1-1- مدل خطی سیستم را حول نقطه تعادل مبدا (کلیه متغیرهای حالت صفر باشند) و معادلات حالت را برای $M= m = 1Kg$ و پارامتری باقی ماندن l_1 و l_2 بدست آورید. (راهنمایی: حول نقطه تعادل مبدا $\sin\theta \approx \theta, \cos\theta \approx 1$ است)

$$\begin{pmatrix} x \\ v \\ \theta_1 \\ \omega_1 \\ \theta_2 \\ \omega_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_0 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix} \qquad \text{نقاط تعادل} = \begin{cases} Sin\ \theta = \theta \\ Cos\ \theta = 1 \end{cases}$$

$$\frac{d\dot{v}}{d_{x_2}} = \frac{dv}{dv} = 1$$

$$\frac{d\dot{v}}{d_{x_3}} = \frac{d(\beta/\alpha)}{d\theta_1} = \frac{d}{d\theta_1}\left(\frac{-gL_1L_2\theta_1}{L_1L_2 + 2L_1L_2 - 2L_1L_2}\right) = -g$$

$$\frac{d\dot{V}}{d_{x_4}} = \frac{d(\beta/\alpha)}{d\theta_2} = \frac{d}{d\theta_2}\left(\frac{mgL_1L_2\theta_2}{L_1L_2}\right) = -g$$

$$\frac{d\dot{\omega}_1}{d\theta_1} = \frac{d}{d\theta_1}\cdot\left(\frac{2L_2g\theta_1}{L_1L_2}\right) = \frac{2g}{L_1}$$

$$\frac{d\dot{\omega}_1}{d\theta_2} = \frac{d}{d\theta_2}\left(\frac{2L_2\theta_2}{L_1L_2}\right) = \frac{g}{L_1}$$

$$\frac{d\dot{\omega}_2}{d\theta_1} = \frac{g}{L_2}; \qquad \frac{d\dot{\omega}_2}{d\theta_2} = \frac{2g}{L_2}$$

$$j_x = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -g & 0 & -g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2g}{L_1} & 0 & \frac{g}{L_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{g}{L_2} & 0 & \frac{2g}{L_2} & 0 \end{bmatrix}$$

$$\frac{d\dot{v}}{dF} = 1; \qquad \frac{d\dot{v}}{dF} = -\frac{L_2}{L_1L_2} = -\frac{1}{L_1}; \qquad \frac{d\dot{v}}{dF} = -\frac{L_1}{L_1L_2} = -\frac{1}{L_2}; \quad \Rightarrow \quad j_F = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \frac{-1}{L_1} \\ 0 \\ \frac{-1}{L_2} \end{bmatrix}$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -g & 0 & -g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2g}{L_1} & 0 & \frac{g}{L_1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{g}{L_2} & 0 & \frac{2g}{L_2} & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \frac{-1}{L_1} \\ 0 \\ \frac{-1}{L_2} \end{bmatrix} F$$

2-1- برای سیستم خطی سازی شده با فرض $l_1=1.5\ m$ و $l_2=1\ m$ توابع تبدیل را محاسبه کنید.

$L_1 = 1{,}5 \quad L_2 = 1 \quad \mathrm{g} = 10$

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{v} \\ \dot{\theta}_1 \\ \dot{\omega}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\omega}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10 & 0 & -10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{40}{3} & 0 & \frac{20}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 10 & 0 & 20 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ v \\ \theta_1 \\ \omega_1 \\ \theta_2 \\ \omega_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -\frac{2}{3} \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix} F \to G = C(SI-A)^{-1}B$$

$$\frac{x}{F}: y = [1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]x \Rightarrow G = \frac{10(3s^2-20)+20(s^2-10)}{3s^6-100s^4+600s^2} + \frac{1}{s^2}$$

$$\frac{\theta_1}{F}: y = [0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0]x \Rightarrow G = \frac{-2(s^2-20)-20}{3s^4-100s^2+600}$$

$$\frac{\theta_2}{F}: y = [0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0]x \Rightarrow G = \frac{-3s^3+20s}{3s^4-100s^2+600}$$

3-1- پایداری BIBO توابع تبدیل محاسبه شده در بخش **2-1** و پایداری مجانبی سیستم خطی را بررسی نمایید.

$$\frac{x}{F}: G_1 = \frac{3s^4-50s^2+200}{s^2(3s^4-100s^2+600)} \to s = 0 \to \text{قطب در مبدا} \to BIBO \times$$

$$\frac{\theta_1}{F}: G_2 = \frac{-2s^2+20}{3s^4-100\ s^2+600} \to s = \pm\sqrt{\frac{50}{3} \pm \frac{10\sqrt{7}}{3}} \to \text{قطب مثبت} \to BIBO \times$$

$$\frac{\theta_2}{F}: G_3 = \frac{-s(3s^2-20)}{3s^4-100s^2+600} \to \text{مانند قبل} \to BIBO \times$$

برای بررسی پایداری مجانبی باید مقادیر ویژه را بررسی کنیم، داریم:

$$|A-\lambda I| = 0 \to \mathrm{eig}(A) = \begin{cases} \lambda_{1,2} = 0 \\ \lambda_{3,4} = \pm 5.0483 \\ \lambda_{5,6} = \pm 2.08013 \end{cases}$$

چون مقادیر مثبت داریم پس پایداری مجانبی نداریم.

4-1- به صورت جبری به ازای $M=m=1Kg$ و با ورودی F نشان دهید سیستم کنترل پذیر است اگر و تنها اگر، $l_1 \neq l_2$.

$$\varphi_c = [B\ \ AB\ \ \dots\ A^{n-1=5}B]$$

$$\varphi_c = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \frac{g}{L_1}+\frac{g}{L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{2g^2}{L_1}+\frac{g^2}{L_2}\right)+\frac{-1}{L_2}\left(\frac{g^2}{L_1}+\frac{2g^2}{L_2}\right) \\ 1 & 0 & \frac{g}{L_1}+\frac{g}{L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{2g^2}{L_1}+\frac{g^2}{L_2}\right)+\frac{-1}{L_2}\left(\frac{g^2}{L_1}+\frac{2g^2}{L_2}\right) & 0 \\ 0 & \frac{-1}{L_1} & 0 & \frac{-2g}{{L_1}^2}-\frac{g}{L_1L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{4g^2}{{L_1}^2}+\frac{g^2}{L_1L_2}\right)+\frac{-1}{L_2}\left(\frac{2g^2}{{L_1}^2}+\frac{2g^2}{L_1L_2}\right) \\ \frac{-1}{L_1} & 0 & \frac{-2g}{{L_1}^2}-\frac{g}{L_1L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{4g^2}{{L_1}^2}+\frac{g^2}{L_1L_2}\right)+\frac{-1}{L_2}\left(\frac{2g^2}{{L_1}^2}+\frac{2g^2}{L_1L_2}\right) & 0 \\ 0 & \frac{-1}{L_2} & 0 & \frac{2g}{{L_2}^2}-\frac{g}{L_1L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{2g^2}{{L_2}^2}+\frac{2g^2}{L_1L_2}\right)-\frac{1}{L_2}\left(\frac{4g^2}{{L_2}^2}+\frac{g^2}{L_1L_2}\right)1 \\ \frac{-1}{L_2} & 0 & \frac{2g}{{L_2}^2}-\frac{g}{L_1L_2} & 0 & \frac{-1}{L_1}\left(\frac{2g^2}{{L_2}^2}+\frac{2g^2}{L_1L_2}\right)-\frac{1}{L_2}\left(\frac{4g^2}{{L_2}^2}+\frac{g^2}{L_1L_2}\right) & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{If } \mathrm{g} = 10:\ \det\varphi_c = \frac{-10^6 * (L_1-L_2)^2}{L_1^4+L_2^4}$$

اگر L_1 و L_2 برابر هم باشند، دترمینان ماتریس کنترل پذیری برابر صفر میشود و دیگر کنترل پذیر نخواهد بود. در غیر این صورت کنترل پذیر است.

5-1- با فرض $l_2=0.8\ m$ ، $l_1=1\ m$ رویت پذیری سیستم را به ازای خروجی اندازه گیری شده الف) x ب) θ_1 ، θ_2 ج) x ، θ_1 ، θ_2 تحقیق نمایید و مودهای رویت ناپذیر را در صورت وجود تعیین کنید.

$$L_1=1;\ L_2=0.8\rightarrow A=\begin{bmatrix}0&1&0&0&0&0\\0&0&-10&0&-10&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&20&0&0&10\\0&0&0&0&0&1\\0&0&12.5&0&25&0\end{bmatrix}$$

الف) $x\rightarrow C=[1\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0]$

$$\varphi_0=\begin{bmatrix}C\\CA\\\vdots\\CA^{n-1}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0\\0&0&-10&0&10&0\\0&0&0&-10&0&-10\\0&0&-325&0&-350&0\\0&0&0&-325&0&-350\end{bmatrix}\rightarrow \text{rank=6= Full Rank}\rightarrow \text{observable}$$

ب) $\theta_1,\theta_2\rightarrow\ C=\begin{bmatrix}0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&1&0\end{bmatrix}$

$$\varphi_0=\begin{bmatrix}0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&1&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&1\\0&0&20&0&10&0\\0&0&12.5&0&25&0\\0&0&0&20&0&10\\0&0&0&1205&0&25\\0&0&525&0&450&0\\0&0&562.5&0&750&0\\0&0&0&525&0&450\\0&0&0&562.5&0&750\end{bmatrix}\rightarrow rank=4\rightarrow unubservable$$

$$U_2=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0\end{bmatrix}\rightarrow\begin{bmatrix}U_1\\U_2\end{bmatrix}\ =U$$

$$UAU^{-1}=\begin{bmatrix}A_{11}&0\\-&A'_{22}\end{bmatrix}\rightarrow A'_{22}=\begin{bmatrix}0&1\\0&0\end{bmatrix}\rightarrow \text{eig}(A'_{22})=0\,,0$$

مود های رویت ناپذیر

ج) $\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&1&0\end{bmatrix}$

$$\varphi_c=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&1&0\\0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&1\\0&0&-10&0&-10&0\\0&0&20&0&10&0\\0&0&12&0&25&0\\0&0&0&-10&0&-10\\0&0&0&20&0&10\\0&0&0&12&0&25\\0&0&-325&0&-350&0\\0&0&525&0&450&0\\0&0&562&0&750&0\\0&0&0&-325&0&-350\\0&0&0&525&0&450\\0&0&0&562&0&750\end{bmatrix}\rightarrow rank=6\rightarrow Full\ Rank\rightarrow Observable$$

کننده فیدبکی نیاز - مدل خطی سیستم پاندول معکوس دوتایی را در نظر بگیرید، با توجه به ناپایدار بودن سیستم به حداقل کنترل 1-6
های سیستم حلقه بهره فیدبک حالت را برای جابایی قطب $l_2=0.5\ m$ و $l_1=1\ m$ سازی نمایید. با فرض داریم که سیستم را پایداری
کننده به صورت های بس وگیورا ،آکرمن و تحقق کانونیکال کنترل –} با استفاده از روش $-1,-2,-3,-4,5+2j2 -5-2j$, بسته در {
تحلیلی محاسبه کنید و درستی مقادیر بدست آمده برای بهره فیدبک حالت با استفاده از هر سه روش را توسط نرم افزار متلب بررسی نمایید

$$A=\begin{bmatrix}0&1&0&0&0&0\\0&-&-10&0&-1&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&20&0&10&0\\0&0&0&0&0&1\\0&0&20&0&40&0\end{bmatrix}\Rightarrow a(s)=s^6-60s^4+600s^2$$

$$\Rightarrow \alpha(s)=s^6+20s^5+164s^4+690s^3+1539s^2+1690s+696$$

Bass and Gura:

$$\bar{a}=[0\quad -60\quad 0\quad 600\quad 0\quad 0]$$

$$\bar{\alpha}=[20\quad 164\quad 690\quad 1539\quad 1690\quad 696]$$

$$\varphi_C=\begin{bmatrix}0&1&0&30&0&1400\\1&0&30&0&1400&0\\0&-1&0&-40&0&-1800\\-1&0&-40&0&-1800&0\\0&-2&0&-100&0&-4800\\-2&0&-100&0&-4800&0\end{bmatrix}\quad \Psi^{T}=\begin{bmatrix}1&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0\\-60&0&1&0&0&0\\0&-60&0&1&0&0\\600&0&-60&0&1&0\\0&600&0&60&0&1\end{bmatrix}$$

$$k=(\bar{\alpha}-\bar{a})\psi^{-1}\varphi_c^{-1}=[3.48\quad 8.45\quad 324.85\quad 105.9\quad -272.7\quad -58.725]$$

Ackerman:

$$\alpha(A)=A^6+20A^5+164A^4+690A^3+1539A^2+1690A+696I$$

$$\alpha(A)=\begin{bmatrix}696&1690&-98990&-14900&-121390&-16900\\0&696&-652900&-98990&-841900&-121390\\0&0&153876&27490&143790&18900\\0&0&927800&153876&103090&143790\\0&0&267580&37800&441456&65290\\0&0&261800&287580&298960&441450\end{bmatrix}$$

$$\varphi_c^{-1}=\begin{bmatrix}0&3&0&1&0&0.5\\3&0&1&0&0.5&0\\0&-0.3&0&-0.5&0&0.1\\-0.3&0&-0.5&0&0.1&0\\0&0.005&0&0.01&0&-0.0025\\0.005&0&0.01&0&-0.0025&0\end{bmatrix}$$

$$k=[0\ 0\ 0\ 0\ 0 1]\varphi_c^{-1}\alpha(A)=[3.48\quad 8.45\quad 324.85\quad 105.9\quad -272.7\quad -58.725]$$

Controller:

$$k_c=[\alpha.\dots a\cdot\cdots\alpha_{n-1}a_{n-1}]=[696\quad 1690\quad 1539\quad 690\quad 164\quad 20]$$

$$A=\begin{bmatrix}0&1&0&1&0&0\\0&0&1&0&0&0\\0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1\\0&0&-600&0&60&0\end{bmatrix},B=\begin{bmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\1\end{bmatrix},\varphi_{cc}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&0&1\\0&0&0&0&1&0\\0&0&0&1&0&60\\0&0&1&0&60&0\\0&1&0&60&0&3000\\1&0&60&0&3000&0\end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{T}=\varphi_c\varphi_{cc}^{-1}$$

$$K=k_cT^{-1}=[3.48\quad 8.45\quad 324.85\quad 105.9\quad -272.7\quad -58.725]$$

```matlab
clc
clear all
close all
A=[0 1 0 0 0 0 ;  0 0 -10 0 -10 0; 0 0 0 1 0 0 ; 0 0 20 0 10 0 ; 0 0 0 0 0 1; 0 0 20 0 40 0]
B=[0 1 0 -1 0 -2]'
C=[0 0 1 0 0 0]
D=0
eig(A)
phic=ctrb(A,B)
rank(phic)
as=[1 0 -60 0 600 0 0]

alphaS=conv(conv(conv([1 1],[1 2]),conv([1 3],[1 4])),conv([1 5-2i],[1 5+2i]))
alphaA=alphaS(1)*A^6+alphaS(2)*A^5+alphaS(3)*A^4+alphaS(4)*A^3+alphaS(5)*A^2+alphaS(6)*A+alphaS(7)*eye(6)

% bass & gura
sai=[1 0 0 0 0 0 ;0 1 0 0 0 0 ;-60 0  1  0 0 0; 0 -60 0 1 0 0 ; 600 0 -60 0 1 0; 0 600 0 -60 0 1 ]'
alphaab=alphaS(2:end)
asaab=as(2:end)
k1=(alphaab-asaab)*inv(sai)*inv(phic)


% ackerman
qi=[0 0 0 0 0 1]*inv(phic)
k2=qi*alphaA

% canonical
Ac=[0 1 0 0 0 0 ;0 0 1 0 0 0 ;0 0 0 1 0 0; 0 0 0 0 1 0; 0 0 0 0 0 1;0 0 -600 0 60 0]
Bc=[0 0 0 0 0 1]'
phicC=ctrb(Ac,Bc)
T=phic*inv(phicC)
kc=[696 1690 1539 690 164 20]-[0 0 600 0 -60 0]
k3=kc*inv(T)
k=k3

eig(A-B*k)
```

```
phic =

         0         1         0        30         0      1400
         1         0        30         0      1400         0
         0        -1         0       -40         0     -1800
        -1         0       -40         0     -1800         0
         0        -2         0      -100         0     -4800
        -2         0      -100         0     -4800         0


ans =

     6


as =

     1     0   -60     0   600     0     0


alphaS =

         1        20       164       690      1539      1690       696
```

```
alphaA =

       696        1690      -98990      -14900     -121390      -16900
         0         696     -652900      -98990     -841900     -121390
         0           0      153876       27490      143790       18900
         0           0      927800      153876     1030900      143790
         0           0      287580       37800      441456       65290
         0           0     2061800      287580     2989600      441456


sai =

     1     0   -60     0   600     0
     0     1     0   -60     0   600
     0     0     1     0   -60     0
     0     0     0     1     0   -60
     0     0     0     0     1     0
     0     0     0     0     0     1


alphaab =

        20         164         690        1539        1690         696
```

```
phic =

         0           1           0          30           0        1400
         1           0          30           0        1400           0
         0          -1           0         -40           0       -1800
        -1           0         -40           0       -1800           0
         0          -2           0        -100           0       -4800
        -2           0        -100           0       -4800           0


ans =

     6


as =

     1     0   -60     0   600     0     0


alphaS =

         1          20         164         690        1539        1690         696
```

```
asaab =

     0   -60     0   600     0     0


k1 =

    3.4800    8.4500  324.8600  105.9000 -272.6900  -58.7250


qi =

    0.0050         0    0.0100         0   -0.0025         0


k2 =

    3.4800    8.4500  324.8600  105.9000 -272.6900  -58.7250
```

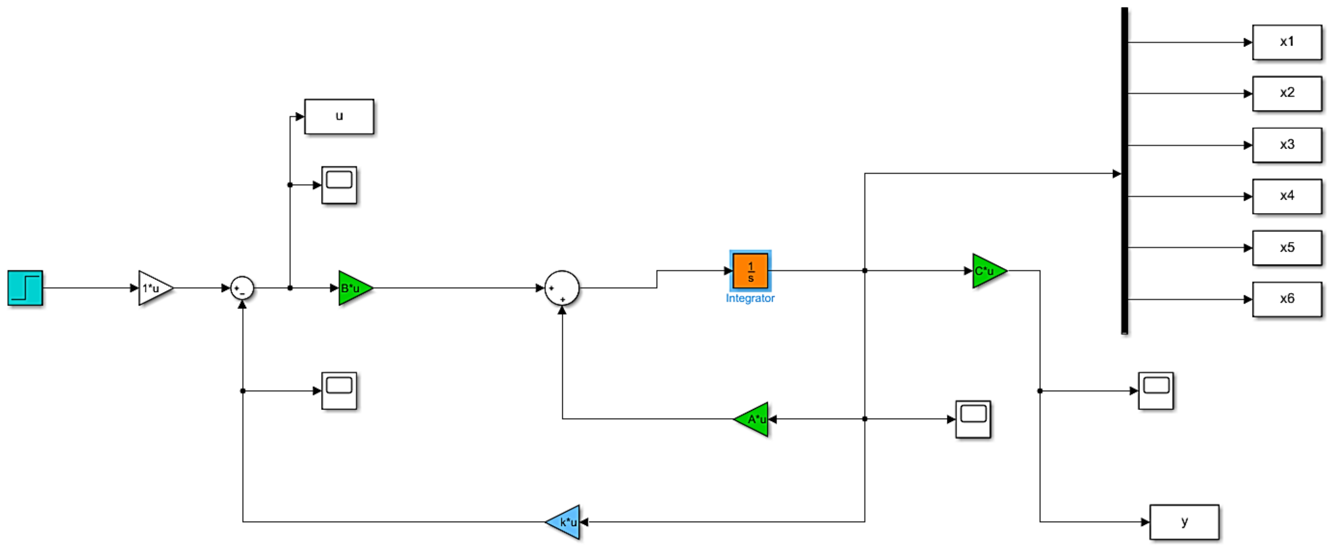
```
Ac =

     0     1     0     0     0     0
     0     0     1     0     0     0
     0     0     0     1     0     0
     0     0     0     0     1     0
     0     0     0     0     0     1
     0     0  -600     0    60     0


Bc =

     0
     0
     0
     0
     0
     1


phicC =

           0           0           0           0           0           1
           0           0           0           0           1           0
           0           0           0           1           0          60
           0           0           1           0          60           0
           0           1           0          60           0        3000
           1           0          60           0        3000           0
```

```
T =

   200     0   -30     0     1     0
     0   200     0   -30     0     1
     0     0    20     0    -1     0
     0     0     0    20     0    -1
     0     0    20     0    -2     0
     0     0     0    20     0    -2


kc =

         696        1690         939         690         224          20


k3 =

    3.4800    8.4500  324.8600  105.9000 -272.6900  -58.7250
```

```
k =

    3.4800    8.4500  324.8600  105.9000 -272.6900  -58.7250


ans =

  -5.0000 + 2.0000i
  -5.0000 - 2.0000i
  -4.0000 + 0.0000i
  -1.0000 + 0.0000i
  -3.0000 + 0.0000i
  -2.0000 + 0.0000i
```

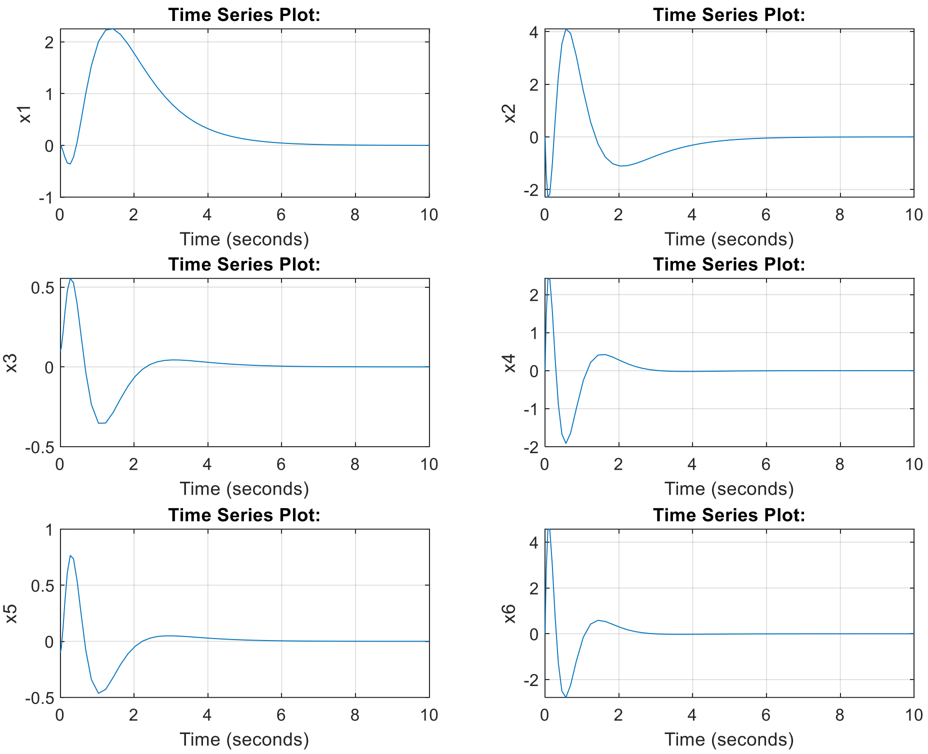
1-7- پاسخهای حالتهای سیستم و سیگنال کنترلی را به ازای شرایط اولیه زیر و بدون ورودی در نرم افزار متلب شبیه سازی و نشان دهید.

$\theta_1(0)=0.1\,rad\,,\theta_2(0)=-0.1\,rad\,,\omega_1(0)=v(0)=x(0)=\omega_2(0)=0$

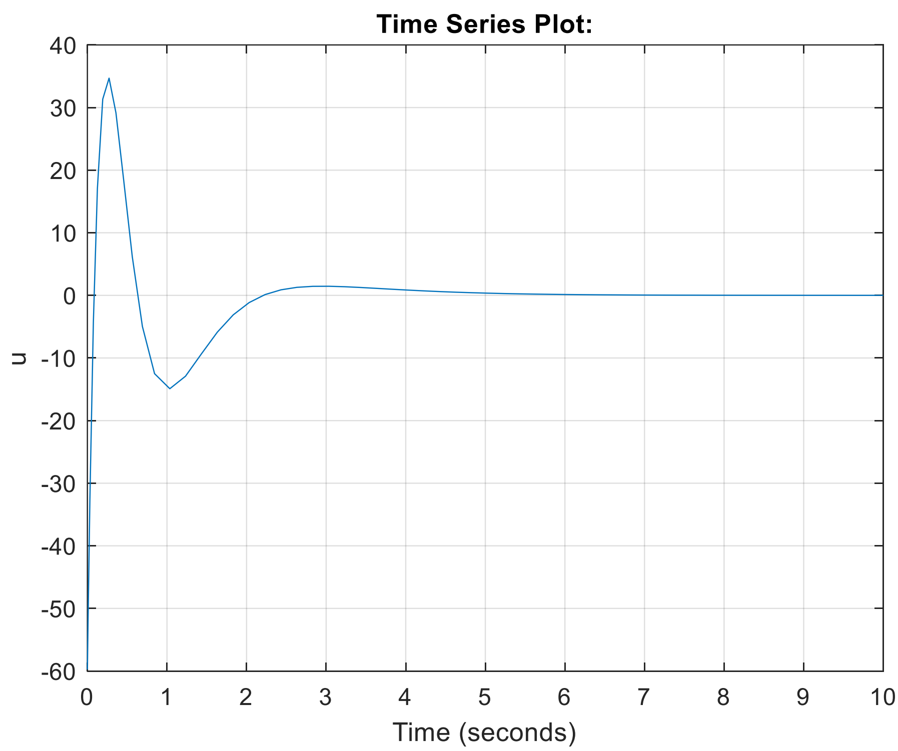



```
clc
clear all
close all
A=[0 1 0 0 0 0 ;  0 0 -10 0 -10 0; 0 0 0 1 0 0 ; 0 0 20 0 10 0 ; 0 0 0 0 0 1; 0 0 20 0 40 0]
B=[0 1 0 -1 0 -2]'
C=[0 0 1 0 0 0]
D=0
eig(A)
phic=ctrb(A,B)
rank(phic)
as=[1 0 -60 0 600 0 0]
alphaS=conv(conv(conv([1 1],[1 2]),conv([1 3],[1 4])),conv([1 5-2i],[1 5+2i]))
alphaA=alphaS(1)*A^6+alphaS(2)*A^5+alphaS(3)*A^4+alphaS(4)*A^3+alphaS(5)*A^2+alphaS(6)*A+alphaS(7)*eye(6)
% ackerman
qi=[0 0 0 0 0 1]*inv(phic)
k=qi*alphaA
eig(A-B*k)
% dc gain cl
gcl_dc=-C*inv(A-B*k)*B
syscl=ss(A-B*k,B,C,D)
sim('Q1p7')
figure(1)
subplot(3,2,1)
plot(x1)
grid on
ylabel('x1')
subplot(3,2,2)
plot(x2)
grid on
ylabel('x2')
subplot(3,2,3)
plot(x3)
grid on
ylabel('x3')
subplot(3,2,4)
plot(x4)
grid on
ylabel('x4')
subplot(3,2,5)
plot(x5)
grid on
ylabel('x5')
subplot(3,2,6)
plot(x6)
grid on
ylabel('x6')
figure
plot(u)
grid on
ylabel('u')
```

پاسخ های حالت:



سیگنال کنترلی:



8-1- با فرض $l_1=1\ m$ و $l_2=0.5\ m$ و با فرض اندازه گیری x ، θ_1 ، θ_2 رویتگر کاهش یافته ای طراحی کنید و پاسخ حالت های سیستم را به شرایط اولیه زیر نشان دهید.

$$\theta_1(0)=0.5\ rad\ ,\theta_2(0)=-0.5\ rad\ ,\omega_1(0)=v(0)=x(0)=\omega_2(0)=0$$

$$D=\begin{bmatrix}-30&0&0\\0&-30&0\\0&0&-30\end{bmatrix},Q=\begin{bmatrix}0&0&0&1&0&0\\0&1&0&0&0&0\\0&0&0&0&1&0\\1&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&1\\0&0&1&0&0&0\end{bmatrix}$$

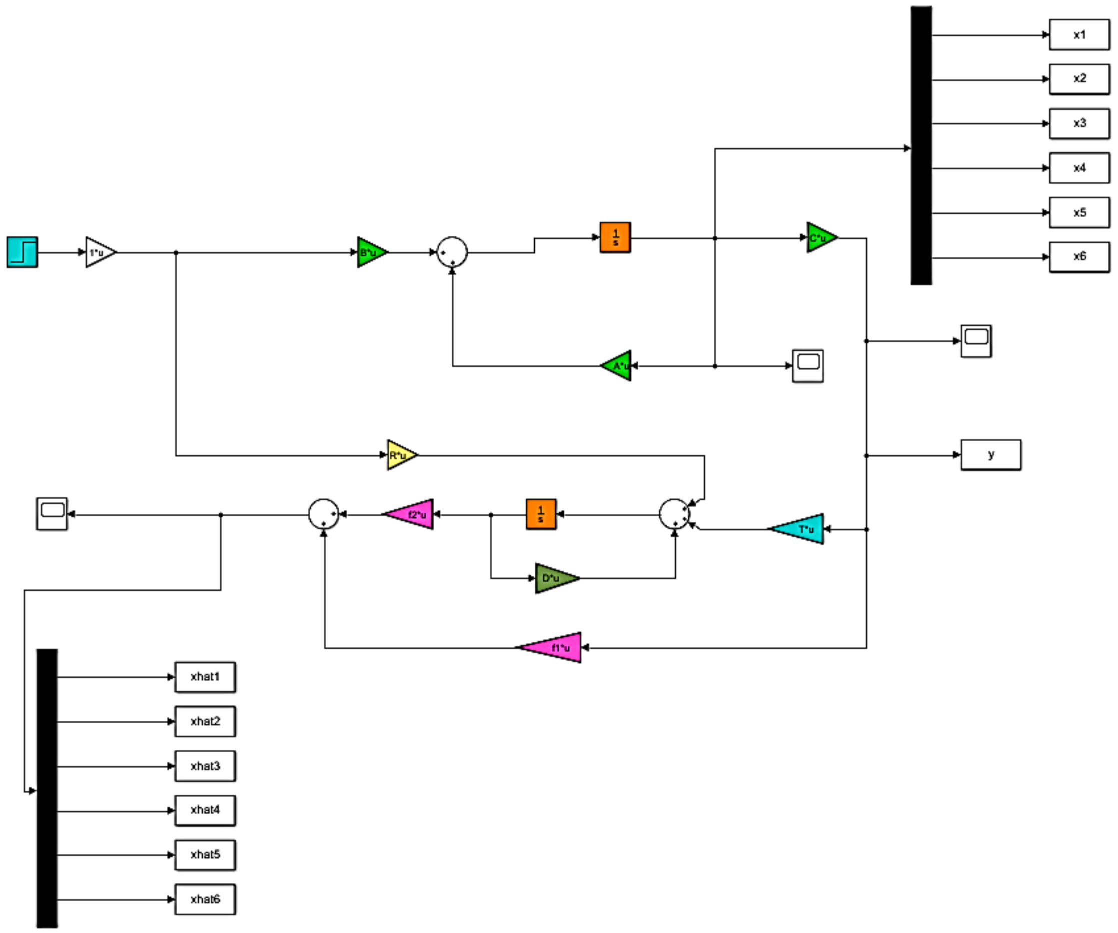
$$\bar{A}=\begin{bmatrix}0&0&0&0&20&10\\0&0&0&0&-10&10\\0&0&0&0&20&40\\0&1&0&0&0&0\\1&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0\end{bmatrix},L=\begin{bmatrix}0&-30&0\\-30&0&0\\0&0&-30\end{bmatrix}$$

$$T=\begin{bmatrix}0&-880&10\\-90&-10&-10\\0&20&-860\end{bmatrix},L=\begin{bmatrix}0&0&-30&1&0&0\\-30&1&0&0&0&0\\0&0&0&0&-30&0\end{bmatrix}$$

$$R=\begin{bmatrix}-1\\+1\\-2\end{bmatrix},$$

$$F_1=\begin{bmatrix}1&0&0\\30&0&0\\0&1&0\\0&30&0\\0&0&1\\0&0&30\end{bmatrix}\qquad F_2=\begin{bmatrix}0&0&0\\0&1&0\\0&0&0\\1&0&0\\0&0&0\\0&0&1\end{bmatrix}$$

سیمولینک زیر را در زمان 0.5 ثانیه شبیه سازی میکنیم:

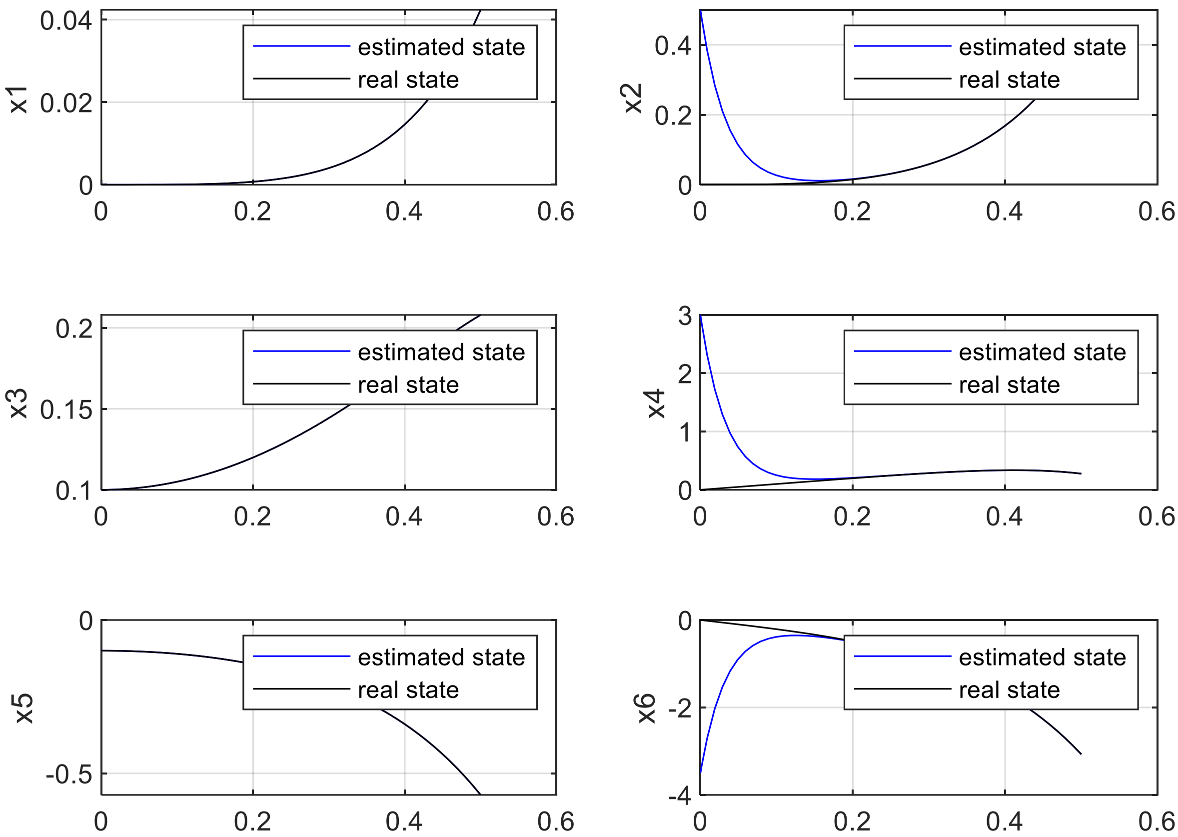


```
clc
clear all
close all
A=[0 1 0 0 0 0 ;  0 0 -10 0 -10 0; 0 0 0 1 0 0 ; 0 0 20 0 10 0 ; 0 0 0 0 0 1; 0 0 20 0 40 0]
B=[0 1 0 -1 0 -2]'
C=[1 0 0 0 0 0; 0 0 1 0 0 0 ;0 0 0 0 1 0]

D=[-30 0 0 ; 0 -30 0 ;0 0 -30]
Q=[0 0 0 1 0 0  ; 0 1 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 1 0;1 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 1;0 0 1 0 0 0]
m=C*Q
Abar=inv(Q)*A*Q

A11=0
A22=zeros(3)
A12=[0    20    10
0   -10   -10
0    20    40]

A21=[0     1     0
1     0     0
0     0     1     ]
Lbar=D*inv(A21)+A11
T=A12+Lbar*A22-D*Lbar
L=[eye(3) Lbar]*inv(Q)
R=L*B
n=[C
   L]
inv(n)
```

```
f1=[ 1      0      0
    30      0      0
     0      1      0
     0     30      0
     0      0      1
     0      0     30 ]

 f2=[ 0      0      0
     0      1      0
     0      0      0
     1      0      0
     0      0      0
     0      0      1]


 sim('Q1p8')

figure(1)
subplot(3,2,1)
plot(xhat1,'b-')
hold on
plot(x1,'k-')
grid on
ylabel('x1')
legend('estimated state','real state')
```

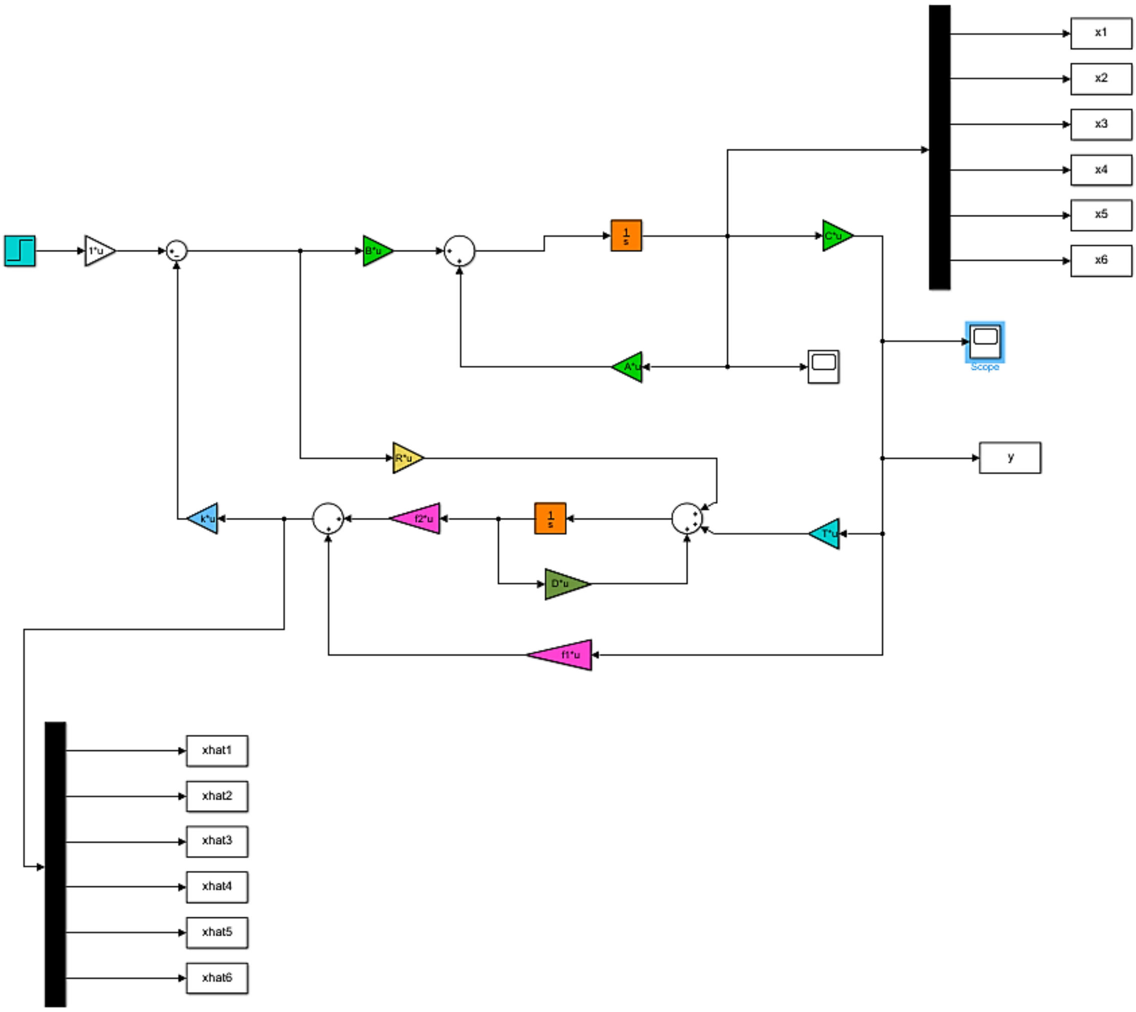
```
subplot(3,2,2)
plot(xhat2,'b-')
hold on
plot(x2,'k-')
grid on
ylabel('x2')
legend('estimated state','real state')


subplot(3,2,3)
plot(xhat3,'b-')
hold on
plot(x3,'k-')
grid on
ylabel('x3')
legend('estimated state','real state')


subplot(3,2,4)
plot(xhat4,'b-')
hold on
plot(x4,'k-')
grid on
ylabel('x4')
legend('estimated state','real state')
```

```
subplot(3,2,5)
plot(xhat5,'b-')
hold on
plot(x5,'k-')
grid on
ylabel('x5')
legend('estimated state','real state')


subplot(3,2,6)
plot(xhat6,'b-')
hold on
plot(x6,'k-')
grid on
ylabel('x6')
legend('estimated state','real state')
```



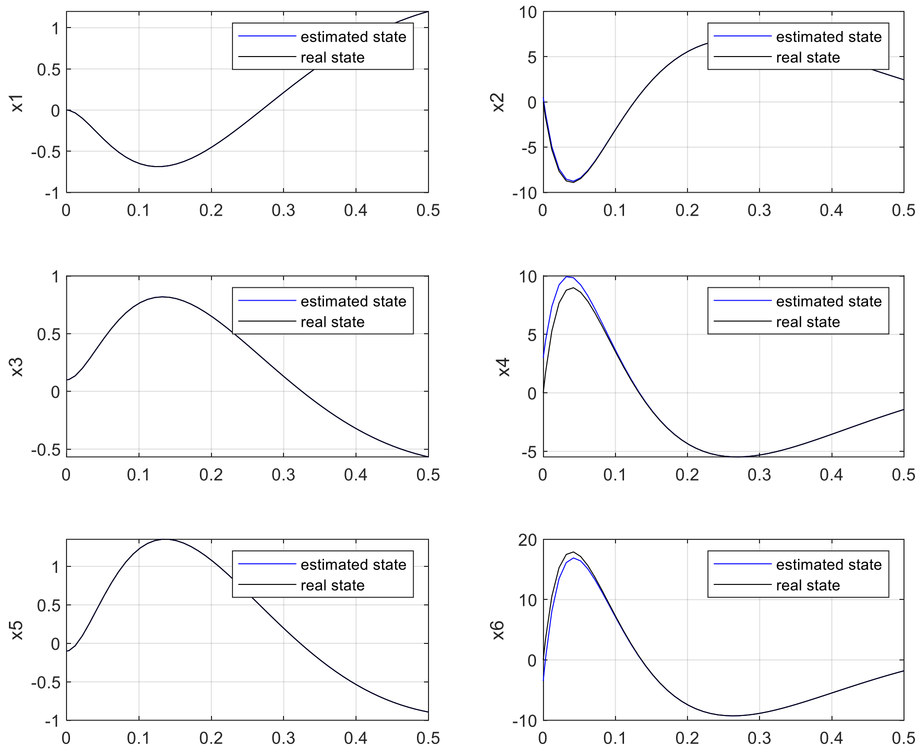
همانطور که مشاهده میشود در $v,\omega1,\omega2$ رویتگر به خوبی پاسخ های حالت را دنبال کرده است.

1-9- کنترل کننده طراحی شده در بخش 1-6 را با رویتگر فوق ترکیب نموده و نتایج را نشان دهید.

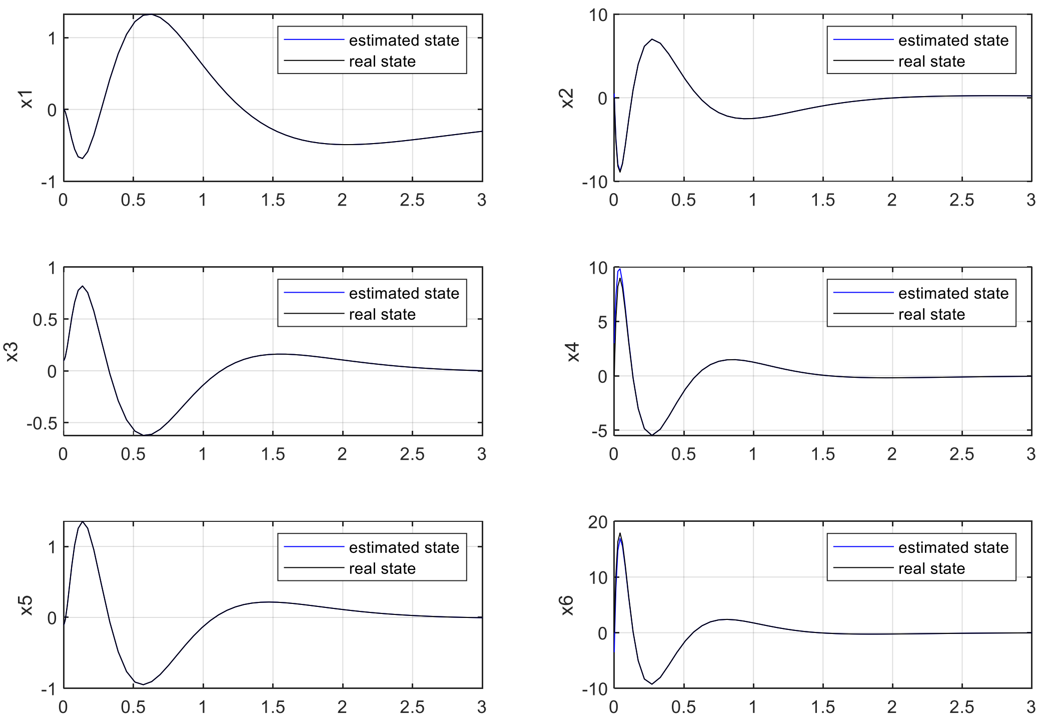


```
clc
clear all
close all
A=[0 1 0 0 0 0 ;  0 0 -10 0 -10 0; 0 0 0 1 0 0 ; 0 0 20 0 10 0 ; 0 0 0 0 0 1; 0 0 20 0 40 0]
B=[0 1 0 -1 0 -2]'
C=[1 0 0 0 0 0; 0 0 1 0 0 0 ;0 0 0 0 1 0]

%K
phic=ctrb(A,B)
alphaS=conv(conv(conv([1 1],[1 2]),conv([1 3],[1 4])),conv([1 5-2i],[1 5+2i]))
alphaA=alphaS(1)*A^6+alphaS(2)*A^5+alphaS(3)*A^4+alphaS(4)*A^3+alphaS(5)*A^2+alphaS(6)*A+alphaS(7)*eye(6)
qi=[0 0 0 0 0 1]*inv(phic)
k=qi*alphaA


D=[-30 0 0 ; 0 -30 0 ;0 0 -30]
Q=[0 0 0 1 0 0  ; 0 1 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 1 0;1 0 0 0 0 0 ;0 0 0 0 0 1;0 0 1 0 0 0]
m=C*Q
Abar=inv(Q)*A*Q

A11=0
A22=zeros(3)
A12=[0     20     10
0    -10    -10
0     20     40]

A21=[0      1      0
1      0      0
0      0      1      ]
L=D*inv(A21)+A11
T=A12+L*A22-D*L
L2=[eye(3)  L]*inv(Q)
R=L2*B
n=[C
   L2]
inv(n)
f1=[ 1      0      0
    30      0      0
     0      1      0
     0     30      0
     0      0      1
     0      0     30 ]

 f2=[ 0      0      0
     0      1      0
     0      0      0
     1      0      0
     0      0      0
     0      0      1]
sim('Q1p9')
figure(1)
subplot(3,2,1)
plot(xhat1,'b-')
hold on
plot(x1,'k-')
grid on
ylabel('x1')
legend('estimated state','real state')
subplot(3,2,2)
plot(xhat2,'b-')
hold on
plot(x2,'k-')
grid on
ylabel('x2')
legend('estimated state','real state')
subplot(3,2,3)
plot(xhat3,'b-')
hold on
plot(x3,'k-')
grid on
ylabel('x3')
legend('estimated state','real state')
subplot(3,2,4)
```

```
ylabel('x4')
legend('estimated state','real state')
subplot(3,2,5)
plot(xhat5,'b-')
hold on
plot(x5,'k-')
grid on
ylabel('x5')
legend('estimated state','real state')
subplot(3,2,6)
plot(xhat6,'b-')
hold on
plot(x6,'k-')
grid on
ylabel('x6')
legend('estimated state','real state')
```



T=0.5sهمانطور که مشاهده میشود در رویتگر به خوبی پاسخ های حالت را دنبال کرده است.



T=3s به پایداری رسیده اند.