



## KINECT ALGILAYICI İLE GÖMÜLÜ SİSTEM TABANLI ROBOT KOLUNUN MATLAB SIMULINK DESTEKLİ GERÇEK ZAMANLI KONTROLÜ

Ömer BOYACI<sup>a,\*</sup>, Serap KARAGÖL<sup>b</sup>, Ömer Faruk AKMEŞE<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere M.Y.O, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çorum. TÜRKİYE

<sup>b</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

<sup>c</sup> Hitit Üniversitesi, Osmancık Ömer Derindere M.Y.O, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Çorum. TÜRKİYE

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [omerboyaci@hitit.edu.tr](mailto:omerboyaci@hitit.edu.tr)

Gönderim Tarihi: 19.11.2017

Kabul Tarihi: 04.12.2017

### Özet:

Başlangıçta oyun ve eğlence amacıyla üretilen Kinect teknolojisi, zamanla bilimsel çalışmalarda da kendine yer bulmuştur. Yazılım Geliştirme Kiti' nin Microsoft tarafından yayınlanması sonucunda uygulama geliştirmeye imkân sağlamasıyla bu durum ortaya çıkmıştır. Kinect algılayıcısı, hareket tanıma özeliği sayesinde çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kinect teknolojisinin sağlık, bilişim, animasyon, eğitim ve robotik gibi alanlarda da kullanımı bulunmaktadır. Bu çalışmada Kinect sensör ile Atmel mikrodenetleyici ailesinden Atmega 2560 mikrodenetleyicisi kullanılarak hareketli bir robot kol kontrol edilmiştir. Çalışmada kullanılan robot kolu 3 eksen hareket kabiliyetine sahip olup tasarımı yapıldıktan sonra 3 boyutlu yazıcıdan çıktı alınmıştır. Sistemin kontrolü, Matlab / Simulink üzerinden anlık olarak sağlanmıştır. En temel özeliği insan vücudunun hareketlerini algılayıp, onları temassız bir şekilde bilgisayar ortamına aktarmak olan Kinect, robot kolunun gerçek zamanlı kontrol edilmesi için sensör görevi görmüştür. Sonuç olarak sistemi kullanan operatörün kol hareketleriyle kontrol edilebilen bir robot kolu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Böylece Kinect teknolojisinin kullanılması, endüstride hassas kontrolün artması, hataların azaltılması, iş güvenliğinin sağlanması ve ürün kalitesinin artırılması gibi birçok alanda fayda sağlayabilir. Kinect algılayıcısının kullanılması düşük maliyetli olup diğer hareket yakalama yöntemlerine göre daha pratik çözümler sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kinect, Robot Kolu, İnsan Hareketi Algılama

## REAL-TIME CONTROL SUPPORTED BY MATLAB SIMULINK OF EMBEDDED SYSTEM BASED ROBOT ARM WITH KINECT SENSOR

### Abstract:

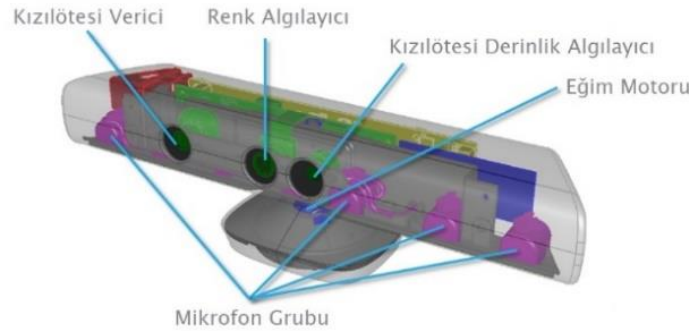
Initially developed for game and entertainment purposes, Kinect technology has also found its place in scientific studies over time. This situation has occurred as the Software Development Kit was released by Microsoft, which made it possible to develop applications. The Kinect sensor has a wide range of applications due to its motion recognition capability. Kinect technology is also used in areas such as health, information, animation, education and robotics, especially in the entertainment sector. In this study, a moving robot arm was controlled using Kinect sensor and Atmega 2560 microcontroller from Atmel microcontroller

family. The robot arm used in the study has 3 axis motion ability and after the designing, it is output from the 3D printer. System control is provided in real-time via Matlab / Simulink. Kinect, which is the most basic feature of sensing the movements of the human body and transferring them to the computer environment in a non-contact manner, has acted as a sensor for real-time control of the robot arm. As a result, a robot arm application that can be controlled by the arm movements of the operator using the system has been realized. Thus, Kinect technology can benefit a number of areas, such as increasing precision control in the industry, reducing errors, ensuring business safety, and increasing product quality. The Kinect sensor is low cost and offers more practical solutions than other motion capture methods.

**Key words:** Kinect, Robot Arm, Human Motion Detection

## 1. GİRİŞ

Kinect algılayıcısının üreticisi Microsoft bu ürünü “insanların sesleri, buldukları konumları ve hareketlerini algılayabilen, derinlik algı gücü olan, renkli kamera özelliği olan, kızılötesi yayıcısı bulunan ve içinde bir dizi mikrofon içeren fiziksel bir cihaz” olarak tanımlamıştır (Yükseltürk ve Altıok, 2016). Kinect algılayıcısı hareket tanıma özelliği sayesinde çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Kinect’ in sunduğu önemli veriler arasında algılanan noktaların X, Y ve Z koordinatlarına ek olarak cisimlerin kameraya olan uzaklık değerleri de vardır. Kinect, insandaki eklemlerin pozisyonları ve uzaklıkları takip ederek vücut hareketlerini üç boyutlu şekilde yakalamakta, yüz tanıma ve ses algılama imkânı da sunmaktadır. Kinect, çalıştığında önce görüş alanında insan olup olmadığını kontrol etmek için kızıl ötesi ışınlar yaymaya başlar. Daha sonra Kinect kamera görüş alanındaki insan iskeletini algılayarak hareket tanımlama işlemini yapar. Bu durumda Kinect, sistem belleğinde kayıtlı hareket örüntüleri ile örtüşen hareketleri sisteme iletir.



**Şekil 1.** Kinect Cihazının Bileşenleri

Kinect’ in bu verileri oluşturabilmesini sağlayan Şekil 1’ de görüldüğü üzere kızılötesi derinlik algılayıcı, renk algılayıcı (RGB-Red Green Blue kamera), mikrofon grubu ve aşağı-yukarı yönde hareket imkânı sağlayan eğim (tilt) motoru bulunmaktadır (Yükseltürk ve Altıok, 2016).

Kinect ile insanın 2B renkli görüntüsünü, 3B derinlik bilgisi içeren görüntüsünü ve 3B iskelet görüntüsünü görmek ve analiz etmek mümkündür (Topuz, Özüağ ve Akbulut, 2016). İskelet verisinde Kinect V1 20 Kinect V2 24 adet olmak üzere birçok eklem noktası gösterilmektedir. Bu iki versiyon tamamen farklı bir derinlik algılama teknolojisi içermektedir (Lun ve Zhao, 2015).

Literatür incelendiğinde farklı alanlarda Kinect teknolojisi ile yapılmış olan çalışmalar görülmektedir.

Örneğin Süzen ve Taşdelen (2013) yaptıkları çalışmada engelli vatandaşlar için akıllı bir ev otomasyonunun uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada öncelikle engelli bir bireyin tanımak için kullanılan Kinect daha sonra engelli bireyin hareketleri doğrultusunda ev yaşantısını kolaylaştırmak için gerekli sistemleri aktif veya pasif hale getirmektedir.

Castro ve diğerleri (2017) sağlık alanında spinal duruşun değerlendirilmesi üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna, Kinect’ in spinal duruşu nicel olarak değerlendirmek için değerli bir araç olabileceğini göstermiştir. Çünkü omurilik çizgilerinin radyasyonsuz değerlendirilmesine olanak tanınmıştır. Radyolojik yöntemlere düşük maliyetli radyasyonsuz bir alternatif olarak uygulanma potansiyeli göstermiştir.

Bravo, Ojeda-Castelo, ve Piedra-Fernandez (2017) yaptıkları çalışmada fizyoterapist ile rehabilitasyon terapilerine direnmekte olan bilişsel engelli öğrenciler için dansa ve müziğe dayanan bir dizi interaktif etkinlik sunmuşlardır. Bilişsel bozukluklara sahip öğrencilere sanat etkinlikleri tasarlanmış ve motor becerilerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada öğrenciler müzik ve dans temelli rehabilitasyon faaliyetlerinde bulunmak için daha fazla motive olmuşlardır.

Prabhu, Tiwari, Hutabarat, Thrower ve Turner (2014) yaptıkları çalışmada ise araçların tekerleklerinin montajı için dinamik olarak hizalama yapabilen bir model geliştirilmiştir. Çalışmada otomatik kontrol için kızılötesi ışık ve derinlik görüntüleme kullanılarak optik ölçümün yapıldığı bir konsept tasarlanmıştır. Kinect gibi düşük maliyetli kızılötesi derinlik görüntüleme cihazlarının hareketli bir tekerlek göbeğini izlemesi ve hizalama özelliklerini tanınması amaçlanmıştır. Önerilen yöntemin yalnızca otomatik tekerlek yükleme operasyonunu değil, aynı zamanda hareket halindeki birçok montajın otomasyonunu da mümkün kıldığı düşünülmektedir.

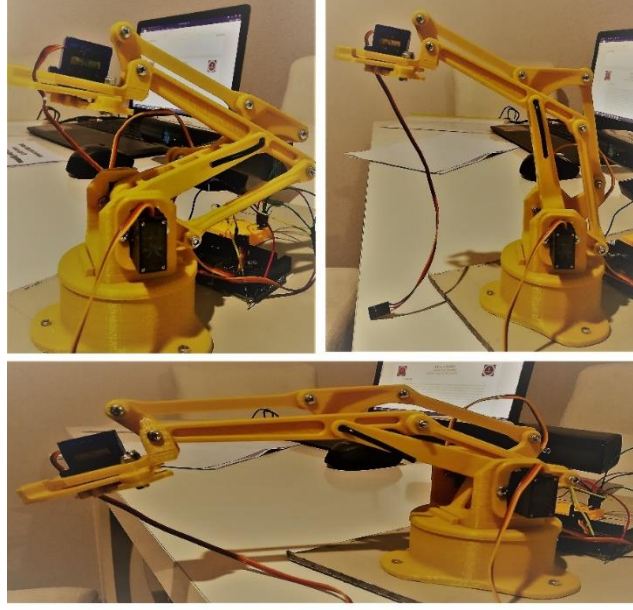
Bu çalışmada gerçek zamanlı ve gömülü sistem teknolojisine dayanan, istikrarlı çalışan bir robot kolu prototipi yapılmıştır. Çalışmada robot kolu, insan kolunun hareketlerini algılayan Kinect V1 kamera ve Atmega 2560 mikrodenetleyicisi kullanılarak seri haberleşme ile Matlab/Simulink üzerinden kontrol edilmiştir. Böylece bu çalışma, donanımı kontrol etmek problemine farklı bir çözüm için insan kol hareketlerinin kullanılabilmesi açısından önem taşımaktadır. Özellikle tehlikeli işlerde ve ortamlarda uzaktan ve karmaşık kontrolün sağlanması amacıyla robot kolu kullanılabilir.

## 2. YÖNTEM

Herhangi bir kontrol mekanizması olmadan sadece Kinect algılayıcısının algıladığı kol hareketleri ile çalışan bir robot kolunun sistem tasarımı yapılmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamada Matlab / Simulink programı kullanılmış ve gerekli bloklar oluşturularak robot kolunun gerçek zamanlı kontrolü sağlanmıştır.

### 2.1 Deney Düzenegi

Uygulamada kullanılan robot kolunun mekanik aksamı 3 boyutlu yazıcıdan basılmıştır.



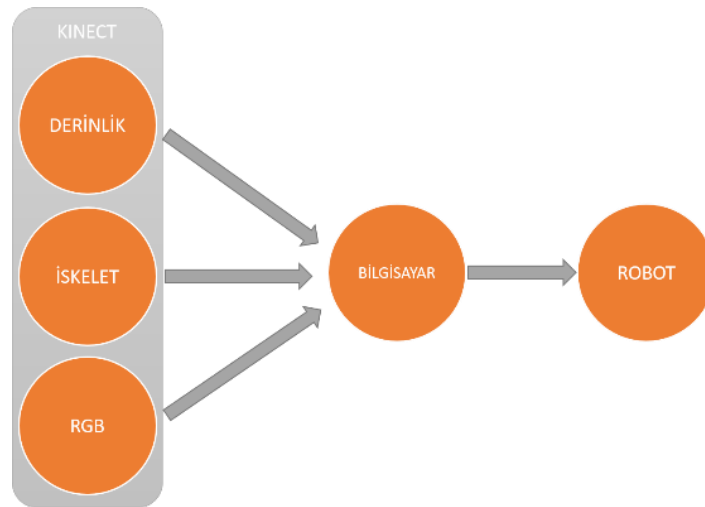
Şekil 2. Robot Kol

Şekil 2’ de gösterilen robot kolu 3 eksen hareket kabiliyetine sahiptir ve bu eksenlerin hareketi için metal dişli servo motorlar kullanılmıştır.

## 2.2. Denetleyici

Kontrolör olarak Atmega 2560 mikrodenetleyicisine sahip Arduino Mega kontrol kartı kullanılmıştır. Atmega 2560 mikrodenetleyicisinin özellikleri:

- Çalışma gerilimi 5 voltur, 256KB Flash ROM program belleği vardır.
- 54 tane dijital giriş/çıkış portu bunların 15 tanesinden PWM çıkış alınabilir.
- 16 adet Analog giriş portu vardır.
- 10 bit çözünürlüğüne sahip analog/dijital dönüştürücüye sahiptir.
- 16 Mhz çalışma frekansına sahiptir, 4 tane harici kesme girişi vardır.
- Giriş / çıkış portları maksimum 40mA akım çekebilir.

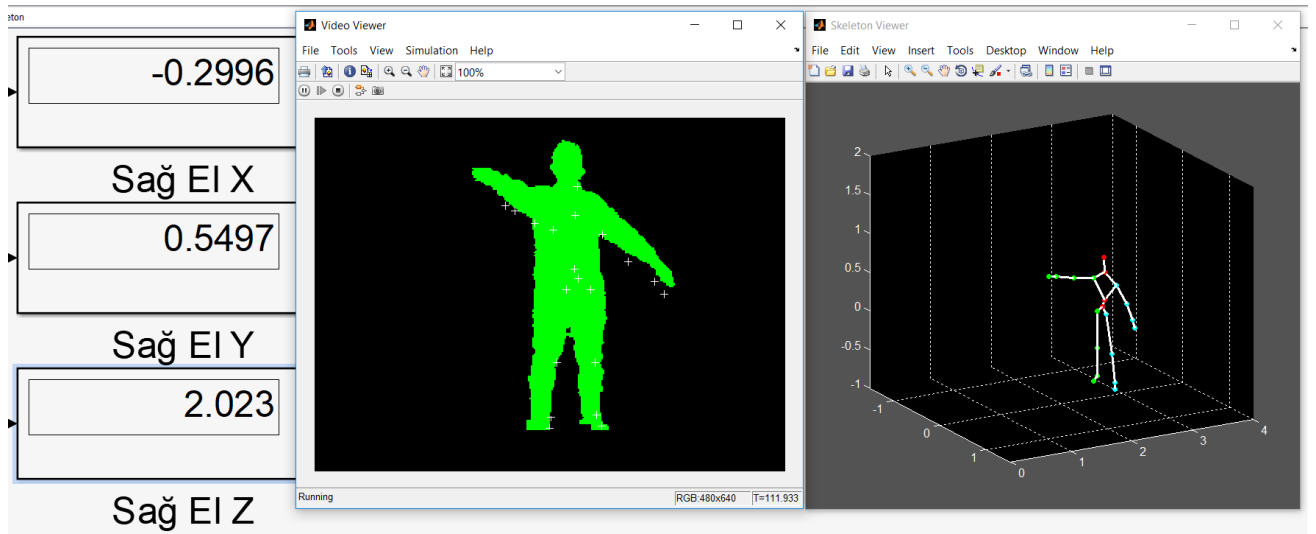


Şekil 3. Veri iletim şeması

Prototipte kullanılan Kinect, çalışmaya başlayınca önce görüş alanında insan olup olmadığını kontrol etmek için kızıl ötesi ışınlar yaymaya başlar. Kameranın görüş alanı içerisinde insan algılaması yapılırsa derinlik bilgisinin algılanabilmesi için CMOS derinlik algılayıcılar açılarak hareket tanımlama işlemine geçilir. Bu durumda Kinect sistem belleğinde kayıtlı hareket örüntüleri ile örtüşen hareketler sisteme iletilir. Şekil 3’ te veri iletim şeması görülmektedir (Tenekeci, Gümüşçü ve Ağırman, 2014).

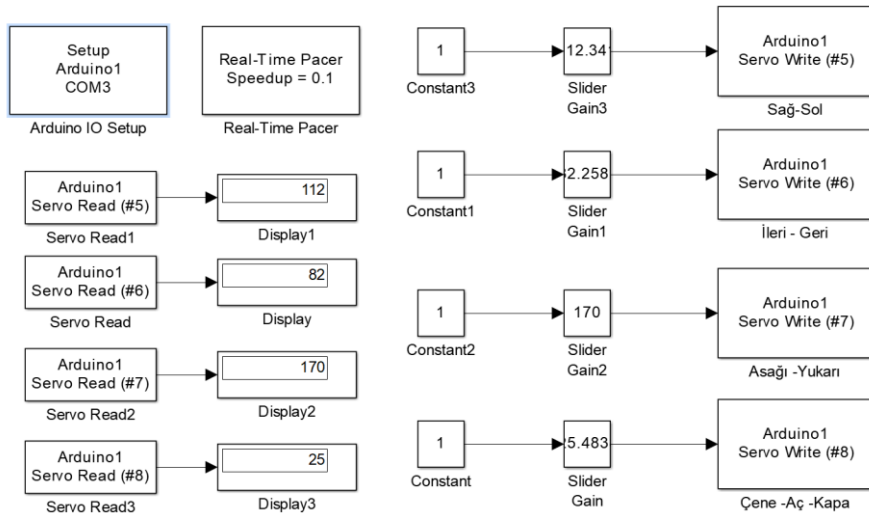
### 2.3. Kinect ve Servo Motor Verileri

Çalışmamızda Kinect kamera ile görüntü alabilmek için öncelikle gerekli olan Matlab / Simulink Kinect kütüphanesinin yüklemesi yapılmıştır. İnsan vücudunun iskeletini ve eklem noktalarının görünmesini sağlayan bloklar kütüphaneden alınarak çalışma alanına eklenmiştir.



Şekil 4. Sağ El Koordinat Verilerinin Alınması

Şekil 4’ te sağ elin “X, Y, Z” koordinat verilerinin gerçek zamanlı alınmasına ait derinlik görüntüsü ve 3 boyutlu grafikte anlık iskelet görüntüsü görülmektedir.

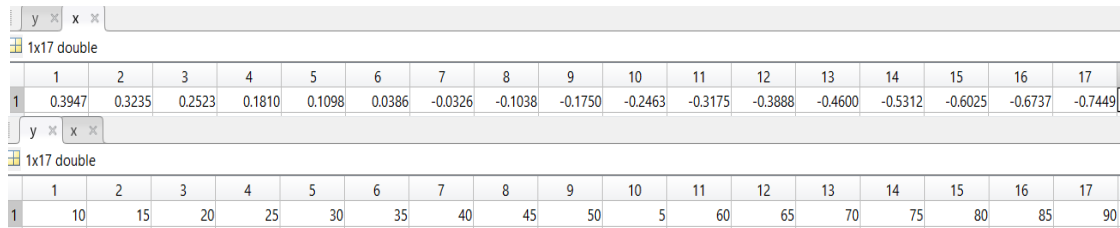


Şekil 5. Robot Kolumun Sınırlarının Belirlenmesi

İnsan kolunun “X, Y, Z” koordinat verilerinin alınmasından sonra robot kolunun hareket sınırlarının belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Şekil 5’ te robot kolunun maksimum ve minimum hareket noktaları ve bunlara karşılık gelen servo motor pozisyon verilerinin alınması sağlanmıştır.

#### 2.4. Eğri Uydurma

X ekseninde hareket sağlanması için sağ elin eklem noktası kullanılmıştır. Sağ elin eklem noktasının hareket alanının sınırları çerçevesinde 17 adet örneklem alınmıştır ve bu değerler ile X dizisi oluşturulmuştur. Kinect algılayıcı kullanılarak alınan bu örneklem noktalarına karşılık gelmesini istediğimiz servo motor açısı değerleri oluşturulmuş ve Y dizisine atılmıştır.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.3947	0.3235	0.2523	0.1810	0.1098	0.0386	-0.0326	-0.1038	-0.1750	-0.2463	-0.3175	-0.3888	-0.4600	-0.5312	-0.6025	-0.6737	-0.7449

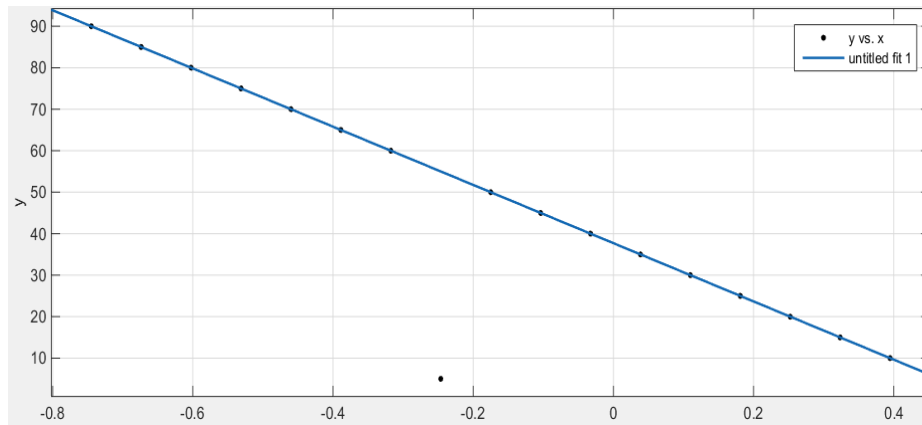
  

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90

Şekil 6. Matlab’ da Dizilerin Oluşturulması

$$f(x) = p1 * x^4 + p2 * x^3 + p3 * x^2 + p4 * x + p5$$

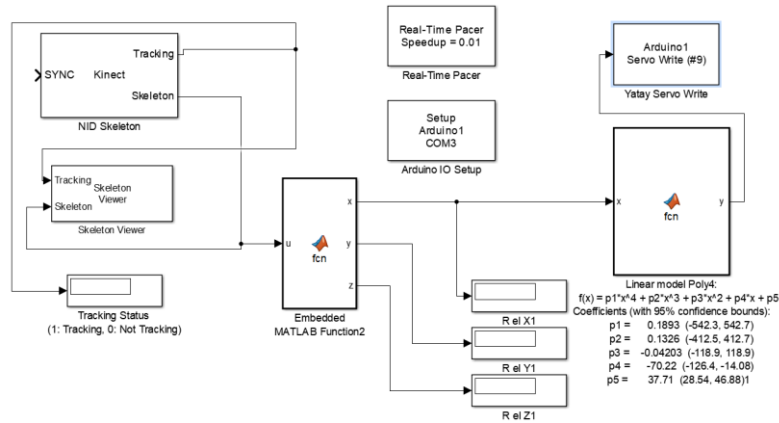
p1 = 0.1893 (-542.3, 542.7)    p2 = 0.1326 (-412.5, 412.7)  
p3 = -0.04203 (-118.9, 118.9)    p4 = -70.22 (-126.4, -14.08)  
p5 = 37.71 (28.54, 46.88)



Şekil 7. Sağ El X Koordinatı – Servo Motor Pozisyon Verisi Grafiği

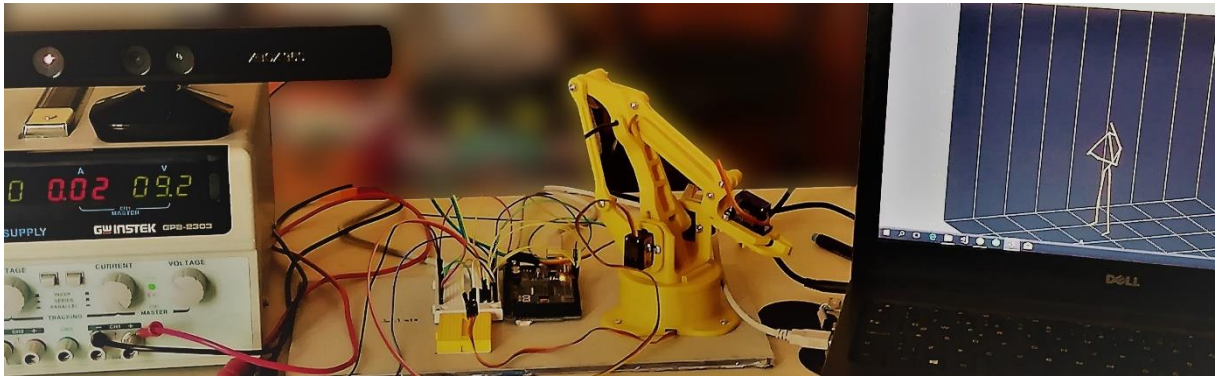
Sağ el X düzlemindeki koordinat verisi ile Servo motor pozisyon verisinin oluşturduğu grafik Şekil 7’ de gösterilmiştir.

## 2.5. Sistemin Kontrolü



Şekil 8. Koordinatların Servo Motorlara Gönderilmesi

Şekil 8’ de görüldüğü üzere Kinect sensör ile alınan görüntünün Matlab/Simulink ortamına aktarılması için gerekli olan bloklar eklenmiş ve alınan iskelet verisinin “X, Y, Z” koordinatlarına dönüşmesi için gerekli olan fonksiyon bloğu oluşturulmuştur. Koordinatların elde edilmesinden sonra bu verilerin servo açı değerlerine dönüştürülebilmesi için matematiksel fonksiyon blokları oluşturulmuştur. Matematiksel ifadenin yazıldığı fonksiyon bloğundan çıkan açı değerleri, robot koluna hareket veren servo motorlara gönderilerek robot kolunun gerçek zamanlı hareketi sağlanmıştır.



Şekil 9. Sistem Prototipi

Şekil 9’ da oluşturulan sistem prototipinin nihai hali ve Matlab / Simulink uygulamasının çalışması esnasında insan iskelet görüntüsü görülmektedir. Uygulaması gerçekleştirilen sistemde örneğin X ekseninde hareket için belirtilen sınırlar çerçevesinde sınır noktalarına ve orta noktaya doğru operatör kol hareketleri yapmıştır. Robot kolunun da eş zamanlı olarak X ekseninde sınır noktalarına ve orta noktaya doğru hareket ettiği gözlemlenmiştir.

## 3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada kullanıcıların hareketlerinin algılaması için Kinect sensörün yeteneklerinden faydalanılmıştır. Kinect algılayıcıdan elde edilen görüntü verileri Matlab/Simulink ortamında 3 boyutlu grafikte iskelet görüntüsüne dönüştürülmüştür. İskelet görüntüsünden alınan koordinat verileri oluşturulan matematiksel ifade vasıtasıyla açı değerlerine dönüştürülmüştür. Oluşturulan açı değerleri Arduino Mega kartı ile servo motorlara gönderilmiştir. Sonuç olarak

Kinect algılayıcı kullanılarak operatörün kol hareketleriyle kontrol edilebilen bir robot kolu tasarımı yapılmıştır. Çalışmada insan kol hareketini temel alınarak servo motorların açısını ve robotun yönünü kol hareketleriyle kumanda etmek mümkün olmuştur. Yapılan çalışma sonucunda kullanıcının sistemi başarılı bir şekilde kontrol edebildiği gözlenmiştir. Böylece yapılan bu çalışmada Kinect’ in farklı bir amaç için kullanımına örnek uygulama geliştirilmiştir.

Kinect yakın gelecekte endüstride de donanımları kontrol etmek amacıyla kullanılabilir. Kinect cihazı ve benzeri teknolojilerin yakın bir gelecekte cihazları tamamen temassız bir iletişim ortamı sağlayarak kontrol edebilmesi ön görülmektedir. Günümüzde farklı hareket yakalama yöntemleri kullanılsa da bu yöntemler yüksek maliyet ve özel çalışma cihazları ve ortamları gerektirmektedir. Kinect algılayıcısı daha kolay kurulumu sahip olması ve daha düşük maliyetli olması açısından pratik çözümler sunmaktadır. Ayrıca sistemleri kontrol etmek için kullanılan donanımları ortadan kaldıran bir çözüm sunması bakımından da önemlidir.

## KAYNAKLAR

Bravo, C. B., Ojeda-Castelo, J. J., & Piedra-Fernandez, J. A. (2017). Art activities with Kinect to Students with Cognitive Disabilities: Improving all Motor Skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 237, 1148-1151.

Castro, A. P. G., Pacheco, J. D., Lourenço, C., Queirós, S., Moreira, A. H. J., Rodrigues, N. F., & Vilaça, J. L. (2017). Evaluation of spinal posture using Microsoft Kinect™: A preliminary case-study with 98 volunteers. *Porto Biomedical Journal*, 2(1), 18-22.

Lun, R., & Zhao, W. (2015). A survey of applications and human motion recognition with microsoft kinect. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 29(05), 1555008.

Prabhu, V. A., Tiwari, A., Hutabarat, W., Thrower, J., & Turner, C. (2014). Dynamic alignment control using depth imagery for automated wheel assembly. *Procedia CIRP*, 25, 161-168.

Süzen, A. A., & Taşdelen, K. (2013). Kinect Teknolojisi Kullanılarak Engelliler İçin Ev Otomasyonu. *SDU International Journal Of Technological Science*, 5(2), 122-131.

Tenekeci, M. E., Gümüştü, A., & Ağırman, Ö. (2014, Şubat). Harf Eğitimi İçin İnteraktif Kinect Uygulaması. *2014 16. Akademik Bilişim Konferansı*.

Topuz, B., Özüağ, E., & Akbulut, O. (2016, May). Kinect sensor based physiotherapy management. In *Signal Processing and Communication Application Conference (SIU), 2016 24th* (pp. 2209-2212). IEEE.

Yükseltürk, E., & Altıok, S. (2016 Mayıs). Spor Eğitiminde Hareket Yakalama Kinect Teknolojisinin Uygulanması. *2016 10. Uluslararası Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Sempozyumu*. ICITS.



### Simge ve Kısaltmalar

RGB	Red – Green – Blue (Kırmızı – Yeşil – Mavi)
2B	2 boyut
3B	3 boyut
V1	Versiyon 1
V2	Versiyon 2
KB	Kilobyte
Flash Rom	Arduino’ ya yüklenen programın kaydedildiği bellek
PWM	Pulse Width Modulation (Sinyal Genişlik Modülasyonu)
Mhz	Megahertz
mA	Miliamper
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconducto (Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken)
Fcn	Function