T.C
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ROBOTİK ve OTOMASYON SİSTEMLERİ

COSİMİR ve MATLAB UYGULAMASI

Maksut KAYA

090224040

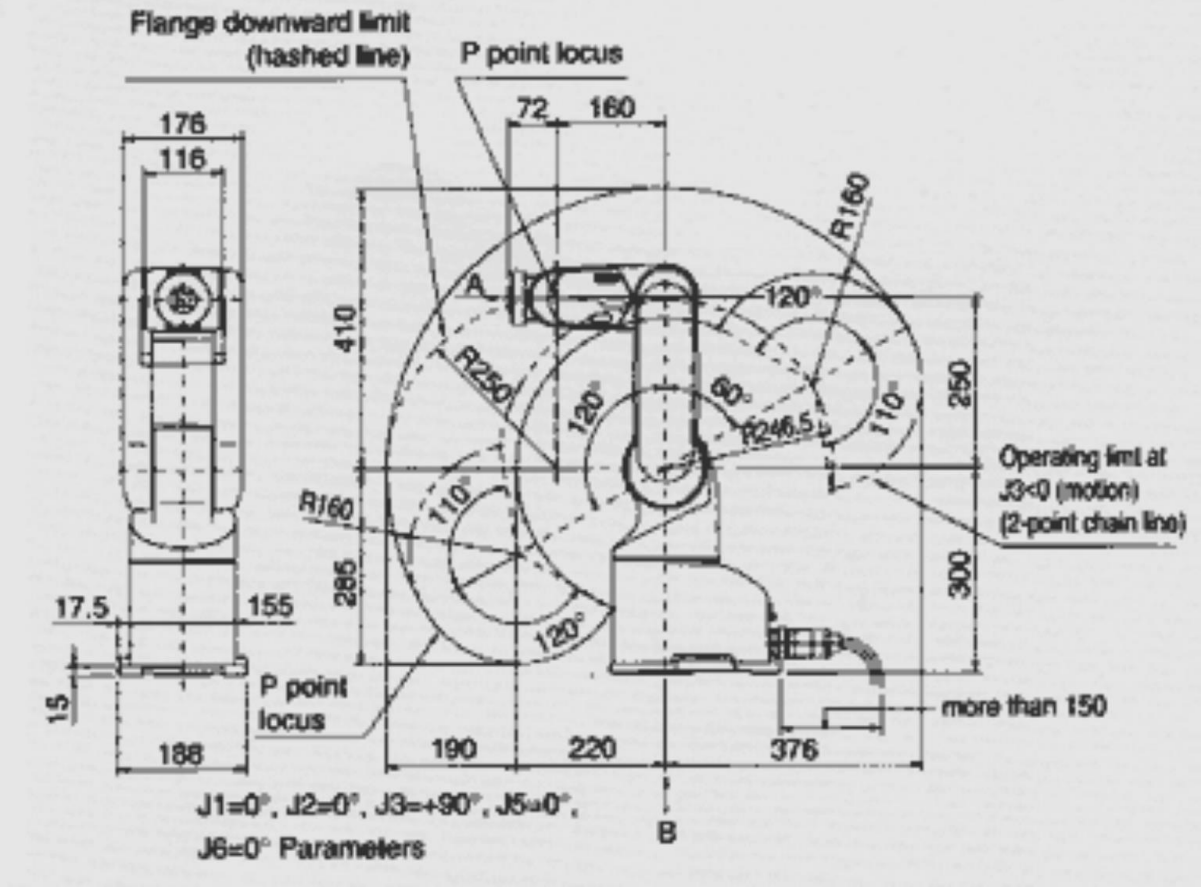
Mitsubishi RV – 2AJ'nin cosimir ve matlab ortamında analizi

MITSUBISHI RV – 2AJ

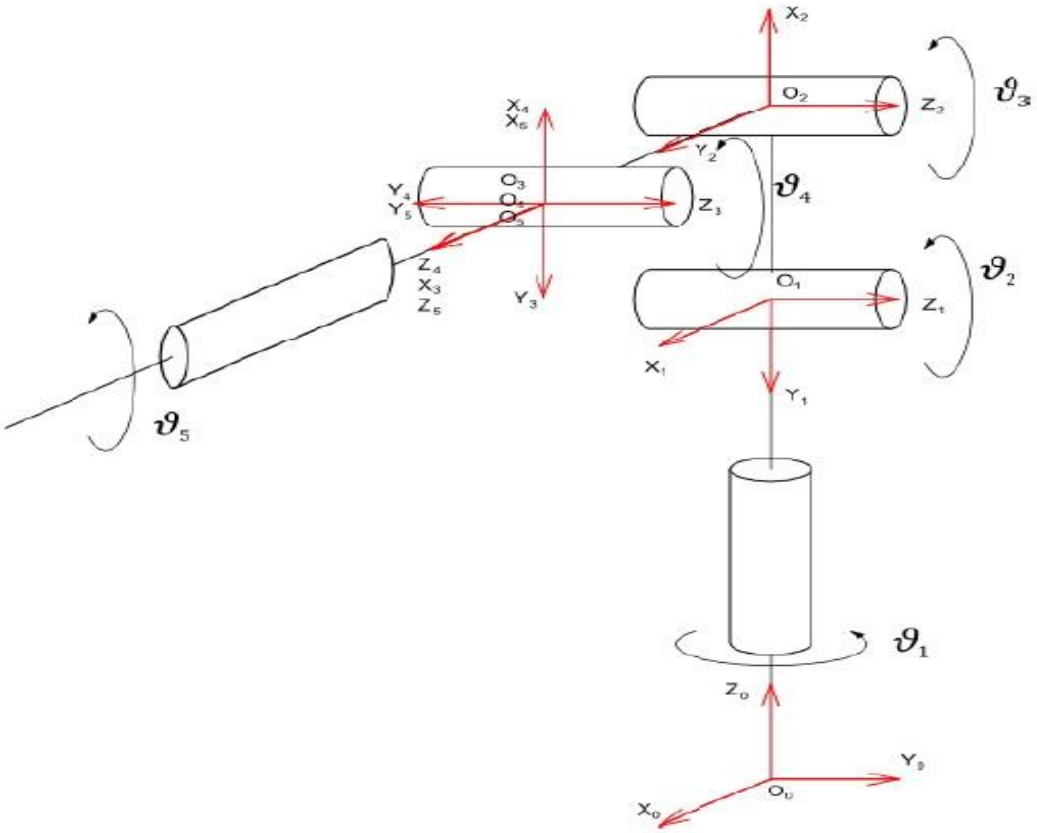
Küçük ebatlı ve 400 mm erişim mesafeli 5 eksenli robot, çalıştığı sistemin hemen yanına, hatta içine monte edilebilen kompakt robotlara ihtiyaç duyulan uygulamalarda tercih edilir. Bu robot küçük parçaların çıkarılması ve/veya takılması işlemleri için önceden programlanmıştır.

Laboratuar ve tıbbi alanlarda kalite kontrolü ve numune hazırlama amaçlı kullanılabilir. Parça tutma işlemleri elektrikli tutucu veya pnömatik tutucu ile yapılabilir. Robot kolu içerisine önceden monte edilmiş pnömatik hortum bağlantısı, tutucular için gerekli basınçlı havayı çabuk ve kolay bir şekilde sağlar.

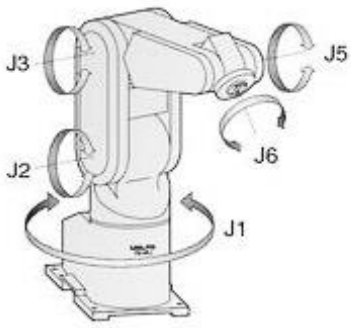
ROBOT EKLEM UZUNLUKLARI



DENAVİT-HARTENBERG DEĞİŞKENLERİNİN BELİRLENMESİ



i	α_{i-1}	a_{i-1}	d_i	θ_i	değişken
1	-90	a_1	d_1 =300	θ_1	θ_1
2	0	a_2	d_2=0	-90	θ_2
3	0	a_3	d_3=0	90	θ_3
4	-90	a_4	d_4=0	-90	θ_4
5	0	a_5	$d_5 = 72$	0	θ_5

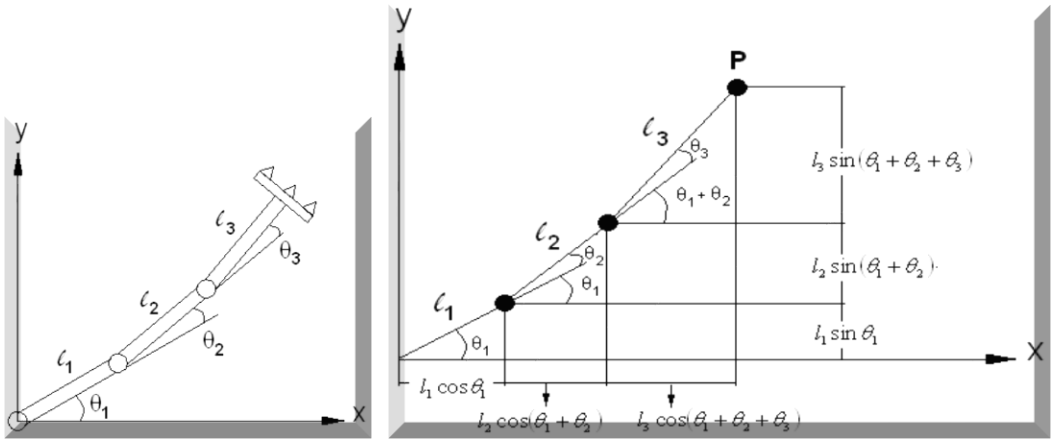


RV-2AJ

İLERİ KİNEMATİK

- Uç işlevci'nin zemine göre konum ve yönelimini , eklem değişkenleri cinsinden belirleyen ilişkilerdir.
- Her bir ekleme bir koordinat sistemi yerleştirilse komşu iki dönüşüm matrisiyle elde edilir. İlk ekleme ait dönüşüm matrisi ilk eklem ile ana çerçeve arasındaki ilişkiyi tanımlarken, son ekleme ait dönüşüm matrisi uç işlevcisi ile son eklem arasındaki ilişkiyi ifade eder.
- Arka arkaya sıralanan bu eklem dönmüşüm matrisleriyle ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki tanımlanır. Bu ilişkiye de ileri kinematik denir. Ana çerçeve ile araç çerçevesi arasındaki ilişki şeklinde tanımlanır.
- İleri Kinematik Problemlerinin Çözümünde Kullanılan Yaklaşımlar
    - **Cebirsel Yaklaşım :** Bu yaklaşım manipülatörün parametreleri ve eklem değişkenleri arasındaki cebirsel ilişkilerden yararlanır.
    - **Geometrik Yaklaşım:** Bu yaklaşım manipülatör durumuna bağlı olarak oluşan geometrik şekilden yararlanır.
- Eklem Değişkenlerinin Belirlenmesi
    - Kinematik problemler kartezyen üç boyutlu ve kartonom dört boyutlu olmak üzere iki farklı uzayda gerçekleştirilir. Kartezyen uzayda üstel yöntem, Pieper-Roth yöntemi ve Denativ-Hartenberg yöntemi kullanılır. Ancak en fazla tercih edilen yöntem Denativ-Hartenberg yöntemidir.
- **Denativ-Hartenberg Yöntemi**
    - iki eksen arasındaki uzuv uzunluğu..... a_{i-1}
    - iki komşu eksen arasındaki eksen açısı..... α_{i-1}
    - üst üste çıkan bağlar arasındaki eklem..... d_i kayması(kaçıklığı)
    - iki komşu uzuv arasındaki eklem açıklığı.... θ_{i-1}
- Eksenler aşağıdaki hususlar dikkate alınarak yerleştirilir.
    - Öncelikle eklem eksenleri dönme veya kayma yönleri belirlenir ve bu eksene paralel bir doğru çizilir
    - Bu işlem gerçekleştirilirken eklem eksenleri, döner eksenler için dönme yönü Z, prizmatik eklemler için kayma yönü Z ekseni olarak belirlenir
    - Z eksenine dik ve kol boyunca olan bağ (uzuv) uzunluğu X ekseni olarak kabul edilir.
    - Z ve X eksenleri belirlendikten sonra sağ el kuralına göre Y ekseni bulunur.

    - Eğer arka arkaya gelen 2 eklemin dönme veya kayma yönleri aynı ise Z ekseni belirlendikten sonra kol boyunca X ekseni belirlenir.
    - Son olarak sağ el kuralına göre Y ekseni belirleni
    - 0 ve 1. eksenler üst üste kabul edilebilir.
  - Bir seri robotun eklemine koordinat sistemleri yerleştirilirken 1. eksenin dönme yönü Z ekseni olarak belirlendikten sonra genellikle bu eksene X eksenince döndürüldüğünde komşu iki Z ekseni çakışacak şekilde bir X ekseni yerleştirilir
- Robotun dönme eksenleri belirlenir ve dönme eksenleri uzuvlardan bir fazla olacak şekilde numaralandırılır.
- Bu eksenlerin her birine bir koordinat sistemi yerleştirilir ve uzuv dönme ekseni aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi koordinat sisteminin Z ekseni olarak kabul edilir.
- Robotun hareket etmesiyle değişmeyen parametreler:
    - uzuv uzunlukları
    - eksen açıları
- Değişen parametreler:
    - eklem döner ise; eklem açısı
    - eklem prizmatik ise; eklem kaçıklığıdır.
- Dönüşüm matrislerin çarpılmasıyla uç işlevcisinin konumunu ve yönelimini içeren ve eklem değişkenlerinin birer fonksiyonu olan genel bir dönüşüm matrisi elde edilir. Bu matriste 9 adet dönme (r11,r12,r13, r21,r22,r23, r31,r32 ve r33) ve 3 adet de konum (px, py ve pz) belirten toplam 12 elemanı bulunur.



$$P_x = l_1\cos\theta_1 + l_2\cos(\theta_1+\theta_2) + l_3\cos(\theta_1+\theta_2+\theta_3)$$

$$P_y = l_1\sin\theta_1 + l_2\sin(\theta_1+\theta_2) + l_3\sin(\theta_1+\theta_2+\theta_3)$$

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} c_{\theta_i} & -s_{\theta_i} & 0 & a_{i-1} \\ s_{\theta_i} c_{a_{i-1}} & c_{\theta_i} c_{a_{i-1}} & -s_{a_{i-1}} & -s_{a_{i-1}} d_i \\ s_{\theta_i} s_{a_{i-1}} & c_{\theta_i} s_{a_{i-1}} & c_{a_{i-1}} & c_{a_{i-1}} d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_6^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 T_5^4 T_6^5$$

MATLAB KODLARI

```
theta1=*;
theta2=*;
theta3=*;
theta4=*;
theta5=*;

T01=[cosd(theta1) 0 -sind(theta1) 0;
     sind(theta1) 0 cosd(theta1) 0;
     0 -1 0 300 ;
     0 0 0 1];
T12=[cosd(theta2-90)  -sind(theta2-90) 0 250*cosd(theta2-90);
    sind(theta2-90) cosd(theta2-90) 0 250*sind(theta2-90);
    0 0 1 0 ;
    0 0 0 1];
T23=[cosd(theta3)  -sind(theta3) 0 160*cosd(theta3);
    sind(theta3) cosd(theta3) 0 160*sind(theta3);
    0 0 1 0 ;
    0 0 0 1];
T34=[cosd(theta4+90) 0 sind(theta4+90) 0;
   sind(theta4+90) 0 -cosd(theta4+90) 0;
    0 1 0 0;
    0 0 0 1];
T45=[cosd(theta5) -sind(theta5) 0 0;
    sind(theta5) cosd(theta5) 0 0;
    0 0 1 72;
    0 0 0 1];
T56=[1 0 0 0;
    0 1 0 0;
    0 0 1 123;
    0 0 0 1];


T=T01*T12*T23*T34*T45*T56
```

ÖRNEKLER

Örnek1;

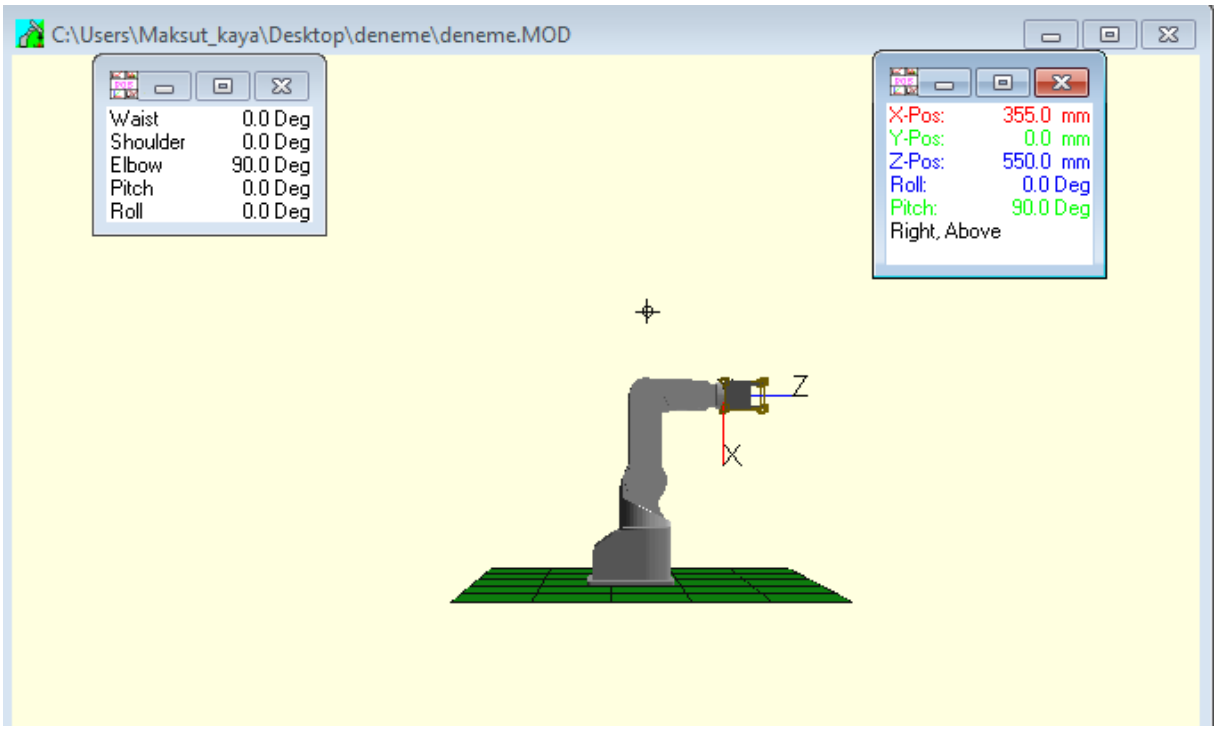
Matlab cevabı:

theta1=0; theta2=0; theta3=90; theta4=0; theta5=0;

T_6^0=

0	0	1	355
0	1	0	0
-1	0	0	550
0	0	0	1

Cosimir cevabı:



Örnek2;

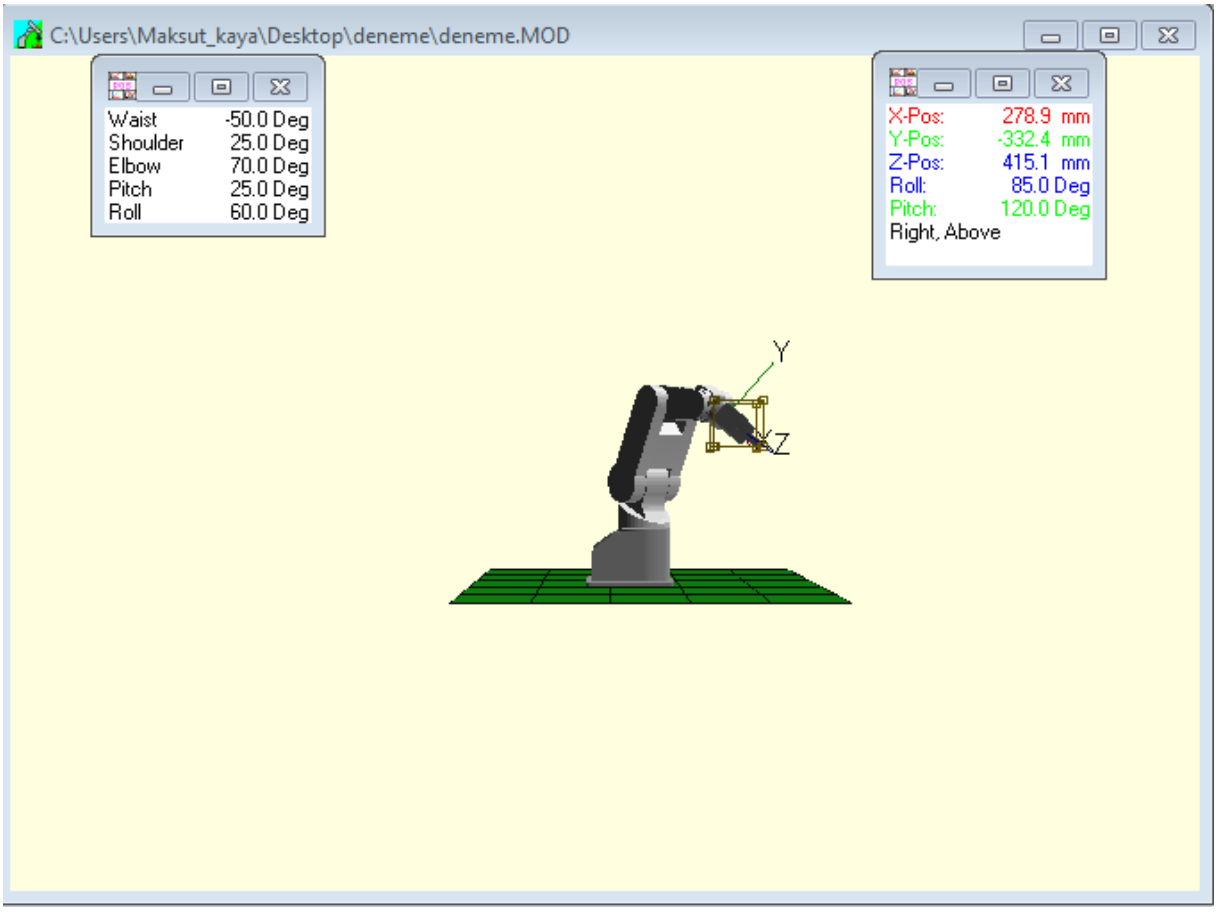
Matlab cevabı:

theta1=-50; theta2=25; theta3=70; theta4=25; theta5=60

T_6^0 =

0.5027	0.6614	0.5567	278.9188
0.7482	-0.0103	-0.6634	-332.4025
-0.4330	0.7500	-0.5000	415.1320
0	0	0	1.0000

Cosimir cevabı:



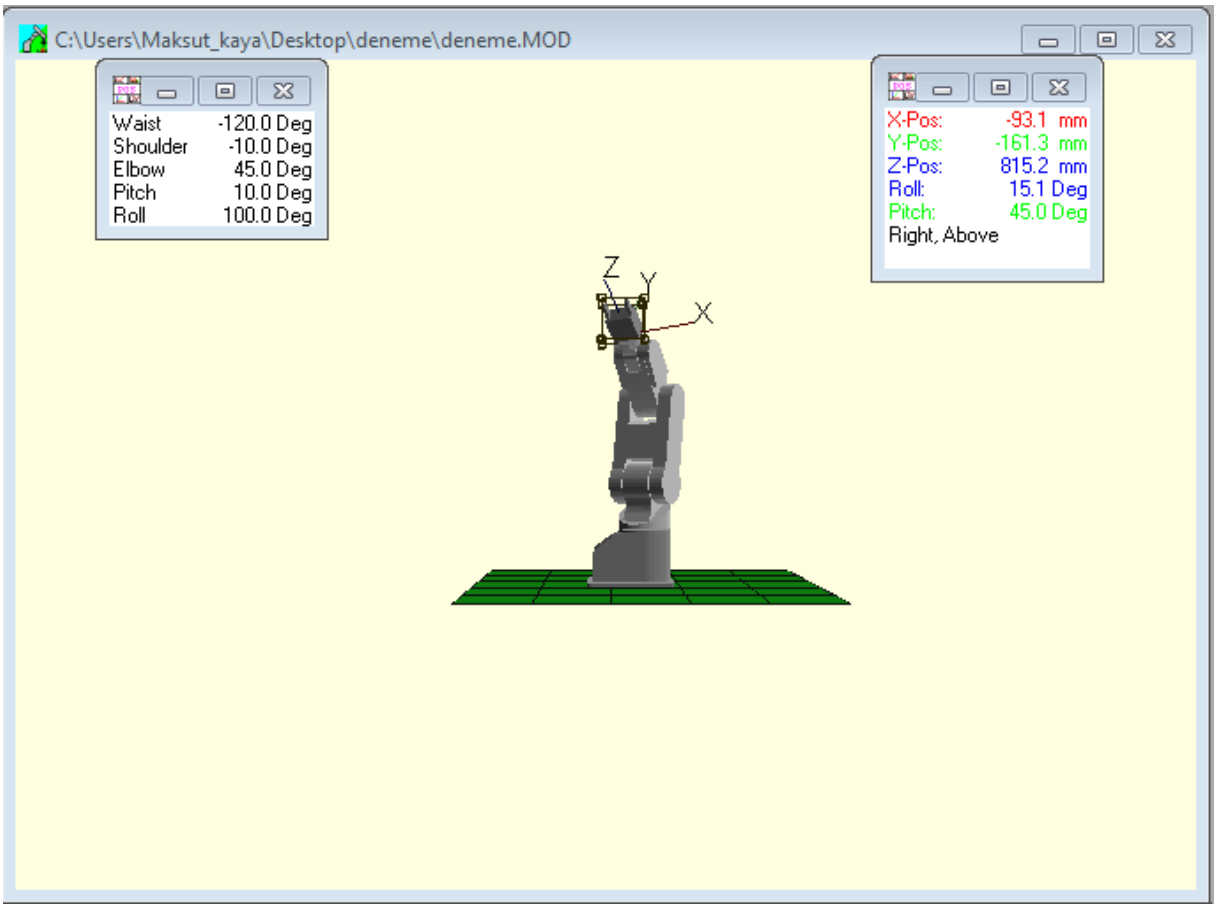
Örnek3;
Matlab cevabı:

theta1=-120; theta2=-10; theta3=45; theta4=10; theta5=100;

T_6^0 =

0.9143	0.1978	-0.3536	-93.1230
-0.3861	0.6899	-0.6124	-161.2938
0.1228	0.6964	0.7071	815.1521
0	0	0	1.0000

Cosimir cevabı:

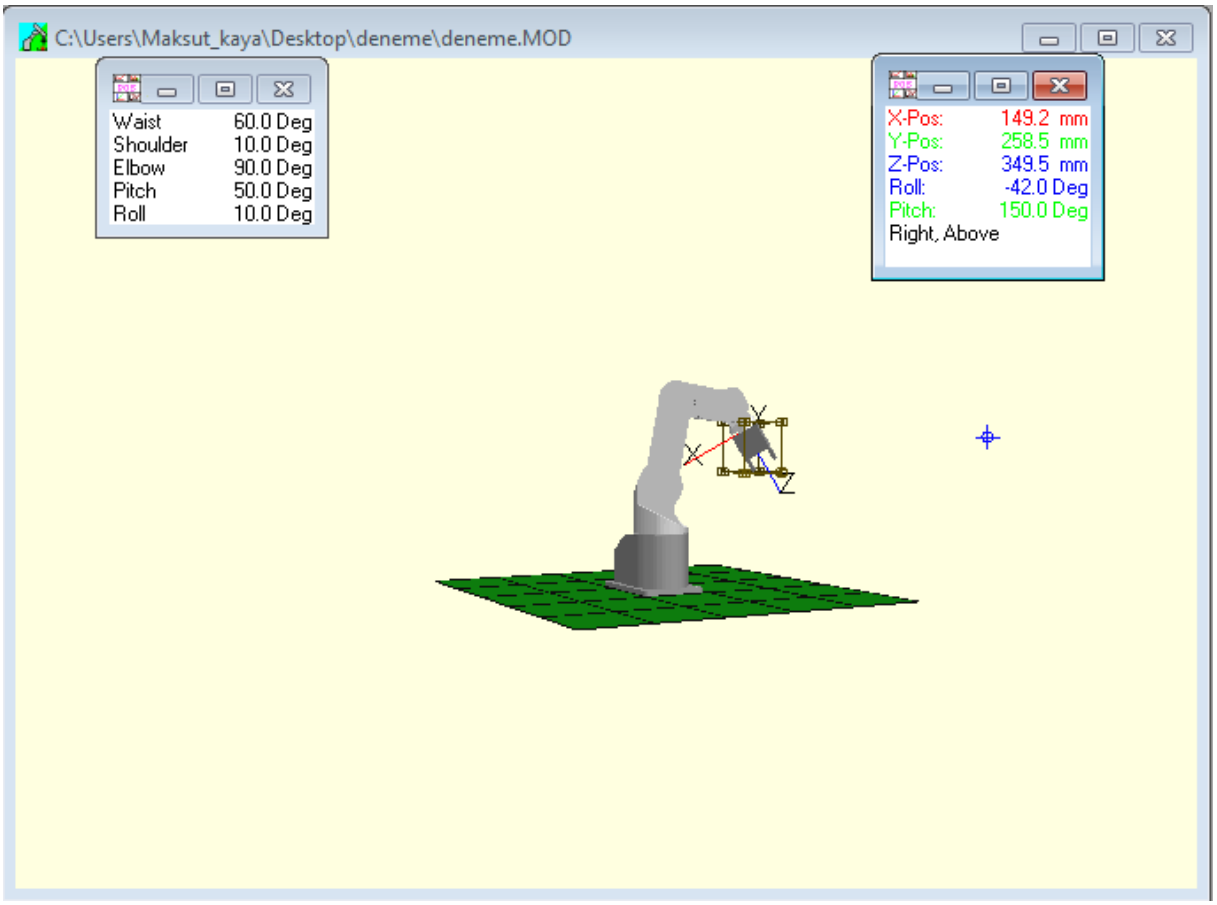


Örnek4;
Matlab cevabı:

theta1=60; theta2=10; theta3=90; theta4=50; theta5=10;
T_6^0=

-0.5768	-0.7777	0.2500	149.2406
-0.6518	0.6226	0.4330	258.4924
-0.4924	0.0868	-0.8660	349.5433
0	0	0	1.0000

Cosimir cevabı:



Örnek5;
Matlab cevabı:

theta1=-90; theta2=50; theta3=55; theta4=50; theta5=40;
T_6^0 =

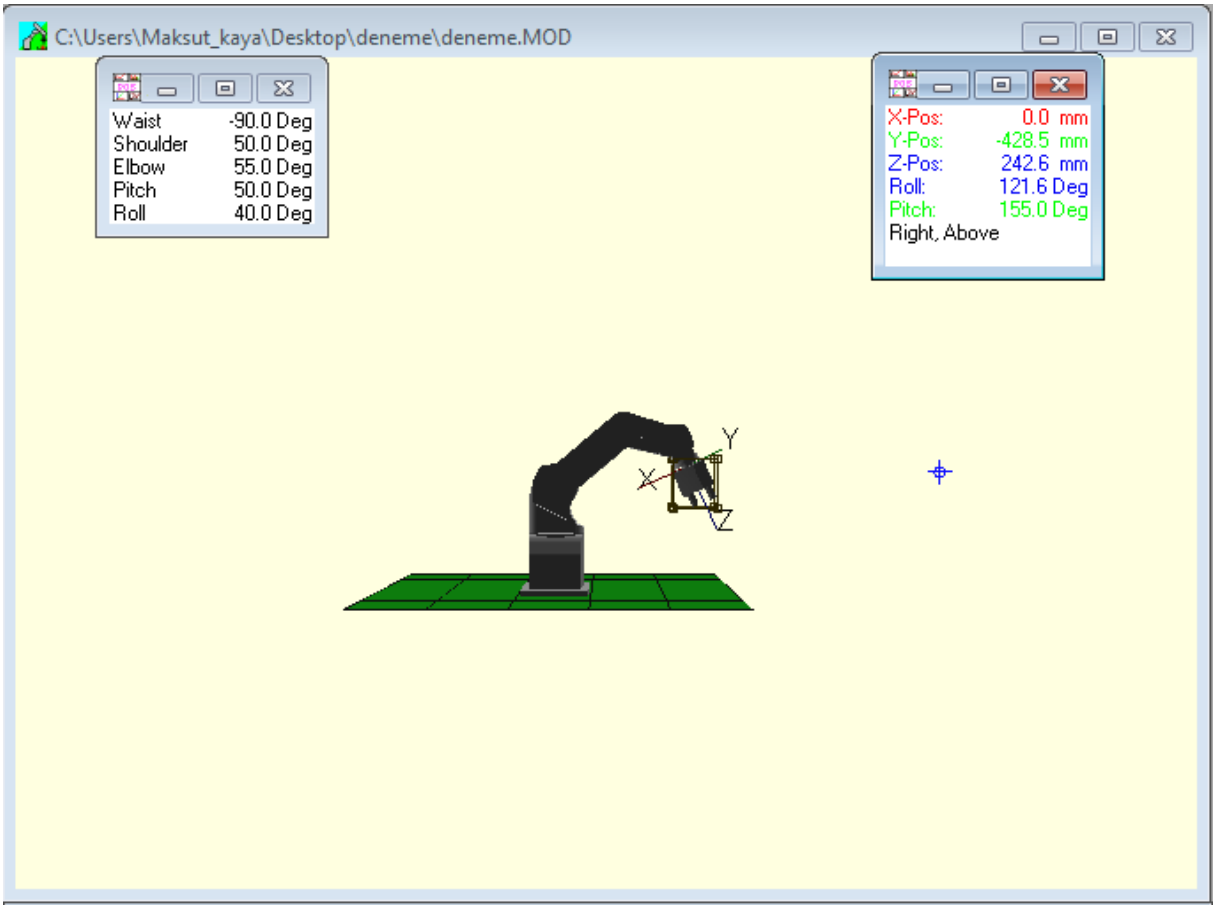
0.6428 0.7660 0 0

0.6943 -0.5826 -0.4226 -428.4698

-0.3237 0.2717 -0.9063 242.5558

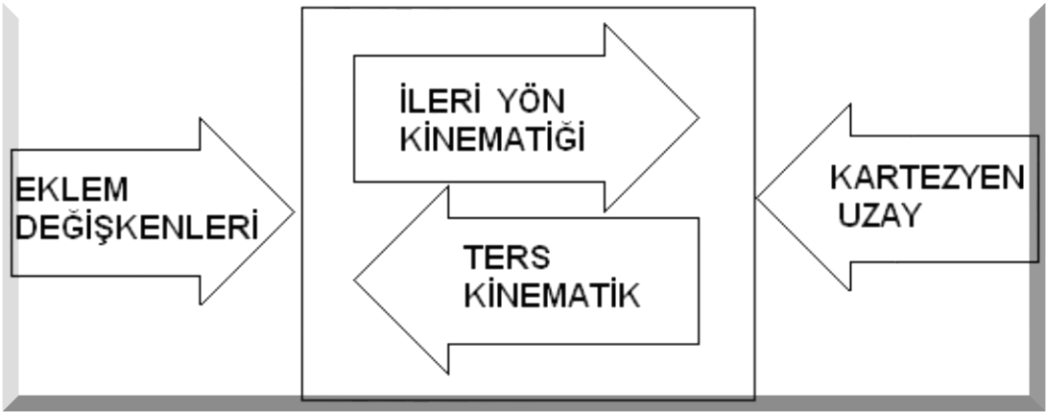
0 0 0 1.0000

Cosimir cevabı:

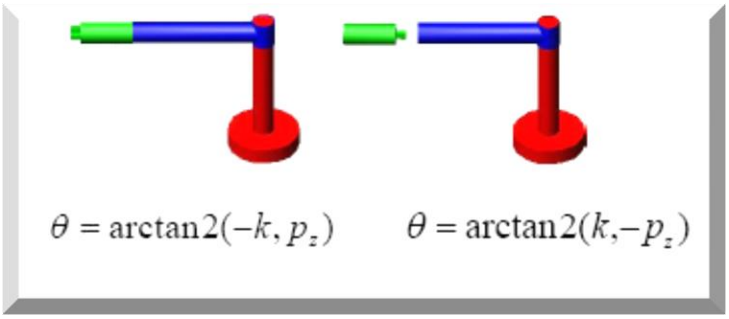


TERS KİNEMATİK

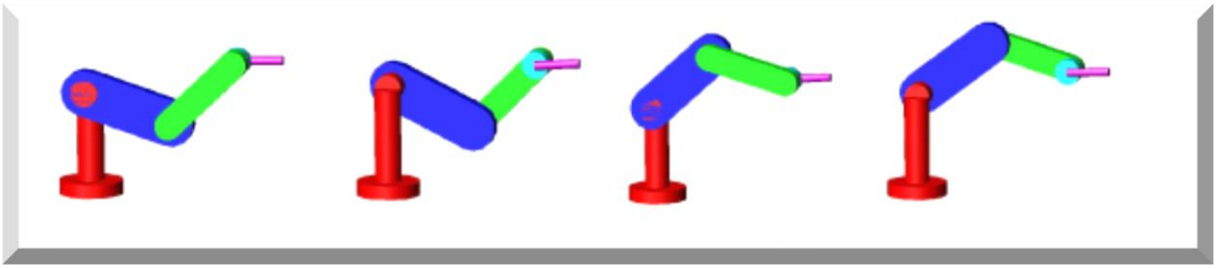
- Robotun uç işlevcisinin ana çerçeveye göre konumu ve yönelimi verildiğinde manipülatörün bu konuma ve yönelime gelebilmesi için gerekli eklem değişkenlerinin bulunmasıdır.



- Ters kinematik aşağıdaki nedenlerden dolayı çözülmesi oldukça zor olan problemler içerir
- Analitik olarak karmaşık, doğrusal olmayan denklemler içerir.
- Eklemlerin yapısına bağlıdır. Eğer robot prizmatik eklemlerden oluşuyorsa ters kinematik problemin çözümü kolaylaşırken, robottaki döner eklem sayısı arttıkça problemin çözümü de o derece zorlaşmaktadır.
- Her zaman matematiksel çözüm fiziksel çözümü temsil etmez. Birinci şekilde matematiksel çözümle fiziksel çözüm örtüşürken ikinci şekilde örtüşmez



- Aynı uç işlevci düzenleşimi için birden fazla çözüm olabilir. Ters kinematik çözüm sayısı robotun serbestlik derecesinin yanında aynı zamanda eklem değişkenlerine de bağlıdır. Her bir eklemde uzuv uzunluğu ve eklem kaçıklığının olması çözüm sayısının artmasına neden olur. Örneğin 6R robotta her bir eklem için en azından bir uzuv uzunluğu ve eklem kaçıklığı olduğundan ters kinematik çözüm sayısı =64'dür
- Yalnız bu çözümlerin bir kısmı gerçek bir kısmı ise sanaldır. Dönel eklemlerden oluşan robotlarda fiziksel çözüm sayısının fazla olması, üç boyutlu uzayda bir noktaya birkaç şekilde ulaşma imkânı sağlar.
- Örneğin; Şekildeki robotun aynı noktaya dört farklı şekilde erişebildiğini gösterir.



- Ters Kinematik Problemlerine Analitik Çözüm Yaklaşımı
  - Craig tarafından tanımlanan altı serbestlik derecesine sahip bir robotun ileri yön kinematiği aşağıdaki gibi yazılabilir.
  - $${}^0_6T = {}^0_1T\,{}^1_2T\,{}^2_3T\,{}^3_4T\,{}^4_5T\,{}^5_6T$$
  - $$\left[{}^0_1T\right]^{-1}\,{}^0_1T = I$$
  - Olduğundan yukarıdaki denklem daha basit bir ifadeyle elde edilebilir

$$\left[{}^0_1T\right]^{-1}\,{}^0_6T = {}^1_2T\,{}^2_3T\,{}^3_4T\,{}^4_5T\,{}^5_6T \qquad \left[{}^0_1T\,{}^1_2T\right]^{-1}\,{}^0_6T = {}^2_3T\,{}^3_4T\,{}^4_5T\,{}^5_6T \qquad \left[{}^0_1T\,{}^1_2T\,{}^2_3T\right]^{-1}\,{}^0_6T = {}^3_4T\,{}^4_5T\,{}^5_6T$$

$$\left[{}^0_1T\,{}^1_2T\,{}^2_3T\,{}^3_4T\right]^{-1}\,{}^0_6T = {}^4_5T\,{}^5_6T \qquad \left[{}^0_1T\,{}^1_2T\,{}^2_3T\,{}^3_4T\,{}^4_5T\right]^{-1}\,{}^0_6T = {}^5_6T$$

  - Ters kinematik çözüm gerçekleştirilirken kullanılan bazı trigonometrik eşitlikler.

$$\cos\theta = a \quad ise \quad \theta = \arctan 2\left(\pm\sqrt{1-a^2}, a\right)$$

$$\sin\theta = a \quad ise \quad \theta = \arctan 2\left(a, \pm\sqrt{1-a^2}\right)$$

$$\cos\theta = a \quad ve \quad \sin\theta = b \quad ise \quad \theta = \arctan 2(b, a)$$

$$a\sin\theta + b\cos\theta = 0 \quad ise$$

$$\theta = \arctan 2(-b, a) \quad veya \quad \theta = \arctan 2(b, -a)$$

$$a\sin\theta + b\cos\theta = c \quad ise$$

$$\theta = \arctan 2(a, b) + \theta = \arctan 2\left(\pm\sqrt{a^2 + b^2 - c^2}, c\right)$$

MATLAB KODLARI

```
close all; clear all; clc;
% Mitsubishi RV-2AJ Robotu icin ileri ve Ters Kinematik Cozumu
% istediğimiz bir aci degerini giriyoruz:

theta1=***; theta2=***; theta3=***; theta4=***; theta5=***;
% Ters kinematik cozumu Theta4 ve Theta5 acilari sifir kabul edilerek ilk 3
% eklemin acilarina gore bulunmaktadir.
% Ters kinematik cozumu icin uc islevcinin konum vektorleri

Px=***;  %yukaridaki aci degerlerine gore elde ettigimiz konum vektoru
Py=***;
Pz=***;
%% ileri kinematik matrisimizin degisken cinsinden elde edilmesi
syms waist shoulder elbow pitch roll
syms r11 r12 r13 r21 r22 r23 r31 r32 r33 px py pz

T01=[ cos(waist) 0  -sin(waist)     0;
     sin(waist) 0   cos(waist)     0;
        0     -1       0        300;
        0      0       0         1];

T12=[cos(shoulder-(pi/2)) -sin(shoulder-(pi/2)) 0 250*cos(shoulder-(pi/2));
    sin(shoulder-(pi/2)) cos(shoulder-(pi/2))  0 250*sin(shoulder-(pi/2));
            0                 0           1           0 ;
            0                 0           0           1];

T23=[cos(elbow)  -sin(elbow)  0  160*cos(elbow);
    sin(elbow)   cos(elbow)  0  160*sin(elbow);
       0            0      1       0 ;
       0            0      0       1];

T34=[cos(pitch+(pi/2))  0  sin(pitch+(pi/2))  0;
    sin(pitch+(pi/2))  0  -cos(pitch+(pi/2)) 0;
          0          1          0        0;
          0          0          0        1];

T45=[cos(roll) -sin(roll) 0   0;
    sin(roll)  cos(roll) 0   0;
       0         0     1   72;
       0         0     0   1];

T56=[ 1  0  0  0;
     0  1  0  0;
     0  0  1  123;
     0  0  0  1];

T06s = [ r11    r12    r13    px ;
        r21    r22    r23    py ;
        r31    r32    r33    pz ;
```

```
        0     0     0     1 ];

T06 = T01*T12*T23*T34*T45*T56
%% ters kinematik uygulamasi

Ters = subs(T06,{'waist','shoulder','elbow','pitch','roll'},{ theta1*(pi/180) , theta2*(pi/180) , theta3*(pi/180) , theta4*(pi/180) , theta5*(pi/180)});
Ters

T16 = T12*T23*T34*T45*T56;
T26 = T23*T34*T45*T56;

T01_inverse = inv(T01);
T02_inverse = inv(T01*T12);

K1=T01_inverse*T06s;
K2=T02_inverse*T06s;

%Konum vektörünün yerleştirilmesi
K1_ = subs(K1,{'px','py','pz'},{Px, Py, Pz});
K2_ = subs(K2,{'px','py','pz'},{Px, Py, Pz});

eq1 = simplify(K1_(1,4)- T16(1,4))   %çözümlemeler birbirinden
eq2 = simplify(K1_(2,4)- T16(2,4))   %cikarilarak sifira eşitlendi
eq3 = simplify(K1_(3,4)- T16(3,4))   %ve acilari bulmak icin hazir
eq4 = simplify(K2_(1,4)- T26(1,4))   %hale getirildi
eq5 = simplify(K2_(2,4)- T26(2,4))
eq6 = simplify(K2_(3,4)- T26(2,4))


sonuc=solve(eq3,waist);  %eq2 cozumunden direk olarak waist açisını buluruz
sonuc_waist=double(sonuc)

%artık waist açısını bilmekteyiz ve bütün denklemlere yerleştiriyoruz
%sadece iki bilinmeyenli 6 denklemimiz kaliyor elimizde
eq1s=subs(eq1,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});
eq2s=subs(eq2,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});
eq3s=subs(eq3,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});
eq4s=subs(eq4,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});
eq5s=subs(eq5,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});
eq6s=subs(eq6,{'waist','pitch'},{sonuc_waist,0});

%denklemlere bakarsak eq1 eq2 cozumlerinden iki bilinmeyenli
%iki denklemimiz vardir buradan da shoulder ve elbow açılarını buluruz

[X3 X2]=solve(eq1s,eq2s,elbow,shoulder);
sonuc_shoulder=double(X2);
sonuc_elbow=double(X3);

%Son olarak da elde ettiğimiz  açıları doğruluyoruz
Theta1=sonuc_waist.*180/pi
Theta2=sonuc_shoulder.*180/pi
Theta3=sonuc_elbow.*180/pi
```

ÖRNEKLER

Örnek1;
Matlab cevabı:

theta1 = 60
theta2 = 10
heta3 = 90
theta4 =0
theta5 =0
Px =196.5094
Py =340.3643
Pz =467.2174

T06 =

[- sin(roll)*sin(waist) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))) - cos(roll)*sin(waist), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)), 250*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 160*sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)]
[cos(waist)*sin(roll) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(roll)*cos(waist) + sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)), 250*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) -

cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 160*sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)]
[-cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))),
sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))),
cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)),
195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - 160*cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) - 160*sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - 250*sin(shoulder - pi/2) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + 300]
[
0,
0,
0,
1]

Ters =

-0.0868	-0.8660	0.4924	**196.5094**
-0.1504	0.5000	0.8529	**340.3643**
-0.9848	0	-0.1736	**484.5568**
0	0	0	1.0000

eq1 =

(6914059848553123*cos(waist))/35184372088832 - 160*sin(elbow + shoulder) - 195*sin(elbow + pitch + shoulder) - 250*sin(shoulder) + (5987752088477421*sin(waist))/17592186044416

eq2 =

195*cos(elbow + pitch + shoulder) + 160*cos(elbow + shoulder) + 250*cos(shoulder) - 367714951332941/2199023255552

eq3 =

(5987752088477421*cos(waist))/17592186044416 - (6914059848553123*sin(waist))/35184372088832

eq4 =

(367714951332941*cos(shoulder))/2199023255552 - 160*cos(elbow) + 195*sin(elbow)*sin(pitch) + (6914059848553123*cos(waist)*sin(shoulder))/35184372088832 +

(5987752088477421*sin(shoulder)*sin(waist))/17592186044416 -
195*cos(elbow)*cos(pitch) - 250

eq5 =

(6914059848553123*cos(shoulder)*cos(waist))/35184372088832 -
(367714951332941*sin(shoulder))/2199023255552 - 195*cos(elbow)*sin(pitch) -
195*cos(pitch)*sin(elbow) - 160*sin(elbow) +
(5987752088477421*cos(shoulder)*sin(waist))/17592186044416

eq6 =

(5987752088477421*cos(waist))/17592186044416 - 160*sin(elbow) - 195*sin(elbow +
pitch) - (6914059848553123*sin(waist))/35184372088832

sonuc_waist =

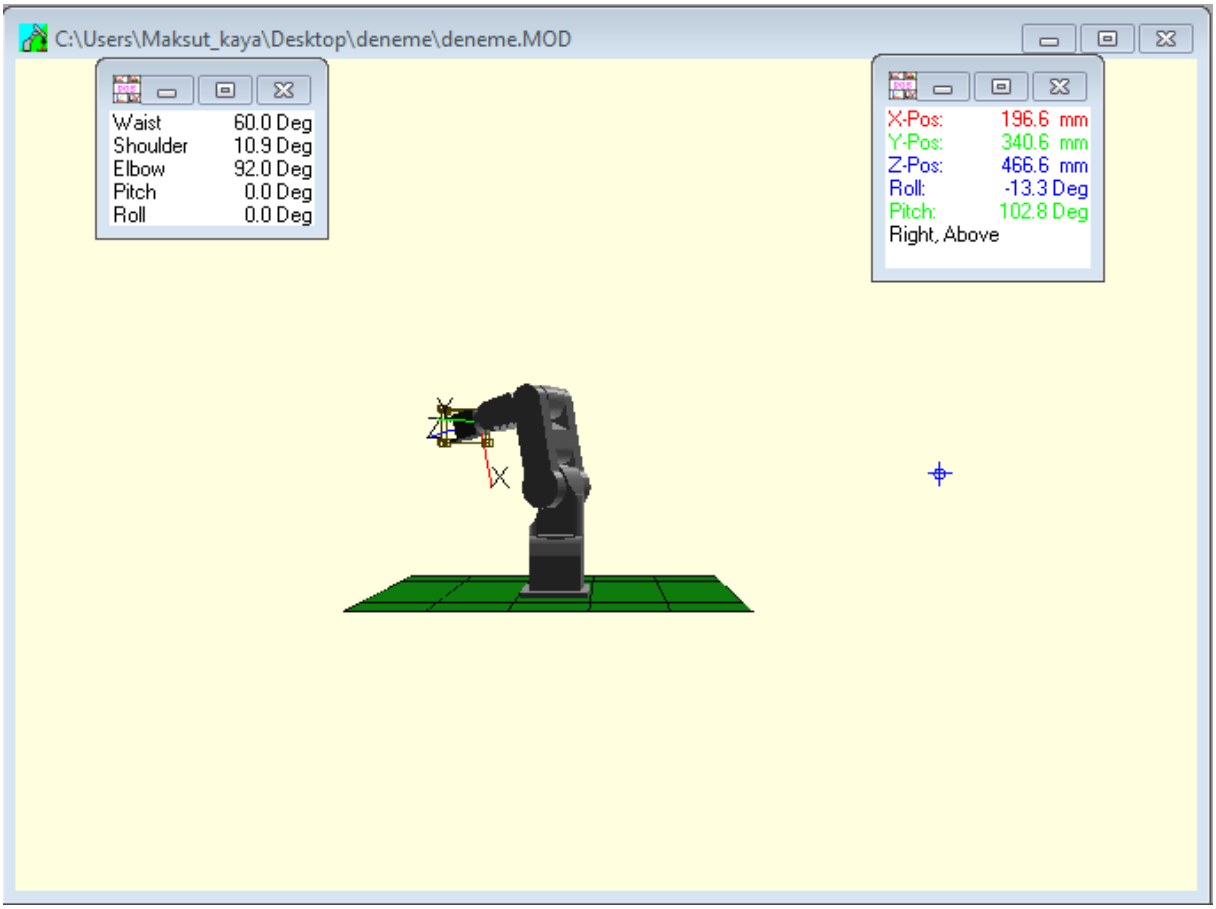
    1.0472

Theta1 =
   60.0000

Theta2 =
   10.7840
  123.1195 % sınırlar dışındadır

Theta3 =
   91.9693
  -91.9693

Cosimir cevabı:



Örnek2;
Matlab cevabı:
theta1 =0
theta2 =0
theta3 =90
theta4 =0
theta5 =0

Px =355
Py =0
Pz =550

T06 =

[- sin(roll)*sin(waist) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))) - cos(roll)*sin(waist), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)), 250*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) -

cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 160*sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)]
[cos(waist)*sin(roll) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(roll)*cos(waist) + sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)), 250*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 160*sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)]
[-cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)), 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - 160*cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) - 160*sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - 250*sin(shoulder - pi/2) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + 300]
[
0,
0,
0,
1]

Ters =

0.0000	0	1.0000	**355.0000**
0	1.0000	0	**0**
-1.0000	0	0.0000	**550.0000**
0	0	0	1.0000

eq1 =

355*cos(waist) - 160*sin(elbow + shoulder) - 195*sin(elbow + pitch + shoulder) - 250*sin(shoulder)

eq2 =

195*cos(elbow + pitch + shoulder) + 160*cos(elbow + shoulder) + 250*cos(shoulder) - 250

eq3 =

-355*sin(waist)

eq4 =

(355*sin(shoulder - waist))/2 - 195*cos(elbow + pitch) + (355*sin(shoulder + waist))/2 - 160*cos(elbow) + 250*cos(shoulder) - 250

eq5 =

(355*cos(shoulder - waist))/2 - 195*sin(elbow + pitch) + (355*cos(shoulder + waist))/2 - 160*sin(elbow) - 250*sin(shoulder)

eq6 =

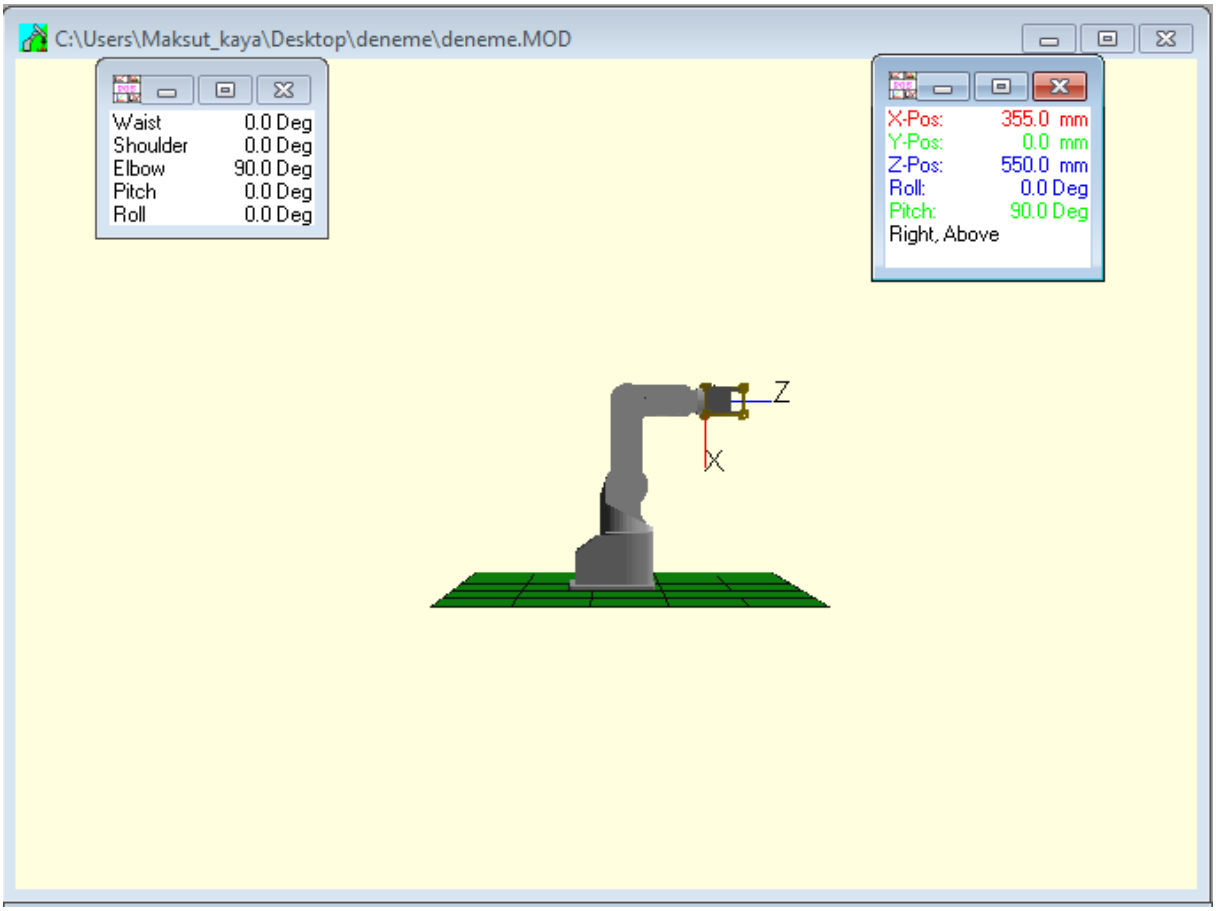
- 195*sin(elbow + pitch) - 160*sin(elbow) - 355*sin(waist)

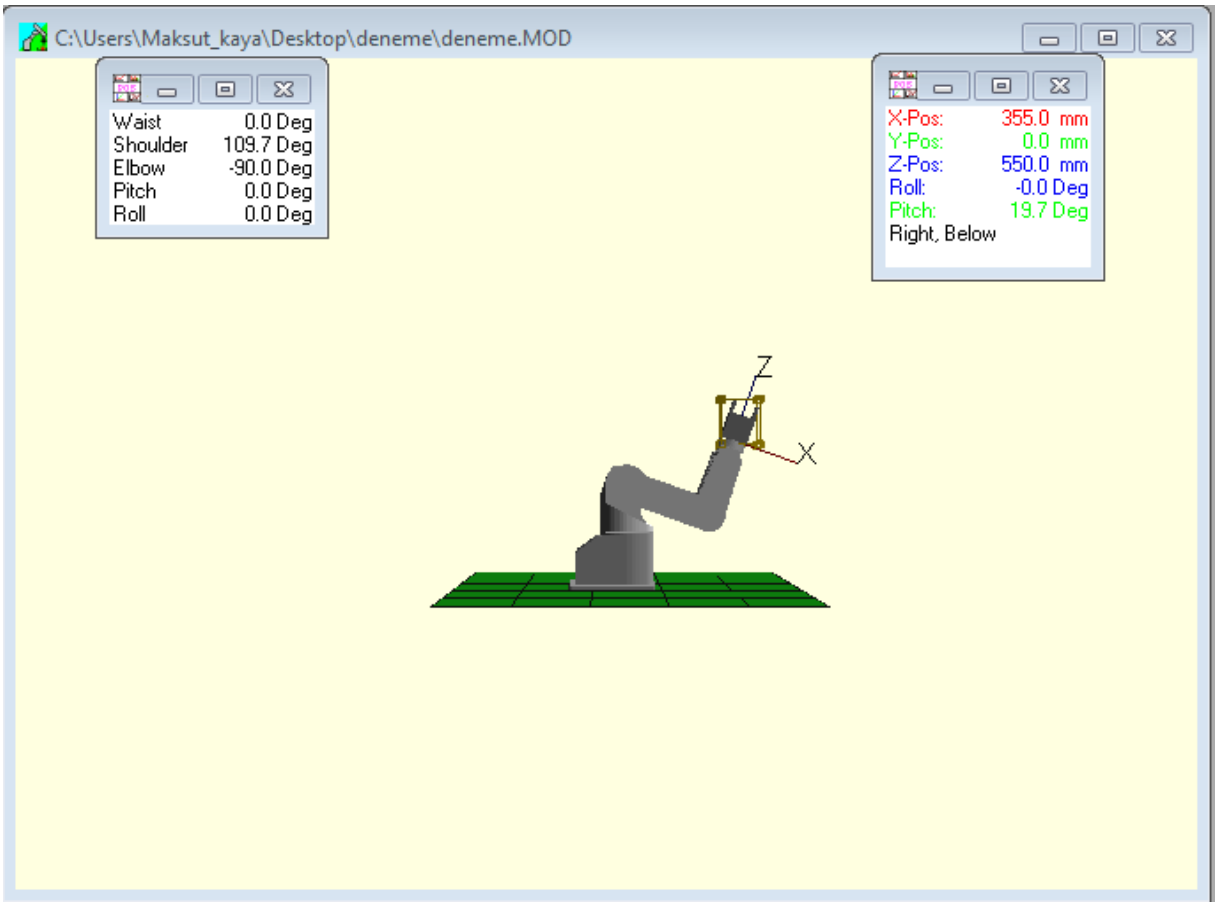
sonuc_waist =

     0

Theta1 =0
Theta2 =
          0
          109.6916
Theta3 =
    90
   -90

Cosimir cevabı:





Örnek3;
Matlab cevabı:
theta1 =0

theta2 =60
theta3 =90
theta4 =0
theta5 =0

Px =394.0064
Py =0
Pz =117.5610

T06 =

[- sin(roll)*sin(waist) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))) - cos(roll)*sin(waist), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)), 250*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 160*sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)]
[cos(waist)*sin(roll) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(roll)*cos(waist) + sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)), 250*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 160*sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)]
[-cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)), 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - 160*cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) - 160*sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - 250*sin(shoulder - pi/2) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + 300]

[
0,
0,
0,
1]

Ters =

-0.8660	0	0.5000	**394.0064**
0	1.0000	0	**0**
-0.5000	0	-0.8660	**117.5610**
0	0	0	1.0000

eq1 =

(1732858472872647*cos(waist))/4398046511104 - 160*sin(elbow + shoulder) - 195*sin(elbow + pitch + shoulder) - 250*sin(shoulder)

eq2 =

195*cos(elbow + pitch + shoulder) + 160*cos(elbow + shoulder) + 250*cos(shoulder) + 6419001659514421/35184372088832

eq3 =

-(1732858472872647*sin(waist))/4398046511104

eq4 =

195*sin(elbow)*sin(pitch) - (6419001659514421*cos(shoulder))/35184372088832 - 160*cos(elbow) + (1732858472872647*cos(waist)*sin(shoulder))/4398046511104 - 195*cos(elbow)*cos(pitch) - 250

eq5 =

(6419001659514421*sin(shoulder))/35184372088832 - 160*sin(elbow) - 195*cos(elbow)*sin(pitch) - 195*cos(pitch)*sin(elbow) + (1732858472872647*cos(shoulder)*cos(waist))/4398046511104

eq6 =

- 195*sin(elbow + pitch) - 160*sin(elbow) - (1732858472872647*sin(waist))/4398046511104

sonuc_waist =

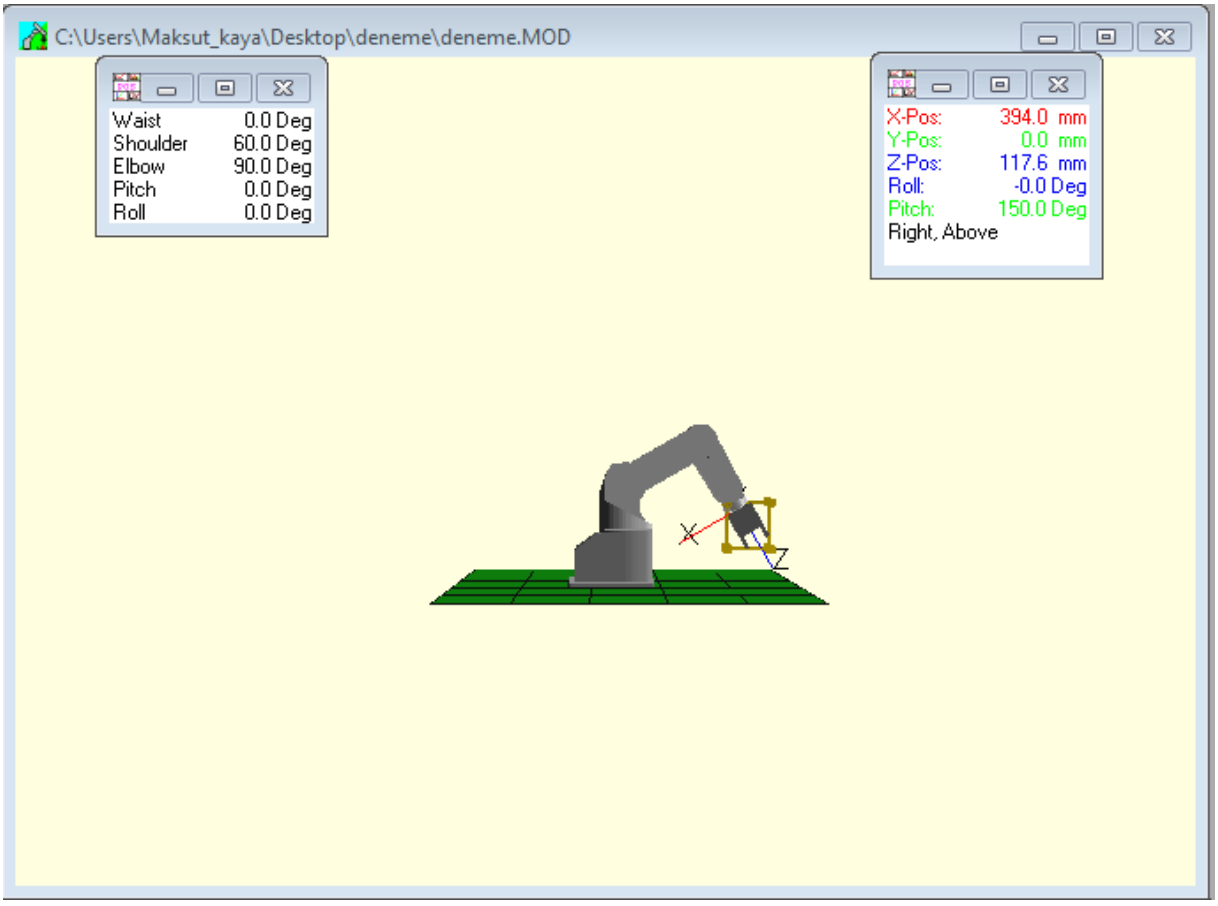
0

Theta1 =0

Theta2 =
60.0000
169.6916 %hareket sınır dışı

Theta3 =
90.0000
-90.0000

Cosimir cevabı:



Örnek4;
Matlab cevabı:

theta1 = 30
theta2 = 20
heta3 = 90
theta4 =0
theta5 =0
Px =362.9477

Py =209.5480

Pz =413.5060

T06 =

[- sin(roll)*sin(waist) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))) - cos(roll)*sin(waist), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)), 250*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 160*sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)]

[cos(waist)*sin(roll) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(roll)*cos(waist) + sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)), 250*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 160*sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)]

[-cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)), 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - 160*cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) - 160*sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - 250*sin(shoulder - pi/2) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + 300]

[
0,
0,
0,
1]

Ters =

-0.2962 -0.5000 0.8138 **362.9477**

-0.1710 0.8660 0.4698 **209.5480**

-0.9397 0 -0.3420 **413.5060**

0 0 0 1.0000

eq1 =

(6385043462792885*cos(waist))/17592186044416 - 160*sin(elbow + shoulder) - 195*sin(elbow + pitch + shoulder) - 250*sin(shoulder) + (52387*sin(waist))/250

eq2 =

195*cos(elbow + pitch + shoulder) + 160*cos(elbow + shoulder) + 250*cos(shoulder) - 56753/500

eq3 =

(52387*cos(waist))/250 - (6385043462792885*sin(waist))/17592186044416

eq4 =

(998409334578741*cos(shoulder))/8796093022208 - 160*cos(elbow) +
195*sin(elbow)*sin(pitch) +
(6385043462792885*cos(waist)*sin(shoulder))/17592186044416 +
(52387*sin(shoulder)*sin(waist))/250 - 195*cos(elbow)*cos(pitch) - 250

eq5 =

(6385043462792885*cos(shoulder)*cos(waist))/17592186044416 -
(998409334578741*sin(shoulder))/8796093022208 - 195*cos(elbow)*sin(pitch) -
195*cos(pitch)*sin(elbow) - 160*sin(elbow) + (52387*cos(shoulder)*sin(waist))/250

eq6 =

(52387*cos(waist))/250 - 160*sin(elbow) - 195*sin(elbow + pitch) -
(6385043462792885*sin(waist))/17592186044416

sonuc_waist =

0.5236

Theta1 =30.0000

Theta2 =

20.0000

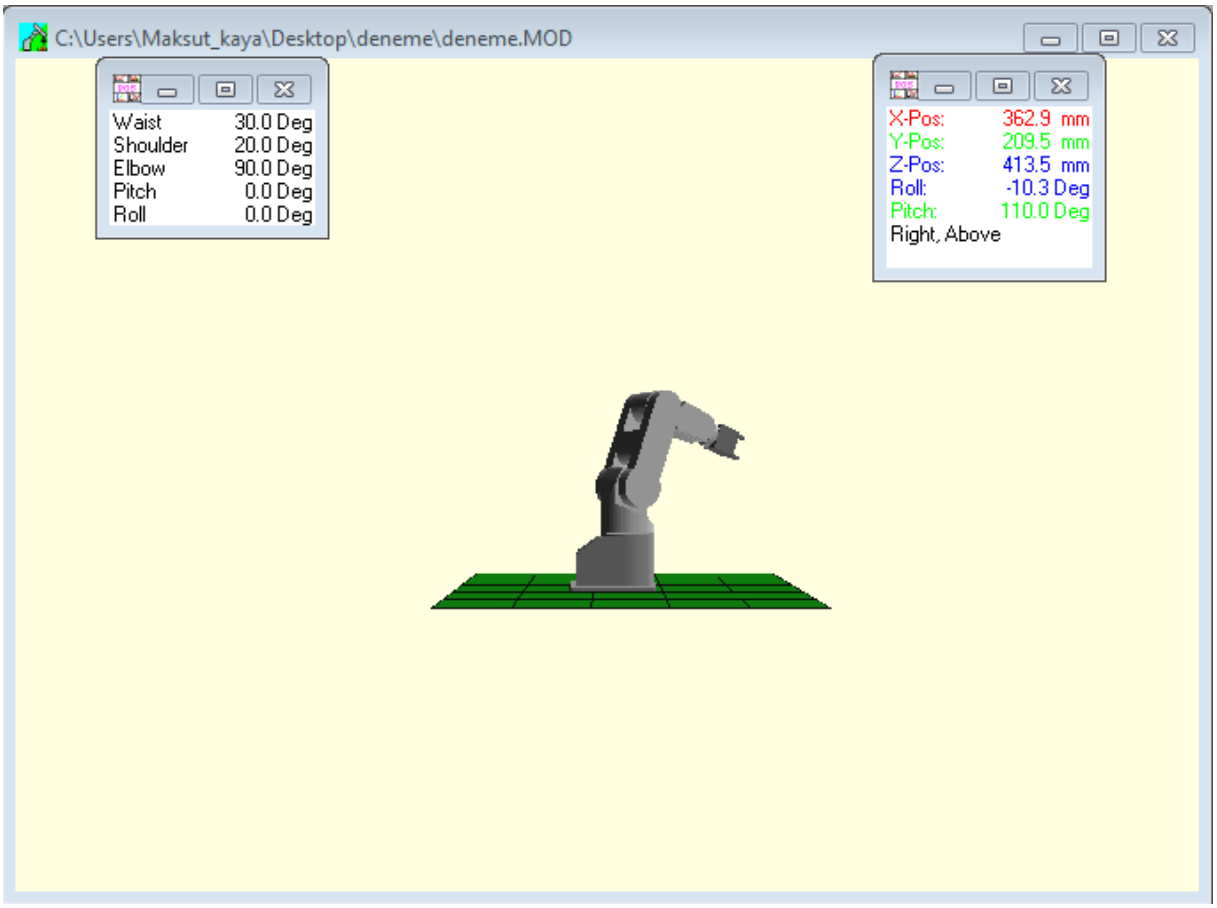
129.6916 % hareket sınır dışı

Theta3 =

90.0000

-90.0000

Cosimir cevabı:



Örnek5;
Matlab cevabı:
theta1 =48
theta2 =0
theta3 =90
theta4 =0
theta5 =0

Px =237.5414

Py =263.8164

Pz = 550

T06 =

[- sin(roll)*sin(waist) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2))) - cos(roll)*sin(waist), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)), 250*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)) - 160*sin(elbow)*cos(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(waist)*cos(shoulder - pi/2)]

[cos(waist)*sin(roll) - cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(roll)*cos(waist) + sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)), 250*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist) + 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) - cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)) - 160*sin(elbow)*sin(waist)*sin(shoulder - pi/2) + 160*cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2)*sin(waist)]

[-cos(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), sin(roll)*(cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2))), cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)), 195*cos(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - sin(elbow)*sin(shoulder - pi/2)) - 160*cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) - 160*sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2) - 250*sin(shoulder - pi/2) - 195*sin(pi/2 + pitch)*(cos(elbow)*sin(shoulder - pi/2) + sin(elbow)*cos(shoulder - pi/2)) + 300]

[
0,
0,
0,
1]

Ters =

0.0000	-0.7431	0.6691	**237.5414**
0.0000	0.6691	0.7431	**263.8164**
-1.0000	0	0.0000	**550.0000**
0	0	0	1.0000

eq1 =

(4178872502051039*cos(waist))/17592186044416 - 160*sin(elbow + shoulder) - 195*sin(elbow + pitch + shoulder) - 250*sin(shoulder) + (4641107190368069*sin(waist))/17592186044416

eq2 =

195*cos(elbow + pitch + shoulder) + 160*cos(elbow + shoulder) + 250*cos(shoulder) - 250

eq3 =

(4641107190368069*cos(waist))/17592186044416 - (4178872502051039*sin(waist))/17592186044416

eq4 =

250*cos(shoulder) - 160*cos(elbow) + 195*sin(elbow)*sin(pitch) + (4178872502051039*cos(waist)*sin(shoulder))/17592186044416 + (4641107190368069*sin(shoulder)*sin(waist))/17592186044416 - 195*cos(elbow)*cos(pitch) - 250

eq5 =

(4178872502051039*cos(shoulder)*cos(waist))/17592186044416 - 250*sin(shoulder) - 195*cos(elbow)*sin(pitch) - 195*cos(pitch)*sin(elbow) - 160*sin(elbow) + (4641107190368069*cos(shoulder)*sin(waist))/17592186044416

eq6 =

(4641107190368069*cos(waist))/17592186044416 - 160*sin(elbow) - 195*sin(elbow + pitch) - (4178872502051039*sin(waist))/17592186044416

sonuc_waist =

    0.8378

Theta1 =   48.0000

Theta2 =

    0.0000

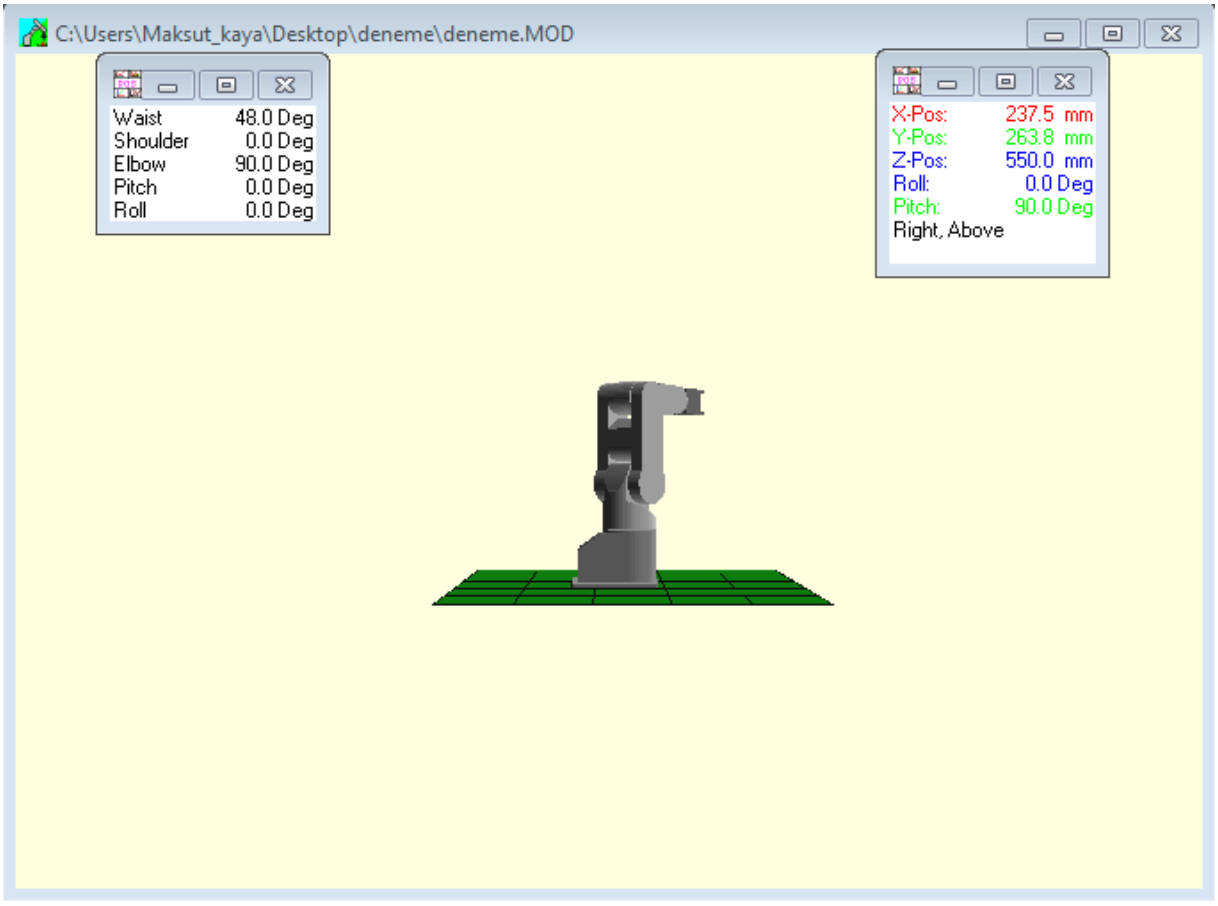
109.6916

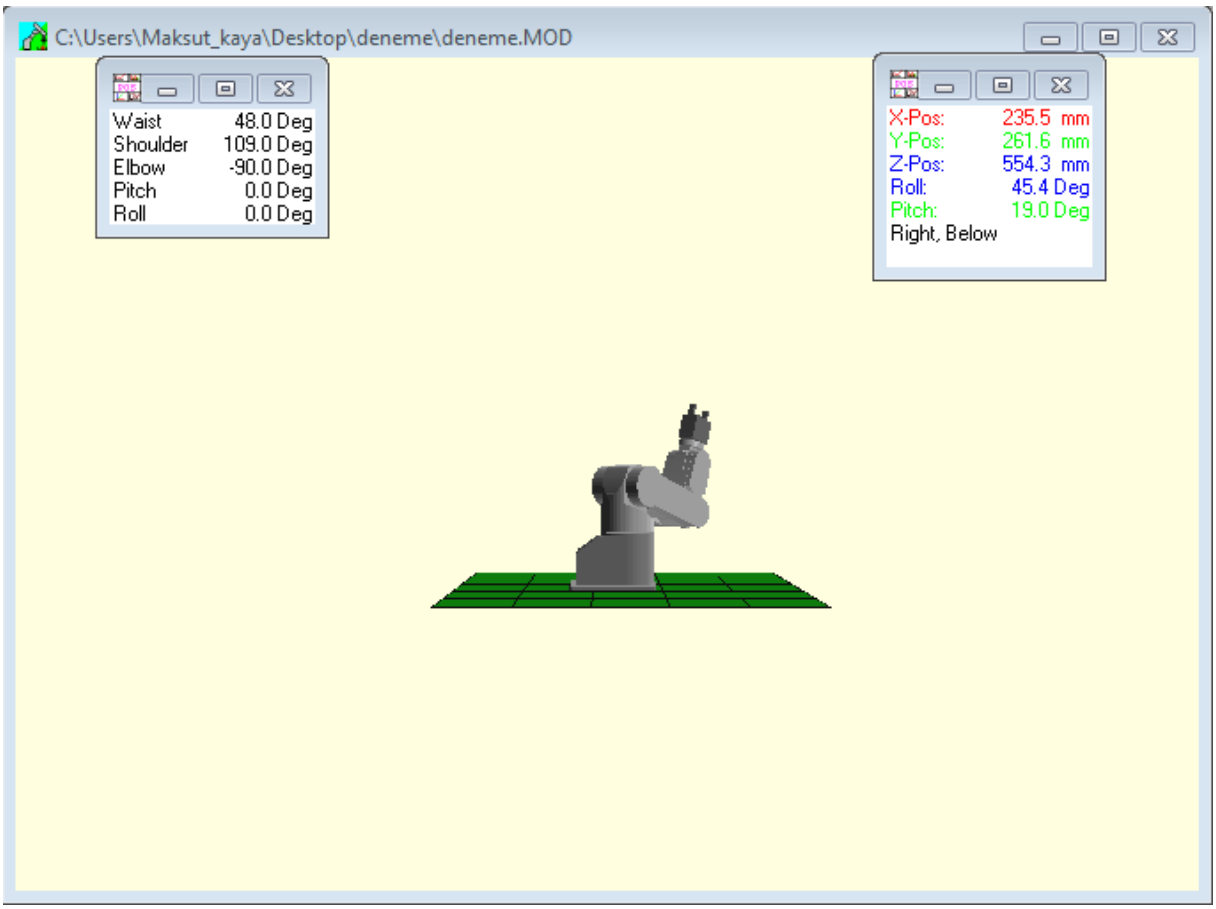
Theta3 =

90.0000

-90.0000

Cosimir cevabı:





NOT: KULLANILAN KAYNAKLAR EK DOSYASINDADIR…

İleri kinematik ve ters kinematik matlab kodları ilgili konunun altında bulunmaktadır.