



به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

مبانی مکترونیک

استاد: دکتر طالع ماسوله

مینی پروژه 3

فرید سیاه‌کلی

۸۱۰۱۹۸۵۱۰

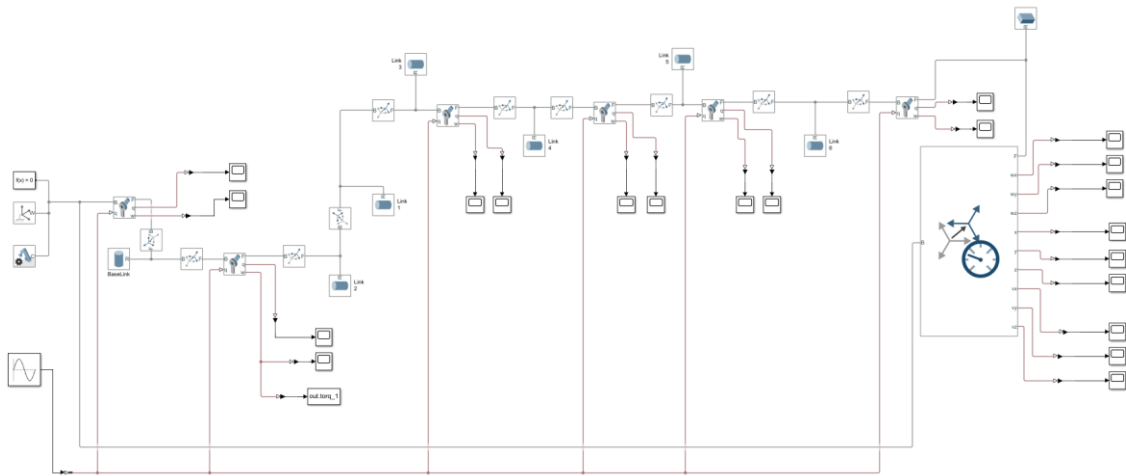
خرداد ۱۴۰۱

فهرست گزارش سوالات (لطفاً پس از تکمیل گزارش، این فهرست را به روز کنید.)

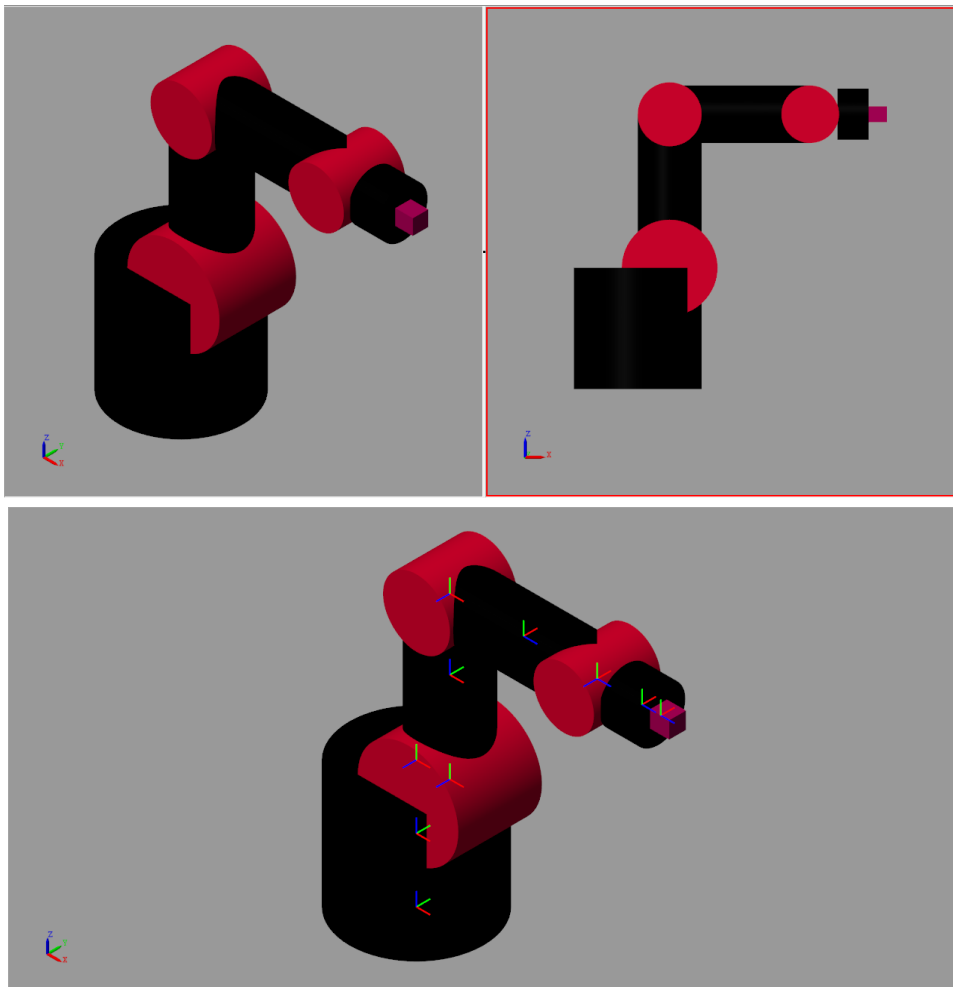
- 3..... تعریف ربات در محیط Simscape
- 4..... بررسی فضای کاری ربات
- 5..... ژاکوپین ربات
- 7..... چک کردن ماتریس ژاکوپین

تعریف ربات در محیط Simscape

تعریف مفاصل در محیط سیمولینک:



خروجی شبیه سازی:



بررسی فضای کاری ربات:

پس از بدست آوردن عدد وضعیت ربات، شرط بزرگتر و یا مساوی بودن آن را چک کرده و اقدام به حل معادله به ازای بازه‌ی محدود گفته شده برای برخی از مفاصل می‌کنیم:

$$weight = \frac{1}{6} \times I$$

$$Condition\ Num = \sqrt{trace(J \times weight \times J^T)}$$

$$\rightarrow Working\ space: Condition\ Num \geq 1$$

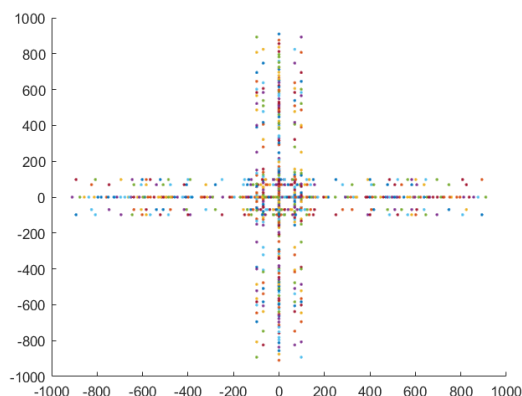
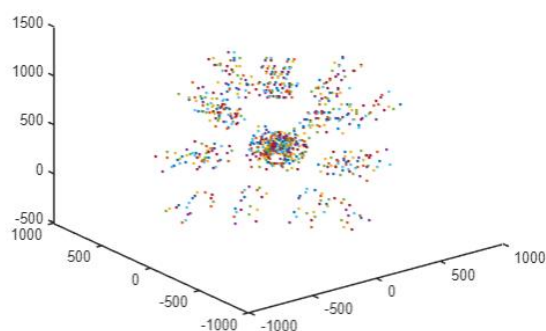
حال زوایای هر مفصل را در محدوده خود گسسته سازی می‌کنیم و سپس اقدام به چک کردن شرط فضای کاری می‌کنیم. در صورت برقرار بودن شرط، با استفاده از سینماتیک مستقیم ربات، محل End effector را بدست می‌آوریم.

به علت آنکه مقادیر می‌توانند به صورت جایگشتی استفاده شوند، مدت زمان محاسبه فضای کاری بسیار طولانی می‌شود.

Working Space

```
theta1 = linspace(-180,180,5)*pi/180;
theta2 = linspace(-30,130,5)*pi/180;
theta3 = linspace(-80,260,5)*pi/180;
theta4 = linspace(-180,180,5)*pi/180;
theta5 = linspace(-90,90,5)*pi/180;
theta6 = linspace(-180,180,5)*pi/180;

for a = 1:length(theta1)
    for b = 1:length(theta2)
        for c = 1:length(theta3)
            for d = 1:length(theta4)
                for e = 1:length(theta5)
                    for f = 1:length(theta6)
                        if eval(C_num(theta1(a),theta2(b),theta3(c),theta4(d),theta5(e),theta6(f))) > 1
                            Points = P(theta1(a), theta2(b), theta3(c), theta4(d), theta5(e), theta6(f));
                            plot3(eval(Points(1)), eval(Points(2)), eval(Points(3)), '.');
                            hold on
                        end
                    end
                end
            end
        end
    end
end
```



ژاکوپین ربات:

$$e1 = \begin{matrix} 3 \times 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{matrix}$$

$$e2 = \begin{pmatrix} \sin(teta_1) \\ -\cos(teta_1) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$e3 = \begin{pmatrix} \sin(teta_1) \\ -\cos(teta_1) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$e4 = \begin{pmatrix} \cos(teta_1) \cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_1) \cos(teta_3) \sin(teta_2) \\ \cos(teta_2) \sin(teta_1) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_1) \sin(teta_2) \\ \sin(teta_2) \sin(teta_3) - \cos(teta_2) \cos(teta_3) \end{pmatrix}$$

$$e5 = \begin{pmatrix} -\cos(teta_4) \sin(teta_1) - \sin(teta_4) (\cos(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) - \cos(teta_1) \cos(teta_2) \cos(teta_3)) \\ \cos(teta_1) \cos(teta_4) - \sin(teta_4) (\sin(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) - \cos(teta_2) \cos(teta_3) \sin(teta_1)) \\ \sin(teta_4) (\cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_2)) \end{pmatrix}$$

$$e6 = \begin{pmatrix} \sin(teta_5) \left(\sin(teta_1) \sin(teta_4) - \cos(teta_4) \left(\frac{\cos(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) -}{\cos(teta_1) \cos(teta_2) \cos(teta_3)} \right) \right) - \\ \cos(teta_5) (\cos(teta_1) \cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_1) \cos(teta_3) \sin(teta_2)) \\ -\sin(teta_5) \left(\cos(teta_1) \sin(teta_4) + \cos(teta_4) \left(\frac{\sin(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) -}{\cos(teta_2) \cos(teta_3) \sin(teta_1)} \right) \right) - \\ \cos(teta_5) (\cos(teta_2) \sin(teta_1) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_1) \sin(teta_2)) \\ \cos(teta_5) (\cos(teta_2) \cos(teta_3) - \sin(teta_2) \sin(teta_3)) + \\ \cos(teta_4) \sin(teta_5) (\cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_2)) \end{pmatrix}$$

r1

$$= \begin{pmatrix} 50 \cos(teta_1) + 420 \cos(teta_1) \cos(teta_2) + 98 \sin(teta_5) \left(\frac{\sin(teta_1) \sin(teta_4) -}{\cos(teta_4) \left(\frac{\cos(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) -}{\cos(teta_1) \cos(teta_2) \cos(teta_3)} \right)} \right) \\ -98 \cos(teta_5) \\ (\cos(teta_1) \cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_1) \cos(teta_3) \sin(teta_2)) - 25 \cos(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) + \\ 25 \cos(teta_1) \cos(teta_2) \cos(teta_3) + 440 \cos(teta_1) \cos(teta_2) \sin(teta_3) + 440 \cos(teta_1) \cos(teta_3) \sin(teta_2) \\ 50 \sin(teta_1) + 420 \cos(teta_2) \sin(teta_1) - 98 \sin(teta_5) \left(\frac{\cos(teta_1) \sin(teta_4) +}{\cos(teta_4) \left(\frac{\sin(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) -}{\cos(teta_2) \cos(teta_3) \sin(teta_1)} \right)} \right) - \\ 98 \cos(teta_5) \\ (\cos(teta_2) \sin(teta_1) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_1) \sin(teta_2)) + 440 \cos(teta_2) \sin(teta_1) \sin(teta_3) + \\ 440 \cos(teta_3) \sin(teta_1) \sin(teta_2) - \\ 25 \sin(teta_1) \sin(teta_2) \sin(teta_3) + 25 \cos(teta_2) \cos(teta_3) \sin(teta_1) \\ 420 \sin(teta_2) - 440 \cos(teta_2) \cos(teta_3) + 25 \cos(teta_2) \sin(teta_3) \\ +25 \cos(teta_3) \sin(teta_2) + 440 \sin(teta_2) \sin(teta_3) + 98 \cos(teta_5) (\cos(teta_2) \cos(teta_3) - \sin(teta_2) \sin(teta_3)) + \\ 98 \cos(teta_4) \sin(teta_5) (\cos(teta_2) \sin(teta_3) + \cos(teta_3) \sin(teta_2)) + 380 \end{pmatrix}$$

حال برای بدست آوردن نقاط تکین کافیست تا دترمینان ماتریس ژاکوپین را برابر با صفر بگذاریم. تمامی نقاطی که در این معادله صدق کنند، نقطه تکین هستند. معکوس پذیر نبودن ماتریس ژاکوپین نشان دهنده‌ی آن است که این زوایا، end effector را بر روی یک نقطه تکین می‌برند.

چک کردن ماتریس ژاکوپین:

گشتاوری سینوسی به مفاصل اعمال شده و سرعت زاویه‌ای مفاصل به همراه سرعت و سرعت زاویه‌ای end effector را در ثانیه‌ای خاص می‌خوانیم. سپس اقدام به صحت سنجی ماتریس ژاکوپین می‌نماییم:

$$\vec{t} = J\dot{\theta}$$

```
teta1=0.252;
teta2=0.252;
teta3=0.252;
teta4=0.252;
teta5=0.252;
teta6=0.252;
```

ژاکوپین به ازای تتاهای بالا:

j = 6x6

0	0.2493	0.2493	0.4677	-0.0300	-0.2326
0	-0.9684	-0.9684	0.1204	0.9923	-0.1241
1.0000	0	0	-0.8757	0.1204	0.9646
-160.1622	168.4664	269.8821	0.7337	95.2657	0.0000
646.4887	43.3756	69.4875	-24.2465	0.0929	-0.0000
0	616.0049	209.2703	-2.9424	22.9879	0

سرعت زاویه‌ای مفاصل:

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.162497 \\ 0.162497 \\ 0.162497 \\ 0.162497 \\ 0.162497 \\ 0.162497 \end{bmatrix}$$

خروجی تئوری:

$$\overrightarrow{twist} = \begin{bmatrix} 0.1143 \\ -0.1541 \\ 0.1965 \\ 60.8040 \\ 119.4675 \\ 137.3621 \end{bmatrix}$$

خروجی شبیه سازی:

$$\overrightarrow{twist} = \begin{bmatrix} \omega \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.394644 \\ -0.406885 \\ 0.315910 \\ -218.512 \\ 12.421 \\ 186.575 \end{bmatrix}$$

متاسفانه برخلاف تصور، خروجی‌ها همخوانی نداشت.