

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ROBOTİĞE GİRİŞ DERSİ PROJE ÖDEVİ

2 LİNK ROBOTUN KİNEMATİK HESAPLAMALARI

Hazırlayanlar

Ahmet Çetin
141202003

Muhammed Ali Baygın
141202090

Danışman
Doktor Öğretim Üyesi Akif Durdu

Konya
2018

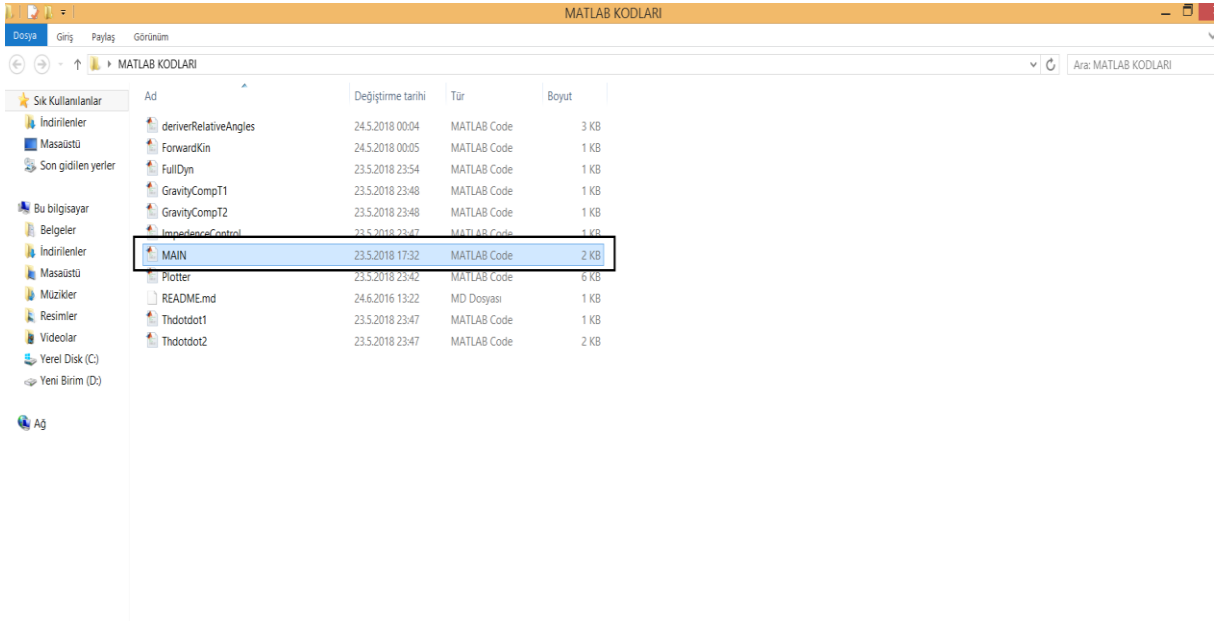
Özet

Robot kollarında uç noktanın koordinatları ileri kinematik analizi ile hesaplanabilir. Fakat bu analizler trigonometrik fonksiyonlar ve büyük matrisler içerdikleri için zaman ve iş yükü açısından dezavantajlı olmaktadır. Bu çalışmada iki serbestlik dereceli bir robot kolunun ileri kinematik analizi ile belirli θ_1 ve θ_2 açılarında kolun uç nokta pozisyonu verileri elde edilmiştir. Uygulama Matlab ortamında yazılan kodlar ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: ileri kinematik analiz, robot.

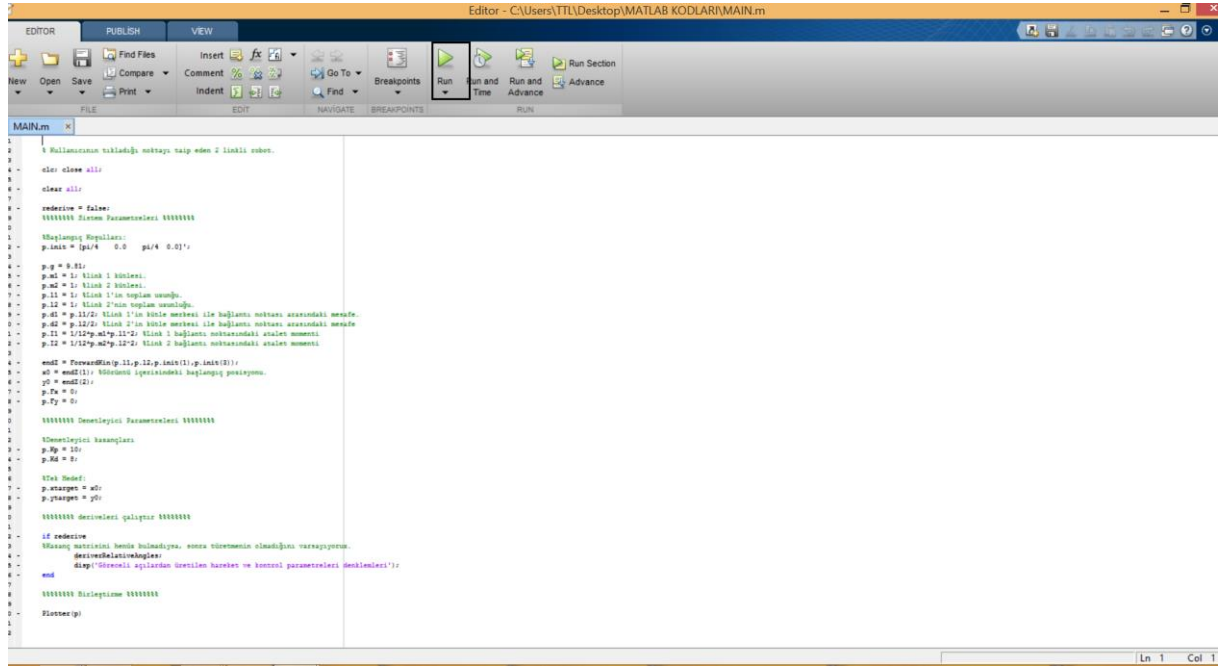
Projenin Çalıştırılması

Projeyi çalıştırmak için öncelikle matlab kodlarının bulunduğu klasörün içinden Main uygulamasını buluyoruz. Anlatılanlara ilişkin görsel Şekil 1’de kutu içerisine alınarak gösterilmiştir.



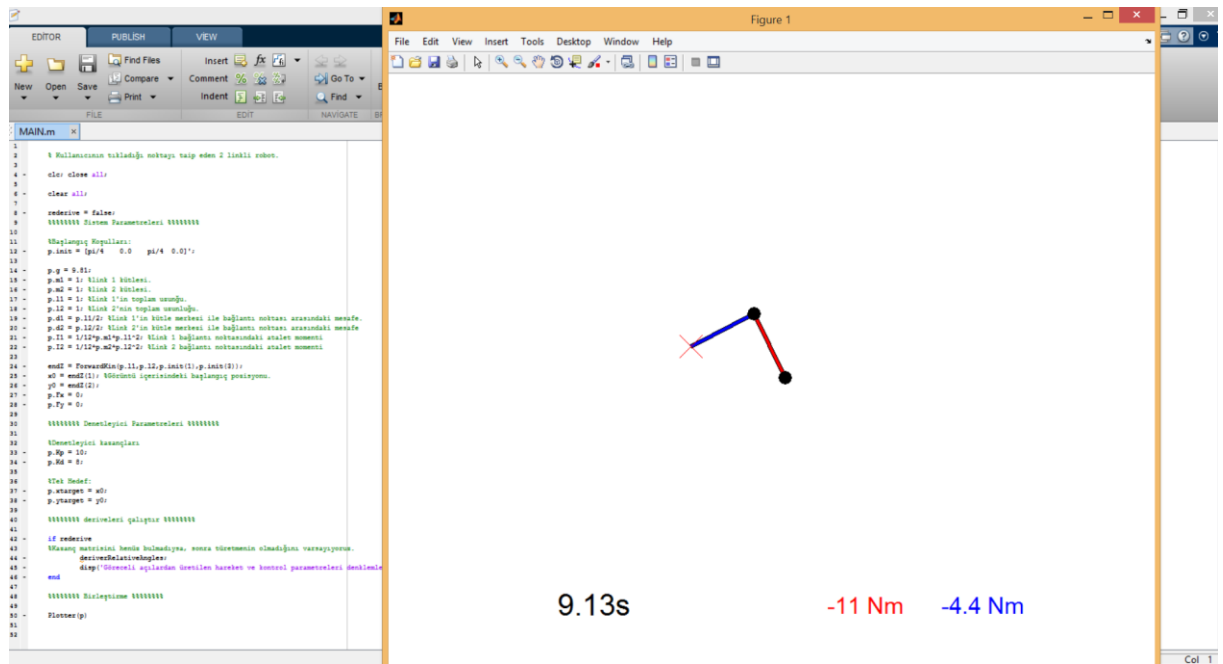
Şekil 1 : Matlab kodları içinde Main uygulamasını açma

Main uygulamasını açtıktan sonra run butonuna tıklayarak kodumuzun çalışmasını sağlıyoruz. Anlatılanlara ilişkin görsel Şekil 2’de kutu içerisine alınarak gösterilmiştir.

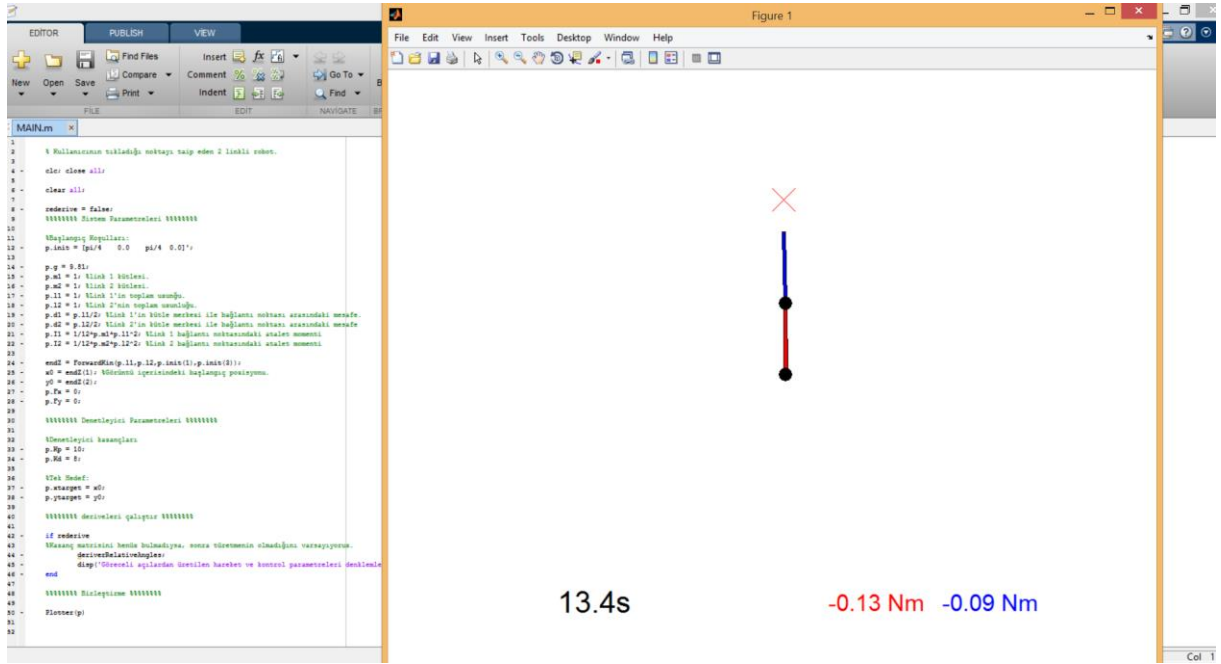


Şekil 2 : Matlab kodlarını çalıştırılması

Matlab kodlarımızı çalıştırdıktan sonra karşımıza Şekil 3’de görüldüğü gibi Figure ekranı geliyor. Bu ekrandaki “X” şeklini Mouse ile konumlandırarak robotumuzun hareketini sağlayabiliriz. Bunlara ilişkin görseller Şekil 3 ve Şekil 4 te örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3: Robotun Hareketinin sağlanması



Şekil 4: Robotun Hareketinin sağlanması

I. Giriş

Robot kolları eklem ve hareketleri arasındaki ilişkiyi kinematik ile ifade edebiliriz. Kinematik ileri ve ters yönlü olmak üzere iki çeşittir.

Robot sistemlerinde bu kinematik hesaplamalar büyük önem taşımaktadır. Robot kinematiği ile robotun hız, kuvvet ve ivme analizleri yapılmaktadır. Bir robot, öteleme ve dönmeyi gerçekleştiren eklemlerden ve bu eklemleri birbirine birleştiren bağlardan oluşmaktadır.

Robot kol denetimi üzerine yapılan çalışmaların tümünde, robot kolunun istenilen yörüngeyi mümkün olduğu kadar yakın izlemesi amaçlanır. Ayrıca, modelleme hatalarına ve dış bozucu girişlere karşı yüksek mukavemet, arzu edilen özelliklerin başında gelir. Bu amaçların, en az maliyetle başarılması yine önemli tasarım şartlarından birisidir.

Robot sistemi, çok girişli çok çıkışlı bir sistemdir. Fakat, her eklem pozisyon denetimi için ayrı giriş sinyallerine ihtiyaç duymaktadır. Çeşitli yöntemlerle elde edilen, robot sisteminin dinamik modeli doğrusal değildir ve eklemlerin birbiri ile etkileşimini ifade eden bağlantılı terimler içerir. Robot dinamik modelinin denetim stratejilerini belirlemede önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Eklemler birbiri ile atalet, merkezkaç, Coriolis ve yerçekimi yükleri

dolayısıyla etkileşim halindedir. Bu sebeplerden dolayı, robot denetimi, sürekli araştırılmakta olan önemli bir problem olarak kendisini göstermektedir. Bağımsız eklem denetimi uygulayabilmek ve dinamik modeli doğrusallaştırmak için yapılan en yaygın uygulama, sistemde geri besleme halkalarıyla doğrusal olmayan terimleri yok etmektir. Başka bir deyişle, doğrusal olmayan denetim uygulanarak, sistem, doğrusal alt sistemlere ayrılır. Bu yöntemin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için sistemin dinamik modelinin tam olarak bilinmesi gerekir. Birçok modelleme hatası ve dış bozucu kuvvetler dolayısıyla, sistemin dinamik modeli tam olarak belirlenemez. Dolayısıyla bu yaklaşım bazı durumlarda yetersiz kalabilmektedir.

II. İLERİ KİNEMATİK

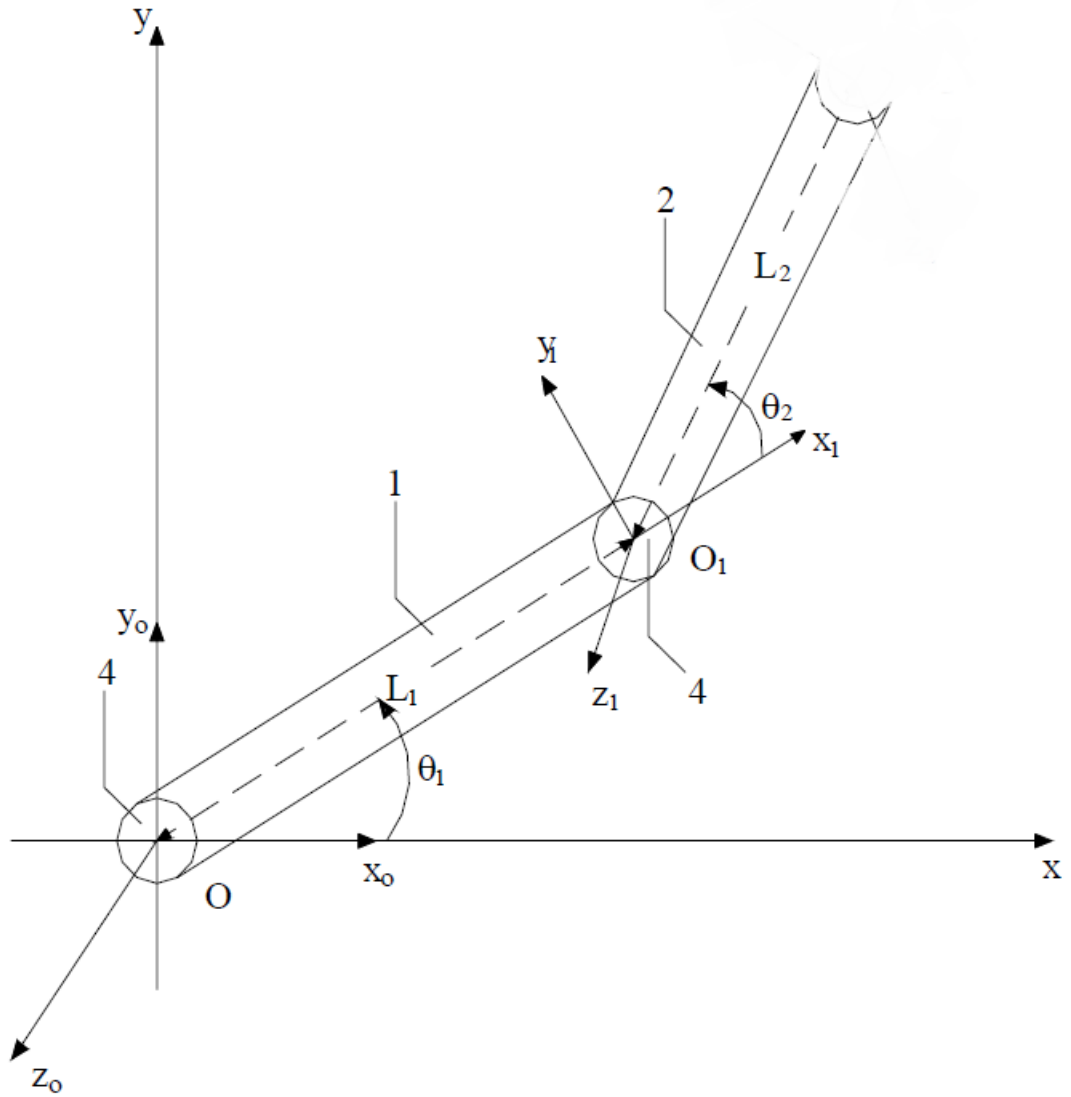
Bir sistemin belirli durumlarını göze alarak nasıl hareket ettiğini anlamak için bu sistemin kuvvet, atalet ve enerji gibi dinamik büyüklüklerini bilmemiz gerekir. Robotun ileri yön kinematiği (forward kinematics); robot bağlarının konumları, hızları ve ivmeleri arasındaki ilişkiyle ilgilenir. Bir seri robot, ana çerçevesinden araç çerçevesine doğru birbirine prizmatik veya dönel eklemlerle tutturulmuş bağlardan oluşur. Her bir ekleme koordinat sistemi yerleştirilerek komşu eklemler arasındaki ilişkiyi veren dönüşüm matrisleri bulunur. İki komşu arasındaki ilişkiyi veren dönüşüm matrisi ${}^{i-1}T_i$ ile gösterilir. Burada örneğin birinci, ikinci ve üçüncü eklemler için dönüşüm matrisleri sırasıyla 0T_1 , 1T_2 ve 2T_3 olarak ifade edilir. Arka arkaya sıralanan eklem dönüşüm matrisleri ile ana çerçeve ve araç çerçevesi arasında bir ilişki tanımlanır. Bu ilişkiye ileri kinematik denir. İleri kinematik, araç çerçevesinin yönelimini ve konumunu ana çerçeveye göre ifade eder ve Eş.1'' deki gibi gösterilir. İleri kinematik, verilen eklem değişkenlerine göre uç işlevcisinin kartezyen uzayda nerede olduğunu belirleme işlemi olarak da tanımlanabilir.

$${}^0T_N = {}^0T_1 {}^1T_2 {}^2T_3 {}^3T_4 \dots {}^{N-1}T_N \quad (1)$$

0T_N dönüşüm matrisi N tane eklemi olan bir robotun ileri kinematik matrisi olarak tanımlanır.

III. 2 Link Robot Kinematiği ve Dinamik Denklemleri

İki serbestlik dereceli manipülatör sistemi Şekil 5'de görülmektedir. Şekildeki O2 noktasının hareketsiz olduğu varsayılmıştır. Robot iki adet döner eklem ve iki adet seri linkten oluşmuştur.



Şekil 5. İki adet döner ekleme sahip robot
1.Birinci link 2. İkinci link

Kinematik analiz için, önce temel ve lokal koordinat sistemleri üzerine yerleştirilmiştir. O noktasında temel koordinat sistemi bulunmaktadır ve hareketsizdir. O₁ ve O₂ noktasında ise lokal koordinat sistemleri yerleştirilmiştir. Eklemler, kağıt düzlemine dik olan z ekseninde etrafında dönmektedir.

Robot kolundaki elin, pozisyon ve yönelimi, temel koordinat sistemine göre belirlenebilir. Bu işlem için, dönüşüm matrislerinden yararlanılır. Dönüşüm matrisleri, komşu linkler arasındaki ilişkiyi ifade ederler. Bu matrisler kullanılarak, elin pozisyon ve yönelimi, temel koordinat sistemine göre hesaplanabilir. Aynı şekilde, dönüşüm matrislerinin tersi

kullanılarak, eklem değişkenlerinin değerleri de bulunabilir. Yani, robot eli, herhangi bir konumda bulunduğu zaman, θ_1 ve θ_2 'nin hangi açı değerlerinde olması gerektiği hesaplanabilir. Bu işleme ters kinematik denilmektedir.

Örnek olarak Eş.1, manipülatörün yapısal parametrelerinin ve yerçekimi ivmesinin sayısal değerlerini göstermektedir. Burada M1 ve M2, sırasıyla birinci ve ikinci link'in kütlesini, L1 ve L2 ise linklerin uzunluklarını ifade etmektedir.

$$M_1=M_2=5\text{kg}, L_1=L_2=L=0,5\text{m}, g=9,81\text{m/sn}^2 \quad (1)$$

$$T= D(q) \ddot{q} + h(q, \dot{q}) \dot{q} + c(q) \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$D_{11} = \frac{1}{3} L^2 (M_1 + 4M_2 + 3M_2 \cos \theta_2) \quad (4)$$

$$D_{12} = \frac{1}{3} M_2 L^2 + \frac{1}{2} M_2 L^2 \cos \theta_2 \quad (5)$$

$$D_{21} = \frac{1}{3} M_2 L^2 + \frac{1}{2} M_2 L^2 \cos \theta_2 \quad (6)$$

$$D_{22} = \frac{1}{3} M_2 L^2 \quad (7)$$

$$h_2 = \frac{1}{2} L^2 \sin \theta_2 \cdot M_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_1 \quad (8)$$

$$h_1 = \frac{1}{2} L^2 \sin \theta_2 \cdot M_2 \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + 2\dot{\theta}_1) \quad (9)$$

$$c_1 = \frac{1}{2} gL (M_1 \cos \theta_1 + M_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + 2M_2 \cos \theta_1) \quad (10)$$

$$c_2 = \frac{1}{2} gLM_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (11)$$