

# Kablosuz Eldiven Sistemi ile Kontrol Edilen Robot Kol Tasarımı\*

## Robot Arm Design Controlled by Wireless Glove System\*

Uğur Yüzgeç<sup>1</sup>, Halit Enes Büyüktepe<sup>1</sup>, Cihan Karakuzu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye  
ugur.yuzgec@bilecik.edu.tr

### Öz

Bu çalışmada insansı bir robot kolunun kablosuz bir eldiven sistemi ile uzaktan kontrolü ele alınmış ve bu amaçla iki farklı robot kolu oluşturulmuş ve uzaktan kontrolü için özel bir kullanıcı eldiveni tasarımı yapılmıştır. Verici eldiven yapısında kişinin parmak eklemi hareketlerinin algılanması için eldiven üzerine eğim sensörleri yerleştirilmiştir. Robot kolu üzerinde her bir parmak eklemine hareket ettirilmesi için servo motorlar ve ipler kullanılmıştır. Kullanıcı eldiveninden robot koluna komutların gönderilmesi kablosuz haberleşme modülleri ile sağlanmıştır.

*Anahtar Kelimeler — Robot kolu, Kablosuz eldiven, Kontrol*

*Abstract— In this study, remote control of a humanoid robot arm by wireless glove system is considered and for this purpose, two different robot arms were realized and a special user glove was designed for remote control. In the transmitter glove, tilt sensors were placed onto the glove to detect the motion of the finger joint of the person. To move each finger joints on the robotic arm, servo motors and ropes were used. Sending of user commands from user glove to robot arm was done by wireless communication modules.*

*Keywords — Robot arm, Wireless glove, Control.*

\* Bu makalenin kısa biçimi UBMK'2016'da sunulmuştur

Gönderim ve kabul tarihi : 30.01.2017 - 31.05.2017

### 1. Giriş

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi ile birlikte robotik sistemler, robotlar ve insansı robotlar üretim, turizm, tıp, eğitim gibi pek çok alanda hizmet vermektelerdir. Robotik sistemler kendileri için tanımlanan görevleri enerji kesilmesi

olmaksızın kabul edilebilir çok küçük hata oranı ile sürekli yapma kapasitesine sahiptirler. Robotlar ve robotik sistemler, özellikle sanayide ve üretim alanında, iş otomasyonu uygulamalarında kullanılmaktadır [1]. Temel olarak robotlar belli bir zeka veya zeka sistemine sahip değildirler. Yeni nesil robotlar ise çevrelerini algılamaya ve hareketlerini planlamaya yönelik yapay zeka yetenekleri ile geliştirilmeye çalışılmaktadır [2]. Tüm robotlar yapmakla yükümlü oldukları işleri, üzerlerinde yer alan algoritmalar yardımıyla yürütürler. Görev değişikliğinde bu algoritmanın ve dolayısıyla kodun değiştirilmesi gerekmektedir[3]. Robotik cerrahi sistemleri, ilk kullanılmaya başlanmasından günümüze kadar büyük bir gelişim göstermişlerdir. Bu sistemlerin yaygın kullanımı ile birlikte gelecekte robotların yeteneklerinin artırılması ve daha fazla uygulama alanı bulması hedeflenmektedir [4]. Robotların cerrahi [4], bomba imha [5], kimyasal süreçler gibi tehlikeli ve kritik alanlarda uzaktan erişim ile kontrol edilmesi gerekmektedir. Robot kolu veya robot elinin bu alanlarda kullanılmasında robotun malzemeleri kavraması da diğer bir önemli konudur [6]. Robot kolu veya elinin tasarlanmasına yönelik klasik yaklaşım, insan el hareketlerini benzetebilmek için biyolojik parçaların yerine mekanik parçaları içermektedir [7].

Robot veya robot kolunun uzaktan kontrolünde farklı yöntemlere literatürde rastlanmaktadır. Sümbül ve Coşkun yaptıkları çalışmada [8], çok fonksiyonlu bir mayın tarama robotu tasarımı yapmışlar ve robot üzerine MIR sensörü yerleştirerek kara mayınlarının uzaktan tespitini gerçekleştirmişlerdir. Mayın tarama robotunun kontrolü RF alıcı verici kullanılarak uzaktan erişimle yapılabilmektedir. Alp ve arkadaşları ise gezgin bir robotun internet üzerinden erişimi ve kontrolüne yönelik bir sistem önermişlerdir [9]. Karıcı ve arkadaşları ise 5 eksenli bir robot kol tasarımını FPGA ile gerçekleştirmişlerdir [10]. Uyar ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada bir dirsek altı protez kolunun beyin dalgaları (EMG) ile kontrol edilmesini gerçekleştirmişlerdir [11].

Bu çalışmada ilk olarak insan kol ve parmak hareketini taklit eden bir ahşap robot kol tasarımı yapılmıştır; ardından açık kaynak kodlu üç boyutlu yazıcıdan çıktısı alınan ikinci robot kolu yapılarak, her iki prototip robot kolunun kablosuz haberleşme modülü yardımıyla uzaktan kontrolleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan robotik kolların üzerindeki her bir parmak hareketi için beş adet servo motor kullanılmıştır. Kontrol veya kumanda için el hareketlerini taklit edecek iki eldiven tasarımı yapılmıştır.

Eldiven üzerinde her bir parmak hareketinin algılanması amacıyla beş adet eğilme sensörü yerleştirilmiştir. Eldiven aracılığıyla alınan hareket komutları kablosuz haberleşme modülleri ile robotik kollara gönderilmiş ve ilgili servo motorlar yardımıyla taklit hareketleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında verici kısmında sensörlerin değerlerini okumak ve göndermek için bir verici kodu, alıcı tarafında ise alınan değerlere göre ilgili eklemi harekete geçirmek için bir alıcı kodu geliştirilmiştir.

## 2 Robot Kolu ve Eldivenin Tasarımı

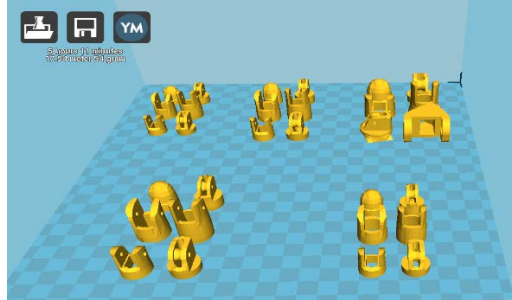
Bu çalışma kapsamında tasarlanan ve gerçekleştirilen ilk prototip robot kolu Şekil 1'de gösterildiği gibi ahşap malzeme kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 1. Ahşap malzeme kullanılarak gerçekleştirilen ilk prototip

Yapılan ilk prototipin en büyük dezavantajı robot kolunun toplam malzeme ağırlığının fazla olması olarak tespit edilmiştir.

İkinci prototip için kullanılan robot kolu, "http://www.thingiverse.com/" web sitesinde bulunan "thing:30654" robotik el baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik çalışmada Cura isimli üç boyutlu cisimleri görüntüleyen ve görüntülenen parçanın çizim kodunu g koduna (gcode) dönüştürme işlemi yapan bir program kullanılmıştır. Şekil 2'de Cura programı ile tüm parmakların parçaları gösterilmiştir.



Şekil 2. Tüm parmakların Cura programı ile elde edilen görüntüsü

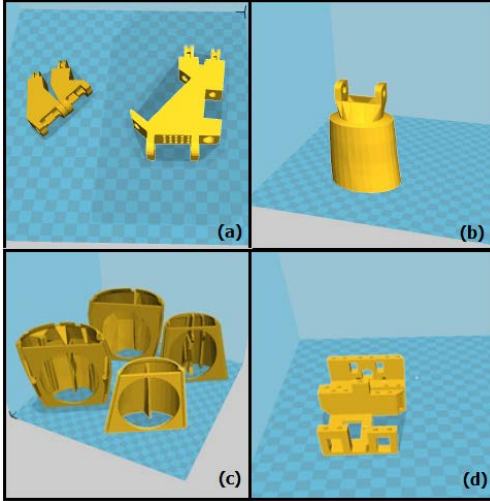
Şekilden de görüleceği gibi robotik kolun her bir parmağı altı adet parçadan oluşmaktadır ve sağ baştan sırasıyla baş parmak, işaret parmağı, orta parmak, yüzük parmağı ve serçe parmağı verilmiştir. Şekil 3'de robotik kolun el ayası, bilek, bilek dirsek arası ve servo motor yatağı kısımlarının Cura programındaki 3 boyutlu görüntüsü verilmiştir. Yine Şekil 4'de el parmaklarının üç boyutlu

yazıcıdan çıktısının alınmasına ait bir fotoğraf karesi gösterilmiştir.

Robot kolunu oluşturan parçalar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

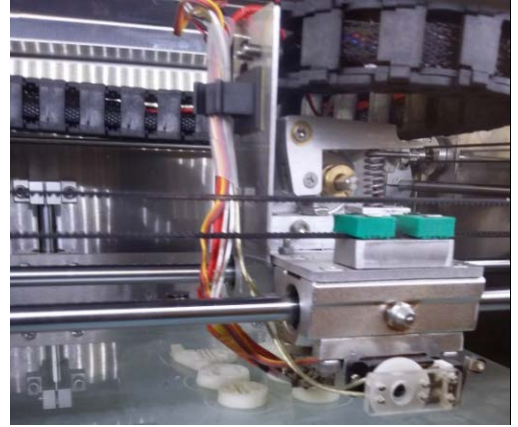
- Baş parmak (6 parça)
- İşaret parmak (6 parça)
- Orta parmak (6 parça)
- Yüzük parmak (6 parça)
- Serçe parmak (6 parça)
- El ayası (3 parça)
- Bilek (1 parça)
- Bilek ve dirsek arası (4 parça)
- Servo yatağı (1 parça)

El ayasının iki parçası serçe ve yüzük parmağı için, son parçası ise orta, işaret ve baş parmaklarının ana gövdesi için düşünölmüştür.

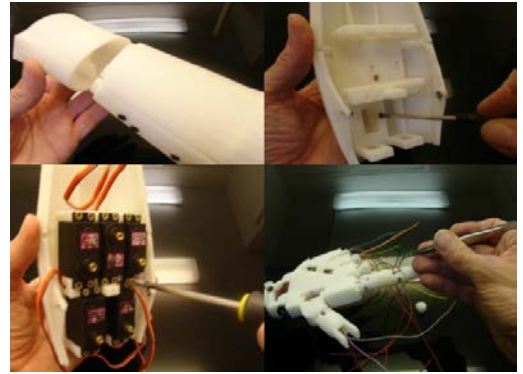


**şekil 3.** Cura programı ile elde edilen el ayası (a), bilek (b), bilek dirsek arası (c) ve servo motor yatağı (d) görüntüsü

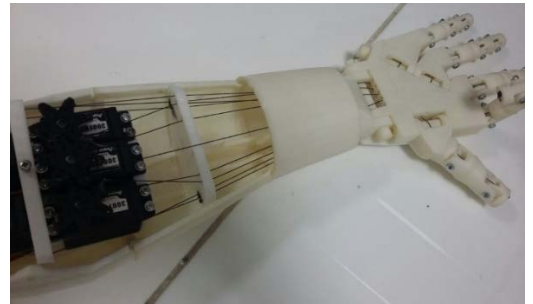
Üç boyutlu yazıcıdan alınan bilek, servo yatağı, el ayası parçalarının montajı tamamlandıktan sonra HD-3001HB model servo motorlar yerlerine yerleştirilmiştir (bkz. şekil 4). Son aşamada parmakların montajı yapılmış ve parmakların hareket edebilmesi için her bir servo motor ile parmak arasına ipler geçirilmiştir (bkz. şekil 5). şekil 6'da montajı biten robotik kol gösterilmektedir.



**şekil 4.** Üç boyutlu yazıcıdan parmakların çıktısının alınması



**şekil 5.** Robot kolunun montaj işlemleri



**şekil 6.** Montaj işlemi tamamlanan robot kolu

Robot kolunun uzaktan kablosuz kontrolünü sağlamak için özel bir eldiven tasarımı geliştirilmiştir. Kullanıcının el hareketlerinin algılanması için her parmak eklemine eğilme sensörleri eklenmiştir. Bunun için eğilme

sensörlerinin dışı kumaş parçası ile kendi boyutlarında dikilmiş, uç kısmına her kullanıcının parmak kalınlığına göre ayarlanabilmesi için cırt bant ile desteklenmiştir. Verici devresi ve kablosuz haberleşme modülünün eldivenin bilek kısmına yerleştirilmesi için düz ve ince bir tahta parçası kumaşla dikildikten sonra eldivene yapıştırılmış; kullanıcının kolunda sabit kalması için ise alt bölümüne cırt bant dikilerek Şekil 7'de görülen iki kablosuz eldiven tasarımı gösterilmiştir. İki eldiven tasarımı birbirine benzemekle birlikte en temel farklarından birisi parmak eklemlerinde kullanılan eğilme sensörü hassasiyetidir. Son prototip için kullanılan eğilme sensörü ilk prototipte kullanılan eğilme sensörüne göre daha geniş bir analog aralıkta sahiptir.

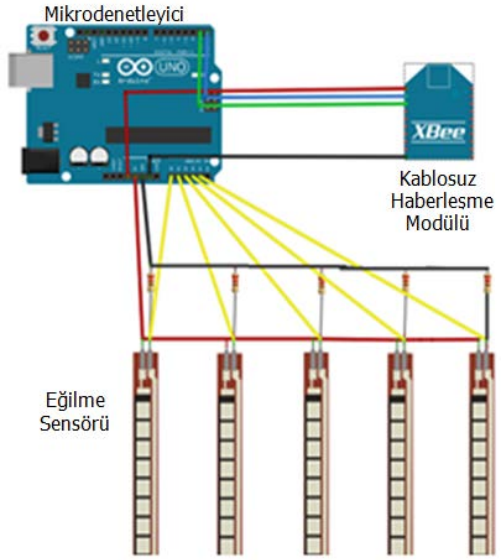


Şekil 7. Kablosuz eldiven sistemleri: (a) ilk eldiven prototipi, (b) ikinci eldiven prototipi.

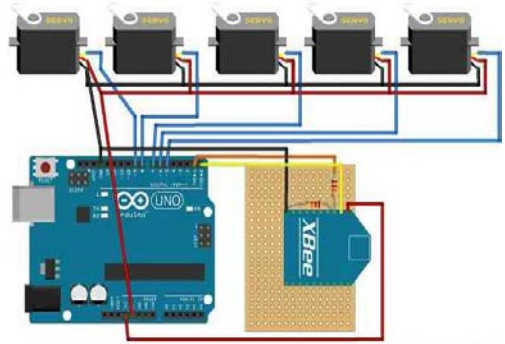
### 3 Alıcı ve Verici Devre Tasarımı

Bu çalışma kapsamında kullanıcının el hareketlerinin algılanması, kablosuz haberleşme modülü ile robot kola gönderilmesi ve alınan komutlara göre robot kolunun hareketinin sağlanması için iki ayrı devre tasarlanmıştır. Verici devresinde yer alan kablosuz eldiven üzerinde parmak hareketlerini algılamak için beş adet eğilme sensörü kullanılmıştır (bkz. Şekil 8).

Bu sensör uygulanan eğilme oranında direnci değişen pasif bir sensördür. Analog çıkış değeri üreten bu sensörlerden alınan veriler bir mikrodenetleyici (Arduino Uno) üzerinde gömülü bir kod yardımı ile değerlendirilir ve tanımlanan tüm el hareketleri için kablosuz haberleşme modülü (XBee) ile alıcı devresine gönderilir. Şekil 9'da robot kolu üzerindeki servo motorları sürmek ve verici devresinden gönderilen verileri alabilmek için kullanılan alıcı devresi gösterilmektedir.



Şekil 8. Robot kolu verici devre şeması



Şekil 9. Robot kolu alıcı devre şeması

Alıcı devresi içinde robot kolundaki parmakların hareketinin sağlanması için beş adet servo motor, verici devresinden gönderilen komut verilerini alabilmek için kablosuz haberleşme modülü (XBee) ve gelen komutu değerlendirip, gerekli servo motoru istenilen açı ile döndürebilmek için geliştirilen gömülü kodun bulunduğu mikrodenetleyici kartı (Arduino Uno) bulunmaktadır.

## 4 Alıcı ve Verici Algoritmaları

Yapılan çalışmanın donanım kadar önemli aşamalarından birisi de algoritma tasarımıdır. Gömülü yazılımda dikkat edilecek hususlardan birisi ise, kullanılan mikrodenetleyicinin donanım özelliklerine uygun ve optimum kod satırına sahip bir algoritma tasarımı yapmaktır.

Bu çalışmada, alıcı ve verici kısımları için iki ayrı algoritma tasarlanmıştır. Arduino platformu kullanılarak verici eldivende bulunan eğilme sensörlerinin pinleri tanımlanarak, eğilme sensörlerinin analog değerleri okunmuş ve bir fonksiyon ile analog değerler servo motorların derece değerlerine dönüştürülmüştür. Bu derece değerleri robot koluna XBee modülü ile kablosuz haberleşme yoluyla gönderilmektedir.

Aşağıda verici kısmına ait algoritmanın kaba kodu verilmektedir.

```
Başla
while (1)
  buffer[0]=Start
  baş parmak eğim sensörü veri oku
  işaret parmak eğim sensörü veri oku
  orta parmak eğim sensörü veri oku
  yüzük parmak eğim sensörü veri oku
  serçe parmak eğim sensörü veri oku
  alınan analog değerleri açığa dönüştür
  buffer isimli diziye açılmal verileri al
  buffer[6]=Stop
  serial.write(buffer,buffer size)
end
```

Her bir veri katmanı kaba kod yapısından da anlaşılacağı üzere 7 elemandan oluşmaktadır. Veri katmanı bir start karakteri, beş servo derecesi bilgisi ve bir stop karakteri olarak gönderilmektedir. Şekil 10'da gönderilen veri katmanı formu gösterilmektedir.

Start	Srv1	Srv2	Srv3	Srv4	Srv5	Stop
-------	------	------	------	------	------	------

**Şekil 10.** Gönderilen veri formatı (Srv1-Srv5: Servo motoru için gönderilen açılmal bilgileri göstermektedir)

Alıcı algoritmasında başlangıçta kablosuz haberleşme modülü ile alınan veriler içinde start karakteri aranır. Start karakteri alındığında

arkasından gelen beş parmak bilgisi için verici algoritması ile oluşturulan servo açılmal değerleri alınır. Veri katmanının sonunda stop karakteri ile birlikte bir sonraki veri için beklenir. Her bir servo motor için alınan açılmal değeri ilgili servo motorun çıkışına gönderilir. Böylece kullanıcının yaptığı el hareketinin taklit işlemi robot kolu üzerinde gerçekleştirilmiş olur.

Aşağıda alıcı kısmına ait algoritmanın kaba kodu verilmektedir.

```
Başla
while (1)
  if (serial.read ==Start)
    //parmak açılmal değerleri yaz
    servo_aci[0]= serial.read
    servo_aci[1]= serial.read
    servo_aci[2]= serial.read
    servo_aci[3]= serial.read
    servo_aci[4]= serial.read
  end

  if (serial.read==Stop)
    for(i=0;i<5;i++)
      servo.write(servo_aci[i])
    end
  end
end
```

## 5 Uygulama Sonuçları

Çalışma sonucunda uzaktan kablosuz eldiven ile kontrol edilebilen bir robot kolu geliştirilmiştir. Uygulama denemelerinde kullanıcının geliştirilen verici eldiveni giymesi ile parmak hareketleri eldiven üzerindeki eğilme sensöründeki direnç değerlerini değiştirmiş ve Arduino Uno üzerindeki yazılım ile bu analog değerler alınarak servo motorlar için sekiz bitlik açılmal değerlere dönüştürülmüştür.

Robot koluna kablosuz iletişim ile beş parmağa ait açılmal değerler gönderilerek, alıcı mikrodenetleyici tarafından ilgili servo motorlar çalıştırılmıştır. Servo motorlar robot kolu üzerindeki parmak eklemlerine iplerle bağlı olduğundan, her bir servo motorun hareketiyle, robot kolun ilgili parmakları hareket ettirilmiş, böylece kullanıcının el hareketi robot kol tarafından taklit edilmiştir. Şekil 11'de uygulama denemelerinden kareler gösterilmiştir. Geliştirilen

robot kolu kullanıcının el hareketlerini yüksek başarı ile taklit etmiştir.

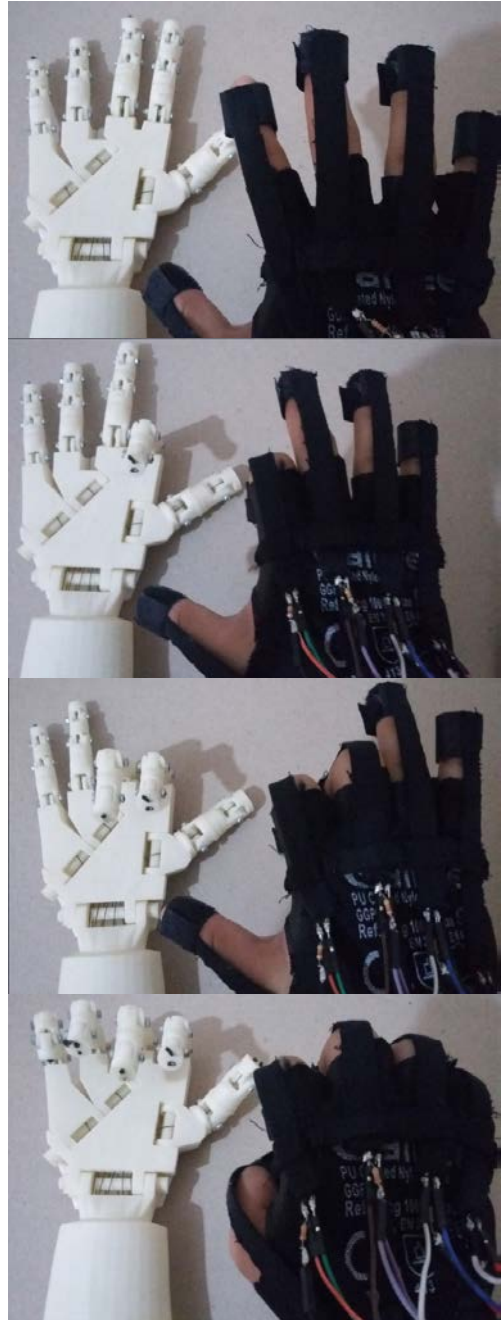
## 6 Sonuç

Robot ve robotik sistemler üretim, tıp, eğitim, turizm gibi çok farklı alanlarda insanlara yardımcı olmak için tasarlanan cihazlardır. Ancak kritik ve tehlikeli görevlerde kullanılan robotik sistemlerde uzaktan erişimli kontrol ile kullanıcının müdahalesinde işlemler gerçekleşir.

Bu çalışmada üç boyutlu yazıcıdan çıktıları alınarak tasarlanan bir robot kolunun uzaktan kablosuz haberleşme modülleri yardımıyla kontrol uygulaması yapılmıştır. Bu kapsamda robot kolunu uzaktan kontrol etmek isteyen kullanıcılar için özel bir kablosuz eldiven tasarımı yapılmış ve bu eldiven üzerine kişinin parmak hareketlerini algılayabilmek amacıyla eğim sensörleri yerleştirilmiştir. Yine eldivenin bilek üstü kısmına Arduino Uno mikrodenetleyici boardu konularak gerekli analog sensör verilerinin alınması ve kablosuz haberleşme modülü (XBee) ile bu verilerin gönderilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Üç boyutlu yazıcıdan çıktıları alınan robot kolu birleştirilmiş ve her bir parmak ekleminin hareketi için servo motor kullanılmıştır. Alıcı kısmında yine bir Arduino Uno mikrodenetleyicisi ve Xbee haberleşme modülü kullanılmıştır. Vericiden alınan parmak hareketi bilgisine karşılık gelen servo açısı bilgisi ilgili servo motoru sürmek için kullanılmış ve robot kolu böylece kullanıcının yapmış olduğu parmak hareketlerini başarı ile taklit etmiştir.

Gelecek çalışmalar için eldiven yerine kullanıcının koluna yerleştirilecek EMG sensörü ile kas ve sinir hareketleri algılanarak robot kolunun kontrolü uzaktan erişim ile yapılacaktır. Yine sesli komut kontrolü ve görüntü işleme temelli robot kolunun kontrolü de ileriki dönemki çalışmalar arasında hedeflenmektedir.



**Şekil 11.** Uzaktan kontrol edilen robot kolunun çalıştırılma görüntüleri

## Kaynakça

- [1] Özfirat, M. K., "Robotik Sistemler ve Madencilikte Kullanımının Araştırılması", *TÜBAV Bilim Dergisi*, vol. 2(4), 2009, s. 412-425.
- [2] Çengelci, B., & Çimen, H., "Endüstriyel robotlar", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, vol. 2,2005, s. 69-78.
- [3] Şabanoviç, A., & Yannier, S., "Robotlar: Sosyal Etkileşimli Makineler", *TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi*, 2003.
- [4] Kural, A. R., & Atuş, F., "Ürolojide robotik cerrahi uygulamaları", *Türk Üroloji Dergisi*, vol. 36(3), 2010 s.248-257.
- [5] Cora, A., Taflan, N., Saraç, B., & Özdemir, Y., "Telsiz Bomba İmha Robotunun Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi", *ELECO 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, s. 307-311, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa.
- [6] M. R. Cutkosky, "On grasp choice, grasp models, and the design of hands for manufacturing tasks," *Robotics and Automation, IEEE Transactions on*, vol. 5, no. 3, pp. 269–279, 1989.
- [7] Zhe Xu and E. Todorov, "Design of a highly biomimetic anthropomorphic robotic hand towards artificial limb regeneration," 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Stockholm, 2016, pp. 3485-3492.
- [8] Sümbül, H., & Coşkun, A., "Mayın Tarama ve Bomba İmha Sistemlerinin Tek Robot Üzerinde Modernizasyonu", *Akademik Bilişim '11 - XIII. Akademik Bilişim Konferansı, Şubat 2011 s. 39-43, Malatya*.
- [9] Alp, U., Ayaz, H., Karadeniz, M., Dikici, Ç., Bozma, H. I., Laboratuvarı, A. S., & Mühendisliği, E. E., "İnternet Üzerinden Uzaktan Robot Erişimi", *11. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU 2003)*.
- [10] 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*, Vol 31, No 2, s. 295-302, 2016.
- [11] Uyar, E., Şenli, K., & Mutlu, L., "Beyin Dalgası Kontrollü Protez Kol Tasarımı", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), s.164-169, 2012.

