

Vježba 4. Vremenski zavisna Furijeova transformacija

Funkcije MATLAB-a i Signal Processing Toolboxa koje se koriste u ovoj vježbi

```
[S,F,T,P] = spectrogram(x, window, overlap, Nfft, Fs)
```

Izračunavanje i crtanje spektrograma signala:

- x – vektor odmjeraka signala koji se analizira,
- $window$ – vektor koji sadrži odmjerke prozorske funkcije koja se pomjera prilikom izračunavanja spektrograma,
- $overlap$ – broj odmjeraka za koliko se sukcesivni blokovi signala preklapaju.
- $Nfft$ – broj tačaka u kojima se računa FFT bloka signala. Ukoliko je veći od trajanja signala vrši se dopunjavanje nulama,
- Fs – frekvencija odmjeravanja u hercima. Ova vrijednost se ne koristi pri izračunavanju spektrograma već samo za skaliranje frekvencijske ose,

Izlazne promjenljive su:

- S – vrijednosti spektrograma,
- F – frekvencije u kojima su izračunate vrijednosti spektrograma,
- T – trenuci (pomaci prozora) u kojima su izračunate vrijednosti spektrograma. Ove vrijednosti odgovaraju položaju centra prozora,
- P – estimacija spektralne gustine snage signala.

Ukoliko se funkcija pozove bez izlaznih argumenata onda funkcija crta 3D grafik estimacije spektralne gustine snage. U ovom slučaju, poslednji argument je lokacija frekvencijske ose. Na primjer,

```
spectrogram(x, hamming(128), 120, 128, 1000, 'yaxis')
```

daje isti rezultat kao:

```
[y,f,t,p] = spectrogram(x, hamming(128), 120, 128, 1000, 'yaxis');  
surf(t,f,10*log10(abs(p)), 'EdgeColor', 'none');  
axis xy; axis tight; colormap(jet); view(0,90);  
xlabel('Time');  
ylabel('Frequency (Hz)')
```

Ako je za frekvencijsku osu izabrana y-osa, kao u gornjem primjeru, onda su u kolonama matrice y odmjeri DFT za odgovarajući položaj prozora.

Zadatak

1. Dat je frekvencijski modulisan signal $x(t) = \cos(2\pi\mu t^2)$. Generisati odmjerkne ovog signala na intervalu $t = 0$ do $t = 100\mu\text{s}$. Uzeti da je $\mu = 2.4 \cdot 10^{10}$, a frekvencija odmjerkavanja iznosi 10MHz. Nacrtati signal u vremenskom domenu korištenjem naredbe `plot`.
2. Odrediti trenutnu frekvenciju ovog signala i njenu maksimalnu vrijednost.
3. Nacrtati spektrogram signala iz tačke 1. Iskoristiti Hanov prozor dužine 128. Pomak prozora treba da iznosi 8 odmjerkaka, a FFT računati u 512 tačaka uz dopunjavanje nulama. Dobijeni grafik je 3D pa se može posmatrati iz različitih uglova.
4. Kako se na osnovu spektrograma može odrediti trenutna frekvencija ovog signala? Odrediti njenu vrijednost i uporediti sa rezultatom iz tačke 2.
5. Nacrtati spektar signala koji se dobija za prozor pomjeren u $40\mu\text{s}$.
6. Ponoviti tačke 1-4 za vrijednost μ koju ćete dobiti na času. Pokušajte skicirati spektrogram prije upotrebe MATLAB-a. Uporedite svoj rezultat sa onim dobijenim u MATLAB-u. Objasnite razlike u odnosu na prethodni primjer.

Uticaj dužine prozora na rezoluciju u vremenu i frekvenciji

7. Generisati 256 odmjerkaka signala datog jednačinom

$$x(n) = \begin{cases} 10, & n = 79 \\ \cos(0.15\pi n), & \text{inače} \end{cases}$$

Nacrtati signal u vremenskom domenu.

8. Nacrtati spektrograme signala iz tačke 5. Iskoristiti Hemingove prozore dužine 8, 32, 64 i 128 odmjerkaka. Pomak prozora treba da iznosi 1 odmjerkak, a FFT računati u 512 tačaka uz dopunjavanje nulama. Signal je definisan kao diskretan pa se za frekvenciju odmjerkavanja može iskoristiti vrijednost 1Hz. Sva 4 spektrograma nacrtati na jednoj slici korištenjem `subplot`.
9. Na osnovu dobijenih spektrograma ustanoviti na koji način rezolucija u vremenu, odnosno, frekvenciji zavisi od dužine prozora.
10. Fiksirati sada dužinu bloka (prozora) na 32 odmjerkaka, FFT računati u 32 i 256 tačaka, a pomaci prozora treba da iznose 1 i 10 odmjerkaka. Sva 4 spektrograma nacrtati na jednoj slici korištenjem `subplot`.
11. Da li rezolucija zavisi od pomaka prozora i broja tačaka u kojima se računa FFT?

Spektrogram govornog signala

12. Korištenjem programa Sound Recorder (Start > Programs > Accessories > Entertainment > Sound Recorder) snimiti samoglasnike I-A-E-A-O, izgovorene jedan za drugim, bez pauza. Kreirati WAV fajl sa frekvencijom odmjerkavanja od 8kHz i PCM kodovanjem korištenjem 8 bita.
13. Učitati snimljeni signal u MATLAB korištenjem funkcije `wavread`. Prikazati signal u vremenskom domenu korištenjem naredbe `plot`. Identifikovati intervale tišine na početku i na kraju uzorka signala (fajla) i formirati novi signal isjecanjem ovih intervala. Prikazati dobijeni signal u vremenskom domenu.

14. Pošto se govorni signal za samoglasnike u prvoj aproksimaciji može modelirati izlazom iz filtra pobuđenog nizom impulsa, njegov talasni oblik je kvaziperiodičan i njegova Furijeova transformacija ima dvije karakteristične osobine. Prvo, spektralni oblik filtra vokalnog trakta bi trebalo da bude vidljiv u nekoliko (manje od 5) velikih rezonantnih pikova. Drugo, spektar bi trebalo da se sastoji od mnogo linija na jednakim razmacima zbog kvaziperiodičnosti signala sa periodom (pitch period) od približno 10ms.
15. Nacrtati spektrograme signala iz tačke 11. Iskoristiti Hemingove prozore dužine 64, 128, 256 i 512 odmjeraka. Pomak prozora treba da iznosi 31 odmjerak, a FFT računati u 1024 tačke uz dopunjavanje nulama. Spektrograme nacrtati na različitim slikama uz označavanje korištene dužine prozora.
16. Za koju dužinu prozora je vidljiva linijska priroda spektra? Izmjerite rastojanje između spektralnih linija u hercima i povežite to sa pitch periodom signala. Zašto se za druge dužine prozora ova pojava ne vidi?
17. Druga spektralna osobina samoglasnika je ta da je sačinjen od nekoliko formantata (tj. 4 ili 5 rezonantnih pikova u frekvenciji). Za koju dužinu prozora se vide ovi pikovi? Zašto se za druge dužine prozora ova pojava ne vidi? Na kojim frekvencijama se nalaze ovi pikovi?