

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



6 EKSENLİ ROBOT KOLU (KUKA KR5 R850
SERİSİ) PROJE RAPORU

Hazırlayanlar

Cengizhan TOPÇU 2017010225048
Mete KARAKAYA 2017010225062

Ders Yetkilisi

Dr. Öğr. Üyesi Kenan IŞIK

KARABÜK-2022

İÇİNDEKİLER

Proje Amacı.....	2
Giriş.....	2
Yöntem.....	2
1.Giriş.....	4
2.İleri Kinematik.....	5
3.Ter Kinematik.....	8
4.Yörünge Planlaması.....	9

PROJE AMACI

Mekatronik mühendisliği öğrencilerine endüstriyel robot kullanımını öğretmek, üretilecek ya da tasarlanacak robotun her bir parçasının kontrolü için gereken adımların öğrenci tarafından sağlanabilmesi ve işlemlerin yapılabilmesi.

GİRİŞ

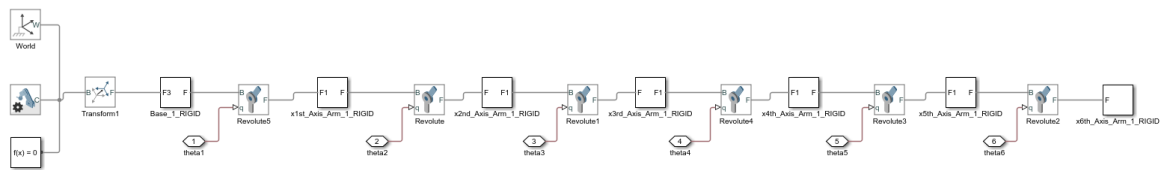
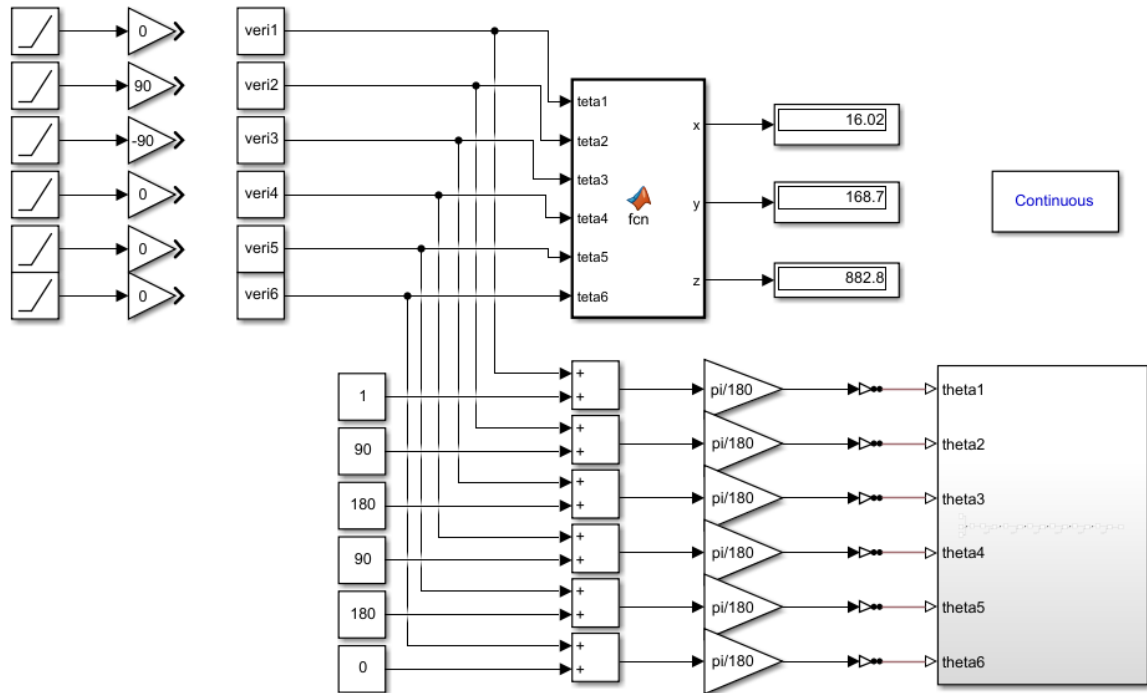
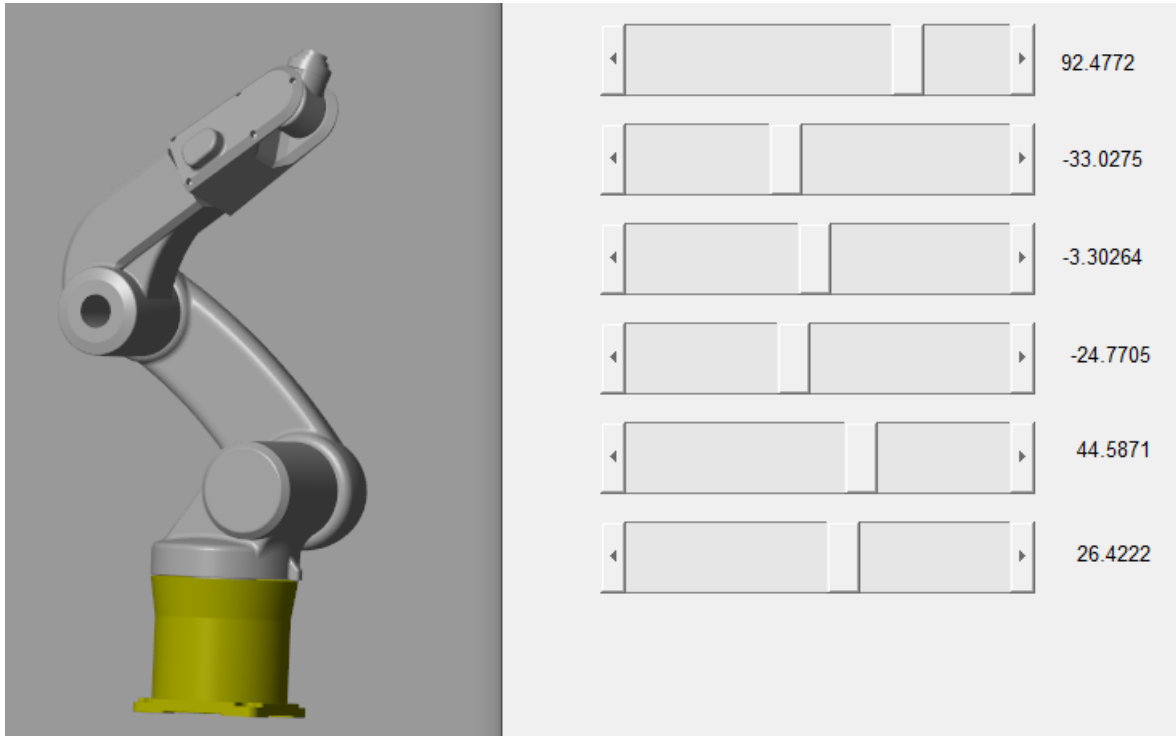
6 eksenli robot kolları günümüz teknolojisinde geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Tıp, mühendislik, endüstri gibi alanlarda yaygınlaşmaktadır ve gelecekte daha da yaygınlaşacaktır. Projemizde alternatif olarak tasarımını ve hesaplamalarını yaptığımız KUKA KR5 R850 model robot kolumuz özellikle endüstri alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Peki bu robot kolu nasıl kontrol edilmektedir? Sorusu baz alınarak bu proje oluşturulmuştur.

YÖNTEM

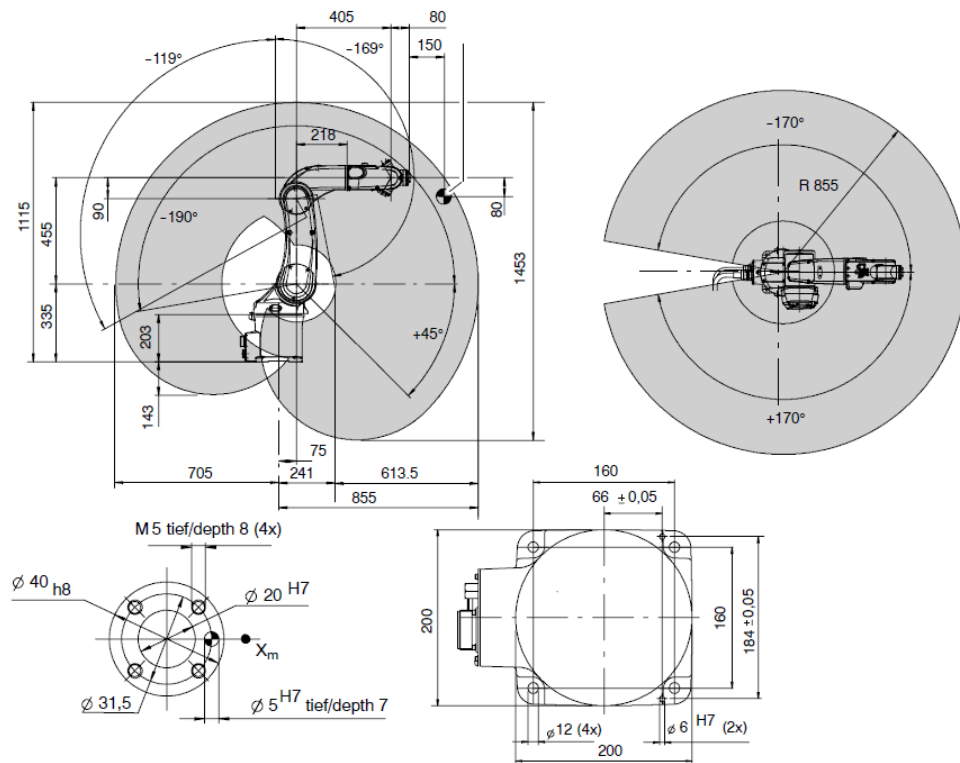
Robot kolumuzun hesaplamaları için uyguladığımız yöntemler ve sıralamaları aşağıdaki gibidir.

- 1.Aşama: Seçilen robot kolunun SolidWorks dosyaları bulunur ve datasheet üzerinden kontrolleri yapılır.
- 2.Aşama: Robot kolunun eklem oynama yönleri belirlenir ve hareket merkezlerine koordinat sistemleri yerleştirilir.
- 3.Aşama: Matlab uygulaması üzerinden Simscape eklentisine , kullanılan SolidWorks çizimleri aktarılır.
- 4.Aşama: SolidWorks üzerinden ölçümler yapılarak D-H parametre tablosu oluşturulur ve gerekli ileri kinematik hesapları yapılır.
- 5.Aşama: İleri kinematik kullanılarak bulunan denklemler esas alınarak Ters kinematik ve Yörünge planlaması yapılır.
- 6.Aşama: Matlab uygulaması eklentisi olan GUI uygulaması ile bir kontrol programı oluşturulur ve robotun verilen değerler ile hareketi simülasyon üzerinden sağlanır.
7. Aşama: Dinamik denklemleri oluşturulur.

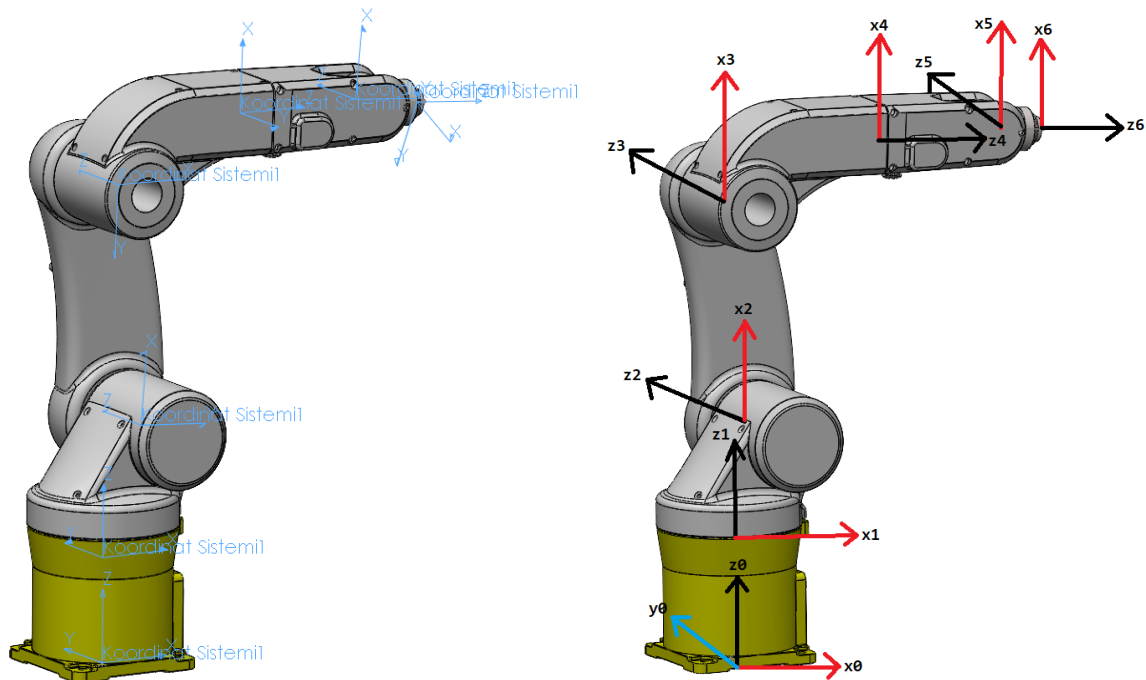
1.Giriş

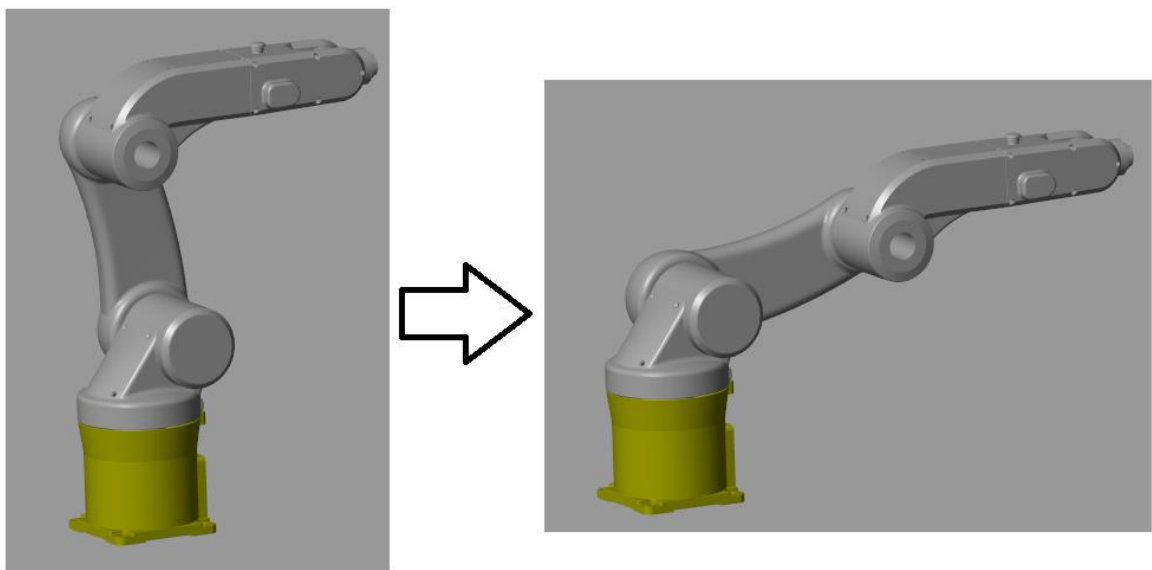
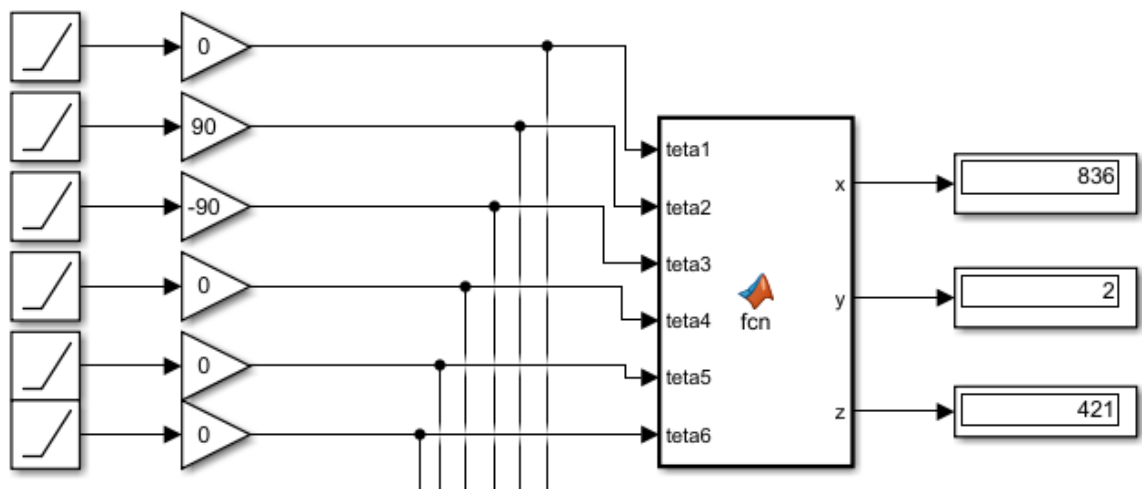


2.İleri Kinematik



Önce robotun her eklem için koordinatları belirlendi. Ardından ölçüler robot kolun datashetine bakılarak dh tablosu yapıldı.





2.Ters Kinematik

(* $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ *)

```
TransformationFunction[Inverse[T01.T12].Sablon] // FullSimplify
TransformationFunction[T23.T34] // FullSimplify
```

$$-d_2 - \sin[\theta_1] P_x + \cos[\theta_1] P_y = 0 \rightarrow \sin[\theta_1] P_x + \cos[\theta_1] P_y = d_2$$

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \text{ArcTan}[-P_x, P_y] + \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[P_x^2 + P_y^2 - d_2^2], d_2] \\ \theta_1 &= \text{ArcTan}[-P_x, P_y] - \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[P_x^2 + P_y^2 - d_2^2], d_2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin[\theta_2] (-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y) + \cos[\theta_2] (-d_1 + P_x) &= a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4 \\ \cos[\theta_2] (-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y) + \sin[\theta_2] (d_1 - P_x) &= \sin[\theta_3] a_4 + \cos[\theta_3] d_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_3 &= \text{ArcTan}[-2 a_3 d_4, 2 a_3 a_4] + \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[(-2 a_3 d_4)^2 + (2 a_3 a_4)^2 - (A - a_3^2 - a_4^2 - d_4^2)^2], A - a_3^2 - a_4^2 - d_4^2] \\ \theta_3 &= \text{ArcTan}[-2 a_3 d_4, 2 a_3 a_4] - \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[(-2 a_3 d_4)^2 + (2 a_3 a_4)^2 - (A - a_3^2 - a_4^2 - d_4^2)^2], A - a_3^2 - a_4^2 - d_4^2]\end{aligned}$$

$$\sin[\theta_2] (-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y) + \cos[\theta_2] (-d_1 + P_x) = a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4$$

$$\begin{aligned}\theta_2 &= \text{ArcTan}[(-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y), (-d_1 + P_x)] + \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[(-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y)^2 + (-d_1 + P_x)^2 - (a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4)^2], a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4] \\ \theta_2 &= \text{ArcTan}[(-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y), (-d_1 + P_x)] - \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[(-a_2 + \cos[\theta_1] P_x + \sin[\theta_1] P_y)^2 + (-d_1 + P_x)^2 - (a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4)^2], a_3 + \cos[\theta_3] a_4 - \sin[\theta_3] d_4]\end{aligned}$$

(* $\theta_4, \theta_5, \theta_6$ *)

```
TransformationFunction[Inverse[T01.T12.T23].Sablon] // FullSimplify
TransformationFunction[T34.T45.T56] // FullSimplify
```

$$\cos[\theta_5] = \cos[\theta_2 + \theta_3] \sin[\theta_1] r_{23} + (\cos[\theta_1] \cos[\theta_2 + \theta_3] - \sin[\theta_2 + \theta_3]) r_{33}$$

$$\begin{aligned}\theta_5 &= \text{ArcTan}[\text{Sqrt}[1 - (\cos[\theta_2 + \theta_3] \sin[\theta_1] r_{23} + (\cos[\theta_1] \cos[\theta_2 + \theta_3] - \sin[\theta_2 + \theta_3]) r_{33})^2], \cos[\theta_2 + \theta_3] \sin[\theta_1] r_{23} + (\cos[\theta_1] \cos[\theta_2 + \theta_3] - \sin[\theta_2 + \theta_3]) r_{33}] \\ \theta_5 &= \text{ArcTan}[-\text{Sqrt}[1 - (\cos[\theta_2 + \theta_3] \sin[\theta_1] r_{23} + (\cos[\theta_1] \cos[\theta_2 + \theta_3] - \sin[\theta_2 + \theta_3]) r_{33})^2], \cos[\theta_2 + \theta_3] \sin[\theta_1] r_{23} + (\cos[\theta_1] \cos[\theta_2 + \theta_3] - \sin[\theta_2 + \theta_3]) r_{33}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin[\theta_4] \sin[\theta_5] &= \cos[\theta_1] r_{23} - \sin[\theta_1] r_{33} \rightarrow \sin[\theta_4] = (\cos[\theta_1] r_{23} - \sin[\theta_1] r_{33}) / \sin[\theta_5] \\ -\cos[\theta_4] \sin[\theta_5] &= \cos[\theta_2 + \theta_3] r_{33} + \sin[\theta_2 + \theta_3] (\sin[\theta_1] r_{23} + \cos[\theta_1] r_{33}) \rightarrow \cos[\theta_4] = (\cos[\theta_2 + \theta_3] r_{33} + \sin[\theta_2 + \theta_3] (\sin[\theta_1] r_{23} + \cos[\theta_1] r_{33})) / -\sin[\theta_5]\end{aligned}$$

$$\theta_4 = \text{ArcTan}[(\cos[\theta_1] r_{23} - \sin[\theta_1] r_{33}) / \sin[\theta_5], (\cos[\theta_2 + \theta_3] r_{33} + \sin[\theta_2 + \theta_3] (\sin[\theta_1] r_{23} + \cos[\theta_1] r_{33})) / -\sin[\theta_5]]$$

$$\begin{aligned}-\sin[\theta_5] \sin[\theta_6] &= \cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{12} + \sin[\theta_1] r_{22}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{32} \rightarrow \sin[\theta_6] = (\cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{12} + \sin[\theta_1] r_{22}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{32}) / -\sin[\theta_5] \\ \cos[\theta_6] \sin[\theta_5] &= \cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{11} + \sin[\theta_1] r_{21}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{31} \rightarrow \cos[\theta_6] = (\cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{11} + \sin[\theta_1] r_{21}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{31}) / \sin[\theta_5]\end{aligned}$$

$$\theta_6 = \text{ArcTan}[(\cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{12} + \sin[\theta_1] r_{22}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{32}) / -\sin[\theta_5], (\cos[\theta_2 + \theta_3] (\cos[\theta_1] r_{11} + \sin[\theta_1] r_{21}) - \sin[\theta_2 + \theta_3] r_{31}) / \sin[\theta_5]]$$

acilar =

0
-0.1288
0.6818
-0.5172
-2.3060
0

Açılar yaklaşık bulunmaktadır. Yukarıdaki başlangıç noktasındaki robotun açılarını yaklaşık olarak sıfır vermektedir.

4.Yörünge Planlaması

Her eklemi belirli açı ile döndürerek konum grafiği çıkarıldı.

```
axes(handles.axes1);
syms t
t=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10];

t0_1=0;
tf_1=2;

q_0_1=30;
q_f_1=90;

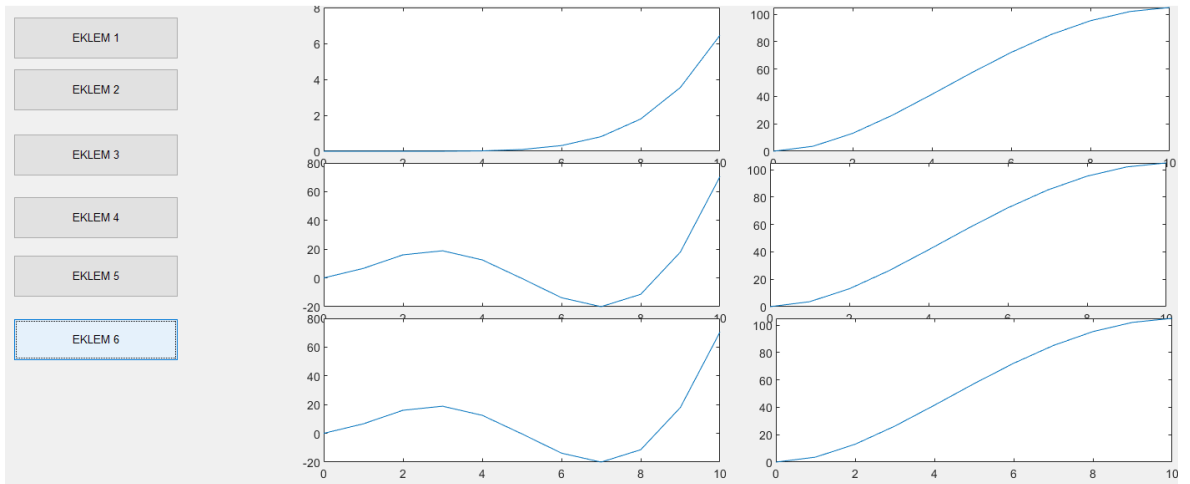
q_dot0_1=0;
q_dotf_1=0;

q_ddot0_1=10;
q_ddotf_1=10;

s0_1=q_0_1;
s1_1=q_dot0_1;
s2_1=q_ddot0_1/2;
s3_1=((20*(q_f_1-q_0_1))-(8*q_dotf_1+12*q_dot0_1)*tf_1+(q_ddotf_1-3*q_ddot0_1)*tf_1.^2)/(2*tf_1.^3);
s4_1=(30*(q_0_1-q_f_1)+(14*q_dotf_1+16*q_dot0_1)*tf_1+(3*q_ddot0_1-2*q_ddotf_1)*tf_1.^2)/(2*tf_1.^4);
s5_1=(12*(q_f_1-q_0_1)-6*(q_dotf_1+q_dot0_1)*tf_1-(q_ddot0_1-q_ddotf_1)*tf_1.^2)/(2*tf_1.^5);

knm1=s0_1+s1_1*(t)+s2_1*(t.^2)+s3_1*(t.^3)+s4_1*(t.^4)+s5_1*(t.^5);

plot(t, knm1);
```



Ek

İleri Kinematik Hesabı Kodları

```
function [x,y,z] = fcn(teta1, teta2 ,teta3 ,teta4 ,teta5 ,teta6)

teta_1=deg2rad(teta1);
teta_2=deg2rad(teta2);
teta_3=deg2rad(teta3);
teta_4=deg2rad(teta4);
teta_5=deg2rad(teta5);
teta_6=deg2rad(teta6);

alpha1= 0;
alpha2= -90;
alpha3= 0;
alpha4= -90;
alpha5= 90;
alpha6= -90;

alpha_1=deg2rad(alpha1);
alpha_2=deg2rad(alpha2);
alpha_3=deg2rad(alpha3);
alpha_4=deg2rad(alpha4);
alpha_5=deg2rad(alpha5);
alpha_6=deg2rad(alpha6);

a_1= 0;
a_2= 75;
a_3= 355;
a_4= 90;
a_5= 0;
a_6= 0;

d_1= 331;
d_2= 2;
d_3= 0;
d_4= 320; %404;
d_5= 0;
d_6= 0;

%syms teta_1 teta_2 teta_3 teta_4 teta_5 teta_6 ;

T_01=[ cos(teta_1) -sin(teta_1) 0
a_1 sin(teta_1)*cos(alpha_1) cos(teta_1)*cos(alpha_1) -
sin(alpha_1) -sin(alpha_1)*d_1
sin(teta_1)*sin(alpha_1) cos(teta_1)*sin(alpha_1)
cos(alpha_1) cos(alpha_1)*d_1
1 0 0];

T_12=[ cos(-pi/2+teta_2) -sin(-pi/2+teta_2)
0 a_2 sin(-pi/2+teta_2)*cos(alpha_2) cos(-pi/2+teta_2)*cos(alpha_2)
-sin(alpha_2) -sin(alpha_2)*d_2 cos(-pi/2+teta_2)*sin(alpha_2)
sin(-pi/2+teta_2)*sin(alpha_2) cos(-pi/2+teta_2)*sin(alpha_2)
cos(alpha_2) cos(alpha_2)*d_2
```

```

0
1      0      0
1      1;

T_23=[ cos(teta_3)      -sin(teta_3)      0
a_3      sin(teta_3)*cos(alpha_3)      cos(teta_3)*cos(alpha_3)      -
sin(alpha_3)      -sin(alpha_3)*d_3
      sin(teta_3)*sin(alpha_3)      cos(teta_3)*sin(alpha_3)
cos(alpha_3)      cos(alpha_3)*d_3
0      0      0
1      1;

T_34=[ cos(teta_4)      -sin(teta_4)      0
a_4      sin(teta_4)*cos(alpha_4)      cos(teta_4)*cos(alpha_4)      -
sin(alpha_4)      -sin(alpha_4)*d_4
      sin(teta_4)*sin(alpha_4)      cos(teta_4)*sin(alpha_4)
cos(alpha_4)      cos(alpha_4)*d_4
0      0      0
1      1;

T_45=[ cos(teta_5)      -sin(teta_5)      0
a_5      sin(teta_5)*cos(alpha_5)      cos(teta_5)*cos(alpha_5)      -
sin(alpha_5)      -sin(alpha_5)*d_5
      sin(teta_5)*sin(alpha_5)      cos(teta_5)*sin(alpha_5)
cos(alpha_5)      cos(alpha_5)*d_5
0      0      0
1      1;

T_56=[ cos(teta_6)      -sin(teta_6)      0
a_6      sin(teta_6)*cos(alpha_6)      cos(teta_6)*cos(alpha_6)      -
sin(alpha_6)      -sin(alpha_6)*d_6
      sin(teta_6)*sin(alpha_6)      cos(teta_6)*sin(alpha_6)
cos(alpha_6)      cos(alpha_6)*d_6
0      0      0
1      1;

T_06= T_01*T_12*T_23*T_34*T_45*T_56;

%      x=T_06(1,4);
%      y=T_06(2,4);
%      z=T_06(3,4);

R_06=[T_06(1,1) T_06(1,2) T_06(1,3)
      T_06(2,1) T_06(2,2) T_06(2,3)
      T_06(3,1) T_06(3,2) T_06(3,3)];

A=R_06*86;
B=[0
0
1];
A1=A*B;

x=T_06(1,4)+A1(1,1);
y=T_06(2,4)+A1(2,1);
z=T_06(3,4)+A1(3,1);

```

Ters Kinematik Hesabı Kodları

```

syms teta_1 teta_2 teta_3 teta_4 teta_5 teta_6

px=481; %481-331
py=2; %2-90
pz=776; %776-776
c=2;

teta_1=(atan2(-px,py)+atan2(sqrt((px^2)+(py^2)-(c^2)),c));
%teta_1= atan2(-px,py)-atan2(sqrt((px^2)+(py^2)-(c^2)),c);

eq_1=pz*cos(teta_2) - 75*sin(teta_2) - 331*cos(teta_2) +
px*cos(teta_1)*sin(teta_2) + py*sin(teta_1)*sin(teta_2)==90*cos(teta_3) -
320*sin(teta_3) + 355;
eq_2=331*sin(teta_2) - 75*cos(teta_2) - pz*sin(teta_2) +
px*cos(teta_1)*cos(teta_2) + py*cos(teta_2)*sin(teta_1)==320*cos(teta_3)
+ 90*sin(teta_3);

sol1=solve([eq_1 eq_2],[teta_2 teta_3]);
teta_2=(sol1.teta_2(1,1));
teta_3=(sol1.teta_3(1,1));

eq_3=-cos(teta_4)*sin(teta_5)==((cos(teta_1)*sin(teta_3)*sin(teta_2
pi/2)
- cos(teta_1)*cos(teta_3)*cos(teta_2
pi/2))*sin(teta_5)*(sin(teta_1)*sin(teta_4)
+ cos(teta_1)*cos(teta_2)*cos(teta_4)*sin(teta_3)
+ cos(teta_1)*cos(teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_2)) - cos(teta_2
+ teta_3)*cos(teta_1)*cos(teta_5)))/(cos(teta_1)^2*cos(teta_3)^2*cos(teta_2
- pi/2)^2 + cos(teta_1)^2*cos(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 +
cos(teta_1)^2*cos(teta_2 - pi/2)^2*sin(teta_3)^2 +
cos(teta_3)^2*cos(teta_2 - pi/2)^2*sin(teta_1)^2 +
cos(teta_1)^2*sin(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 +
cos(teta_3)^2*sin(teta_1)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 + cos(teta_2
- pi/2)^2*sin(teta_1)^2*sin(teta_3)^2
sin(teta_1)^2*sin(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 + ((sin(teta_2
+ teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_5)) + cos(teta_2
+ teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_5))*(cos(teta_3)*sin(teta_2 - pi/2)
+ cos(teta_2 - pi/2)*sin(teta_3)))/(cos(teta_3)^2*cos(teta_2 - pi/2)^2 +
cos(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 + cos(teta_2 - pi/2)^2*sin(teta_3)^2 +
sin(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2) - ((cos(teta_3)*cos(teta_2
- pi/2)*sin(teta_1) - sin(teta_1)*sin(teta_3)*sin(teta_2
- pi/2))*sin(teta_5)*(cos(teta_2)*cos(teta_4)*sin(teta_1)*sin(teta_3)
+ cos(teta_1)*sin(teta_4)
+ cos(teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_1)*sin(teta_2)) - cos(teta_2
+ teta_3)*cos(teta_5)*sin(teta_1)))/(cos(teta_1)^2*cos(teta_3)^2*cos(teta_2
- pi/2)^2 + cos(teta_1)^2*cos(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 +
cos(teta_1)^2*cos(teta_2 - pi/2)^2*sin(teta_3)^2 +
cos(teta_3)^2*cos(teta_2 - pi/2)^2*sin(teta_1)^2 +
cos(teta_1)^2*sin(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 +
cos(teta_3)^2*sin(teta_1)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2 + cos(teta_2
- pi/2)^2*sin(teta_1)^2*sin(teta_3)^2
sin(teta_1)^2*sin(teta_3)^2*sin(teta_2 - pi/2)^2);
eq_4=sin(teta_4)*sin(teta_5)==(sin(teta_1)*(sin(teta_5)*(sin(teta_1)*sin(
teta_4)
+ cos(teta_1)*cos(teta_2)*cos(teta_4)*sin(teta_3)
+ cos(teta_1)*cos(teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_2)) - cos(teta_2
+ teta_3)*cos(teta_1)*cos(teta_5)))/(cos(teta_1)^2 + sin(teta_1)^2) -
(cos(teta_1)*(sin(teta_5)*(cos(teta_2)*cos(teta_4)*sin(teta_1)*sin(teta_3)
) - cos(teta_1)*sin(teta_4)
+ cos(teta_3)*cos(teta_4)*sin(teta_1)*sin(teta_2)) - cos(teta_2
+

```

```

teta_3)*cos(teta_5)*sin(teta_1)))/(cos(teta_1)^2 + sin(teta_1)^2);

sol2=solve([eq_3 eq_4],[teta_4 teta_5]);
teta_4=(sol2.teta_4(1,1));
teta_5=(sol2.teta_5(1,1));

teta_6=0;

q2=[double(rad2deg(teta_1))
     double(rad2deg(teta_2))
     double(rad2deg(teta_3))
     double(rad2deg(teta_4))
     double(rad2deg(teta_5))
     double(rad2deg(teta_6))];

T_01=[ cos(teta_1)  -sin(teta_1)    0    0
        sin(teta_1)   cos(teta_1)    0    0
              0          0          1  331
              0          0          0   1  1];

T_12= [ cos(teta_2 - pi/2)  -sin(teta_2 - pi/2)    0    75
        0                    0                    1    2
        -sin(teta_2 - pi/2) -cos(teta_2 - pi/2)    0    0
        0                    0                    0   1  1];

T_23=[ cos(teta_3)  -sin(teta_3)    0    355
        sin(teta_3)   cos(teta_3)    0    0
              0          0          1    0
              0          0          0   1   1];

T_34=[cos(teta_4)      -sin(teta_4)      0    90
        0                0                1  320
        -sin(teta_4)    -cos(teta_4)      0    0
        0                0                0   1  1];

T_45=[ cos(teta_5)      -sin(teta_5)      0    0
        0                0                -1   0
        sin(teta_5)      cos(teta_5)      0    0
        0                0                0   1  1];

T_56= [ cos(teta_6)      -sin(teta_6)      0    0
        0                0                1    0
        -sin(teta_6)     -cos(teta_6)      0    0
        0                0                0   1  1];

T_06=double(T_01*T_12*T_23*T_34*T_45*T_56);

R_06=[T_06(1,1) T_06(1,2) T_06(1,3)
       T_06(2,1) T_06(2,2) T_06(2,3)
       T_06(3,1) T_06(3,2) T_06(3,3)];

```

```

A=R_06*86;
B=[0
    0
    1];
A1=A*B;    %4.EKLEM İLE 6.EKLEM ARASINDAKİ FARK

x=T_06(1,4)-A1(1,1);
y=T_06(2,4)-A1(2,1);
z=T_06(3,4)-A1(3,1);

T_06_=T_06;
T_06_(1,4)=x;
T_06_(2,4)=y;
T_06_(3,4)=z;

tetaa_1=rad2deg(teta_1);
tetaa_2=rad2deg(teta_2);
tetaa_3=rad2deg(teta_3);
tetaa_4=rad2deg(teta_4);
tetaa_5=rad2deg(teta_5);
tetaa_6=rad2deg(teta_6);

q=[tetaa_1
    tetaa_2
    tetaa_3
    tetaa_4
    tetaa_5
    tetaa_6];

syms teta_11 teta_22 teta_33 teta_44 teta_55 teta_66
xx=double(x);
yy=double(y);
zz=double(z);

teta_11= (atan2(-xx,yy)+atan2(sqrt((xx^2)+(yy^2)-(c^2)),c));
%teta_1= atan2(-px,py)-atan2(sqrt((px^2)+(py^2)-(c^2)),c);

eq_6=zz*cos(teta_22) - 75*sin(teta_22) - 331*cos(teta_22) +
xx*cos(teta_11)*sin(teta_22) +
yy*sin(teta_11)*sin(teta_22)==90*cos(teta_33) - 320*sin(teta_33) + 355;
eq_7=331*sin(teta_22) - 75*cos(teta_22) - zz*sin(teta_22) +
xx*cos(teta_11)*cos(teta_22) +
yy*cos(teta_22)*sin(teta_11)==320*cos(teta_33) + 90*sin(teta_33);

sol3=solve([eq_6 eq_7],[teta_22 teta_33]);
teta_22=(sol3.teta_22(1,1));
teta_33=(sol3.teta_33(1,1));

xfark=A1(1,1);
yfark=A1(2,1);
zfark=A1(3,1);

eq_8=(zfark*(81129638414606678066041400783053*cos(teta_44)*cos(teta_55) +
36352050459684853281621484240896*sin(teta_44)*sin(teta_55))/(81129638414
606678066041400783053*(cos(teta_44)^2*cos(teta_55)^2
cos(teta_44)^2*sin(teta_55)^2 + cos(teta_55)^2*sin(teta_44)^2
sin(teta_44)^2*sin(teta_55)^2))
-(yfark*(36352050459684853281621484240896*cos(teta_44)*sin(teta_55)
81129638414606678066041400783053*cos(teta_55)*sin(teta_44)))/(81129638414

```

```

606678066041400783053*(cos(teta_44)^2*cos(teta_55)^2      +
cos(teta_44)^2*sin(teta_55)^2      +      cos(teta_55)^2*sin(teta_44)^2      +
sin(teta_44)^2*sin(teta_55)^2))      +
(72529626061778025144792148606976*xfark*sin(teta_55))/(811296384146066780
66041400783053*(cos(teta_55)^2 + sin(teta_55)^2))==0;
eq_9=(72529626061778025144792148606976*xfark*cos(teta_55))/(8112963841460
6678066041400783053*(cos(teta_55)^2      +      sin(teta_55)^2))      -
(zfark*(81129638414606678066041400783053*cos(teta_44)*sin(teta_55)      -
36352050459684853281621484240896*cos(teta_55)*sin(teta_44)))/(81129638414
606678066041400783053*(cos(teta_44)^2*cos(teta_55)^2      +
cos(teta_44)^2*sin(teta_55)^2      +      cos(teta_55)^2*sin(teta_44)^2      +
sin(teta_44)^2*sin(teta_55)^2))      -
(yfark*(36352050459684853281621484240896*cos(teta_44)*cos(teta_55)      +
81129638414606678066041400783053*sin(teta_44)*sin(teta_55)))/(81129638414
606678066041400783053*(cos(teta_44)^2*cos(teta_55)^2      +
cos(teta_44)^2*sin(teta_55)^2      +      cos(teta_55)^2*sin(teta_44)^2      +
sin(teta_44)^2*sin(teta_55)^2))==76.8837;

sol4=solve([eq_8 eq_9],[teta_44 teta_55]);

teta_44= sol4.teta_44(3,1);
teta_55= sol4.teta_55(3,1);

tetaa_11=double(rad2deg(teta_11));
tetaa_22=double(rad2deg(teta_22));
tetaa_33=double(rad2deg(teta_33));
tetaa_44=double(rad2deg(teta_44));
tetaa_55=double(rad2deg(teta_55));

acilar=[tetaa_11
tetaa_22
tetaa_33
tetaa_44
tetaa_55
0      1];

```