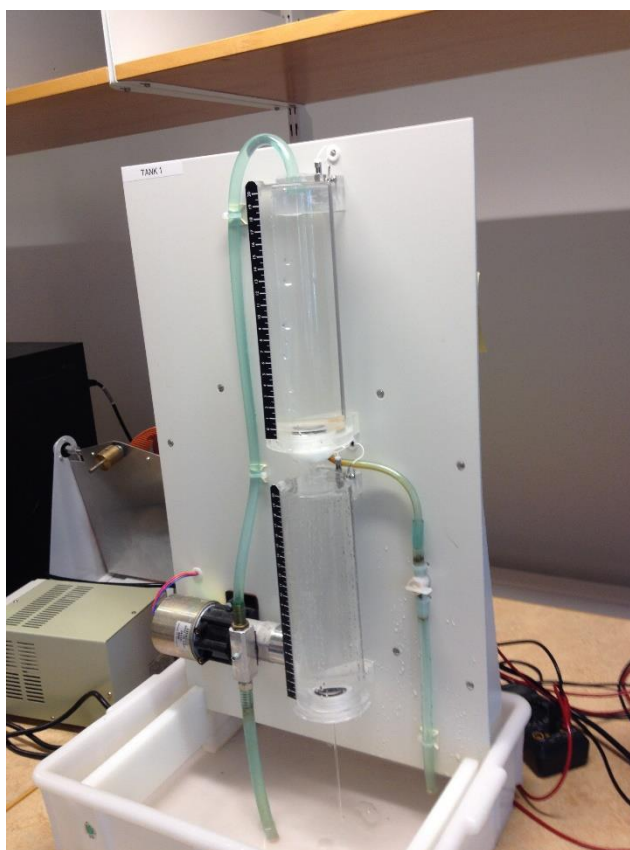


RAPORT Z PROJEKTU	Rok akademicki 2021/22
Przedmiot: IDENTYFIKACJA SYSTEMÓW	
Temat ćwiczenia: Projekt zaliczeniowy- zestaw 8.	
Wydział, kierunek, semestr, grupa: WARiE AiR Sem. 6 Środa 13:30	Imię i Nazwisko: 1. Szymon Murawski 144485 2. Marek Frąckowiak 144473

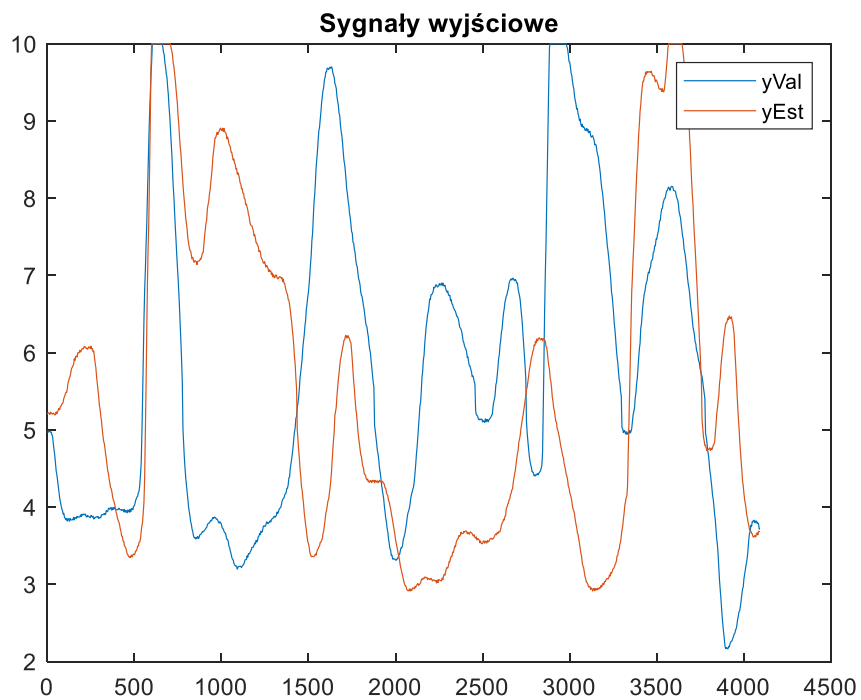
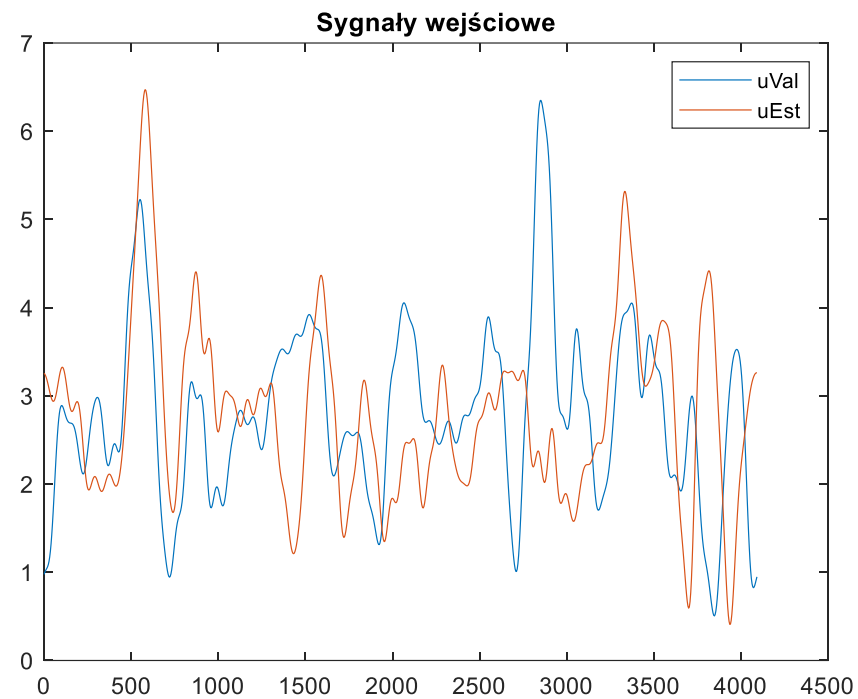
1. Cel projektu

Znalezienie modelu matematycznego systemu przedstawionego na poniższym zdjęciu:



Jest to system dwóch zbiorników z wylotami na ich dnie i połączonych kaskadowo. Woda pompowana jest z dolnego pojemnika do górnego zbiornika przez pompę, która z niego wpływa do dolnego przez mały otwór, a na koniec z powrotem do pojemnika na wodę. Sygnał wejściowy steruje pompą wody. Poziom cieczy mierzony jest z wykorzystaniem pojemnościowego czujnika poziomu wody.

2. Przegląd danych pomiarowych

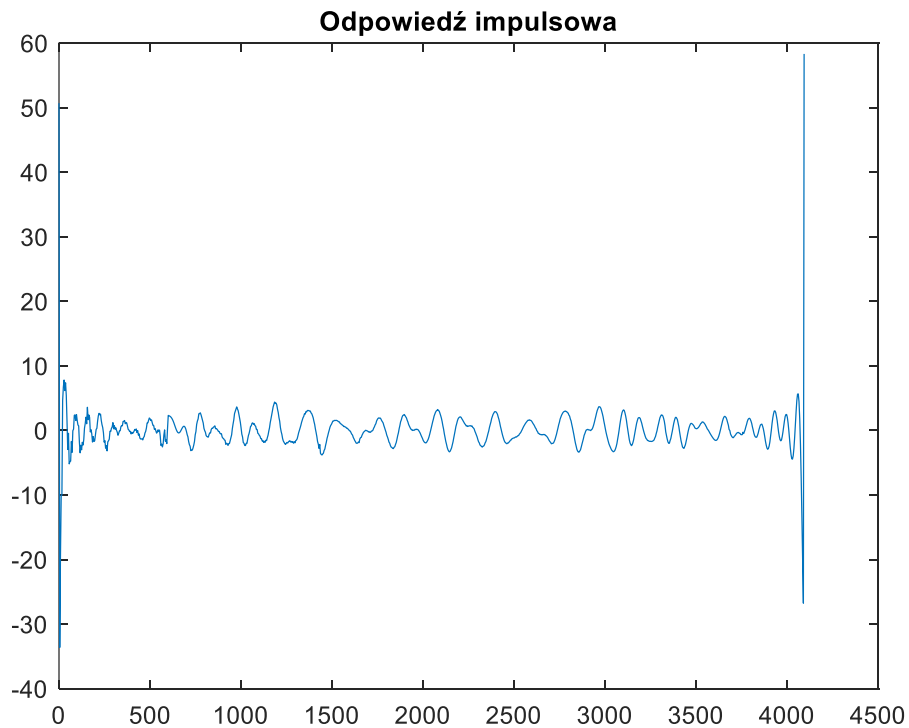


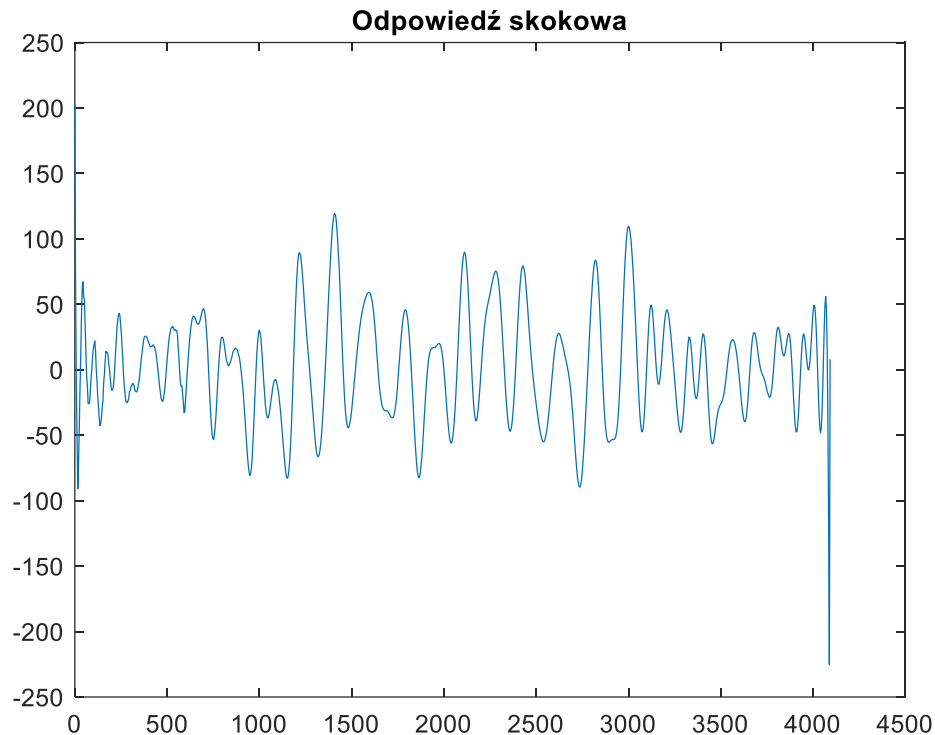
Zebrano dwukrotnie sygnał sterujący oraz sygnał wyjściowy z obiektu. Jeden zestaw służy do estymacji parametrów systemu (sygnały pomarańczowe). Drugi zestaw posłuży do walidacji otrzymanych parametrów.

3. Pozyskiwanie wiedzy wstępnej

Listing 1 Implementacja metody nieparametrycznej (w tym przypadku korelacyjnej).

```
% % Metoda korelacyjna
M=N;
Ruu=[];
xuu=xcorr(u,'unbiased');
Ruu=toeplitz(xuu((end)/2:end));
xyu=xcorr(y,u,'unbiased');
r_yu=[];
for i=1:M
    r_yu(i)=xyu(i);
end
gm=pinv(Ruu)*r_yu';
plot(t,gm);
title('Odpowiedź impulsowa');
h=[];
h(1)=0;
for i=2:M+1
    gg=gm(1:i-1);
    h(i-1)=Ts*sum(gg);
end
figure
plot(t,h)
title('Odpowiedź skokowa');
```





Wynikiem zaimplementowanej metody korelacyjnej są odpowiedzi impulsowa i skokowa badanego systemu. Na podstawie otrzymanych przebiegów można stwierdzić, iż obiekt ma charakter oscylacyjny rzędu 2 lub większego.

4. Identyfikacja parametryczna

W celu identyfikacji parametrycznej zastosowano metodę IV, gdzie zmienne instrumentalne są wyznaczane na podstawie odpowiedzi modelu, wyznaczonego na podstawie metody LS.

W celach testowych sprawdzono kilka różnych struktur obiektu, które zostaną porównane ze sobą w celu wybrania najlepszej.

Wybrane modele toru sterowania:

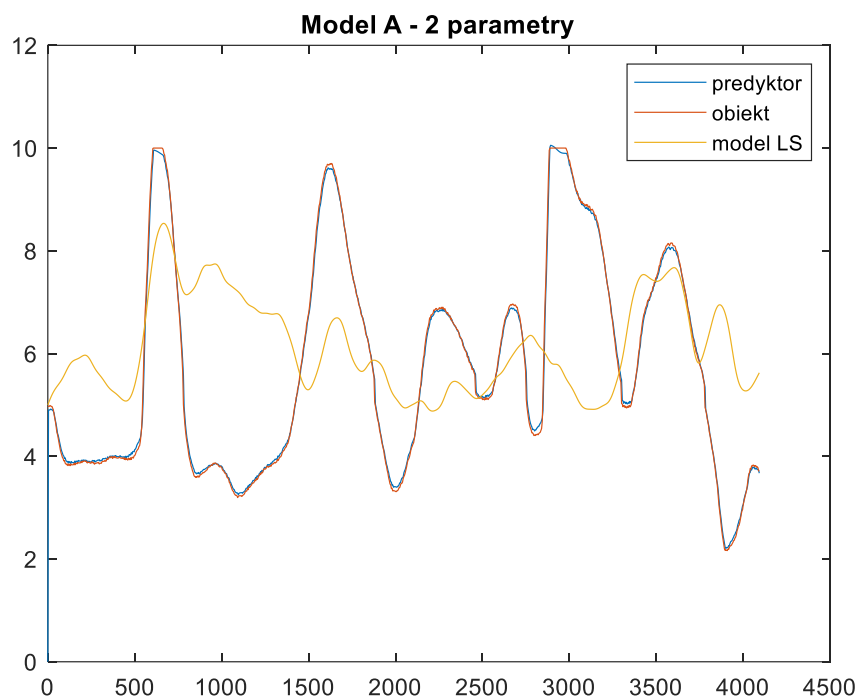
- a) $y(n) = -p_1y(n-1) + p_2u(n-1)$
- b) $y(n) = -p_1y(n-1) - p_2y(n-2) + p_3u(n-2)$
- c) $y(n) = -p_1y(n-1) - p_2y(n-2) - p_3y(n-3) + p_4u(n)$
- d) $y(n) = -p_1y(n-1) - p_2y(n-2) - p_3y(n-3) + p_4u(n) + p_5u(n-1)$

Listing 2 Implementacja identyfikacji parametrycznej (dla przypadku B).

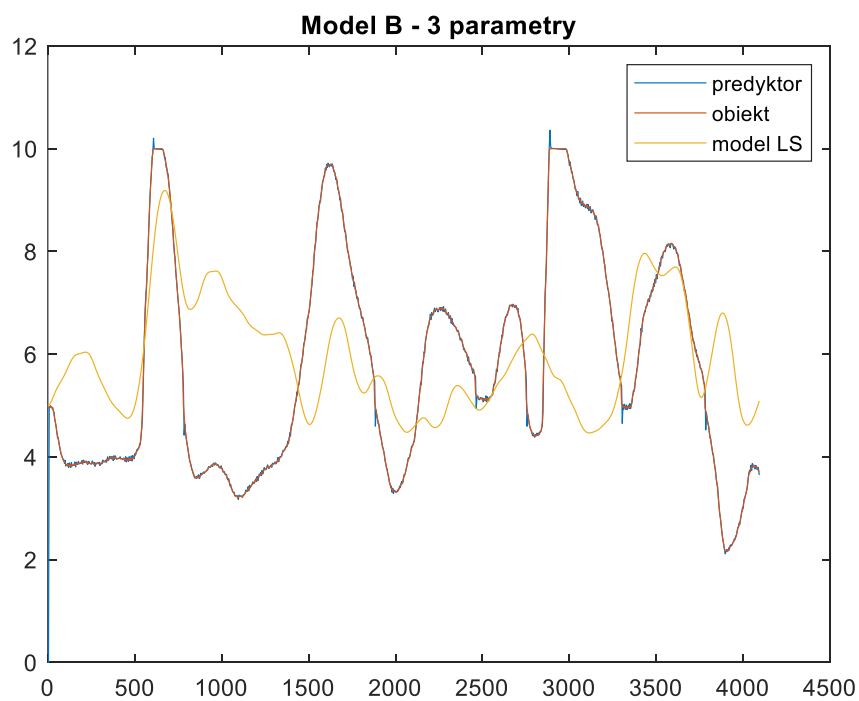
```
%% Metoda LS
dp = 3;
fi = [];
FI = [];
FI(1,:) = [0,0,0];
FI(2,:) = [0,0,0];
for i = 3:N
    fi = [-y(i-1),-y(i-2), u(i-2)];
    FI(i,:) = fi;
    fi = [];
end
p_N_LS = inv(FI'*FI)*FI'*y;
ym = [];
ym(1) = 5;
ym(2) = 5;
for i = dp:N
    ym(i) = -p_N_LS(1)*ym(i-1)-p_N_LS(2)*ym(i-2)+p_N_LS(3)*u(i-2);
end
%% Metoda IV
z = [];
Z = [];
Z(1,:) = [0,0,0];
Z(2,:) = [0,0,0];
for i = dp:N
    z = [-ym(i-1),-ym(i-2), u(i-2)];
    Z(i,:) = z;
    z = [];
end
p_N_IV = inv(Z'*FI)*Z'*y;
ym2 = [];
ym2(1) = 5;
ym2(2) = 5;
ym = [];
for i = dp:N
    pred(i) = -p_N_IV(1)*yVal(i-1)-p_N_IV(2)*yVal(i-2)+p_N_IV(3)*uVal(i-2);
    ym2(i) = -p_N_IV(1)*ym2(i-1)-p_N_IV(2)*ym2(i-2)+p_N_IV(3)*uVal(i-2);
end
plot(t,pred,t,yVal,t,ym2);
legend('predyktor','obiekt','model')
title('3 parametry')
```

Porównanie odpowiedzi modelowanych systemów z danymi weryfikacyjnymi dla metody LS:

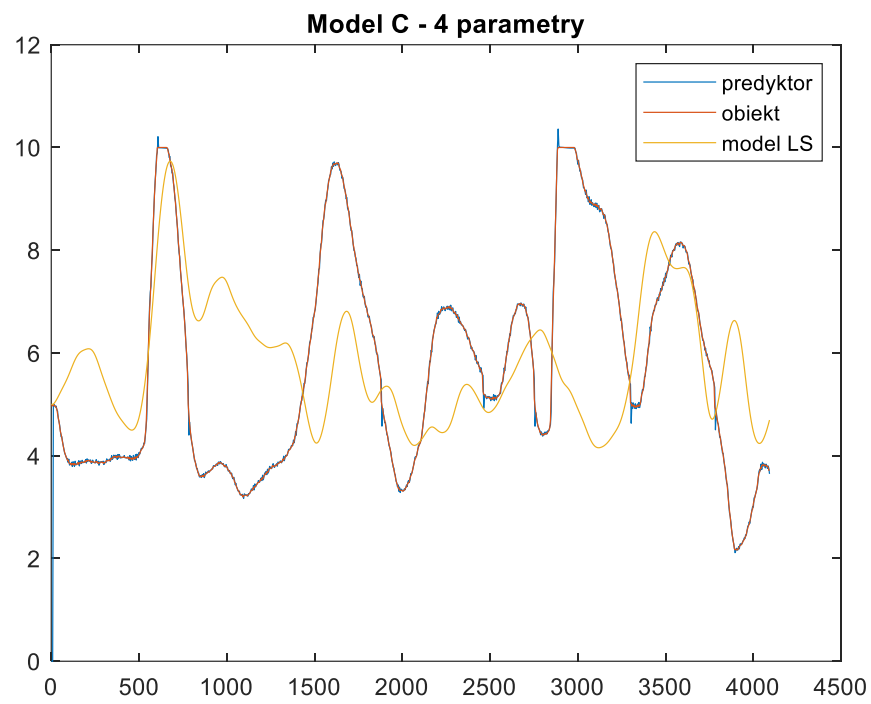
a)



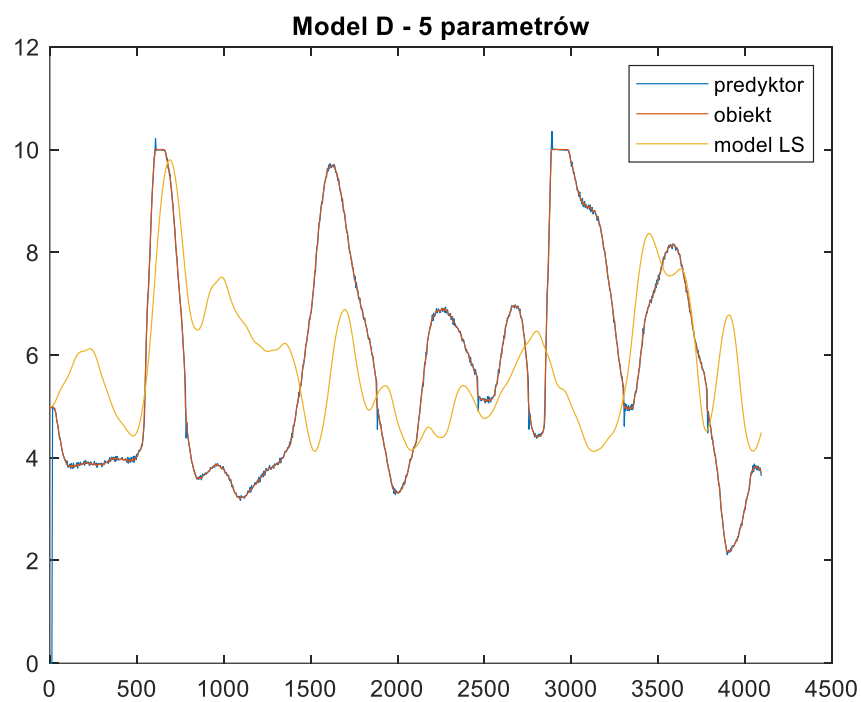
b)



c)

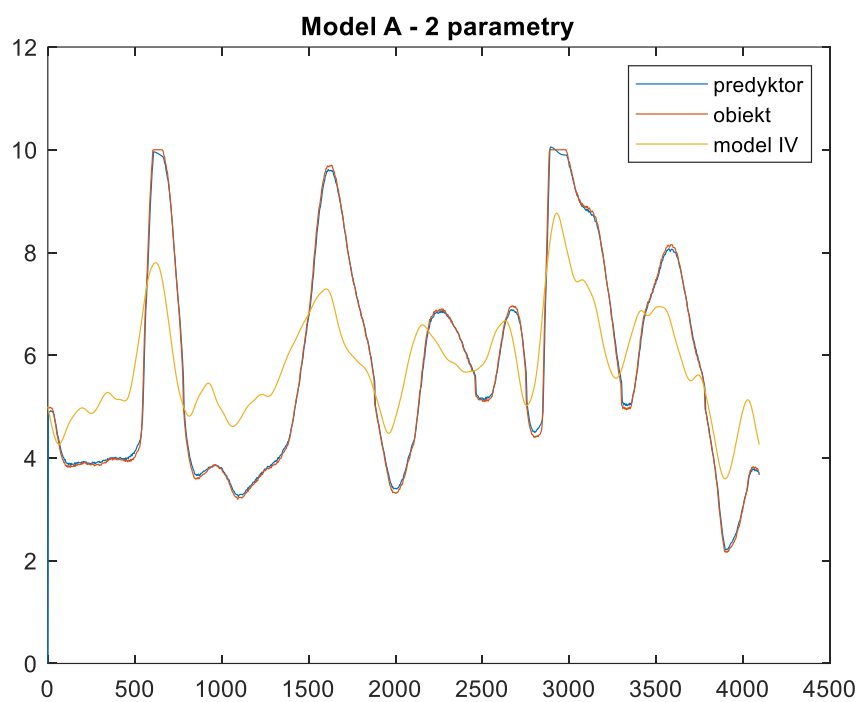


d)

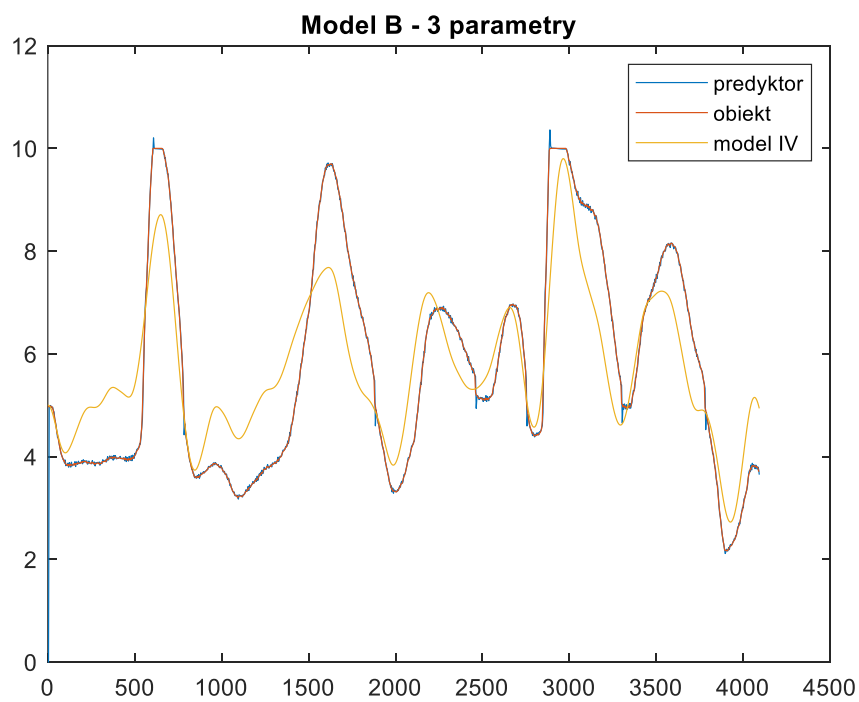


Porównanie odpowiedzi modelowanych systemów z danymi weryfikacyjnymi dla metody IV:

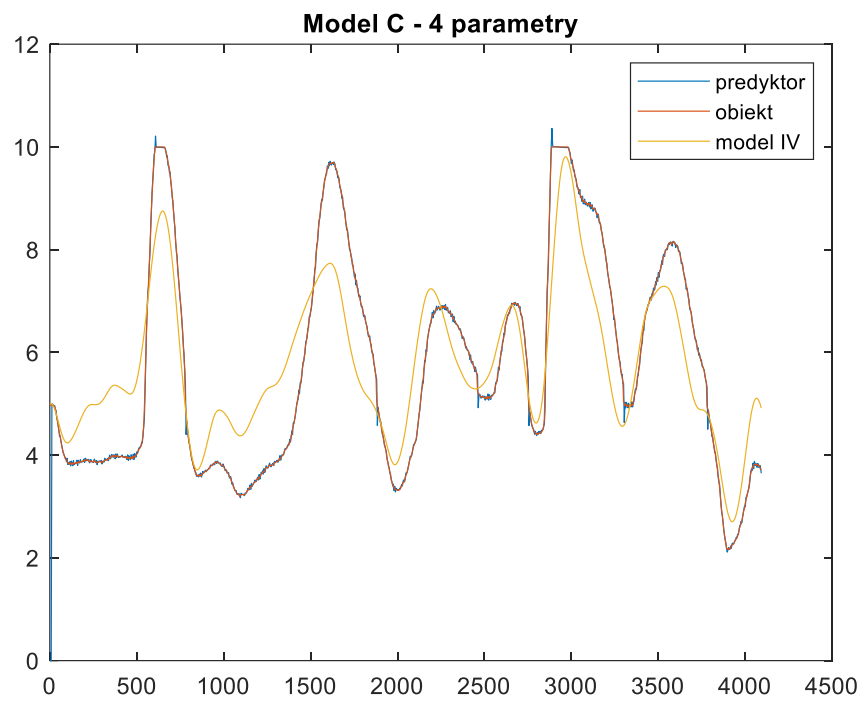
a)



b)



c)



d)

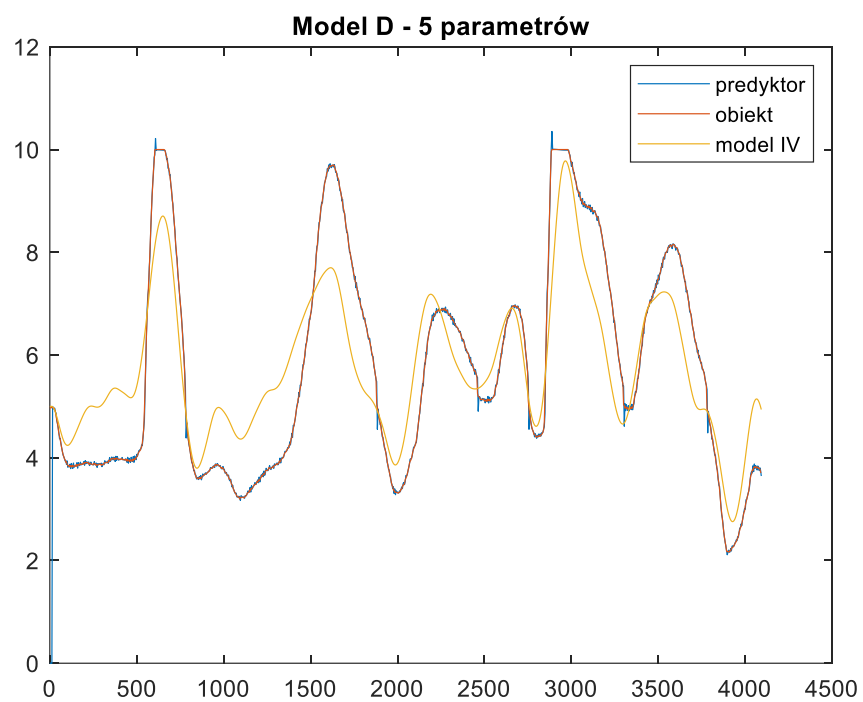


Tabela wyznaczonych estymat parametrów dla badanych struktur modeli metodą LS.

Parametry Model	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
a)	-0.9835	0.0362	-	-	-
b)	-1.7649	0.7703	0.0114	-	-
c)	-1.4670	0.1042	0.3676	0.0099	-
d)	-1.4561	0.1077	0.3540	-0.0509	0.0623

Tabela wyznaczonych estymat parametrów dla badanych struktur modeli metodą IV.

Parametry Model	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
a)	-0.9758	0.0502	-	-	-
b)	-1.9167	0.9198	0.0063	-	-
c)	-2.3953	1.8321	-0.4353	0.0030	-
d)	-2.0240	1.1253	-0.0986	-0.0051	0.0107

5. Weryfikacja krzyżowa odpowiedzi

Na podstawie weryfikacji krzyżowej wykluczamy wszystkie modele, dla których parametry zostały wyznaczone metodą LS. Dalsze rozważania będą się odnosić do modeli, których parametry wyznaczono metodą IV.

Dla każdego modelu odpowiedź obiektu rzeczywistego oraz predyktora pokrywają się. Nie mamy dostępu do odpowiedzi obiektu bez zakłócenia, więc odpowiedź symulatora należy porównać z przebiegiem sygnału pomiarowego. Odpowiedzi symulacji mają charakter zbliżony do odpowiedzi uzyskanej z pomiarów. Im więcej parametrów zastosowano tym dokładniej przebiegi te pokrywają się. Zauważalne różnice obserwowane są w stanie początkowym.

6. Elastyczność i oszczędność

W celu wyboru najlepszego modelu zostaną obliczone odpowiednie wskaźniki jakości. Modele zostaną ocenione pod kątem elastyczności oraz oszczędności.

Listing 3 Implementacja obliczania odpowiednich wskaźników.

```
%% Weryfikacja
e = yVal-ym2';
Vn = (e'*e)/N;
AIC = N*log(Vn)+2*dp;
SIC = N*log(Vn)+2*dp*log(N);
FPE = Vn*(1+dp/N)/(1-dp/N);
txt = sprintf('AIC: %f\nSIC: %f\nFPE: %f\nV*: %f',AIC,SIC,FPE,Vn);
disp(txt);
```

Tabela uzyskanych wartości wskaźników.

Wskaźnik Model	AIC	SIC	FPE	Vn
a)	597.94	621.66	1.79	1.79
b)	171.04	206.63	1.18	1.17
c)	177.22	224.67	1.19	1.18
d)	162.02	221.33	1.17	1.16

Im mniejszy wskaźnik Vn tym lepszy jest model. Wszystkie wartości są zbliżone. Nieznacznie wyróżnia się pod tym względem model D, więc można go ocenić jako najlepszy pod względem elastyczności. Ma on najwięcej parametrów, co również wskazuje na jego elastyczność.

Preferujemy modele o najmniejszych wartościach wskaźników AIC, SIC oraz FPE, które świadczą o oszczędności modelu. Najmniejszymi wartościami charakteryzuje się model D (wskaźnik AIC jest mniejszy dla modelu b).

7. Podsumowanie

Wszystkie modele dają zbliżone sobie rezultaty. Odstającym modelem jest model a), który ma tylko dwa parametry, przez co charakteryzuje się małą elastycznością. Im więcej parametrów zastosowano w modelu tym lepszymi wskaźnikami oszczędności i elastyczności charakteryzuje się modelowanie. Dalsze zwiększanie liczby parametrów może prowadzić do zjawiska nadparametryzowania, gdzie odpowiedź modelu będzie pokrywać się z odpowiedzią rzeczywistego obiektu, ale będzie to błędne dopasowanie się w szumy pomiarowe i zakłócenia, a nie w prawdziwy sygnał wyjściowy obiektu.

Wszystkie modele są zbliżone, więc wybór ostatecznego modelu jest dowolny. Ze względu na nieznaczną przewagę modelu d) w elastyczności modelowania wybrano ten model. Można zapisać równanie różnicowe modelu matematycznego identyfikowanego obiektu:

$$y(n) = 2.024y(n-1) - 1.1253y(n-2) + 0.0986y(n-3) - 0.0051u(n) + 0.0107u(n-1)$$