

Laboratorium 9

Parametry sygnałów cyfrowych

Janusz Pawlicki

1. Wstęp

Podstawowymi parametrami opisującymi sygnały są wielkości związane z ich czasem trwania oraz energią, jaką niosą. Są to takie parametry jak wartość średnia sygnału, jego energia oraz moc. Deterministyczny sygnał analogowy określać będziemy przez określenie jego przebiegu w czasie $x(t)$. Energia w teorii sygnałów jest zadana jako suma kwadratów amplitud sygnału - w porównaniu do definicji energii w fizyce nie zależy ona od zmienności sygnału. Dla przebiegu $x(t)$ możemy określić:

1.1. Wartość średnia

$$\mu = \sum_{n=1}^N \frac{a_n}{N} \quad (1)$$

1.2. Średnia Kwadratowa (Wartość RMS – Root Mean Square)

Średnia kwadratowa – n liczb a_1, a_2, \dots, a_n jest to pierwiastek ze średniej arytmetycznej kwadratów tych liczb (2):

$$a_{RMS} = \sqrt{\sum_{n=1}^N \frac{a_n^2}{N}} \quad (2)$$

1.4. Współczynnik peak-to-peak

Współczynnik peak-to-peak = wartość maksymalna - wartość minimalna

Proszę zapoznać się z funkcją – `peak2peak()`

1.5. Wartość maksymalna i minimalna

Proszę zapoznać się z funkcją do obliczenia wartości maksymalnej – `max()`

Proszę zapoznać się z funkcją do obliczenia wartości minimalnej – `min()`

1.6. Wariancja (średnia arytmetyczna kwadratów odchyleń)

Wariancja wyrażona jest wzorem (3):

$$Var(X) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_i)^2 \quad (3)$$

gdzie, x – wartość zmiennej, m – wartość oczekiwana,

Proszę zapoznać się z funkcją – `var()`

1.7. Odchylenie standardowe

Odchylenie standardowe wyrażone jest wzorem (4):

$$std = \sqrt{Var(X)} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - m_i)^2} \quad (4)$$

gdzie, x – wartość zmiennej, m – wartość oczekiwana,

Proszę zapoznać się z funkcją – `std()`

1.8. Energia sygnału dyskretnego

Energia sygnału dyskretnego wyrażona jest wzorem (5):

$$E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2 \quad (5)$$

Energia dla sygnału dyskretnego, gdzie $x(n)$ – kolejne wartości sygnału.

1.9. Średnia moc sygnału dyskretnego

Średnia moc sygnału dyskretnego wyrażona jest wzorem (6):

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2 \right) \quad (6)$$

Średnia moc dla sygnału dyskretnego, gdzie $x(n)$ – kolejne wartości sygnału.

1.10. Wartość RSS – Root Sum Square

RSS – Suma liczby kwadratów, n kolejnych wartości sygnału a_1, a_2, \dots, a_n (7):

$$a_{RSS} = \sqrt{\sum_{n=1}^N a_n^2} \quad (7)$$

2. Przebieg laboratorium

```
load dane.mat
```

Zadanie 1

Obliczyć wartość średnią z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_sr = mean(X)
```

```
X_sr = 1.3333
```

```
wiatrak_sr = mean(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_sr = -2.4346e-05
```

```
przek_sr = mean(przekladnia_data)
```

```
przek_sr = -4.2175e-04
```

Zadanie 2

Obliczyć RMS z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_rms = rms(X)
```

```
X_rms = 1.8257
```

```
wiatrak_rms = rms(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_rms = 0.1855
```

```
przek_rms = rms(przekladnia_data)
```

```
przek_rms = 0.1415
```

Zadanie 3

Obliczyć współczynnik szczytu z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_peak = peak2rms(X)
```

```
X_peak = 1.6432
```

```
wiatrak_peak = peak2rms(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_peak = 4.2778
```

```
przek_peak = peak2rms(przekladnia_data)
```

```
przek_peak = 4.7018
```

Zadanie 4

Obliczyć współczynnik peak-to-peak z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_p2p = peak2peak(X)
```

```
X_p2p = 3
```

```
wiatrak_p2p = peak2peak(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_p2p = 1.5757
```

```
przek_p2p = peak2peak(przekladnia_data)
```

```
przek_p2p = 1.2662
```

Zadanie 5

Obliczyć wartość maksymalną i minimalną z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_min = min(X)
```

```
X_min = 0
```

```
X_max = max(X)
```

```
X_max = 3
```

```
wiatrak_min = min(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_min = -0.7821
```

```
wiatrak_max = max(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_max = 0.7936
```

```
przek_min = min(przekladnia_data)
```

```
przek_min = -0.6008
```

```
przek_max = max(przekladnia_data)
```

```
przek_max = 0.6654
```

Zadanie 6

Obliczyć wariancję z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_var = var(X)
```

```
X_var = 2.3333
```

```
wiatrak_var = var(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_var = 0.0344
```

```
przek_var = var(przekladnia_data)
```

```
przek_var = 0.0200
```

Zadanie 7

Obliczyć odchylenie standardowe z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_std = std(X)
```

```
X_std = 1.5275
```

```
wiatrak_std = std(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_std = 0.1855
```

```
przek_std = std(przekladnia_data)
```

```
przek_std = 0.1415
```

Zadanie 8

Obliczyć energię z sygnałów $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_energy = sum(abs(X).^2)
```

```
X_energy = 10
```

```
wiatrak_energy = sum(abs(wiatrak_data).^2)
```

```
wiatrak_energy = 1.5179e+03
```

```
przek_energy = sum(abs(przekladnia_data).^2)
```

```
przek_energy = 883.1704
```

Zadanie 9

Obliczyć średnią moc z sygnałów: $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav, funkcji kosinus:

```
t = 0:0.001:1-0.001;
```

```
X = cos(2*pi*100*t);
```

```
t = 0 : 0.001 : 1-0.001;
```

```
x = cos(2*pi*100*t);
```

```
X_bandp = bandpower(X)
```

```
X_bandp = 3.3333
```

```
wiatrak_bandp = bandpower(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_bandp = 0.0344
```

```
przek_bandp = bandpower(przekladnia_data)
```

```
przek_bandp = 0.0200
```

```
x_bandp = bandpower(x)
```

```
x_bandp = 0.5000
```

Zadanie 10

Obliczyć RSS z sygnałów: $X=[0, 1, 3]$, wiatrak20.wav, przekladnia20.wav

```
X_rss = rssq(X)
```

```
X_rss = 3.1623
```

```
wiatrak_rss = rssq(wiatrak_data)
```

```
wiatrak_rss = 38.9602
```

```
przek_rss = rssq(przekladnia_data)
```

```
przek_rss = 29.7182
```

Zadanie 11

Zapoznać się z funkcją do obliczania okresu sekwencji – seqperiod()

Obliczyć funkcję seqperiod() dla:

```
X = [4 0 1 6;  
     2 0 2 7;  
     4 0 1 5;  
     2 0 5 6];
```

oraz

```
X = [4 0 1 6;  
     2 0 2 7;  
     4 0 1 5;  
     2 0 5 6;  
     1 0 1 7];
```

Zaobserwować różnicę i wyjaśnić wynik funkcji.

```
X1 = [4 0 1 6; 2 0 2 7; 4 0 1 5; 2 0 5 6];
```

```
X2 = [4 0 1 6; 2 0 2 7; 4 0 1 5; 2 0 5 6; 1 0 1 7];  
X1_seq = seqperiod(X1)
```

```
X1_seq = 1×4  
2 1 4 3
```

```
X2_seq = seqperiod(X2)
```

```
X2_seq = 1×4  
5 1 4 3
```

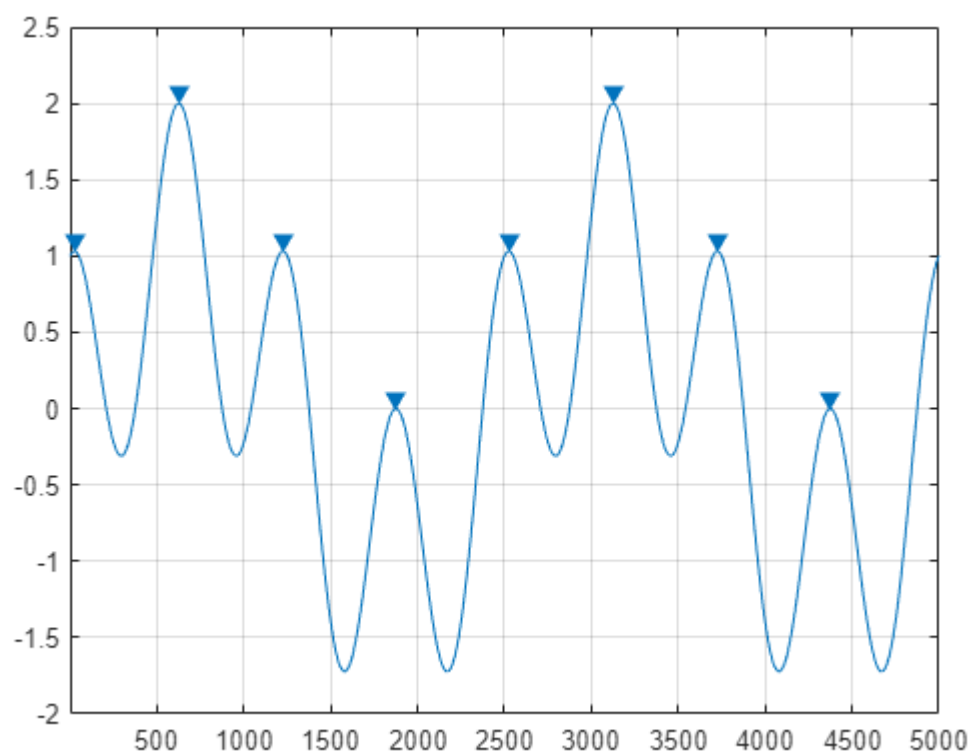
Zadanie 12

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

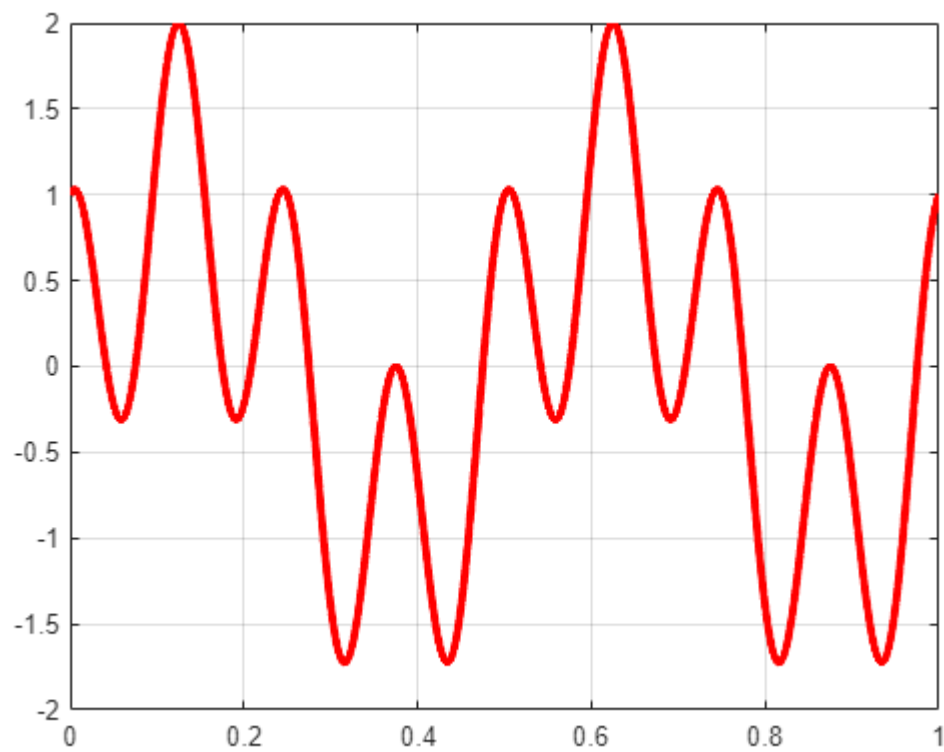
Znaleźć wartości szczytów (maksimów lokalnych) w sygnale:

```
fs=5000;  
t=0:(1/fs):1;  
X=sin(2*pi*2*t);  
Y=cos(2*pi*8*t);  
s=X+Y;  
plot(t, s, 'r', 'LineWidth', 3);
```

```
fs = 5000;  
t = 0:(1/fs):1;  
X = sin(2*pi*2*t);  
Y = cos(2*pi*8*t);  
s = X + Y;  
findpeaks(s)
```



```
figure
plot(t, s, 'r', 'LineWidth',3);
grid on;
```

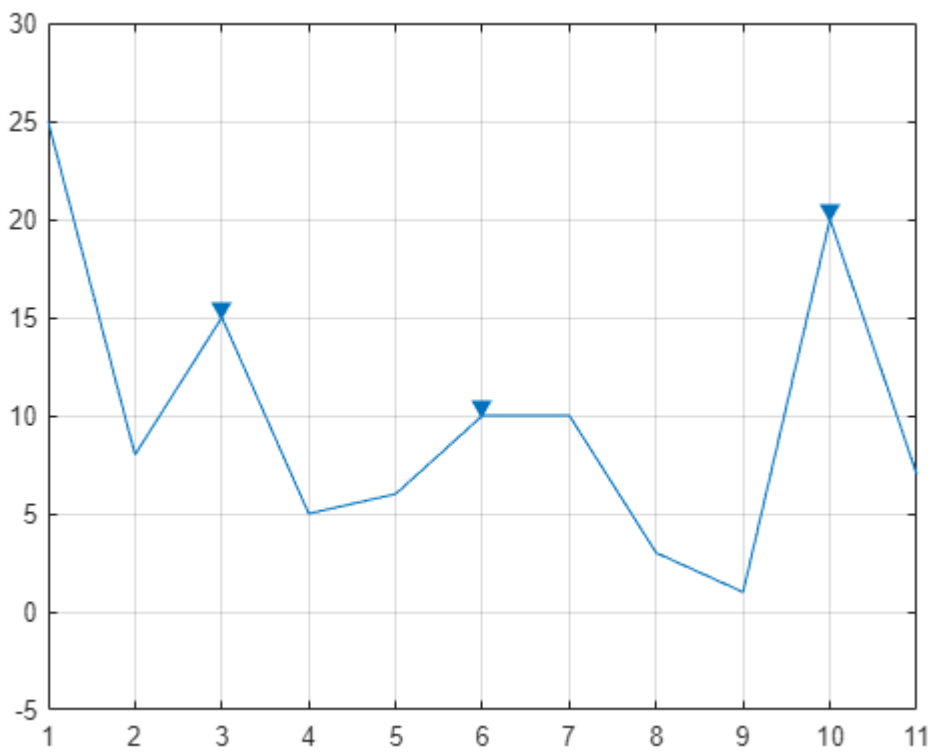
Zadanie 13

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) w sygnale:

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
plot(s)
```

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
findpeaks(s)
```



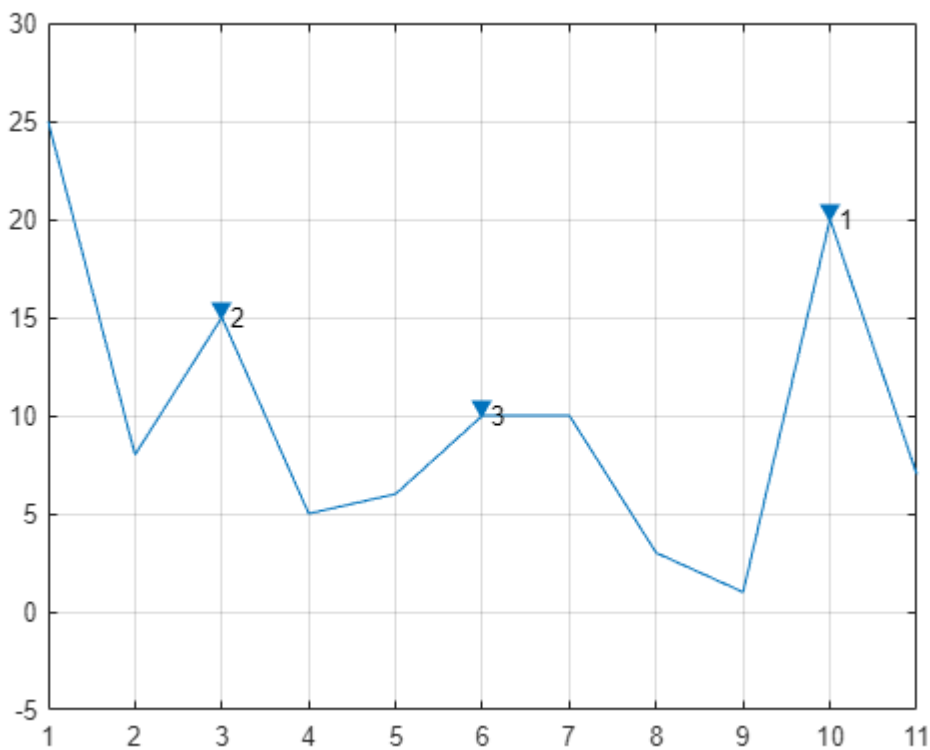
Zadanie 14

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`. Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) oraz posortować od

największego maksimum w sygnale:

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(s)
```

```
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
findpeaks(s)
[PEAKS_s, lokalizacja] = findpeaks(s, 'SortStr', 'descend');
text(lokalizacja + 0.1, PEAKS_s, num2str((1:numel(PEAKS_s))'))
```



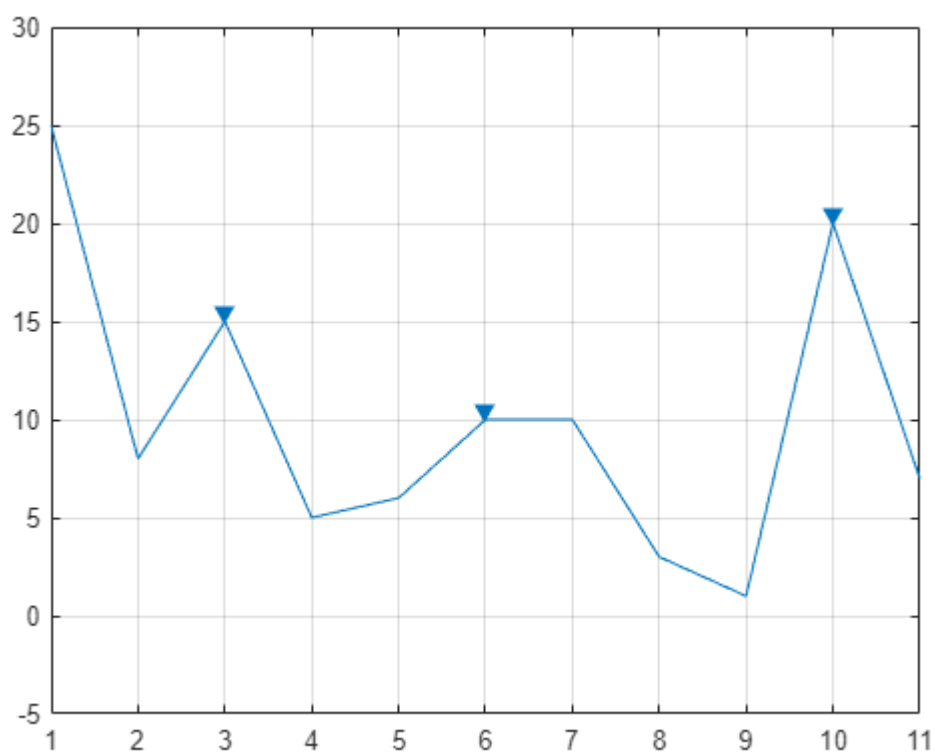
Zadanie 15

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`. Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych). dla sygnału:

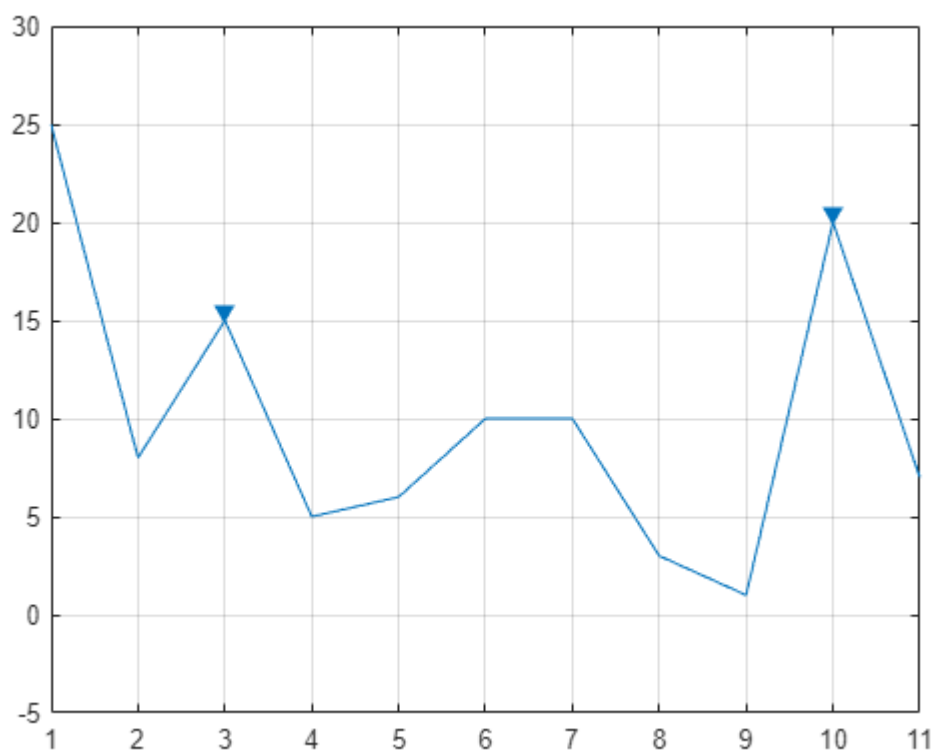
```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x,s)
```

Zastosować parametr 'Threshold'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru 'Threshold' równego 10, 5 i 0

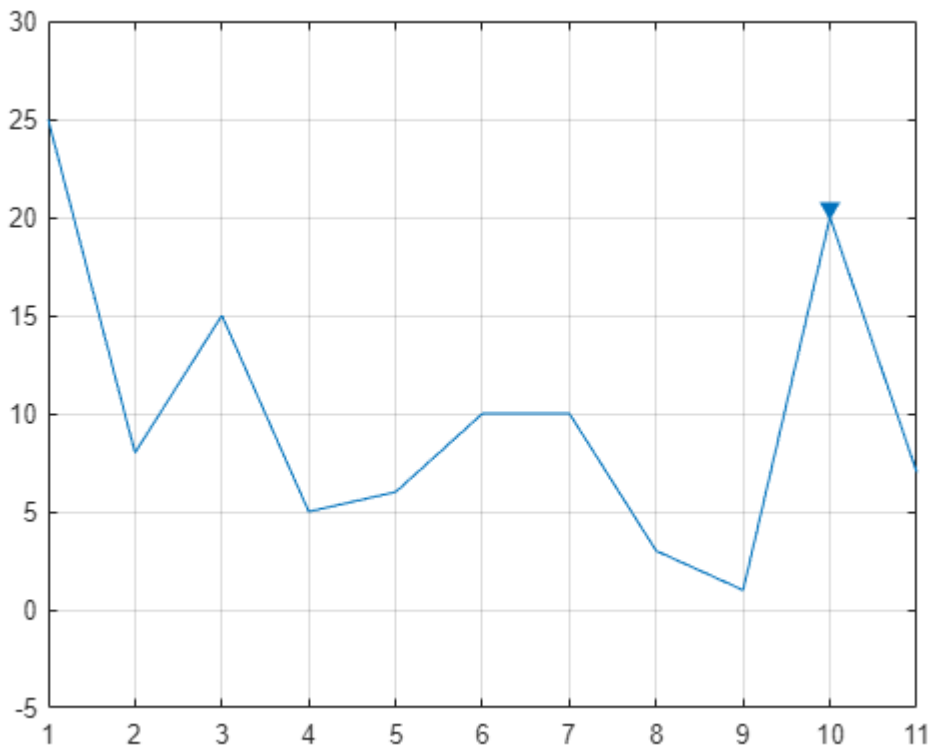
```
x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11];
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
th0 = 0;
th5 = 5;
th10 = 10;
findpeaks(s, 'Threshold', th0)
```



```
findpeaks(s, 'Threshold', th5)
```



```
findpeaks(s, 'Threshold', th10)
```



Zadanie 16

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`

Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) dla sygnału:

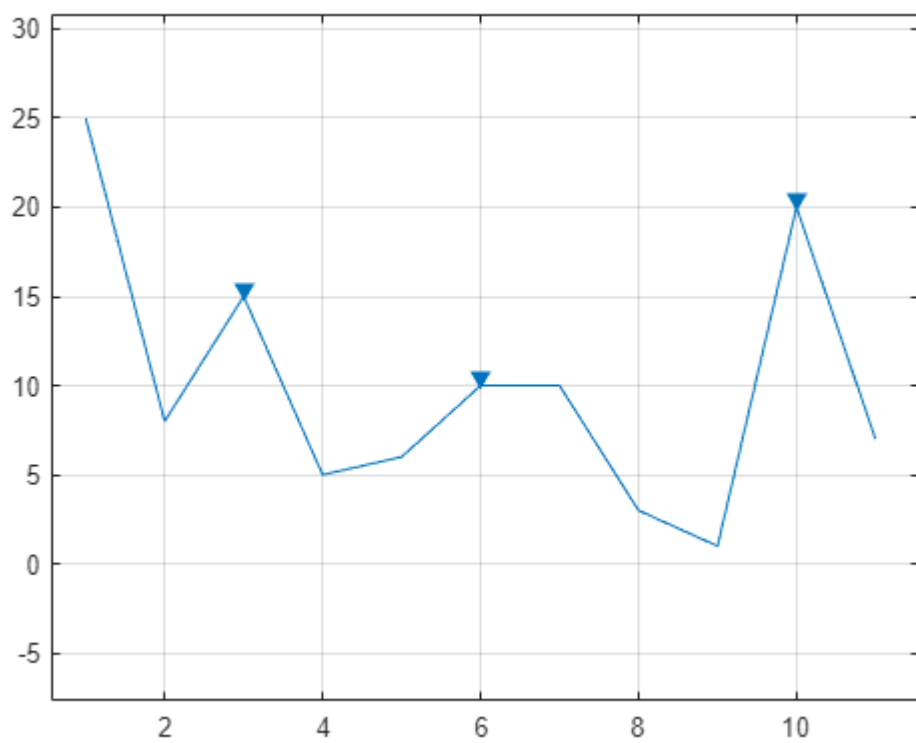
```
x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x, s)
```

Zastosować parametr `'MinPeakHeight'`. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru `'MinPeakHeight'` równego 12, 8 i 3

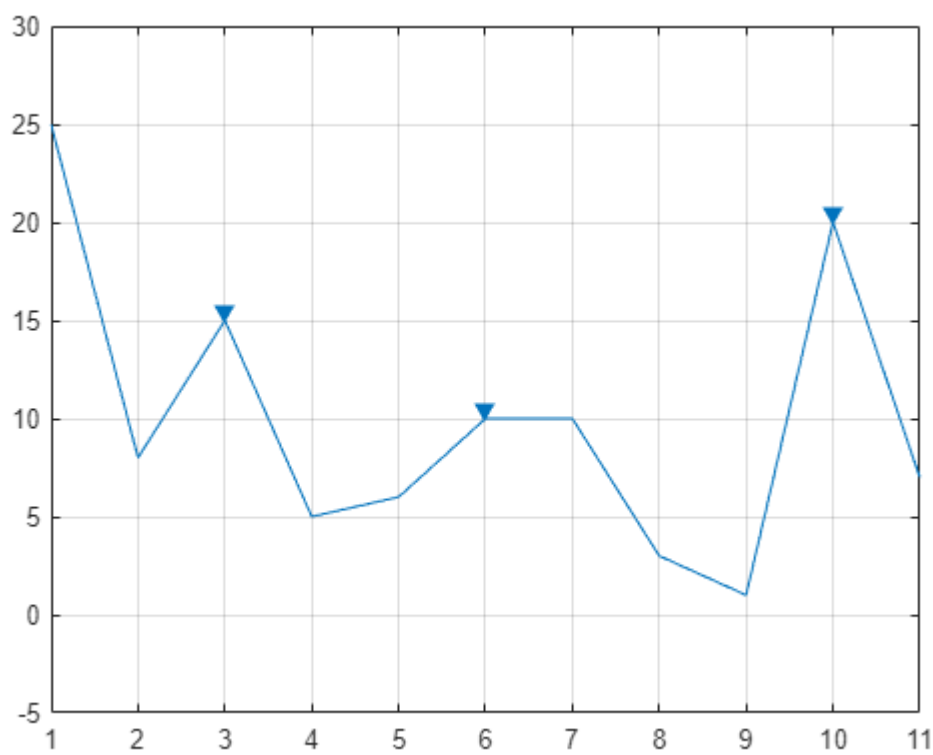
```
x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11];
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
mph3 = 3;
mph8 = 8;
mph12 = 12;
```

```
mph12 = 12
```

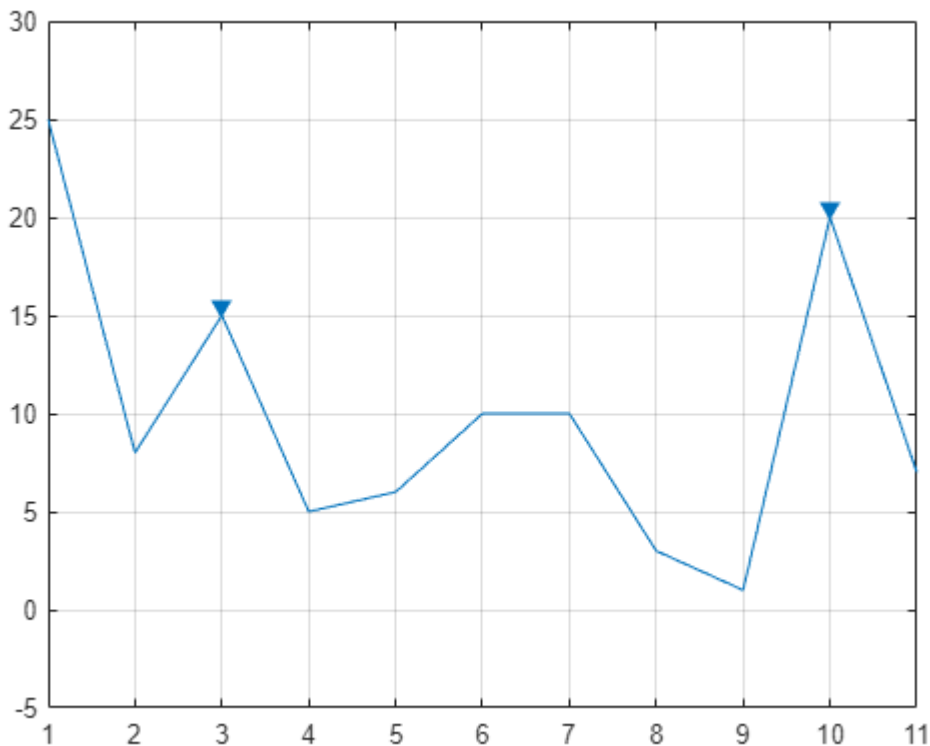
```
findpeaks(s, 'MinPeakHeight', mph3);
```



```
findpeaks(s, 'MinPeakHeight', mph8);
```



```
findpeaks(s, 'MinPeakHeight', mph12);
```



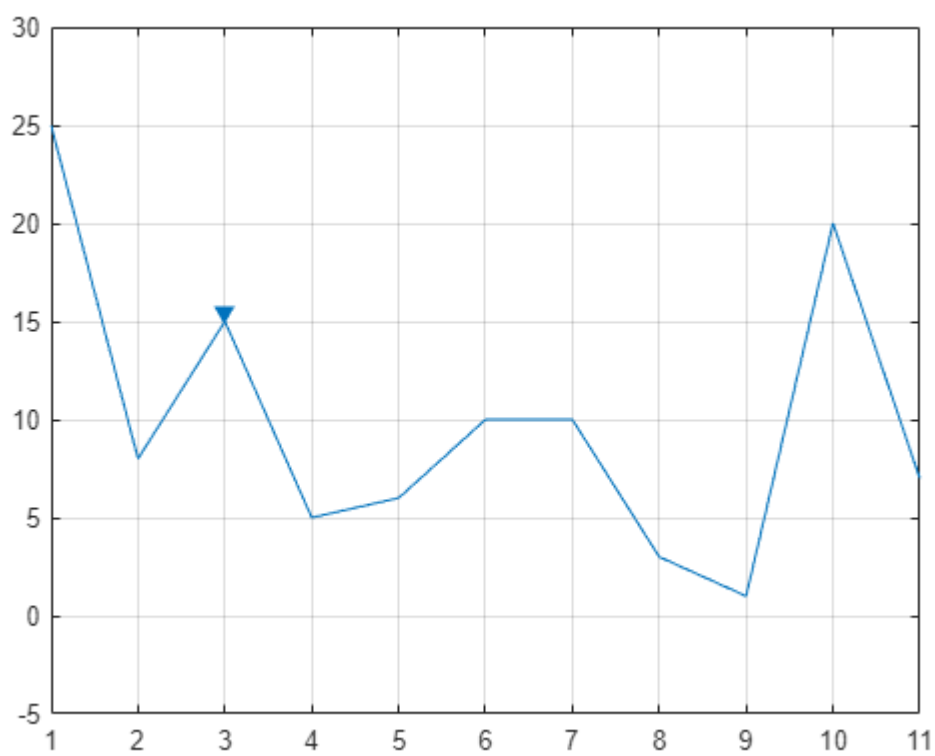
Zadanie 17

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`. Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych). dla sygnału:

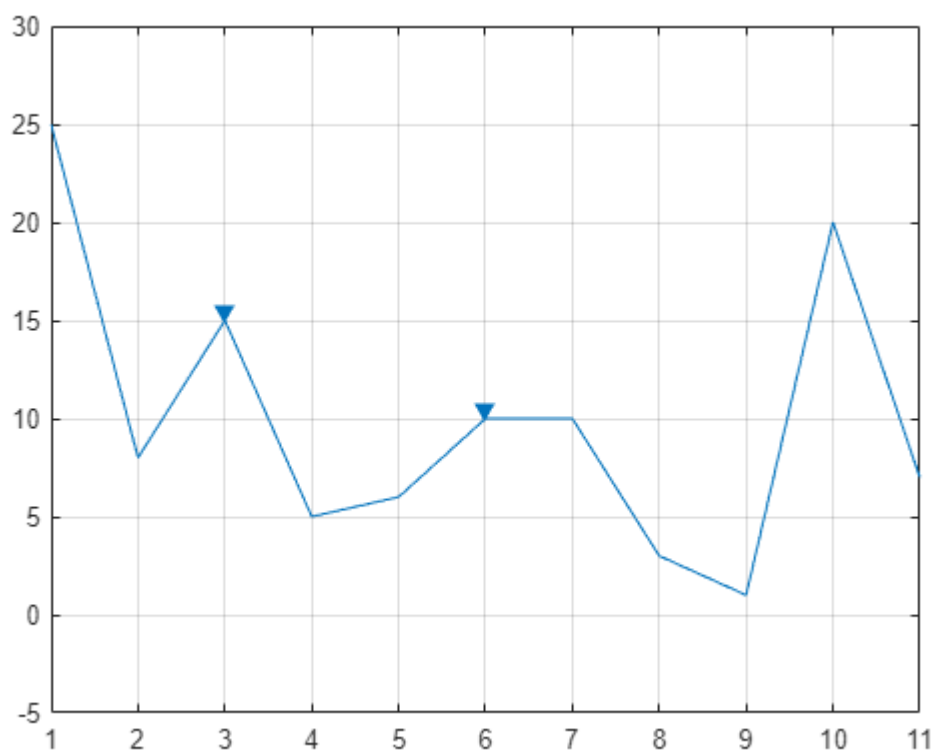
```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]  
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
plot(x,s)
```

Zastosować parametr '`NPeaks`'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru '`NPeaks`' równego 1 i 2.

```
x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11];  
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];  
findpeaks(s, 'NPeaks', 1)
```



```
findpeaks(s, 'NPeaks', 2)
```



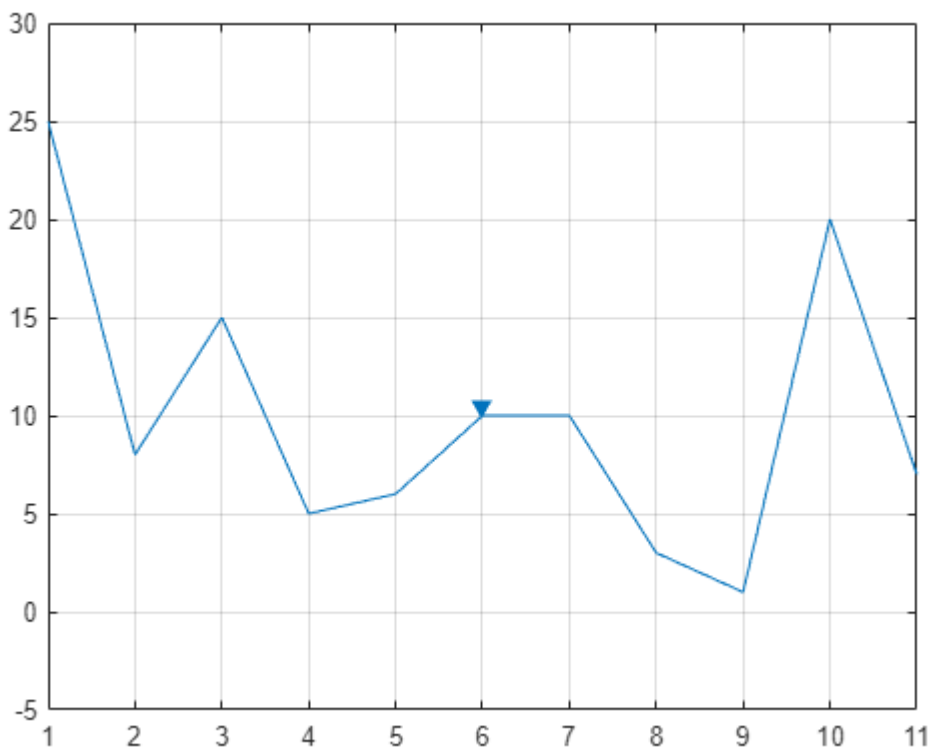
Zadanie 18

Zapoznać się z funkcją – `findpeaks()`. Znaleźć lokalizację i wartości szczytów (maksimów lokalnych) dla sygnału:

```
x= [1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11]
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
plot(x,s)
```

Zastosować parametr '`MinPeakWidth`'. Zaobserwować co się stanie dla wartości parametru '`MinPeakWidth`' równego 1.

```
x = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11];
s = [25 8 15 5 6 10 10 3 1 20 7];
findpeaks(s, 'MinPeakWidth', 1)
```



Zadanie 19

Korzystając z funkcji `rms()`, przeprowadzić rozpoznawanie na próbkach WAV (wiatrak20.wav, wiatrak21.wav, wiatrak23.wav, wiatrak24.wav, przekladnia20.wav, przekladnia21.wav, przekladnia23.wav, przekladnia24.wav) z zastosowaniem K-NN (zastosować metrykę Manhattan).

```
load rmsy.mat
rms_w20 = rms(w20);
rms_w21 = rms(w21);
rms_p20 = rms(p20);
rms_p21 = rms(p21);
```

```
% testowe
rms_w23 = rms(w23);
rms_w24 = rms(w24);
rms_p23 = rms(p23);
rms_p24 = rms(p24);
```

```
Dw_23_w20 = sum(abs(rms_w23 - rms_w20))
```

```
Dw_23_w20 = 0.0068
```

```
Dw_23_w21 = sum(abs(rms_w23 - rms_w21))
```

```
Dw_23_w21 = 0.0036
```

```
Dw_23_p20 = sum(abs(rms_w23 - rms_p20))
```

```
Dw_23_p20 = 0.0372
```

```
Dw_23_p21 = sum(abs(rms_w23 - rms_p21))
```

```
Dw_23_p21 = 0.0370
```

```
format loose
```

```
Dw_24_w20 = sum(abs(rms_w24 - rms_w20))
```

```
Dw_24_w20 = 8.8342e-04
```

```
Dw_24_w21 = sum(abs(rms_w24 - rms_w21))
```

```
Dw_24_w21 = 0.0023
```

```
Dw_24_p20 = sum(abs(rms_w24 - rms_p20))
```

```
Dw_24_p20 = 0.0431
```

```
Dw_24_p21 = sum(abs(rms_w24 - rms_p21))
```

```
Dw_24_p21 = 0.0430
```

```
format loose
```

```
Dp_23_w20 = sum(abs(rms_p23 - rms_w20))
```

```
Dp_23_w20 = 0.0386
```

```
Dp_23_w21 = sum(abs(rms_p23 - rms_w21))
```

```
Dp_23_w21 = 0.0354
```

```
Dp_23_p20 = sum(abs(rms_p23 - rms_p20))
```

```
Dp_23_p20 = 0.0054
```

```
Dp_23_p21 = sum(abs(rms_p23 - rms_p21))
```

```
Dp_23_p21 = 0.0053
```

```
format loose
```

```
Dp_24_w20 = sum(abs(rms_p24 - rms_w20))
```

```
Dp_24_w20 = 0.0406
```

```
Dp_24_w21 = sum(abs(rms_p24 - rms_w21))
```

```
Dp_24_w21 = 0.0374
```

```
Dp_24_p20 = sum(abs(rms_p24 - rms_p20))
```

```
Dp_24_p20 = 0.0034
```

```
Dp_24_p21 = sum(abs(rms_p24 - rms_p21))
```

```
Dp_24_p21 = 0.0033
```

Do wiatraka_23 najbardziej zbliżony jest wiatrak_21

Do wiatraka_24 najbardziej zbliżony jest wiatrak_20

Do przekładni_23 najbardziej zbliżona jest przekładnia_21

Do przekładni_24 najbardziej zbliżona jest przekładnia_21

Pytania

1) Jakie są podstawowe parametry sygnałów?

- Wartość średnia
- Średnia Kwadratowa (Wartość RMS – Root Mean Square)
- Współczynnik szczytu
- Współczynnik peak-to-peak
- Wartość maksymalna i minimalna
- Wariancja (średnia arytmetyczna kwadratów odchyleń)
- Odchylenie standardowe
- Energia sygnału dyskretnego
- Średnia moc sygnału dyskretnego
- Wartość RSS – Root Sum Square

2) Do czego mogą się przydać parametry sygnałów? Gdzie mogą być zastosowane?

Przy badaniu sygnałów, w pracach badawczych. Jedno z zastosowań zostało przedstawione w zadaniu 19 - porównywanie sygnałów między sobą i ich klasyfikacja.

3) Co by się stało gdybyśmy dodali do siebie wartości: RMS, RSS i maksymalną sygnału - $y = x_{RMS} + x_{RSS} + x_{MAX}$. Czy taka wartość będzie dla nas użyteczna? Odpowiedź uzasadnić.

Nie, ponieważ te parametry są ze sobą silnie skorelowane, stąd nie zachodzi potrzeba użycia wszystkich naraz, wystarczy dowolny z nich.

4) Co takiego robi funkcja `findpeaks()`?

Funkcja ta służy do znajdowania maksimów lokalnych w zadanym wektorze. Została przetestowana i opisana w punkcie 3.