Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Wstęp do Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów - Laboratorium

Filtry CAV
(CAV ang. Cummulating AVerage)

1. **Ćwiczenie**

<table>
<tr><td colspan="3" align="center">Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów – laboratorium
Temat: Filtry CAV
(CAV ang. Cummulating AVerage)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Imię i nazwisko: Marcel Garczyk</td></tr>
<tr><td>Data ćwiczenia:
12.05.2022e.</td><td>Data oddania
sprawozdania:12.05.2022r.</td><td>Ocena:</td></tr>
</table>

1. Wyjaśnij jak działa filtr CAV (CPS_CAV_G.m).

Działanie filtru CAV polega, na uśrednianiu sygnału w taki sposób, by z szumu „wyciągnąć” możliwie jak najbardziej przybliżoną wersję oryginalnego ukrytego w nim sygnału, poprzez odejmowanie od sygnału wejściowego średniej wartości szumu.

te dwie rzeczy się wykluczają

0pkt Cytując bardziej zwięźle ze źródła: 2

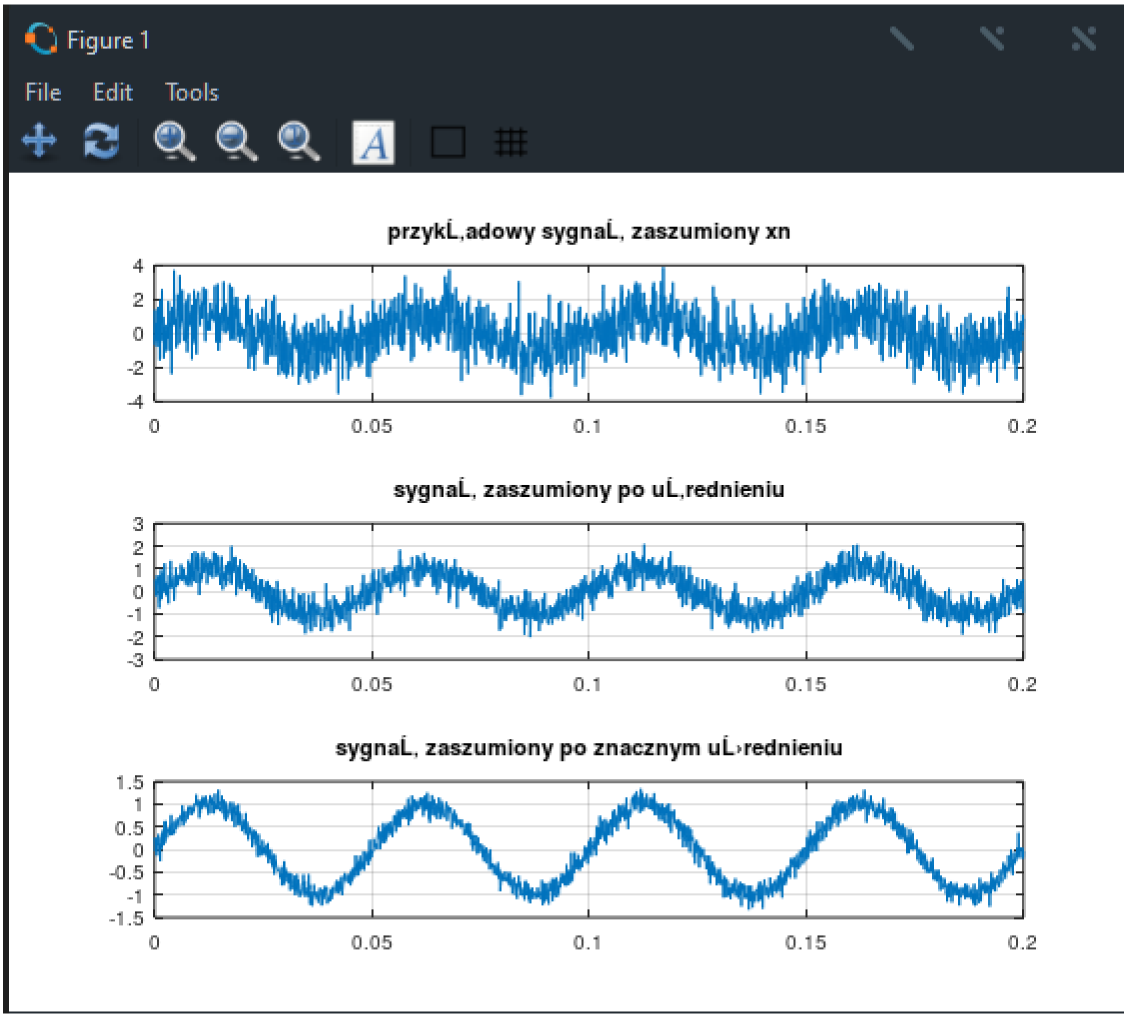
co?

Uśrednienie typu CAV polega na zebraniu M próbek sygnału z pewnego okna czasowego i powtórzenie N-krotnie. Momenty początków repetycji są zsynchronizowane. Poszczególne repetycje nie nachodzą na siebie. W wyniku CAV otrzymuje się M próbek. Wartość każdej z nich jest średnią z N wartości próbek branych w tej samej chwili czasu względem początku każdej repetycji.

2. Zbadaj własności i skuteczność filtru porównując jeden przebieg (CPS_CAV_G.m), kilka i kilkadziesiąt przebiegów skumulowanych, gdy sygnał zakłócany jest szumem gaussowskim o dopasowanych uprzednio trzech wariancjach.

   Wykresy:

   a) vvar = 0.07
      - n = 5



- n = 50

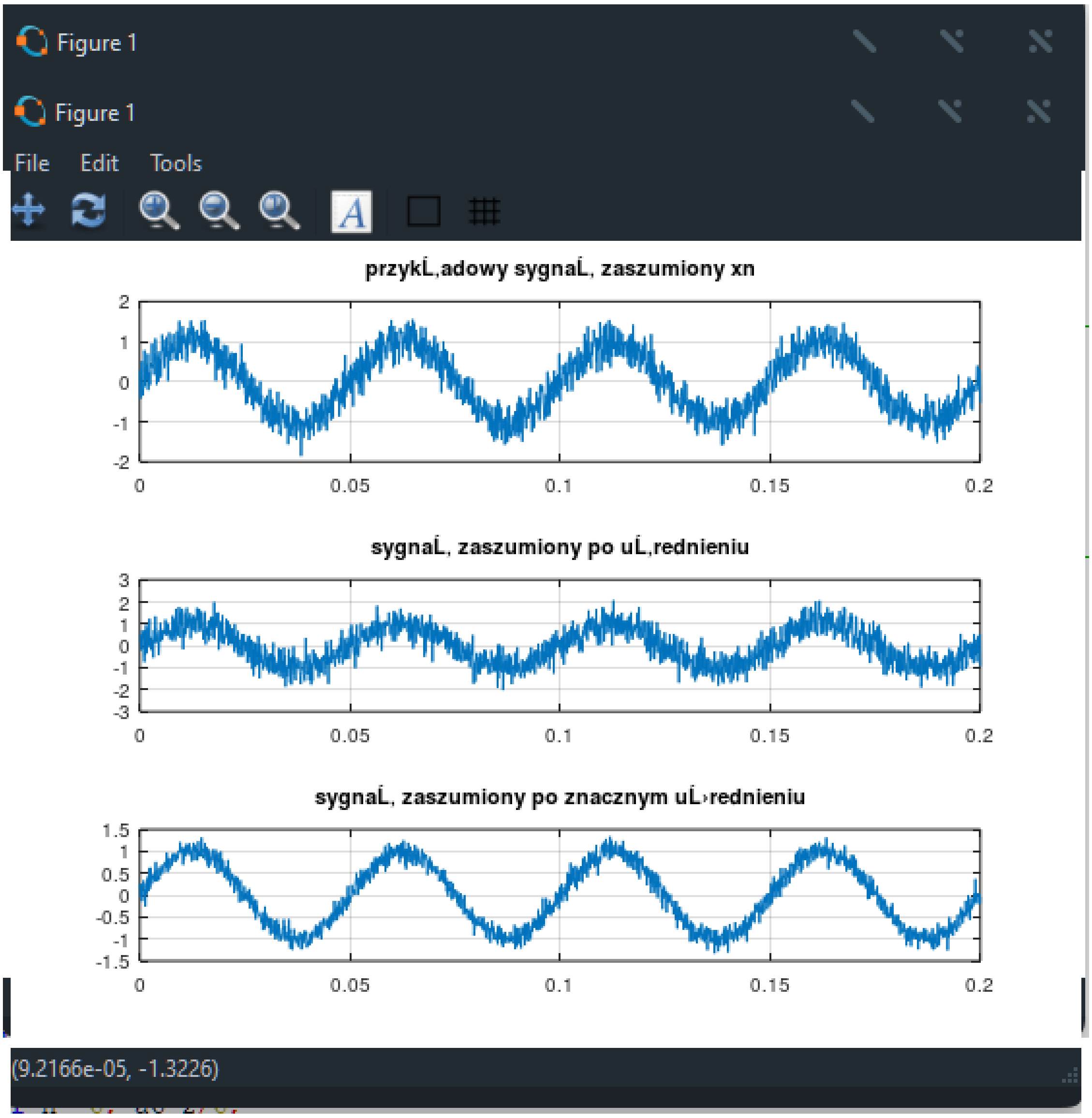


Figure 1
Figure 1
File
Edit
Tools
przykĹ‚adowy sygnaĹ‚ zaszumiony xn
sygnaĹ‚ zaszumiony po uĹ‚rednieniu
sygnaĹ‚ zaszumiony po znacznym uĹ›rednieniu
0
0.05
0.1
0.15
0.2
(9.2166e-05, -1.3226)

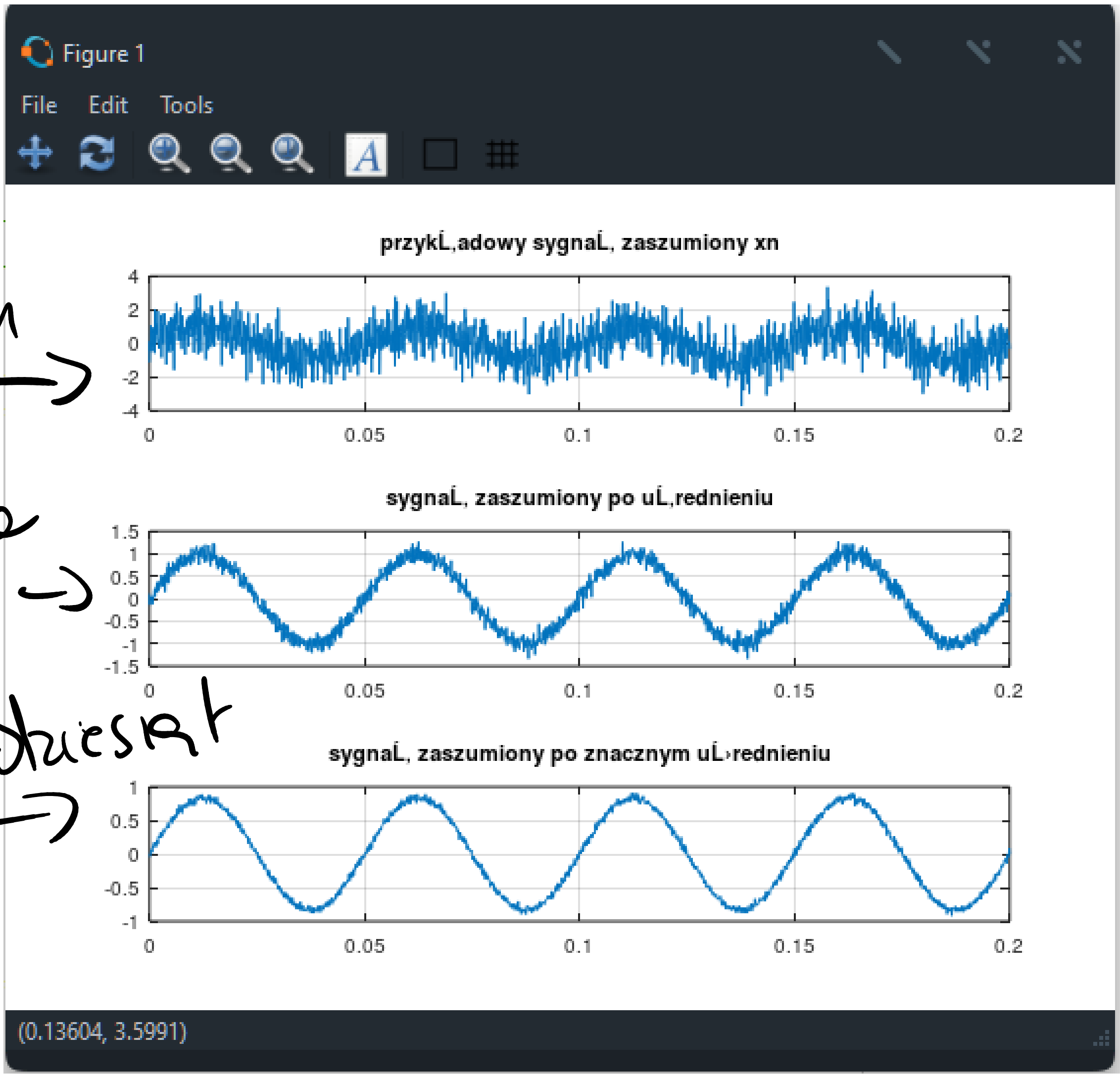
b) vvar = 0.7

- n = 5

jeden

kilka

kilkadziesiąt



Nie ma sensu umieszczać po spr. więcej niż 3 potrójnych wykresów!

- n = 50

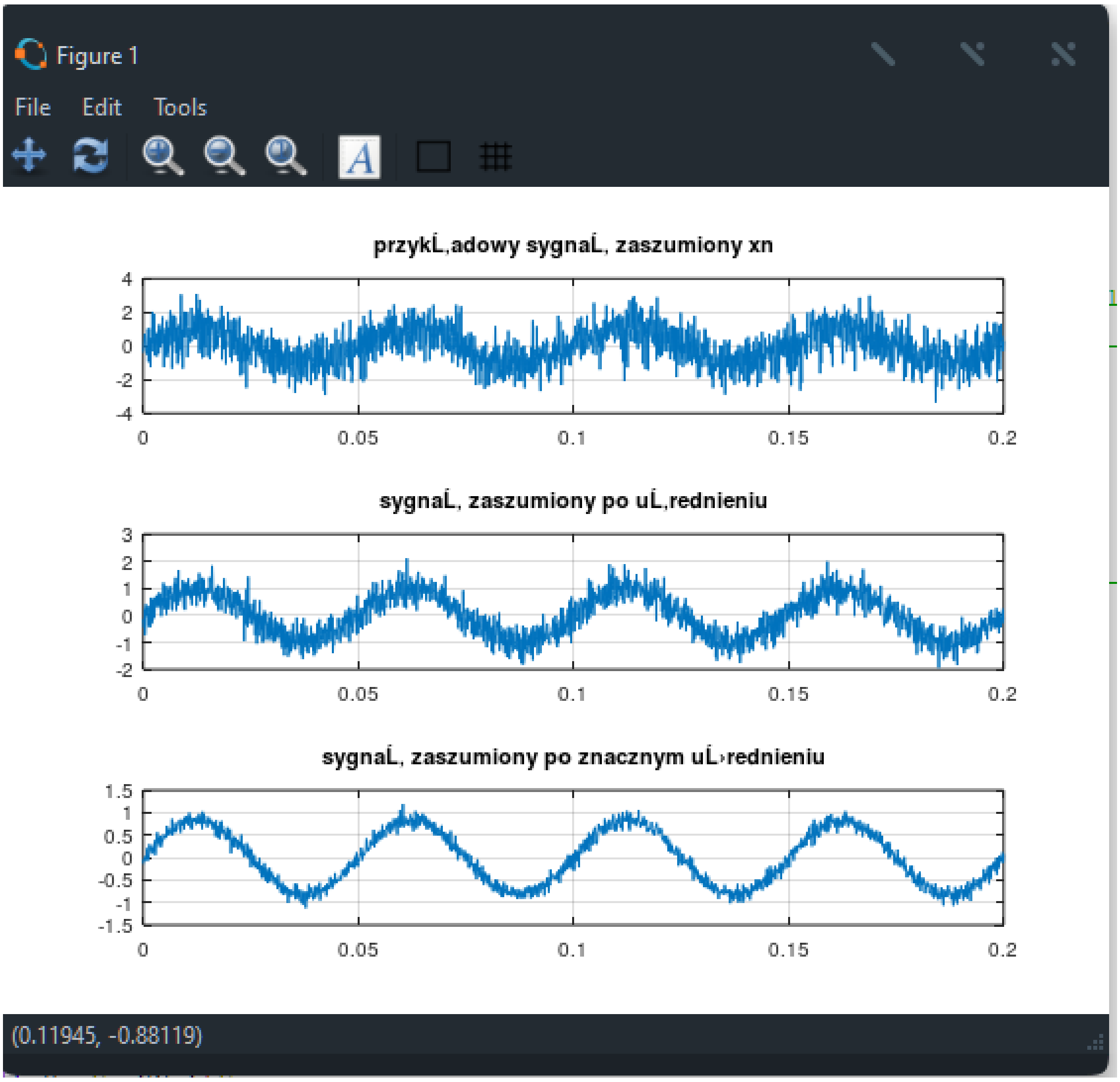


Figure 1
File Edit Tools
przykĹ‚adowy sygnaĹ‚ zaszumiony xn
sygnaĹ‚ zaszumiony po uĹ›rednieniu
sygnaĹ‚ zaszumiony po znacznym uĹ›rednieniu
(0.11945, -0.88119)

c) vvar = 1.7

- n = 5

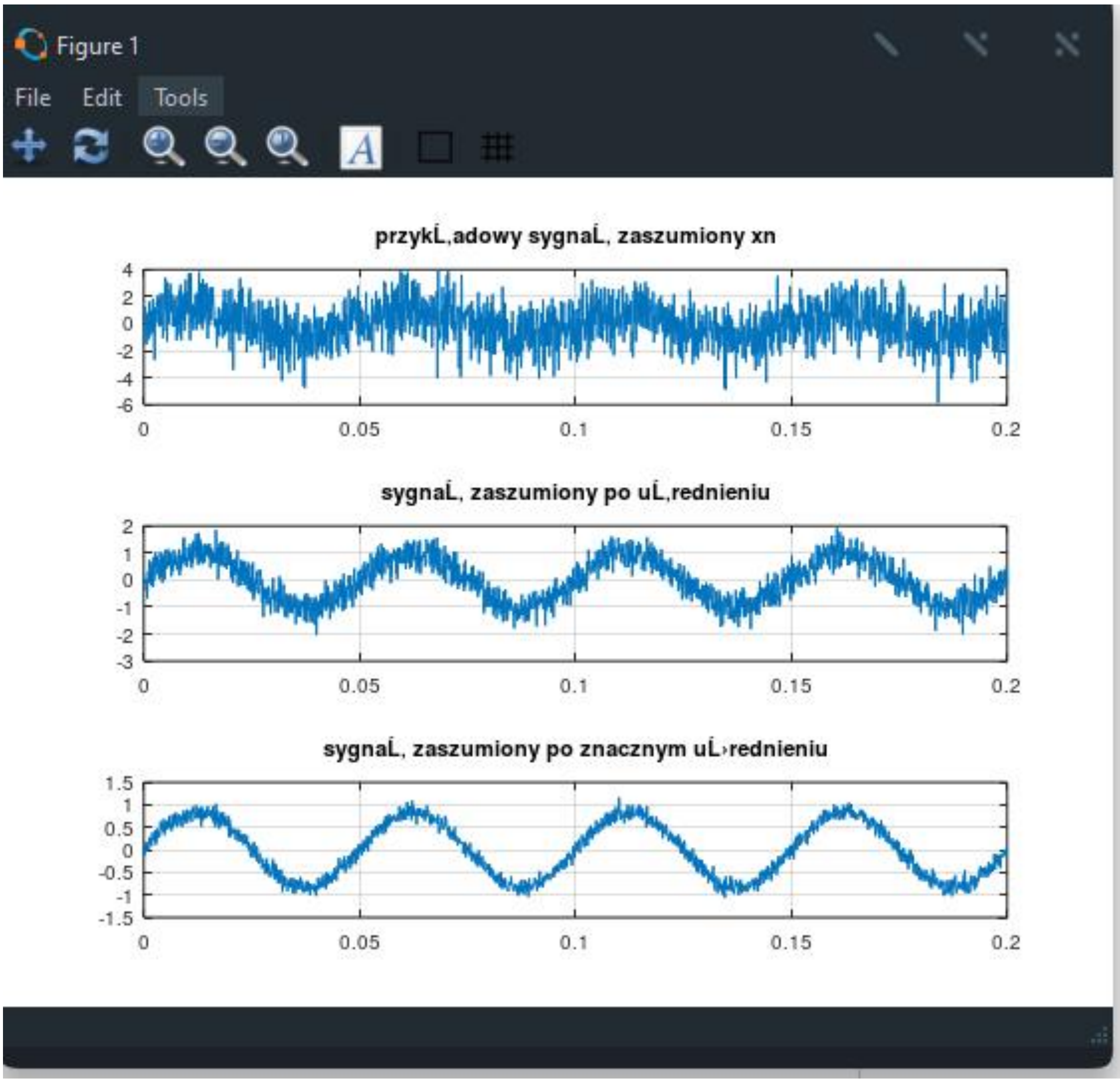
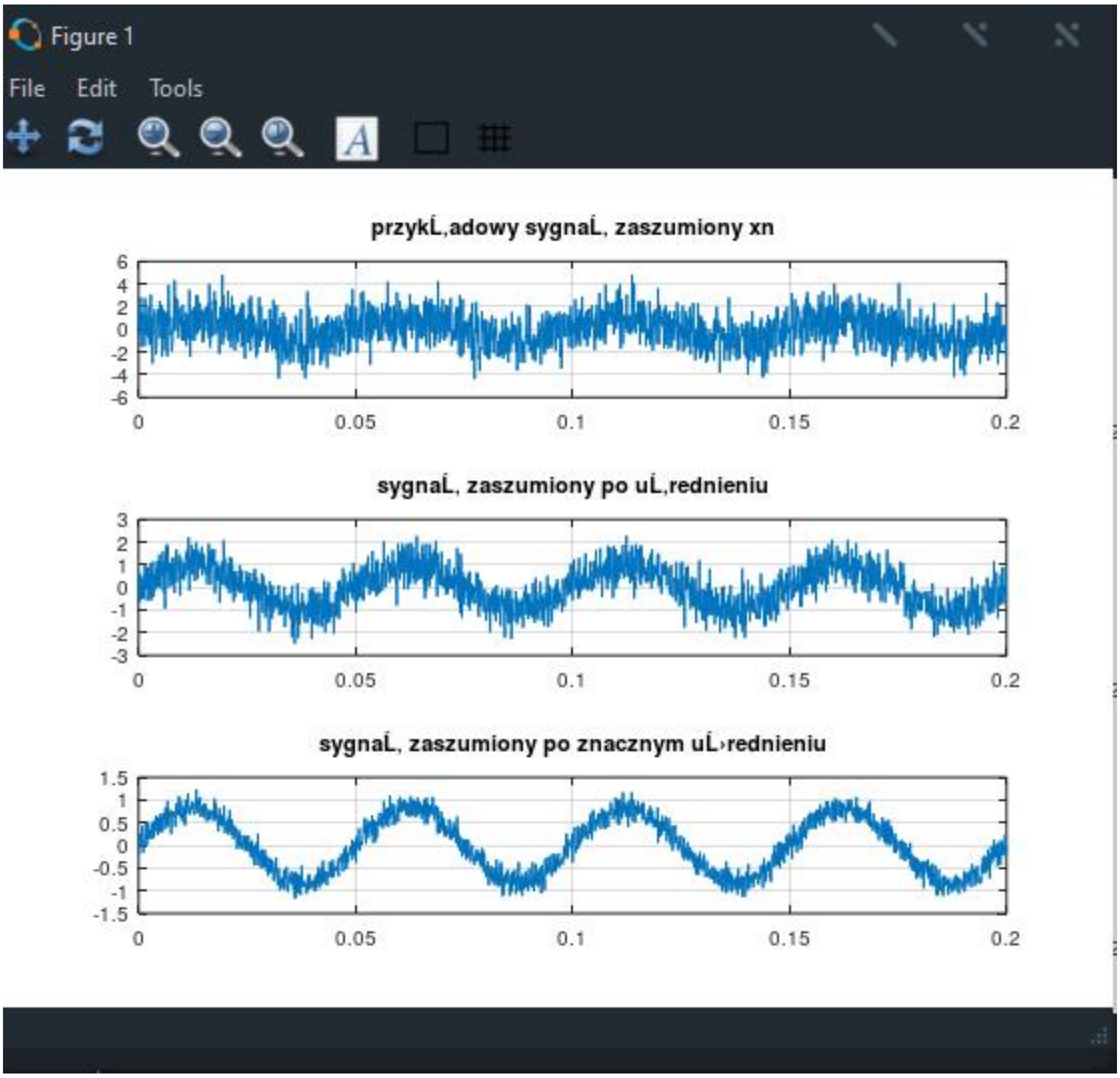


Figure 1
File
Edit
Tools
przykĹ‚adowy sygnaĹ‚ zaszumiony xn
sygnaĹ‚ zaszumiony po uĹ›rednieniu
sygnaĹ‚ zaszumiony po znacznym uĹ›rednieniu

- n = 50



Wnioski z.2: 0pkt

Zauważamy, że zwiększenie parametru vvar, powoduje że szum staje się bardziej gęsty, a sygnał jest przez to co raz mniej w tym szumie widoczny.

Zauważamy, że w przypadku zakłócania szumem gaussowskim, filtr przybliża dość dokładnie sygnał wejściowy tj. jego amplitudę, kształt i częstotliwość, choć przybliżenie to jest bardziej dokładne dla n = 5, niż n = 50, czyli w zasadzie odwrotnie niż moglibyśmy się spodziewać z teoretycznych rozważań.

co?!?...

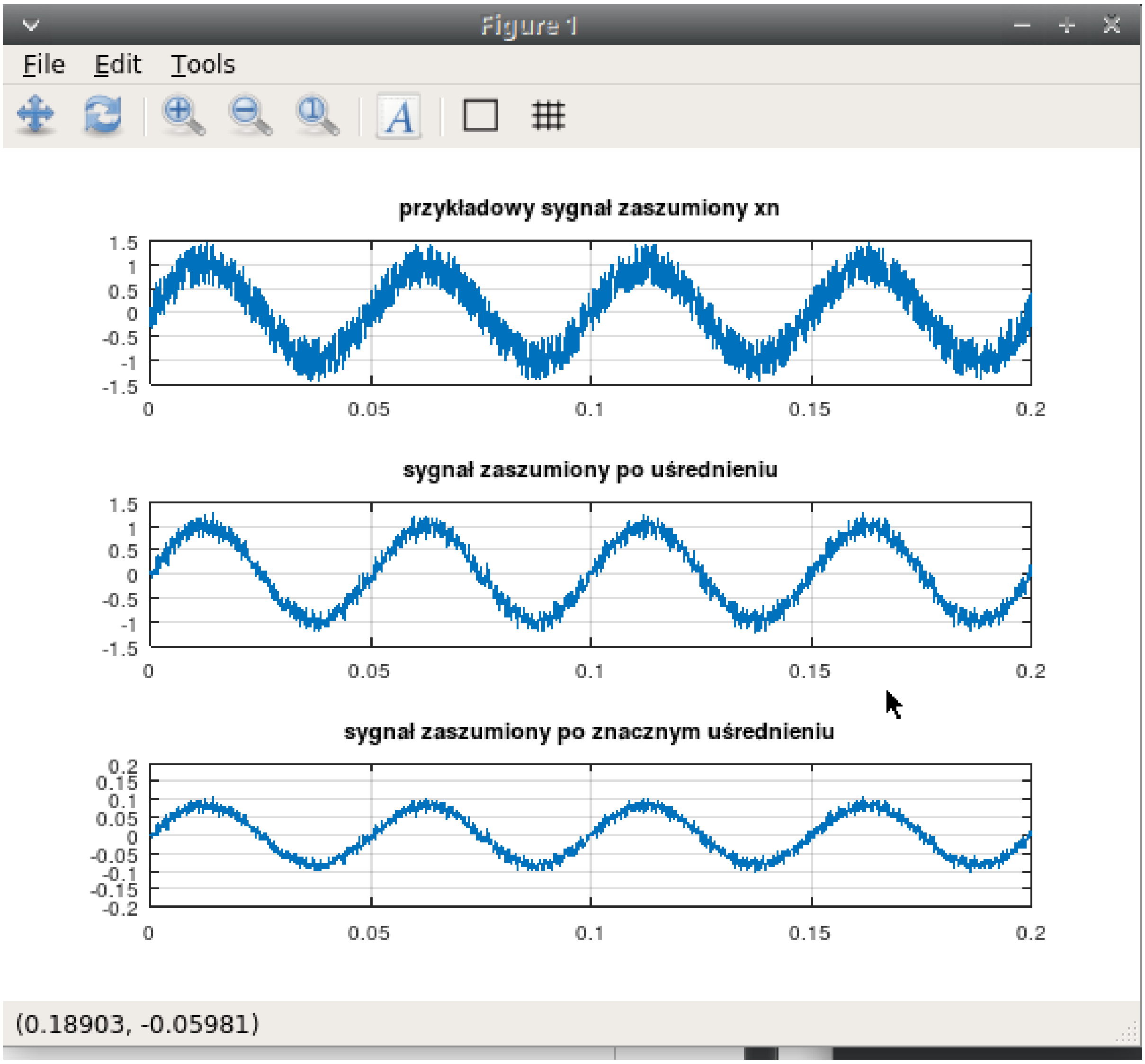
przybliże czy odszumia?

3. Zbadaj własności i skuteczność filtru dla jednego przebiegu (CPS_CAV_P.m), kilku i kilkudziesięciu przebiegów(liczby takie same, jak w poprzednim podpunkcie), gdy sygnał zakłócany jest szumem o rozkładzie równomiernym o dopasowanych uprzednio trzech wariancjach (wartości takie same, jak w poprzednim podpunkcie).

   Wykresy:

   a) vvar = 0.07

   - n = 5



- n = 50

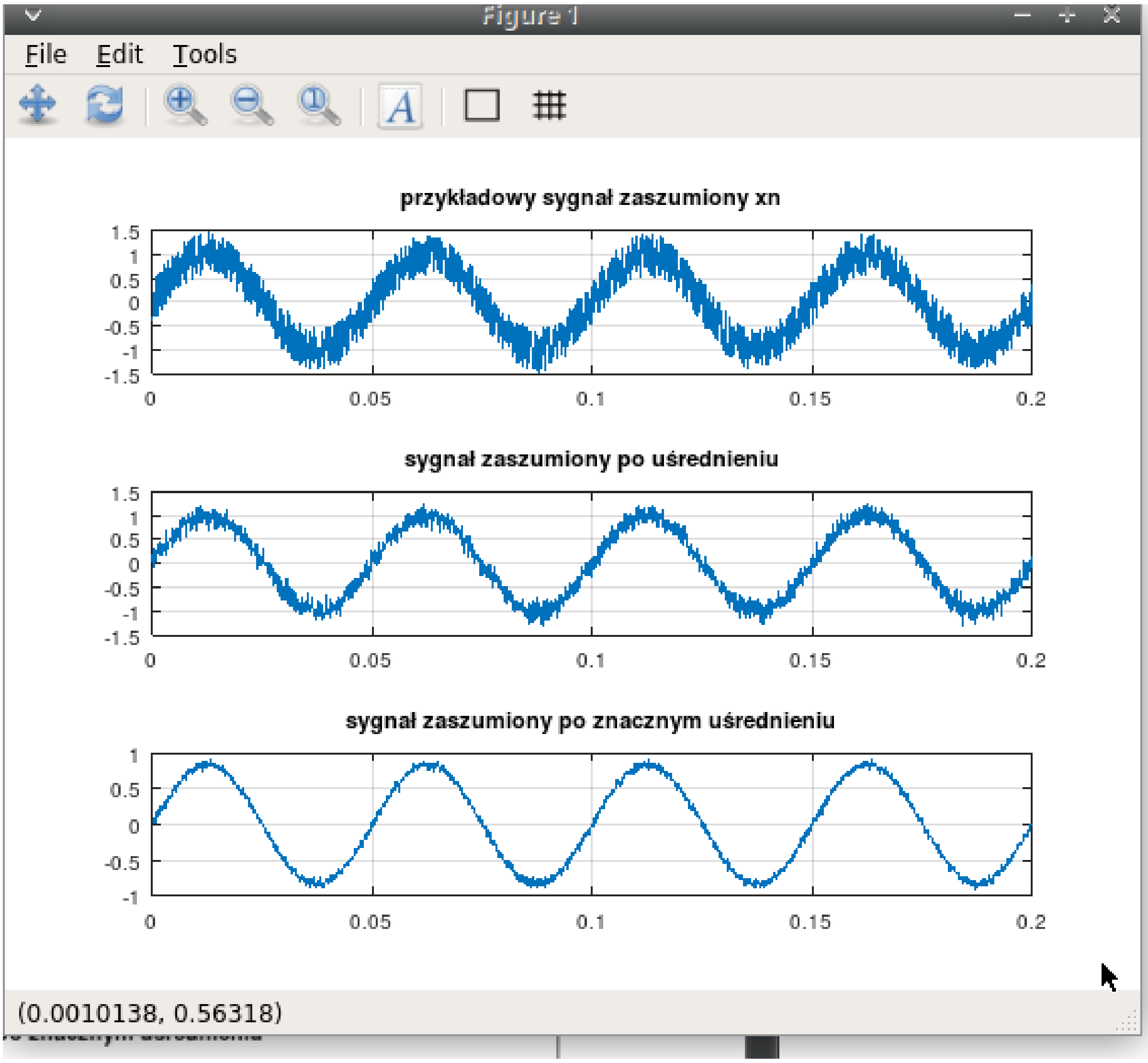


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
(0.0010138, 0.56318)

b) vvar = 0.7

- n = 5

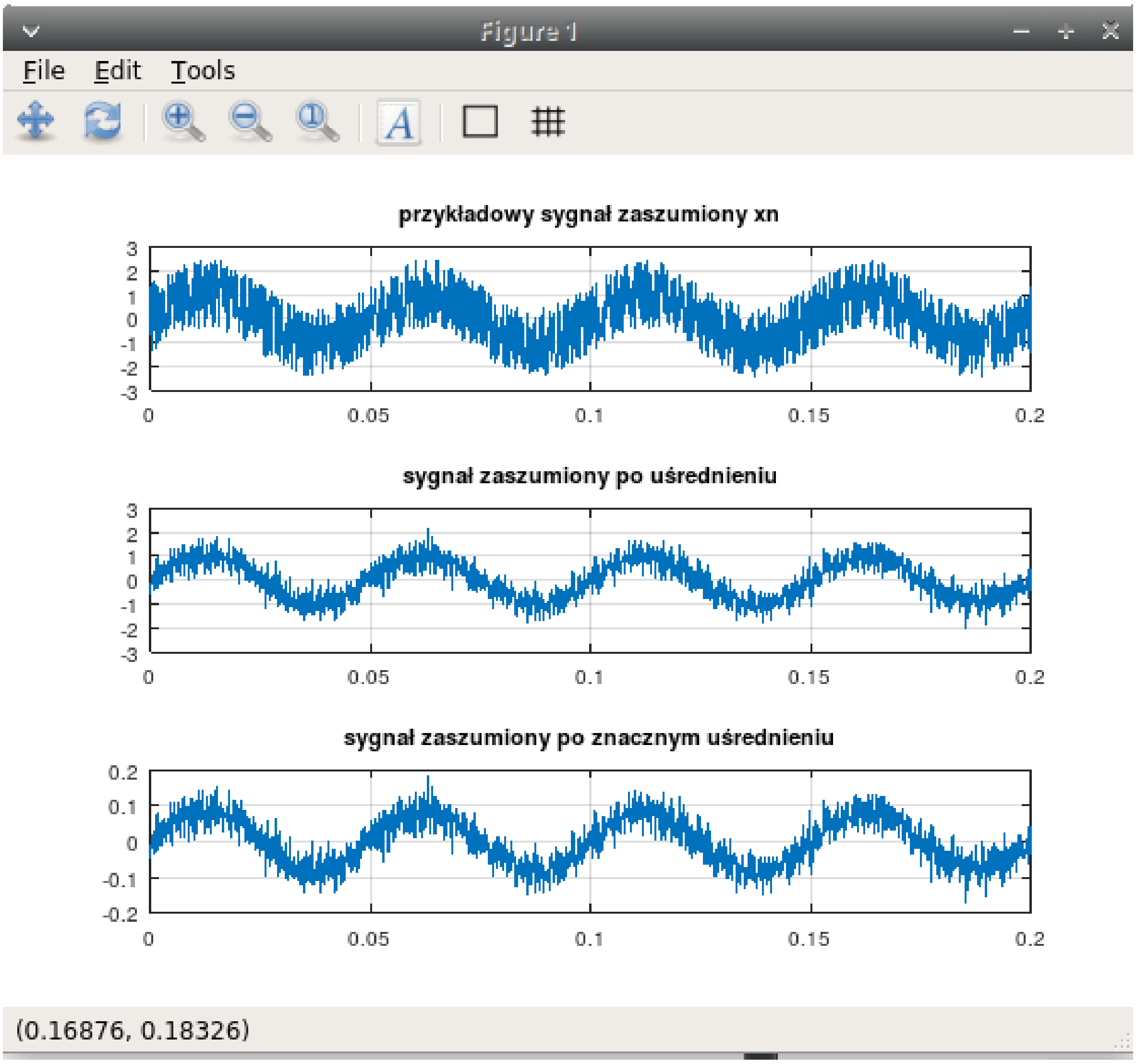


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
(0.16876, 0.18326)

- n = 50

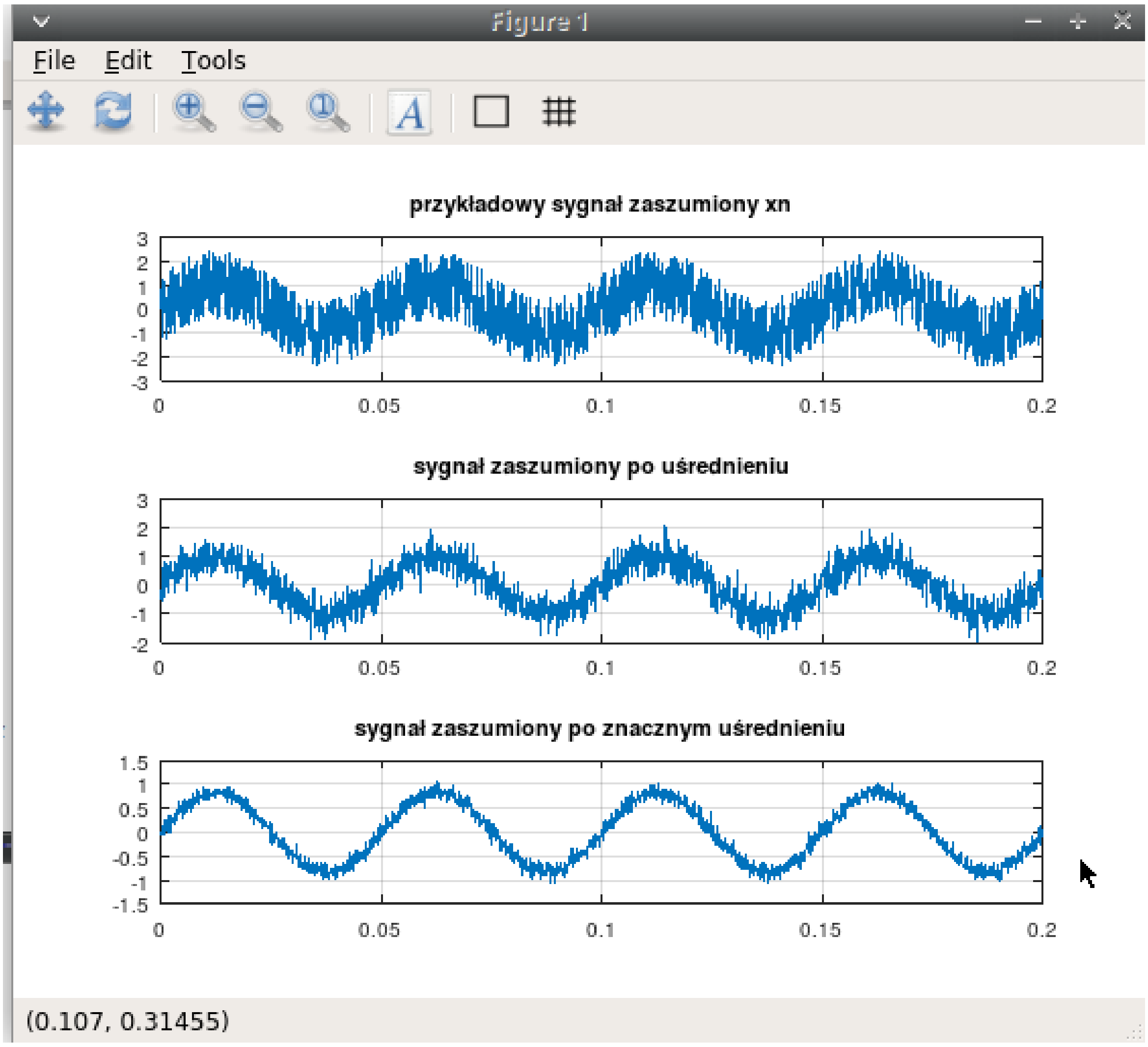


Figure 1
File
Edit
Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
(0.107, 0.31455)

c) vvar = 1.7

- n = 5

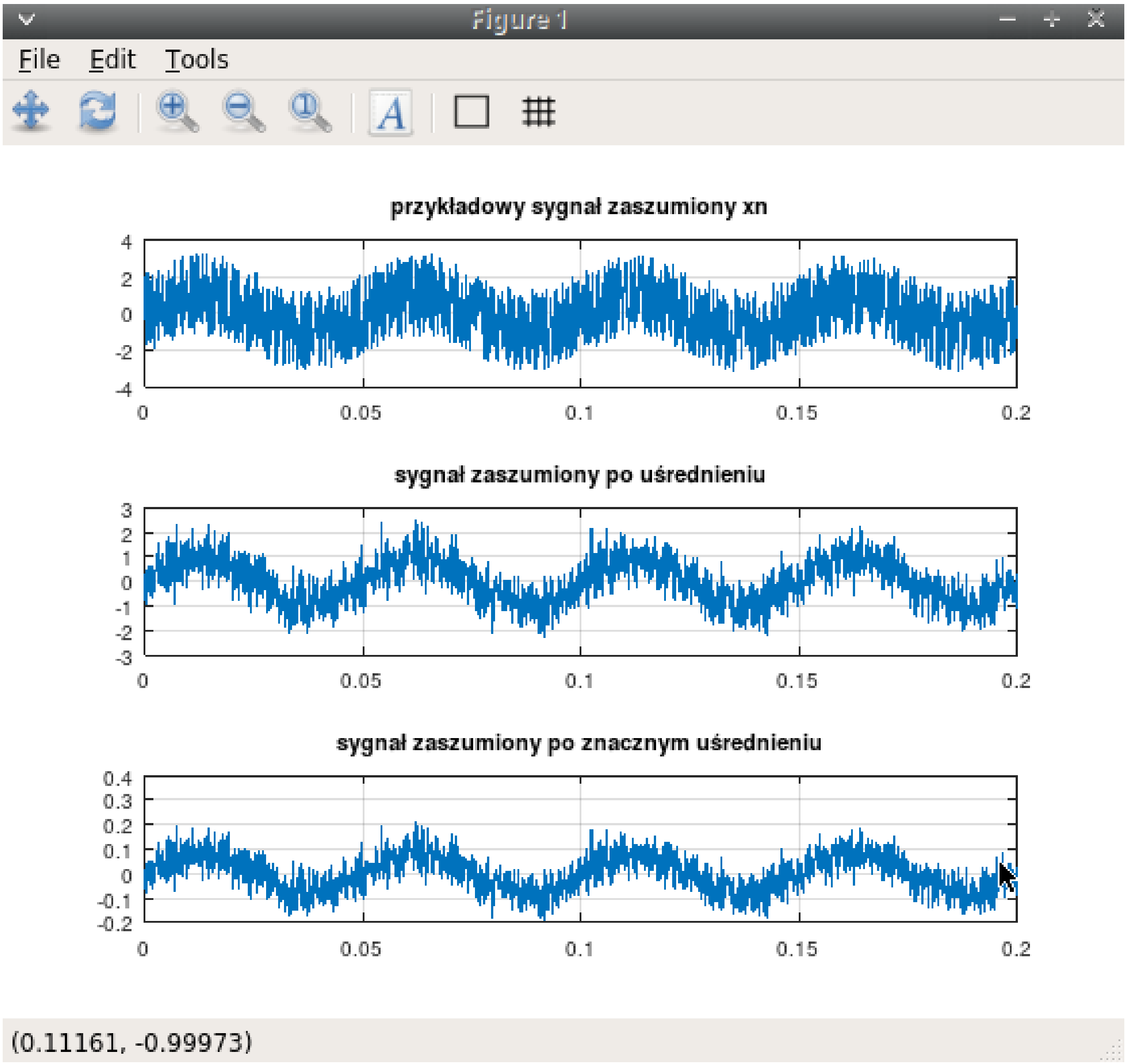
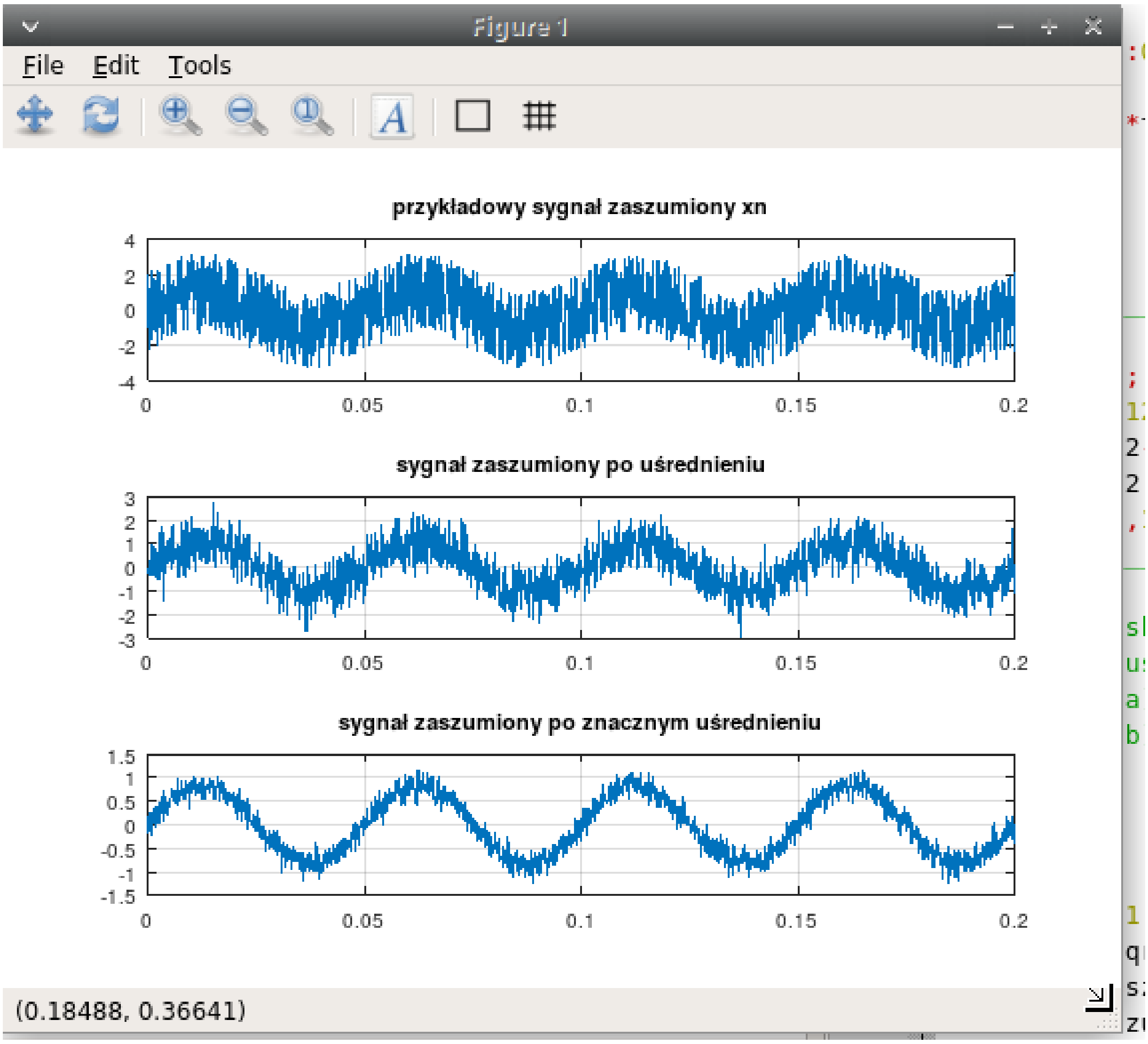


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
0
0.05
0.1
0.15
0.2
(0.11161, -0.99973)

- n = 50



Wnioski z.3:

Zauważamy, że zwiększenie parametru vvar, powoduje że szum staje się bardziej gęsty, a sygnał jest przez to co raz mniej w tym szumie widoczny.

Zauważamy, że w przypadku zakłócania szumem równomiernym, zakładając te same dane co poprzednio filtr gorzej przybliża dla niższych wartości n, a dla wyższych uśrednienie jest bliższe oryginałowi.

Zauważamy również, że dla niższych wartości n filtr bardzo mocno obniża amplitudę sygnału na wyjściu względem oryginału.

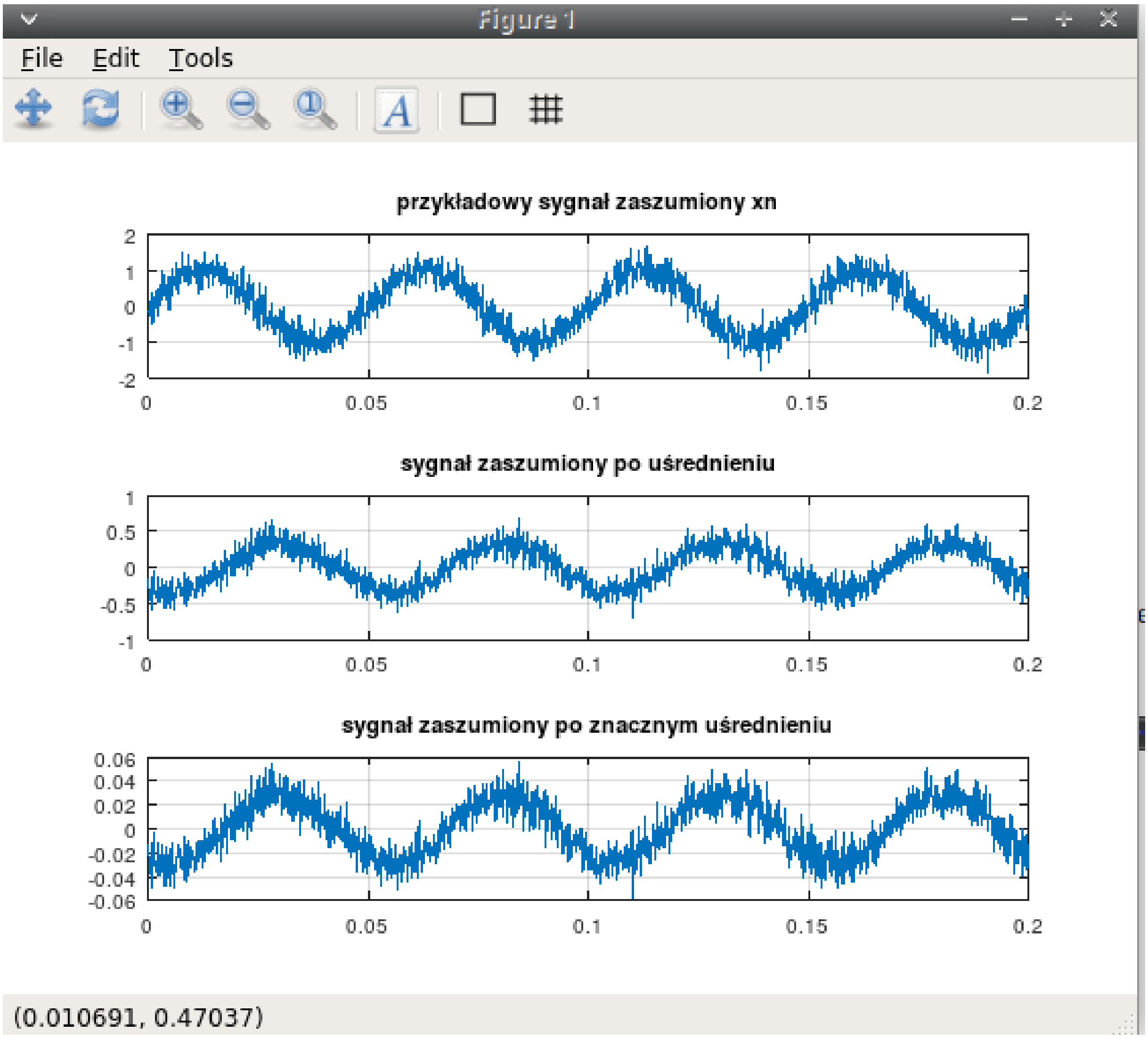
co ?

1pkt

4. Zbadaj własności i skuteczność filtru dla jednego przebiegu (CPS_CAV_przesuniecie.m), kilku i kilkudziesięciu przebiegów(liczby takie same, jak w poprzednim podpunkcie), gdy sygnał zakłócany jest szumem gaussowskim o dopasowanych uprzednio trzech wariancjach (wartości takie same, jak w poprzednim podpunkcie) i występuje błąd fazy pomiędzy repetycjami.

a) vvar = 0.07

- n = 5



- n = 50

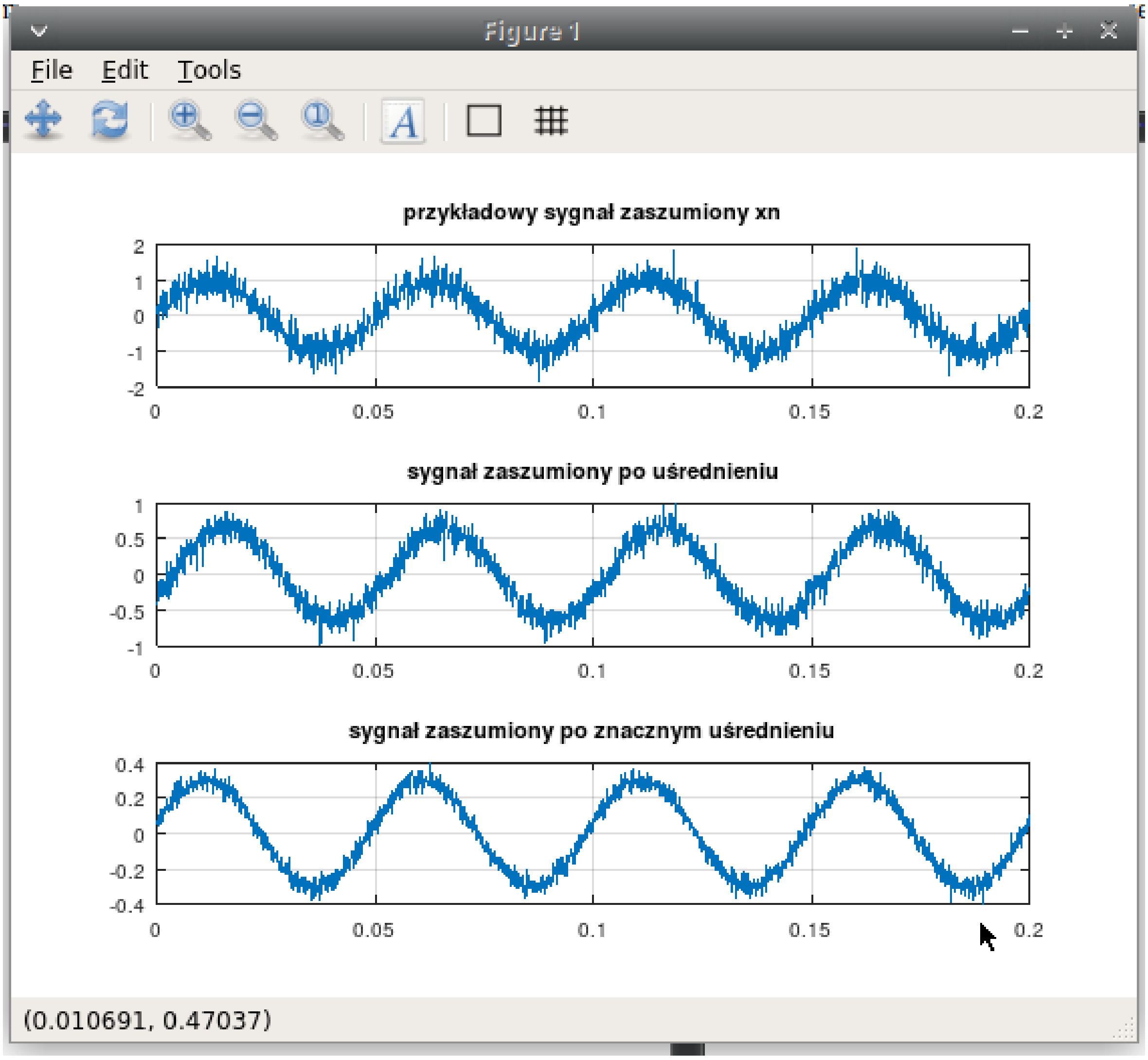


Figure 1
File
Edit
Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
2
1
0
-1
-2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
1
0.5
0
-0.5
-1
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
0
0.05
0.1
0.15
0.2
(0.010691, 0.47037)

b) vvar = 0.7

- n = 5

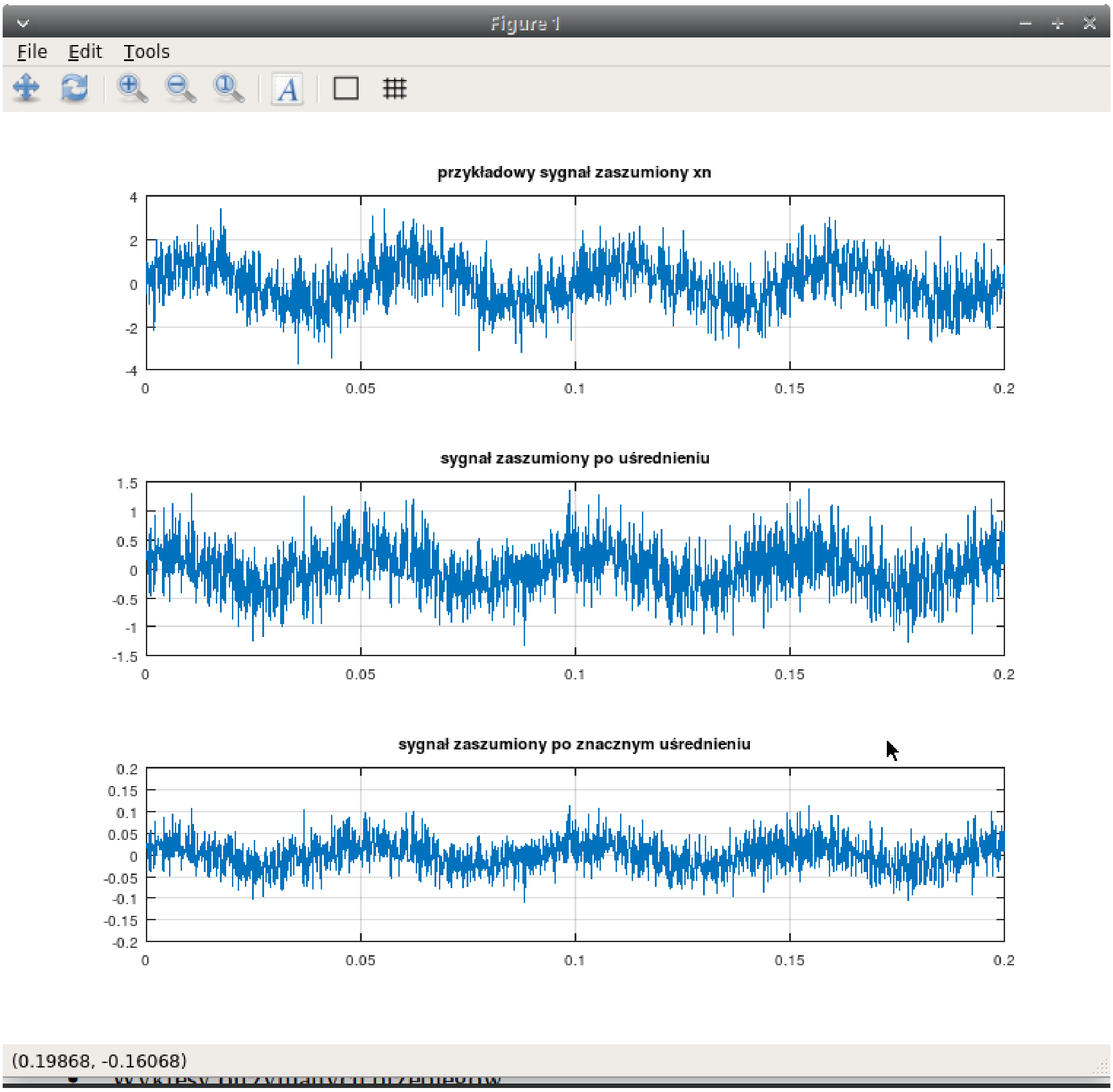


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
4
2
0
-2
-4
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-0.05
-0.1
-0.15
-0.2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
(0.19868, -0.16068)

- n = 50

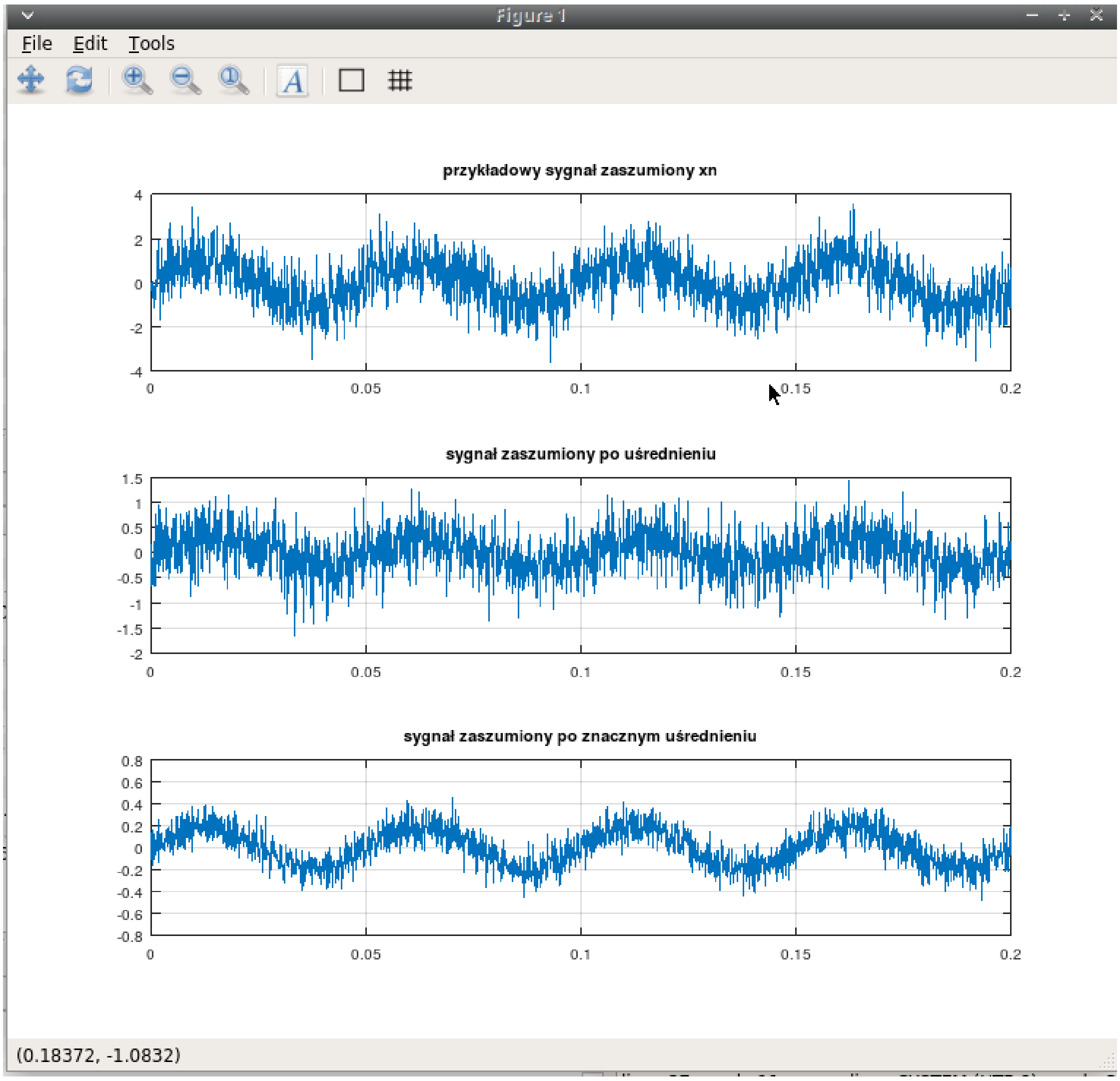


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
(0.18372, -1.0832)

c) vvar = 1.7

- n = 5

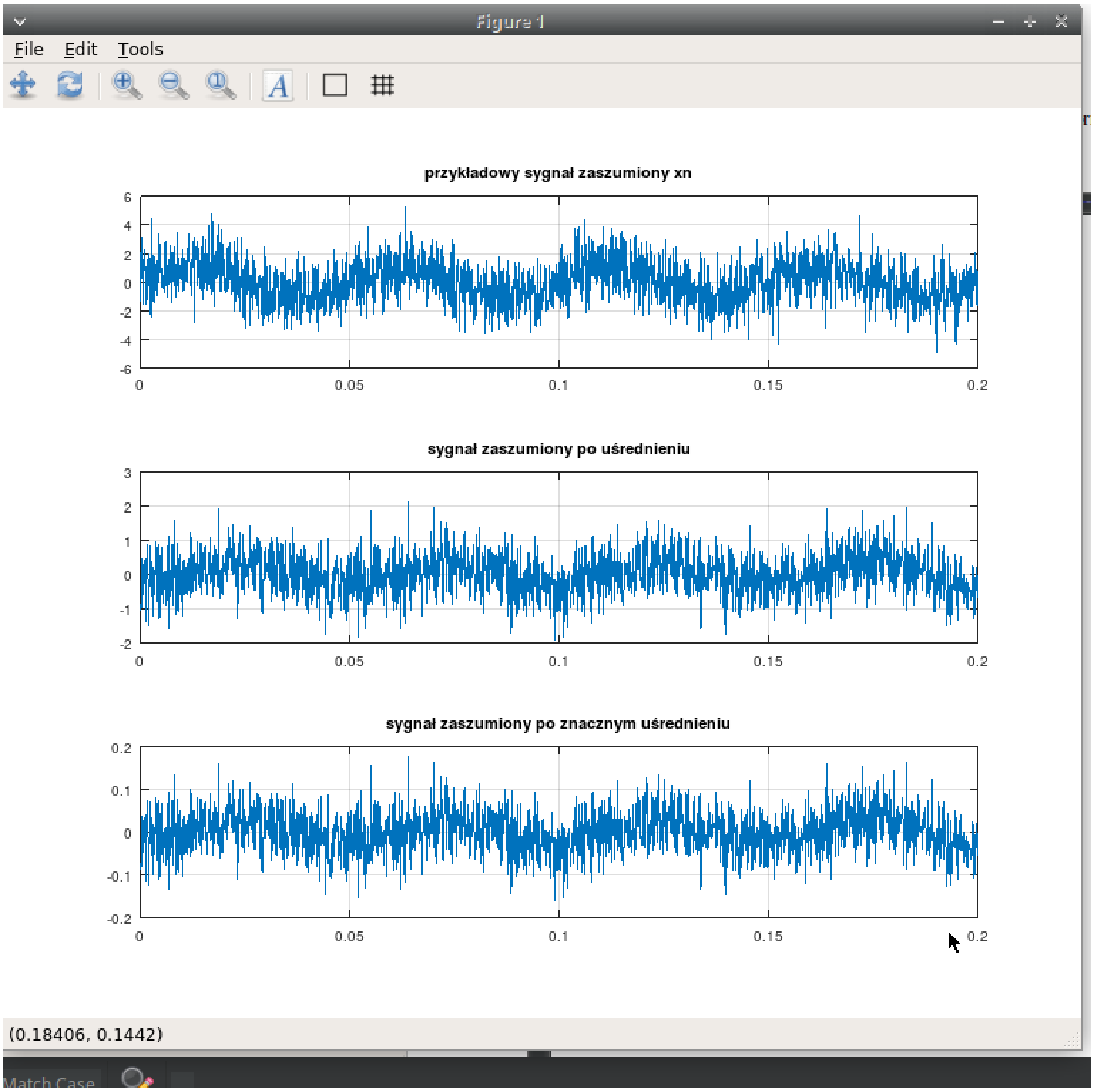


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
6
4
2
0
-2
-4
-6
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
3
2
1
0
-1
-2
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
(0.18406, 0.1442)

- n = 50

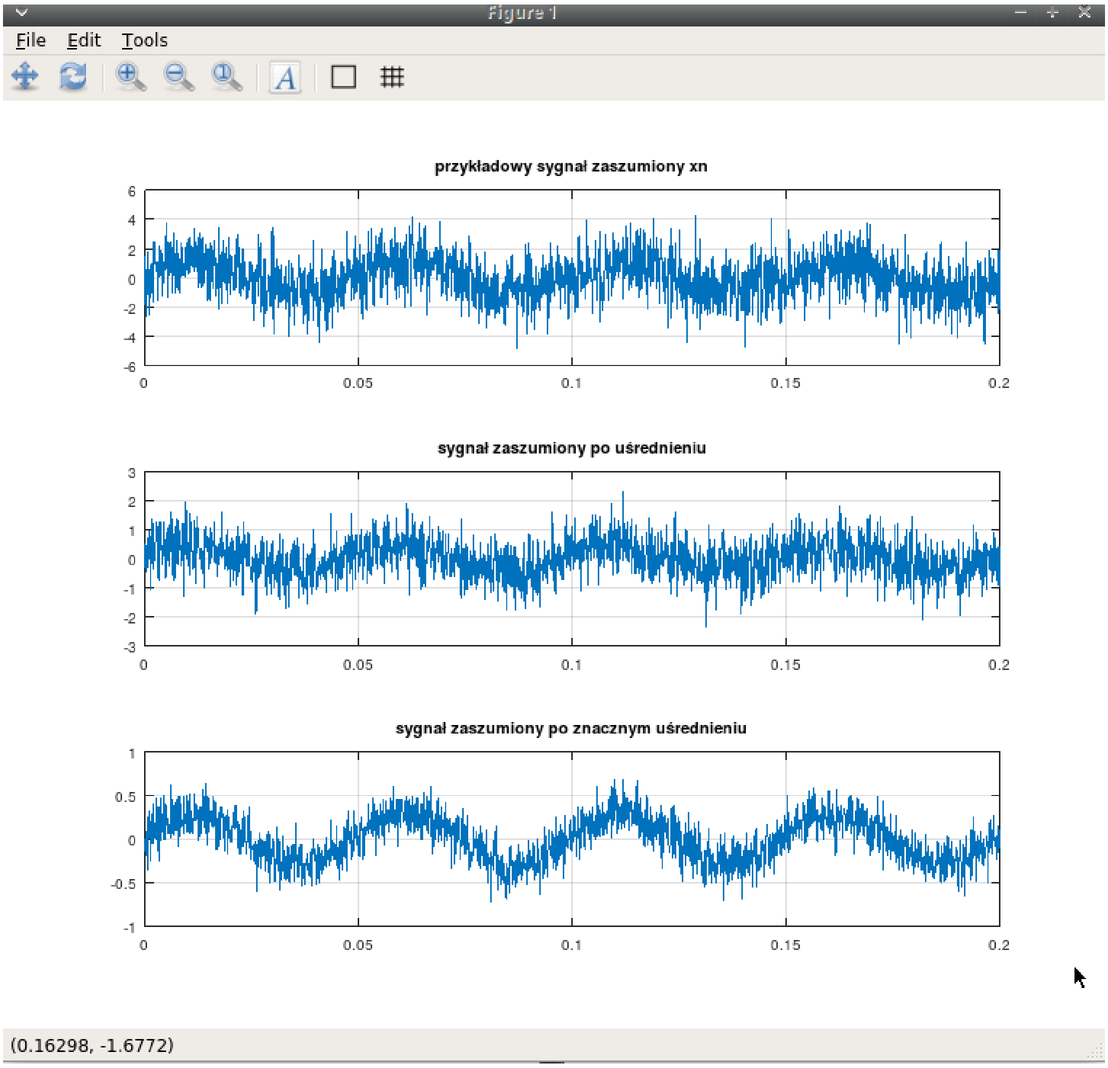


Figure 1
File Edit Tools
przykładowy sygnał zaszumiony xn
6
4
2
0
-2
-4
-6
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po uśrednieniu
3
2
1
0
-1
-2
-3
0
0.05
0.1
0.15
0.2
sygnał zaszumiony po znacznym uśrednieniu
1
0.5
0
-0.5
-1
0
0.05
0.1
0.15
0.2
(0.16298, -1.6772)

Wnioski do zadania 4:

Zauważamy, że w przypadku zakłócania szumem gaussowskim, gdy wystąpi błąd fazy między kolejnymi repetycjami, filtracja dla niskich wartości n w zasadzie przestaje dawać sensowne wyniki. Zarówno kształt, jak i amplituda sygnału po filtracji nie przypomina oryginalnego sygnału. Dla wyższych wartości n wyniki są nieco tylko lepsze, jednak nadal znacznie odbiegają od tego co, filtr był w stanie dać, gdy błąd fazy nie występował

co z amplitudą?

3pkt

5. Napisz wnioski wynikające z porównania poprzednich punktów.

- Uśrednienie typu CAV polega na zebraniu M próbek sygnału z pewnego okna czasowego i powtórzenie N-krotnie. Momenty początków repetycji są zsynchronizowane. Poszczególne repetycje nie nachodzą na siebie.

- W wyniku CAV otrzymuje się M próbek. Wartość każdej z nich jest średnią z N wartości próbek branych w tej samej chwili czasu względem początku każdej repetycji.

- Filtry tego typu są w stanie dokładnie przybliżać sygnały zakłócane szumem gaussowskim (ich kształt, amplitudę i częstotliwość).

- W przypadku szumu gaussowskieog, w teorii, im więcej repetycji wykorzystamy tym większa będzie redukcja błędu, w praktyce należy stosować możliwie małą ich liczbę, by ograniczyć wpływ nie doskonałej synchronizacji ich początków w układzie rzeczywistym. (Ostatnie zdanie jest z artykułu, ale pisałem też o tym w wnioskach do zadania 2.)

- Sygnały zakłócane szumem równomiernym są przybliżane nieco gorzej, ale nadal jest to dobry rezultat. W przypadku tego typu zakłócania w przeciwieństwie do zakłócania szumem gaussowskim lepsze rezultaty w praktyce daje ustawianie zgodnie z teorią wyższych wartości n.

- Jeżeli nastąpi błąd fazy między kolejnymi repetycjami, filtr w zasadzie przestaje spełniać swoją funkcję, trzeba zadbać by do takich sytuacji nie dochodziło.

2pkt za wnioski

6. Źródło:
https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-2b9b272e-9881-48f9-9e97-1c2cd0493e35/c/Domanska_algorytmy_PAK_9bis_2007.pdf

6 / 19

32 / 100

2. Wzór sprawozdania

Wstęp do cyfrowego przetwarzania sygnałów – laboratorium **Temat:**		
Imię i nazwisko: Marcel Garczyk		
Data ćwiczenia:	**Data oddania sprawozdania:**	**Ocena:**

Sprawozdanie powinno zawierać:
- Wykresy otrzymanych przebiegów,
- Odpowiedzi na pytania,
- Wnioski!

CPS_CAV_G.m

```
% Filtr CAV, szum gaussowski
% o tych samych uprzednio dopasowanych wariancjach
clear; clc;

Fs=1000; t=0:0.1/Fs:0.2;
f=20;
x=sin(2*pi*f*t);

L=length(t);
vvar=1.0625;                    % inne niż 0.0625  (rzędu: 0.0X, 0.X,
1.X)
%_________________________________________________________________________
                                                          % szum gaussowski
g=randn(1,L);
szum1=sqrt(vvar)*g;     ss1=mean(szum1);
szum11=szum1-ss1;
xn1=x+szum11;
subplot(3,1,1); plot(t,xn1); title('przykładowy sygnał zaszumiony xn');
grid;
%_________________________________________________________________________

% 1. Jak działa filtr CAV?
% 2. Zbadać skuteczność redukcji szumu gaussowskiego w zależności od jego
wariancji oraz
%    liczby uśrednianych sekwencji sygnału
%           a)liczba sekwencji - kilka n
%           b)liczba sekwencji - kilkadziesiąt n


z=0;
for n=1:60
    g=randn(1,L);
    szum1=sqrt(vvar)*g; ss1=mean(szum1);
    szum11=szum1-ss1;
    z=z+x+szum11;
   if n==6, a6=z/6;
    end
end
a60=z/60;

subplot(3,1,2); plot(t,a6);title('sygnał zaszumiony po uśrednieniu'); grid;
```

```
subplot(3,1,3); plot(t,a60);title('sygnał zaszumiony po znacznym
uśrednieniu'); grid;

% Gdelta=x-a60; plot(t,Gdelta);
```

CPS_CAV_P.m

```
% Filtr CAV, szum gaussowski i o rozkładzie równomiernym
% o tych samych uprzednio dopasowanych wariancjach

clear; clc;

Fs=1000; t=0:0.1/Fs:0.2;
f=20;
x=sin(2*pi*f*t);

L=length(t);
vvar=1.0625;                    % inne niż 0.0625  (rzędu: 0.0X, 0.X,
1.X)

%_________________________________________________________________________
                                                        % szum prostokątny
 p=rand(1,L);
 szum2=sqrt(12*vvar)*(p-0.5);    ss2=mean(szum2);
 szum22=szum2-ss2;
 xn2=x+szum22;
 subplot(3,1,1); plot(t,xn2); title('przykładowy sygnał zaszumiony xn');
grid;
%_________________________________________________________________________

% 3. Zbadać skuteczność redukcji szumu prostokątnego (rozkład równomierny)
w zależności od jego wariancji oraz
%    liczby uśrednianych sekwencji sygnału
%           a)liczba sekwencji - kilka n
%           b)liczba sekwencji - kilkadziesiąt n


z=0;
for n=1:60
     p=rand(1,L);
     szum2=sqrt(12*vvar)*(p-0.5);   ss2=mean(szum2);
     szum22=szum2-ss2;
     z=z+x+szum22;
   if n==6, a6=z/6;
    end
end
a60=z/60;

subplot(3,1,2); plot(t,a6);title('sygnał zaszumiony po uśrednieniu'); grid;
subplot(3,1,3); plot(t,a60);title('sygnał zaszumiony po znacznym
uśrednieniu'); grid;

% Gdelta=x-a60; plot(t,Gdelta);
```

CPS_CAV_przesuniecie.m

```
% Filtr CAV, szum gaussowski
% o tych samych uprzednio dopasowanych wariancjach
clear; clc;

Fs=1000; t=0:0.1/Fs:0.2;
f=20;
x=sin(2*pi*f*t);

L=length(t);
vvar=1.0625;                    % inne niż 0.0625  (rzędu: 0.0X, 0.X,
1.X)
%_________________________________________________________________________
                                                    % szum gaussowski
g=randn(1,L);
szum1=sqrt(vvar)*g;    ss1=mean(szum1);
szum11=szum1-ss1;
xn1=x+szum11;
subplot(3,1,1); plot(t,xn1); title('przykładowy sygnał zaszumiony xn');
grid;
%_________________________________________________________________________

% 4. Zbadać skuteczność redukcji szumu gaussowskiego w zależności od jego
wariancji oraz
%    liczby uśrednianych sekwencji sygnału, jeśli występuje błąd fazy
pomiędzy repetycjami:
%           a)liczba sekwencji - kilka n
%           b)liczba sekwencji - kilkadziesiąt n


z=0;
for n=1:60
    g=randn(1,L);
    szum1=sqrt(vvar)*g; ss1=mean(szum1);
    szum11=szum1-ss1;
      x=sin(2*pi*f*t + 1.5*randn);  %błąd fazy
    z=z+x+szum11;
   if n==6, a6=z/6;
    end
end
a60=z/60;

subplot(3,1,2); plot(t,a6);title('sygnał zaszumiony po uśrednieniu'); grid;
subplot(3,1,3); plot(t,a60);title('sygnał zaszumiony po znacznym
uśrednieniu'); grid;

% Gdelta=x-a60; plot(t,Gdelta);
```