

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EL REHABİLİTASYON TEDAVİSİNDE KULLANILMAK
ÜZERE BİR ROBOTİK SİSTEMİN TASARIMI VE
GERÇEKLENMESİ**

ENİS AYTEKİN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EL REHABİLİTASYON TEDAVİSİNDE KULLANILMAK
ÜZERE BİR ROBOTİK SİSTEMİN TASARIMI VE
GERÇEKLENMESİ**

ENİS AYTEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ
Danışman, Kocaeli Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa H. B. UÇAR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan DEMİRYÜREK
Jüri Üyesi, Düzce Üniv.


.....


.....


.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 07.10.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

El rahatsızlığı geçiren bireylerin sosyal hayatlarına devam edebilmeleri için günümüzde çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Rahatsızlık geçiren bireylerin hareketlerinde ki kısıtlama bu bireylerde hem fiziksel etki hem de psikolojik etki oluşturmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte fizik tedavi süreçlerinde de gelişmeler olmuştur. Uzmana sık gözükmeye yerine uzman kişinin denetimi ile bilgisayar destekli, mekan bağımsız egzersiz yapabilme çalışmaları olmaktadır. Bu tez çalışmasında el rahatsızlığı geçirmiş bireylerin fizik tedavi süreçleri için kablosuz kontrol sistemi destekli bir tasarım geliştirilmiştir.

Çalışmamın bütün sürecinde bana desteğini esirgemeyen, sabır gösteren, bilgi ve tecrübesinden istifade ettiğim danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sürecinde beni destekleyen ve yanımda olan sevgili eşim Sema AYTEKİN' e teşekkür ederim.

Yaptığım çalışmada bilgisini ve emeğini esirgemeyen dostum Emin Şahin DEMİR' e teşekkür ederim.

Aralık – 2019

Enis AYTEKİN

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR | i |
| İÇİNDEKİLER | ii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | iii |
| TABLolar DİZİNİ | v |
| SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ | vi |
| ÖZET..... | vii |
| ABSTRACT | viii |
| GİRİŞ | 1 |
| 1. GENEL BİLGİLER | 3 |
| 1.1. El Anatomisi | 3 |
| 1.2. Elde Kavrama..... | 5 |
| 1.3. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Gerektiren Durumlar | 6 |
| 1.3.1. Tendon yaralanmaları | 6 |
| 1.3.2. İnme (Serabravasküler durum) | 7 |
| 1.3.3. Omurilik yaralanmaları..... | 8 |
| 1.3.4. Serebral palsi | 8 |
| 1.3.5. Sinirsel hastalıklar | 8 |
| 1.4. Literatür..... | 8 |
| 1.5. Ticari Örnekler..... | 13 |
| 1.5.1. HandTutor el terapisi | 13 |
| 1.5.2. Music glove | 14 |
| 1.6. Tezin Amacı..... | 15 |
| 2. SİSTEM, TASARIM, MALZEME | 16 |
| 2.1. Robot El Yapısı..... | 16 |
| 2.2. Servo Motorlar | 17 |
| 2.2. Esnek Sensörler..... | 18 |
| 2.4. XBee Kablosuz Haberleşme Modülü..... | 20 |
| 2.5. XBee Shield | 22 |
| 2.6. Arduino Uno | 23 |
| 2.7. Arayüz..... | 24 |
| 3. UYGULAMA | 25 |
| 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 39 |
| KAYNAKLAR | 41 |
| EKLER | 46 |
| KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER | 69 |
| ÖZGEÇMİŞ | 70 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 1.1. | Elin anatomik kemik görüntüsü..... | 3 |
| Şekil 1.2. | Elin x-ray görüntüsü | 4 |
| Şekil 1.3. | Elin anatomik yapısı | 4 |
| Şekil 1.4. | Elin tutuş ve kavrama pozisyonları..... | 5 |
| Şekil 1.5. | Fleksör tendonlar | 6 |
| Şekil 1.6. | Fleksör tendon kayma egzersizleri..... | 7 |
| Şekil 1.7. | Örnek üst ekstremité robot uygulaması | 7 |
| Şekil 1.8. | Park ve arkadaşlarının oluşturduğu tasarım..... | 9 |
| Şekil 1.9. | Y. Ren ve H. Park'ın tasarımları..... | 10 |
| Şekil 1.10. | M. King ve arkadaşlarının tasarımı..... | 10 |
| Şekil 1.11. | Sanal gerçeklik içerikli el rehabilitasyon ortamı | 11 |
| Şekil 1.12. | Kol ve el rehabilitasyonu için pediatrik etkileşimli tedavi sistemi | 12 |
| Şekil 1.13. | Kuvvet algılama mekanizması ile elrehabilitasyon sistemi tasarımı | 13 |
| Şekil 1.14. | HandTutor eldiveni | 13 |
| Şekil 1.15. | HandTutor arayüzü | 14 |
| Şekil 1.16. | Music glove sistemi | 14 |
| Şekil 2.1. | Robot el yapısı | 16 |
| Şekil 2.2. | Servo motorların robot ele bağlantısı..... | 17 |
| Şekil 2.3. | TowerPro SG5010 servo motorların boyutları | 17 |
| Şekil 2.4. | Flex ensör ve eğilme durumu..... | 19 |
| Şekil 2.5. | Flex sensör bağlantısı..... | 19 |
| Şekil 2.6. | Flex sensörlerin eldivene yerleştirilmiş şekli..... | 20 |
| Şekil 2.7. | Xbee Pro S1 modülü | 20 |
| Şekil 2.8. | Xbee ve mikrodenetleyici bağlantısı..... | 21 |
| Şekil 2.9. | Xbee rolleri ve ağ örneği..... | 22 |
| Şekil 2.10. | Xbee Shield..... | 23 |
| Şekil 2.11. | Arduino Uno | 23 |
| Şekil 3.1. | Ara yüz programına ait akış şeması | 25 |
| Şekil 3.2. | Veri eldiveni akış şeması | 26 |
| Şekil 3.3. | Robot el akış şeması | 26 |
| Şekil 3.4. | Veri eldiveni proteus bağlantı şeması | 27 |
| Şekil 3.5. | Robot el proteus bağlantı şeması | 27 |
| Şekil 3.6. | Gerçekleştirilen robotik el yapısı | 28 |
| Şekil 3.7. | Sistem açılış başlıkları | 28 |
| Şekil 3.8. | Baskı devre şeması..... | 29 |
| Şekil 3.9. | Sistem ileri adım başlığı..... | 29 |
| Şekil 3.10. | Ara yüz programı | 30 |
| Şekil 3.11. | Şifreli giriş ekranı | 31 |
| Şekil 3.12. | Başarılı giriş ekranı | 31 |
| Şekil 3.13. | Uzman çalışma ekranı..... | 31 |
| Şekil 3.14. | Egzersiz için belirlenen hareketler..... | 32 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 3.15. | Dosya ekleme işlemi | 32 |
| Şekil 3.16. | Mail yollama işlemi | 33 |
| Şekil 3.17. | Uzmanın yolladığı egzersiz listesi | 33 |
| Şekil 3.18. | Hasta çalışma ekranı | 34 |
| Şekil 3.19. | Parmak verileri..... | 34 |
| Şekil 3.20. | Başarılı hareket sayısı | 35 |
| Şekil 3.21. | Grafik kaydı | 35 |
| Şekil 3.22. | Excel'e aktarılan veriler | 36 |
| Şekil 3.23. | Dosya seçme işlemi | 36 |
| Şekil 3.24. | Mesaj yollama işlemi | 37 |
| Şekil 3.25. | Veri silme işlemi | 37 |
| Şekil 3.26. | Uzmana giden görsel | 38 |



TABLULAR DİZİNİ

| | | |
|------------|--|----|
| Tablo 2.1. | TowerPro SG5010 servo motorların teknik detayları..... | 18 |
| Tablo 2.2. | Flex ensör direnç değerleri..... | 19 |



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|------|---------------------------|
| A | : Amper |
| cm. | : Centimeter (Santimetre) |
| Ghz. | : Gigahertz |
| KB | : KiloByte(Kilo bayt) |
| kg. | : Kilogram |
| mA | : Mili Amper |
| V | : Volt |

Kısaltmalar

| | |
|--------|---|
| 3D | : 3 Dimension (3 Boyut) |
| EEPROM | : Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektriksel Yazılıp Silinebilir Bellek) |
| EMG | : Elektromiyogram |
| FPGA | : Field Programmable Gate Array (Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri) |
| ID | : Identification (Kimlik) |
| IEEE | : Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) |
| LCD | : Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran) |
| maks. | : Maksimum |
| MIR | : Mini Infrared Carbon Dioxide Sensor (Küçük Kızılötesi Karbon Dioksit Sensör) |
| MS | : Multipl Skleroz |
| PAN | : Personal Area Networks (Kişisel Alan Ağı) |
| RF | : Radio Frequence (Radyo Frekans) |
| SRAM | : Static Random Access Memory (Statik Rastgele Erişim Belleği) |
| USB | : Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veri yolu) |
| XC | : XBee Coordinator (Xbee Koordinatör) |
| XED | : Xbee End Device (Xbee Son Cihaz) |
| XR | : Xbee Router (Xbee Yönlendirici) |

EL REHABİLİTASYON TEDAVİSİNDE KULLANILMAK ÜZERE BİR ROBOTİK SİSTEMİN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında, el rahatsızlığı geçirmiş bireylerin iyileşme süreçlerinde yapabilecekleri fizik tedavi egzersizlerinin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Eldivene montajı yapılmış flex sensörler vasıtasıyla alınan parmak hareketleri verileri ile robotik elde kontrol sağlanmıştır. Robotik el 3D yazıcıdan baskı alınmıştır. İlgili elin hareketi mikrodenetleyici tarafından servo motorlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Mikrodenetleyici olarak Arduino Uno kullanılmıştır. Sistem bağlantısı için Xbee-S1 kablosuz modülü kullanılmaktadır. Kurulan sistem bilgisayarda kullanılan bir ara yüz programı ile entegre çalışmaktadır. Ara yüz programında doğru yapılan hareketlerin verileri grafik formda gösterilmektedir. Bu veriler Excel formunda kayıt edilerek ilgili uzman kişilere elektronik posta ile yollanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arduino, Kablosuz Kontrol, Robotik El, Xbee.

A ROBOTIC SYSTEM USED IN HAND REHABILITATION THERAPY OF DESIGN AND IMPLEMENTATION

ABSTRACT

In this thesis work, it is planned to perform physical exercises that individuals with hand discomfort can do in their healing processes. Robotic hand control of finger movement data obtained by flexible sensors mounted on the glove is provided. Robotic hand printed from 3D printer. The robotic hand is controlled by microcontroller via servo motors. Arduino is used as a microcontroller and the Xbee-S1 wireless module is used for the system connection. The system is integrated with an interface used in the computer. The data of the correct movements in the interface program are shown in graphical form. These data can be saved in Excel form and sent to the relevant experts via e-mail.

Keywords: Arduino, Wireless Control, Robotic Hand, Xbee.

GİRİŞ

Günümüzde bilimsel ve teknolojik gelişmeler neticesinde; kazalar sonucu oluşan beklenmeyen rahatsızlıkların sayısı düşmekte ve hayat süresi artmaktadır. Ayrıca sürekli devam eden bir rahatsızlığı olan bireyler ile bir kaza sonucu rahatsızlığı oluşan kişilere yaşamı kolaylaştırma çalışmalarının önemi artmaktadır [1]. Rehabilitasyon kaybedilen yeterliliklerin tekrar kazandırılmasıdır. Rehabilitasyon dünya savaşları sonucunda hastalık ve sakatlıkların tedavisi için ortaya çıkmıştır. Türkiye’de 1970’li yıllarda el cerrahisinde ki artış ile beraber el rehabilitasyonu sürecinde hızlanmıştır [2].

Bireyin kendini ifade etmesinde, dokunmasında, hissetmesinde ve gündelik işleri yapmasında el en çok ihtiyaç duyulan vücut uzuvlarından biridir. Elin normal durumdaki hareketleri rahat ve canlı bir hayat için oldukça önemlidir [3]. Çok kullanılan el gibi vücut uzuvlarının hasar görme oranları da yüksek olmaktadır. El hareketlerinin kısıtlanması, eksilmesi ya da belirli süre ortadan kalması genellikle bir darbe ya da travma neticesinde oluşan felç olayı sonucunda oluşmaktadır. Bu tür hastalıklar sonucunda kişiler ellerinde ve bileklerinde sorunlar yaşamaktadır [4]. Uygun tedaviler oluşan bu rahatsızlıkları düzeltmeyi ön görmektedir [5].

Metekarp ve falanks kırıkları iskelet sisteminde en çok görülen kırık durumlarıdır. Acil servise giden kişilerin %14-28’lik oranını bu kırık şikayeti oluşturmaktadır. Elde en fazla görülen kırılma biçimi de falanks kırılmasıdır. Bütün el kırıklarının %46’sını oluşturmaktadır. Falanks kırıklarında bir yan etkinin oluşma oranı yüksektir. Bu oran bazı durumlarda %46 seviyelerindedir. Tedavi sonrası normal parmak hareketlerine ulaşma oranı yüksek olmaktadır. El kırıkları tedavi edilmezse bozukluk, çok tedavi uygulanırsa eklemlerde gerilme ve sertlik hatta kırılma, az tedavi edilirse eklemlerde sertlik ve bozulma aynı anda görülebilir [6]. Ülkemizde yapılan bir araştırmaya göre 12803 kırıktan 586’sı metekarp, 1035’i falanks kırığıdır [7]. Falanks kırılmaları bütün spor yaralanmaları içerisinde %3-%25 arasındadır [8]. El rahatsızlığı geçiren hastalar, hastalık durumundan önceki hayatlarına dönebilmek

için uzun süreli ve yüksek fiyatlı bir rehabilitasyon süreci ile yüz yüze kalmaktadır [9]. Rehabilitasyon için oluşturulmuş dış iskelet sistemleri belirtilen bu olumsuz durumları ortadan kaldırmayı hedeflemektedir [10]. Dış iskelet sistemleri el rahatsızlığı geçirmiş bireye tekrarlanabilir ve kaydı yapılabilir egzersiz planı sunduğu için tedaviyi randımanlı ve etkili hale getirmektedir [11].

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2002 yılında yaptığı araştırma ülkemizde ki en kapsamlı ulusal engellilik araştırması olma özelliğini halen sürdürmektedir. Bu araştırmaya göre; Türkiye'deki engelli vatandaş sayısının %24'ünün ortopedik kusurlu olduğu ve bu oranın %74'ünün ise sonradan yaşanan iş kazaları neticesinde olduğu bulunmuştur [12]. Bunlardan %45'i rehabilitasyon hareketleri ile veya farklı uygulamalarla yeniden sağlıklı bir hayata göz kırpmıştır. Sağlıklı bir yaşama yeniden başlayan kişi sayısının artması için yapılan birden fazla fizik tedavi çalışması bulunmaktadır [13].

Fizik tedavi alanına hakim uzmanlar tarafından saptanmış tanıya göre yaralanma, rahatsızlık, doğumsal engel, hareket sistemi sorunları ya da işlev bozukluklarında, işlevin ya da hayat standardının geliştirilmesi için uzman ekip ile yapılan elektrik akımı, alıştırma, sıcak veya soğuk denemeleri ya da farklı yöntemler ile hastaların tedavi süreçlerine verilen adlandırmadır [14]. Fizik tedavi bireyin hareket edebilme potansiyelini arttırmaya yarar. Dünya Sağlık Örgütü senede %3,2 oranla fiziksel hareketsizliği başlıca ölüm tehlikesi etkenlerinden biri olarak belirtmiştir [15].

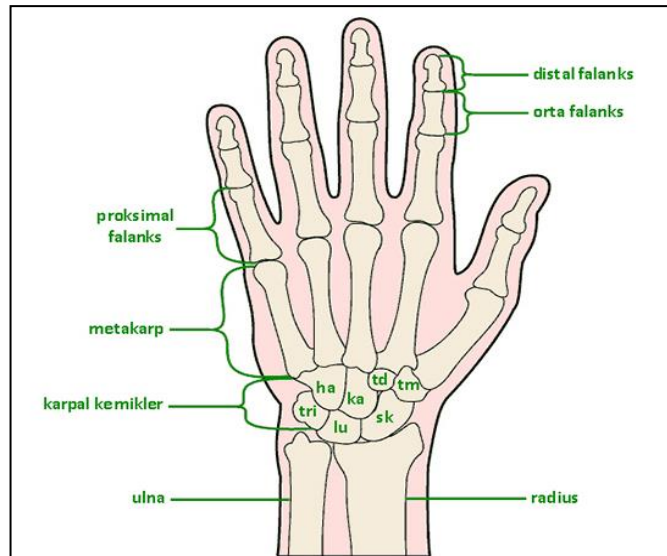
Sağlık Bakanlığı raporuna göre istihdam edilen doktor sayısında artış olmasına rağmen doktor başına düşen hasta sayısında da artış görülmektedir [16]. Bunun sonucu olarak hasta başına düşen muayene süresinde azalma olmaktadır. Fizik tedavi sürecinde uzmanın gerekli görüşme süresini sunamaması tedavinin yarım bırakılması ya da başka bir uzman ile tedaviye yeniden başlama ile sonuçlanmaktadır. Sağlık merkezlerinin sayıca eksik kalması ya da donanımı iyi olan merkezlerde tedavinin yüksek ücretli oluşu fizik tedavinin olumlu şekilde sonuçlanmasının önde bir engel olarak durmaktadır. Hastanın tedaviye devam edebilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Seçeneklerden takma parça ile organın desteklenmesi, kasların doğruca uyarılması, egzersizlerle kas yeterliliklerinin yeniden kazandırılması geniş çaplı kullanılan çözümlerdendir [17].

1. GENEL BİLGİLER

1.1. El Anatomisi

El, tutan, kavrayan ve ince kas hareketleri olan önemli bir uzuvdur. Elin rahat hareket etmesi kaliteli bir yaşam için oldukça önemlidir. El, çevreden uyarıcı işaretler alırken kavrama ve tutma yeteneğine de sahiptir [17, 19, 20].

Elin anatomisi gözlemlendiğinde elin bütün fizyolojisinin, kemikler, eklemler, kaslar, ligamanlar (kemiği kemiğe bağlayan sert doku), tendonlar, sinirler ve diğer dokulardan meydana geldiği görülür [21]. El de bütün hareketleri yapabileceğimiz 27 kemik vardır. Kemikler elin kendi duruşu ve hareket yapabilme kabiliyeti olan kısmıdır. Eklemler kemiklerin birleştiği yerde hareket kabiliyeti olan bölümlerdir. Kemiklerin üst katmanında ise kırık dokusu vardır. Elde radius ve ulna isimli 2 adet ön kol kemiği vardır. El bileğinde skafoidum, lunatum, trikuetrum, pisiforme, trapezium, trapezoideum, kapitatum, hamatum isimli 8 tane ufak kemik bulunur. Elin aya bölgesi ile üstü arasında 5 adet tarak kemiği bulunur. Bunlara metakarp adı verilir. 14 tane falanks isimli kemikten oluşan parmak kemikleri ile birlikte toplamda 29 kemikten oluşan bir el anatomisi oluşur [22]. Şekil 1.1.'de elin anatomik kemik görüntüsü verilmiştir.



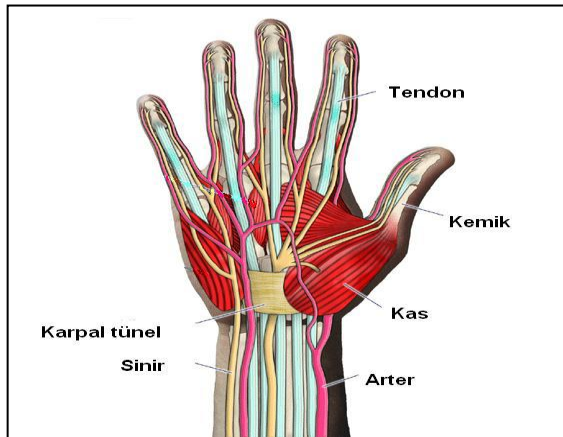
Şekil 1.1. Elin anatomik kemik görüntüsü

Şekil 1.2.'de elin x-ray görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. Elin x-ray görüntüsü

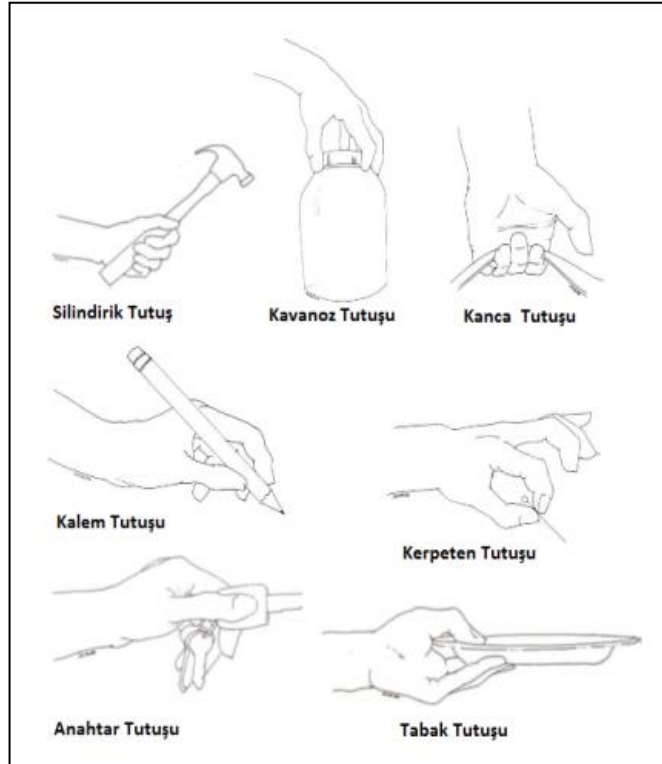
El anatomisinde kemikler ile birlikte damarlar, kaslar, sinirler ve bağlar da bulunmaktadır. Bağlar kemikler bir arada tutan bölümlerdir. Sinirler beyin tarafından kontrol için gelen sinyallerin iletildiği kısımlardır. Damarlar enerji için gerekli olan kan taşınmasını yapan parçalardır. Kaslar kendisine sinirler vasıtasıyla gelen sinyallere göre hareketin yapılmasını sağlayan bölümlerdir. Kasların kemiklerle karşılaştıkları yerlere tendon adı verilir. Elin hareketini gerçekleştirmek için çalışan kasların bir bölümü elin içerisinde bulunur, diğer bölümü ise önkol bölgesini geçerek ele gelir. Bu kaslar fleksör (parmak kapatıcı) ve eks-tensör (parmak açıcı) isimlerindedir. El kasları geniş anlamda bükme, açma, uzaklaştırma, yakınlaştırma, dışa döndürme ve çevirme hareketlerini icra ettirirler. Fizik tedavi ve el rehabilitasyonu bu mevcut hareketleri başlangıç noktası olarak görür [23]. Şekil 1.3.'de elin anatomik yapısı verilmiştir [23].



Şekil 1.3. Elin anatomik yapısı

1.2. Elde Kavrama

İnsan eli tutma analizlerinde, başlıca iki tip kavrama gözetilmiştir. Güçlü kavrama ve ince iş kavraması. Güçlü kavramada, cisim, kıvrılmış parmaklar ile avuç içine kısıtılmıştır. Başparmak uzanmış durumdadır ve gerektiğinde karşı basınç yaratabilecek şekilde cisim üzerine uzanmıştır. Hassas iş tutuşunda ise nesne yalnızca parmakların uçları arasına tutturulmuştur. Gerekli olan kavrama biçimini belirleyen unsur yapılacak işteki amaçtır. Esasında tutuş biçiminin tercihi tümüyle hedefe bağlıdır. Gösterilmiştir ki, insan eli bir cisme uzanırken yapacağı işe uygun bir tutuş biçimi alır [24]. İnsan eli hepsi bir diğerinden değişik olarak farklı kavrama ve duruş durumları için aşağı yukarı 20 civarı serbestlik derecesine sahiptir. Bu kavrama işlemlerinin gerçekleşmesi, eklemlere bağlı tendonlar, kaslar ve uyarıcı sinirler tarafından gerçekleşir. Çalışmalara göre 5-6 farklı hareket günlük aktivitelerimizin çok büyük bir kısmını karşılamak için yeterli olmaktadır. Bunlar, Şekil 1.4.'de gösterilmiş olan işaret, çengel, anahtar tutuş ve silindir tutuş olarak isimlendirilen el pozisyon ve kavramalarıdır [25]. Güçlü kavramalar; silindirik, kavanoz ve kanca tutuşlarıdır. İnce iş kavramaları, kalem tutuş, kerpeten tutuş, anahtar tutuş, tabak tutuşlarıdır.

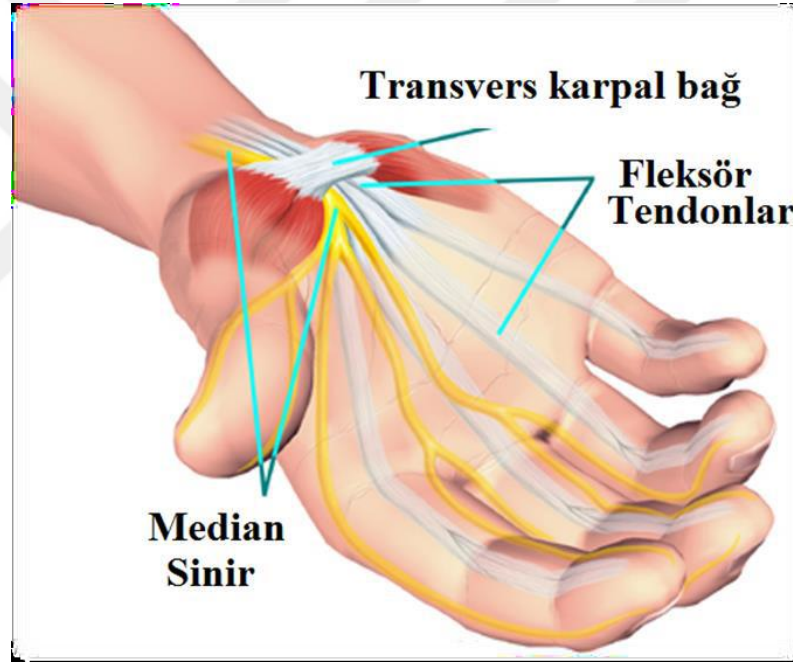


Şekil 1.4. Elin tutuş ve kavrama pozisyonları

1.3. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Gerektiren Durumlar

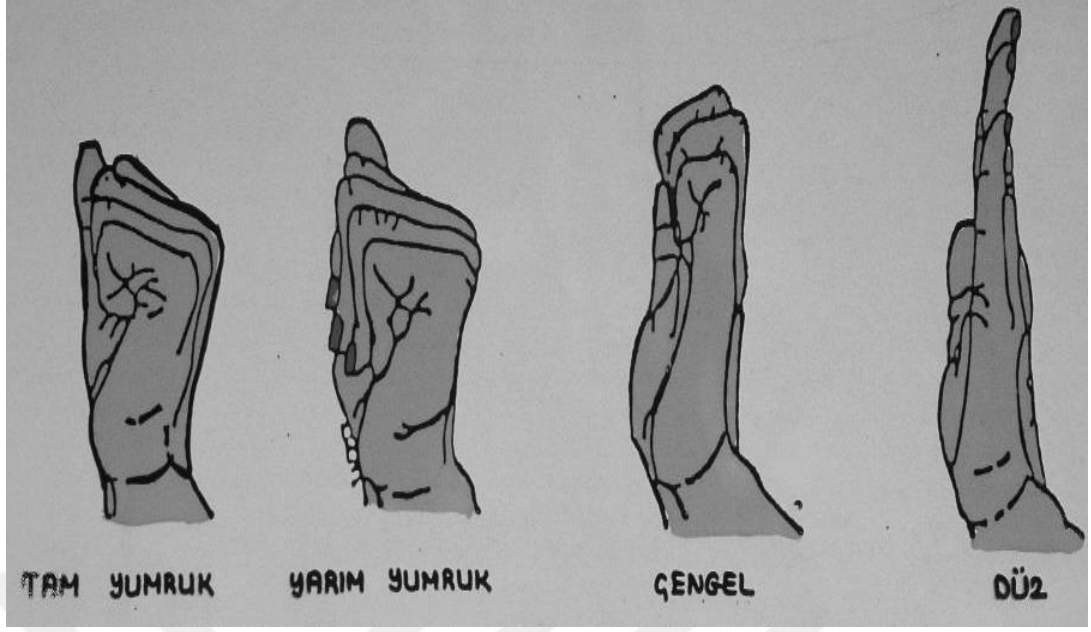
1.3.1. Tendon yaralanmaları

Fleksör tendon yaralanmaları elde çok görülen yaralanmalardandır. Ezilme, sert bir nesne ile darbe veya kesilme ile tendon yaralanması oluşabilir. Yaralanmalardan sonra cerrahi işlem olmadan düzelleme oranı azdır. Fleksör tendon yaralanmalarından sonra düzelmeyen oluşma sürecini etkileyen bir kaç etken vardır. Bunlar; yaralanma seviyesi, yaralanma cinsi (künt, keskin), yaralanmanın yan etkisi (damar, sinir, kemik, deri), cerrahi yöntem, hastanın iyileşmeyi isteme gücü ve duygusu, hastanın doku potansiyeli, rehabilitasyon programı yeterliliği. Şekil 1.5.'de fleksör tendonlar görülmektedir.



Şekil 1.5. Fleksör tendonlar

Tendon yaralanmasında, fleksör tendon tamirinden sonra, erken dönem (1-4 hafta), erken ara dönem (4-6 hafta), ara dönem (6-8 hafta) ve geç dönem (8-12 hafta) rehabilitasyon protokolleri uygulanmaktadır. Erken dönemde el için atel kullanılmaktadır. Erken ara dönemde atel çıkartılıp ödem kontrolü ve tutma egzersizleri yapılmaktadır. Ara dönemde bütün tendonlarda kayma egzersizleri, geç dönemde ise kuvvet egzersizleri yapılmaktadır. Bu egzersizler günde her biri 4-6 kez olan 10 tekrardan oluşmaktadır [26]. Şekil 1.6.'de, ara dönemde yapılan tendon kaydırma egzersizleri el hareketleri görülmektedir.



Şekil 1.6. Fleksör tendon kayma egzersizleri

Ekstensör tendonlar germe, uzatma işlevi olan tendonlardır. Kemik bölümüne yakın olduklarından sık görülen rahatsızlıklardandır. Tedavilerinde belirlenen süre boyunca hareketsiz bırakma ve elin dışı doğru belirlenen açıda germe egzersizleri yapılır [27].

1.3.2. İnme (Serabravasküler durum)

İnme yeryüzünde çok karşılaşılan sinirsel problemdir. Kalp rahatsızları ve kanser vakasından sonra ölüme sebebiyet verme sıralamasında üçüncü sıradadır [28]. Rehabilitasyon uygulamalarında kasları çalıştırmaya yönelik hareketler, denge hareketleri ve günlük yaşam hareketleri bulunur. Hastalara uzman gözetiminde, robot destekli tedavi uygulanmaktadır. Şekil 1.7.'da inmeli hastalara uygulanan robot destekli rehabilitasyon görülmektedir.



Şekil 1.7. Örnek üst ekstremitte robot uygulaması

1.3.3. Omurilik yaralanmaları

Omurilik yaralanmaları, omurilik içerisinde bulunan sinir dokunun darbe ya da başka sebeplerle oluşan yaralanmalara denir. Omurilik kırılmaları sonucunda sinir dokusunun hasar alması duyu kaybına ve tamamen ya da bölümsel felçlere sebep olur [29]. Rahatsızlık sonucu tedavisi için robotik ekipmanlar ile egzersizler yapılmaktadır.

1.3.4. Serebral palsy

Serebral palsy başka bir isimlendirme ile çocuklarda görülen beyin felcidir. Doğum öncesinde, esnasında ya da sonrasında sinir sisteminin bir şekilde hasar alması sonucu oluşur. Beynin oksijensiz kalmış olma ihtimali üzerinde durulmaktadır. Tedavisi olmamakla birlikte sonuçlarının etki seviyesini aza indirmek mümkündür. Kuvvetli ve sıkı rehabilitasyon ile çocuklarda görülen titreme, dengesizlik sorunları, yavaşlık, güçsüzlük, sertlik cerrahi işlemlerden daha çok fayda sağlamaktadır [30].

1.3.5. Sinirsel hastalıklar

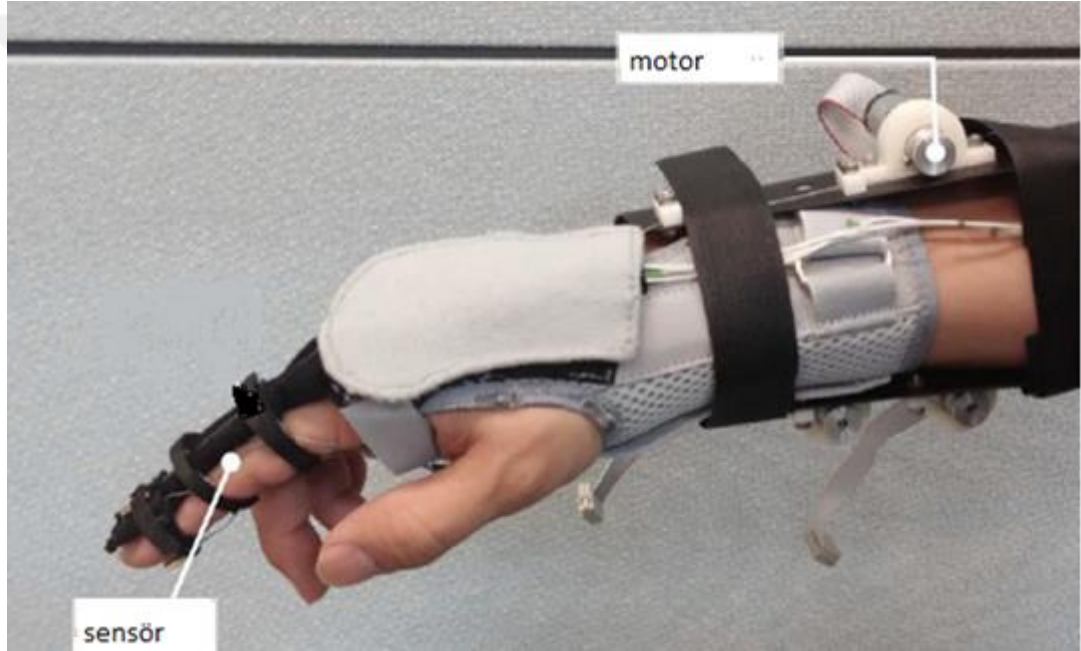
Multipl Skleroz (MS) beyin ve omurilikte bulunan sinirlerin etrafında bulunan koruyucu miyelin kılıfın bozulması sonucu ortaya çıkmaktadır. Miyelin kılıfın hasar aldığı yerlerde sertleşme oluşur. Bu sertleşme ile ortaya çıkan plak sinirlerde iletimi engeller. Bu hastalığın nedeni henüz bilinmemektedir. Rehabilitasyon kas ağrıları ve kasılmalara iyi gelmektedir ve hastanın özgüvenini arttırmaya faydalıdır [31].

1.4. Literatür

Robot kolunun kablosuz kontrolünde değişik yöntemlere literatürde rastlanmaktadır. Sümbül ve Coşkun yaptıkları çalışmada, çok fonksiyonlu bir mayın tarama robotu tasarımı yapmışlar ve robot üzerine MIR sensörü konumlandırarak kara mayınlarının uzaktan bulunmasını sağlamışlardır. Mayın tarama robotunun kontrolü RF alıcı verici sayesinde yapılabilmektedir [32]. Alp ve arkadaşları gezen bir robotun internet üzerinden erişimi ve kontrolüne dair tasarım öngörüsünde bulunmuşlardır [33]. Karcı ve arkadaşları 5 eksenli bir robot kol tasarımını FPGA ile oluşturmuşlardır [34]. Uyar ve arkadaşları, çalışmalarında dirsek altı protez kolunun beyin dalgaları ile kontrolünü sağlamışlardır [35].

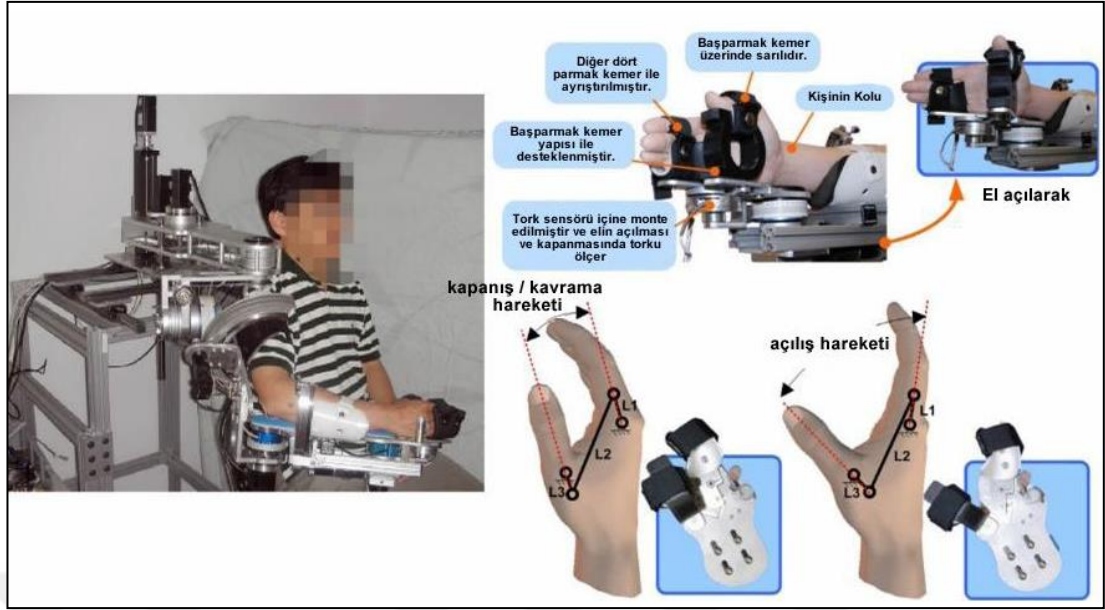
Yapılan el rehabilitasyonu çalışmaları incelendiğinde hastanın sıkılmasını engellemek adına sistemlere oyun tabanlı yaklaşım yerleştirildiği görülmektedir. P. Kaya ve Ö.T. Yılmaz serebral palsili çocuklarda denge ve performans ölçeğinde normal tedavilerine ek egzersizlerine oyun terapilerinin eklenmesinin daha fazla fayda sağlayacağını belirtmişlerdir [36].

Park ve arkadaşları insanların el tendonlarından feyz alarak oluşturdukları sistemde parmak germe hareketlerini kullanabilen tasarım oluşturmuşlardır. Motor vasıtasıyla alınan eklemsel açılar esnek sensörler (flex) ile ölçülmektedir [37]. Şekil 1.8.'de Park ve arkadaşlarının oluşturduğu tasarım görülmektedir.



Şekil 1.8. Park ve arkadaşlarının oluşturduğu tasarım

Y. Ren ile H. Park "IntelliArm" ismini verdikleri çalışmada inmeli hastalar için el açma ve kapama hareketleri için rehabilitasyon tasarımı oluşturulmuştur. Yapılan tasarım omuzdan parmaklara kadar oluşan 8+2 serbestlik derecesinde yapılmıştır [38]. Şekil 1.9.'de geliştirdikleri tasarım ile beraber hasta üzerinde bulunan tasarım görülmektedir.



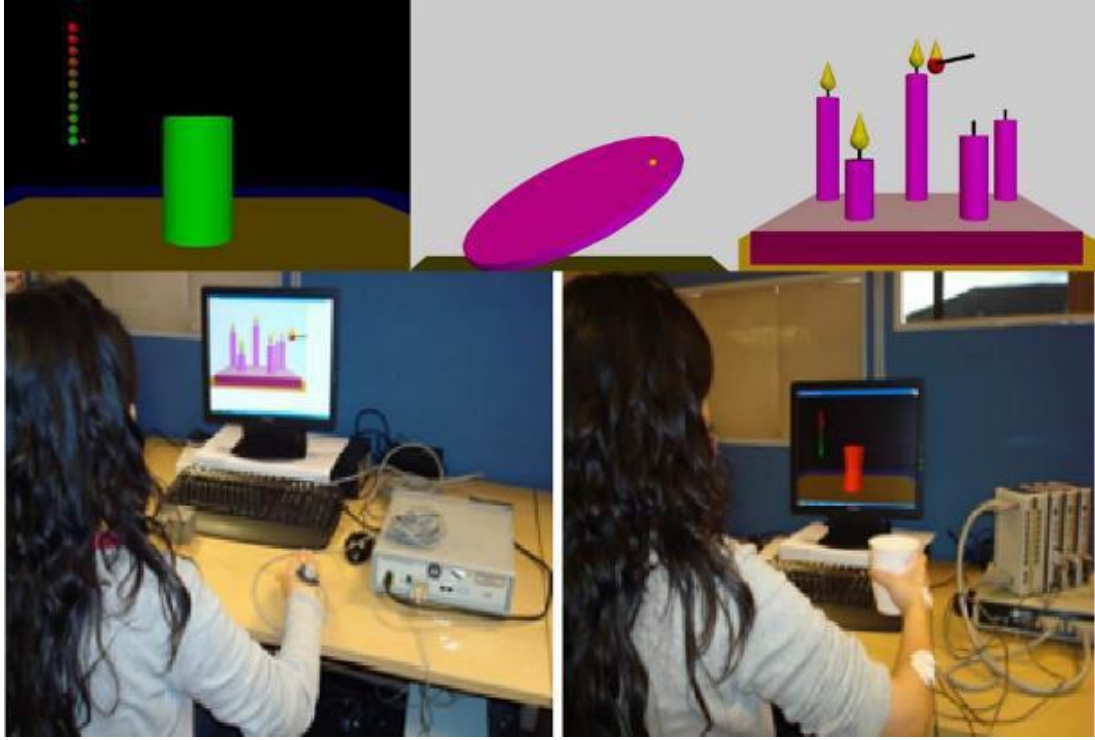
Şekil 1.9. Y. Ren ve H. Park'ın tasarımları

M. King ve arkadaşları el kaslarında güçsüzlük bulunan hastalar için masa üzerinde destek sağlanarak oluşturulan bir tasarım gerçekleştirdi. Bu tasarımda arttırılmış gerçeklik ile bilgisayar sistemi bulunur [39]. Şekil 1.10.'da M. King ve arkadaşlarının tasarımı görülmektedir.



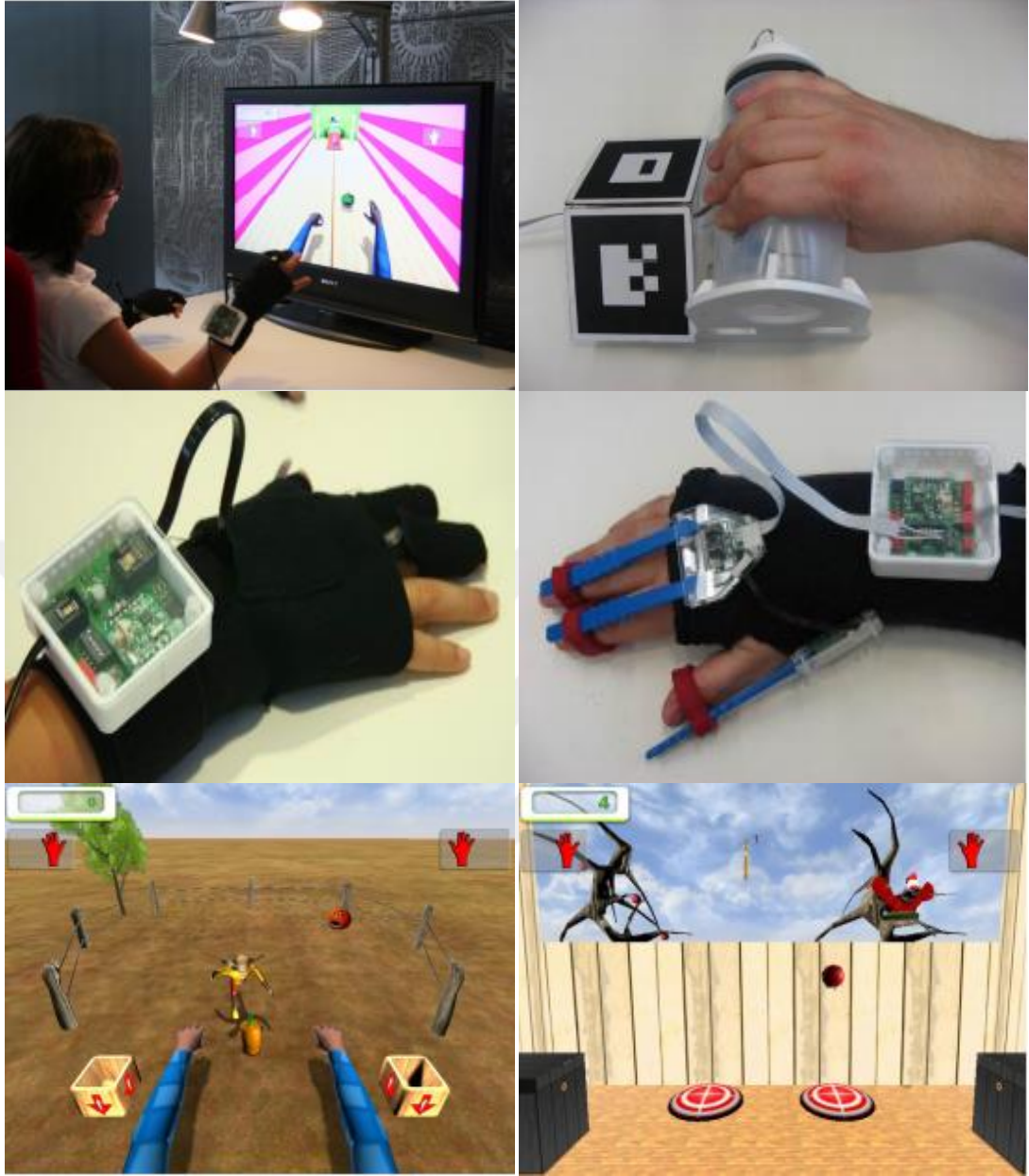
Şekil 1.10. M. King ve arkadaşlarının tasarımı

Ma Sha ve arkadaşları anlık görüntü izleme sistemi ve elektromiyografi (EMG) sinyallerini kullanarak sanal gerçeklik içerikli bir tasarım oluşturmuşlardır. Bu tasarımda iş yapma mantığı ile mum yakma, kavrama, yuvarlak bir nesneyi belirli süre aynı ekseninde tutma gibi yapılması gereken işler bulunmaktadır [40]. Şekil 1.11.'de tasarım ortamı görülmektedir.



Şekil 1.11. Sanal gerçeklik içerikli el rehabilitasyon ortamı

Pawel Pyk ve arkadaşları “Kol ve El Rehabilitasyonu için Pediatrik Etkileşimli Tedavi Sistemi” isimli çalışmalarında görüntü ekranı, bilgisayar ve veri eldiveninden oluşan içerisinde birkaç oyun barındıran tasarım oluşturduklar. Veri eldiveninde manyetik alan yoğunluğunu ölçen sensör, ivme ölçmeyi sağlayan sensör ve pusula bulunmaktadır. Bu tasarım çocuklara yöneliktir. Oyunda oyuncak yakalama, havuç yakalama, domates hokkabazlığıdır [41]. Şekil 1.12.'de “Kol ve El Rehabilitasyonu için Pediatrik Etkileşimli Tedavi Sistemi” görselleri görülmektedir [41].



Şekil 3.12. Kol ve el rehabilitasyonu için pediatrik etkileşimli tedavi sistemi

Songyuan Zhang ve arkadaşları “Kuvvet Algılama Mekanizması ile Telerehabilitasyon Sistemi Tasarımı” adlı projelerinde el ve kol için telerehabilitasyon sürecini sağlamışlardır [42]. Veri aktarımı sürecinde oluşabilecek hataları düzelterek sistemi randımanlı bir şekilde çalıştırmaktadır. Uzman anlık görüntü aktarımı ile hastanın takmış olduğu iskelet tasarımını yönlendirmektedir [42]. Şekil 1.13.’de bu çalışmanın görselleri bulunmaktadır [42].



Şekil 1.13. Kuvvet algılama mekanizması ile telerehabilitasyon sistemi tasarımı

1.5. Ticari Örnekler

1.5.1. HandTutor El Terapisi

Bu cihaz parmak, el, bilek hareketlerini algılayıp kaydeden pozisyon ve hız sensörleri barındıran eldivenden oluşmaktadır. Oyunlar sayesinde hastanın yaptığı hareketlerin açıklık oranı ile hızı ve hassaslık seviyesi değiştirilebilen egzersizlerden oluşur. Ayrıca kavrama hareketleri yapabilmeye de olanak sağlar. Bilgisayar kullanan her kişinin basitlikle kullanabildiği sistem 100.000'den fazla kişiye kullanım şansı sunmuştur. Şekil 1.14.'de HandTutor eldiveni, Şekil 1.15.'de de HandTutor arayüzü bulunmaktadır [23].



Şekil 1.14. HandTutor eldiveni



Şekil 1.15. HandTutor arayüzü

1.5.2. Music Glove

El fonksiyonlarını kısa bir süre içerisinde iyileştirebilen oyun tabanlı bir sistemdir. Müzik dinleyip ekranda gelen notalar için uygun parmağınızı sıkıştırma hareketi ile uygun hareketleri yaptırmaktadır. Şekil 1.16.'de sistemin görüntüsü verilmiştir [43].



Şekil 1.16. Music glove sistemi

Ticari örnekler incelendiğinde tezimizde oluşturduğumuz sistemin belirtilen ticari sistemlerden yaklaşık yüzde 40 daha uygun olduğu görülmektedir.

1.6. Tezin Amacı

Fizik tedavi sürecinde hastanın sağlık merkezine gitmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda ve uygulamalarda uzmanın hastaya sözlü olarak yapılması gereken egzersizleri bildirdiği görülmektedir. Hastanın sağlık merkezine gitme sayısını düşürmek için ve hastanın kendi ortamında rahatça egzersiz yapabilmesi için ev uygulamaları verilmektedir. Evde yapılan egzersizlerin kontrolü periyodik olarak uzmanlar tarafından yapılmaktadır. El rehabilitasyonu sürecinde görülen eksiklikler neticesinde farklı projeler ve çalışmalar yapılarak karşılaşılan problemlerin üstesinden gelinmesi amaçlanmıştır. Araştırmalar incelendiğinde çoğu tasarımın ve gerçekleşmiş sistemin yüksek maliyetli olduğu görülmektedir.

Bu tezde ara dönemde yapılan tendon kaydırma egzersizlerinin fizik tedavisinde kullanılmak üzere bir robotik sistem gerçeklenmiştir.

Yapılan tezin hedefi; hastanın sağlık merkezine gidiş sayısını düşürmek, hastanın evinde yaptığı egzersizleri daha eğlenceli kılmak, projede bulunan zgn ara yüz ile bilgisayar ortamında yapılan egzersizlerin sayısal tekrarını grafiksel olarak izleyerek görsellik kazandırmak, hastanın yaptığı egzersizlerin kaydını tutmak ve istenilen anda uzmana gerekli verileri elektronik posta ile ulaştırmak ve düşük maliyetli olmaktır. Çalışma sonucunda literatürde karşılaşılan sorunlardan bir ya da bir kaçına çözüm bulunulması düşünülmektedir.

2. SİSTEM, TASARIM, MALZEME

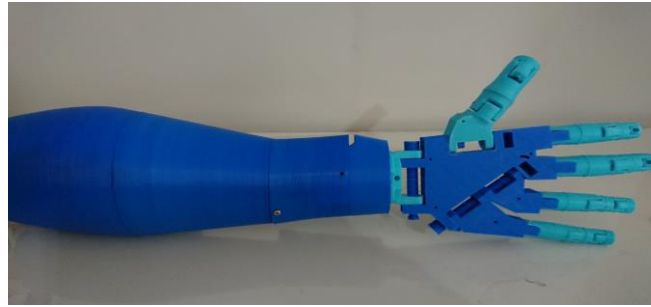
Yapılan tez çalışmasında verilerin alındığı bir eldiven, verilerin işlenip uzmana iletildiği ara yüz programı ve robot el yapısı bulunmaktadır. Bu bölümde tasarımı oluşturan malzemeler ve programlar tanıtılacaktır.

2.1. Robot El Yapısı

Donanımda kullanılan robot el yapısı 3D yazıcıdan çıktı alınarak oluşturulmuştur. Bu tasarım açık kaynak olarak erişime sunulmuştur [44]. Robot eli oluşturan parça listesi aşağıda verilmiştir.

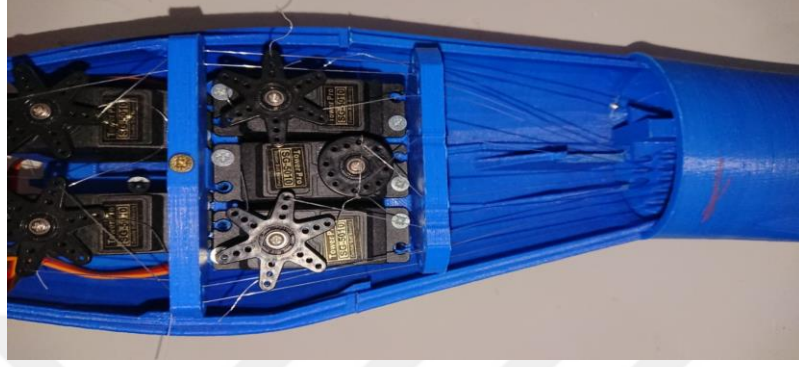
- Baş parmak
- İşaret parmak
- Orta parmak
- Yüzük parmak
- Serçe parmak
- El içi parça
- El üstü parça
- Bilek
- Bilek ve dirsek arası parça
- Servo motor yuvası

Şekil 2.1.'de robot el parçalarının birleştirilmesi sonrası oluşan tasarım görülmektedir



Şekil 2.1. Robot el yapısı

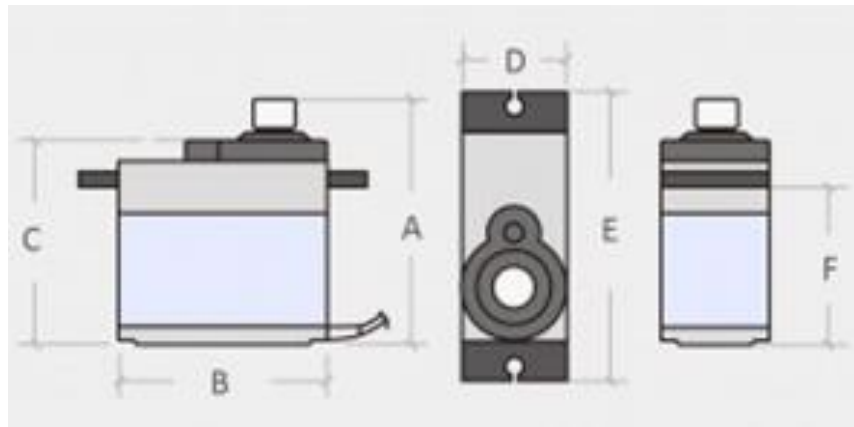
Robot el yapısı birleştirildikten sonra kullanılacak servo motorlar yuvalarına yerleştirildi. Servo motorlar ile parmaklar arasına misina bağlanarak hareketin iletimi sağlandı. Servo motorların bağlantısı sonrası oluşan tasarım Şekil 2.2.'de görülmektedir.



Şekil 2.2. Servo motorların robot ele bağlantısı

2.2. Servo Motorlar

Alınan sinyal bilgisine göre gerekli hareketleri yapması için TowerPro SG5010 servo motorlar tercih edilmiştir [45]. Bunun gerekçesi ilk denemelerde kullanılmış olan SG90 modelinin gerekli tork ve güç altında bozulmasıdır. Kullanılan SG5010 servo motorların teknik bilgileri Şekil 2.3.'de görülmektedir. Servo motorlarda sinyal girişleri ile beraber besleme girişleri bulunmaktadır. Besleme için hacri bir enerji kaynağı kullanılmıştır. Servo motorların parmaklara bağlantısı için kullanılan misina kalınlığı orta kalınlıkta tercih edilmiştir. Tablo 2.1.'de TowerPro SG5010 servo motorların teknik detayları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. TowerPro SG5010 servo motor boyutları [45]

Tablo 2.1. TowerPro SG5010 servo motorların teknik detayları

| | |
|------------------|------|
| Weight(g) | 47g |
| Torque(kg)(4,8V) | 5,5 |
| Speed(sec/60deg) | 0,2 |
| A(mm) | 44,1 |
| B(mm) | 40,7 |
| C(mm) | 38 |
| D(mm) | 20 |
| E(mm) | 55 |
| F(mm) | 27,8 |

2.2. Esnek Sensörler

Baş parmak ve küçük parmak için 2,2 inç [46], diğer parmaklar için 4,5 inçlik [47] sensör kullanılmıştır. Bunun sebebi 2 parmağın boyut olarak diğer parmaklardan küçük olmasıdır. 2,2 inç flex sensör normal pozisyonda 25 K Ω , büküldüğünde 100 K Ω değerine çıkabilmektedir. 4,5 inç flex sensör ise normal pozisyonda 10K Ω , büküldüğünde ise 20K Ω değerine kadar çıkabilmektedir. Flex sensörleri farklı direnç değerlerinden dolayı istenilen aralıklara getirebilmek için, Arduino Uno'da map fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyon temel olarak belirli bir değer aralığında olan tam sayı değerlerini istenilen aralığa çevirir. Genel kullanımı şu şekildedir: map(x,y,z,t,u).

Fonksiyonda;

x: değişkeniniz

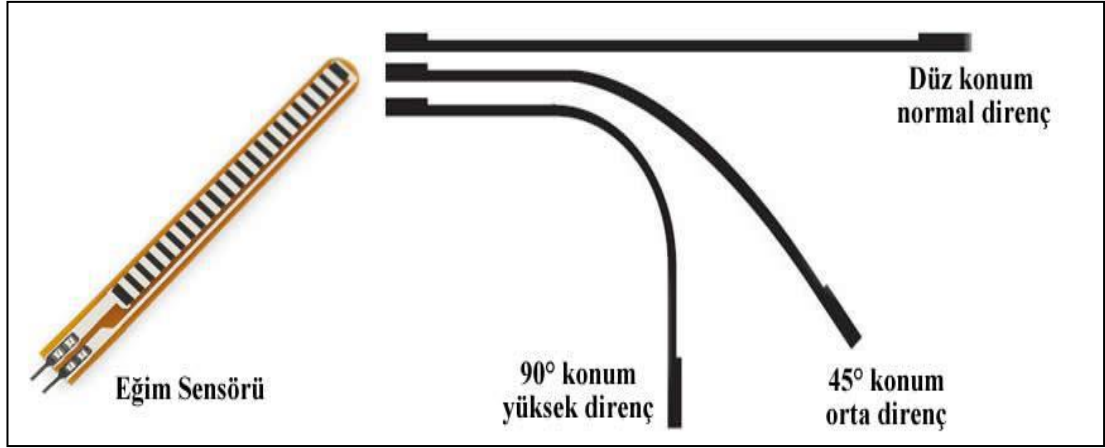
y: değişkeninizin en küçük değeri

z: değişkeninizin en büyük değeri

t: yeni değişken değerinizin olmasını istediğiniz en küçük değeri

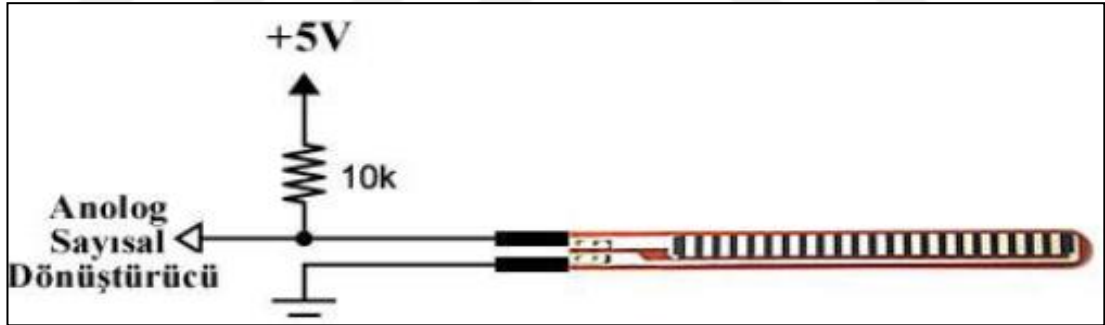
u: yeni değişken değerinizin olmasını istediğiniz en büyük değeri

Şekil 2.4.'de kullanılan flex sensörü ve eğilme durumu verilmiştir.



Şekil 2.4. Flex sensör ve eğilme durumu

Parmak hareketlerini anlayabilmek için flex sensörler kullanılmıştır. Bunlar eğilme pozisyonlarına göre farklı direnç değerleri gösteren analog sensörlerdir. Flex sensörlerin eğimi arttıkça (parmak kapandıkça) direnç değeri de artmaktadır [48]. Flex sensörler 10 K Ω değerinde gerilim bölücü dirençler ile bağlanmıştır. Şekil 2.5.'de Flex sensörün gerilim bölücü direnç ve mikroişlemciye bağlantı şekli verilmiştir.



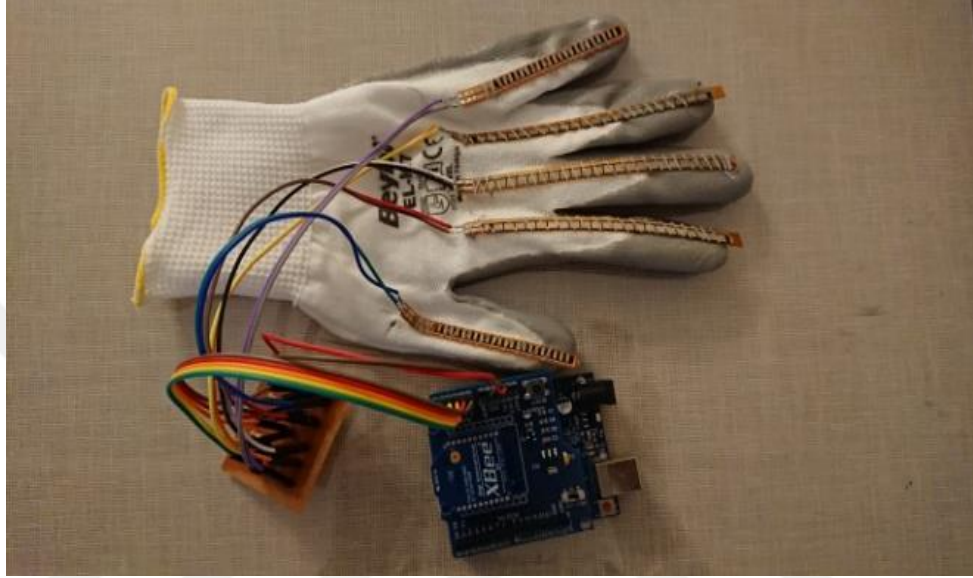
Şekil 2.5. Flex sensör bağlantısı

Tablo 2.2.'de denemeler sonucunda bulunan flex sensör değerleri görülmektedir.

Tablo 2.2. Flex sensör direnç değerleri

| Flex sensör bağlantı yeri | Min. Değer (K Ω) | Max. Değer (K Ω) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Başparmak | 11,5 | 15,5 |
| İşaret parmağı | 10 | 16,5 |
| Orta parmak | 10 | 15 |
| Yüzük parmağı | 10 | 15 |
| Küçük parmak | 11 | 16 |

Flex sensörler basit yapıları ve kullanışlı olmaları sebebiyle oyun eldivenleri, biyometrik uygulamalar, eklem hareketlerinin algılanması gibi birçok alanda kullanılmaktadır [49]. Tezimizde, flex sensörler bir eldivene bağlanmış ve el hareketlerinin kopyası alınmıştır. Flex sensörlerin eldivene yerleştirilmiş görseli Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



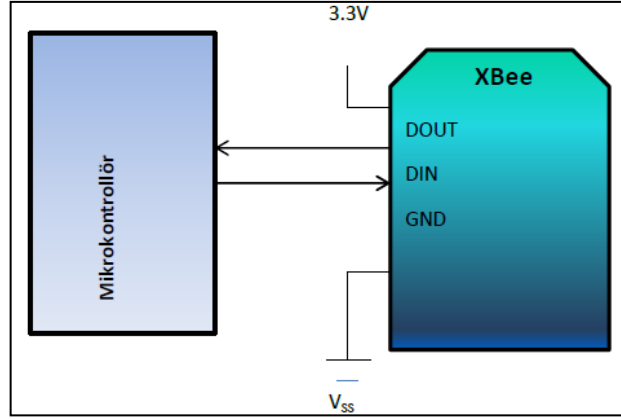
Şekil 2.5. Flex sensörlerin eldivene yerleştirilmiş şekli

2.4. XBee Kablosuz Haberleşme Modülü

Robot el ile veri eldiveni arasındaki iletişim Xbee S1 kablosuz bağlantı modülleri ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.7.'de Xbee Pro S1 modülü, Şekil 2.8.'de Xbee S1 modülünün mikrodenetleyici ile bağlantı şekli verilmiştir.



Şekil 2.6. Xbee Pro S1 modülü



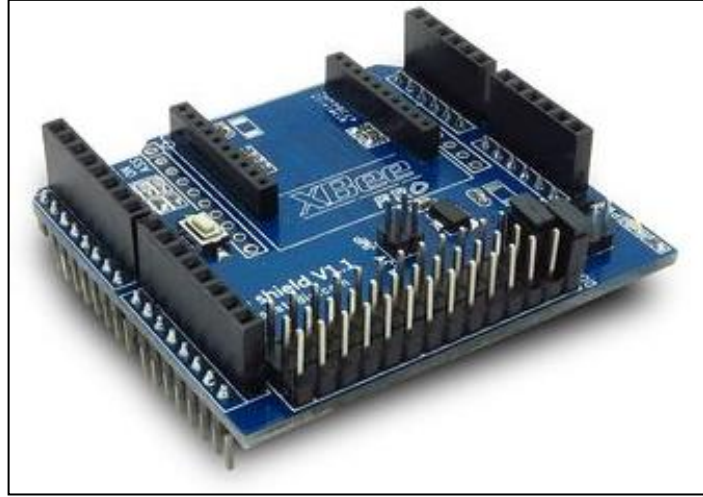
Şekil 2.8. Xbee ve mikrodeneleyici bağlantısı

Xbee S1 modülü Digi firması tarafından üretilen ve 2,4 GHz frekansında çalışan kablosuz haberleşme modülüdür. Bu modül ZigBee Mesh haberleşme protokolünü ve uçtan uca bağlantı için de IEEE.802.15.4 standartlarını desteklemektedir [50]. Zigbee topolojileri ağ katmanı şeklinde olup 3'e ayrılır. Bunlar Yıldız, Ağaç ve Örgü topolojileridir. Zigbee düşük data hızlı, düşük güç tüketimli, düşük maliyetli, otomasyon ve uzaktan kontrol uygulamaları için kablosuz ağ protokolünü amaçlayan bir teknolojidir. Bu sistem IEEE.802.15.4. standardı olarak geliştirilmiştir. Xbee S1 modülü tek-tek ya da çoklu ağ içerisinde haberleşmeyi sağlamaktadır.

Xbee modüllerinin ağda kullanılabilecek 3 farklı tipte aygıtı bulunmaktadır. Bu aygıtlar:

- Xbee Koordinatör (XC): Aracı ağ bağlantılarını düzenler ve diğer ağlarla olan köprülemeyi sağlar. Güvenlik anahtarının da ağda yönetilmesi ile ilgili bilgileri depolayabilir.
- Xbee Yönlendirici (XR): Ağın yapısını oluşturur ve veri akışını sağlar.
- Xbee Son Cihaz (XED): Xbee son cihaz, diğer aygıtlardan veri yayını yapmaz, ağdaki son aygıttır.

802.15.4 standardında 2,4 GHz bandında kablosuz haberleşme sağlayan Xbee modüllerinin çalışmaları için fiziksel katmanda 16 iletişim kanalı bulunmaktadır. Önce koordinatör iyi bir kanal seçmek için otomatik tarama yapar. Xbee modüllerinin oluşturdu ağlar Personal Area Networks (PAN) olarak isimlendirilir. Oluşturulan her ağ kendine özgü kimlik numarası olan PAN ID ile tanımlanır. PAN



Şekil 2.10. Xbee Shield

2.6. Arduino Uno

Arduino açık kaynak bir donanıma sahip mikrodenetleyicidir. Arduino Uno üzerinde Atmega 328p mikrodenetleyicisi bulunan dijital ya da analog giriş çıkış kartıdır. Arduino tek başına kullanıldığı gibi bilgisayar programları (Visual Studio, Macromedia Flash gibi) ile de kullanılabilir. Arduino Uno 14 adet dijital giriş çıkış ve 6 adet analog giriş barındırmaktadır. Bu giriş çıkışların tamamının lojik seviyesi 5V'dur. Her pin maks. 40mA giriş ve çıkış akımı ile çalışır. Analog girişler 10 bitlik analog sayısal dönüştürücüye sahiptir. Atmega328P mikrodenetleyicisi 32 KB'lık flash belleğe sahiptir. 2 KB SRAM ve 1 KB EEPROM'u bulunmaktadır. Üzerinde bulunan seri-USB dönüştürücü ile USB üzerinden programlanabilir ve bilgisayar ile seri port üzerinden iletişim kurabilir [52]. Arduino Uno Arduino IDE ile programlanmaktadır [53]. Arduino Uno kartının görüntüsü Şekil 2.11.'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Arduino Uno

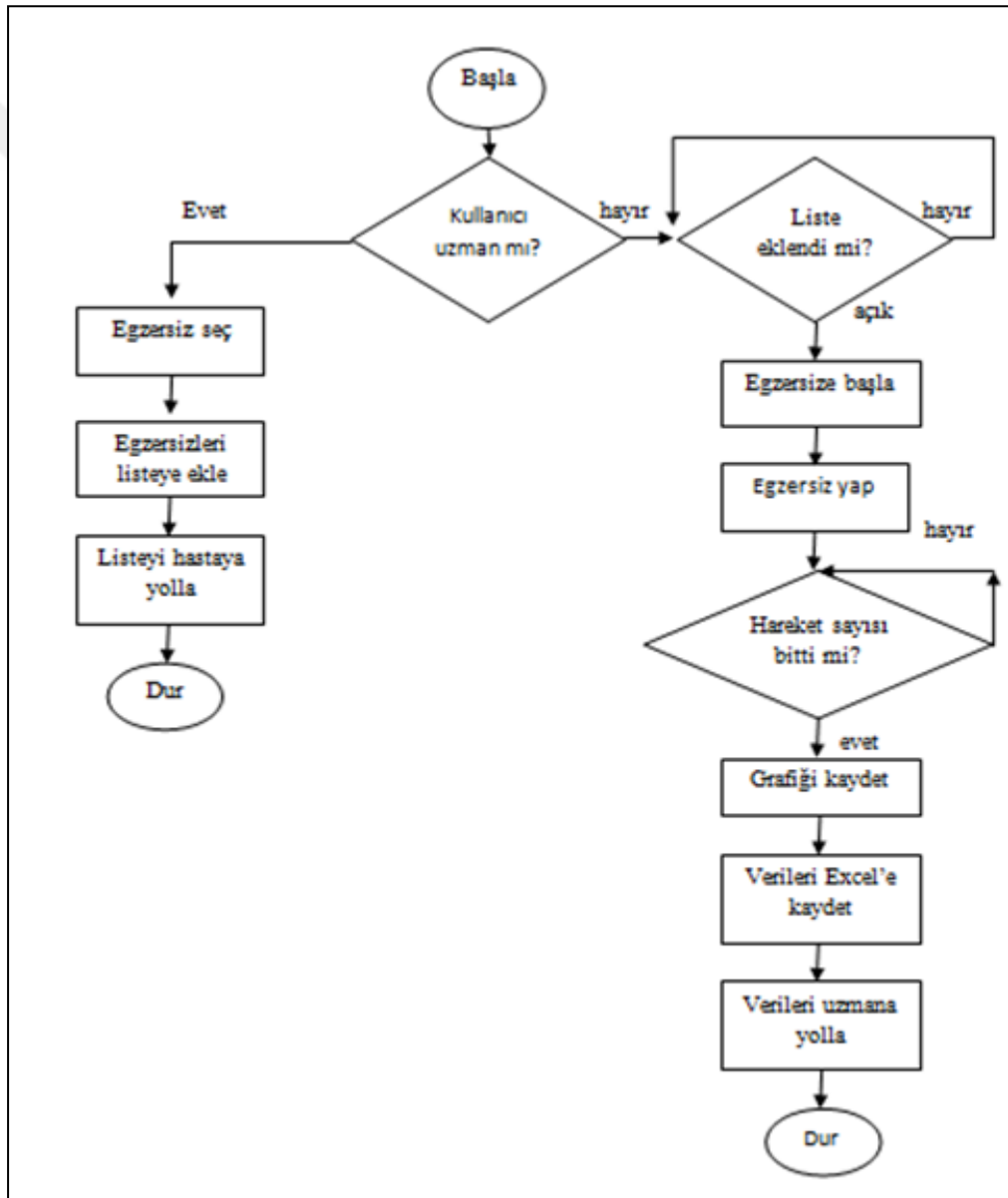
2.7. Arayüz

Yapılan projede ara yüz programının kullanıcı için görsel bildirim sağlaması ve eldivenden alınan verilerin elektronik posta ile gönderilmesi planlanmıştır. Arduino mikrodenetleyicide işlenen veri ara yüz programına seri port ile gönderilecektir. Ara yüz Microsoft tarafından geliştirilmiş olan C# programında hazırlanmıştır. C# programlama diline Visual Studio kod geliştirme ortamında erişilebilmektedir. Visual Studio'nun Community sürümü ücretsiz olarak indirilip kullanılabilir. Gerekli olan sürüm bilgileri [54]'de verilmiştir.

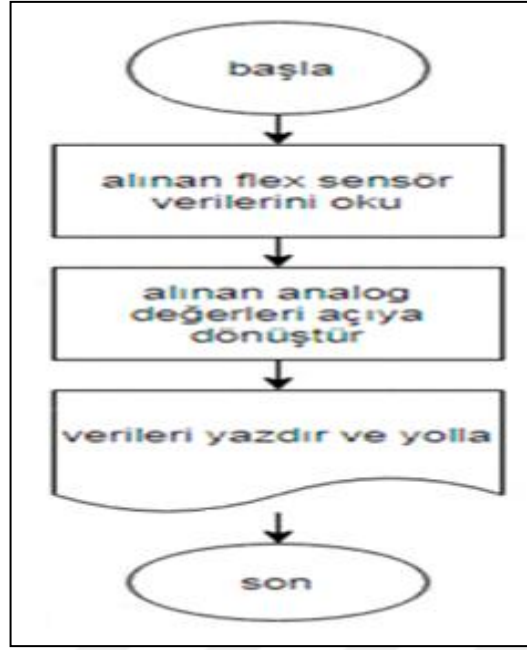


3. UYGULAMA

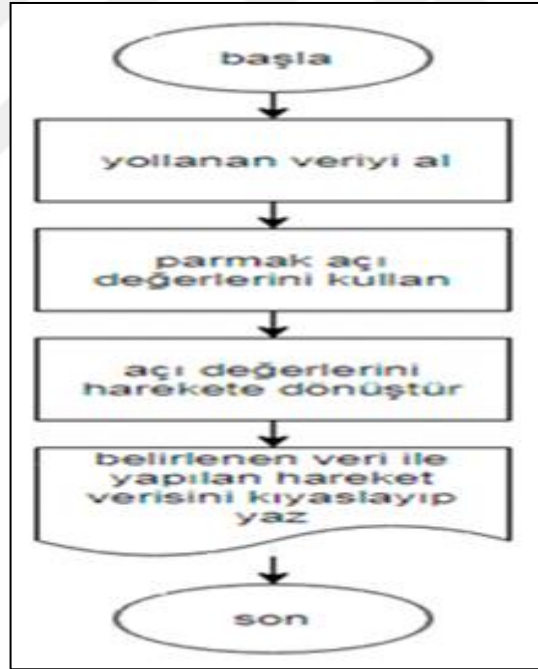
Bu bölümde tasarımı oluşturulan sistemin uygulaması incelenecektir. Sistemin akış şeması, bağlantı şemaları, oluşturulan robotik el yapısı, kullanıcı ara yüz programı irdelenecektir. Şekil 3.1.'de ara yüz programına ait akış şeması, Şekil 3.2.'de veri eldiveni akış şeması, Şekil 3.3.'de robot el akış şeması bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Ara yüz programına ait akış şeması

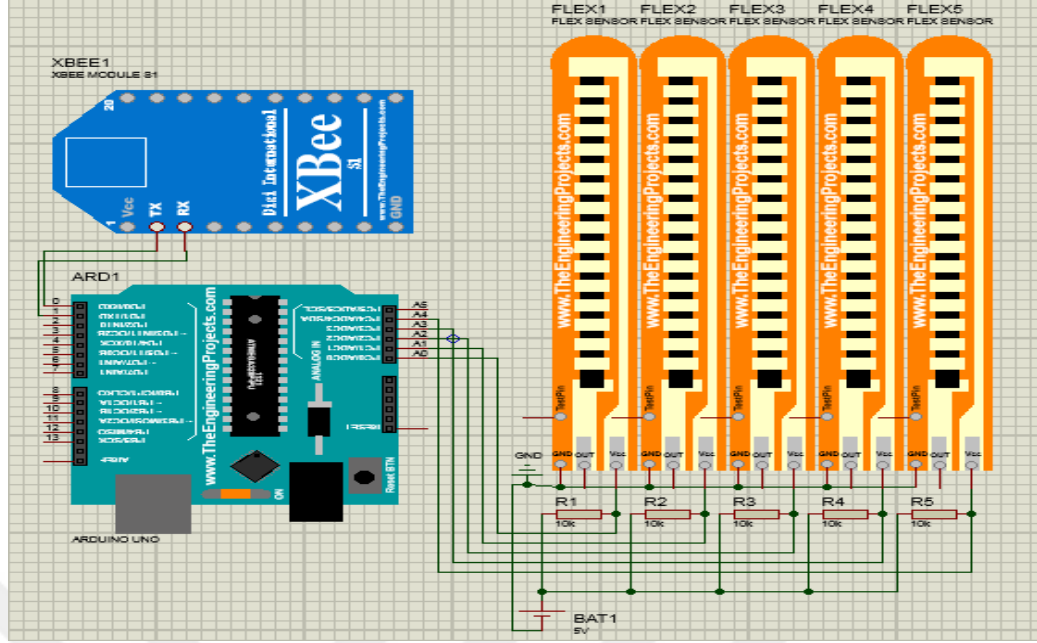


Şekil 3.2. Veri eldiveni akış şeması

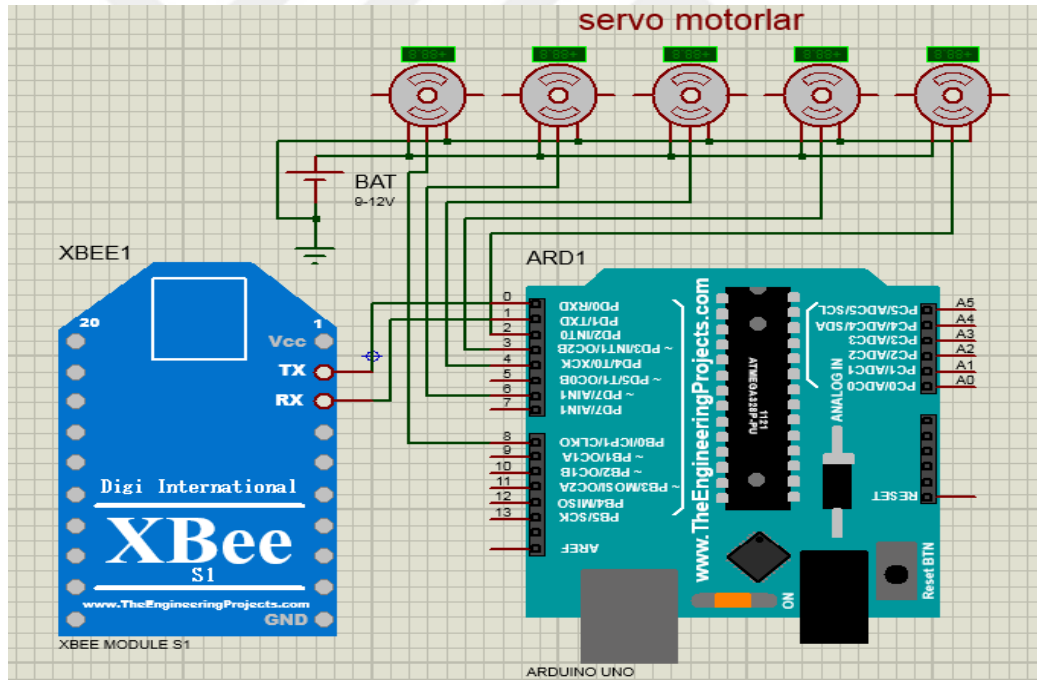


Şekil 3.3. Robot el akış şeması

Bağlantı şekilleri Proteus programında hazırlanmıştır. Bu program elektronik devre çizimi ve baskı devre tasarımı yapılabilen basit ve kullanışlı bir programdır [55]. Şekil 3.4.'de veri eldiveni bağlantı şeması, Şekil 3.5.'de robot el devre bağlantısı görülmektedir.

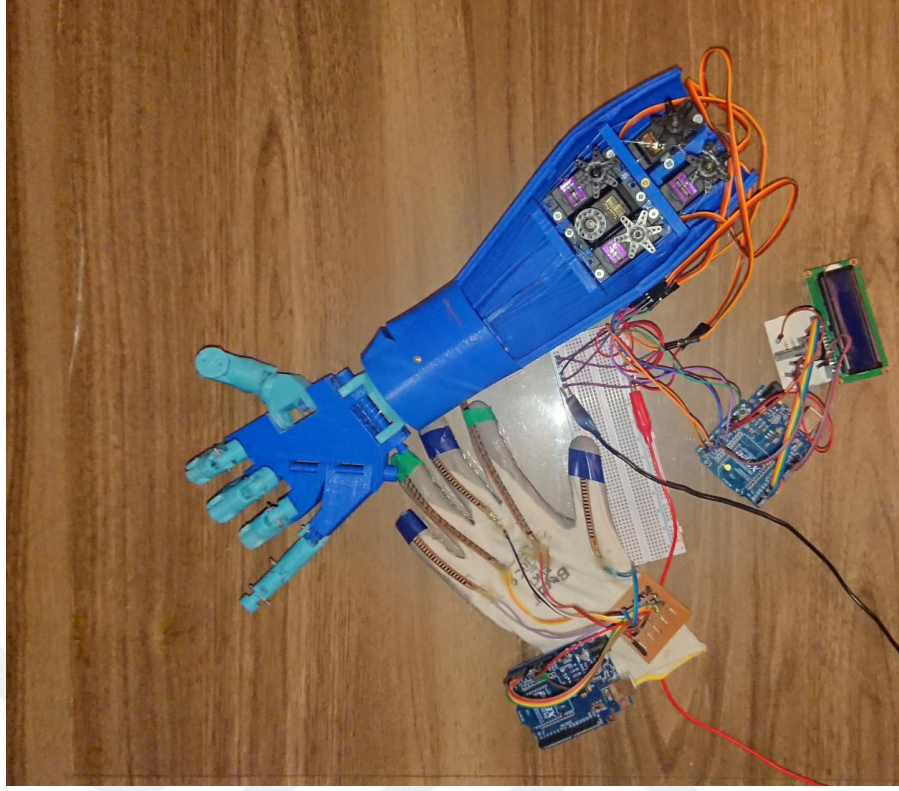


Şekil 3.4. Veri eldiveni proteus bağlantı şeması



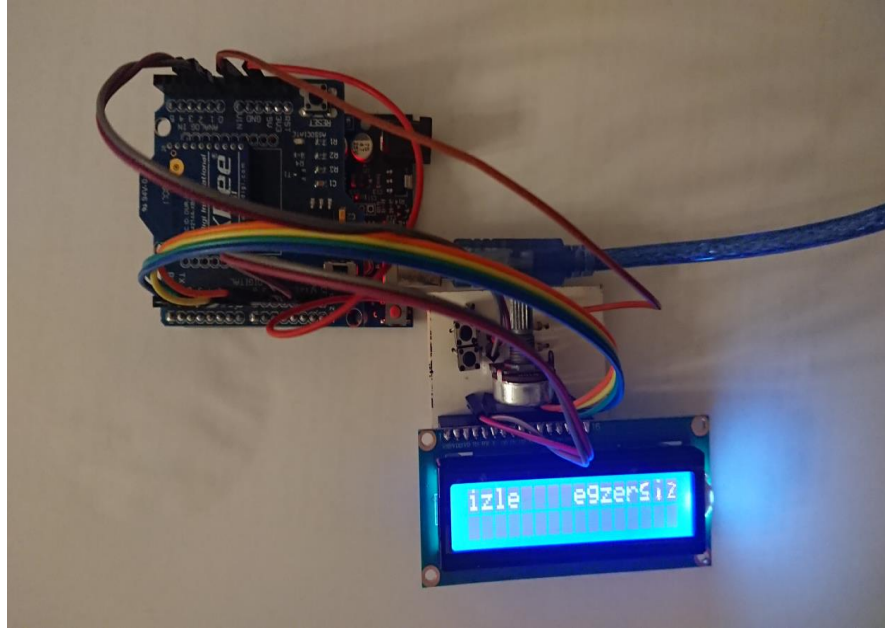
Şekil 3.5. Robot el proteus bağlantı şeması

Parmak hareketi neticesinde verilerin alınması için bir eldiven ve bu alınan verilerin harekete dönüştürülmesini sağlayan robot koldan oluşan sistem tasarımı Şekil 3.6.'da verilmiştir.



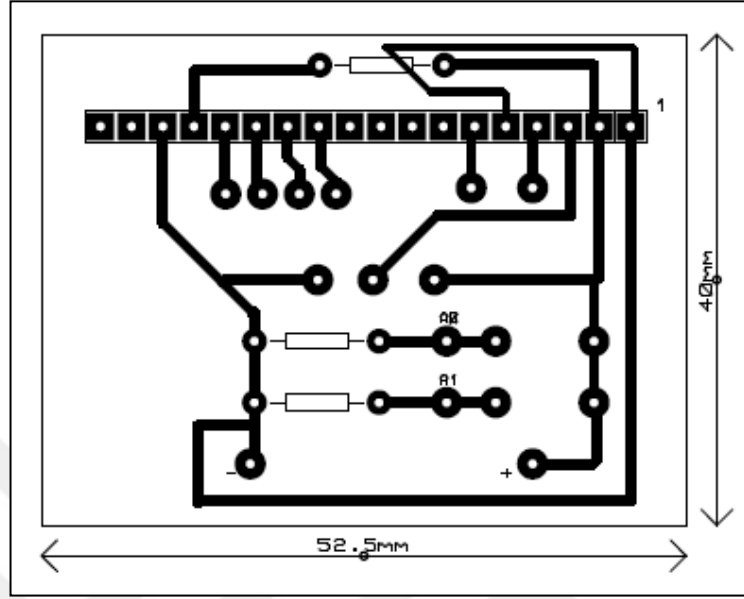
Şekil 3.6. Gerçekleştirilen robotik el yapısı

Oluşturulan sistemde tasarımı kullanacak hasta izle ve egzersiz başlıklarından seçim yaparak programına başlayacaktır. Şekil 3.7.'de sistem açılışında ki başlıkları görmektedir.



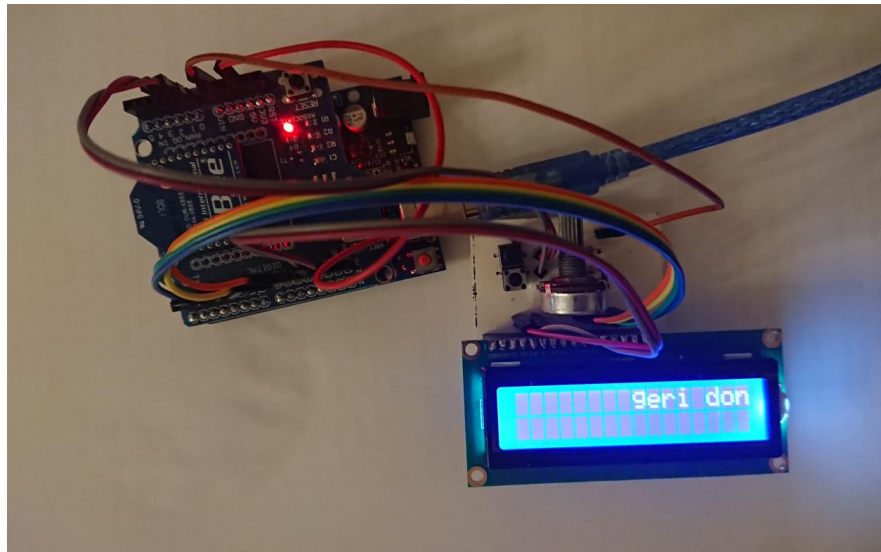
Şekil 3.7. Sistem açılış başlıkları

Şekil 3.8.'de oluşturulan ekran, buton tasarımının baskı devre görüntüsü verilmiştir. Baskı devre çizimi Proteus programında oluşturulmuştur.



Şekil 3.8. Baskı devre şeması

Bu tezde tam yumruk ve düz el açma hareketleri sisteme tanıtılmıştır. Kullanıcı, uzman tarafından kendisine verilen bu hareketleri izlemek isterse ilgili izle başlığını buton yardımı ile seçerek robot elde bu hareketleri görsel olarak izleyebilmektedir. Bu hareketler izlendikten sonra geri dön butonu ile LCD ekranda başlangıç pozisyonuna geri dönülmektedir. Şekil 3.9.'da sistem ileri adım başlığı gözükmektedir.

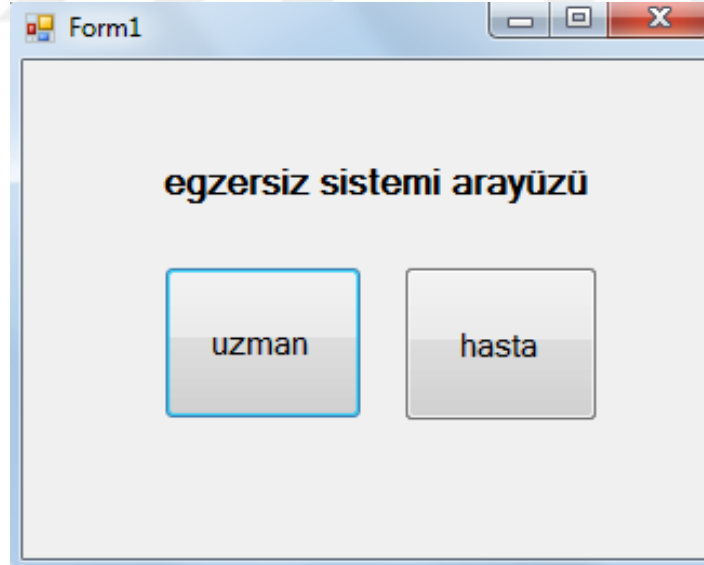


Şekil 3.9. Sistem ileri adım başlığı

Kullanıcı yapması gereken hareketleri görüp LCD ekranda başlangıç pozisyonuna gelmeyi seçtiğinde uzman doktorun kendisine vereceği egzersizleri yapmak için ilgili egzersiz menüsünü seçip ara yüz programını başlatarak çalışmasına başlayabilmektedir.

Ara yüz programı egzersizleri etkili hale getirebilmek için çalışma esnasında alınan parmak hareketi verilerini gerçek zamanlı olarak grafik formunda hastaya göstermektedir. Ara yüz programı serial port bağlantısı sayesinde oluşturulan robot kol tasarımı ile eşzamanlı olarak çalışabilmektedir. Kullanıcı eldivende yapacağı tam yumruk ve el açma hareketlerini robot el de görebileceği gibi ara yüzde de hareketlerin ölçüm değerlerini rakam ve grafik olarak görmektedir. Yapılan doğru hareket sayısı hem ara yüz programında hem de LCD ekran da gösterilmektedir. Bunun sebebi işletim sisteminde oluşabilecek bir sorunda hastanın farklı bir ekranda da çalışmasına devam edebilmesini sağlamaktır.

Ara yüz programı tek program çatısı altında uzman ve hasta bölümlerinden oluşmaktadır. Şekil 3.10.'da Ara yüz programı gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Ara yüz programı

Uzman kendisine ait butona basarak şifreli giriş ekranını açmaktadır. Uzmanın kendi sayfasına erişimi için güvenlik gerekçesi ile şifreli giriş oluşturulmuştur. Şekil 3.11.'de şifreli giriş ekranı gösterilmiştir.

Şekil 3.11. Şifreli giriş ekranı

İlgili yerlere gerekli bilgiler girildikten sonra başarılı giriş uyarısı yapılarak yeni ekran açılmaktadır. Şekil 3.12.'de başarılı giriş uyarısı görülmektedir.

Şekil 3.12. Başarılı giriş ekranı

Şekil 3.13.'de uzman çalışma ekranı gösterilmiştir. Bu ekranda yapılabilecek el egzersizleri alanı, liste alanı ve elektronik posta gönderme alanı bulunmaktadır.

Şekil 3.13. Uzman çalışma ekranı

Uzman Şekil 3.14.'de gösterildiği gibi egzersiz için belirlenmiş hareketleri seçerek listeye ekler. Listeye eklenmiş hareketleri kaydederek elektronik posta için hazır duruma getirmiş olur.

Şekil 3.14. Egzersiz için belirlenen hareketler

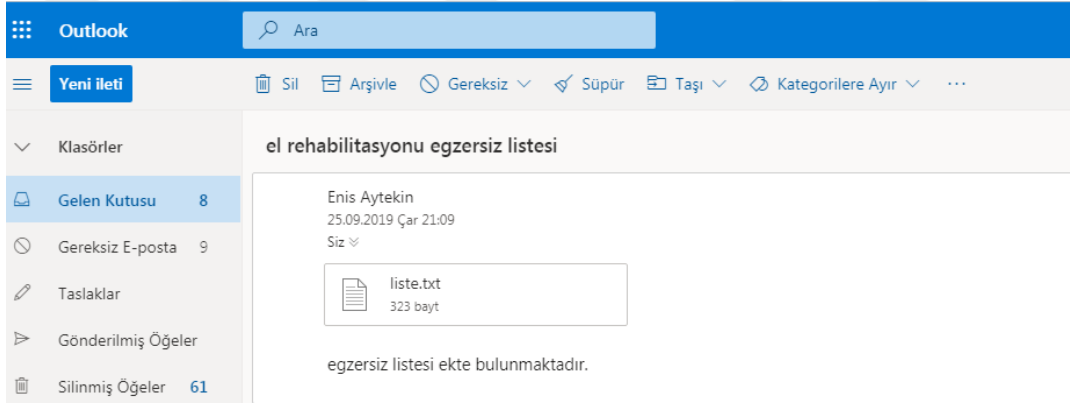
Şekil 3.15.'de gösterildiği gibi dosya ekleme butonu ile dosya konumu bulunarak ekleme işlemi yapılır.

Şekil 3.15. Dosya ekleme işlemi

Uzman gönderici ve alıcı mail adreslerini girerek mail yolla işlemini gerçekleştirir. İlgili görsel Şekil 3.16.'da verilmiştir.

Şekil 3.3. Mail yollama işlemi

Şekil 3.17.'de uzmanın hastaya yolladığı egzersiz listesi görülmektedir.

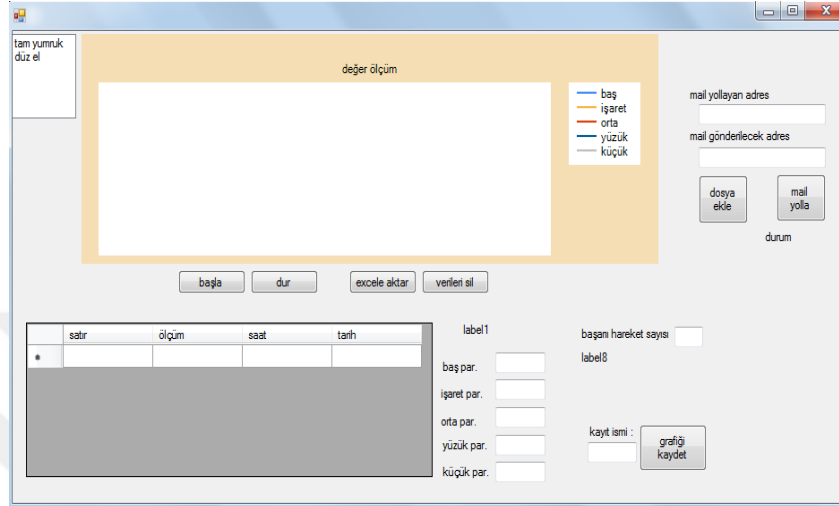


Şekil 3.17. Uzmanın yolladığı egzersiz listesi

Hasta kendisine gelen egzersiz listesini sistemi kullanacağı bilgisayarda belirlenen yere indirerek ara yüzün listeyi çekmesini sağlar. Şekil 3.18.'de hasta çalışma ekranı görülmektedir. Bu ekranda;

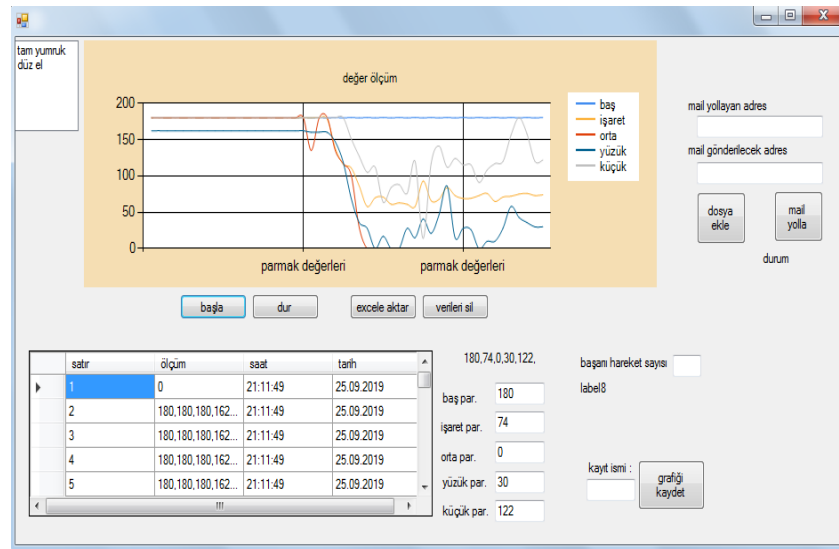
- Uzmanın yolladığı egzersiz hareketleri alanı,
- Parmak hareketlerinin grafik çiziminin yapıldığı alan,
- Parmak hareketlerinin sayısal değerlerinin gösterildiği alan,
- Parmak hareketlerinin tarih, saat, ölçüm, satır verilerinin yazıldığı tablo alanı,

- Alınan parmak hareketi verilerinin iletimi için bulunan alan,
- Başarılı hareket sayısını gösteren alan,
- İstenilen başarılı hareket sayısına ulaşıldığında uyarı veren alan,
- Grafik resmini kaydetmeye yarayan alan bulunmaktadır.



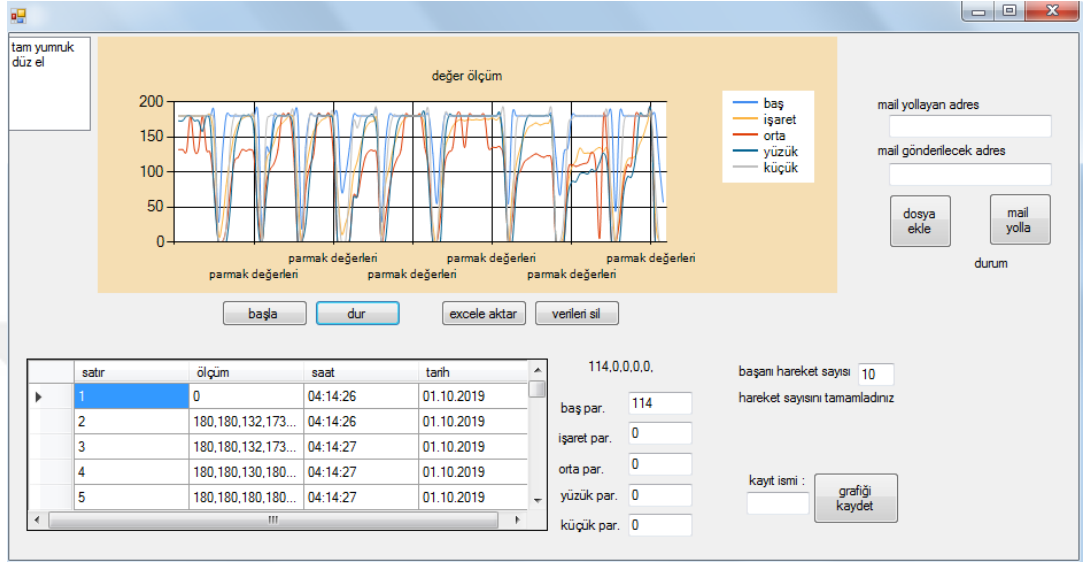
Şekil 3.18. Hasta çalışma ekranı

Şekil 3.19.'da hastanın başla komutuyla anlık gelen parmak verileri rakam ve grafik olarak gösterilmiştir. Hareketler için düz el verisi 0, tam yumruk verisi 180 olarak sisteme işlenmiştir. Her bir parmak için farklı renkte grafik çizimi yapılmaktadır. Ayrıca parmak verileri tarih saat formatında tabloya işlenmektedir.



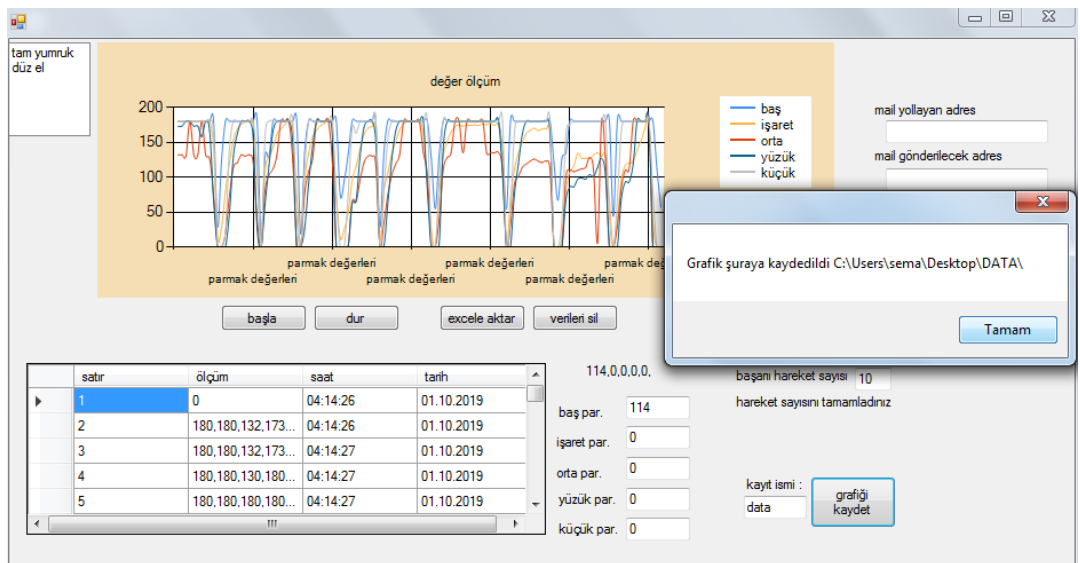
Şekil 3.19. Parmak verileri

Egzersiz sistemini kullanacak kişi uzmanın belirlediği doğru hareket değerlerini yaptıkça başarılı hareket sayısı kendisine gösterilmektedir. İstenen toplam başarılı hareket sayısına ulaşıldığında sistem ileti vermektedir. Şekil 3.20.'de başarılı hareket sayısına ait görüntü bulunmaktadır.



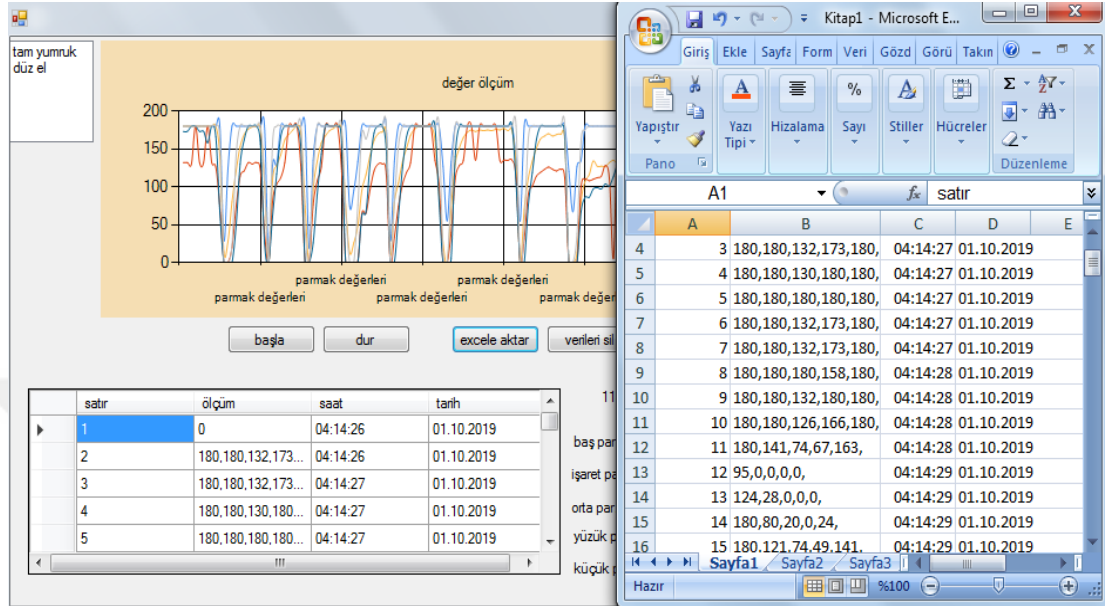
Şekil 3.20. Başarılı hareket sayısı

Başarılı hareket tamamlandığında sistem durmaktadır. Kullanıcı verileri silerek ya da dur butonu ile tekrar çalışmaya başlayabilmektedir. Başarılı hareket sayısı tamamlandıktan sonra grafik görüntüsü ilgili yere kayıt adı girilerek kaydedilmektedir. Şekil 3.21.'de grafik kaydına ait görüntü verilmiştir.



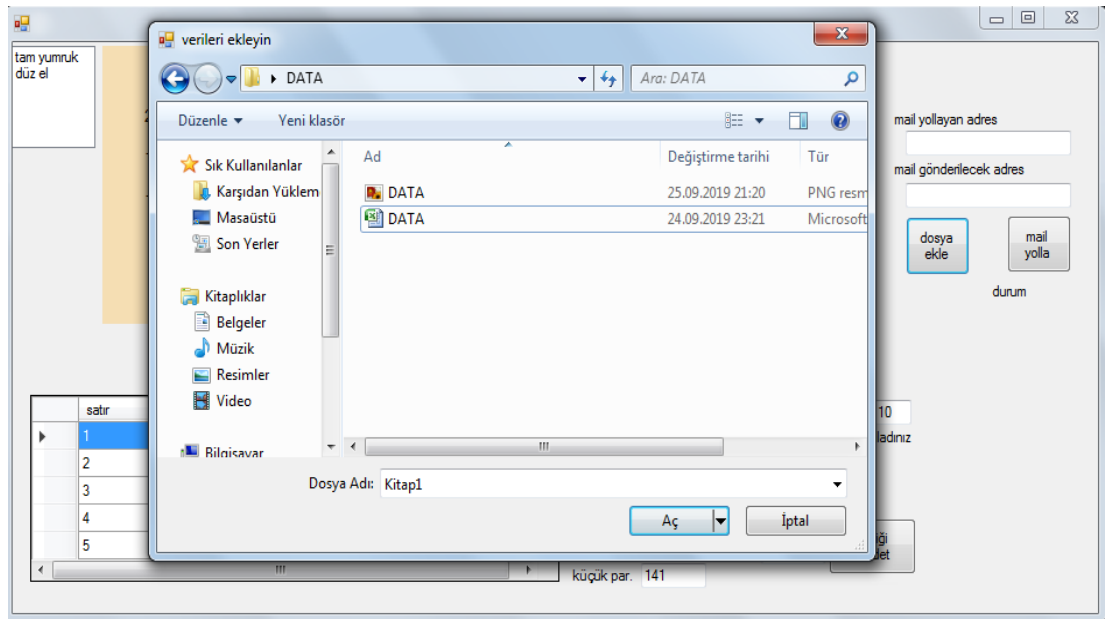
Şekil 3.21. Grafik kaydı

Hasta çalışma ekranında Excel'e aktar butonu ile çalışma süresince kaydedilen sıra, ölçüm, saat, tarih verileri Excel programına aktarabilmektedir. Şekil 3.22.'de Excel programına aktarılan veriler gösterilmiştir.



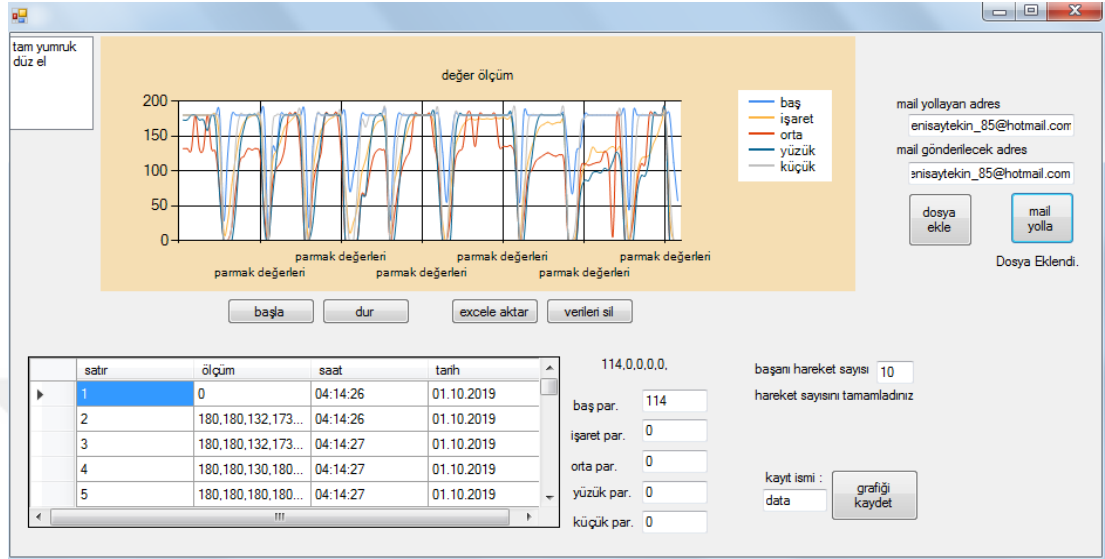
Şekil 3.22. Excel'e aktarılan veriler

Şekil 3.23.'de kaydedilen verilere dosya ekle butonu ile ulaşılma işlemi gösterilmiştir.



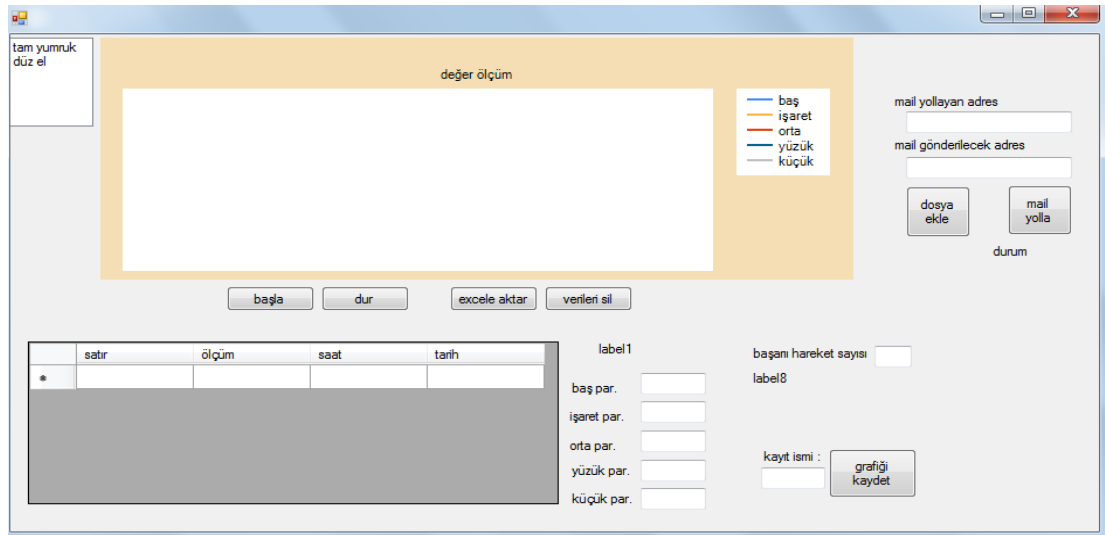
Şekil 3.23. Dosya seçme işlemi

Dosya ekleme işleminden sonra gönderici ve alıcı elektronik posta adresleri girilerek iletim işlemi gerçekleştirilir. Şekil 3.24.'de mesaj yollama işlemine ait görsel verilmiştir.



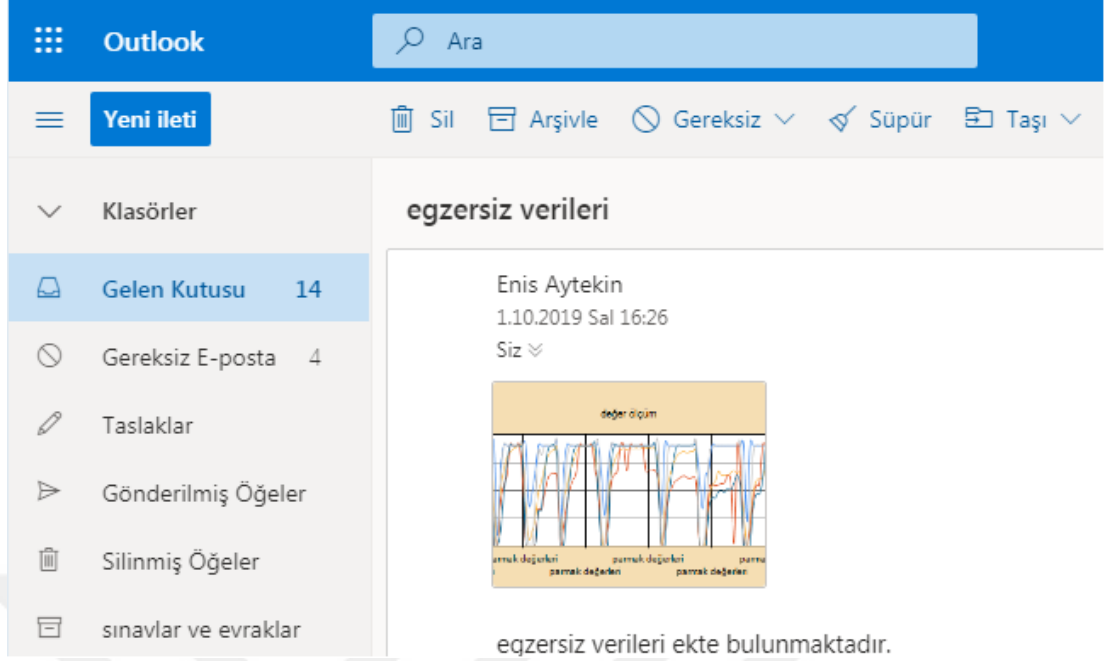
Şekil 3.4. Mesaj yollama işlemi

Egzersiz işlemi sırasında ya da sonunda verileri silme işlemi yapılabilmektedir. Şekil 3.25.'de veri silme işlemi gösterilmiştir.



Şekil 3.25. Veri silme işlemi

Egzersiz gerçekleştiren kişinin yolladığı ve uzmana giden verilere ait görsel Şekil 3.26.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.26. Uzmana giden görsel

Ara yüz programının ve robotik kol tasarımı programının kodları ekler kısmında verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bilimsel araştırmalar ve deneyler insan hayatının daha kaliteli olmasını amaçlamaktadır. Tasarımda parmak hareketleri bir eldivene takılan flex sensörler ile kopyalanmıştır. Fleksör tendon kayma egzersizleri için tam yumruk ve düz el hareketlerini yapan bir sistem gerçekenmiştir. Ayrıca bu sisteme bir ara yüz ile görsellik ve işlevsellik kazandırılmıştır. Tasarım kolay ulaşılabilir, etkin ve basit bir tasarımıdır. Bu çalışmanın ilerleyen aşamasında, doktor tarafından tedavi için belirlenen hareketleri, kullanıcının daha doğru ve daha kontrollü bir şekilde yapması amaçlanmaktadır. Çalışmada karşılaşılan zorluklar ve öneriler aşağıdaki gibidir:

- Robot el çıktısında ki parmakların bağlantı yerlerinde sert hareket sorunu gözlemlenmiştir. Bu sorun ise 3D baskı sonucu oluşan çapaklardan dolayı meydana gelmektedir. Bu çapakların düzgün bir şekilde temizlenmesi sonucunda daha hassas parmak hareketleri elde edilebilmiştir.
- Uygulama esnasında robot el ile eldiven arasındaki bağlantı öncelikle kablolu olarak gerçekleştirilmiş daha sonra da Xbee modülleri ile kablosuz sistem bağlantısı yapılmıştır. Kablosuz bağlantıda iletim hızı gözle görülür biçimde yavaşlamıştır.
- Uygulamadan önce Xbee modüllerinin ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bir kez ayar yapıldıktan sonra ayarlar kayıtlı kalmaktadır. Bu ayarlama Xbee modülleri Router (Yönlendirici) olarak belirlenmiştir.
- Flex sensörlerin kablolarla lehimlenmesi çok daha iyi sonuç vermektedir. İlk denemelerde eldivene montaj yapıştırıcı ve bant ile yapılmış fakat çok tekrar sonucunda bağlantıların açıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bağlantı esnasında flex sensörlerin uçlarına az miktarda lehim kullanılması gerekmektedir aksi takdirde flex sensörler bozulmaktadır. Bunun yanı sıra, Flex sensörlerin bağlantısında makaron kullanımı da kolaylık sağlayacaktır.
- Kullanılan servo motorlar yüksek akım çektiği için motorların harici besleme kaynağına bağlanması zorunludur. Güç altında her bir servo motor yaklaşık olarak 0,6 A çekmektedir.

- İlk çalışma anında motorların yüksek akım çekmesinden dolayı robot kolda az seviyede titreme görülmüştür.
- Robot kol 2,5 cm'den büyük çaplı nesnelere rahatça kavrayabilmektedir. Daha küçük çaplı nesnelere tutuş zorluğu oluşturacağından tavsiye edilmemektedir. Tutuşu sağlanacak nesnenin ağırlığının 1-1,5 kg aralığında olması önerilmektedir. Veri eldiveninin pozisyonu değişmediği sürece robot kol belirlenen pozisyonda sürekli kalmaktadır. Kullanılan sensör ve teçhizatın kalitesi artırılarak elin yarı açık pozisyon durumundaki stabilizasyonu daha iyi seviyeye getirilebilir.
- Denemeler sonucunda referans değerler ile alınan değerlerin karşılaştırıldığında farklılıklar görülmüştür. Eldiveni takan kullanıcının el anatomisindeki farklılıkların hata sonuçlarını değiştirdiği saptanmıştır.
- Ara yüz programında anlık olarak alınan parmak verileri seri portu meşgul ettiği için ara yüz ekranında bulunan butonları kullanmakta sorun yaşandı. Çözüm olarak başla butonu yazılımına `System.Threading.Thread.Sleep()` komutu yerleştirilmiştir. Ayrıca seri porttan gelen veriyi alırken `serialPort1.Readline()` komutu yerine `serialPort1.ReadExisting()` komutu kullanılmıştır. Bunun sebebi `Readline()` fonksiyonu beklenen karakter gelene kadar belirlenen süre boyunca bekleme yapar ve gelen veriyi string türünden döndürür. `ReadExisting()` fonksiyonu ise seri porttan okunan tüm veri string türünden döndürülür. Bekleme yapmama istenilen işlemdir.
- Yapılan sistemde tam yumruk ve düz el hareketi için çalışma gerçekleştirilmiştir. Uzmanın verebileceği tüm egzersiz hareketleri sisteme destek sağlayıcı tarafından yerleştirilebilir. Yerleştirilen bu hareketler sistem tarafından gerçekleştirilebilir.
- Tasarım fizik tedavi dışında kablosuz bağlantı mesafesi artırılarak güvenlik tehdidi oluşturan bomba imhası gibi güvenlik tehdidi oluşturan işlerde de kullanılabilir.
- Oluşturulan tasarım 3D yeterliliğe ulaştırıldığında ve mobil kullanımı gerçekleştirildiğinde daha görsel ve etkili bir şekilde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Akçay T., Tekerlekli Sandalye Kullanan Paraplejik Hastalarda Ev Rehabilitasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara,1994, 37932.
- [2] Polatkan S., El Rehabilitasyonu, Editörler: Çerezci Ö, Ataker Y, Canbulat N, Güdemez E., *El Rehabilitasyonunun Türkiye'deki Tarihi Süreci, Gelişmesi ve Günümüzdeki Durumu*, 1. baskı, Amerikan Hastanesi Yayınları, 13-16, 2013.
- [3] Aslan A., Aslan İ., Ozmeric A., Atay T., Colaoglu A., M.N., Acil El Yaralanmalarında Deneyimlerimiz : 5 Yıllık Verilerin Epidemiyolojik Değerlendirilmesi, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 2013, **12**(4).
- [4] Mazzoleni S., Sale P., Franceschini M., Bigazzi S., Carrozza M.C., Dario P. and Posteraro F., *Effects of Proximal and Distal Robotassistedupper Limb Rehabilitation on Chronic Stroke Recovery*, *NeuroRehabilitation*, 2013, **33** (1), 33–39.
- [5] Balasubramanian S., Klein J. and Burdet E., *Robot-Assisted Rehabilitation of Hand Function*, *Current Opinion in Neurology*, 2010, **23**(6), 661-670.
- [6] <http://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-falanks-kiriklari-46032.html>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [7] Kaplan İ., Eroğlu M., 1983-1989 yılları arasında 12803 kırığın analizi, Editör: Ege R., *XII. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongre Kitabı*, T.H.K. Basımevi, 193-196, 1991.
- [8] Çatıkkaş İ.,Yücel A.S., Yaman Ç., Hergüner G., Kılıç B., Sporcularda Görülen El Falanks Kırıkları, *Uluslararası Hakemli Tramvatoloji ve Spor Hekimliği Dergisi*, 2014, **1**(1).
- [9] Kawasaki H., Kimura H., Ito S., Nishimoto Y., Hayashi H., & Sakaeda H., Hand Rehabilitation Support System Based on Self-motion Control, With a Clinical Case Report, *In Automation Congress ,WAC'06*, 2006.
- [10] Maciejasz P., Eschweiler J., Gerlach-Hahn K., Jansen-Troy A., Leonhardt S. A., Survey on Robotic Devices For Upper Limb Rehabilitation, *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 2014, **11**(1), 3.
- [11] Weiss P., Heyer L., Munte T. F., Heldmann M., Schweikard A., Maehle E., Towards a Parameterizable Exoskeleton For Training of Hand Function After Stroke, *IEEE International Conference on Rehabilitation in Robotics, (ICORR)*, 2013, 1-6.

- [12] Türkiye İstatistik Kurumu. Özürlü İstatistik Sonuçları 2002, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1017.
- [13] Çakır N., El ve Önkol Yaralanmalarında Yaralanma Ciddiyeti ile İşe Geri Dönüş, Bozukluk, Aktivite, Katılım Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, 319338.
- [14] Taşkın M. A., El Rehabilitasyonu Sonuçları ve Değerlendirme Yöntemleri, Tıpta Uzmanlık Tezi, Genelkurmay Başkanlığı Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Ankara, 2000, 108507.
- [15] Kunduracılar Z., Multidisipliner Yaklaşımlarda Fizyoterapi ve Rehabilitasyonun Yeri ve Önemi, *Bülent Ecevit Üniversitesi Serebral Paralize'de Güncel Yaklaşımlar Semineri*, Zonguldak, Türkiye, 13 Nisan 2012.
- [16] <https://rapor.saglik.gov.tr/istatistik/rapor/>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [17] Ren Y., Park S.H., Zhang L., Developing a Whole-Arm Exoskeleton Robot With Hand Opening And Closing Mechanism For Upper Limb Stroke Rehabilitation, *IEEE, 11th International Conference on Rehabilitation Robotics*, Japan, 9781-4244-3789-4/09, 2009.
- [18] Akgün G., El Rehabilitasyonu için EMG Kontrollü Giyilebilir İskelet Destek Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 394361.
- [19] Elden H, Nacitarhan V., Üst Ekstremitte Kinezyolojisi, Editörler: Oğuz H, Dursun E. Dursun N., *Tıbbi Rehabilitasyon*, 2. Baskı, Nobel Tıp Kitapevleri, 2004.
- [20] Karataş M., Denge ve Koordinasyon, , Editörler: Akman N., Karatas M., *Temel ve Uygulanan Kinezyoloji*, Haberal Eğitim Vakfı, Ankara, 2003.
- [21] DiCicco M., Lucas L., Matsuoka Y., Comparison of Control Strategies For An EMG Controlled Orthotic Exoskeleton For The Hand In Proceedings, *IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA'04*, Vol. 2, 1622, 2004.
- [22] <https://www.anatomi.gen.tr/el-bilegi-anatomisi.html>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [23] Sayılğan M.E., EMG Kontrollü El Rehabilitasyon ve Destek Sistemi İçin Bilgisayar – Telefon Arayüz Tasarımı ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 432971.
- [24] Erkmen A., Robot Elle Kavrama Planlaması, Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi, 393, 25-30, https://www.emo.org.tr/ekler/dbd2699e8e7ec00_ek.pdf?dergi=275, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).

- [25] Akgün G., Alveroğlu A., Kaplanoğlu E., Sonlu Durum Makine Yöntemi ile Protez El Kontrolü, *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, Malatya, Türkiye, 26-28 Eylül 2013.
- [26] Polatkan S, *Türk Fiz.Tıp Rehabilitasyon Dergisi*, <https://www.ftrdergisi.com/uploads/sayilar/243/buyuk/23-272.pdf>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [27] Aydemir K., Yazıcıoğlu K., Üst Ekstremitte Tendon Yaralanmalarının Rehabilitasyonu, *Journal of Physical Medicine & Rehabilitation Sciences/Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Bilimleri Dergisi*, 2011, 14.
- [28] Carmeli E., Peleg S., Bartur G., Elbo E., Vatine J. J., HandTutor™ Enhanced Hand Rehabilitation After Stroke a Pilot Study, *Physiotherapy Research International*, 2011, **16**(4), 191-200.
- [29] <https://www.turknorosirurji.org.tr/TNDDData/Books/167/omurilik-yaralanmalari.pdf>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [30] https://tr.wikipedia.org/wiki/Serebral_palsi, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [31] <https://turkiyemsdernegi.com>, (Ziyaret tarihi:24 Mart 2019).
- [32] Sümbül H., Coşkun A., Mayın Tarama ve Bomba İmha Sistemlerinin Tek Robot Üzerinde Modernizasyon, *Akademik Bilişim'11 - XIII. Akademik Bilişim Konferansı*, Malatya, Türkiye, 39-43, Şubat 2011.
- [33] Alp U., Ayaz H., Karadeniz M., Dikici Ç., Bozma H. I., Laboratuvarı, A. S., E. E., İnternet Üzerinden Uzaktan Robot Erişimi, *11. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, SIU 2003*, Sivas, Türkiye, 2003.
- [34] Karcı H., Tangel A., FPGA Tabanlı 5 Eksenli Mobil Robot Kolu Tasarımı ve Prototip Gerçeklenmesi, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*, 295-302, 2016.
- [35] Uyar E., Şenli K., & Mutlu L., Beyin Dalgası Kontrollü Protez Kol Tasarımı, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2012, Sakarya, Türkiye, **16**(3), 164-169.
- [36] Kaya P., Yılmaz Ö.T., Serebral Palsi'de İnteraktif Video Oyunlarının Denge ve Performans Üzerine Akut Etkisi, *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 2018, 95-104.
- [37] Park J. H., Lee K. S., Jeon K. H., Kim D. H., & Park H. S., Low Cost And Light-Weight Multi-DOF Exoskeleton For Comprehensive Upper Limb Rehabilitation, *In Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 11th International Co.*, 2014.

- [38] Gücüyener A., El Rehabilitasyonu İçin Kablosuz Egzersiz Sistemi Tasarım ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015, 432960.
- [39] Kin M., Hale L., Pekkari A., Persson M., Gregorsson M. & Nilsson M., *An Affordable, Computerized, Table-based Exercise System For Stroke Survivors, Disability and Rehabilitation Assistive Technology*, 2010, **5**(4), 288-93, ISSN: 1748-3107.
- [40] Sha M., Varley R. M., Richards J., Overcoming The Information Overload Problem in a Multifunction Feedback Based Virtual Reality System For Hand Motion Rehabilitation, *International Conference on CyberWorlds.*, 51–56, 2009.
- [41] Pyk P., Wille D., Chevrier E., Hauser Y., Holper L., Fatton I., Greipl R., Schlegl S., Ottiger L., Rückreim, B., Pescatore A., Meyer-Heim A., Kiper D., Eng K., *A Paediatric Interactive Therapy System For Arm and Hand Rehabilitation*, 127-132, 2008.
- [42] Zhan S., Guo S., Gao B., Hirata H., Ishihara H., *Design of a Novel Telerehabilitation System With a Force-sensing Mechanism, Sensors*, 2015, **15**, 11511-11527, ISSN: 14248220.
- [43] <https://www.amazon.com/Music-Glove-Rehabilitation-Therapy-Traumatic/dp/B00QSKQ0A0?th=1>, (Ziyaret tarihi:21 Temmuz 2019).
- [44] Robot el 3D baskı kaynak kodu, <https://www.thingiverse.com/thing:65274>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [45] TowerPro SG5010, <http://www.towerpro.com.tw/product/sg5010-4/>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [46] 2,2 İnç Esnek Sensör, <https://www.sparkfun.com/products/10264>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [47] 4,5 İnç Esnek Sensör, <https://www.sparkfun.com/products/8606>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [48] Esnek Sensör bilgileri, <http://www.adafruit.com/datasheets/SpectraFlex.pdf>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [49] Aytekin E., Sondaş A., Kablosuz Kontrol Sistemi Destekli Robotik El Tasarımı, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 26-28 Nisan 2019.
- [50] Xbee Pro S1, <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/pdfs/90000982.pdf>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [51] Xbee Shield, https://www.itead.cc/wiki/XBee_Shield, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).

- [52] Arduino Uno, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [53] Arduino IDE, <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [54] C# görsel programlama, <https://visualstudio.microsoft.com/tr/>, (Ziyaret tarihi:31 Mart 2019).
- [55] Proteus elektronik devre tasarımı programı, <https://www.labcenter.com>, (Ziyaret tarihi: 04 Mayıs 2019).





EKLER

Ek-A

```
//egzersiz sistemi ara yüz programı
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApp5
{
    public partial class Form1 : Form
    {

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
        {

        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form2 form2 = new Form2();
            form2.Show();
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form4 form4 = new Form4();
            form4.Show();
        }

        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
        {

        }
    }
}
```

```

//uzman şifreli giriş ekranı ara yüzü
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApp5
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        public Form2()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (textBox1.Text == "a" && textBox2.Text == "1")
            {
                MessageBox.Show("Giriş Başarılı");
                Form3 form3 = new Form3();
                form3.Show();
                this.Close();
            }

            else
            {
                {
                    MessageBox.Show("Hatalı Giriş");
                    textBox1.Clear();
                    textBox2.Clear();
                }
            }
        }

        private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
        {

```

```
}  
}  
}
```

```
//uzman ekranı ara yüzü  
using System;  
using System.Collections.Generic;  
using System.ComponentModel;  
using System.Data;  
using System.Drawing;  
using System.Linq;  
using System.Text;  
using System.Threading.Tasks;  
using System.Windows.Forms;  
using System.IO;  
using System.Net.Mail;  
  
namespace WindowsFormsApp5  
{  
    public partial class Form3 : Form  
    {  
        public static string gidenbilgi = "";  
        public Form3()  
        {  
            InitializeComponent();  
        }  
  
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)  
        {  
            liste.Items.Clear();  
            foreach (string s in checkedListBox1.CheckedItems)  
                liste.Items.Add(s);  
        }  
        void kaydet()  
        {  
            FileStream fs = new FileStream("c:/liste/liste.txt", FileMode.Create,  
FileAccess.Write);  
            StreamWriter sw = new StreamWriter(fs);  
            for(int i=0; i<liste.Items.Count; i++)  
            {  
                sw.WriteLine(liste.Items[i].ToString());  
            }  
            sw.Close();  
            fs.Close();  
        }  
    }  
}
```

```

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    kaydet();
}

private void label2_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

string DosyaYolu;
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MailMessage mesajım = new MailMessage();
    SmtplibClient istemci = new SmtplibClient();
    istemci.Credentials = new System.Net.NetworkCredential("Hotmail mail
adresi yazınız", "şifre yazınız");
    istemci.Port = 587;
    istemci.Host = "smtp.live.com";
    istemci.EnableSsl = true;
    mesajım.To.Add(textBox1.Text);
    mesajım.From = new MailAddress(textBox2.Text);
    mesajım.Subject = "el rehabilitasyonu egzersiz listesi";
    mesajım.Body = "egzersiz listesi ekte bulunmaktadır.";
    mesajım.Attachments.Add(new Attachment(DosyaYolu));
    istemci.Send(mesajım);
}

private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog dosya = new OpenFileDialog();
    dosya.Title = "egzersiz listesini ekleyin";
    dosya.ShowDialog();
    DosyaYolu = dosya.FileName;
    label5.Text = "Dosya Eklendi.";
}

private void textBox2_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
}

private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
}
}
}

```

```

//kullanıcı ekranı ara yüzü
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
using System.IO.Ports;
using offic = Microsoft.Office.Interop.Excel;
using System.Net.Mail;
using System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting;

namespace WindowsFormsApp5
{
    public partial class Form4 : Form
    {
        string gelen = "0";
        string deneme = "A";
        int t = 1;
        DateTime yeni = DateTime.Now;
        int zaman = 0;
        int satir = 1;
        int sutun = 1;
        int satirno = 1;
        int k = 0;
        string DosyaYolu;
        string[] gelenler;
        int sayac = 0;
        int[] parmak = new int[5];

        public Form4()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void listBox1_SelectedIndexChanged(object sender, EventArgs e)
        {
        }

        private void Form4_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            serialPort1.Close();
            this.chart1.Titles.Add("değer ölçüm");
            DateTime yeni = DateTime.Now;

```

```

        FileStream fsal = new FileStream("C:/liste/liste.txt", FileMode.Open,
FileAccess.Read);
        StreamReader swal = new StreamReader(fsal);
        string al = swal.ReadLine();
        while (al != null)
        {
            egzersizlistesi.Items.Add(al);
            al = swal.ReadLine();
        }
        swal.Close();
        fsal.Close();

    }

    private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
    {

    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)//başla butonu
    {
        serialPort1.Open();
        timer1.Enabled = true;
        System.Threading.Thread.Sleep(150);//donmayı önlemek için bekleme süresi
    }

    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)//dur butonu
    {
        timer1.Enabled = false;
        serialPort1.Close();

    }

    private void chart1_Click(object sender, EventArgs e)
    {

    }

    private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
    {

        satir = dataGridView1.Rows.Add();//dataGridView içerisine verileri yazma
        komutları
        dataGridView1.Rows[satir].Cells[0].Value = satirno;
        dataGridView1.Rows[satir].Cells[1].Value = gelen;
        dataGridView1.Rows[satir].Cells[2].Value =
string.Format("{0:hh:mm:ss}",DateTime.Now);
    }

```



```
dataGridView1.Rows[satir].Cells[3].Value = yeni.ToShortDateString();
satir++;
satirno++;
```

gelen = serialPort1.ReadLine();//seri porttan gelen verileri ayıklama komutları

```
gelenler = gelen.Split(';');
label1.Text = gelen;
textBox1.Text = gelenler[0];
textBox2.Text = gelenler[1];
textBox3.Text = gelenler[2];
textBox4.Text = gelenler[3];
textBox5.Text = gelenler[4];
```

```
serialPort1.DiscardInBuffer();
```

```
parmak[0] = Convert.ToInt32(gelenler[0]);
parmak[1] = Convert.ToInt32(gelenler[1]);
parmak[2] = Convert.ToInt32(gelenler[2]);
parmak[3] = Convert.ToInt32(gelenler[3]);
parmak[4] = Convert.ToInt32(gelenler[4]);
```

**//this.chart1.Titles.Add("parmak hareketleri");
chart1.Series["baş"].Points.AddXY("zaman", parmak[0]);//grafiğe parmak verilerini çizdiren komutlar**

```
chart1.Series["işaret"].Points.AddXY("zaman", parmak[1]);
chart1.Series["orta"].Points.AddXY("zaman", parmak[2]);
chart1.Series["yüzük"].Points.AddXY("zaman", parmak[3]);
chart1.Series["küçük"].Points.AddXY("zaman", parmak[4]);
```

if (parmak[0] < 90 && parmak[1] < 90 && parmak[2] < 90 && parmak[3] < 90 && parmak[4] < 90)// başarılı parmak hareketlerini sayan komutlar

```
{
    sayac = ++sayac;
    string sayac1 = Convert.ToString(sayac);
    textBox6.Text = sayac1;
```

```
if (sayac == 10)
{
    label8.Text = "hareket sayısını tamamladınız";
    string kontrol = label8.Text;
    sayac = 0;
    if (kontrol == "hareket sayısını tamamladınız")
    {
        timer1.Enabled = false;
    }
}
```

```

    }

    while (parmak[0] < 90 && parmak[1] < 90 && parmak[2] < 90 &&
parmak[3] < 90 && parmak[4] < 90)
        islem();

    }

}

public void islem()//seri porttan gelen verileri parmak[] içerisine atan komutlar
{
    gelen = serialPort1.ReadLine();
    gelenler = gelen.Split(',');
    label1.Text = gelen;
    textBox1.Text = gelenler[0];
    textBox2.Text = gelenler[1];
    textBox3.Text = gelenler[2];
    textBox4.Text = gelenler[3];
    textBox5.Text = gelenler[4];

    parmak[0] = Convert.ToInt32(gelenler[0]);
    parmak[1] = Convert.ToInt32(gelenler[1]);
    parmak[2] = Convert.ToInt32(gelenler[2]);
    parmak[3] = Convert.ToInt32(gelenler[3]);
    parmak[4] = Convert.ToInt32(gelenler[4]);
    System.Threading.Thread.Sleep(10);
}

private void button4_Click(object sender, EventArgs e)//verileri sil butonu
{
    dataGridView1.Rows.Clear();
    chart1.Series.Clear();
    textBox1.Clear();
    textBox2.Clear();
    textBox3.Clear();
    textBox4.Clear();
    textBox5.Clear();
    textBox6.Clear();
    textBox7.Clear();
    label1.ResetText();
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)//excele aktar butonu
{
    Microsoft.Office.Interop.Excel.Application objExcel = new
Microsoft.Office.Interop.Excel.Application();
    objExcel.Visible = true;
}

```

```

    Microsoft.Office.Interop.Excel.Workbook objbook =
objExcel.Workbooks.Add(System.Reflection.Missing.Value);
    Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet objSheet =
(Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet)objbook.Worksheets.get_Item(1);

    for (int s = 0; s < dataGridView1.Columns.Count; s++)
    {
        Microsoft.Office.Interop.Excel.Range myrange =
(Microsoft.Office.Interop.Excel.Range)objSheet.Cells[1, s + 1];
        myrange.Value2 = dataGridView1.Columns[s].HeaderText;
    }

    for (int s = 0; s < dataGridView1.Columns.Count; s++)
    {
        for (int j = 0; j < dataGridView1.Rows.Count; j++)
        {
            Microsoft.Office.Interop.Excel.Range myrange =
(Microsoft.Office.Interop.Excel.Range)objSheet.Cells[j + 2, s + 1];
            myrange.Value2 = dataGridView1[s, j].Value;
        }
    }

}

private void dataGridView1_CellContentClick(object sender,
DataGridViewCellEventArgs e)
{
}

private void textBox5_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
}

private void label3_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

private void textBox6_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
}

```

```

}

private void textBox1_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
}

private void button1_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
}

private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    string kayit = textBox7.Text;
    if (kayit == "")
    {
        MessageBox.Show("!!!Grafiğin kaydedileceği alanı girmelisiniz!!!");
    }
    else
    {
        try
        {
            string kayityeri = @"C:\Users\enis\Desktop\DATA\";
            string filename = ".png";
            this.chart1.SaveImage(kayityeri + kayit + filename,
ChartImageFormat.Png);
            MessageBox.Show("Grafik şuraya kaydedildi " + kayityeri);
        }
        catch (Exception ex3)
        {
            MessageBox.Show(ex3.Message, "Hata Mesajı");
        }
    }
}

private void panel3_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
{
}

private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog dosya1 = new OpenFileDialog();
    dosya1.Title = "verileri ekleyin";
    dosya1.ShowDialog();
    DosyaYolu = dosya1.FileName;
}

```

```
label10.Text = "Dosya Eklendi.";

}

private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
{
    MailMessage mesajım1 = new MailMessage();
    SmtplibClient istemci1 = new SmtplibClient();
    istemci1.Credentials = new System.Net.NetworkCredential("Hotmail mail
adresi yazınız", "şifre yazınız");
    istemci1.Port = 587;
    istemci1.Host = "smtp.live.com";
    istemci1.EnableSsl = true;
    mesajım1.To.Add(textBox9.Text);
    mesajım1.From = new MailAddress(textBox8.Text);
    mesajım1.Subject = "egzersiz verileri";
    mesajım1.Body = "egzersiz verileri ekte bulunmaktadır.";
    mesajım1.Attachments.Add(new Attachment(DosyaYolu));
    istemci1.Send((mesajım1));
}
}
}
```

Ek-B

//Veri eldiveni kodları

```
const int flexSensor[] = {A0, A1, A2, A3, A4}; //flex sensör bağlantı pinleri
```

```
int sensorvalue[5]; //okunan değerlerin için değişken
```

```
byte servoposition[5]; //servoların konumunu derece cinsinden kaydedecek  
değişken
```

```
int minim[]={1023, 1023, 1023, 1023, 1023};
```

```
int maxim[]={0, 0, 0, 0, 0};
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    sensorvalue[0] = analogRead(flexSensor[0]); //her sensör için voltaj değeri  
okuma
```

```
    if(sensorvalue[0]<775)
```

```
        sensorvalue[0]=755;
```

```
    if(sensorvalue[0]>840)
```

```
        sensorvalue[0]=840;
```

```
    sensorvalue[0]=map(sensorvalue[0],840,755,0,180);
```

```
sensorvalue[1] = analogRead(flexSensor[1]); //her sensör için voltaj değeri  
okuma
```

```
if(sensorvalue[1]<609)
```

```
sensorvalue[1]=609;
```

```
if(sensorvalue[1]>823)
```

```
sensorvalue[1]=823;
```

```
sensorvalue[1]=map(sensorvalue[1],823,609,0,180);
```

```
sensorvalue[2] = analogRead(flexSensor[2]); //her sensör için voltaj değeri  
okuma
```

```
if(sensorvalue[2]<785)
```

```
sensorvalue[2]=765;
```

```
if(sensorvalue[2]>845)
```

```
sensorvalue[2]=845;
```

```
sensorvalue[2]=map(sensorvalue[2],845,765,0,180);
```

```
sensorvalue[3] = analogRead(flexSensor[3]); //her sensör için voltaj değeri  
okuma
```

```
if(sensorvalue[3]<741)
```

```
sensorvalue[3]=741;
```

```
if(sensorvalue[3]>824)
```

```
sensorvalue[3]=824;
```

```
sensorvalue[3]=map(sensorvalue[3],824,741,0,180);
```

```
sensorvalue[4] = analogRead(flexSensor[3]); //her sensör için voltaj değeri  
okuma
```

```
if(sensorvalue[4]<785)
sensorvalue[4]=785;
if(sensorvalue[4]>860)
sensorvalue[4]=860;
sensorvalue[4]=map(sensorvalue[4],860,785,0,180);
```

```
Serial.print( sensorvalue[0]);Serial.println(",");delay(5);
Serial.print( sensorvalue[1]);Serial.println(";");delay(5);
Serial.print( sensorvalue[2]);Serial.println(".");delay(5);
Serial.print( sensorvalue[3]);Serial.println("?");delay(5);
Serial.print( sensorvalue[4]);Serial.println("=");delay(200);
```

```
/*sensorvalue[2] = analogRead(flexSensor[2]);
```

```
Serial.println( sensorvalue[2]);
```

```
delay(1000);*/
```

```
}
```


Ek-C

//Robot kol kodları

```
#include <Servo.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
int sensorvalueref[5]={44,59,18,16,14}; //okunan değerlerin için değişken
```

```
int sensorvalue[5];
```

```
int sensorpercent[5];
```

```
int sayac=0;
```

```
String val1;
```

```
String val2;
```

```
String val3;
```

```
String val4;
```

```
String val5;
```

```
char durum1='p';
```

```
char durum2='p';
```

```
int buton1=A0;
```

```
int buton2=A1;
```

```
int butondurum1=0;
```

```
int butondurum2=0;
```

```
Servo servo[5]; //servo isimli değişken tanımlandı
```

```
LiquidCrystal lcd(13, 12, 8, 7, 4, 2); //kullanılacak lcd uçları
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
pinMode(buton1,INPUT);
pinMode(buton2,INPUT);
lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(9600);
servo[0].attach(3);delay(15); //kullanılacak servo uçları
servo[1].attach(5);delay(15);
servo[2].attach(6);delay(15);
servo[3].attach(9);delay(15);
servo[4].attach(10);delay(15);
}
void loop()
{
    butondurum1=digitalRead(buton1);
    butondurum2=digitalRead(buton2);
    buton1kontrol();
    buton2kontrol();

    if(durum1=='p' && durum2=='p') // buton durumlarına göre lcd ayarlama
    {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("izle");
        lcd.setCursor(8,0);
        lcd.print("egzersiz");
    }
}
```

```
else if(durum1=='a' && durum2=='p') // buton durumlarına göre lcd ayarlama
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("geri don");
    hareket1();
    buton1kontrol();
    buton2kontrol();
    delay(2500);
    buton1kontrol();
    buton2kontrol();
    hareket2();
    delay(2500);
}
```

```
else if(durum1=='p'&& durum2=='a')
{
    if (Serial.available() > 0) //kablosuz veri geldiğini kontrol etmek için
        olcum(); //xbee modülü ile gelen verileri integer a çevirerek servo değerlerine
        atama
        hareketsayisi(); //istenilen hareketin kaç kez yapıldığını hesaplama
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(sayac);
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("geri don");
```

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(sensorvalue[0]);
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(sensorvalue[1]);
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(sensorvalue[2]);
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print(sensorvalue[3]);
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print(sensorvalue[4]);

if (Serial.available() > 0) //kablosuz veri geldiğini kontrol etmek için
{
    olcum();

    for (int index = 0; index < 5; index++) //eldivenden alınan verileri
servolara gönderme
    {
        servo[index].write(sensorvalue[index]); //servolara bilgi yollar.
    }

    hareketsayisi(); //istenilen hareketin kaç kez yapıldığını hesaplama
}

    hareketsayisi(); //istenilen hareketin kaç kez yapıldığını hesaplama
}

}

```

```

void hareketsayisi() //istenilen hareketin kaç kez yapıldığını hesaplama
{
    if( sensorvalue[0]<90 && sensorvalue[1]<90 && sensorvalue[2]<90 &&
sensorvalue[3]<90 && sensorvalue[4]<90)
    {
        sayac=sayac+1;
        olcum();
        Serial.println(sayac);//03.03.2019 eklemesi

        while( sensorvalue[0]<90 && sensorvalue[1]<90 && sensorvalue[2]<90 &&
sensorvalue[3]<90 && sensorvalue[4]<90)
            olcum();
    }
}

```

void olcum() //xbee modülü ile gelen verileri integer a çevirerek servo değerlerine atama

```

{
    val1=Serial.readStringUntil(',');
    sensorvalue[0]=val1.toInt();
    val2=Serial.readStringUntil(';');
    sensorvalue[1]=val2.toInt();
    val3=Serial.readStringUntil('.');
    sensorvalue[2]=val3.toInt();

```

```
val4=Serial.readStringUntil('?');  
sensorvalue[3]=val4.toInt();  
val5=Serial.readStringUntil('=');  
sensorvalue[4]=val5.toInt();  
  
}
```

```
void buton1kontrol() //1. butonun kontrolü  
{  
    if(butondurum1==1)  
    {  
        if(durum2=='p')  
            durum1='a';  
        while(butondurum1==1)butondurum1=digitalRead(buton1);  
    }  
}
```

```
void buton2kontrol() //2. butonun kontrolü  
{  
    if(butondurum2==1)  
    {  
        lcd.clear();  
        if(durum1=='a' && durum2=='p')  
            durum1='p';  
        else if(durum1=='p'&& durum2=='a')
```

```

        durum2='p';
        else if(durum1=='p' && durum2=='p')
            durum2='a';
        while(butondurum2==1)butondurum2=digitalRead(buton2);
    }
}

```

```

void hareket1() //robot elin yapmasını istediğimiz 1. hareket
{
    sensorvalue[0] =180;
    sensorvalue[1] =180;
    sensorvalue[2] =180;
    sensorvalue[3] =180;
    sensorvalue[4] =180;
    for (int index = 0; index < 5; index++)
    {
        servo[index].write(sensorvalue[index]); //servolara bilgi yollar.
    }
}

```

```

void hareket2() //robot elin yapmasını istediğimiz 2. hareket
{
    sensorvalue[0] =0;
    sensorvalue[1] =0;
}

```

```
sensorvalue[2] =0;
sensorvalue[3] =0;
sensorvalue[4] =0;
for (int index = 0; index < 5; index++)
{
    servo[index].write(sensorvalue[index]); //servolara bilgi yollar.
}
}
```



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Aytekin E., Sondaş A., Kablosuz Kontrol Sistemi Destekli Robotik El Tasarımı, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, s.739-746, 26-28 Nisan 2019



ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve ortaokulu İstanbul'da bitirdi. Lise eğitimini Haydarpaşa Teknik Lisesi Elektronik bölümünde 1999-2003 yılları arasında tamamladı. 2004 yılında başladığı Selçuk Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Öğretmenliği bölümünü 2009 yılında bitirdi. 2012-2017 yılları arasında İstanbul Bayrampaşa İnönü Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde görev yaptı. 2017 yılından itibaren halen Ataşehir Nuri Cingilloğlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alanı öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

