Lista de Exercícios no. 4

Estimação Paramétrica

Giovanni Chemello Caprio

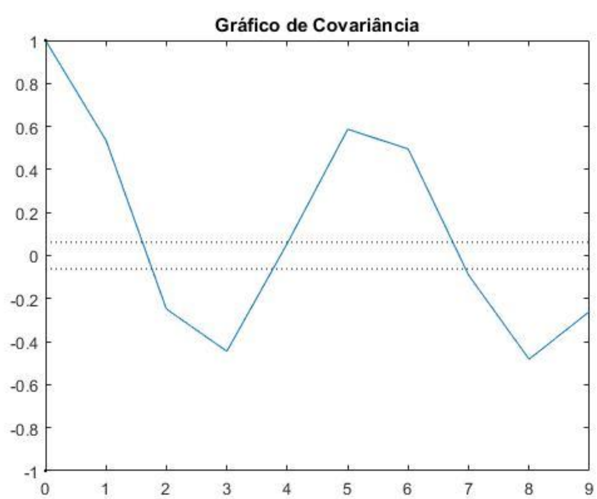
I. Considere um sistema dinâmico linear excitado com uma entrada conhecida. As sequências das entradas e das saídas medidas nos instantes correspondentes estão disponíveis no arquivo dados.mat no formato de leitura/gravação padrão do MATLAB. Utilizando comandos do próprio MATLAB faça um procedimento de identificação paramétrica desse sistema. Determine o modelo de menor ordem que represente os dados desse arquivo. Para a determinação da melhor estrutura avalie a correlação do erro previsto e o critério otimizado (somatória do erro quadrático).

O sistema excitado inicialmente, gerou uma saída e entrada com 1000 amostras. Para a parametrização do sistema, a intenção seria obter o modelo de menor ordem, que fosse suficientemente bom nos seguintes quesitos: somatório do erro quadrático e correlação do erro previsto.

Para o processo, foram utilizados os códigos no MATLAB (em anexo), para a geração de todos os gráficos e soluções a seguir.

A fim de definir a menor ordem para o sistema, geramos ordens(na/nb/nc) de forma crescente para verificar qual seria a menor ordem para o ARX e ARMAX, obtendo os seguintes resultados:

- ARX
    - 1ª Ordem:

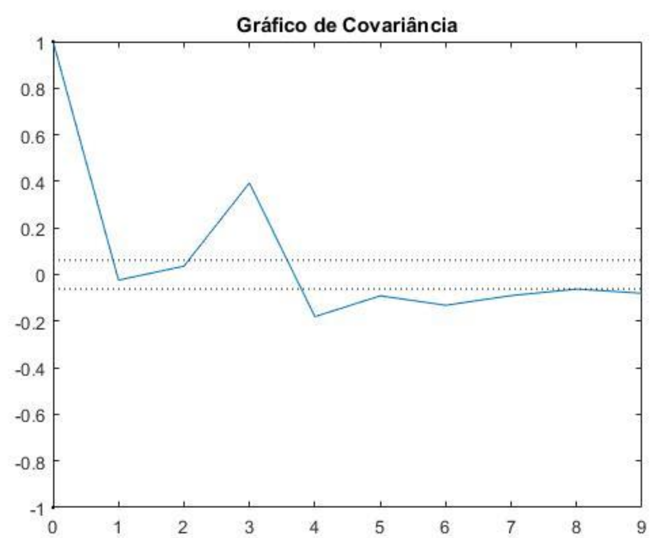


Somatório do Erro= 4.0522e+04
Fit to estimation data: -208.2% (prediction focus)

- 2ª Ordem:

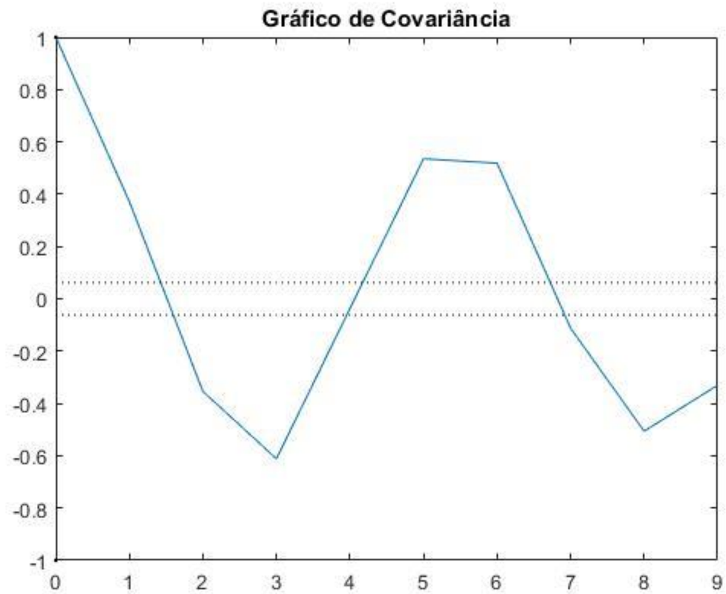
Somatório do Erro= 1.8175e+03
Fit to estimation data: 34.73% (prediction focus)

- 3ª Ordem:



Somatório do Erro= 361.5293
Fit to estimation data: 70.89% (prediction focus)

- ARMAX
  - 1ª Ordem:

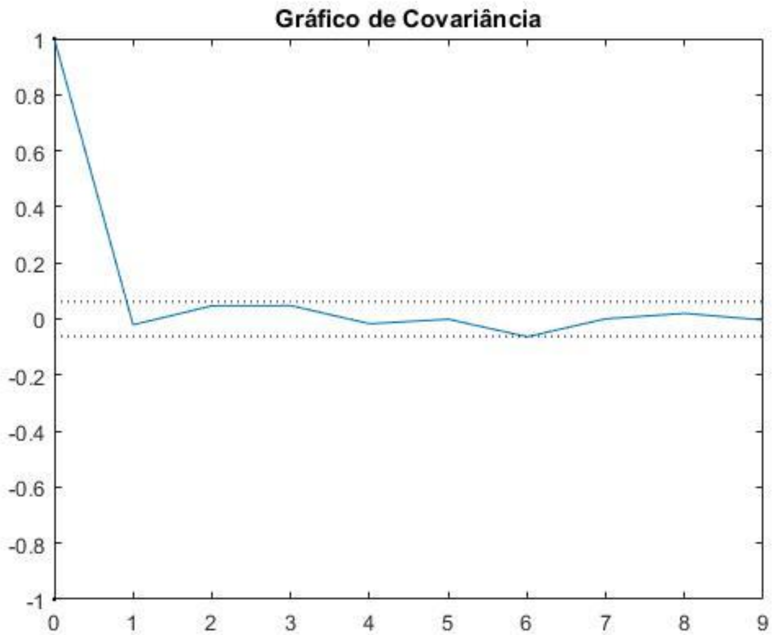


Somatório do Erro= 1.0513e+03
Fit to estimation data: 50.31% (prediction focus)

  - 2ª Ordem:

Somatório do Erro= 463.5995
Fit to estimation data: 67% (prediction focus)

- 3ª Ordem:



Somatório do Erro= 204.2270
Fit to estimation data: 78.07% (prediction focus)

Com as análises feitas, conseguimos perceber que para a terceira ordem, ambos conseguiram chegar a uma resposta adequada, com o ARMAX com uma melhora pouco significativa. Porem, para a segunda ordem, consegue-se observar que para o ARMAX obteve uma parametrização considerável e com isso, a escolha da segunda ordem para este método foi selecionada.

Definido o ARMAX para a identificação paramétrica, a parametrização do sistema foi feita. Os resultados obtidos são representados a seguir:

```
TH_armax =

Discrete-time ARMAX model:  A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)

  A(z) = 1 - 0.8182 z^-1 + 0.647 z^-2


  B(z) = -0.08536 z^-1 + 1.072 z^-2


  C(z) = 1 + 1.127 z^-1 + 0.2451 z^-2


Sample time: 1 seconds
```

Parameterization:

Polynomial orders: na=2 nb=2 nc=2 nk=1

Number of free coefficients: 6

Use "polydata", "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:

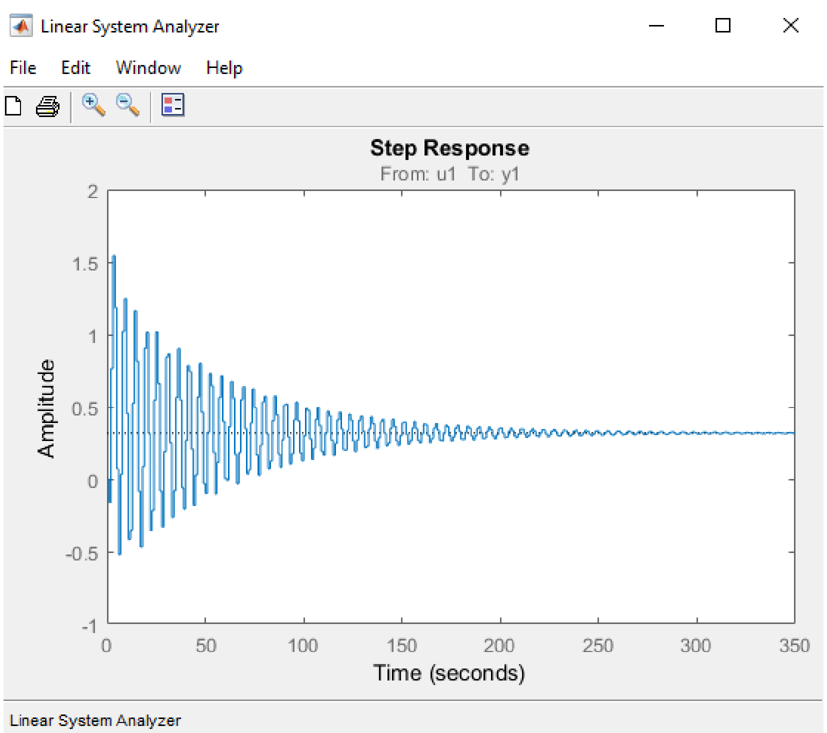
Estimated using ARMAX on time domain data.

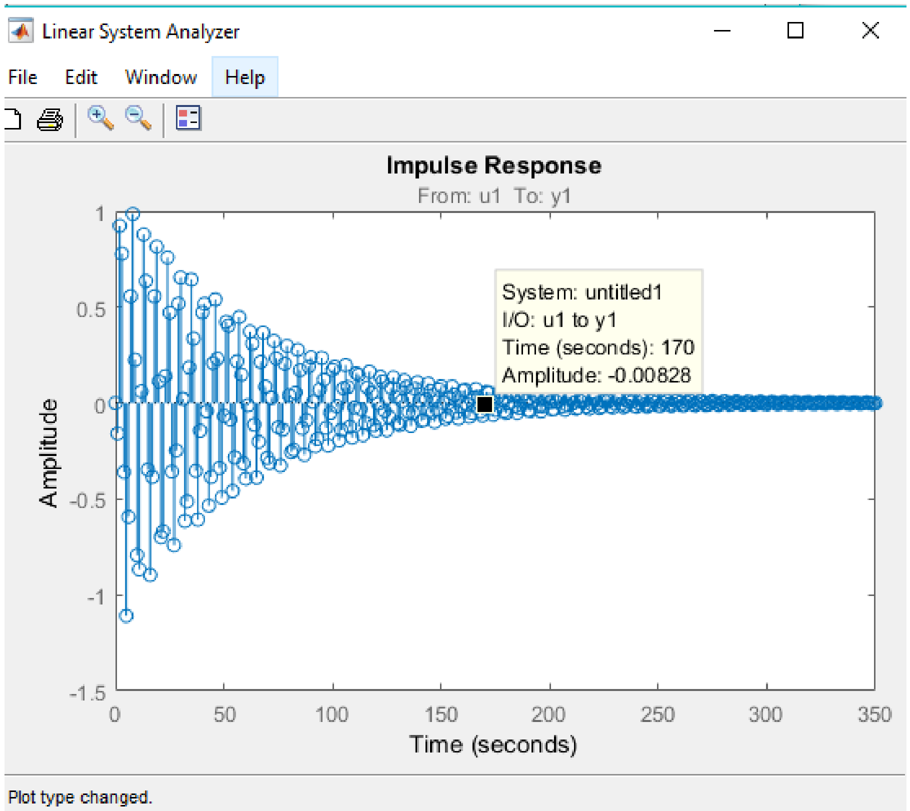
Fit to estimation data: 67% (prediction focus)

FPE: 0.4701, MSE: 0.4645

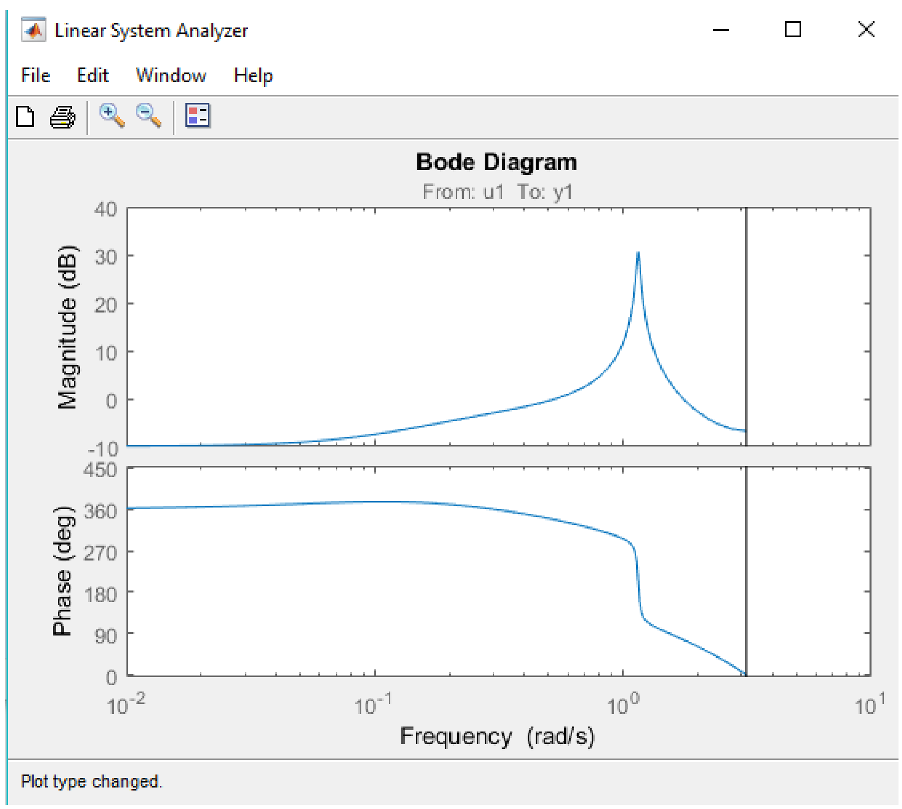
Além disso, foram obtidos a seguinte função de transferência adequada ao sistema e os gráficos em relação as respostas do sistema:

$$\frac{-0.0854s + 1.0719}{s^2 - 0.8182s + 0.6470}$$





Linear System Analyzer
File Edit Window Help
Impulse Response
From: u1 To: y1
System: untitled1
I/O: u1 to y1
Time (seconds): 170
Amplitude: -0.00828
Amplitude
Time (seconds)
Plot type changed.



Linear System Analyzer
File Edit Window Help
Bode Diagram
From: u1 To: y1
Magnitude (dB)
Phase (deg)
Frequency (rad/s)
Plot type changed.

- **Códigos utilizados(ANEXO)**
    - **ARX**

```
clc
clear all

load dados.mat      %carrega os dados

Z = [y u];          %gera vetor entradas por saída
periodogram(y),hold on      %mostra o periodograma das saídas
title('Periodograma')
NN= [3 3 1];      %mostra os coef a se utilizar em na, nb e nk
TH_arx = iv4(Z,NN)  %gera a parametrização ARX
figure(2)
plot(TH_arx)
IU=1;               %default
[NUM,DEN] = th2tf(TH_arx,IU)    %gera a f.t. associada a parametrização
E=pe(TH_arx,Z);     %compara a parametrização com os dados (erro)
soma_erro=0;
for i=1:size(E)
soma_erro= soma_erro + (E(i)^2);
end
soma_erro           %geramos a soma do erro médio quadrado para analise
lag=10;             %queremos analisar o gráfico de cov com um lag 10

%Gera Gráfico da Covariância
ir=covf(E,lag); ir=ir/ir(1);
t=0:(lag-1); l=ones(lag,1)*1.96/sqrt(length(E)); % intervalo de confiança
plot(t,ir,t,l,'k:',t,-l,'k:',0,1,'k.',0,-1,'k.')
title('Gráfico de Covariância')
```

    - **ARMAX**

```
clc
clear all

load dados.mat      %carrega os dados
figure(1)
Z = [y u];          %gera vetor entradas por saída
periodogram(y)      %mostra o periodograma das saídas
title('Periodograma')
NN= [2 2 2 1];      %mostra os coef a se utilizar em na, nb, nc e nk
TH_armax = armax(Z,NN,'trace')    %gera a parametrização ARMAX
figure(2)
plot(TH_armax)
IU=1;               %default
[NUM,DEN] = th2tf(TH_armax,IU)    %gera a f.t. associada a parametrização
E=pe(TH_armax,Z);     %compara a parametrização com os dados (erro)
soma_erro=0;
for i=1:size(E)
soma_erro= soma_erro + (E(i)^2);
end
soma_erro           %geramos a soma do erro médio quadrado para analise
lag=10;             %queremos analisar o gráfico de cov com um lag 10
```

```
%Gera Gráfico da Covariância
ir=covf(E,lag); ir=ir/ir(1);
t=0:(lag-1); l=ones(lag,1)*1.96/sqrt(length(E)); % intervalo de confiança
plot(t,ir,t,l,'k:',t,-l,'k:',0,1,'k.',0,-1,'k.')
title('Gráfico de Covariância')
```