

# Döner Düğmeleri Haptik Sistem ile Prototipleme

M. Salih KURNAZ<sup>1</sup>, Mehmet GÖKTÜRK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yazılım Test ve Kalite Değerlendirme Merkezi, TÜBİTAK BİLGEM,  
Gebze, Kocaeli e-posta: salih.kurnaz@tubitak.gov.tr

<sup>1</sup>Gebze Yüksek Teknoloji Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,  
Gebze, Kocaeli e-posta: gokturk@bilmuh.gyte.edu.tr

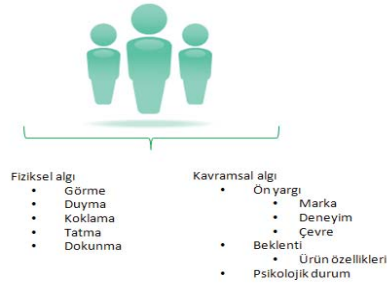
**Özet.** Tüketici elektroniklerinde fonksiyonelite ve dayanıklılık esasları hemen hemen tüm üründe aynı seviyeye ulaşmış ve daha önceleri göz önünde bulundurulmayan birtakım ayırıcı değişikliklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Ayrıca teknolojik tasarımın hızla ilerlemesiyle insanların kontrol edeceği 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 shaft ve bu shaftın arkasında, normal şartlarda kullanıcının alması beklenen haptik geribildirimleri yaratabilecek olan DC motor ve tork sensörü ile kontrol ünitesi ve deney yazılımından oluşmaktadır. Döner Düğme özelliklerinin çıkarılması için bilgisayar destekli ölçme sistemi gerçekleştirilecek, bu özellikle kütüphane olarak saklanmaktadır. Hazırlanan senaryolar, kullanıcı etkileşim laboratuvarı şartlarında belirli bir kullanıcı grubu ile test edilecek, elde edilen veriler ve geri bildirimler analiz edilmektedir. Proje sonunda elde edilen analiz raporu doğrultusunda, döner düğmelerin bulunduğu cihazlarda kullanılacak prensipler ve parametreler hazırlanmıştır.

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

## 1 Giriş

Tüketicinin ürün tercih ederken genellikle dikkat ettiği unsurlardan bazıları; markanın dış görünüşü, diğer kullanıcıların tavsiyesi, kullanıcı performansı ve tatmini, reklam, mağaza içi inceleme deneyimi ve dokunma parametrelerine bağlı olarak değiştiği gözlenmektedir[1]. 2000'li yıllardan sonra tüketici elektronikleri ve beyaz eşya alanında pazardaki tüm ürünlerin fonksiyonel olarak benzer teknik yeteneklere sahip olduğu

gözlenmektedir. Tüm markalar aynı standartları sağlamaya başladığı için önemini kaybetme yoluna girmiş, doyuma ulaşmış, önceden gözönünde bulundurulmayan birtakım parametreler ön plana daha çok çıkmaya başlamıştır[1]. Üreticiler teknik kalite şartlarını yerine getirdik sonra kullanıcıların karar almalarında etkili olabilmek için algısal kalite üzerinde bazı çalışmalar yapmıştır. Aşağıdaki şekilde kalite algı sonuçları görülmektedir.



Şekil-1: İnsanların Kalite Algısı

Yaptığımız bu çalışmada daha çok üzerinde duracağımız konu beyaz eşya teknolojisinde bulunan çamaşır makinelerindeki program seçim düğmelerinde kullanıcıların kalite algısını belirlemedir.

### 1.1 Program Seçim Düğmelerinde Kalite Algısı

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. Program seçim düğmeleri çamaşır makinesinde yıkama programının doğrudan seçimi için kullanıldıkları gibi, sonsuz döngü içermeleri nedeniyle, ekranlı sistemlerde, menülerle farklı modlarda etkileşim amacı ile de kullanılabilir.

## 2 Haptik Teknolojisi Nedir?

İnsanlar yeni kavramlar duyduğunda ilk olarak yabancı gelen kelimenin anlamını merak etmektedir. Bu bağlamda Yazılışı: Haptik Okunuşu: hap-tik Sözlük Anlamı: Uluslararası Bilim Sözlüğüne Göre, Yunanca : haptesthai kelimesinden gelen Dokunma veya Dokunsal anlamındadır ( M. Dessoir 1892 , Oxford Dictionary). Haptik insan ve sanal ortam arasında varolan herşeydir. Haptik arayüzleri sanal dünya ile operatör arasında enerji değişim olanakları sağlayan bir sistem gibi düşünülebilir ( Adams & Hannaford, 1999) [2,3].

## 2.1 Haptik Uygulama Alanları

Kullanıcılar dokunma duyusuna günlük yaşantımızda diğer duylara göre daha çok güvenmektedir. İnsanın uygulamış olduğu bir kuvvete karşılık geleneksel olarak, insan bilgisayar etkileşiminde geri beslemeler ; kelimeler, resimleri verilerin bir ekran üzerinde görüntülenmesinden ibaretti. Resim veya heykel sanat gibi alanlarda dokunmatik ekran aracılığı ile hareket, tekrar ölçülendirme ve döndürme hareketini kolaylıkla yapma imkanı sağlar. Haptik dokunmatik bir ekran üzerindeki tuşlara parmağınız ile dokunduğunuzda size orada gerçekten tuş varmış hissi vererek geri titreşim göndermektedir.[12].

Şekil 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 Navigasyon dan oluşan görevler kullanıcılar tarafından yapılmıştır. 6 değerlendirici tarafından sistemlerde olası sorunları bulmak için, sezgisel değerlendirme ile , kullanılabilirlik denetimini gerçekleştirilmiştir. Kullanılabilirlik sonuçlarında Eğitimli kullanıcılar döner düğmede menü seçiminin küçük aralık değerlerini hissettirebildiği için daha kolay olduğu görülmüştür. [13].



Şekil-2: Arabalarda Haptik Düğme Uygulaması

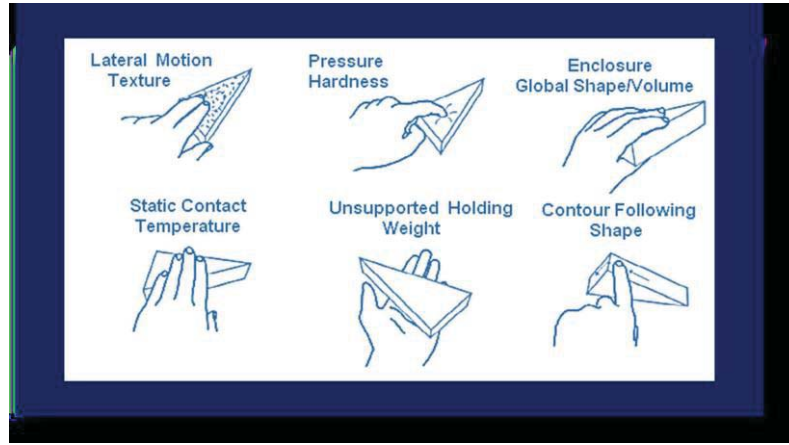
## 2.2 Haptik Uygulama Şekilleri

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 İle / Dokunarak:
  - Sıcaklık, basınç, titreşim, sürtünme, acı
  - Derideki duyu algısını artırır
- Kinestetik / Algılama:
  - Pozisyon, hareket, kuvvet
  - Kas, tendomlar ve eklem hareketleri

### *Haptik Geri Besleme = Dokunma + Kinestetik Haberleşme*

Şekil 3’de Haptik İnsan Etkileşimi Algı Çeşitleri Gösterilmiştir. Haptik Teknoloji sanal ortamda dokunma duygusu aracılığı ile uygulanan kuvvet, titreşim ve/veya hareketlerin uygulanması ile dokunma duygusu ile sanal ortam arasında kullanıcıya geri besleme sağlar.

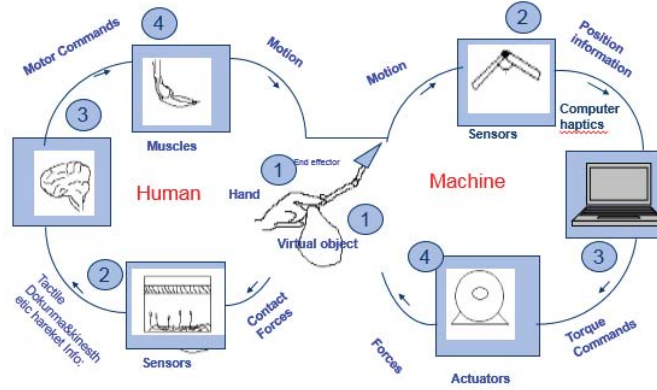


Şekil-3: Haptik İnsan Etkileşimi Algı Alanları

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 anlaşılabilir[14].

### **2.3 Haptik Genel Konfigurasyon**

Şekil-4’de 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 duygusuna bir hareket uygulanabilir. İnsan derisindeki alıcılar ilk önce bunu dokunma olarak daha sonra kinestetik veya her ikisi olarak beyinde dönüştürülür.



Şekil-4: Haptik Genel Konfigürasyonu

### 3 Döner Düğme Haptik Prototip Sistemi

Çamaşır makinaları için döner düğme profilleri oluştururken öncelikle sistem yapısının isketini oluşturan bileşenlerin seçilmesi gerekmektedir.

#### 3.1 Haptik Sistem Bileşenleri

Döner Tip Hassas Tork Sensörü ile Döner düğmenin davranışlarını fiziksel olarak okuyup sistemimize aktarmaktadır. Döner düğmenin anlık olarak kuvvet ve açı değerlerini almaktadır.

Digital Output, Digital Input , Analog Output , Analog Input ve Timer(Counter) özelliklerine sahip Daq(Data Acquisition) Kartı 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 uygulanan kuvveti motora aktarma işlemini yapmaktadır.

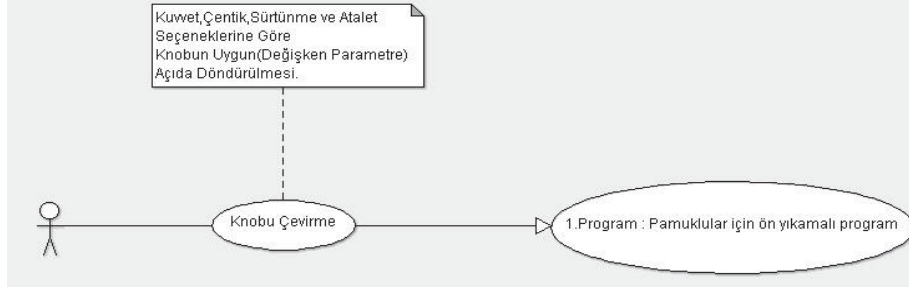
Motor ise Motor Sürücüsünden aldığı talimatla anlık olarak uygunlanan kuvveti döner düğmeye uygulamaktadır.

#### 3.2 Haptik Sistem Gereksinimleri

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 Katsayısının Ayarlanması*

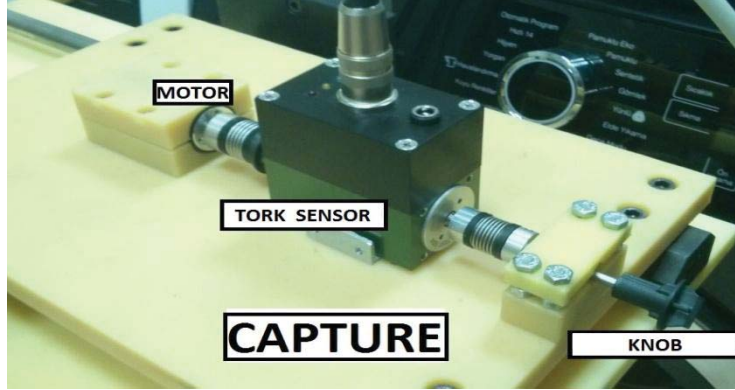
Şekil-5’de örnek bir kullanıcı görevi, kullanıcının yapacağı işlev ve bu işlevi yerine getirirken uyarılan sistem gereksinimi içeren bir use case diyagram görülmektedir;



Şekil-5: Örnek Use Case Diyagram

### 3.3 Haptik Sistem Kurulumu

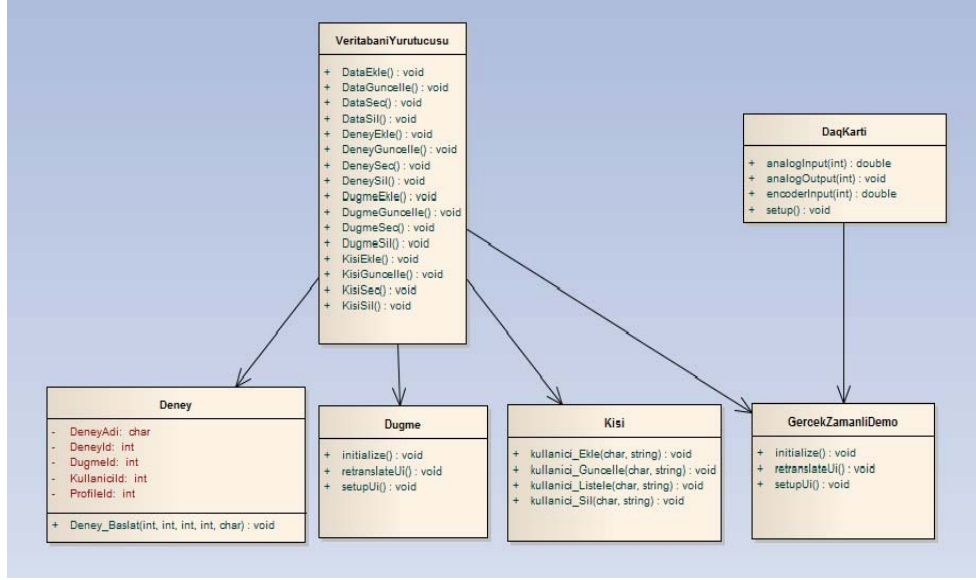
Döner düğme profillerini çıkartma işlemini yaparken öncelikle belirli zaman aralıklarında motor tarafından uygulanan görevlerin tork sensörü tarafından algılanarak döner düğme profil formuluzasyonu sağlanmaktadır. Tork sensöründe içinde bulunduğu fiziksel setup şekil-6’daki gibidir ;



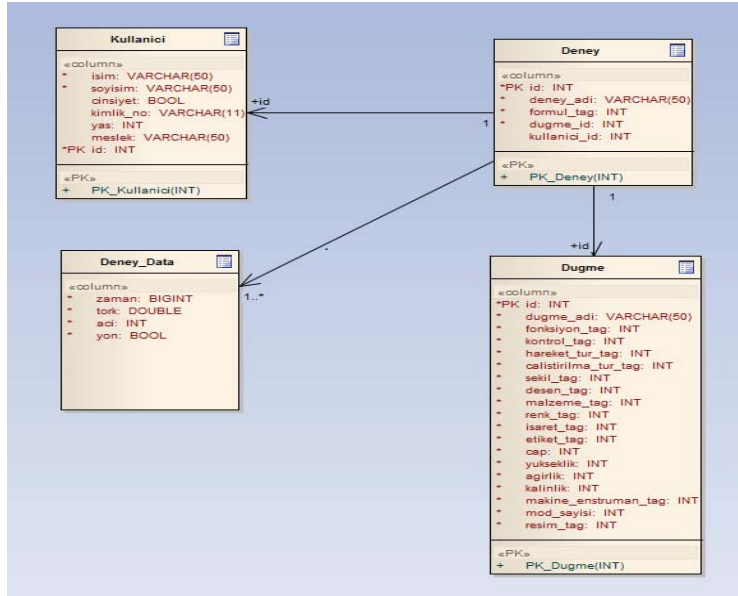
Şekil-6: Haptik Sistem Fiziksel Kurulum

### 3.4 Haptik Sistem Dizaynı

Yapılan haptik sistem için çıkarılmış gereksinimler doğrultusunda genel bir dizayn oluşturulmuştur. Bu dizayn doğrultusunda sistemin veritabanı şeması, sınıfların ve bu sınıflar arasındaki işlemlerin genel olarak ilişki durumunu gösteren uml diyagramı oluşturulmuştur. Şekil-7 ‘de Uml Diyagram Şeması, Şekil-8’de de Veritabanı Şeması gösterilmektedir.



Şekil-7: UML Diyagram Şeması



Şekil-8: Veritabanı Şeması

## 4 Haptik Sistem Kullanıcı Arayüzü

Kullanıcı sisteme düğme seçimi, yeni bir düğme profili tanımlamak, var olan düğmeler için çıkarılan kontrol profili ile düğme profilleri eşleştirmek ve yapılan deneylerin verilerini daha sonrasında kütüphane oluşturmak için bir veritabanında kaydetme gibi işlemleri yapabilmektedir. Yardımcı diğer ekranlar haricinde sadece ana işlevler gözönünde bulundurulursa 4 adet kullanıcı arayüz penceresi bulunmaktadır;

### 4.1 Döner Düğme Oluşturma Ekranı

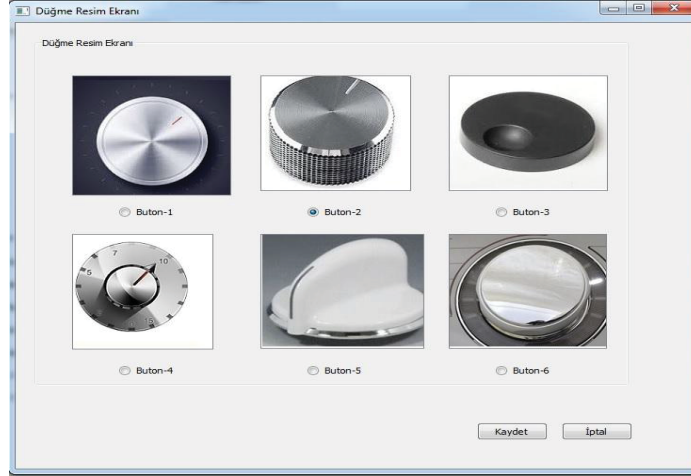
Sistemde bulunan her bir döner düğme için belirlenen; Döner düğmenin Fonksiyon, Kontrol Türleri, Hareket Türleri, Çalışma Türü, Şekil, Renk, İşaret/İz, Etiket, Ebatları ve Endüstriyel Makina Enstrüman ile ilgili alanlar seçilerek düğme oluşturulur;

Şekil-9: Döner Düğme Oluşturma Ekranı

### 4.2 Döner Düğme Seçim Ekranı

Sistemde kullanıcı var olan parametreleri radio buton aracılığı ile seçmelidir. Seçim işleminden sonra ayarlanmış parametreler bölümünde seçilen profile göre parametrelerin değiştiği görülmektedir.





Şekil-10: Döner Düğme Seçim Ekranı

### 4.3 Deney Oluşturma Ekranı

Sistemde kullanıcı yeni bir sistem oynatma işlemi öncesinde sisteme eklenmiş döner düğme seçimi ve yine öncesinde düğmelere göre belirlenmiş kontrol profil seçimini yaparak yeni bir sistem oynatımına giriş yapmış olmaktadır.

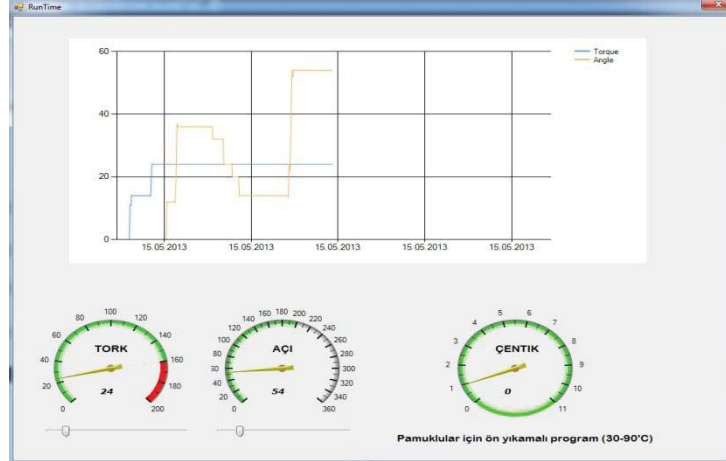


Şekil-11: Deney Oluşturma Ekranı

### 4.4 Haptik Sistem Oynatım Ekranı

Sistemde kullanıcının döner düğmeye uyguladığı kuvvet ve döner düğmenin dönme açısını anlık olarak alıp kullanıcıya gösterecek bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapıda tork sensöründen aldığı anlık tork ve açı bilgilerini kaydedecektir. Aşağıdaki 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.



Şekil-12: Haptik Sistem Oynatım Ekranı

## 5 Döner Düğme Profil Formül Çıkarma

Dağ kartı tork ve pozisyon(açı) olmak üzere toplamda bu iki veriyi ayrı kanallardan tork sensöründen alır. Aldığı bu verileri sistemde aşağıdaki formüle koyar ;

$$Tm(t) = (J X d w(t) / dt) + (B X w(t)) + TL(t)$$

Yukarıda geçen formülde ;

$$Tm(t) = \text{Mil momenti (Nm) (Tork)}$$

$$w(t) = \text{Açısal hız (rad/s)}$$

$$J = \text{Atalet (Nm/rad/s}^2\text{)}$$

$$B = \text{Sürtünme (Nm/rad/s)}$$

$$TL(t) = \text{Yük momenti (Nm)}$$

### 5.1 Sürtünme (B) Katsayısının Hesaplanması:

Sürekli hal durumunda hız sabit olacağından türevli terim sıfırdır ve dolayısıyla ;

$$d w(t) / dt = 0 \Rightarrow Tm(t) = (B X w(t)) + TL(t) \text{ olur.}$$

Belli bir TL(t) yük momenti değeri için motor çalıştırılarak mil momenti Tm(t) ve açısal hız w(t) değerleri ölçülüp bu değerlere bağlı grafik çizilir. Elde edilen grafikte eğri uydurma ile bulunan denklemden B ve TL(t) değerleri hesaplanır.

### 5.2 Atalet (J) Katsayısının Hesaplanması:

Atalet esas olarak ivmelenme momenti  $Ta(t)$  ve açısai ivme  $aw(t)$  ile alakalıdır ;

$$J = Ta(t) / aw(t)$$

İvmelenme momenti  $Ta(t)$  ise ilk kalkış anında çekilen akımın maksimum değeri ile moment sabitinin ( $Km$ ) çarpımı sonucu ile elde edilir ;

$$Ta(t) = Km \times \dot{I}_{amax}$$

Moment sabiti ( $Km$ ) motorun çektiği akım ve mil momenti ölçülürse moment sabiti bulunmaktadır.

Motor nominal değerlerde boş çalıştırılmış, sonra yük momenti 0'dan başlayarak artırılmış ve  $Tm(t)$  değerlerine karşılık gelen  $\dot{I}a(t)$  değerleri kaydedilir. Sonrasında çıkan sonuçlar bir grafik ile değerlendirilerek bir eğri uydurma işlemi ile denklem elde edilir. Bu denklemden de moment sabiti ( $Km$ ) tespit edilmektedir.

Açısai ivmelenme ise DC motora nominal çalışma gerilimi (10V) uygulandığında elde edilecek hız-zaman grafiğinin eğiminden bulunmaktadır;

$$aw = wn / Tx$$

## 6 Sonuç

Kurulumu yapılan Haptik Sistem ile belirlenen profildeki kullanıcılar için döner düğme profillerinden hangilerinin daha kullanışlı olduğunu belirlemek için çeşitli kullanıcı test durumları oluşturulmaktadır.

Bu test durumlarına göre kullanıcılar belirlenen sürelerde kendilerine verilen işleri doğru yapması hedeflenmektedir. Bu durumları prototip iç kabul testlerine sokup prototip ölçme sistemi ile doğrulanmaktadır.

Sonuç olarak beklenen çıktı çamaşır makinesi özelinde; “ “X” kişi topluluğu ile “Y” işlemi yapmak için “Z” döner düğme profili daha kullanışlıdır ” gibi bir sonuç oluşturulmaktadır.

Döner düğme endüstride, otomotivde, teknik birçok cihazda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistem ile hedeflenen sadece çamaşır makinesi kullanıcıları için değil farklı alanlarda kullanılan döner düğmeler içinde uygulanması amaçlanmaktadır.

**Teşekkür** - Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için destek sağlayan Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'ne, proje ortağı firma olan Arçelik A.Ş'ne ve her türlü gerekli kolaylığı sağlayan YTKDM Birim Sorumlusu Dr. Mehmet ÖZBEK'e teşekkür eder.

## Kaynaklar

1. Çamaşır makinesi program seçim düğmesi kalite algısı modeli, SANTEZ proje dökümanı, 2012.

2. "Introduction to Haptik Interfaces and Its Application" Prof. Jee-Hwan Ryu, School of Mechanical Engineering , Korea University of Technology and Education, Human and Machine Haptiks in Historical Perspective ,Thomas B. Sheridan
3. What is Haptiks? Mandayam A Srinivasan, Laboratory for Human and Machine Haptiks: The Touch Lab Massachusetts Institute of Technology <http://touchlab.mit.edu>
4. "Haptik interfaces devices" Vincent Hayward, Oliver R. Astley, Manuel Cruz-Hernandez, Danny Grant and Gabriel Robles-De-La-Torre, Sensor Review Volume 24 · Number 1 · 2004 · pp. 16–29q Emerald Group Publishing Limited · ISSN 0260-2288 DOI 10.1108/02602280410515770
5. "What you see what you feel, On the simulation of touch in graphical user interfaces" Koert Martinus van Mensvoort, ISBN: 978-90-386-1672-8 © 2009 Koert van Mensvoort 29 april 2009 om 16.00
6. "Haptik Environment for Designing Human Interface of Virtual Mechanical Products" F.Kimura , N.Yamane Department of Precision Machinery Engineering The University of Tokyo, Tokyo, Japan
7. "Capturing the Dynamics of Mechanical Knobs" Colin Swindells and Karon E. MacLean Department of Computer Science, University of British Columbia, Canada E-mail: [swindell@cs.ubc.ca](mailto:swindell@cs.ubc.ca), [maclea@cs.ubc.ca](mailto:maclea@cs.ubc.ca)
8. Haptik Feedback: A Potted History, From Telepresence to Virtual Reality, Prof. Robert J. Stone Scientific Director MUSE Virtual Presence Chester House, 79 Dane Road, Sale, M33 7BP, UK (+44) (0)161 -969-1155 [bob.stone@musevp.com](mailto:bob.stone@musevp.com)
9. "Introduction to Haptik Interfaces and Its Application" Prof. Jee-Hwan Ryu, School of Mechanical Engineering , Korea University of Technology and Education
10. A Large Haptik Device for Aircraft Engine Maintainability, Diego Borro, Joan Savall, Aiert Amundarain, and Jorge Juan Gil Centro de Estudios e Investigaciones Tecnicas de Gipuzkoa Alejandro García-Alonso University of Basque Country Luis Matey University of Navarre
11. "Cooperation of human and machines in assembly lines", J. Krüger, T.K. Lien, A. Verl, CIRP Annals - Manufacturing Technology 58 (2009) 628–646
12. <http://bolcana.org/teknoloji/haptik-feed-back-nedir-nerelerde-kullanilir.html>
13. "Multifunctional systems in vehicles: a usability evaluation", Thatcher, A., James, J & Todd, A. (2005). Proceedings of CybErg 2005. The Fourth International Cyberspace Conference on Ergonomics. Johannesburg: International Ergonomics Association Press
14. Adapted from R.L. Klatzky, et al, "Procedures for Haptik Object Exploration vs. Manipulation", " Vision and Action: The Control Of Grasping, ed. M. Goodale , New Jersey: Ablex, 1990, 110-127 36
15. "Haptik technologies for the conceptual and validation phases of product design", Monica Bordegoni, Giorgio Colombo, Luca Formentini, Computers & Graphics 30 (2006) 377–390 Computer Graphics in Italy
16. Virtual prototyping enhanced by a haptik interface, S. Ha a,\* , L. Kim a, S.Park a, C. Jun b, H. Rho, CIRP Annals - Manufacturing Technology 58 (2009) 135–138