دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی مکانیک

مدلسازی ربات RRP در محیط Simulink

تمرین سوم درس رباتیک

هانیه زهرا بوداغی - ۹۹۱۰۵۹۵۶

استاد

دکتر بهزادی پور

ترم اول سال ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۱. صورت سوالات 1

۱.۱ سوال اول 1

۲.۱ سوال دوم 1

۲. پاسخ سوالات 1

۱.۲ سوال اول 1

۲.۲ سوال دوم 6

۱. صورت سوالات

در ابتدا، خواسته شده تا مدل ربات RRP را در محیط سیمولینک متلب شبیه‌سازی کرده و دستگاه‌های مختصات مرجع روی شکل داده شده، نشان داده شوند.

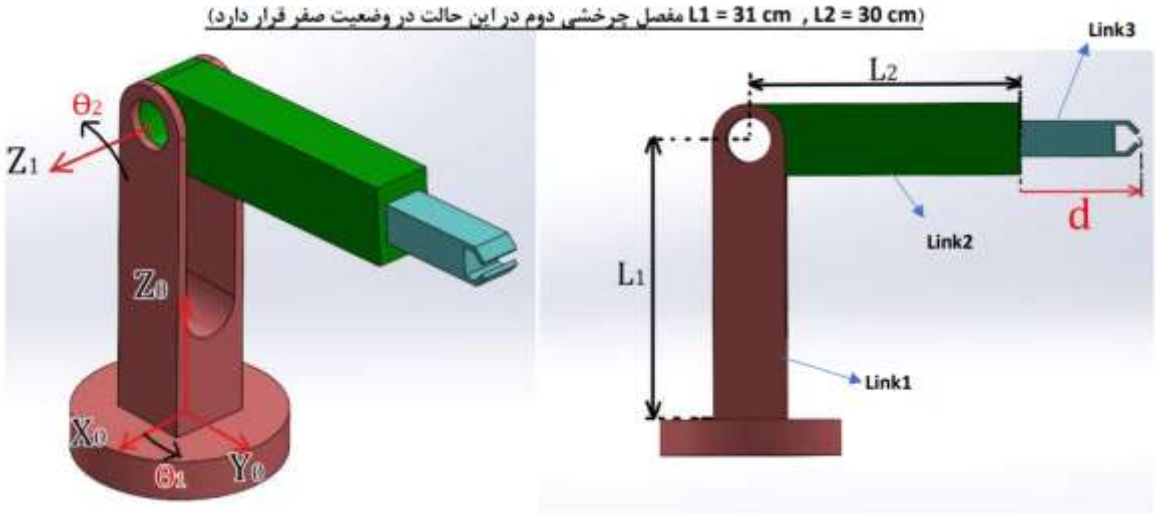
۱.۱ سوال اول

در بخش اول سوال، خواسته می‌شود تا مقادیر داده شده را به عنوان شرایط اولیه به هر یک از مفاصل اعمال کرده و سپس، مختصات عملگر نهایی در دستگاه صفر را با توجه به این موضوع در هر حالت بیابیم.

$\theta(\text{deg})$	-90	30	150	-18	56	280
$d1(mm)$	150	120	30	100	30	220
$d2(mm)$	100	80	0	0	170	110

۲.۱ سوال دوم

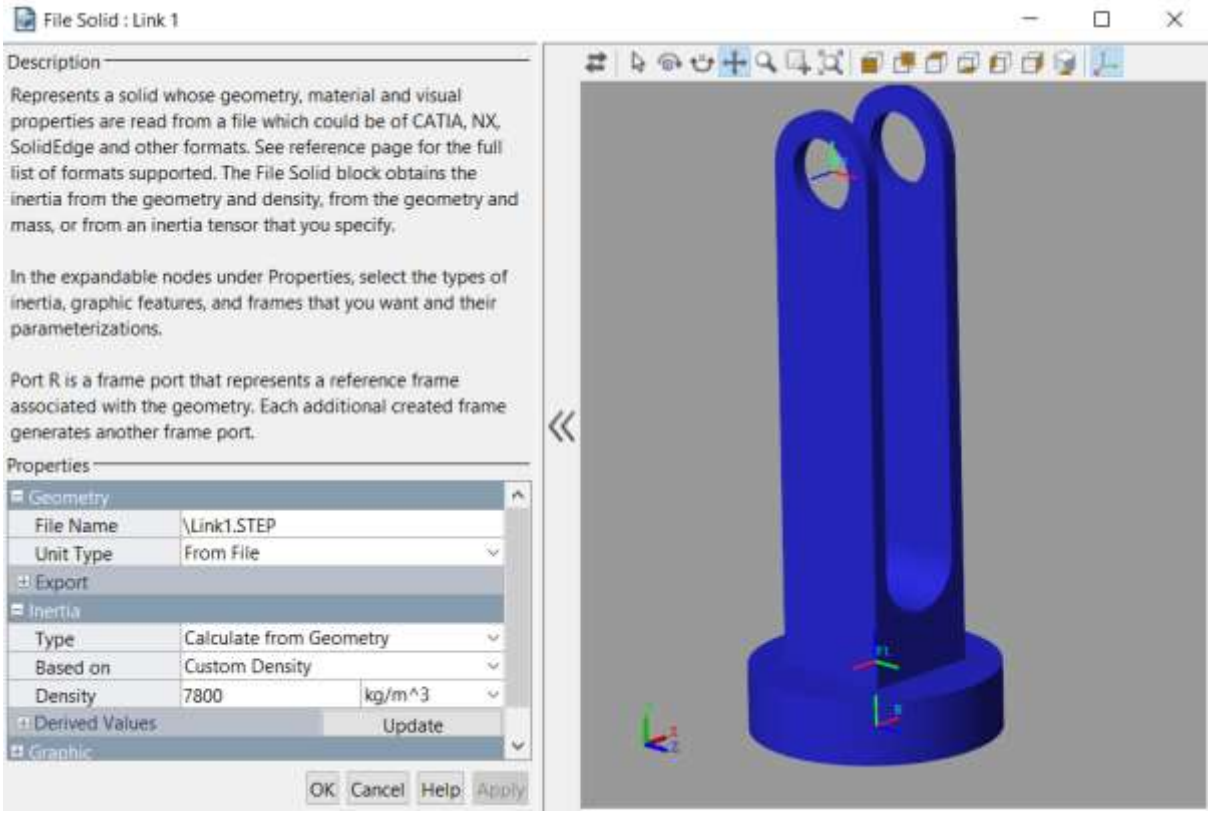
در قسمت دوم، باید در متلب تابعی تعریف شود تا قادر به حل سینماتیک معکوس این ربات باشد. ورودی این تابع مختصات عملگر نهایی در دستگاه صفر و خروجی آن متغیرهای مفاصل سه گانه می‌باشد.

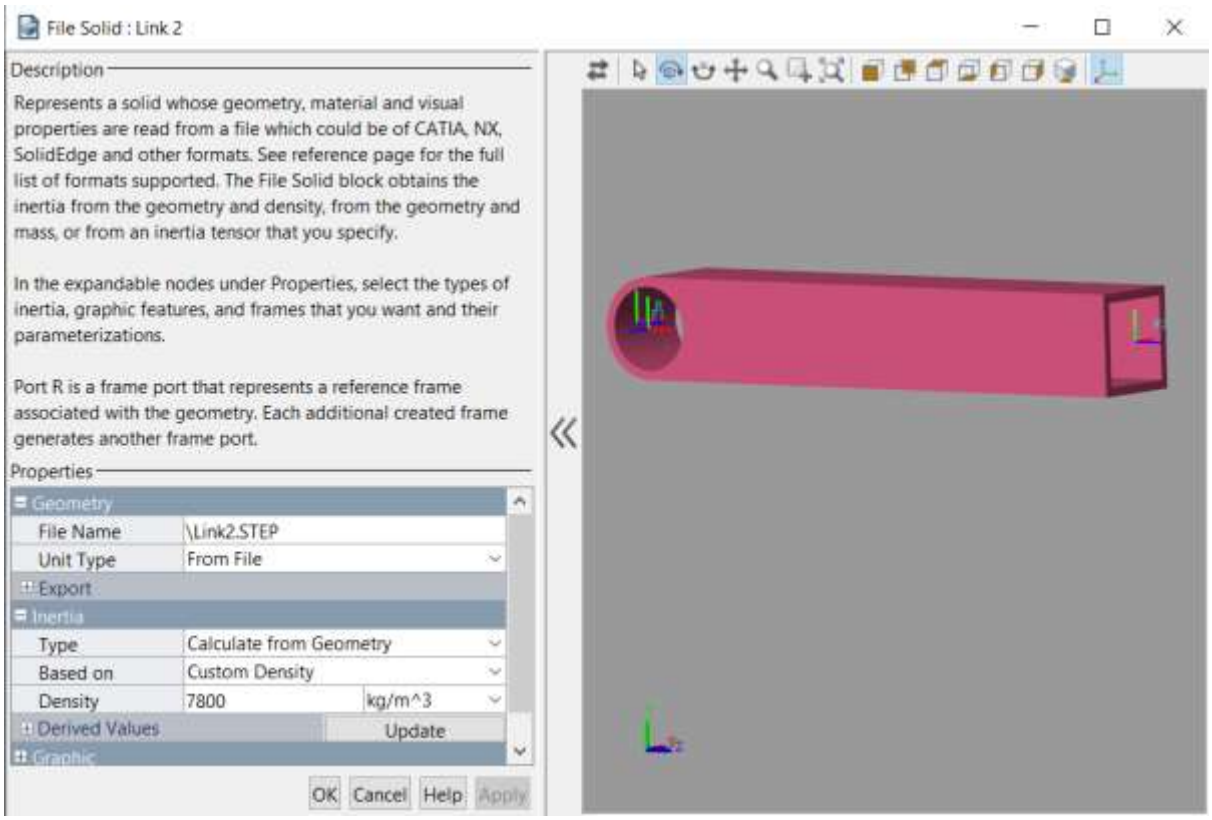


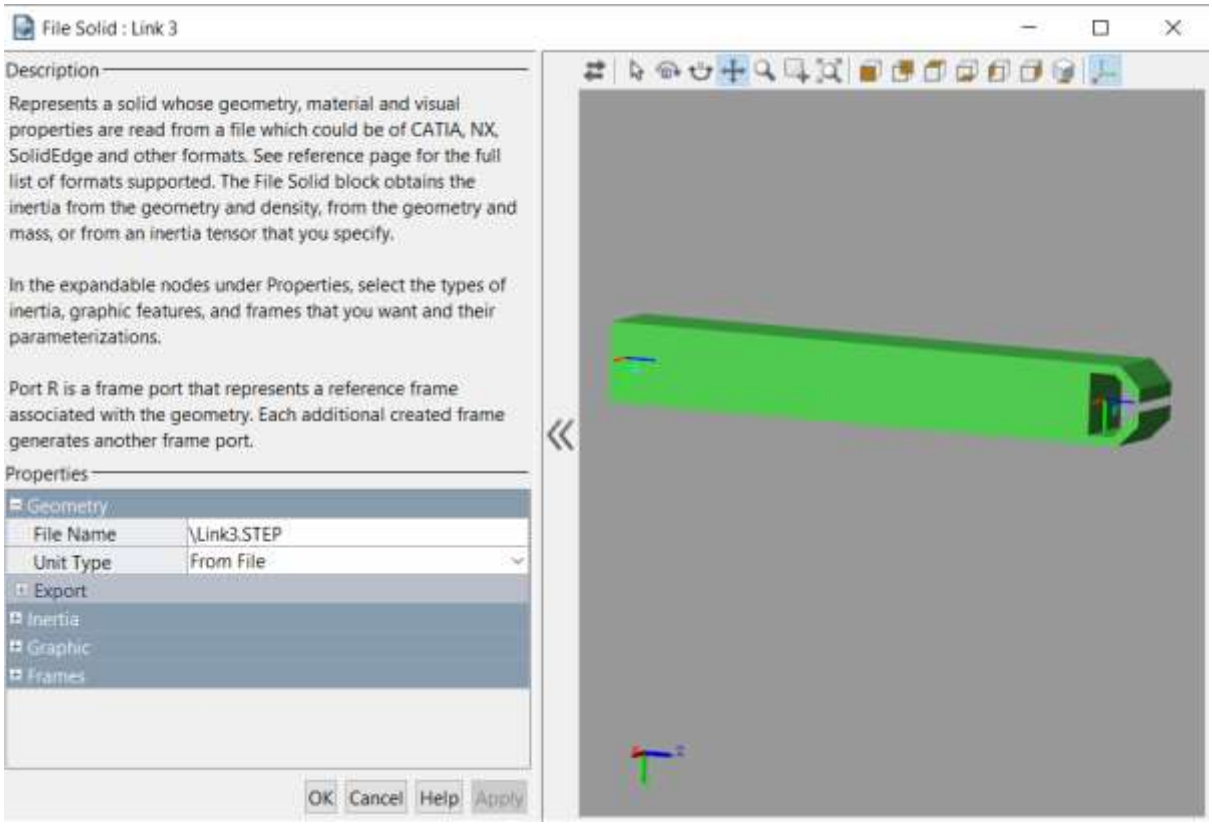
۲. پاسخ سوالات

۱.۲ سوال اول

در ابتدا لینک‌ها را در سالیدورکز رسم کرده و سپس با استفاده از بلاک File Solid در محیط سیمولینک باز می‌کنیم. تمامی اجزا را فولادی در نظر گرفته و چگالی آن را به صورت دستی در متلب وارد می‌کنیم:

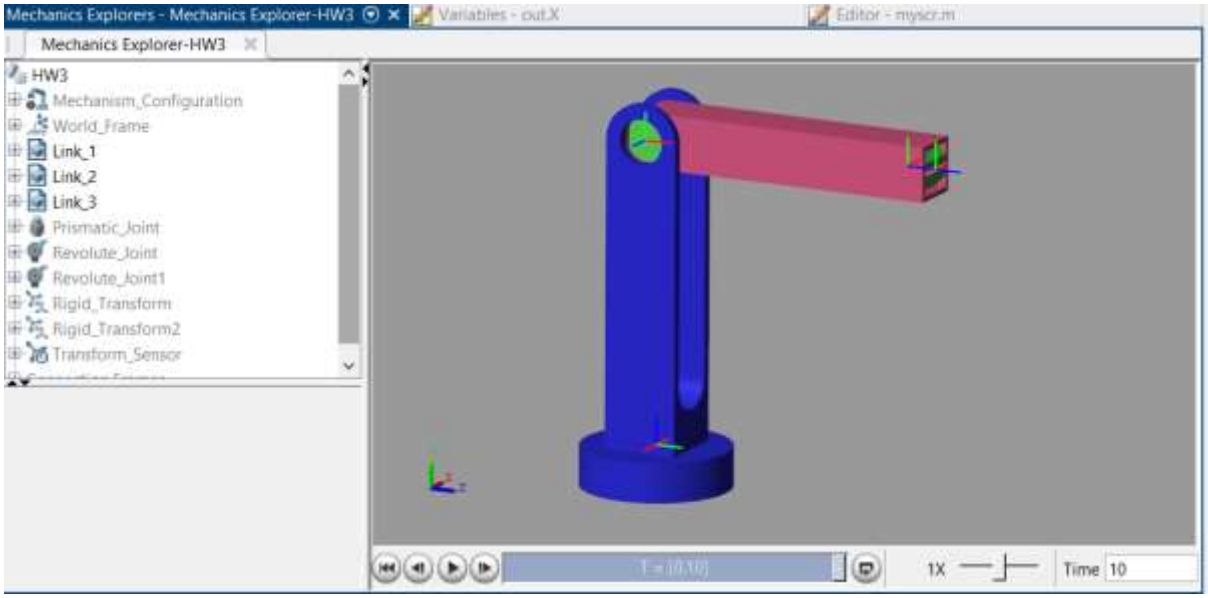

File Solid : Link 1
Description
Represents a solid whose geometry, material and visual properties are read from a file which could be of CATIA, NX, SolidEdge and other formats. See reference page for the full list of formats supported. The File Solid block obtains the inertia from the geometry and density, from the geometry and mass, or from an inertia tensor that you specify.
In the expandable nodes under Properties, select the types of inertia, graphic features, and frames that you want and their parameterizations.
Port R is a frame port that represents a reference frame associated with the geometry. Each additional created frame generates another frame port.
Properties
Geometry
File Name
\Link1.STEP
Unit Type
From File
Export
Inertia
Type
Calculate from Geometry
Based on
Custom Density
Density
7800
kg/m^3
Derived Values
Update
Graphic
OK
Cancel
Help
Apply

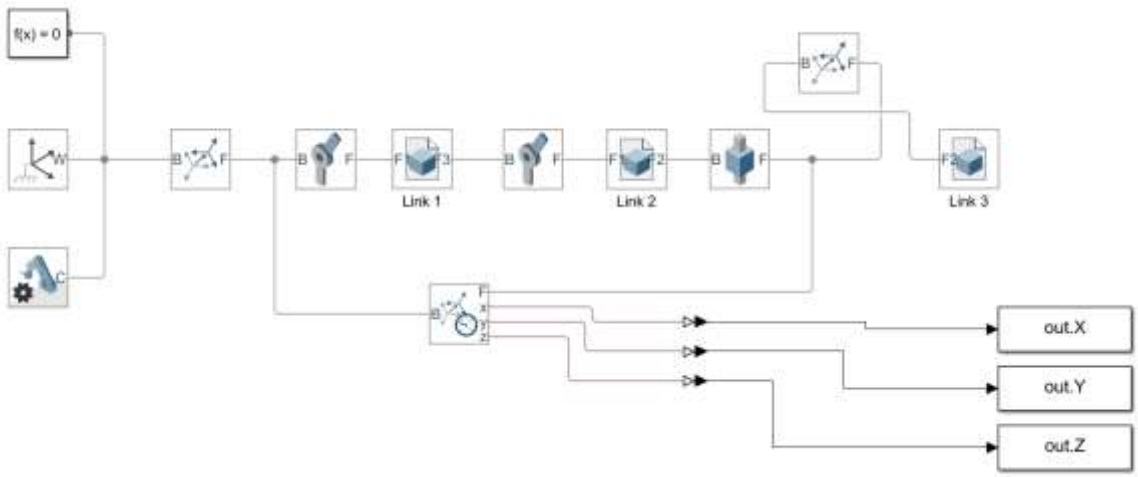

File Solid : Link 2
Description
Represents a solid whose geometry, material and visual properties are read from a file which could be of CATIA, NX, SolidEdge and other formats. See reference page for the full list of formats supported. The File Solid block obtains the inertia from the geometry and density, from the geometry and mass, or from an inertia tensor that you specify.
In the expandable nodes under Properties, select the types of inertia, graphic features, and frames that you want and their parameterizations.
Port R is a frame port that represents a reference frame associated with the geometry. Each additional created frame generates another frame port.
Properties
Geometry
File Name
\Link2.STEP
Unit Type
From File
Export
Inertia
Type
Calculate from Geometry
Based on
Custom Density
Density
7800
kg/m^3
Derived Values
Update
Graphic
OK
Cancel
Help
Apply



دستگاه‌های متناسب به فراخور استفاده هر لینک روی آن نصب شده‌اند. سپس، با استفاده از دو مفصل Revolute و یک مفصل Prismatic، مکانیزم داده شده را سرهم‌بندی می‌کنیم.

از بخش State Targets و Specify Position Target در تنظیمات هر مفصل استفاده می‌کنیم و در حالت اولیه شرایط را به شکل زیر قرار می‌دهیم تا نمای کلی از مکانیزم داشته باشیم. شکل زیر مکانیزم را در حالتی نشان می‌دهد که هر سه متغیر θ_1، θ_2 و d برابر با صفر باشند.

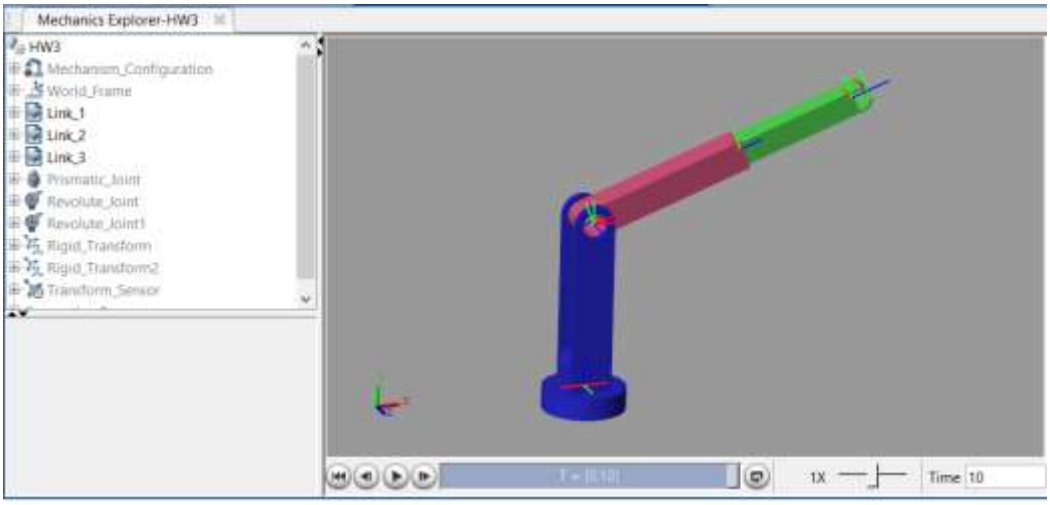




حال، برای سه حالت گفته شده، با استفاده از State Targets در تنظیمات هر مفصل، موقعیت‌های داده شده را قرار می‌دهیم و موقعیت عملگر نهایی نسبت به دستگاه صفر را برای هر حالت یادداشت می‌کنیم. برای خواندن موقعیت عملگر نهایی از بلاک Transform Sensor بهره می‌بریم:

Mode	1	2	3
θ_1	130	30	90
θ_2	10	50	20
d	20	80	250
$x\ (mm)$	-241.4	-122.1	-516.8
$y\ (mm)$	-202.6	211.5	0
$z\ (mm)$	365.6	601.1	498.1

* شکل مکانیزم در حالت سوم:



صحت محاسبات را با انجام دنویت هارتنبرگ روی مکانیزم داده شده می‌سنجیم. جدول دنویت هارتنبرگ را به شکل زیر تشکیل می‌دهیم:

	θ	d	l	α
1	θ_1	310	0	0
2	90	0	0	90
3	θ_2	0	$300 + d$	0

کد زیر را در متلب برای محاسبه‌ی مختصات عملگر نهایی در سه حالت گفته شده می‌نویسیم:

```
theta1 = [130,30,90];
theta2 = [10,50,20];
d = [20,80,250];

P30 = ones(4,3);
H03 = ones(4,4);

for i = 1:3
    H30 =
Rot('Z',theta1(i))*Trans('Z',310)*Rot('Z',90)*Rot('X',90)*Rot('Z',theta2(i))*Trans('X',300+d(i));
    P33 = [0;0;0;1];
    P30(:,i) = H30*P33;
end

P30
```

در نهایت پاسخ کد به شکل زیر خواهد بود:

```
P30 =
 -241.4101 -122.1296 -516.8309
 -202.5671  211.5348        0
  365.5674  601.0969  498.1111
    1.0000    1.0000    1.0000
```

مشاهده می‌شود که پاسخ ما با اعداد داده شده توسط سیمولینک یکسان می‌باشد.

۲.۲ سوال دوم

از تولباکس سیمبولیک متلب برای حل این سوال استفاده می‌کنیم. بدین منظور، ابتدا حل پارامتری سینماتیک مستقیم ربات را با استفاده از کد زیر به دست می‌آوریم.

```
syms theta1;
syms theta2;
syms d;

H30 =
Rot('Z',theta1)*Trans('Z',310)*Rot('Z',90)*Rot('X',90)*Rot('Z',theta2)*Trans('X',300+d);

H30*[0;0;0;1]
```

پاسخ داده شده توسط متلب به صورت زیر خواهد بود:

```
ans =
-cos((pi*theta2)/180)*sin((pi*theta1)/180)*(d + 300)
 cos((pi*theta1)/180)*cos((pi*theta2)/180)*(d + 300)
                sin((pi*theta2)/180)*(d + 300) + 310
                                                  1
```

دلیل ظاهر شدن توابع مثلثاتی به شکل بالا، استفاده از توابع sind و cosd در تعریف توابع Rot و Trans می‌باشد.

سینماتیک معکوس ربات را با تابع زیر، حل می‌کنیم. برای هر متغیر دو سری جواب به دست خواهد آمد و داریم:

```
function [theta1_1,theta1_2,theta2_1, theta2_2 ,d1, d2] = InvKin(x,y,z)

theta1_1 = (180/pi)*atan(x/y);
theta1_2 = 180-theta1_1;
%c = d + 300 , b = cos theta 2
alpha = sind(theta1_1);
beta = cosd(theta1_1);

c = sqrt(((x^2-y^2)/(alpha^2-beta^2))+(z-310)^2);

d1 = c - 300;
d2 = -c - 300;

b = sqrt((x^2-y^2)/(alpha^2-beta^2)/c^2);
b1 = b; b2 = -b;

theta2_1 = (180/pi)*acos(b1);
theta2_2 = (180/pi)*acos(b2);

end
```

صحت کار تابع بالا را با دادن مختصات عملگر نهایی در قسمت اول تست می‌کنیم:

```
[theta11,theta12,theta21,theta22,d1,d2] = InvKin(-241.4101,-202.5671,365.5674)
```

پاسخ داده شده توسط کد به شکل زیر خواهد بود:

```
theta11 =
   50.0000
theta12 =
  130.0000
theta21 =
   10.0000
theta22 =
  170.0000
d1 =
   20.0000
d2 =
  -620.0000
```

مشاهده می‌شود که theta12، theta21 و d1 همان متغیرهای داده شده توسط صورت سوال اول می‌باشند.

این کار را برای دو حالت دیگر نیز تکرار می‌کنیم. نتایج در جدول زیر داده شده‌اند:

Mode	1	2	3
$x\ (mm)$	-241.4	-122.1	-516.8
$y\ (mm)$	-202.6	211.5	0
$z\ (mm)$	365.6	601.1	498.1
θ_{11}	50	-29.9981	-90
θ_{12}	130	209.9981	270
θ_{21}	10	50.0055	20
θ_{22}	170	129.9945	160
d_1	20	79.9735	249.9671
d_2	-620	-679.9735	-849.9671

حال جدول داده شده توسط سوال دو را با استفاده از کد بالا پر می‌نماییم و تمامی جواب‌ها را می‌نویسیم:

Mode	1	2	3
$x\ (mm)$	68.4	298.5	184.9
$y\ (mm)$	12.0	-250.5	139.3
$z\ (mm)$	703.9	535	86.3
θ_{11}	80.0494	-49.9968	53.0064
θ_{12}	99.9506	229.9968	126.9936
θ_{21}	80.0015	30.0018	44.0182
θ_{22}	99.9985	149.9982	135.9818
d_1	99.9747	149.9750	21.9226
d_2	-699.9747	-749.9750	-621.9226

*کدها و فایل‌های مربوط به پیوست قرار گرفته‌اند.