiminin yapılan düzeneği kimin kullandığı önemlidir. Deney yapılırken önemi olan bilgilerden deneyin adı, deneyde kullanılacak düğme, deneyi yapacak kişi ve deneyi yapılacak düğme profili bilgilerine ait veritabanından seçim yapılarak Deney işlemi oluşturulmaktadır.

Ekranın deney öncesi son işlemi olarak dördüncü sırada yer alan Deney Oluşturma ve Seçme bölümünde sistemde daha öncesinde deneylerde yer almış yada sadece ekleme işlemi yapılmış tüm deneylere ait bilgiler listelenmektedir.

ID	DENEYADI	DUGME_ID	KULLANICI_ID	MODEL
1	xxxx	1	3	UserFeedBack2
2	Deney_2	2	2	UserFeedBack3

Şekil 5.7: Deney oluşturma ve seçme arayüzü.

5.2.2.Deney Sırası Arayüz Çalışması

5.2.2.1.Başlangıç Ayarları

Deneye yapılırken hangi kanallardan bilgilerin alınacağını belirlemek ve başlangıç ayarları gösterimini sağlamak için 3rd Party uygulamanın bize sağladığı arayüzden deneye ilişkin gerekli ayarlamalar yapılabilir.

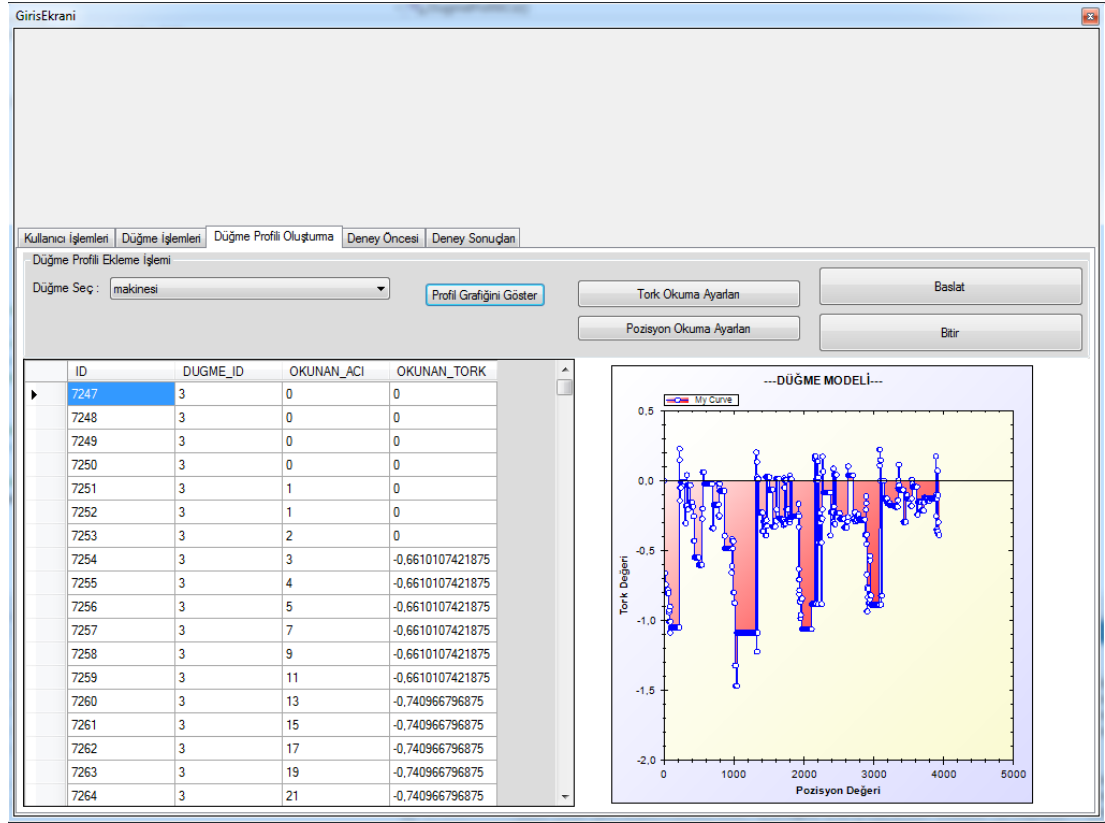
Sistemde kullanıcı yeni bir sistem oynatma işlemi öncesinde deney sırasında hangi frekansta ne kadar süre ile sistemden veri toplanacağı bilgisi önemlidir. Şekil 5.8’de başlangıç ayarları ekranı görülmektedir.

Sistemde 3 adet veri yoluyla veri toplama sağlanmaktadır. Bunlar;

- Encoder Input (Anlık Pozisyon Değeri)
- Analog Input (Anlık Tork Değeri)
- Analog Output (Uygulanacak Tork Değeri)

Yukarıda belirtilen her bir veri yolu için anlık olarak nasıl veri toplayacağı komutunu vereceğimiz daq kartının bize sağladığı başlangıç ayarları ekranından yapmaktadır.

Ekranın deney sırası ilk işlemi olarak yer alan deney başlangıç ayarları bölümünde sistemde yer alacak bilgiler listelenmektedir.

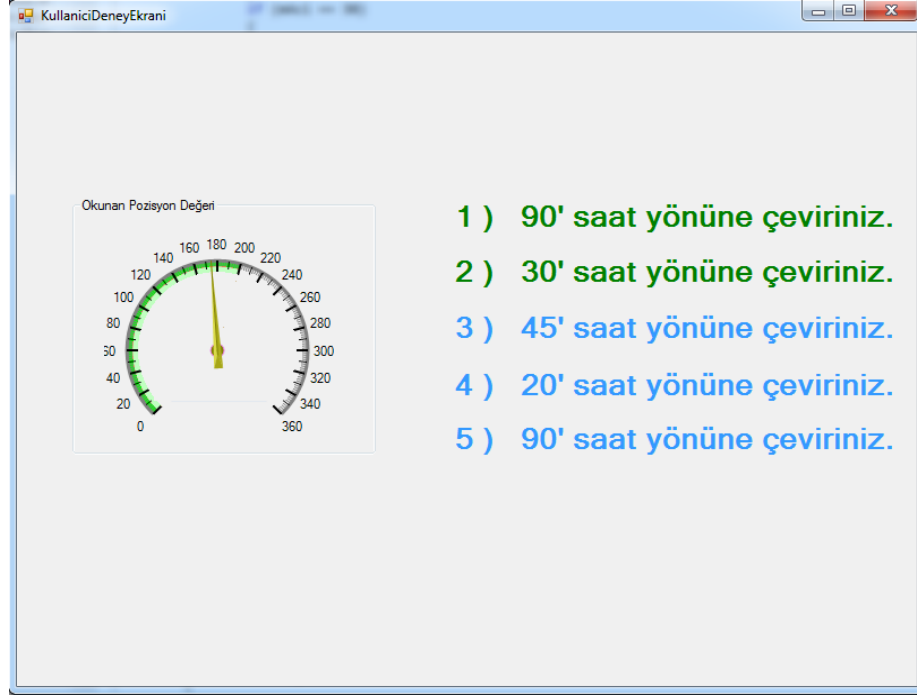


Şekil 5.8: Deney başlangıç ayarları arayüzü.

5.2.2.2.Kullanıcı Anlık Sistem Göstergeleri

Sistemde kullanıcının göreceği ekran ile operatörün göreceği ekran birbirinden ayrı bir şekilde düşünülmüştür.Kullanıcı döner düğmeye uyguladığı kuvvet sonucu düğmenin hangi açı derecesine geldiğini görebilmektedir. Ayrıca kendisine verilen görevlerini ve bu görevlerin hangilerini doğru bir şekilde yapıp yapmadığını ekranda görülen yazıların renk değişimleri yardımıyla anlayabilmektedir. Görevleri tamamladığında sistemde bir uyarı ekranı gelip kullanıcı işlemleri bitirdiğini anlayabilmektedir.

Ekranın deney sırasında kullanıcı için tasarlanmış olan “Kullanıcı Anlık Sistem Göstergeleri” bölümünde sistemde anlık olarak değişen pozisyon değerine göre ekran da yer alan şekil ve yazılara ait bilgiler görsellenmiştir.



Şekil 5.9: Kullanıcı anlık sistem göstergeleri arayüzü.

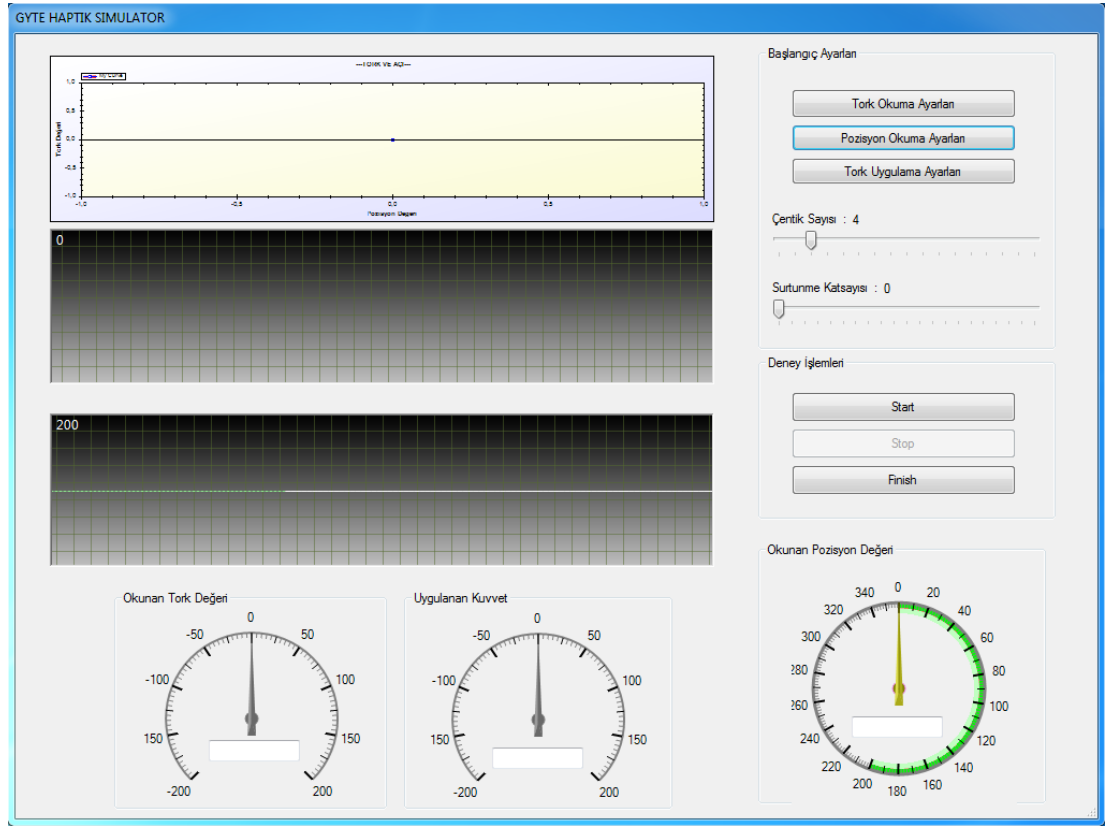
5.2.2.3. Operatör Anlık Sistem Göstergeleri

Sistemde operatör için ayarlanmış geniş kullanım için tasarlanmış arayüz kısmıdır. Operatörün sistem kullanılmadan önce daha öncesinden oluşturulmuş farklı düğme profillerine ait çentik ve sürtünme katsayılarını da değiştirebildiği deneyin yönetildiği arayüzdür.

Kullanıcının döner düğmeye uyguladığı kuvvet ve döner düğmenin dönme açısını anlık olarak alıp operatöre gösterecek bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapıda tork sensöründen aldığı anlık tork ve açı bilgilerini kaydedilmektedir. Şekilde anlık olarak döner düğmeden tork açı bilgilerini almakta bu bilgileri belirli zaman aralığında grafiksel hale dönüştürmekte ve kullanıcının anlık olarak hangi programı set ettiği görülmektedir.

Ekranın deney sırası operatör için tasarlanmış olan “Operatör Anlık Sistem Göstergeleri” bölümünde sistemde anlık olarak değişen pozisyon ve tork değerlerine

göre ekran da yer alan okunan tork ve açı göstergeleri, tork-açı, açı-zaman ve tork-zaman grafiklerin değiştirilmesine ait bilgiler görsellenmektedir.



Şekil 5.10: Operatör anlık sistem göstergeleri arayüzü.

5.2.3. Deney Sonrası Arayüz Çalışması

5.2.3.1. Deney Sonuçları Görüntüleme Ekranı

Sistemde deney işlemleri yapıldıktan sonra operatör tarafından hangi kişilerin hangi düğmeler ile hangi deneyleri yaptığını görebildiği ekrandır. Deney sırasında centik ve sürtünme katsayılarının ayarlanıp ayarlanmadığı, hangi görevi ne zaman bitirdiği ve görevleri bitirirken ne kadarlık bir hata oranı gözlendiği yine bu ekranda bulunabilmektedir. Şekil 5.11’de “Deney Sonuçları Görüntüleme” ekranı görülmektedir.

Sistemde yapılmış bir deney için önemli olan bilgilerden deneyin adı, deneyde kullanılacak düğme, deneyi yapacak kişi, deneydeki çentik sayısı, deneydeki sürtünme sayısı, deneyin zaman aralığı, deneyde okunan anlık tork değeri, deneyde

uygulanan anlık tork değeri, deneyde okunan anlık pozisyon değere ait bilgileri veritabanından görüntülenmek istenen deney seçimi yapılarak bilgilere ulaşılmaktadır.

Ekranın deney sonrası son işlem olarak yer alan “Deney Sonuçları Görüntüleme” bölümünde sistemde daha öncesindeki deneyler ya da yeni yapılmış bir deneye ait tüm bilgiler listelenmektedir.

ID	DENEYID	CENTIK	SURTUNME	TORKOKUNAN	ACIOKUNAN	TORKUYGULANAN	ZAMAN
1738	2	0	0	0.02685546875	592.3669538773...	-0.172079491251874	0
1739	2	0	0	0.02685546875	596.9285352255...	-0.259612147755516	0
1740	2	0	0	0.02685546875	606.14292954891	-0.687722954689968	0
1741	2	0	0	0.02685546875	614.7187024835...	-0.469691182202221	0
1742	2	0	0	0.02685546875	617.3644196654...	0.0252595615982403	0
1743	2	0	0	0.02685546875	626.5788139888...	-0.754569273871446	0
1744	2	0	0	0.027770996093...	632.3264064875...	-0.223472470756297	0
1745	2	0	0	0.027770996093...	638.8950836289...	-0.4160433701122	0
1746	2	0	0	0.027770996093...	647.1059300557...	-0.530631716959227	0
1747	2	0	0	0.027770996093...	656.0466294982...	-0.536999287425126	0
1748	2	0	0	0.027770996093...	659.9695894576...	-0.0738783946877637	0
1749	2	0	0	0.027770996093...	666.9944247339...	-0.519495297338144	0
1750	2	0	0	0.0177001953125	676.4825139381...	-0.603390743151867	0
1751	2	0	0	0.0177001953125	684.6021287379...	-0.398090810720416	0
1752	2	0	0	0.0177001953125	688.7075519513...	-0.0957098208637172	0
1753	2	0	0	0.0177001953125	697.8307146477...	-0.673420150165659	0
1754	2	0	0	0.0177001953125	702.2098327420...	-0.0845719630459138	0
1755	2	0	0	0.0177001953125	708.1398884946...	-0.385363639332146	0
1756	2	0	0	0.0177001953125	713.7050177394...	-0.299424552364452	0

Şekil 5.11: Deney sonuçları görüntüleme arayüzü.

6. DENEYLER

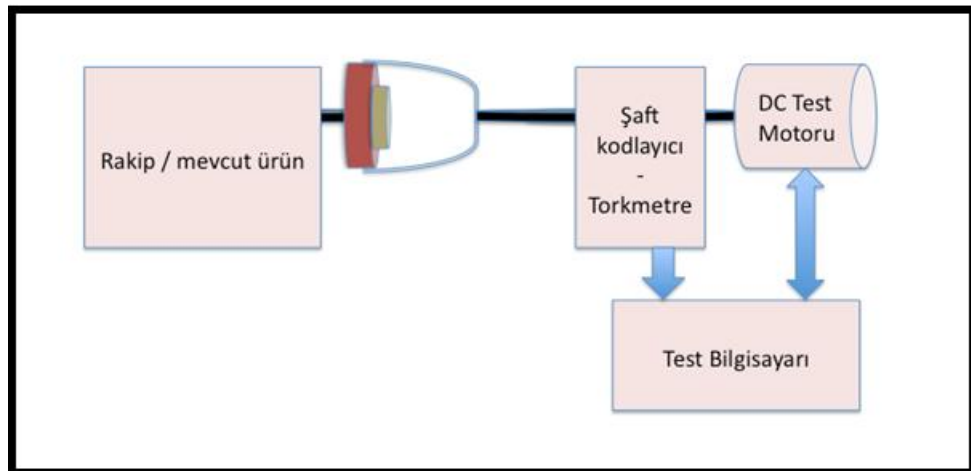
Kavramsal çalışmanın ardından deney sisteminin mekanik, elektronik ve yazılım bileşenleri tasarlanacaktır. Projede geliştirilecek olan deney sistemi iki bileşenden oluşmaktadır:

- Mevcut döner düğme ürünlerinin haptik parametre bilgisayarlı ölçüm sistemi
- Döner düğme haptik sentezleyici ve kullanıcı deneyi sistemi

6.1. Haptik Parametre Bilgisayarlı Ölçüm Deneyi

Yapılan bu çalışmada farklı türdeki döner düğme kullanıcı hislerinin yapılabilmesi için piyasada bugüne kadar yaygın kullanılan tiplerin özelliklerinin yeniden sentezlenebilir biçimde elde olması gerekmektedir. Bu amaçla bilgisayar kontrollu, tork ve pozisyon hassas ölçümü yapılmaktadır.

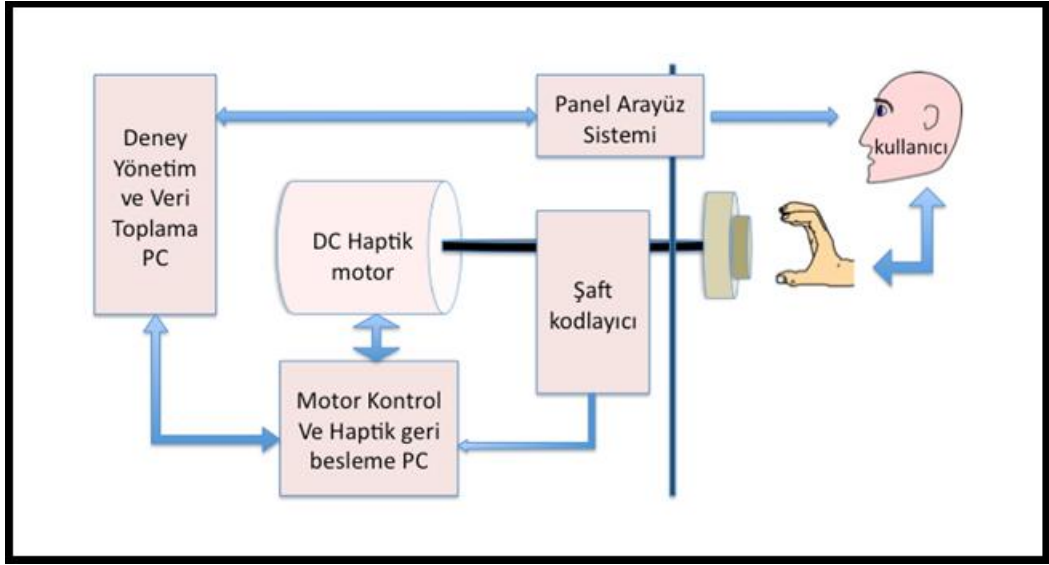
Bu biçimde bir düzenek geliştirilmiş ve bu düzeneğin karşısına akuple edilecek olan mevcut çamaşır makineleri, arka mekanizmaları ile birlikte sistem kütüphanesinde veri olarak saklanmak üzere analiz edilmektedir. Analiz sonuçları 360 derece için tork değerlerinin, varsa farklı hızda davranış biçimlerini ve ayrıca nitel uzman yorumlarını, düğme resmini veritabanında saklanmıştır. Bu sistem için planlanan yaklaşım Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Mevcut döner düğmelerin parametre ölçüm sistemi.

6.2. Kullanıcı Kalite Algısı Ölçüm Deneyi

Deney öncesi deneyi yapacak kullanıcıya bazı görevleri içeren kullanıcı deney belgesi verilmektedir. Ayrıca bu görevlerin başlıkları sistem bulunan Kullanıcı Anlık Arayüzü'nde verilmektedir. Bu görevler doğrultusunda kullanıcı işlemleri sağlanmaktadır. Şekil 6.2'de mevcut döner düğmeye ilişkin parametre ölçümü görülmektedir.



Şekil 6.2: Kullanıcı kalite algısı ölçümü deney sistemi.

Her bir deney sonlandığında o deneye ait;

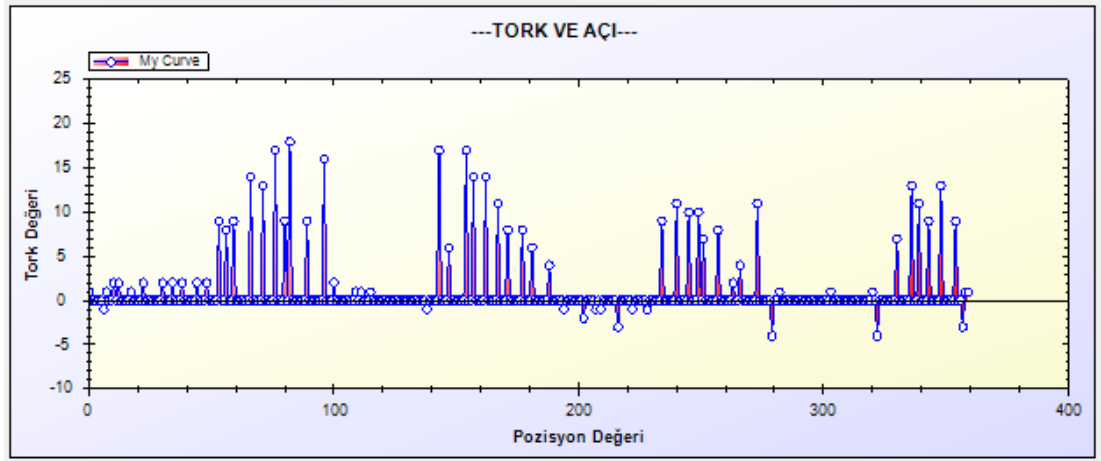
- Deney Id
- Deney Adı
- Deney Çentik Sayısı
- Deney Sürtünme Katsayısı
- Okunan Tork Bilgisi
- Okunan Açı Bilgisi
- Uygulanan Tork Bilgisi

Verilerin olduğu bir dosya oluşturulmuş olmaktadır. Aynı zamanda bu dosya sistem kapatıldığında veritabanının ilgili bölümüne yazılmış olmaktadır. Böylece

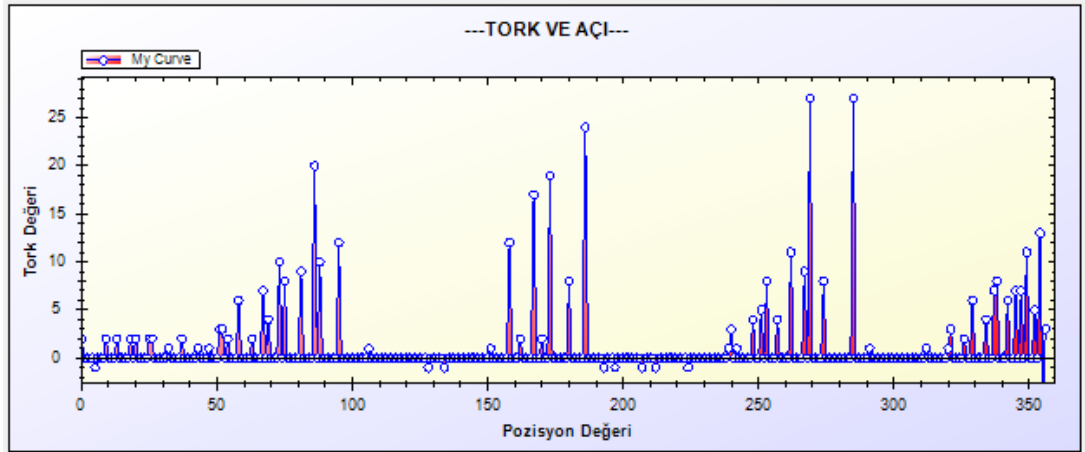
belirli bir tarihte belirli bir kullanıcı ile belirli bir düğme profili ve matematiksel model ile yapılmış deney kayıt altında tutulmuş olmaktadır.

6.2.1.Sanal Düğme Modelleme Deneyi

Üçgen dalga ve kare dalga çentik profilleri için 4 çentikli birer döner benzetimi gerçekleştirilmiştir. Deney sırasında kullanıcı, oluşturulan sanal düğmeyi istediği herhangi bir yönde çevirmektedir. Şekil 6.3’de kare dalga çentik profilli benzetimin, Şekil 6.4’de üçgen dalga çentik profilli benzetimin açı - tork grafikleri görülmektedir.



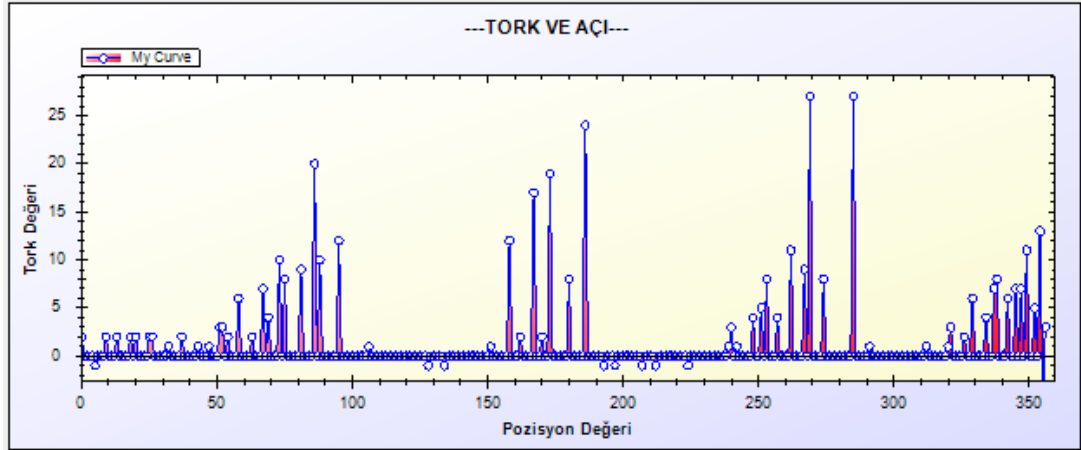
Şekil 6.3: Kare dalga kullanıcı deneyi tork profili.



Şekil 6.4: Üçgen dalga kullanıcı deneyi tork profili.

6.2.2.Sanal Düğme Modelleme Deneyi

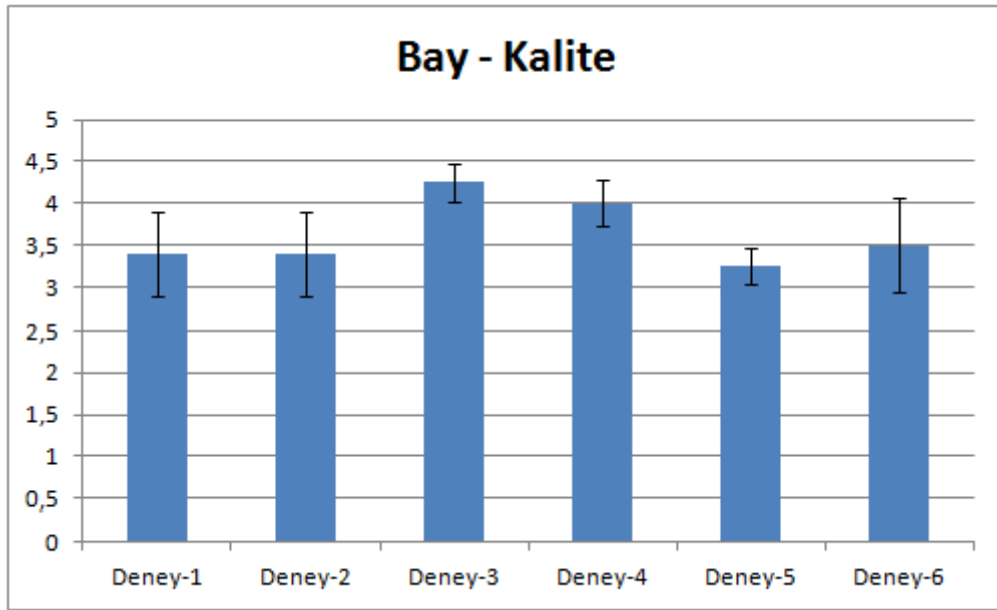
Şekil 6.4'te gösterilen verilerle gerçekleŐtirilen model ile bir kullanıcı deneyi yapılmıştır. Deneyde kullanıcı, yaklaşık 20s'de bir turu tamamlayacak biçimde saat yönünde kulbu çevirmiŐtir. Kullanıcı deneyinin sonucunda elde edilen tork profili Şekil 6.8'de görülmektedir.



Şekil 6.5: Haptik düğme kullanıcı deneyi tork profili.

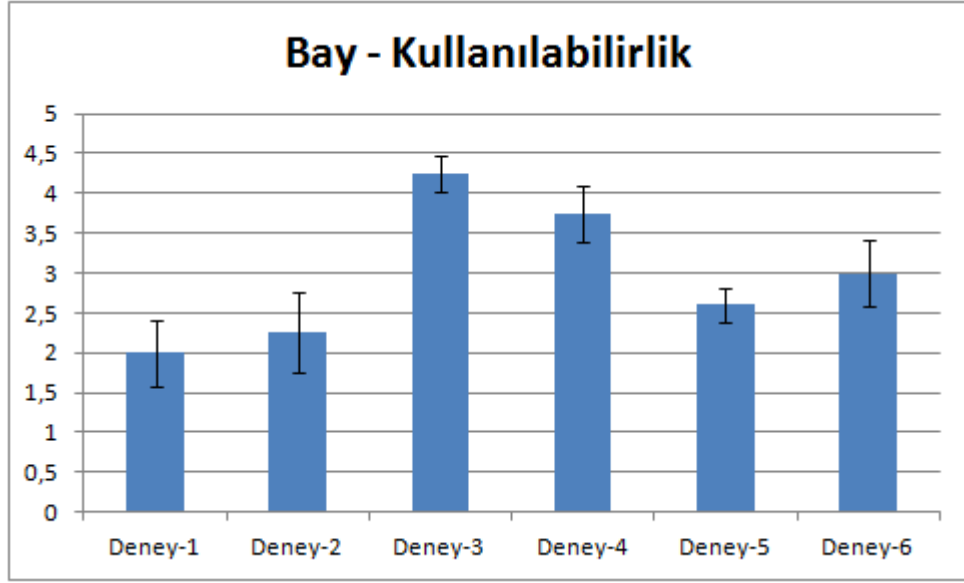
7. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Kullanıcı deneyleri 8 Bay ve 5 Bayan olmak üzere toplam 13 kullanıcı ile gerçekleştirilmiştir. Toplamda 6 farklı düğme profili kullanıcılar tarafından kullanılmıştır. Her bir deney öncesinde kullanıcılara yapması gereken görevler uygulamalı olarak anlatılmıştır. Kullanıcılar deneylere kendilerini hazır hissetmeden başlatılmamış ve pozisyon olarak rahat etmesi deney sonuçlarını etkileyeceği için fiziksel koşullarında istediği gibi ayarlanmasına dikkat edilmiştir. Kullanıcılardan her bir deney sonrası 1’den 5’e kadar numara vererek “Kalite” ve “Kullanılabilirlik” açısından puan verilmesi istenmiştir. Toplamda 6 adet düğme profili için 6 adet deney yapılmıştır. Herbir deney "Kuvvet Katsayısı" ve "Sürtünme Katsayısı" parametrelerinin farklı değerler alması ile oluşmaktadır.



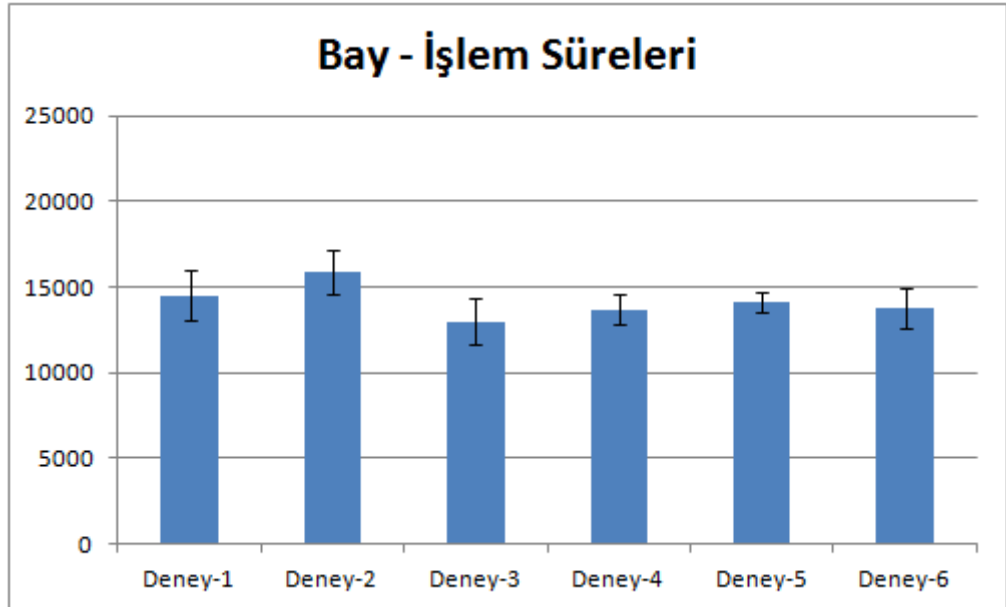
Şekil 7.1: Bay kalite değerlendirme sonucu.

Şekil 7.1’de gösterilen verilere bakıldığında baylar için en kaliteli düğme profilinin Deney-3’te çıktığı görülmektedir. Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-1 olarak görülmektedir. Sonuç olarak baylar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha düşük olması kalite açısından kötü etkide bulunmaktadır.



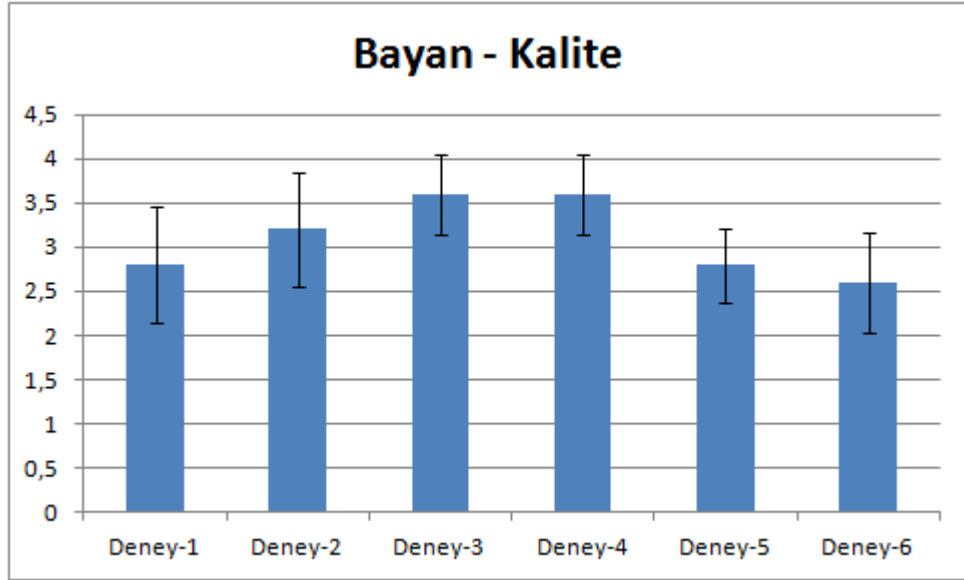
Şekil 7.2: Bay kullanılabilirlik değerlendirme sonucu.

Şekil 7.2’de gösterilen verilere bakıldığında baylar için kullanılabilirlik açısından en iyi düğme profilinin Deney-3’te çıktığı görülmektedir. Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-1 olarak görülmektedir. Sonuç olarak baylar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha düşük olması kullanılabilirlik açısından kötü etkide bulunmaktadır.



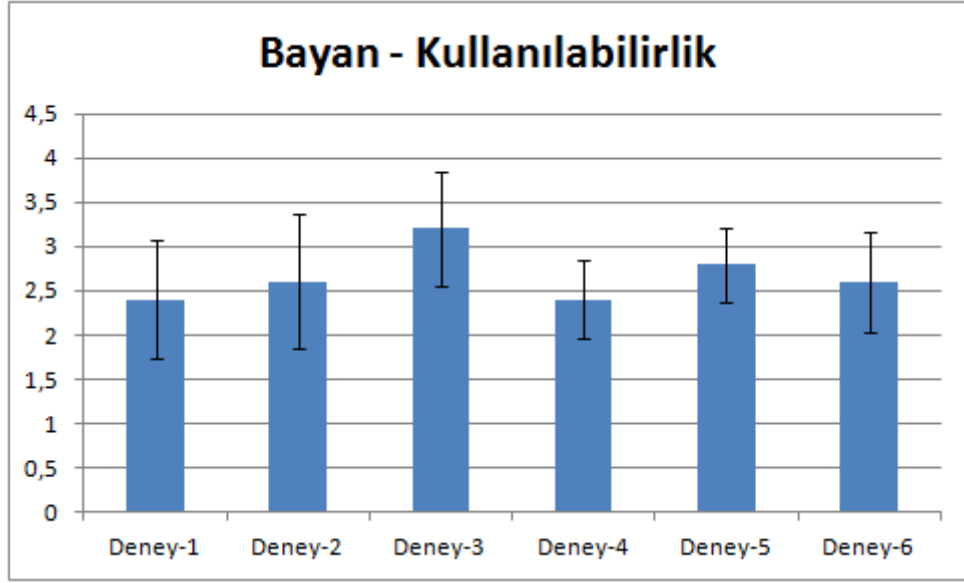
Şekil 7.3: Bay bitirme zamanı.

Şekil 7.3'te gösterilen verilere bakıldığında baylar için görevleri en kısa sürede bitirme açısından en iyi düğme profilinin Deney-3'te çıktığı görülmektedir. Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-1 olarak görülmektedir. Sonuç olarak baylar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha düşük olması görevleri en kısa sürede bitirme açısından kötü etkide bulunmaktadır.



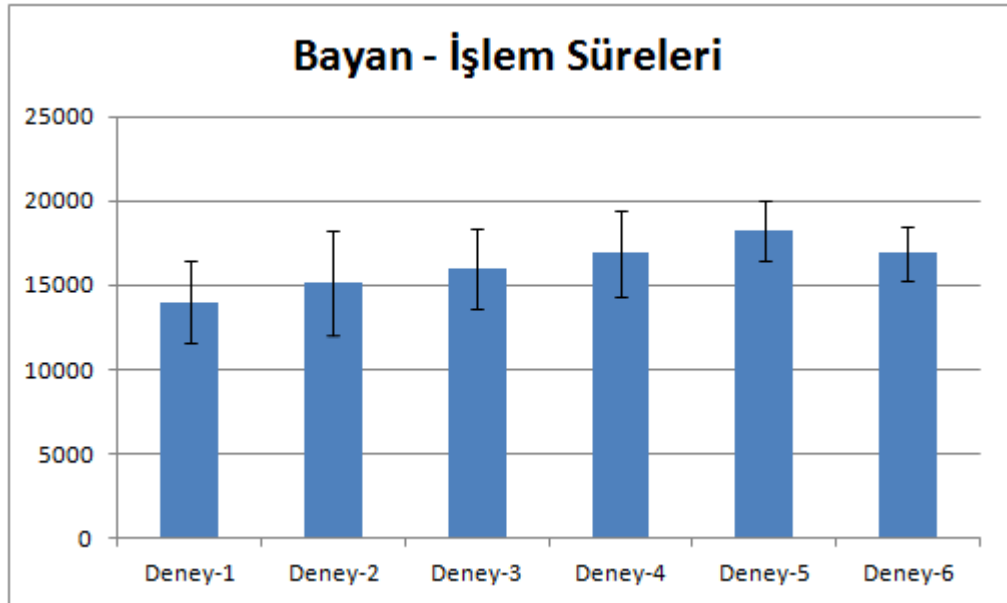
Şekil 7.4: Bayan kalite değerlendirme sonucu.

Şekil 7.4'de gösterilen verilere bakıldığında bayanlar için en kaliteli düğme profilinin Deney-3'te çıktığı görülmektedir. Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-6 olarak görülmektedir. Sonuç olarak bayanlar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha yüksek olması kalite açısından kötü etkide bulunmaktadır.



Şekil 7.5: Bayan kullanılabilirlik değerlendirme sonucu.

Şekil 7.5’de gösterilen verilere bakıldığında bayanlar için kullanılabilirlik açısından en iyi düğme profilinin Deney-3’te çıktığı görülmektedir. Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-6 olarak görülmektedir. Sonuç olarak bayanlar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha yüksek olması kullanılabilirlik açısından kötü etkide bulunmaktadır.



Şekil 7.6: Bayan bitirme zamanı.

Şekil 7.6’da gösterilen verilere bakıldığında bayanlar için görevleri en kısa sürede bitirme açısından en iyi düğme profilinin Deney-3’te çıktığı görülmektedir.

Ayrıca kalitesi en kötü olan deney Deney-5 olarak görülmektedir. Sonuç olarak baylar için kuvvet katsayısının belirli değerden daha yüksek olması görevleri en kısa sürede bitirme açısından kötü etkide bulunmaktadır.

Tablo 7.1: Deney katsayıları.

DENEYLER	Kuvvet Katsayısı	Sürtünme Katsayısı
Deney – 1	0.001	0.1
Deney – 2	0.001	1.1
Deney – 3	0.2	0.1
Deney – 4	0.2	1.1
Deney – 5	4	0.1
Deney – 6	4	1.1

Tablo 7.1’de her bir deney için düğme profilini oluşturan “Kuvvet Katsayısı” ve “Sürtünme Katsayısı” değerlerini gösterilmektedir.

Tablo 7.2: Ortalama deney süreleri.

DENEYLER	BAYAN	BAY
Deney – 1	14.0 sn (4.8348 std)	14.5 sn (2.9580 std)
Deney – 2	15.1 sn (6.1786 std)	15.8 sn (2.5836 std)
Deney – 3	16.0 sn (4.8348 std)	13.0 sn (2.6220 std)
Deney – 4	17.0 sn (5.1405 std)	13.7 sn (1.6808 std)
Deney – 5	18.2 sn (3.5461 std)	14.1 sn (1.1402 std)
Deney – 6	16.9 sn (3.1504 std)	13.7 sn (2.2804 std)

Tablo 7.2’de görüldüğü gibi deney sürelerine genel kullanıcı olarak incelendiğinde “Deney-3” ve “Deney-4” ’de en kısa sürede hem bayanların hem bayların işlemleri bitirdiği görülmektedir. Bayanların “Deney-5” ve “Deney-6” ‘da erkeklere göre daha uzun sürede işlemleri bitirdiği görülmektedir. Kuvvet katsayısının belirli bir oranda artması ile bayanların baylara göre kullanılabilirliği düşmektedir. Aynı şekilde “Deney-1” ve “Deney-2” ‘de kuvvet katsayısının azalması ile bayların bayanlara göre kullanılabilirliğinin düştüğü görülmektedir.

Tablo 7.3: Kullanıcıların ortalama kalite puanları.

DENEYLER	BAYAN	BAY
Deney – 1	2.8 (1.3038 std)	3.4 (1.0000 std)
Deney – 2	3.2 (1.3038 std)	3.4 (1.0000 std)
Deney – 3	3.6 (0.8984 std)	4.3 (0.4472 std)
Deney – 4	3.6 (0.8984 std)	4.0 (0.5477 std)
Deney – 5	2.8 (0.8367 std)	3.2 (0.4472 std)
Deney – 6	2.6 (1.1402 std)	3.5 (1.1402 std)

Tablo 7.3’de her bir kullanıcı için deney sırasında kullandığı düğme profillerine karşı hissettiği kalite algısının bayanlar ve baylar için ayrı ayrı olmak üzere ortalaması gösterilmektedir.

Tablo 7.4: Kullanıcıların ortalama kullanılabilirlik puanları.

DENEYLER	BAYAN	BAY
Deney – 1	2.8 (1.3416 std)	3.4 (0.8367 std)
Deney – 2	3.2 (1.5166 std)	3.4 (1.0000 std)
Deney – 3	3.6 (1.3038 std)	4.3 (0.4472 std)
Deney – 4	3.6 (0.8984 std)	4.0 (0.7071 std)
Deney – 5	2.8 (0.8367 std)	3.2 (0.4472 std)
Deney – 6	2.6 (1.1402 std)	3.5 (0.8367 std)

Tablo 7.4’de her bir kullanıcı için deney sırasında kullandığı düğme profillerinin kullanılabilirliği hakkında bayanlar ve baylar için ayrı ayrı olmak üzere ortalaması gösterilmektedir.

Tüketici elektroniğinde ve ev eşyası (elektronik ya da değil) alanında potansiyel müşterilerin satınalma kararlarını etkileyen belirli faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında kullanılabilirlik ve algısal kalite son dönemlerde cihaz performanslarının doyuma ulaşması nedeniyle oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışmada, elde edilen sistematik, daha sonra geliştirilecek olan tüm haptik sistemlerin tasarımında kullanılacaktır. Söz konusu projede deneysel olarak hedef alınan bölüm ise program seçim düğmesidir.

PSD içeren, çamaşır makinelerinde doğrudan müşteri etkileşiminin olduğu program seçim düğmelerinin, tasarımlarında bilinen mekanik gereksinim girdilerine ek olarak müşterinin kalite algısı yönünden beklediği mekanik etkilerin girdi haline getirilmesine ihtiyaç olduğu yapılan ön çalışmada ve literatürde ortaya konmaktadır.

Deney tasarımı ve doğrulaması safhasında yapılan veri üretme ve bunları analiz etme bölümünde doğrudan kullanıcı üzerinde yapılacak uygulamalı araştırmada ise hedefe yönelik bilgi üretilmektedir.

Bu çalışmada elde edilecek, kullanıcı kalite algısı yaklaşımı ve sistematik yeni ürünlerde tasarım girdisi ve yeni tasarımlarda karşılaşılabilecek yeni belirsizliklerde yeni yaklaşımlar oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Bu yapılan çalışma ile öncelikle, kullanıcının, program seçim düğmelerindeki kalite algısını belirleyen detaylar mekanik değişkenlerle taksonomik olarak tanımlanıp ortaya konulmuştur. Döner program seçim düğmesinin haptik olarak simulasyonu yapılmış, kontrollü kullanıcı deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucu çıkarılmış döner düğme parametreleri ise öncelikle sayısallaştırılarak veritabanına eklenmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda daha etkin, verimli ve tatmin edici döner düğme tasarımları ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- Ali S., Julio J., Tomas G., Andreas V., Johan S., Morten F., (2006), "One-dimensional force feedback slider: going from an analogue to a digital platform", Proceedings of 4th Nordic conference on Human-computer interaction, 3, 453-456.
- Badescu M., Wampler C., Mavroidis C., (2002), "Rotary haptic knob for vehicular instrument controls," in In Proc. 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 31, 342-343.
- Bjelland H. V., Tangeland K., (2007), "User-Centered Design Proposals for Prototyping Haptic User Interfaces", Lecture Notes in Computer Science, 4813, 110-120.
- Gurari N., Akamura A.M., (2007), "Human Performance in Knob Turning Task", EuroHaptics Conference, 19, 96-101.
- Kim L., (2008), "A Haptic Dial System for Multimodal Prototyping", 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence, 25, 80-84.
- Kimura F. , Yamane N., (2006), "Haptic Environment for Designing Human Interface of Virtual Mechanical Products", Department of Precision Machinery Engineering The University of Tokyo, 17, 221-227.
- Klatzky R.L., (1990), "Procedures for Haptic Object Exploration vs. Manipulation" Vision and Action: The Control Of Grasping- ed. M. Goodale - New Jersey: Ablex, 110-127 36.
- MacLean K. E., (2000), "Designing with Haptic Feedback", Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, 1, 783-788.
- MacLean K. E., Roderick J. B., (1999), "Smart Tangible Displays in the Everyday World: A Haptic Door Knob", Proceedings of the IEEE Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 14, 203-208.
- Norman D., (2005), "Design of everyday Things", 2nd Edition, Addison Wesley Publishing.
- Rob S., Jayne R., Willian L., Verplank S., (2001), "Haptic Techniques for Media Control", Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 38, 236-243.
- Shneiderman B., (2008), "Designing the User Interface", 3rd Edition, Addison Wesley Publishing.

Thatcher A., James V., Todd J., (2005), “Multifunctional systems in vehicles: a usability evaluation”, Proceedings of CybErg. The Fourth International Cyberspace Conference on Ergonomics. Johannesburg: International Ergonomics Association Press, 13, 92-99.

Zorriassatine F., Wykes C. Parkin R., Gindy N. A., (2003), “Survey of Virtual Prototyping Techniques for Mechanical Product Development”, Proceedings of the IMechE- Part. B: journal of engineering manufacture, 4, 513-530.

Web 1, (2013), ”<http://touchlab.mit.edu>”(ErişimTarihi: 10/04/2013).

Web 2, (2013), “<http://bolcana.org/teknoloji/haptic-feed-back-nedir-nerelerde-kullanilir.html>”, (ErişimTarihi: 10/10/2013).

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İzmir’de doğan Muaz Salih KURNAZ ilk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2005 yılında Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne başladı ve 2010 yılında mezun oldu. 2010 yılında yüksek lisans eğitimine GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başladı. 2010 yılından bu yana TÜBİTAK Gebze yerleşkesindeki BİLGEM’de iş hayatına başladığı görevini halen sürdürmektedir.