

Proiect: Identificarea Sistemelor Identificarea unui sistem de ordinul II

*Student: Purcel Madalina Roxana
Grupa 30131
Prof. Dr. Ing. Dobra Petru*

Cuprins:

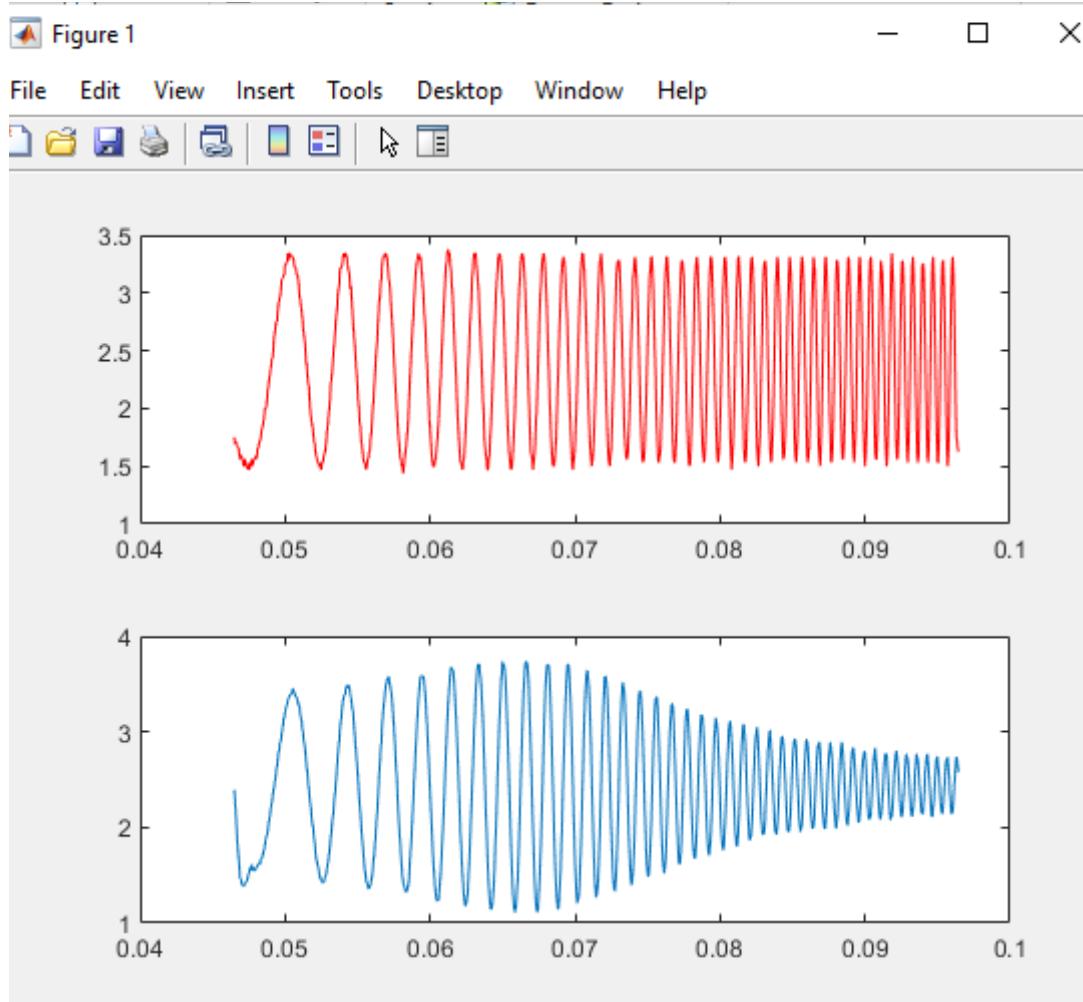
1. Prezentarea setului de date primit
2. Primul semnal
 - I. Prezentarea modului de lucru pe scurt
 - II. Identificarea neparametrică
 - III. Identificarea parametrică
3. Al doilea semnal
 - I. Identificarea neparametrică
 - II. Identificarea parametrică

1. Prezentarea setului de date primit:

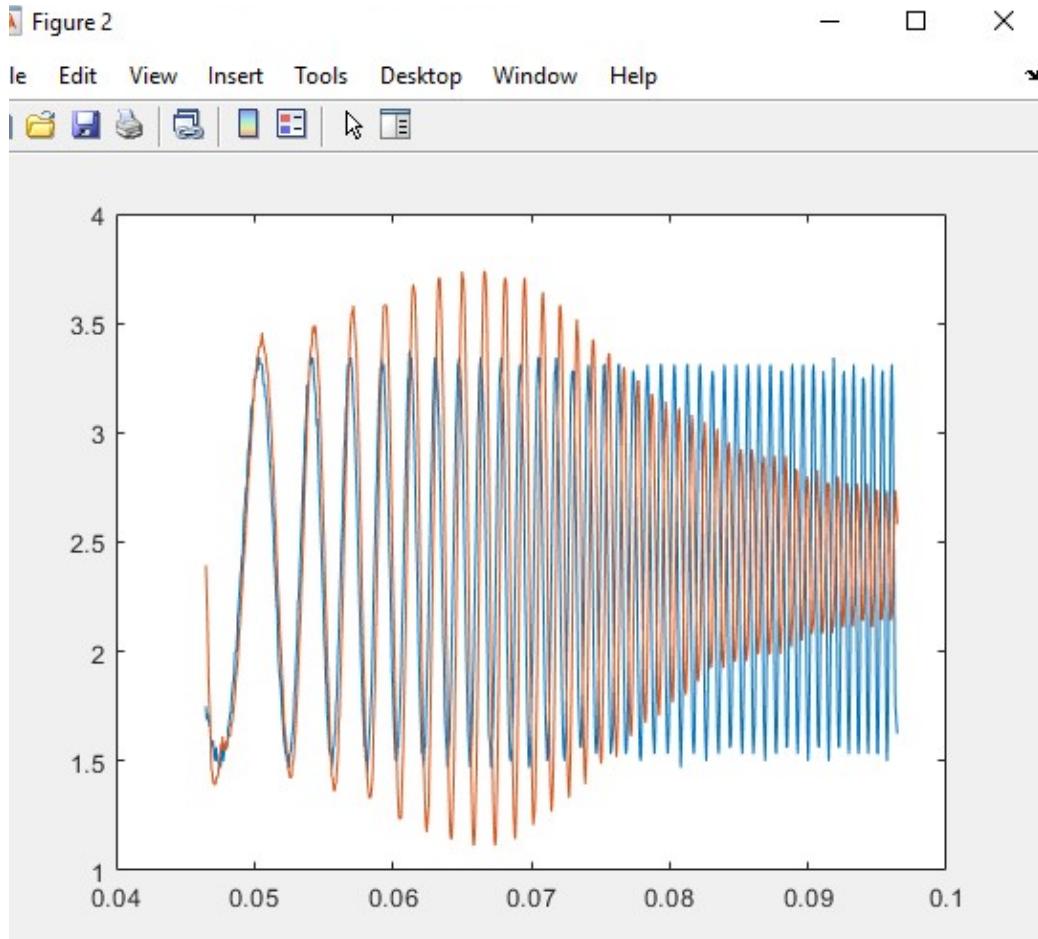
```
t = Purcel(:,1); % timpul  
u = Purcel(:,2); % intrarea  
y1 = Purcel(:,3); % primul semnal de ieșire  
y2 = Purcel(:,4); % al doilea semnal de ieșire
```

2. Primul semnal:

```
subplot(211); plot(t,u,'r') %semnal intrare  
subplot(212); plot(t,y1) %semnal 1 ieșire
```



```
figure; plot(t,u,t,y1) %semnalele impreuna
```



I. Prezentarea modului de lucru pe scurt

1. Analiza datelor de intrare și ieșire:

- Se încarcă și se afișează semnalele de intrare și ieșire ('u' și 'y') în subploturi.

2. Identificarea rezonanței:

- Se stabilesc indicii pentru punctele de interes.
- Se calculează factorii relevanți pentru rezonanță ('Mr', 'z', 'Tr', 'wr', 'wn').

3. Modelarea spațiului stărilor:

- Se definesc matricele de stare ('A', 'B', 'C', 'D') pentru a realiza modelul spațiului stărilor.
- Se folosește funcția 'lsim' pentru a simula răspunsul sistemului.

4. Validarea modelului:

- Se calculează diverse metriki de evaluare a calității modelului ('J', 'empr').
- Se definesc și se organizează datele pentru identificarea sistemului ('data_id', 'data_vd').

5. Identificarea modelului:

- Se utilizează diferite metode de identificare a sistemului ('ARX', 'ARMAX', 'IV', 'OE').
- Se evaluatează și se compară modelele identificate.

6. Conversia modelului în formă de funcție de transfer:

- Se convertește modelul identificat în funcție de transfer ('H1', 'H2', 'Hd_iv', 'Hd_oe') pentru a-l putea utiliza în continuare.

II. Identificarea neparametrică

Pentru primul semnal, intenționez să efectuez identificarea unui sistem de ordinul II, folosind poli complecsi conjugati. Funcția de transfer este definită astfel:

$$H(s) = \frac{K \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}, \quad 0 \leq \zeta < 1.$$

Trebuie să identificăm următorii parametri:

K – factorul de proporționalitate

ζ – factorul de amortizare

ω_n – pulsația naturală de oscilație

I. Identificarea neparametrică

a. Identificarea cu ajutorul fenomenului de rezonanță

Frecvențele unde amplitudinea e maximă se numesc frecvențe de rezonanță.

Pentru identificarea factorului de amortizare, avem nevoie de amplificarea la rezonanță. Acest aspect este reprezentat de raportul dintre amplitudinea semnalului de ieșire și cea a semnalului de intrare. Pentru a determina aceste amplitudini, va trebui să selectez perechi de indici din zona frecvențelor joase. Aceste perechi vor consta în maximul și minimul corespunzător fiecărui semnal, permitând astfel calculul factorului de amortizare.

Indicii selectați sunt:

```
i1 = 371; %ymax
i2 = 388; %ymin
i3 = 367; %umax
i4 = 383; %umin
```

Factorul de proporționalitate este definit prin raportul dintre valoarea medie a ieșirii și valoarea medie a intrării:

$$k = \text{mean}(y1) / \text{mean}(u) = 1.0098$$

Calculul amplificării la rezonanță:

$$Mr = ((y1(i1) - y1(i2)) / (u(i3) - u(i4))) / k = 1.3864$$

Calculul factorului de amortizare:

$$\zeta = \sqrt{(Mr^2 - 1)} / (2 * Mr) = 0.4525$$

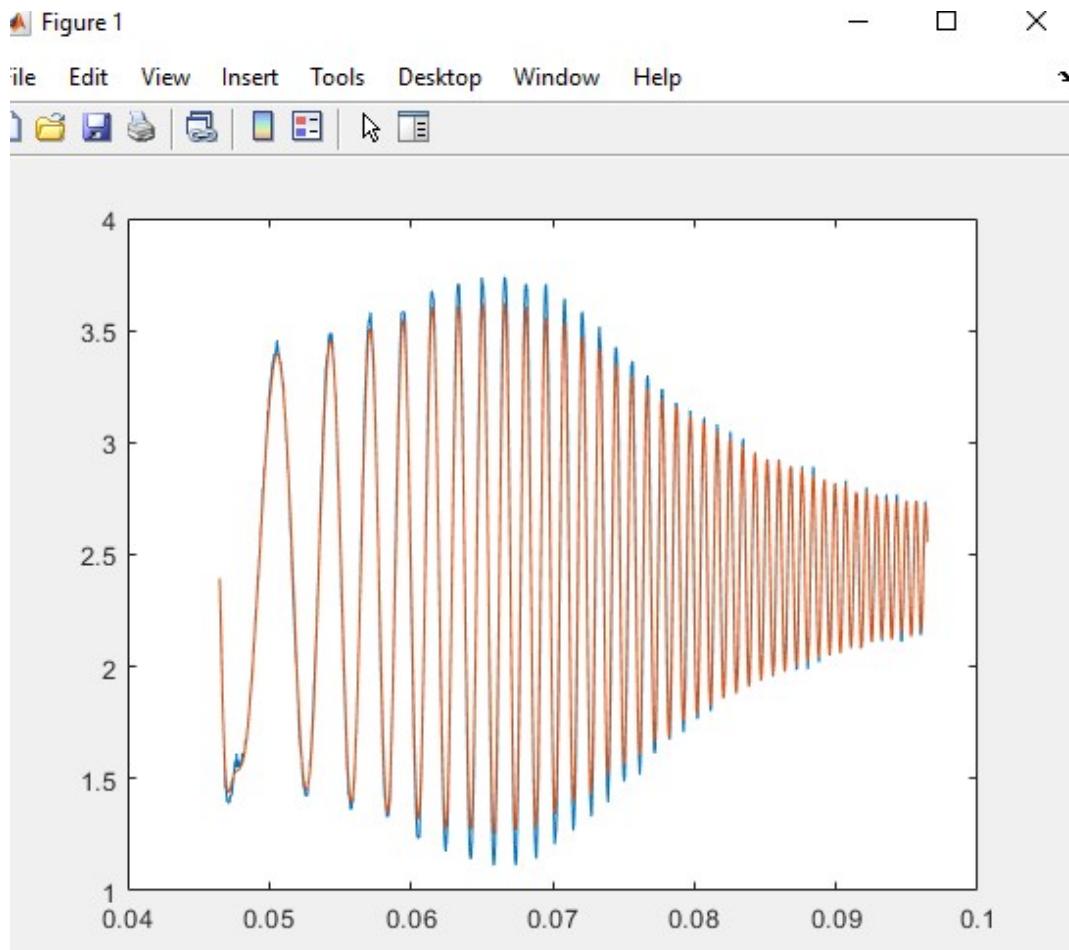
Perioada semnalului reprezintă intervalul dintre două maxime consecutive ale aceluiași semnal. Prin achiziționarea datelor de pe grafic, am identificat atât maximele, cât și minimele fiecărui semnal. Calculând diferența dintre aceste două extreme, obțin o semiperioadă. Pentru a determina perioada la rezonanță, voi multiplica această diferență cu 2, ajungând astfel la perioada completă.

Odată ce am obținut perioada la rezonanță, putem calcula pulsăția la rezonanță. Aceasta constă în raportul dintre produsul a 2π și perioada determinată anterior.

$$\begin{aligned} Tr &= 2 * (t(i4) - t(i3)) \% \text{perioada de rezonanță} &= 0.0016 \\ wr &= 2 * \pi / Tr \% \text{pulsatia de rezonanță} &= 3.9270e+03 \\ wn &= wr / \sqrt{1 - 2 * \zeta^2} \% \text{ pulsatia naturala} &= 4.9468e+03 \end{aligned}$$

Utilizarea spațiului stărilor pentru un sistem de ordin II pentru realizarea simulării în condiții nenule:

```
A=[0 1; -wn^2 -2*z*wn]
B=[0; k*wn^2]
C=[1 0]
D=0
y1c=lsim(A,B,C,D,u,t,[y1(1), (y1(2)-y1(1))/(t(2)-t(1))]);
plot(t, [y1, y1c])
```



Validarea acestor rezultate o vom face prin calcularea următoarelor formule: valoarea medie pătratică a erorii dintre ieșirea măsurată și ieșirea calculată.

```
J=norm(y1-y1c)/sqrt(length(y1)) % eroare medie patratica
empn=norm(y1-y1c)/norm(y1-mean(y1))*100 % eroare medie patratica normalizata
```

Eroarea medie pătratică normalizată obținută este de 9.54%.

III. Identificarea parametrică

```
% datele identificate
Te=t(2)-t(1) % timp de achiziție
data_id=iddata(y1, u, Te)
data_vd=iddata(y1, u, Te)
```

➤ Metode de identificare validate prin autocorelație:

- ### 1. Metoda celor mai mici pătrate recursive MCMMPR(ARX)

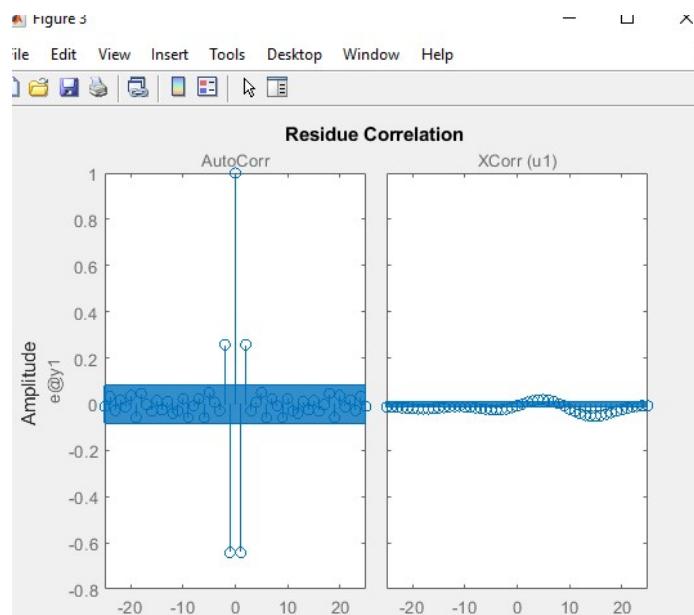
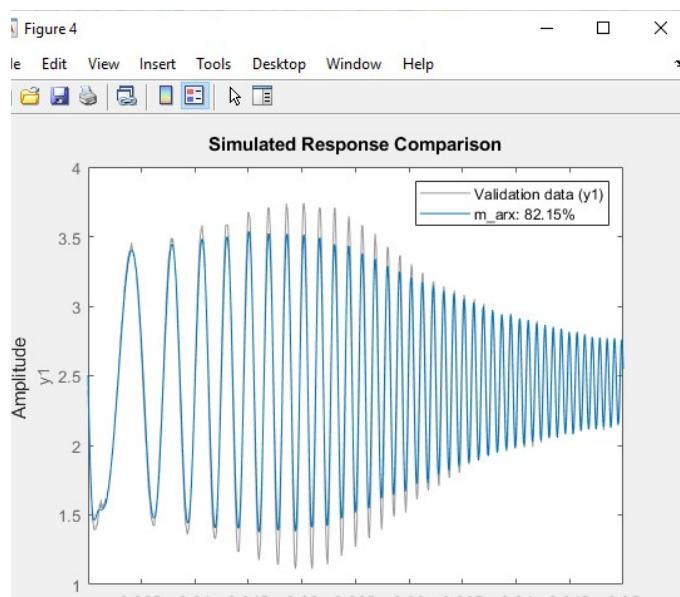
```

%% identificarea cu ARX
m_arx = arx(data_id,[2,1,1]) %identific polul pt partea mecanica, nu am zeroouri +tact intarziere

%validarea statistica
figure ; resid(m_arx,data_vd)
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_arx,data_vd) %gradul de suprapunere

```

```
m_arx =
Discrete-time ARX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)
    A(z) = 1 - 1.716 z^-1 + 0.7734 z^-2
    B(z) = 0.0583 z^-1
```



H1 =

%funcția de transfer

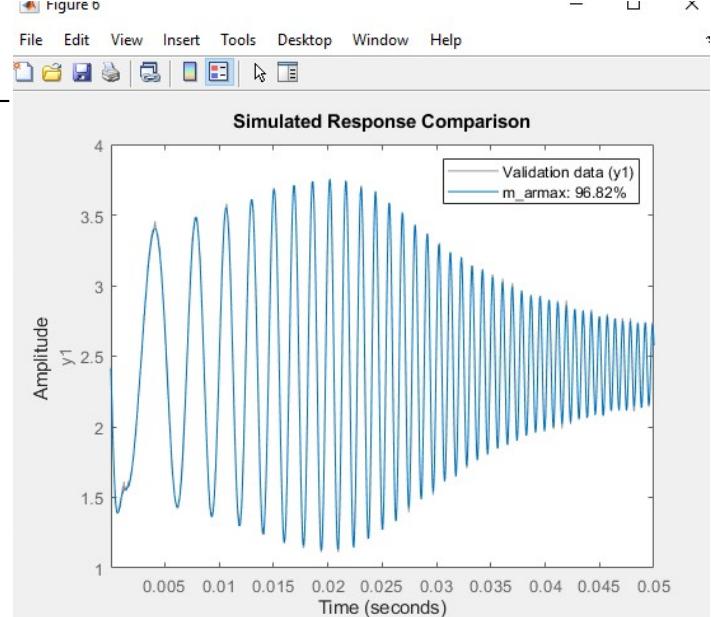
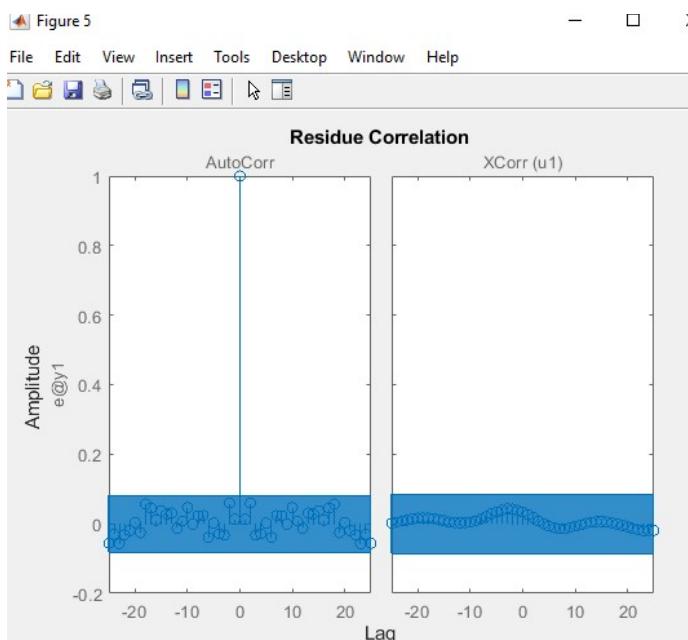
```
H1=tf(m_arx.B,m_arx.A,Te,'variable','z^-1') -----  
1 = 1.716 z^-1 + 0.7734 z^-2
```

2. Metoda celor mai mici pătrate extinsă MCMMPE(ARMAX)

```
%% identificarea cu ARMAX
m_armax = armax(data_id,[2,1,2,1]) %identific polul pt partea mecanica

%validarea statistica nivel de incredere mai bun
figure ; resid(m_armax,data_vd)
%ne intereseaza primele 2 esantioane
figure; compare(m_armax,data_vd)%gradul de suprapunere
```

```
m_armax =
Discrete-time ARMAX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
A(z) = 1 - 1.781 z^-1 + 0.8333 z^-2
B(z) = 0.05308 z^-1
C(z) = 1 - 1.639 z^-1 + 0.714 z^-2
```



```
%functia de transfer
H2= tf(m_armax.B,m_armax.A,Te, 'variable', 'z^-1')
```

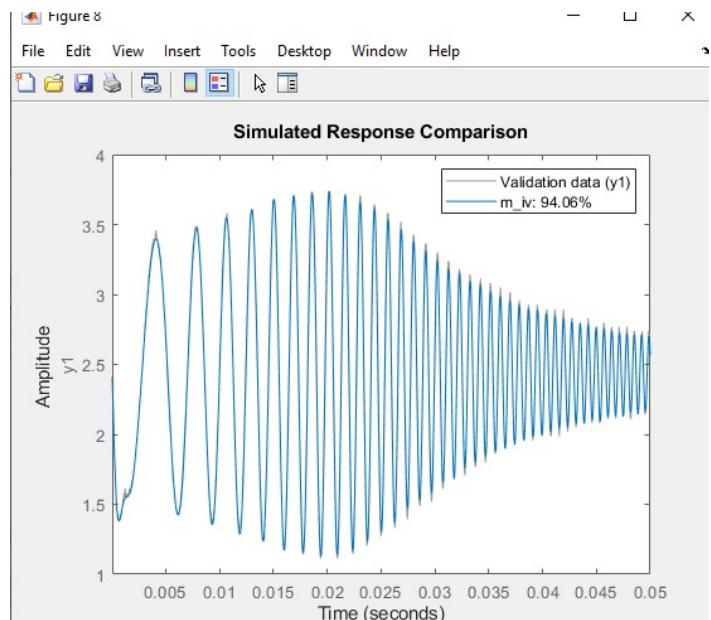
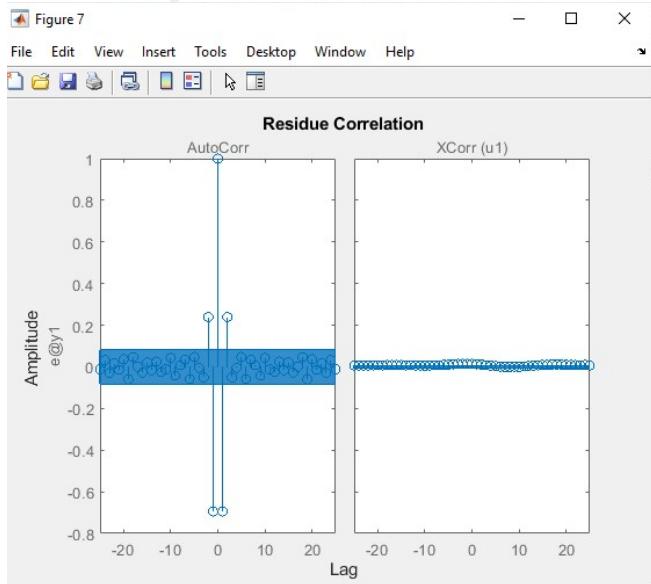
```
H2 =
0.05308 z^-1
-----
1 - 1.781 z^-1 + 0.8333 z^-2
```

- Metode de identificare validate prin intercorelație:
 1. Metoda variabilelor instrumentale (IV):

```
%% metoda IV
nA=2;
nB=1 %zerouri nu avem
nd=1; %interfata A/D
m_iv=iv4(data_id,[nA,nB,nd])
%validare statistica nA+nB+nF
figure; resid(m_iv,data_vd);
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_iv,data_vd)

m_iv =
Discrete-time ARX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)
A(z) = 1 - 1.786 z^-1 + 0.8359 z^-2

B(z) = 0.05068 z^-1
```



```
%functiile de transfer
Hd_iv=tf(m_iv.B,m_iv.A,Te,'variable','z^-1')
Hc_iv=d2c(Hd_iv)
```

```
Hd_iv =
0.05068 z^-1
-----
1 - 1.786 z^-1 + 0.8359 z^-2
```

```
Hc_iv =
542 s + 2.224e07
-----
s^2 + 3586 s + 2.209e07
```

2. Metoda erorii de ieșire (OE):

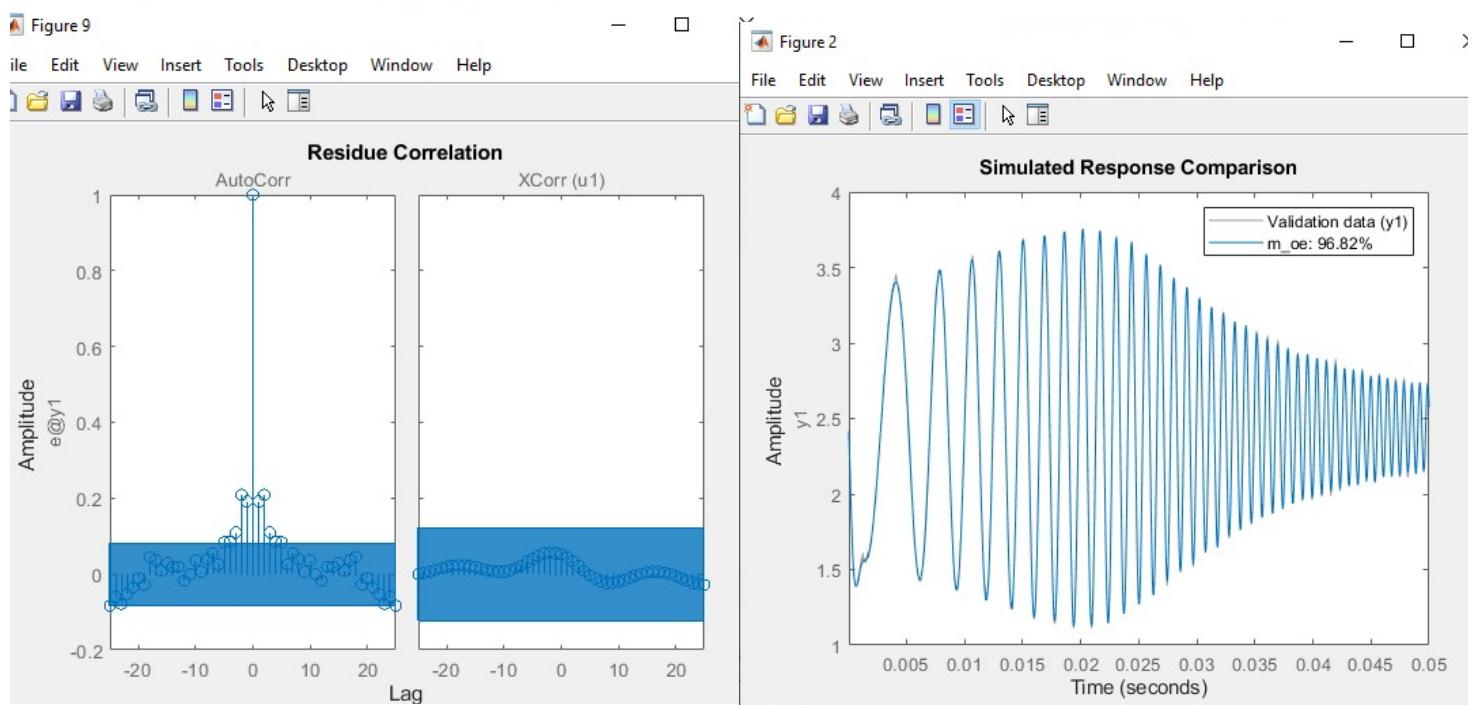
```

%% metoda OE
nF=2;%un pol
nB=1;%nu zero
nd=1;%interfatare
m_oe=oe(data_id,[nB,nF,nd])
%validare statistica nA+nB+nF
figure; resid(m_oe,data_vd);
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_oe,data_vd)

m_oe =
Discrete-time OE model: y(t) = [B(z)/F(z)]u(t) + e(t)
B(z) = 0.05314 z^-1

F(z) = 1 - 1.781 z^-1 + 0.8333 z^-2

```



```

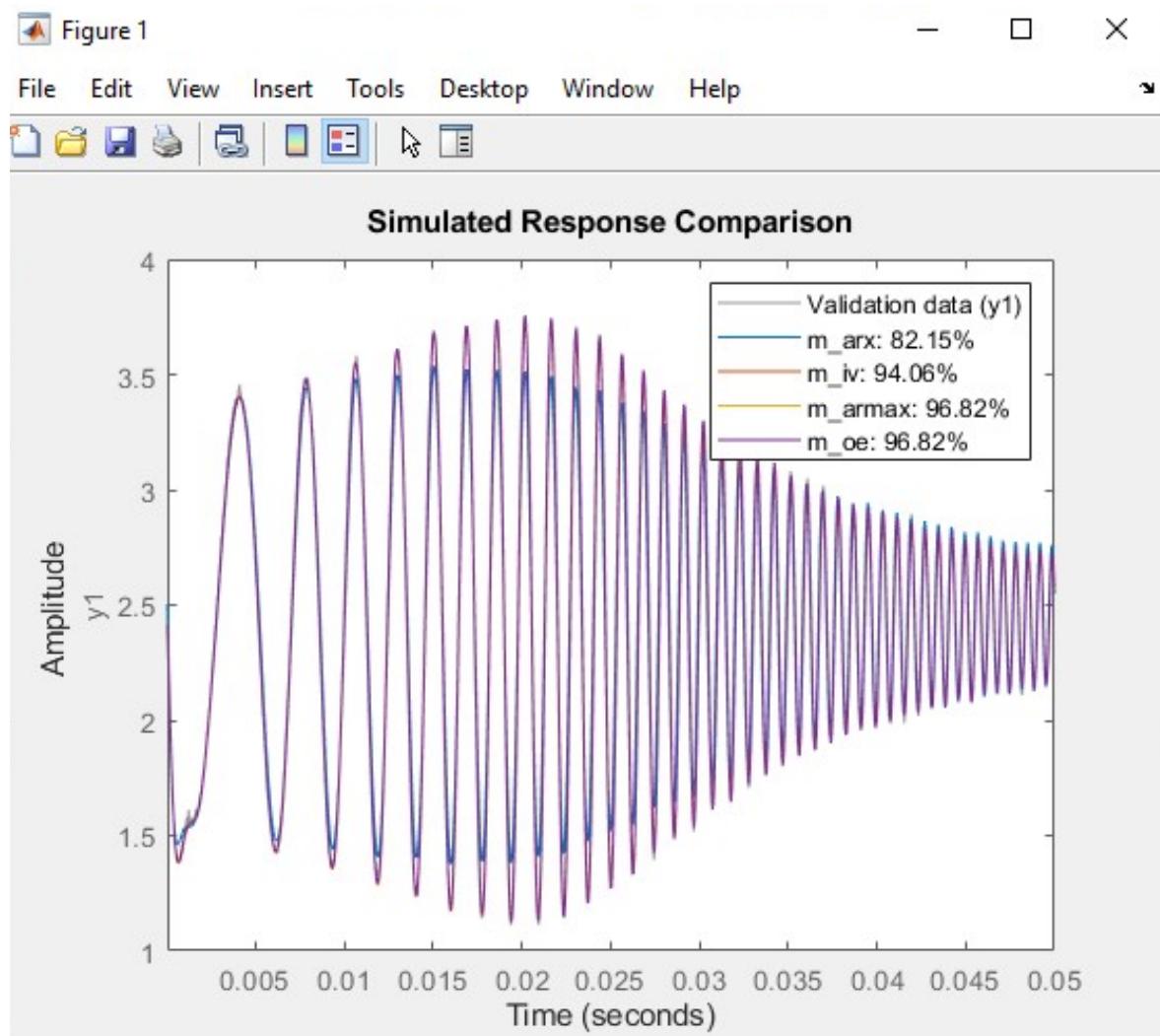
% functiile de transfer
Hd_oe=tf(m_oe.B,m_oe.F,Te,'variable','z^-1')
Hc_oe=d2c(Hd_oe)

Hd_oe =
0.05314 z^-1
-----
1 - 1.781 z^-1 + 0.8333 z^-2

Hc_oe =
569.1 s + 2.336e07
-----
s^2 + 3646 s + 2.314e07

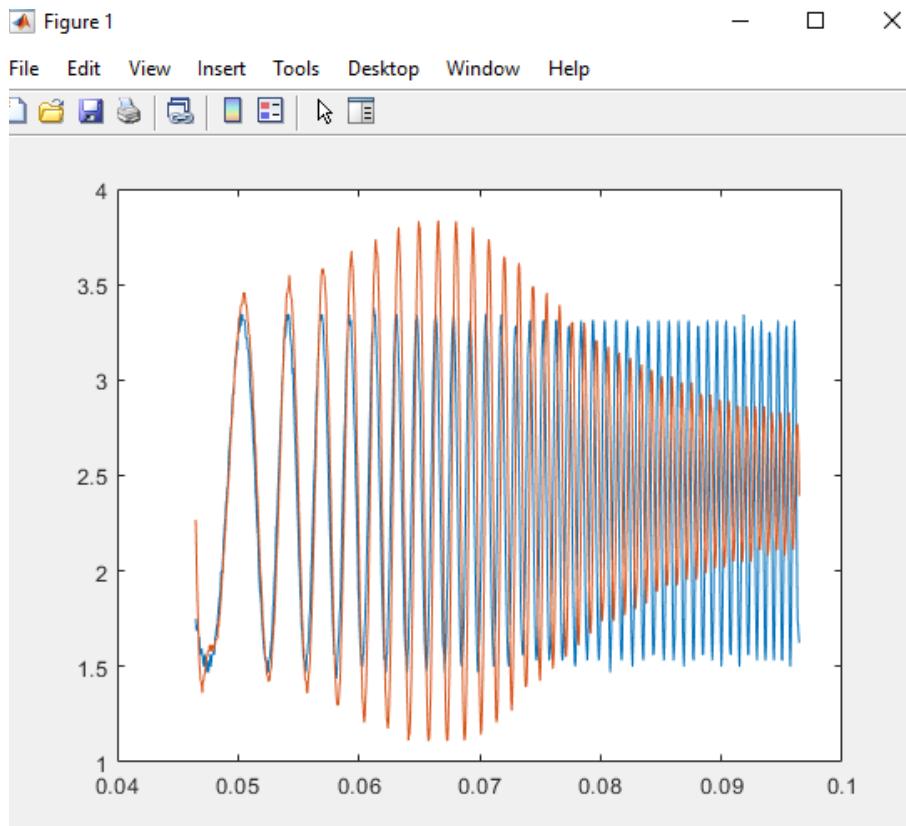
```

reprezentarea tuturor rezultatelor:



3. Al doilea semnal:

```
figure; plot(t,u,t,y2)
```



IV. Identificarea neparametrică

a. Identificarea cu ajutorul fenomenului de rezonanță

Indicii selectați sunt:

```
i1 = 417;
i2 = 432;
i3 = 413;
i4 = 428;
```

```
k=mean(y2)/mean(u)%factorul de proportionalitate = 1.0172
Mr=((y2(i1)-y2(i2))/(u(i3)-u(i4)))/k %amplificarea la rezonanta = 1.4255
z=sqrt((Mr-sqrt(Mr^2-1)))/(2/Mr)%factorul de amortizare = 0.4562
Tr=2*(t(i4)-t(i3))%perioada la rezonanta = 0.0015
wr=2*pi/Tr%pulsatia la rezonanta = 4.1888e+03
wn=wr/sqrt(1-2*z^2)%pulsatia naturala de oscilatie = 5.4821e+03
dt=t(i1)-t(i3)%timbul dintre maximul intrarii si maximul iesirii = 2.0000e-04
phr=(t(i3)-t(i1))*wr%defazajul = -0.8378

Tz=tan(phr+atan(sqrt(1-2*z^2)/z))/wr%constanta de timp a zeroului = 4.7109e-05
```

```

num=k*wn^2*[Tz 1]          Hc =
den=[1 2*z*wn wn^2]          1440 s + 3.057e07
                                -----
                                s^2 + 5001 s + 3.005e07

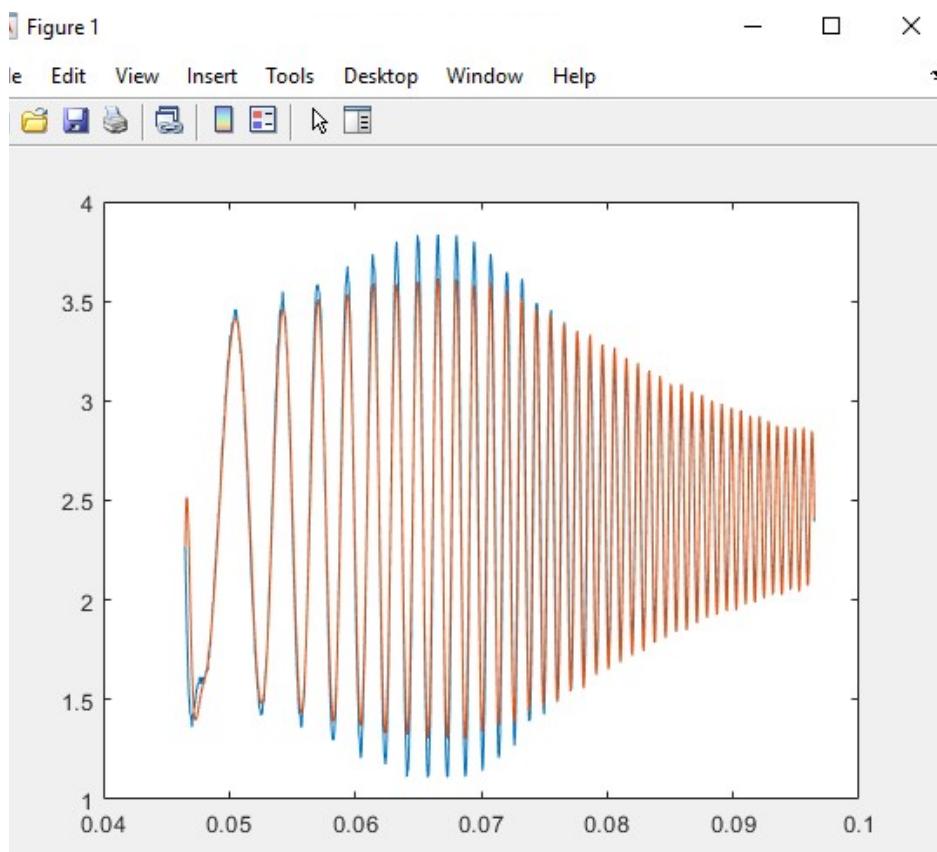
```

Date recalculate:

```

Mrc=((y2(i1)-y2(i2))/(u(i3)-u(i4))-Tz*(y2(2)-y2(1))/dt)/k%1.4670
zc=sqrt(Mrc-sqrt(Mrc^2-1))/(2/Mrc)
wnc=wr/sqrt(1-2*zc^2)
Tzc=tan(phr+atan(sqrt(1-2*zc^2)/zc))/wr
numc=[k*wnc^2*Tzc k*wnc^2]
denc=[1 2*zc*wnc wnc^2]
[Ac, Bc, Cc, D]=tf2ss(numc, denc)
A_FCOc=[-2*zc*wnc 1; -wnc^2 0];
B_FCOc=[Tzc*k*wnc^2; k*wnc^2];
C_FCOc=[1 0];
y2cc=lsim(A_FCOc,B_FCOc,C_FCOc,D,u,t,[y2(1), (y2(2)-y2(1))/dt+2*zc*wnc*y2(1)+Tzc*wnc^2*k*u(1)])
plot(t, [y2 y2cc])

```



Validarea rezultatelor: calculam valoarea medie pătratică a erorii dintre ieșirea măsurată și ieșirea calculată.

```

J=norm(y2-y2cc)/sqrt(length(y2))
empn=norm(y2-y2cc)/norm(y2-mean(y2))*100

```

Eroarea medie pătratică normalizată obținută este de 18.08%.

II. Identificarea parametrică

```
%> datele identificate
Te=t(2)-t(1)
data_id=iddata(y2, u, Te)
data_vd=iddata(y2, u, Te)
```

➤ Metode de identificare validate prin autocorelație:

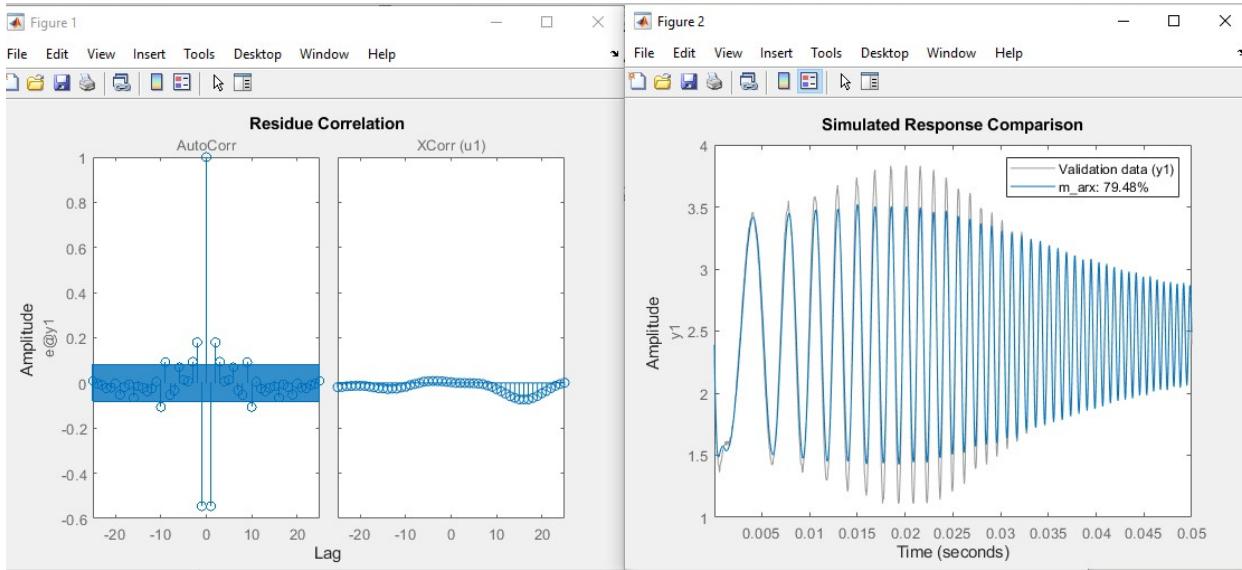
1. Metoda celor mai mici pătrate recursive MCMMPR(ARX)

```
%> identificarea cu ARX
m_arx = arx(data_id,[2,2,1]) %identific polul

%validarea statistica
figure ; resid(m_arx,data_vd)

%gradul de suprapunere
figure; compare(m_arx,data_vd)
```

```
m_arx =
Discrete-time ARX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)
A(z) = 1 - 1.657 z^-1 + 0.7293 z^-2
B(z) = 0.09255 z^-1 - 0.01844 z^-2
```



%functia de transfer

```
H1=tf(m_arx.B,m_arx.A,Te, 'variable', 'z^-1')
```

H1 =

$$\frac{0.09255 z^{-1} - 0.01844 z^{-2}}{1 - 1.657 z^{-1} + 0.7293 z^{-2}}$$

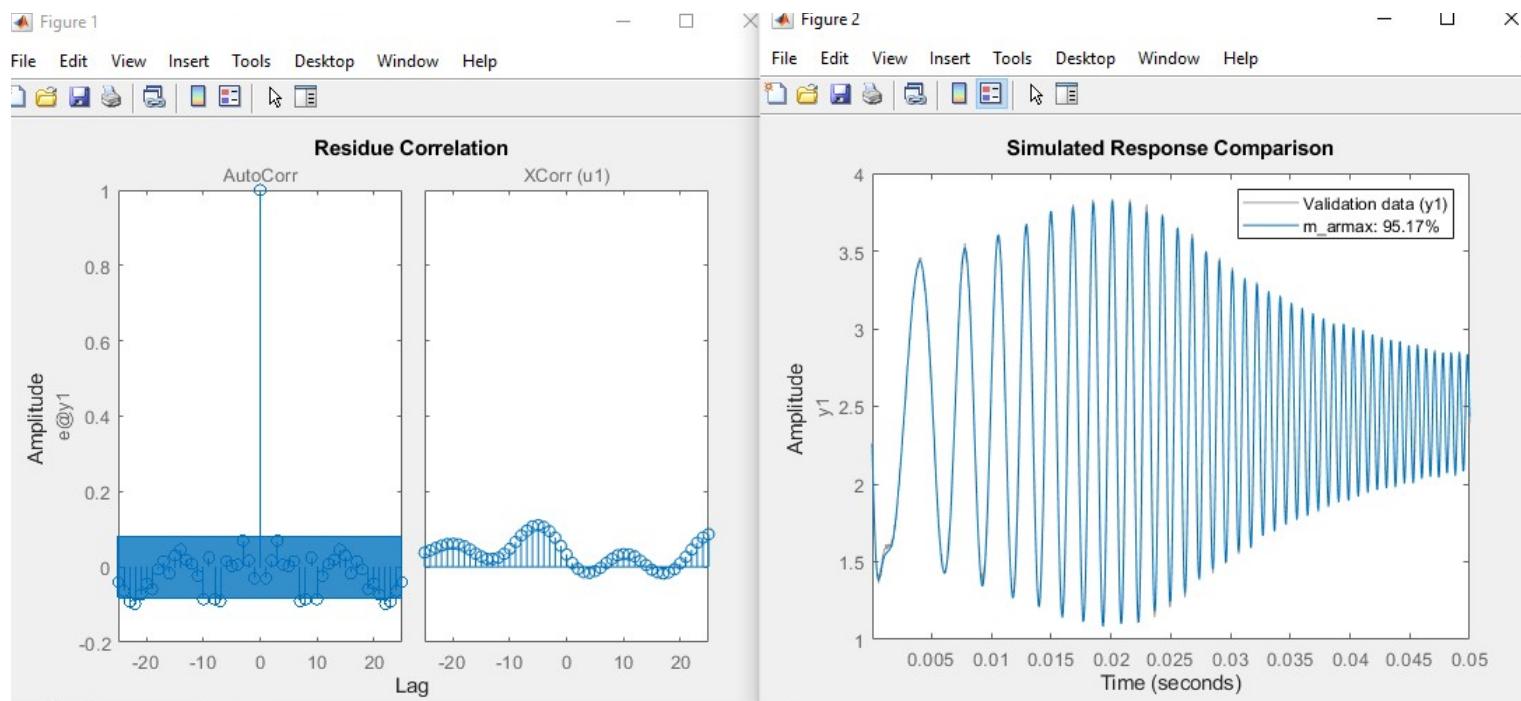
2. Metoda celor mai mici pătrate extinsă MCMMP(E)(ARMAX)

```
%% identificarea cu ARMAX
m_armax = armax(data_id,[2,2,2,1]) %identific po
```

```
%validarea statistica nivel de incredere mai bun
figure ; resid(m_armax,data_vd)
```

```
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_armax,data_vd)
```

```
m_armax =
Discrete-time ARMAX model: A(z)y(t) = B(z)u(t) + C(z)e(t)
A(z) = 1 - 1.777 z^-1 + 0.8274 z^-2
B(z) = 0.1373 z^-1 - 0.08652 z^-2
C(z) = 1 - 1.308 z^-1 + 0.4247 z^-2
```



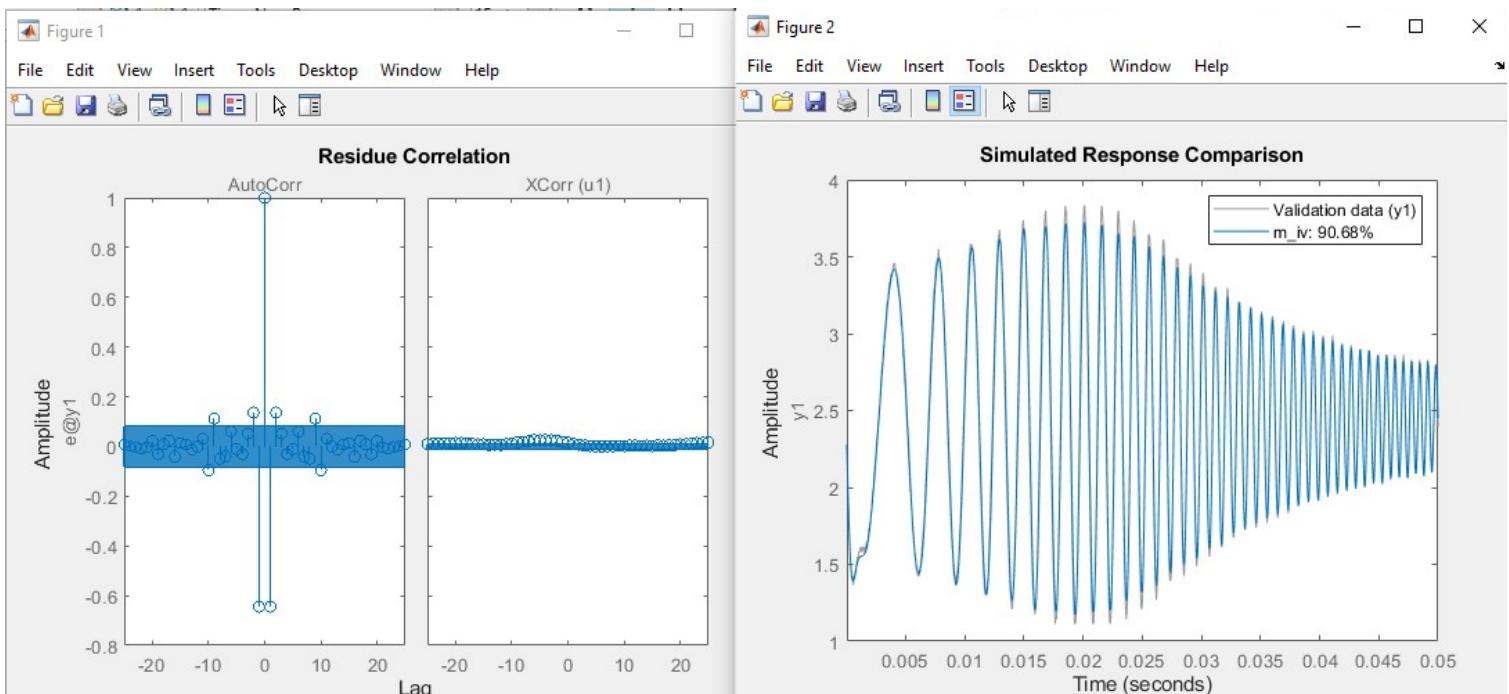
```
%functia de transfer
H2= tf(m_armax.B,m_armax.A,Te, 'variable', 'z^-1')
```

```
H2 =
0.1373 z^-1 - 0.08652 z^-2
-----
1 - 1.777 z^-1 + 0.8274 z^-2
```

- Metode de identificare validate prin intercorelație:
 1. Metoda varibilelor instrumentale (IV):

```
%% metoda IV
nA=2;
nB=2 %zerouri nu avem
nd=1; %interfata A/D
m_iv=iv4(data_id,[nA,nB,nd])
%validare statistica nA+nB+nF
figure; resid(m_iv,data_vd);
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_iv,data_vd)
```

m_iv =
 Discrete-time ARX model: $A(z)y(t) = B(z)u(t) + e(t)$
 $A(z) = 1 - 1.764 z^{-1} + 0.816 z^{-2}$
 $B(z) = 0.1193 z^{-1} - 0.06683 z^{-2}$



```
Hd_iv=tf(m_iv.B,m_iv.A,Te,'variable','z^-1')
Hc_iv=d2c(Hd_iv)
```

```
Hd_iv =

$$\frac{0.1193 z^{-1} - 0.06683 z^{-2}}{1 - 1.764 z^{-1} + 0.816 z^{-2}}$$

```

```
Hc_iv =

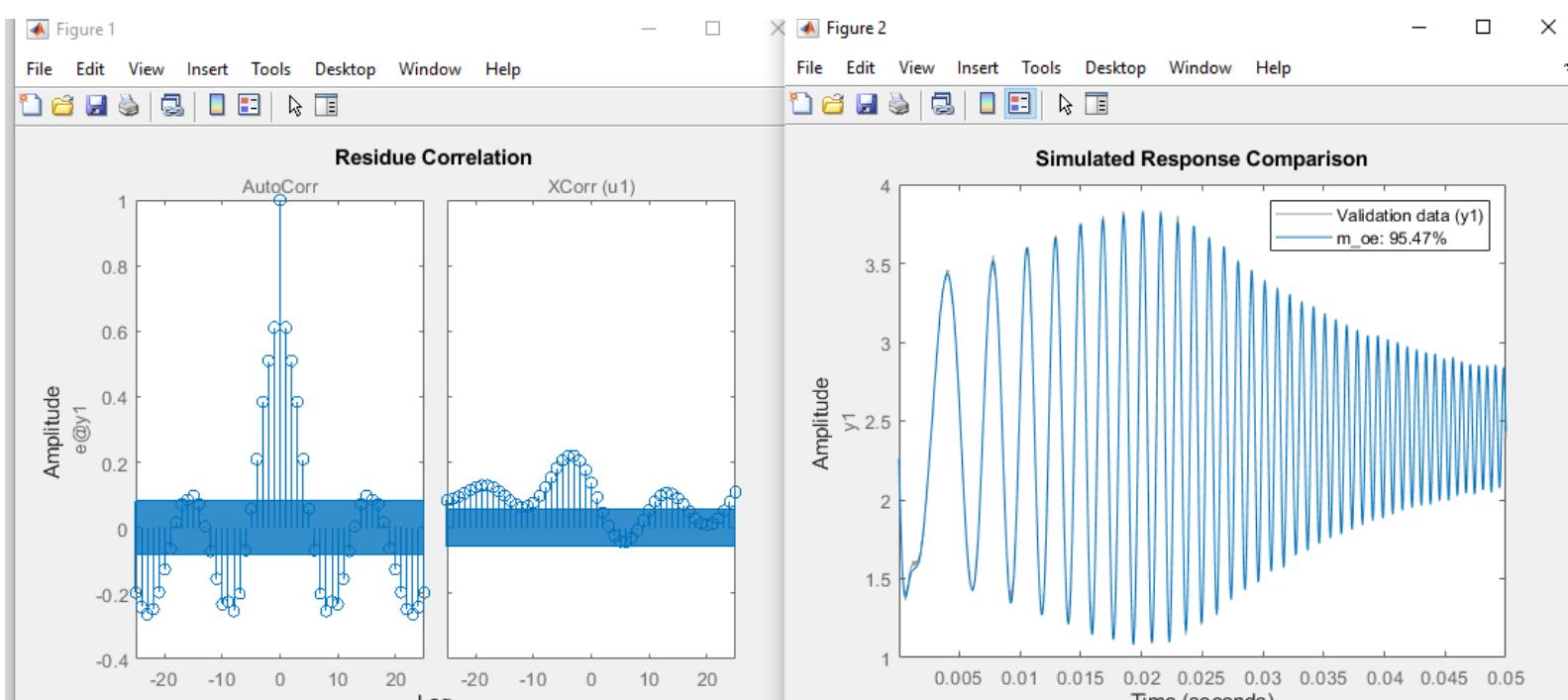
$$\frac{2057 s + 2.332e07}{s^2 + 4067 s + 2.302e07}$$

```

2. Metoda erorii de ieșire (OE):

```
%% metoda OE
nF=2;%un pol
nB=2;%nu zero
nd=1;%interfatare
m_oe=oe(data_id,[nB,nF,nd])
%validare statistica nA+nB+nF
figure; resid(m_oe,data_vd);
%gradul de suprapunere
figure; compare(m_oe,data_vd)
```

```
m_oe =
Discrete-time OE model: y(t) = [B(z)/F(z)]u(t) + e(t)
B(z) = 0.1385 z^-1 - 0.08679 z^-2
F(z) = 1 - 1.775 z^-1 + 0.8263 z^-2
```



```
Hd_oe=tf(m_oe.B,m_oe.F,Te,'variable','z^-1')
Hc_oe=d2c(Hd_oe)
```

```
Hd_oe =
0.1385 z^-1 - 0.08679 z^-2
-----
1 - 1.775 z^-1 + 0.8263 z^-2
```

```
Hc_oe =
2480 s + 2.284e07
-----
s^2 + 3815 s + 2.248e07
```

reprezentarea tuturor rezultatelor:

