

به نام نور



تمرین شماره 2 رباتیک

دانشجو: ریحانه نیکوبیان

شماره دانشجویی: 99106747

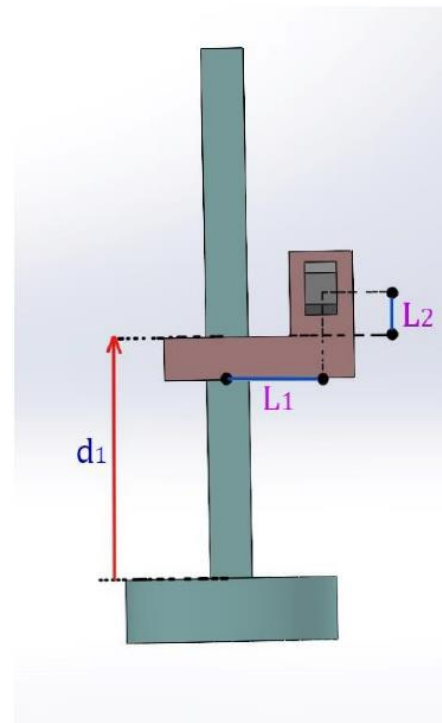
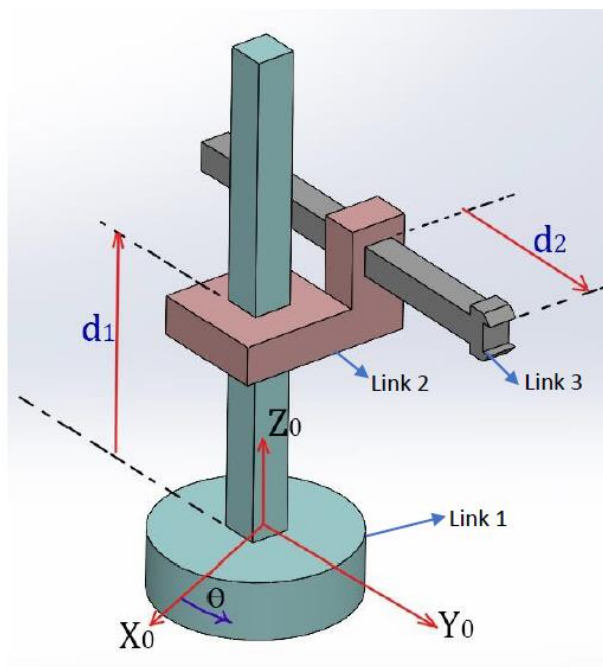
سال تحصیلی: 1402

سوال 1)

1. Use the IC block to set the values of the joint variables according to the following table and find the position of the tip of the last link (end-effector):

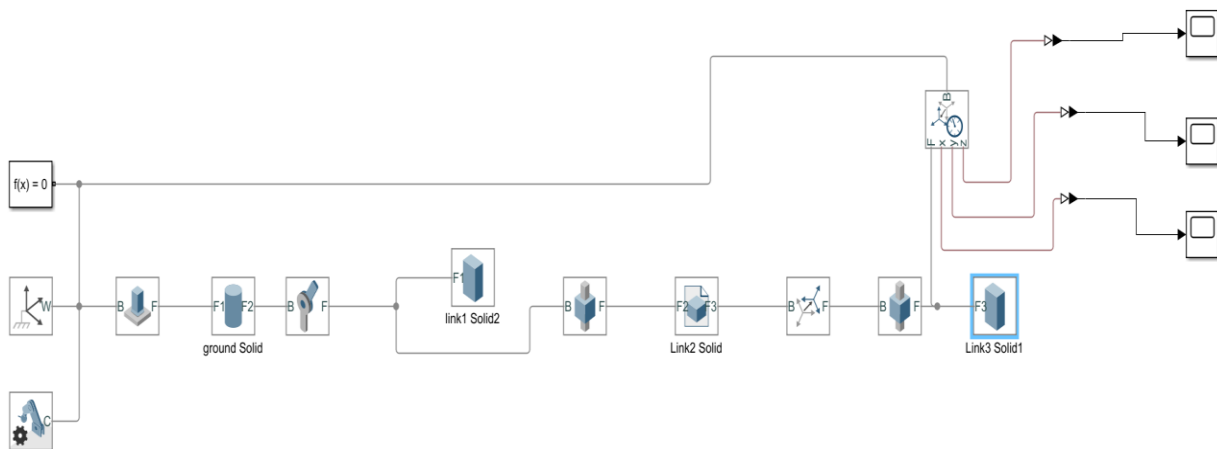
$\theta(\text{deg})$	-90	30	150	-18	56	280
$d1(\text{mm})$	150	120	30	100	30	220
$d2(\text{mm})$	100	80	0	0	170	110

در این سوال از ما خواسته شده مکانیزم ربات RPP را در سیمولینک شبیه سازی کنیم. شکل ربات به صورت زیر است:

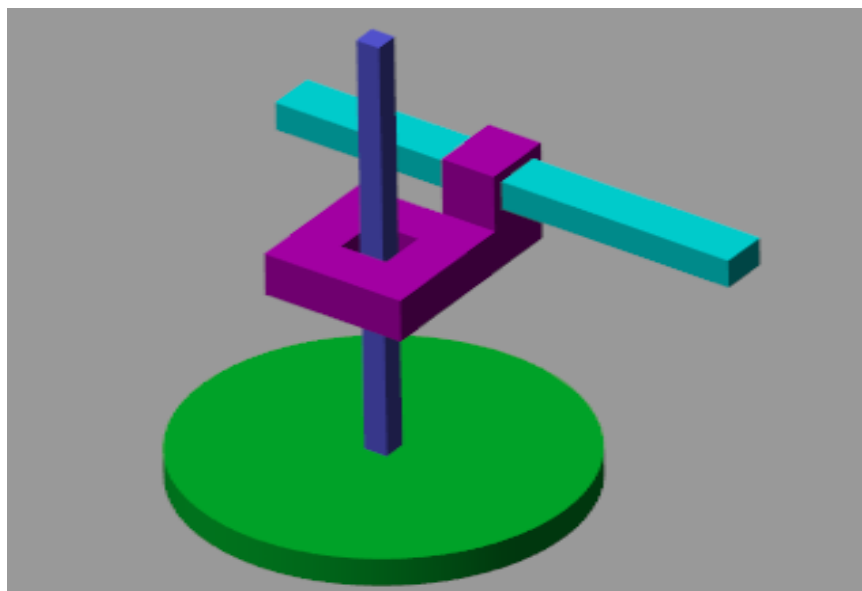


همانطور که می دانید این ربات سه درجه آزادی دارد و با تعیین  $d1, d2$  باید موقعیت هر نقطه (اینجا end effector) مشخص می شود.

تصویر کلی شبیه سازی من به صورت زیر است:



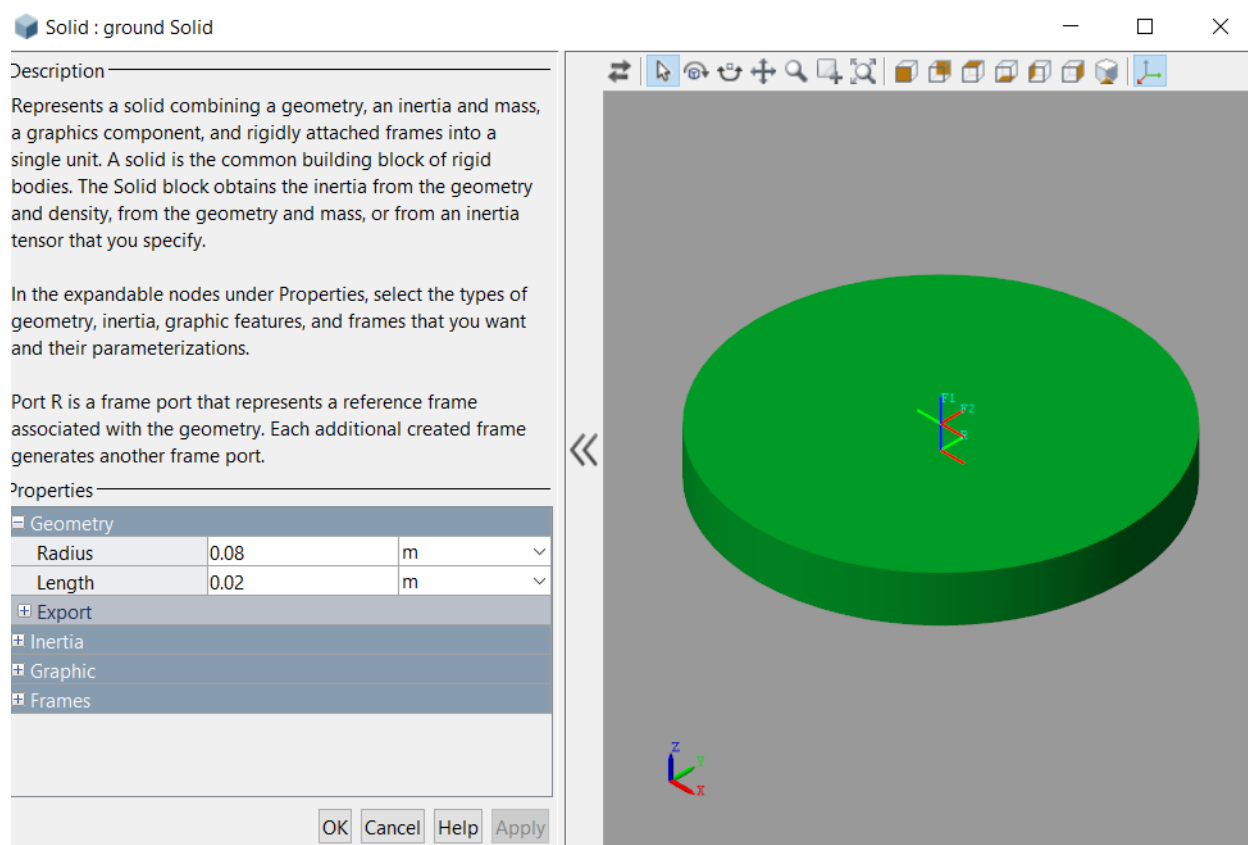
در یکی از شرایط (ستون اول جدول) مکانیزم به صورت روبرو می شود:



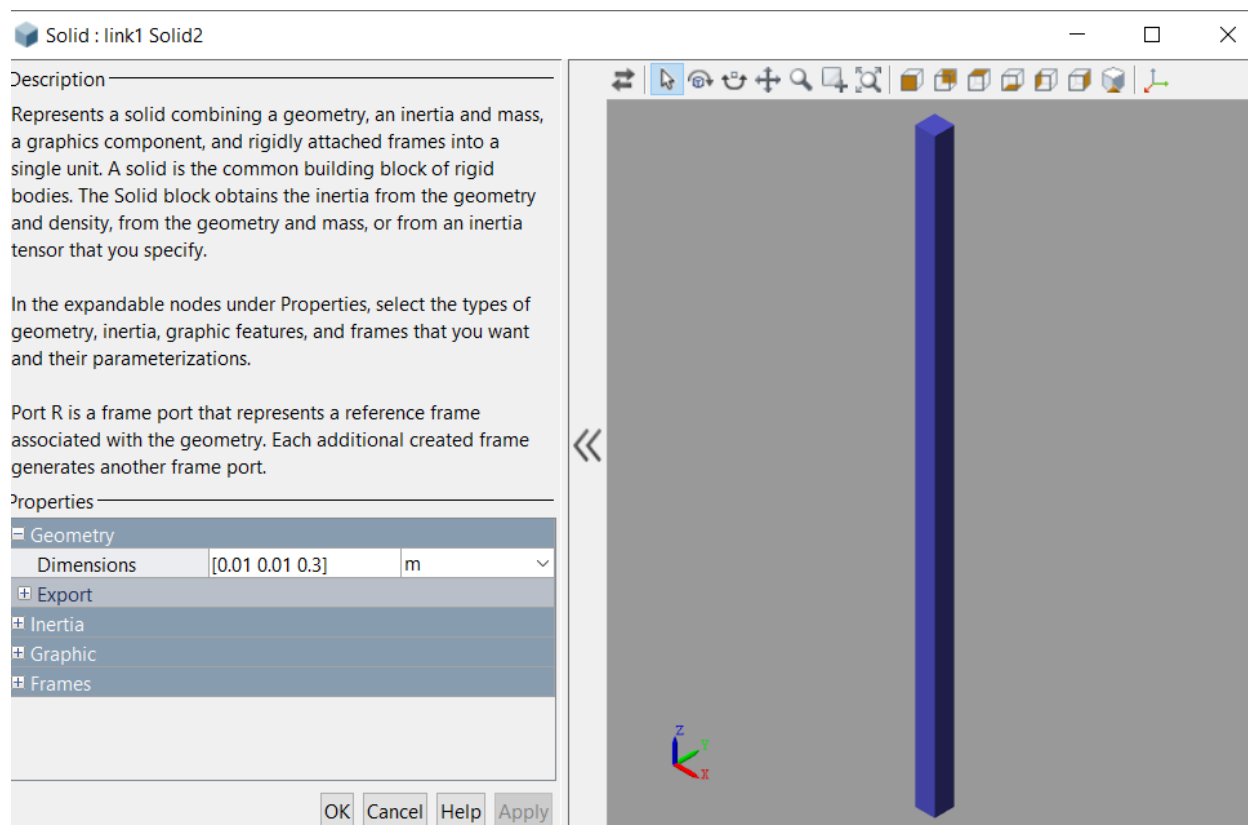
توضیح کلی:

لینک سبز رنگ همان لینک زمین است و لینک یک (لینک سرمه ای رنگ) با مفصل revolute به آن متصل است. و محل این مفصل را در مکانیزم مرکز سطح مقطع برخورد لینک یک و صفر قرار دادم. لینک زمین با جوش به world frame متصل شده ست و دستگاه مختصات صفر یا مرجع نیز در مرکز سطح مقطع برخورد لینک یک و صفر است و محور Z آن موازی با ضلع بزرگتر لینک یک است. بین لینک یک و لینک دو (لینک بنفش رنگ) یک مفصل prismatic قرار دارد که محل این مفصل را نیز من در محل مفصل قبل در نظر گرفتم. بین لینک دو لینک سه نیز یک مفصل prismatic قرار میگیرد که محل این مفصل در مرکز سطح تقاطع لینک 2 و 3 است و لینک سه در جهت ضلع بزرگتر خودش حرکت خطی دارد. برای قرار دادن این مفصل نسبت به لینک 2 یک rigid transform تعریف کرده ام. در نهایت برای تعیین موقعیت endeffector نقطه انتهای لینک 3 را به transform sensor و world frame را به transform sensor وصل می کنیم تا موقعیت انتهایی نسبت به دستگاه مرجع اولیه تعیین شود. از transform sensor خروجی x,y,z می گیریم و در scope نمایش می دهیم.

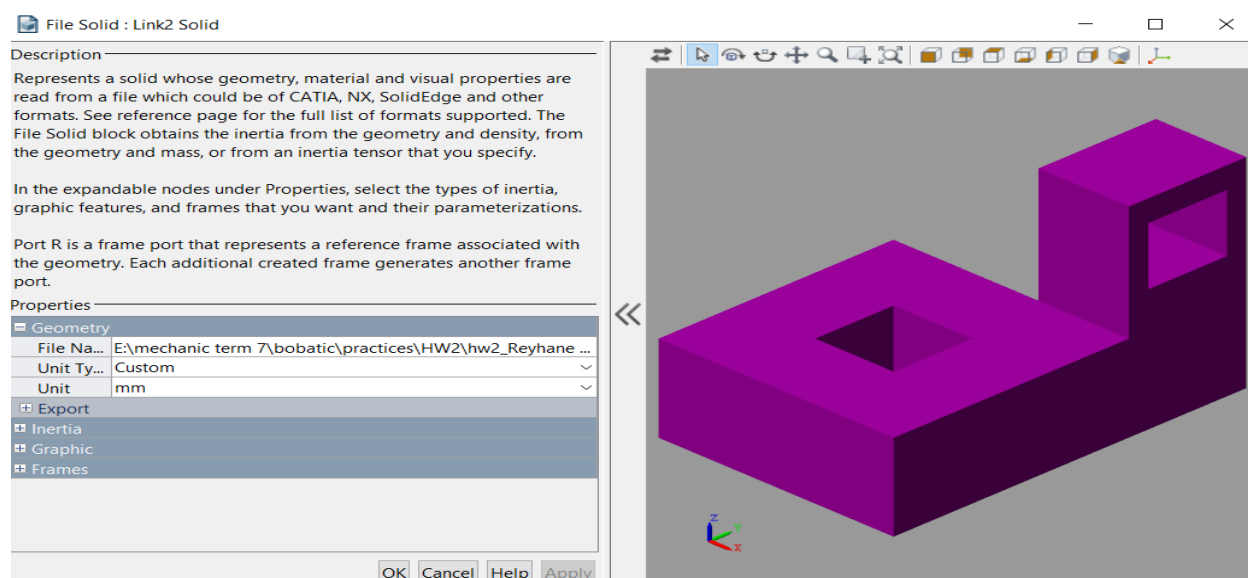
## لینک صفر



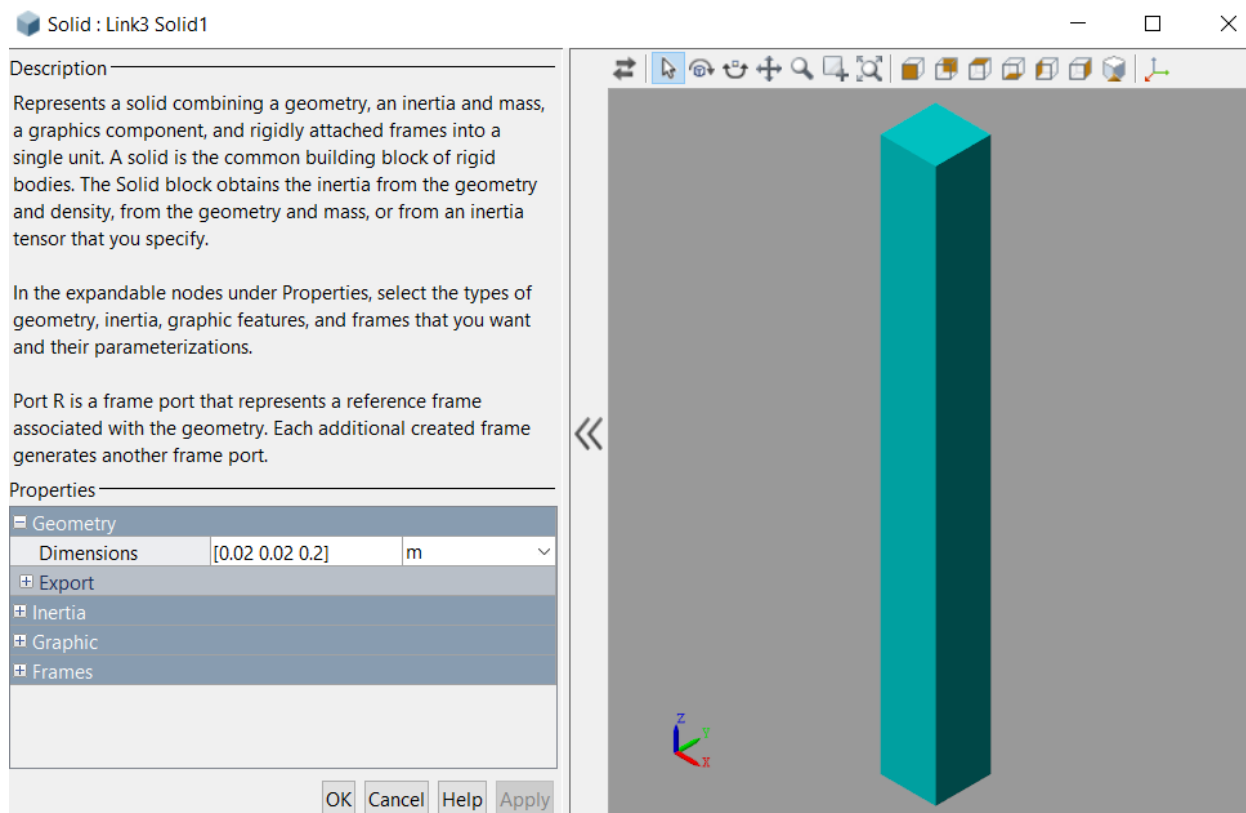
## لینک 1



## لینک 2:



### لینک 3:



حال برای اینکه بفهمیم در هر حالت  $\theta, d1, d2$  موقعیت **end effector** ما نسبت به دستگاه مرجع کجا قرار دارد، در هر کدام از مفاصل موقعیت اولیه را برابر داده مان قرار می دهیم و خروجی را از **scope** می خوانیم. برای هر ستون این روند تکرار می شود.

که در زیر جدول ورودی و موقعیت **end effector** به ازای ورودی قرار داده شده است:

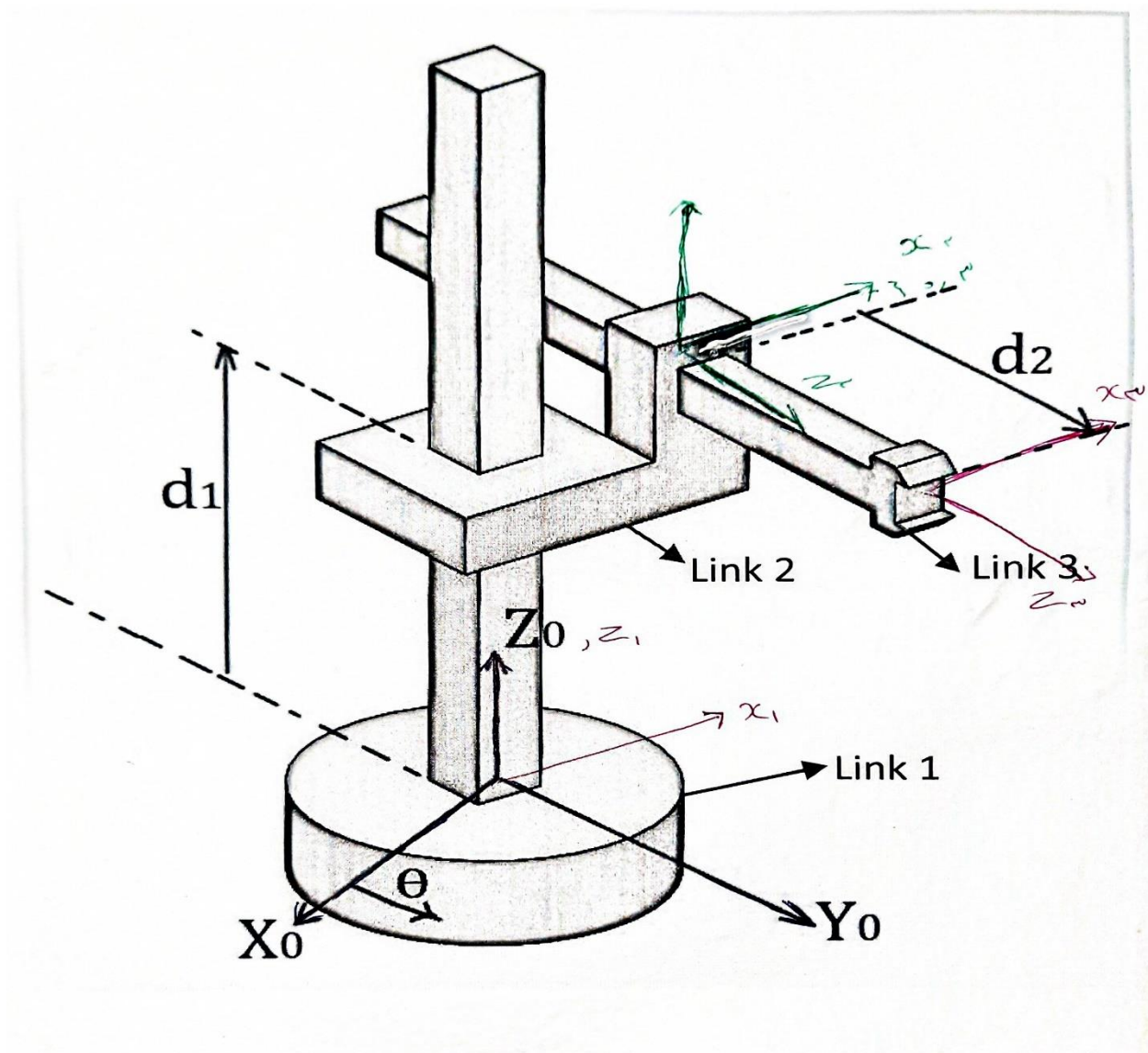
Theta(deg)	-90	30	150	-18	56	280
d1(mm)	150	120	30	100	30	220
d2(mm)	100	80	0	0	170	110
x(mm)	-130	94	-24	33.5	191	-130.1
Y(mm)	-45	-72.8	48.5	-42.4	-74.5	-68.6
z(mm)	172.5	142.5	52.5	122.5	52.5	242.5

سوال 2)

2. Follow the DH convention, fill up the table, and use your last assignment to solve the forward Kinematics and find the end-effector position for the last table's joint values. Report your DH table and the results and compare with those of part 1.

( $L_1 = 45 \text{ mm}$  ,  $L_2 = 22.5 \text{ mm}$ )

در این سوال از ما خواسته شده است که مسئله را به روش دینامیک هارتنبرگ حل کنیم. دستگاه های مختصات دینامیک هارتنبرگ در شکل زیر آمده است:



و جدول مربوط به دنویت هارتنبرگ در زیر آمده است:

THETA	D	L	ALPHA
Theta1	0	0	0
0	D1+L2	L1	Pi/2
0	D2	0	0

و بنابراین به این تبدیل های همگن نیاز است. ستون اول تبدیل همگن Rot حول محور z، ستون دوم تبدیل همگن translation در راستای محور Z، ستون سوم تبدیل همگن Rot حول محور x، ستون چهارم تبدیل همگن translation در راستای محور x است. و از توابع همگنی که در تمرین اول نوشتیم استفاده می کنیم:

(تبدیل های همگن مورد نیاز برای تبدیل دستگاه سه به صفر نوشته شده است. و در نهایت تبدیل همگن دستگاه سه به صفر در بردار همگن موقعیت end effector در دستگاه سه ضرب می شود تا موقعیت این نقطه را در دستگاه مرجع بیان کند. )

```
L1=0.045;
L2=0.0225;
theta1= 280*pi/180 ;
d1= 0.22;
d2=0.14 ;

%H_03=H_01*H12*H_23;
H_01=Rot('z',theta1);
H_12=Trans('z',d1+L2)*Trans('x',L1)*Rot('x',pi/2);
H_23=Trans('z',d2);
H_03=H_01*H_12*H_23;

p=[0;0;0;1];
pos=H_03*p;
```



توابع تبدیل همگن:

```
function T=Rot(axis,angle)
axis=upper(axis);
if (axis=='X')
    T=[1,0,0,0;
        0,cos(angle),-sin(angle),0;
        0,sin(angle),cos(angle),0;
        0,0,0,1];
end
if (axis=='Y')
    T=[cos(angle),0,sin(angle),0;
        0,1,0,0;
        -sin(angle),0,cos(angle),0;
        0,0,0,1];
end
if (axis=='Z')
    T=[cos(angle),-sin(angle),0,0;
        sin(angle),cos(angle),0,0;
        0,0,1,0;
        0,0,0,1];
end
end
```

```
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
```

حال  $d2$ ،  $d1$ ،  $\theta$  در خط سوم تا پنجم کد قرار می دهیم. Pos بردار همگن end effector در دستگاه مرجع را به ما می دهد. ( $d2$  را همواره  $0.03m$  در کد

بیشتر جای گذاری می کنیم چون در واقع فاصله end effector با دستگاه مرجع علاوه بر  $d_2$  با بخشی از طول لینک 2 جمع شود.)

Theta(deg)	-90	30	150	-18	56	280
d1(mm)	150	120	30	100	30	220
d2(mm)	100	80	0	0	170	110
x(mm)	-130	94	-24	33.5	191	-130.1
Y(mm)	-45	-72.8	48.5	-42.4	-74.5	-68.6
z(mm)	172.5	142.5	52.5	122.5	52.5	242.5

همانطور که مشاهده می کنید جواب ها در شبیه سازی و روش دنویت هارتنبرگ دقیقا یکسان می شود. و در واقع هر دو روش درست و دقت بالایی دارند.