

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra kybernetiky



SEMESTRÁLNÍ PRÁCE Č. 2

MODELOVÁNÍ A SIMULACE 1
ZKRATKA KATEDRY/ZKRATKA PŘEDMĚTU (KKY/MS1)

Jan Burian
8. dubna 2022

Obsah

1	Zadání	3
2	Vypracování	4
2.1	Zobrazení časového vývoje signálu	4
2.2	Časové parametry signálu	4
2.3	Frekvenční parametry signálu	5
2.4	Metoda krátkodobé Fourierovy transformace	5
2.5	Princip neurčitosti	6
2.6	Časo-frekvenční události v datech	8
3	Závěr	9
A	Zdrojový kód z Matlabu	10

1 Zadání

Zadání 2. semestrální práce z předmětu MS1

modelování v diagnostice - zpracování signálu

1. Načtěte signál ze souboru signal.mat do Matlabu
2. Zobrazte časový vývoj signálu (vzorkovací frekvence je 80kHz)
3. Určete časové parametry signálu - střední hodnotu signálu, energii signálu a efektivní hodnotu
3. Určete frekvenční parametry - zobrazte spektrum signálu. Které frekvence jsou v signálu dominantní?
4. Implementujte metodu krátkodobé Fourierovy transformace v Matlabu.
5. Ověřte princip neurčitosti - zvolte krátkou (např. 256 vzorků) a dlouhou (např. 4096 a více vzorků) okénkovou funkci a výsledky zobrazte formou spektrogramu. Jaký je rozdíl mezi oběma spektrogramy? V čem spočívá princip neurčitosti při časo-frekvenčním zpracování signálů?
6. Nalezněte časo-frekvenční událost v datech, kolik událostí se v signálu nachází a v jakém čase nastaly?
7. Vytvořte zprávu shrnující získané výsledky formou zobrazení a vysvětlujícího textu. V závěru zprávy uveďte kód z Matlabu, který jste použili pro získání výsledků.

Základní funkce v Matlabu doporučené pro zpracování semestrální práce (podrobnější informace viz dokumentace/help Matlabu):

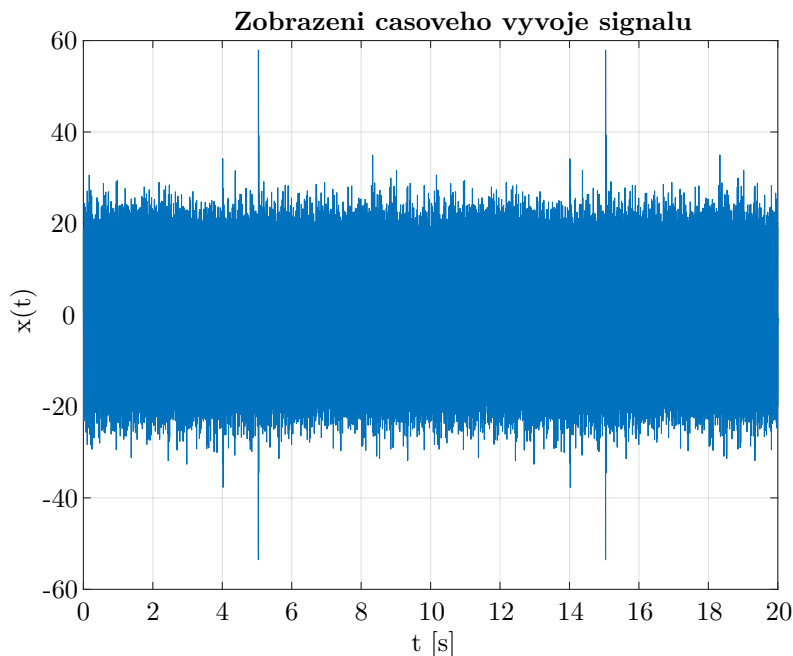
- load, size, length, for cyklus, ...
- plot, xlabel, ylabel, grid, title, ...
- fft, abs, mean, sqrt, hanning, ...
- imagesc, waterfall, caxis, colorbar, ...
- ...

2 Vypracování

Semestrální práce byla vypracována v programovém prostředí Matlab.

2.1 Zobrazení časového vývoje signálu

Po načtení signálu ze souboru "signal.mat", pomocí příkazu *load()*, byl zobrazen časový vývoj signálu se vzorkovací frekvencí 80 kHz (80 000 vzorků za sekundu). Ke správnému vykreslení signálu byla využita znalost vzorkovací frekvence, ze které byla spočtena doba trvání signálu.



Obrázek 1: Zobrazení časového vývoje signálu.

2.2 Časové parametry signálu

V této části bylo úkolem vypočítat časové parametry signálu. Nejprve byla spočítána střední hodnota signálu (stejnoseměrná složka) a to pomocí následujícího vzorce:

$$X_{dc} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{\infty} X(k), \quad (1)$$

kde N je celkový počet vzorků signálu.

Po dosazení do vzorce (1) jsme dostali následující výsledek:

$$X_{dc} = -3.0025 \times 10^{-4}.$$

Dalším vypočteným parametrem byla energie diskretního signálu, jež byla vypočtena využitím následujícího vzorce:

$$E = T_s \sum_{k=1}^N X(k)^2, \quad (2)$$

kde T_s je vzorkovací perioda signálu.

Po dosazení do vzorce (2) jsme dostali následující výsledek:

$$E = 1.0256 \times 10^3.$$

Na závěr byla vypočtena efektivní hodnota signálu, která byla vypočtena pomocí parametru *výkon signálu*. Pro výpočet efektivní hodnoty byl použit následující vzorec:

$$X_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{k=1}^N X(k)^2}, \quad (3)$$

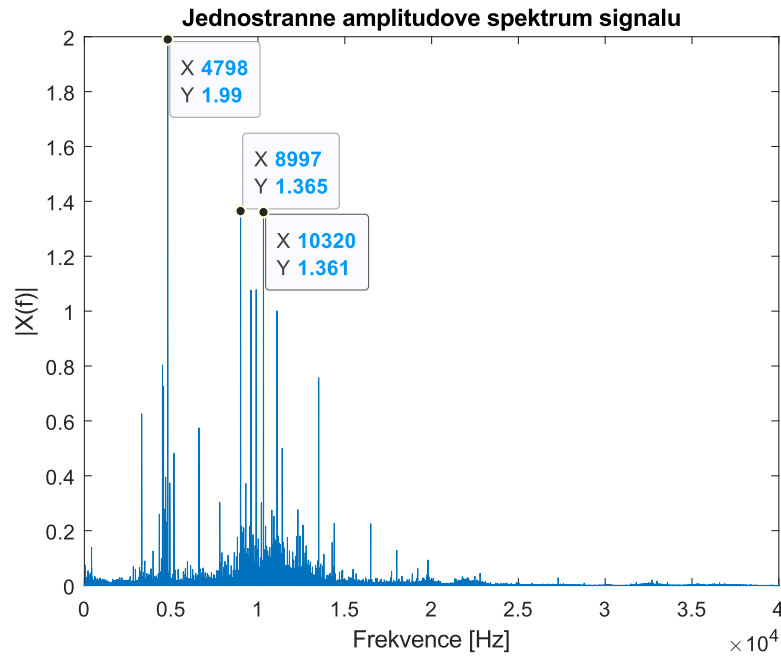
kde T_0 je doba trvání signálu.

Po dosazení do vzorce (3) jsme dostali následující výsledek:

$$X_{ef} = 7.1612.$$

2.3 Frekvenční parametry signálu

V tomto bodě byl nejprve časový signál převeden na frekvenční a to pomocí příkazu *fft()*. Následně bylo, po úpravě dat, vykresleno amplitudové spektrum signálu.



Obrázek 2: Zobrazení jednostranného amplitudového spektra signálu.

Z obrázku 2 je zřejmé, že dominantními frekvencemi jsou následující frekvence: **4798 Hz**, **8997 Hz** a **10320 Hz**.

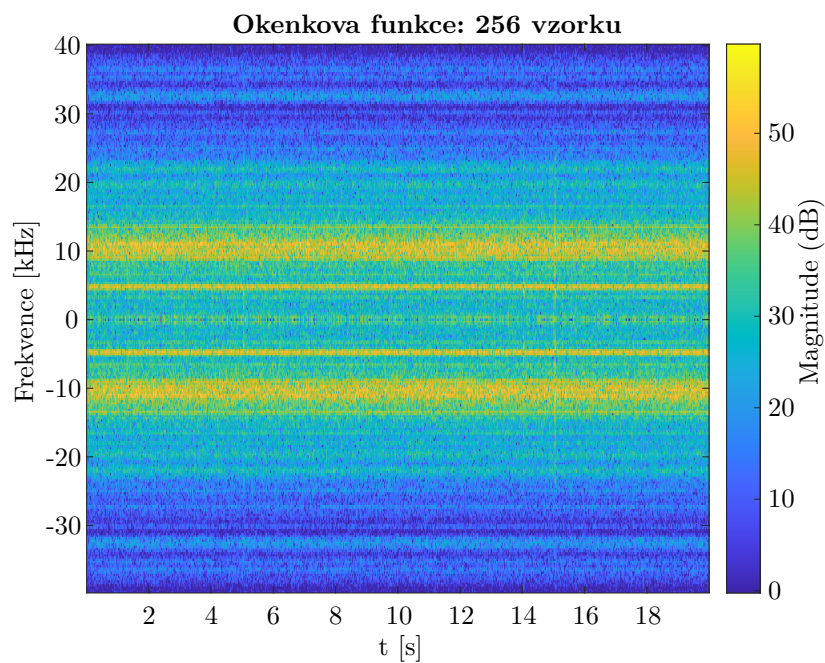
2.4 Metoda krátkodobé Fourierovy transformace

Pro výpočet krátkodobé Fourierovy transformace byl použit příkaz *stft()*.

2.5 Princip neurčitosti

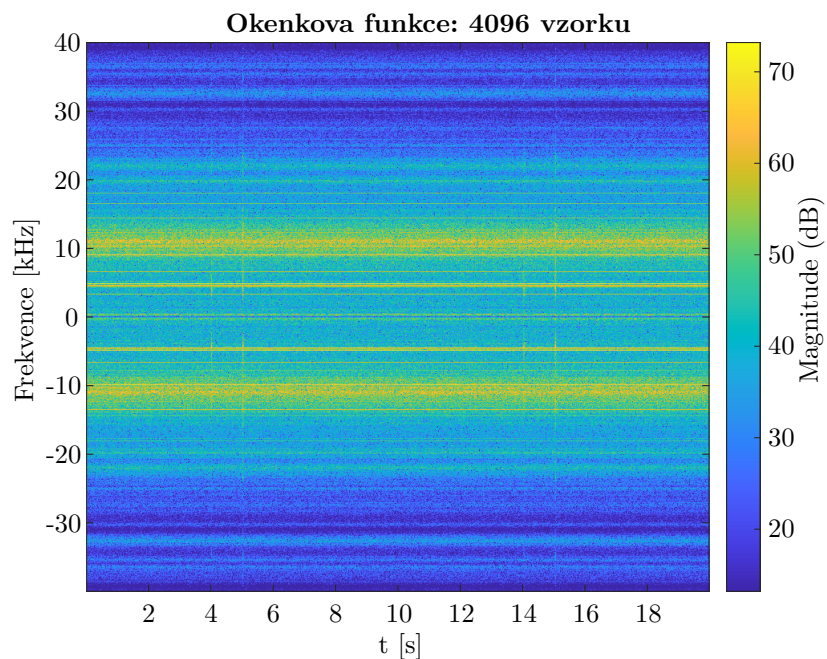
Cílem této části bylo ověření principu neurčitosti. Byl opět použit příkaz *stft()*, avšak tentokrát byl využit parametr **Window** (okénková funkce), který signál rozdělí na jednotlivé segmenty o zadané délce. Okénková funkce byla generována pomocí příkazu *hamming()*. Jedním z nástrojů hodících se pro analýzu neurčitosti může být spektrogram.

Nejprve byla zvolena okénková funkce délky 256 vzorků. Výsledek byl následně zobrazen formou spektrogramu.



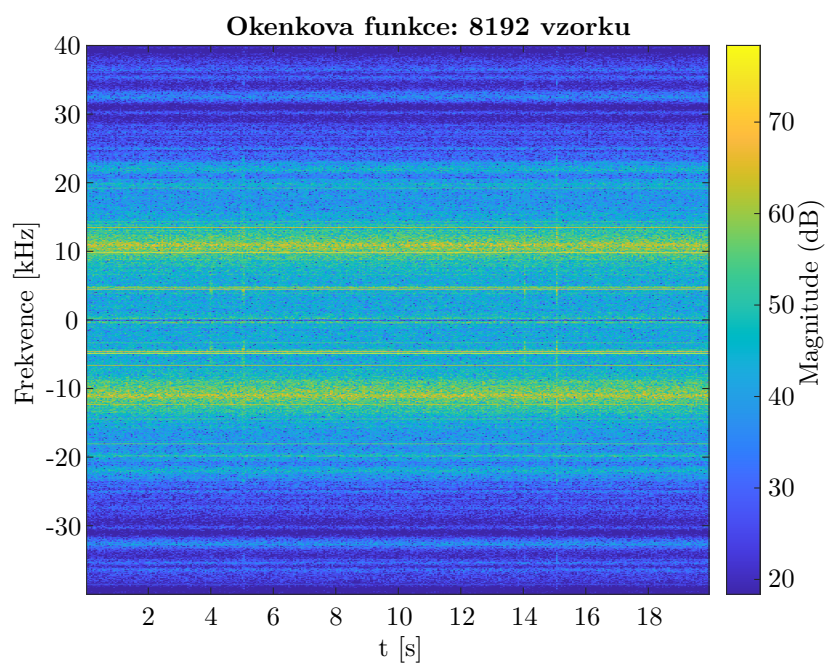
Obrázek 3: Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 256 vzorků.

Následně byla zvolena okénková funkce délky 4096 vzorků. Výsledek byl opět zobrazen formou spektrogramu.



Obrázek 4: Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 4096 vzorků.

Na závěr byla ještě zvolena okénková funkce o délce 8192 vzorků.



Obrázek 5: Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 8192 vzorků.

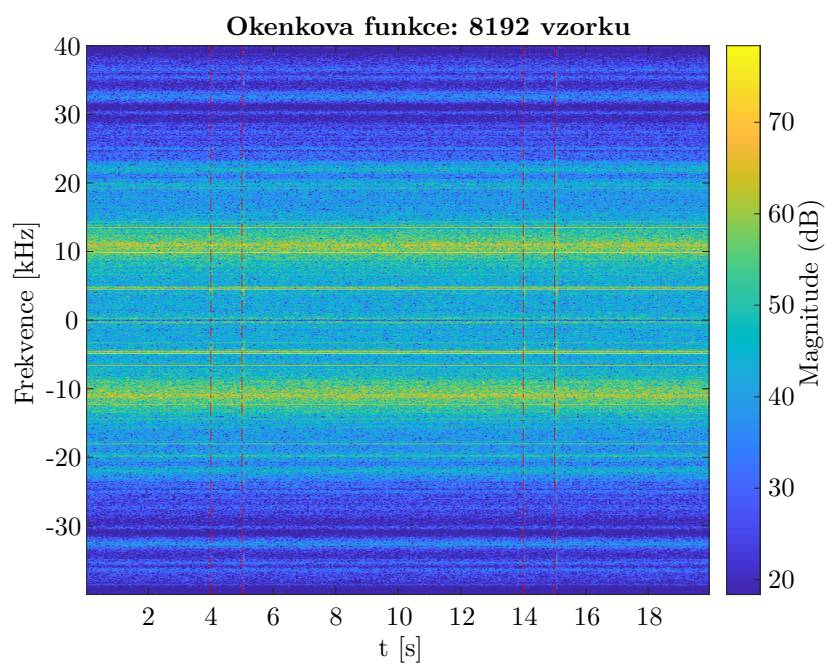
Je patrné, že volbou delšího okénka je dosaženo lepšího rozlišení ve frekvenci, ale je zároveň sníženo rozlišení v čase. Na druhou stranu volbou kratšího okénka se dojde ke zlepšení rozlišení v čase, ale zároveň dojde ke zhoršení rozlišení ve frekvenci. Pokaždé se jedná o kompromis.

2.6 Časo-frekvenční události v datech

V zobrazeném spektrogramu (obrázek 5) je možné nalézt čtyři časo-frekvenční události, a to v časech:

- $t = 4s$
- $t = 5s$
- $t = 14s$
- $t = 15s$

Vyznačené události ve spektrogramu:



Obrázek 6: Zobrazení spektrogramu s vyznačenými časo-frekvenčními událostmi.

3 Závěr

Hlavním cílem této semestrální práce byla analýza diskrétního signálu v časové a rovněž i frekvenční oblasti. Nejprve byl signál vykreslen. Následně byly spočteny parametry signálu jako např. střední hodnota, energie signálu či efektivní hodnota signálu. Poté byl signál převeden pomocí Fourierovy transformace do frekvenční oblasti. Na závěr byl na signálu ověřen princip neurčitosti, u kterého je třeba brát v potaz kompromis mezi frekvenční a časovou složkou signálu.

A Zdrojový kód z Matlabu

```
1 %% 2. semestrální práce z predmetu MS1
2 % Jan Burian
3
4 %%
5 clc
6 clear
7 close all
8
9 %% Nacteni signalu
10 load('signal.mat')
11
12 %% Zobrazeni casoveho vyvoje signalu (vzorkovaci frekvence je 80 kHz)
13 fs = 80000; % Hz
14 Ts = 1 / fs; % perioda vzorkovani
15 t = length(signal) / fs; % doba trvani v sekundach
16
17 x = linspace(0, t, length(signal)); % vygenerovani prislusneho vektoru (
    za 1 sec 80000 vzorku
18                                     % => za dobu t * 80000 vzorku)
19
20 figure
21 plot(x, signal);
22 xlabel('t [s]');
23 ylabel('x(t)');
24 grid on;
25 title('Zobrazeni casoveho vyvoje signalu');
26
27 %% Stredni hodnota signalu, energie signalu a efektivni hodnota
28 % Stredni hodnota signalu
29 stredni_hodnota_pomocna = 0;
30 for i = 1:length(signal)
31     stredni_hodnota_pomocna = stredni_hodnota_pomocna + signal(i,1);
32 end
33
34 stredni_hodnota = stredni_hodnota_pomocna / length(signal);
35
36 % Energie signalu
37 energie_signalu_pomocna = 0;
38 for u = 1:length(signal)
39     energie_signalu_pomocna = energie_signalu_pomocna + power(signal(u,1)
40         , 2);
41 end
42
43 energie_signalu = energie_signalu_pomocna * Ts;
44
45 % Efektivni hodnota
46 t = length(signal) / fs; % doba trvani v sekundach
47 vykon_signalu = (1/t) * energie_signalu;
48 efektivni_hodnota = sqrt(vykon_signalu);
49
```

```

50 %% Amplitudove spektrum signalu
51 n = length(signal); % pocet vzorku
52 NFFT = 2^nextpow2(n);
53 X = fft(signal, NFFT) / n;
54 f = fs / 2*linspace(0, 1, NFFT/2+1);
55
56 plot(f, 2*abs(X(1:NFFT/2+1)))
57 title('Jednostranne amplitudove spektrum signalu');
58 xlabel('Frekvence [Hz]')
59 ylabel('|X(f)|')
60
61 %% Metoda kratkodobe Fourierovy transformace
62 [S, W, T] = stft(signal);
63
64 %% Princip neurcitosti
65 figure
66 win = hamming(256);
67 stft(signal, fs, 'Window', win, 'OverlapLength', 128, 'FFTLenght', 256);
68 title('Okenkova funkce: 256 vzorku')
69 ylabel('Frekvence [kHz]')
70 xlabel('t [s]')
71
72 figure
73 win = hamming(4096);
74 stft(signal, fs, 'Window', win, 'OverlapLength', 2048, 'FFTLenght', 8192);
75 title('Okenkova funkce: 4096 vzorku')
76 ylabel('Frekvence [kHz]')
77 xlabel('t [s]')
78
79 figure
80 win = hamming(8192);
81 stft(signal, fs, 'Window', win, 'OverlapLength', 4096, 'FFTLenght', 8192);
82 title('Okenkova funkce: 8192 vzorku')
83 ylabel('Frekvence [kHz]')
84 xlabel('t [s]')
85
86 %% Caso-frekvencni udalosti
87 figure
88 win = hamming(8192);
89 stft(signal, fs, 'Window', win, 'OverlapLength', 4096, 'FFTLenght', 8192);
90 title('Okenkova funkce: 8192 vzorku')
91 ylabel('Frekvence [kHz]')
92 xlabel('t [s]')
93 xline(4, '-.r')
94 xline(5, '-.r')
95 xline(14, '-.r')
96 xline(15, '-.r')

```

Seznam obrázků

1	Zobrazení časového vývoje signálu.	4
2	Zobrazení jednostranného amplitudového spektra signálu.	5
3	Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 256 vzorků.	6
4	Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 4096 vzorků.	7
5	Zobrazení spektrogramu; okénková funkce o délce 8192 vzorků.	7
6	Zobrazení spektrogramu s vyznačenými časo-frekvenčními událostmi.	8