

# B2B31CZS - Cvičení 4 - Odhady spektrálních charakteristik náhodných a nestacionárních signálů

## Úkoly:

### Modelujte signály pro účely následné spektrální analýzy

- **s1** - 2 sinusovky různých kmitočtů

```
fs = 200; % Hz
tmax = 20 % s

f1 = 14 % Hz
A1 = 0.5;

f2 = 27.5; % Hz
A2 = 0.4;

% tt = ;
% s1 = ;
```

- **b1** - bílý šum s Gaussovským rozložením
- **b2** - bílý šum s rovnoměrným rozložením

```
% Pro fs = 200Hz a tmax = 20s
% Nb1 = ;
% Nb2 = ;

% b1 = randn();
% b2 = rand();
```

- **x1** - směs sinusovky s1 a bílého šumu b1 s výsledným SNR= -3 dB

```
% Koeficient 'k' pro směs s daným SNR zkopírujte z předešlých cvičení
SNR = -3; % dB - Požadované SNR

% x1 = ;
```

Vytvořte požadovanou směs **x1** a zobrazte první 2 segmenty o délce 512 vzorků.

```
% Zde vykreslete ze směsi x1 první dva segmenty o délce 512 vzorků
wlen = 512;

figure("Name", "První dva segmenty signálu x1")
```

### Vyhlazené odhady spektrální výkonové hustoty (PSD)

Určete pomocí **Welchovy metody** (funkce `pwelch`) odhad výkonové spektrální hustoty (PSD) pro signál **x1**.

```
help pwelch
```

Konkrétně sledujte:

- Výkonové spektrum v dB dvou různých segmentů o délce 512 vzorků (vypočtené přímo pomocí funkce `fft`, váhujte Hammingovým váhovacím okénkem)

```
% Vyberte ze signálu x1 dva různé segmenty - nemusí být nutně sousedící
% seg1 = x1();
% seg2 = x1();

% w = hamming();

% Výkonové spektrum segmentů
% Gseg1 = ;
% Gseg2 = ;
```

- Vyhlazený odhad PSD počítaný z celého signálu (funkce `pwelch`), váhujte opět Hammingovým váhovacím okénkem

```
% Vyhlazený odhad PSD
% Px1 = pwelch();
```

- Nevyhlazený odhad PSD počítaný z jednoho segmentu signálu (funkce `pwelch`), váhujte opět Hammingovým váhovacím okénkem

```
% Nevyhlazený odhad PSD
% Psegx1 = pwelch();
```

- Opakujte předchozí kroky a sledujte vliv váhování dalšími okénky (zejména pravoúhlým, Blackmanovým)

```
% w = rectwin();
% w = blackman();
```

Vykreslete do jednoho obrázku výše uvedené 3 odhady pro modelovaný signál **x1** (při váhování Hammingovým oknem)

```
figure( "Name", "Srovnání spektrálních odhadů signálu x1" )
```

Vykreslete do jednoho obrázku výše uvedené 3 odhady pro reálný EEG signál **e1**, viz [e1.mat](#) (fs = 200 Hz, binární MATLABovský mat-file, k načtení použijte funkci `load`)

```
fs = 200; % Hz
load("e1.mat") % Reálný EEG signál

figure("Name", "Srovnání spektrálních odhadů EEG signálu e1")
```

## Spektrogram stacionárního a nestacionárního signálu

Vykreslete **spektrogram** modelovaného signálu **x1** (funkce `spectrogram`) a sledujte vliv jednotlivých volitelných parametrů při výpočtu spektrogramu:

```
help spectrogram
```

- Sledujte zejména měnící se časově-frekvenční **rozlišení** pro různé délky krátkodobého okna (volte délku okna 512, 256, 128, 64 resp. 512, 1024, 2048, 4096).
- Nastavte korektní zobrazení frekvence na vertikální osu  $y$  (parametr  $F_s$ )
- Nastavte počet bodů DFT pro kratší segmenty a sledujte rozdíly pro výpočet s doplněním resp. bez doplnění nulami (parametr `WINDOW` pokud zadáte celé číslo)
- Sledujte vliv použitého váhovacího okna: `rectwin` (obdélníkové), `bartlett` (trojúhelníkové), `hann` (Hannovo), `blackman` (Blackmanovo - ostřejší)

```
% Délka segmentu/okna
% 512, 256, 128, 64 - srovnejte
% 512, 1024, 2048, 4096 - srovnejte
wlen = 512;

% Váhovací okno
wvtool(hamming(wlen)); % Nástroj pro zobrazení tvaru okna a jeho spektra
% w = hamming(); % blackman, hann, rectwin, bartlett

NFFT = 512;

fs = 200; % Hz

% Spektrogram pro x1
```

Opakujte další signály **s1**, **b1**, **b2** resp. **e1** s optimálním nastavením pro každý signál

```
% Spektrogramy pro s1, b1, b2, e1
```

Analyzujte **spektrální charakteristiky** nestacionárního řečového **signálu r1** uloženého v souboru [sm2.bin](#), který obsahuje promluvu "1 0 6 4 7" (muž) vzorkovanou kmitočtem  $f_s = 16$  kHz. (Binární signál lze načíst pomocí fce [loadbin.m](#))

Zobrazte spektrogramy signálu **r1** pro segmenty o následujících délkách: 32 ms, 4 ms, 256 ms (použijte **implicitní 50%** překryv segmentů a **Hammingovo okénko** pro váhování) a **sledujte** měnící se časově-frekvenční **rozlišení ve spektrogramu**.

```
r1 = loadbin("sm2.bin"); % Mužský hlas, promluva "1 0 6 4 7"
fs = 16000; % Hz

tseg1 = 0.032; % 32 ms
tseg2 = 0.004; % 4 ms
tseg3 = 0.256; % 256 ms

% Nseg1 = ;
% Nseg2 = ;
% Nseg3 = ;

figure("Name", "Spektrogramy signálu r1 pro různě dlouhá okna")
```

Srovnajte spektrogram signálu **r1** a dlouhodobý vyhlazený odhad PSD (funkce `pwelch`), obojí pro optimální délku krátkodobého segmentu 32 ms. Vysvětlíte proč je nevhodné počítat PSD pro uvedený signál.

```
tseg1 = 0.032; % 32 ms
% Pr1 = pwelch();

figure("Name", "Porovnání spektrogramu a vyhlazeného odhadu PSD pro segment 32ms")
```

V případě dostatku času sledujte spektrogramy dalších promluv:

- [sf2.bin](#) - (promluva "1 0 6 4 7" - žena)
- [sm1.bin](#) - (promluva "Mobilní hlasová schránka" - muž - déšť)
- [sf1.bin](#) - (promluva "Mobilní hlasová shránka" - žena)

## Intervaly spolehlivosti odhadu PSD

Zobrazte vyhlazený odhad PSD pro signál **x1**, přičemž počítejte:

1. Pro dříve vytvořený signál se  $\text{SNR} = -3$  dB
2. Pro modifikovanou směs se  $\text{SNR} = -10$  dB
3. Pro modifikovanou směs se  $\text{SNR} = 40$  dB

```
% Směs se SNR -3 dB použijte z předchozích částí
```

```
% Vytvořte další dvě směsi s danými SNR níže
SNR2 = -10; % dB
SNR3 = 40; % dB
```

Zobrazte PSD a intervaly spolehlivosti při hladině významnosti 98% pro výše uvedené 3 varianty signálu **x1**, tj. směsi sinusovky a šumu při SNR=-3, -10 resp. 40 dB.

```
figure("Name","PSD a intervaly spolehlivosti pro směs x1 se SNR -3, -10 a 40dB")
```

Sledujte míru spolehlivosti odhadu PSD pro uvedené 3 signály.

### **Ve volném čase**

Zobrazte případně 3-rozměrný prostorový spektrogram, viz help funkcí `surf` a `spectrogram` pro všechny výše analyzované signály.

```
help surf
help spectrogram
```