

به نام نور



تمرین شماره 3 رباتیک

دانشجو: ریحانه نیکوبیان

شماره دانشجویی: 99106747

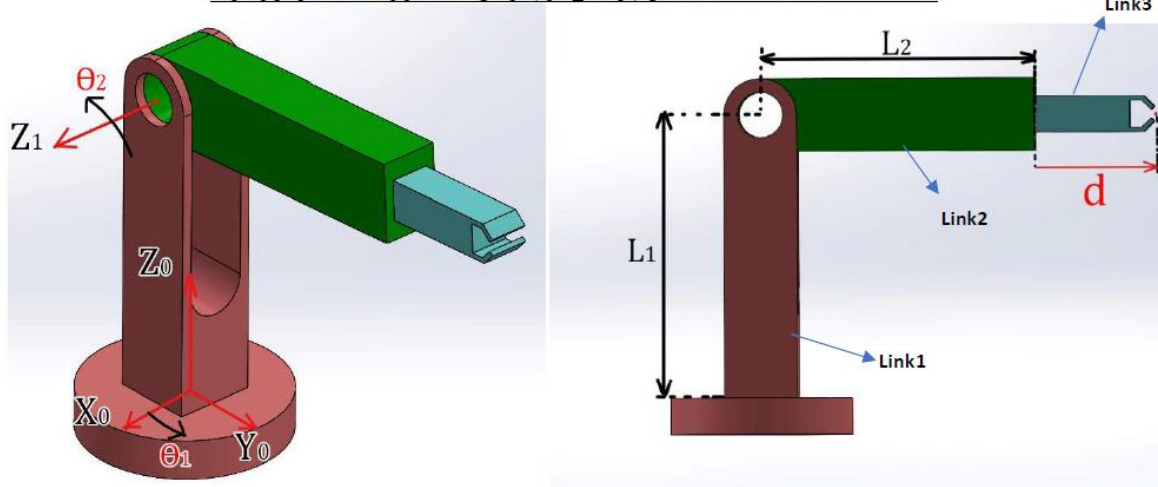
سال تحصیلی: 1402

شکل زیر ربات کروی را نشان می‌دهد که از ترکیب RRP برای تعیین موقعیت عملگر نهایی استفاده می‌کند. مقادیر پارامترهای مورد نیاز ربات در شکل مشخص شده‌اند:

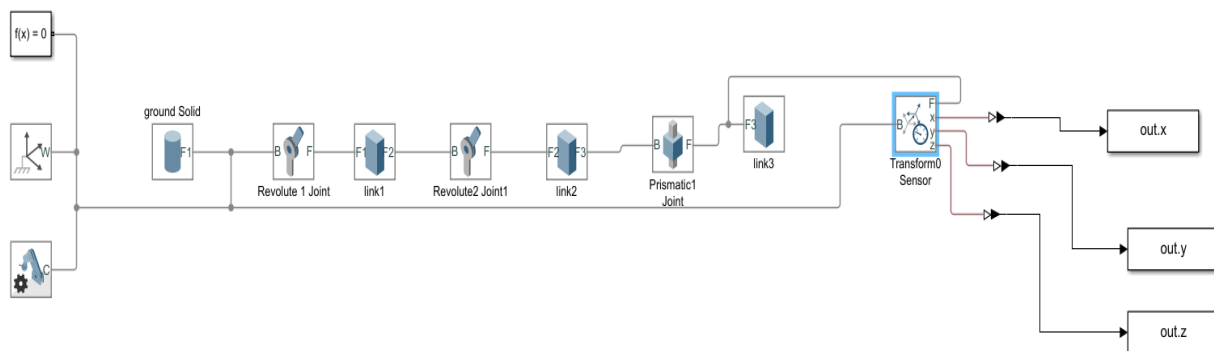
۱. مدل این ربات را در نرم افزار Simmechanic بسازید. مقادیر زوایای مفصلی را مطابق جدول زیر به مدل خود اعمال کرده و موقعیت دستگاه عملگر نهایی در دستگاه صفر را از نرم افزار خوانده و در جدول زیر وارد کنید.

θ_1 (deg)	130	30	90
θ_2 (deg)	10	50	20
d (mm)	20	80	250
X (mm)			
Y (mm)			
Z(mm)			

($L1 = 31 \text{ cm}$, $L2 = 30 \text{ cm}$) مفصل چرخشی دوم در این حالت در وضعیت صفر قرار دارد)

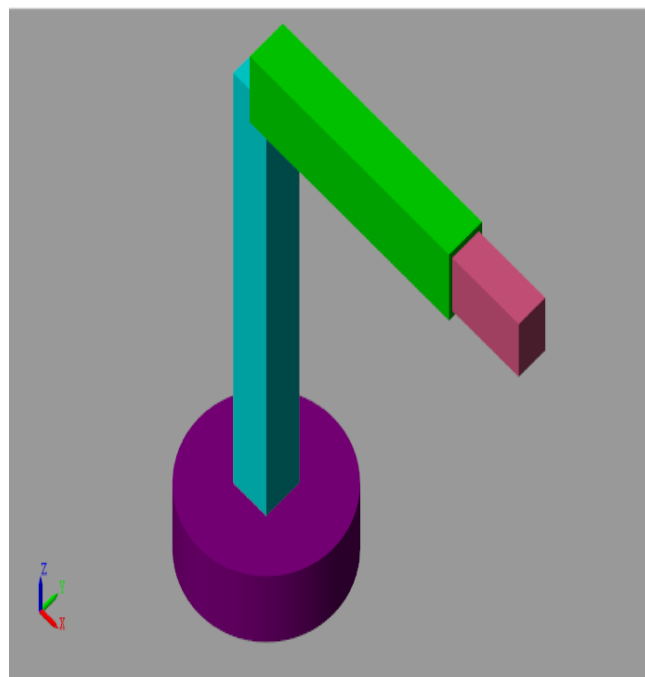
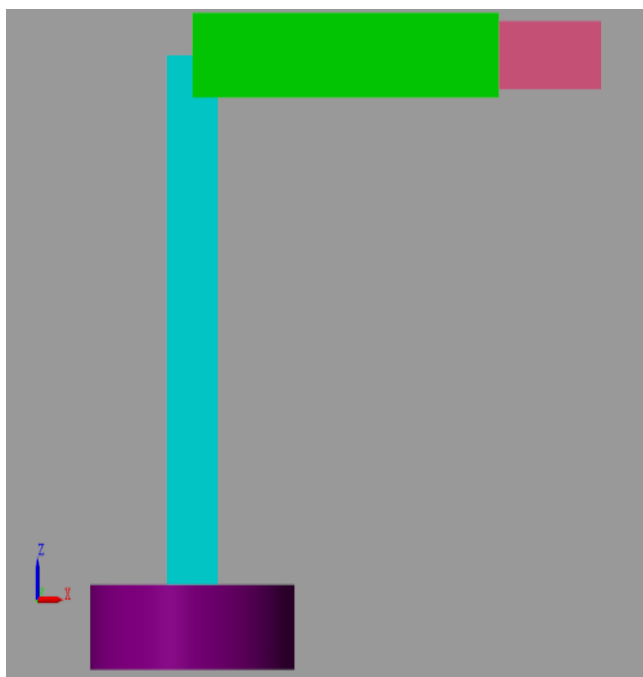


همانطور که مشخص است ربات سه درجه آزادی است و با تعیین سه ورودی، خروجی مشخص می‌شود. از ما خواسته شده شبیه سازی را در متلب انجام دهیم و بعد با دادن موقعیت های اولیه به مفاصل (state target)، موقعیت عملگر نهایی در دستگاه مختصات صفر را به دست آوریم. شبیه سازی کلی من به صورت زیر است:



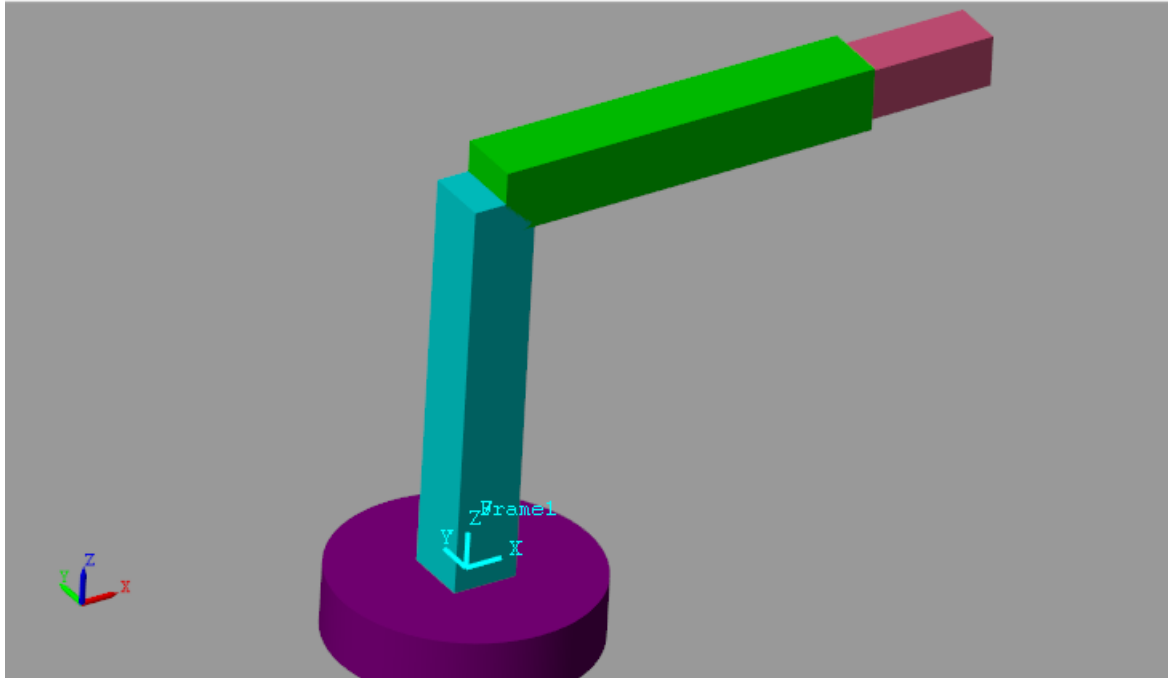
و در حالتی که $\theta_1=0, \theta_2=0, d_3=100(\text{mm})$ باشد، تصویر مکانیزم به شکل زیر است:

ب



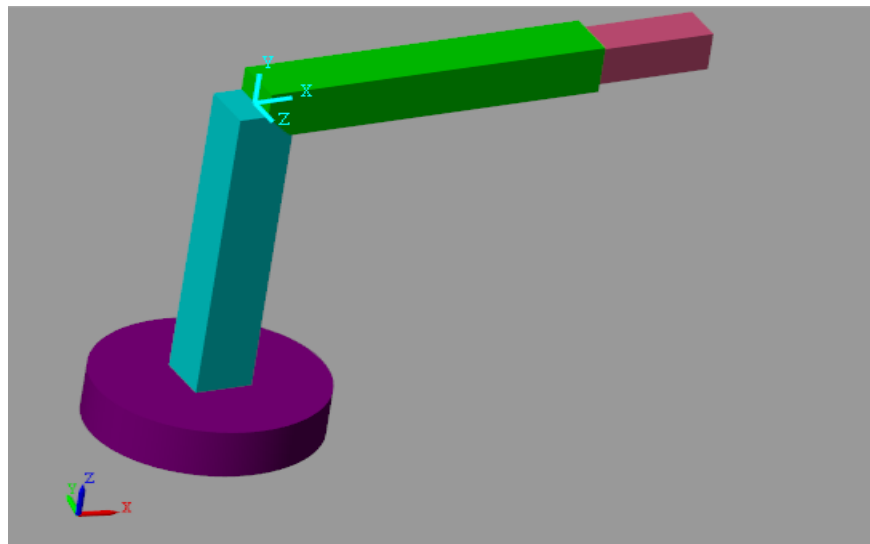
به تصویر های بالا دقت کنید که world frame در چه جهتی قرار دارد. دستگاه مختصات صفر ما هم جهت world frame در مرکز تقاطع لینک یک و زمین است.

موقعیت عملگر نهایی نسبت به دستگاه مختصات صفر که به شکل F1 در شکل زیر مشخص است سنجیده می شود:

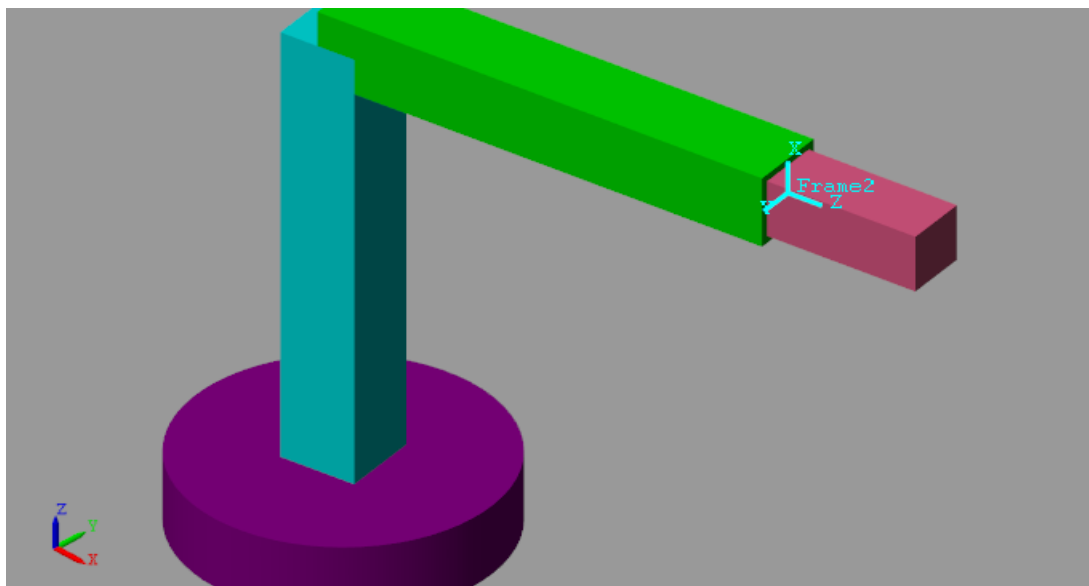


حال به صورت دقیق تر شبیه سازی را بررسی می کنیم:

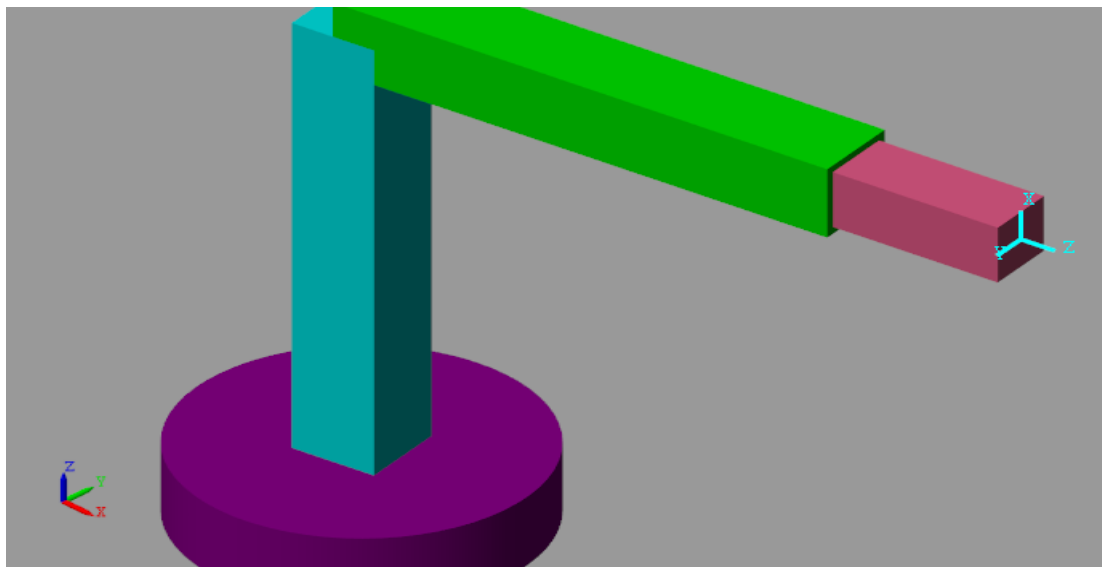
لینک بنفش لینک صفر ما یا زمین است که دستگاه مختصات صفر مطابق شکل روی آن تعریف می شود. بین لینک صفر و لینک یک (لینک آبی رنگ) مفصل `revolute1` تعریف می شود که لینک یک را در جهت z_0 دوران می دهد. لینک 2، لینک سبز رنگ است که با یک مفصل `revolute2` به لینک یک متصل می شود. این مفصل لینک دو را در جهت z در `frame 2` که روی لینک یک تعریف کردیم دوران می دهد. در شکل زیر `frame2` نشان داده شده است:



در نهایت بین لینک 2،3 یک مفصل prismatic تعریف می کنیم. این مفصل را در انتهای لینک 2 قرار می دهیم. لینک 3 ، (لینک صورتی) نسبت به محور z دستگاه مختصات F3 حرکت خطی دارد. این دستگاه در شکل زیر مشخص است:

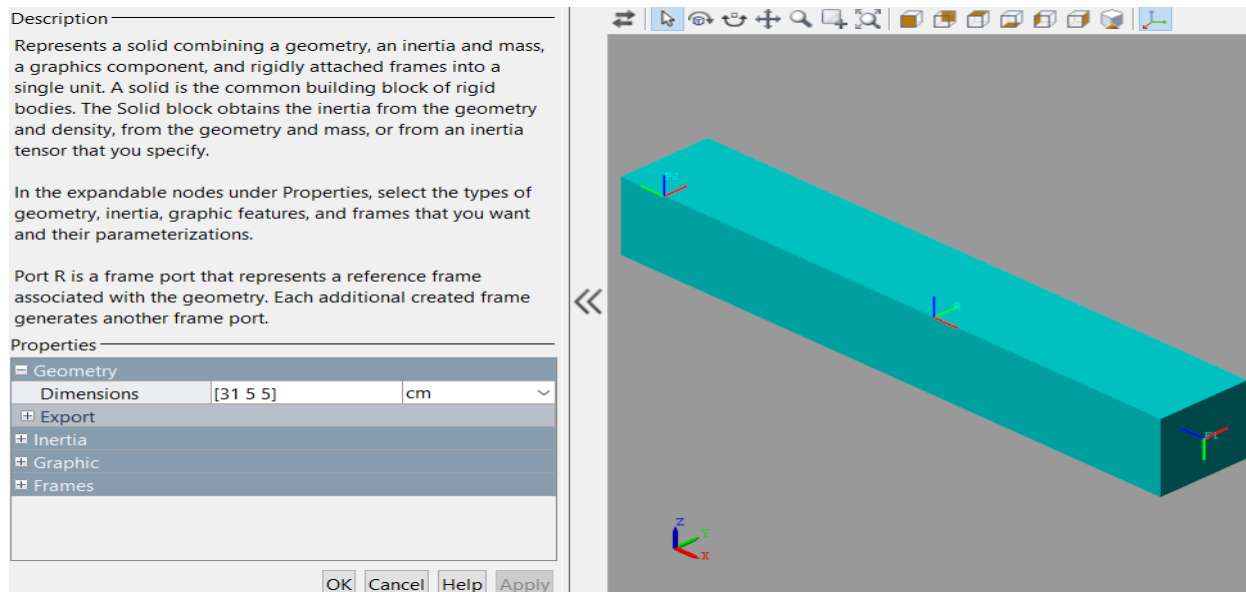


و البته در حالتی که $d=0$ باشد، لینک 3 داخل لینک 2 فرو می رود .
موقعیت end effector ما در نقطه وسط انتهای لینک 3 است که مبدا مختصات در frame شکل زیر می شود:

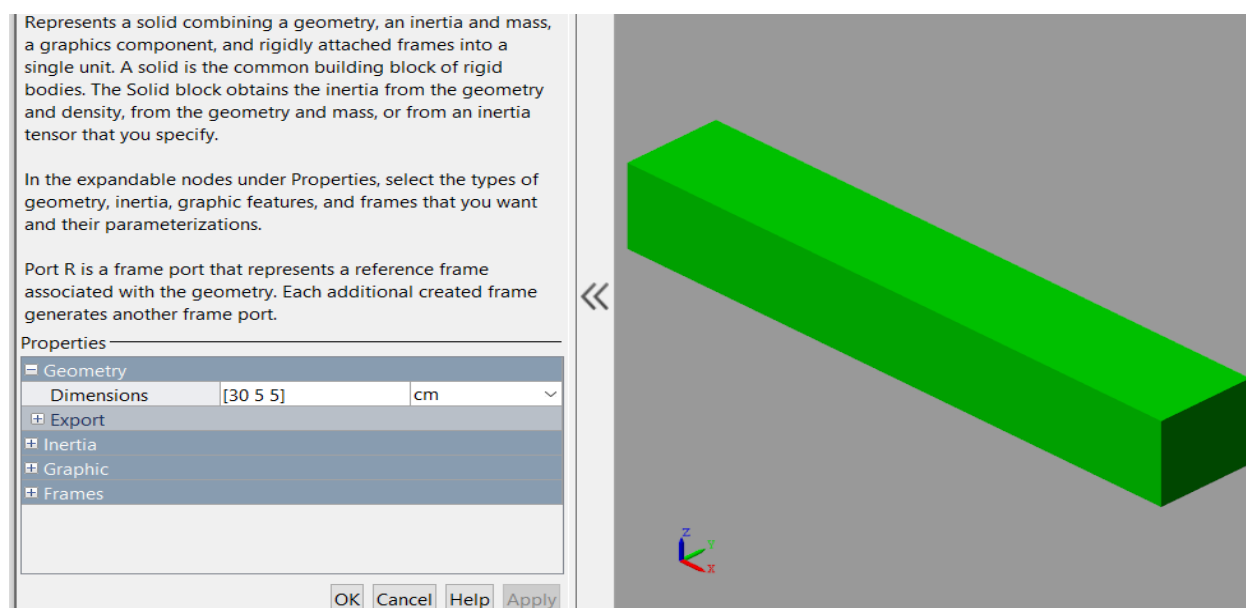


برای پیدا کردن مختصات این نقطه نسبت به دستگاه صفر از یک transform sensor استفاده می کنیم به طوری که base را به دستگاه مختصات صفر وصل می کنیم و follower به دستگاه مختصاتی که در شکل بالا مشخص کردیم متصل می شود. خروجی x,y,z از transform sensor می گیریم.

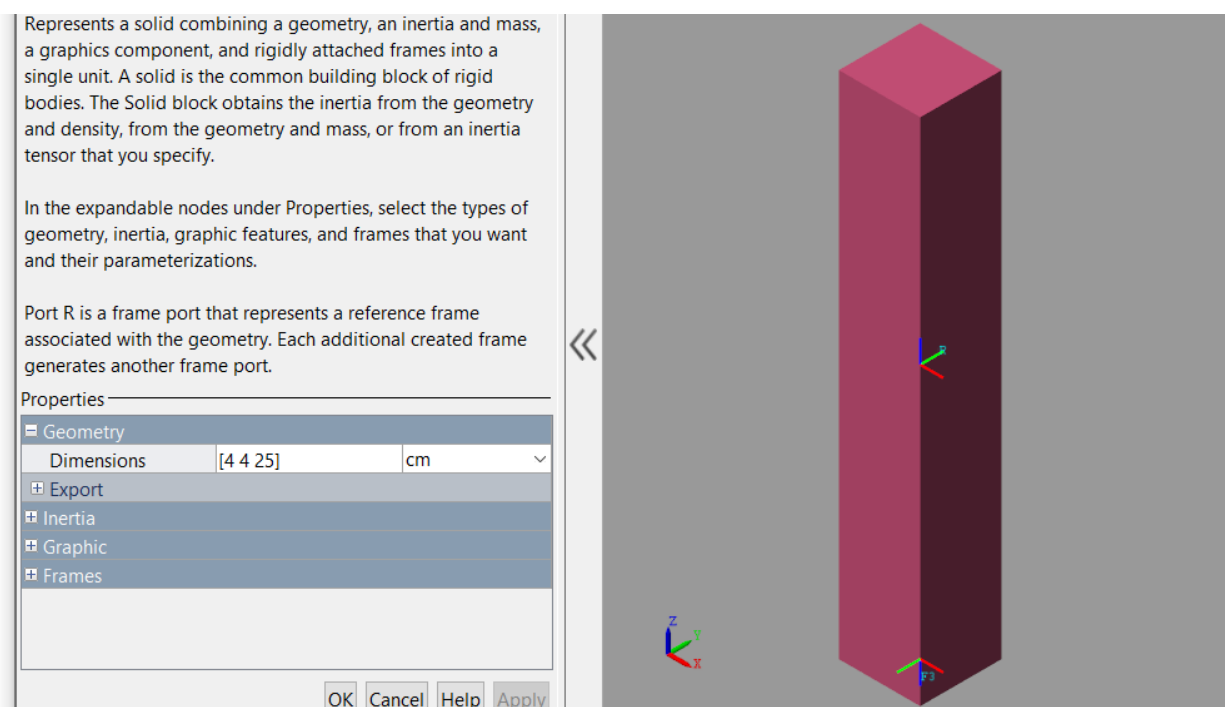
لینک 1:



لینک 2:



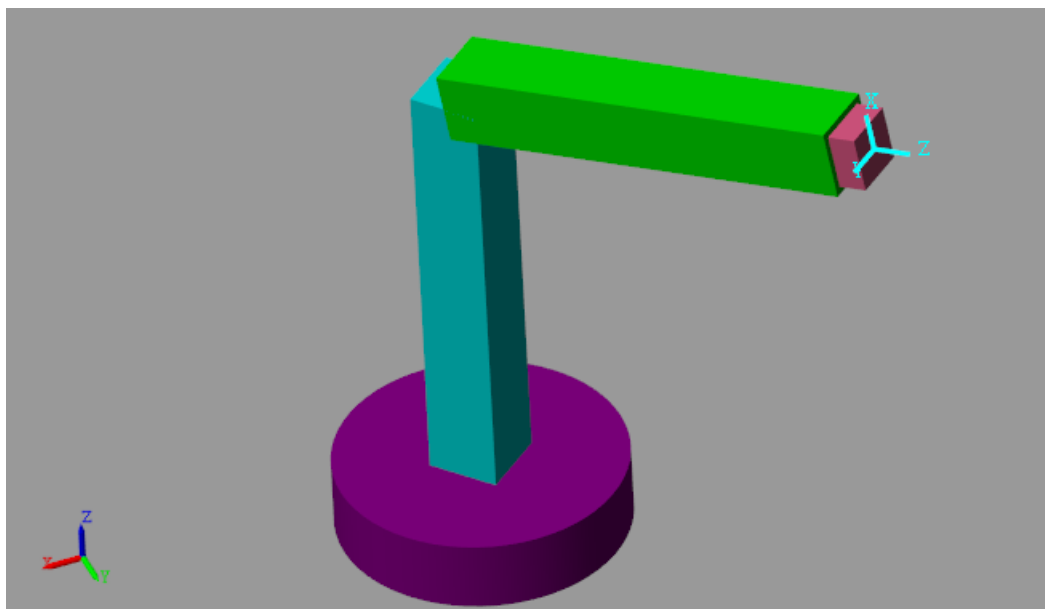
لینک 3:



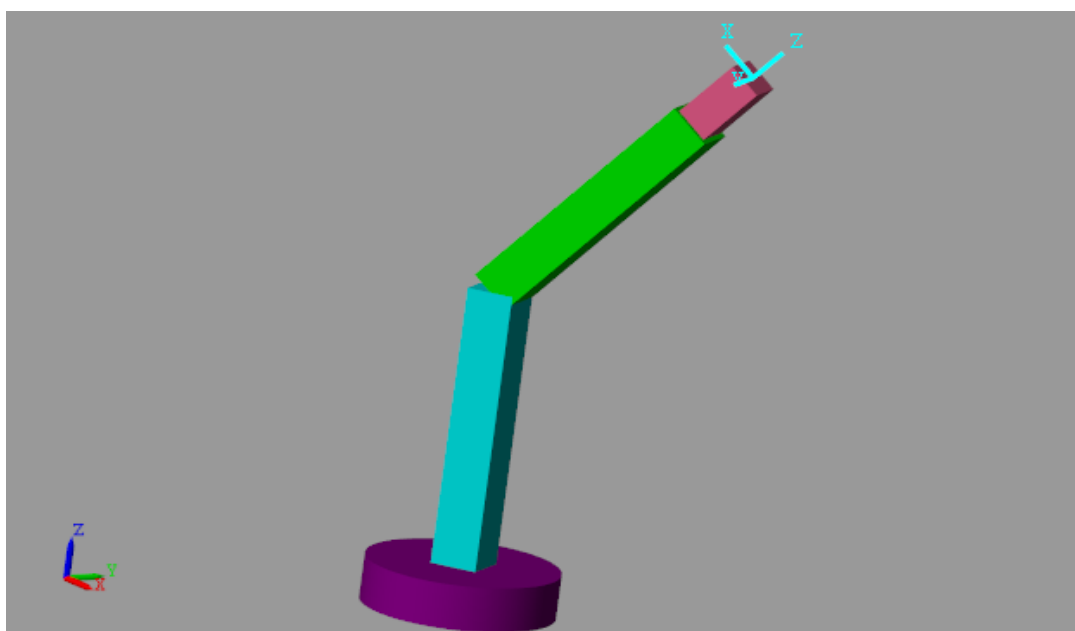
حال برای اینکه بفهمیم به ازای هر ورودی ، end effector ما در چه مختصاتی نسبت به دستگاه صفر قرار می گیرد، داده ها را به عنوان state target در مفاصل مشخص می کنیم. نتیجه بعد از اعمال ورودی ها در جدول زیر آوردیم:

Theta1(mm)	130	30	90
Theta2(mm)	10	50	20
D(deg)	20	80	250
X(mm)	-202.6	211.5	0
Y(mm)	241.4	122.1	516.8
Z(mm)	365.6	601.1	498.1

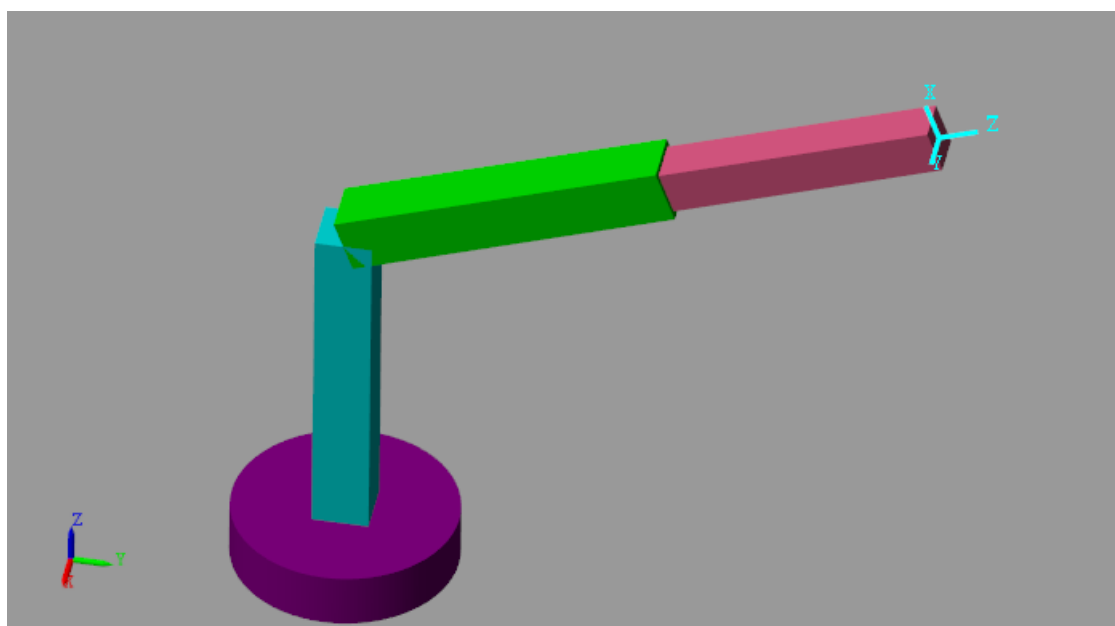
شکل مکانیزم به ازای هر موقعیت در زیر آورده شده است:
ورودی اول:



ورودی دوم:



ورودی سوم:

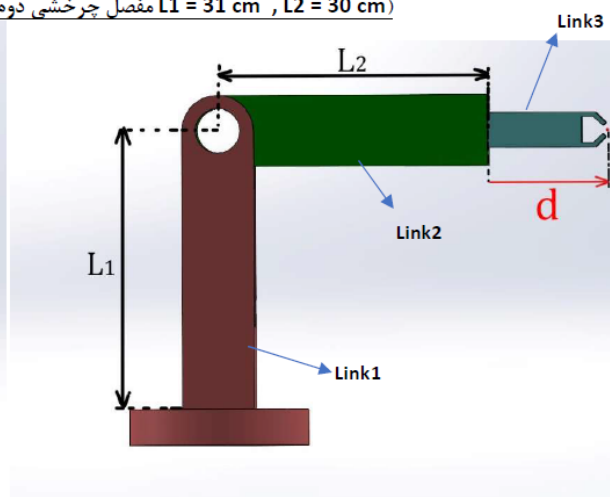
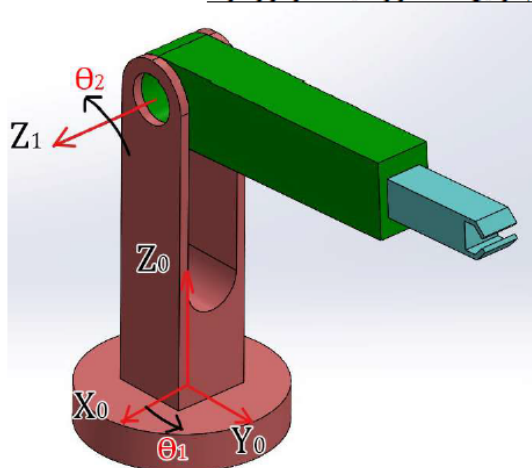


سوال 2:

۲. در نرم افزار متلب تابعی بسازید که حل سینماتیک معکوس این ربات را انجام دهد. ورودی این تابع مختصات نقطه انتهایی لینک سه و خروجی آن متغیرهای سه گانه مفاصل (مطابق تعریف قسمت ۱) خواهد بود. مقادیر بدست آمده برای مختصات عملگر نهایی را از بخش ۱ به این تابع ارسال کرده و مقادیر متغیرهای مفاصل را گزارش کنید. تابع خود را با مقادیر جدول زیر نیز امتحان کنید:

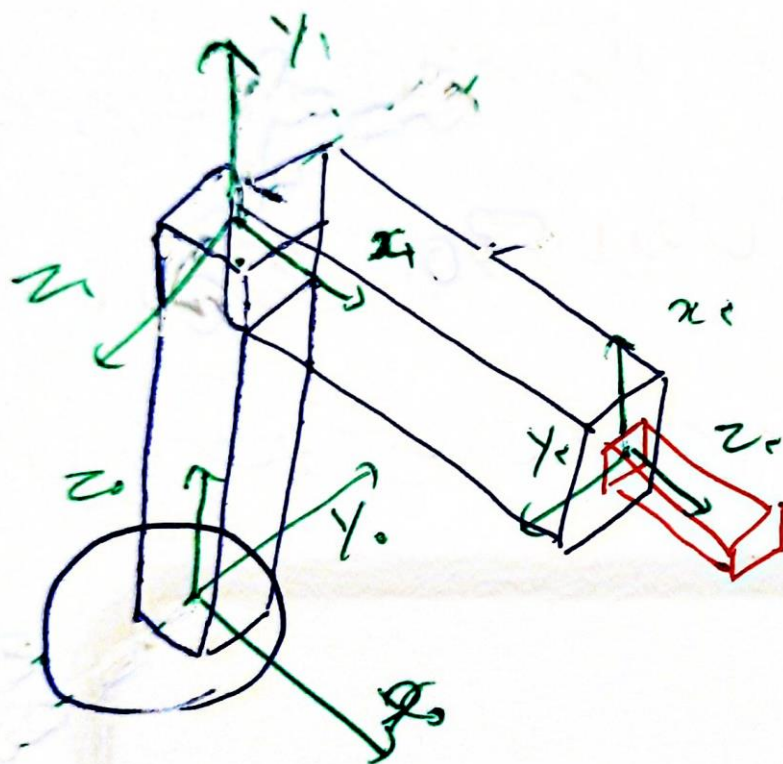
θ_1 (deg)			
θ_2 (deg)			
d (mm)			
X (mm)	68.4	298.5	184.9
Y (mm)	12.0	-250.5	139.3
Z (mm)	703.9	535	86.3

($L1 = 31$ cm , $L2 = 30$ cm مفصل چرخشی دوم در این حالت در وضعیت صفر قرار دارد)



این یک مسئله inv pos است که با استفاده از موقعیت عملگر نهایی، متغیرهای مفاصل را به دست می آوریم.

برای حل این مسئله یک سری دستگاه های مختصات تعریف می کنیم. این دستگاه ها در شکل زیر آمده است:



مرحله اول:

اگر مختصات end effector را در صفحه (x_0, y_0) تصویر کنیم، می بینیم که:

$$\sin(\theta_1) = y_0 / (y_0^2 + x_0^2)$$

$$\cos(\theta_1) = x_0 / (y_0^2 + x_0^2)$$

بنابراین θ_1 را با این روش به دست می آوریم.

مرحله دوم:

ما بردار همگن end effector در دستگاه صفر را داریم. اگر این بردار را در ماتریس تبدیل همگنی که دستگاه صفر را به یک تبدیل می کند ضرب کنیم بردار همگن end effector در دستگاه یک حاصل میشود. برای این تبدیل یک ماتریس همگن انتقالی در راستای y به اندازه $-L_1$ ، بعد یک تبدیل همگن Rot در راستای محور y به اندازه $-\theta_1$ ، و در نهایت یک تبدیل همگن Rot در راستای محور ایکس به اندازه 270 درجه نیاز است.

```
H0_1=Trans('y',-L1)*Rot('y',-theta1)*Rot('x',-90);  
pos1=H0_1*pos0;
```

حال بعد از به دست آوردن موقعیت نهایی در دستگاه یک داریم:

$$\sin(\theta_2) = y_1 / (y_1^2 + x_1^2)$$

$$\cos(\theta_2) = x_1 / (y_1^2 + x_1^2)$$

$$d_3 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} - L_2$$

همین را متلب پیاده می کنیم:

```
%theta1  
%theta2  
%d  
L1=310;  
L2=300;  
pos0=[68.4;12;703.9;1];  
x=pos0(1);  
y=pos0(2);  
theta1=atan2d(y,x);  
H0_1=Trans('y',-L1)*Rot('y',-theta1)*Rot('x',-90);  
pos1=H0_1*pos0;  
x1=pos1(1);
```

```
y1=pos1(2);  
theta2=atan2d(y1,x1);  
d=(x1^2+y1^2)^0.5-L2;
```

```
function T=Trans(axis, distance)  
  
axis=upper(axis);  
if (axis == 'x')  
    T=[1 0 0 distance; 0 1 0 0; 0 0 1 0; 0 0 0 1];  
end  
if (axis == 'y')  
    T=[1 0 0 0; 0 1 0 distance; 0 0 1 0; 0 0 0 1];  
end  
if (axis == 'z')  
    T=[1 0 0 0; 0 1 0 0; 0 0 1 distance; 0 0 0 1];  
end  
end
```

```
function T=Rot(axis,angle)  
axis=upper(axis);  
if (axis=='x')  
    T=[1,0,0,0;  
        0,cosd(angle),-sind(angle),0;  
        0,sind(angle),cosd(angle),0;  
        0,0,0,1];  
end  
if (axis=='y')  
    T=[cosd(angle),0,sind(angle),0;  
        0,1,0,0;  
        -sind(angle),0,cosd(angle),0;  
        0,0,0,1];  
end  
if (axis=='z')  
    T=[cosd(angle),-sind(angle),0,0;  
        sind(angle),cosd(angle),0,0;  
        0,0,1,0;  
        0,0,0,1];  
end  
end
```

در pos0، موقعیت عملگر نهایی در دستگاه صفر قرار داده شده و کد متغیرهای مفاصل را حساب می کند. ابتدا از جدول یک برای تست کد استفاده می کنیم و خروجی مسئله یک ورودی این کد می شود. جدول را پر می کنیم:

Theta1(mm)	130	29.99	90
Theta2(mm)	10	50	20
D(deg)	20	79.97	249.96
X(mm)	-202.6	211.5	0
Y(mm)	241.4	122.1	516.8
Z(mm)	365.6	601.1	498.1

همانطور که می بینیم خروجی این کد مانند ورودی سوال یک است و فقط بعضی جاها کمتر از یک دهم درصد اختلاف دارد .

حال موقعیت end effector را از جدول خود سوال قرار داده و با استفاده از کد متغیرهای مفاصل را حساب می کنیم و جدول زیر پر می شود.

Theta1(mm)	9.95	-40	36.99
Theta2(mm)	80	30	-44
D(mm)	99.97	149.97	21.92
X(mm)	68.4	298.5	184.9
Y(mm)	12	-250.5	139.3
Z(mm)	703.9	535	86.3