

Teoria Sistemelor - Introducere în semnale

Denis ILIE-ABLACHIM

Keywords—semnale, convoluții, filtrare, Transformata Fourier, FFT, ECG

I. INTRODUCERE

Scopul practic al acestei teme de laborator este aplicarea unor tehnici de filtrare a semnalelor prin intermediul operației de convoluție. În ce a de-a doua parte a temei, se vor deprinde tehnici de descompunere a semnalelor pentru analiză și, în particular, pentru clasificare.

II. EXERCITIUL 1 - FILTRAREA SEMNALELOR

Se consideră un semnal armonic

$$u(t) = \cos\left(100t + \frac{\pi}{3}\right),$$

definit pe domeniul $t = -10 : 0.01 : 10$. Se dorește filtrarea semnalului prin aplicarea unor procedee de convoluție cu alte semnale de forma $h(t) = e^{-kt}$, unde $k \in \{20, 60, 100\}$. Studiați evoluția semnalului de ieșire y în funcție de valorile lui k . Ce observați? Reprezentați grafic, pe rând, semnalele u și y și evaluați valorile amplitudinii și ale defazajului.

III. EXERCITIUL 2 - FFT

Următorul exemplu demonstrează aplicabilitatea funcției FFT, prin care putem descompune un semnal (original) într-o sumă de semnale armonice.

```
Fs = 1000;
% Sampling frequency
T = 1/Fs;           % Sampling period
L = 1500;           % Length of signal
t = (0:L-1)*T;      % Time vector
f = Fs*(0:(L/2))/L;

S = 0.7*sin(2*pi*50*t) + sin(2*pi*120*t);
X = S + 2*randn(size(t));

Y = fft(S);
P2 = abs(Y/L);
P1 = P2(1:L/2+1);
P1(2:end-1) = 2*P1(2:end-1);

plot(f,P1)
title('Amplitude Spectrum of S(t)')
xlabel('f (Hz)')
ylabel('|P1(f)|')
```

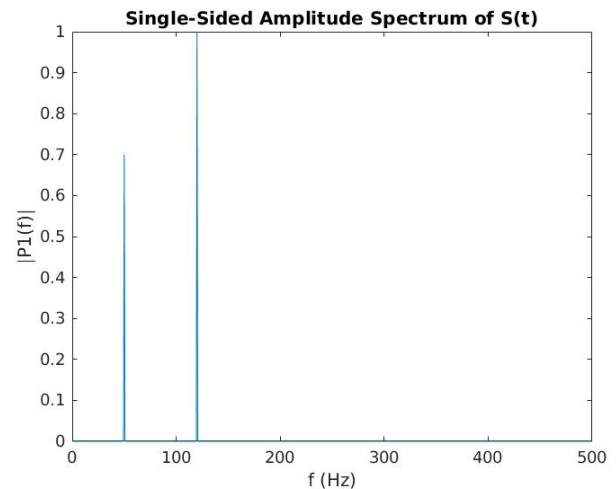


Figura 1. FFT aplicat asupra unui semnal filtrat (curat)

Rezultatul principal al aplicației este reprezentarea semnalelor obținute în urma descompunerii pe baza amplitudinii, respectiv a defazajului (Figura 1).

Prin repetarea aceluiași procedeu în cazul semnalului X se poate observa influența zgomotului asupra rezultatului final (Figura 2). De asemenea, se remarcă distribuția „random” (aleatoare) a zgomotului peste semnalul original S , caracterizat de data aceasta de alți parametri.

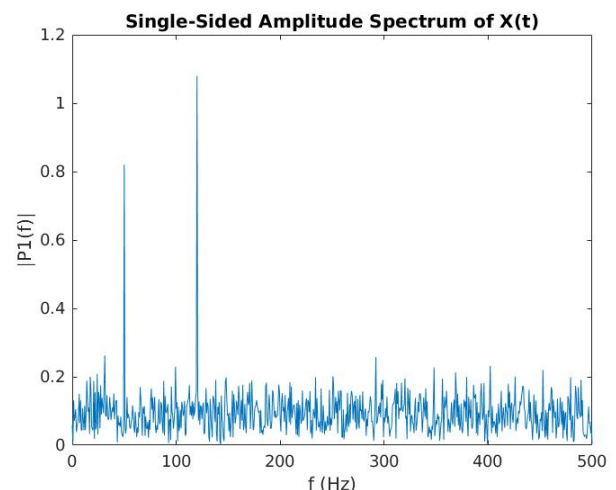


Figura 2. FFT aplicat asupra unui semnal nefiltrat (zgomotos)

În continuare se propune realizarea unei aplicații de tip Shazam pentru a analiza spectrul unui semnal oarecare. În

cadrul acestui exercițiu se va pune la dispoziție o bază de date cu înregistrări ECG¹.

Aici se regăsesc înregistrările a 90 de persoane diferite. În fiecare director de tip `Person_numar` se află maxim 2 înregistrări memorate în fișiere de tip `.mat`. Fișierele se deschid direct din Matlab urmând ca datele să fie încărcate în variabila `val`. Această variabilă conține un semnal ECG înregistrat într-o matrice cu 2 linii. Pe prima linie se regăsește semnalul ECG `raw`, respectiv pe a 2-a linie se regăsește același semnal, dar filtrat. Pentru exemplificare sunt reprezentate grafic cele 2 semnale, cel nefiltrat și, respectiv, cel filtrat în Figura 3. ECG-ul a fost înregistrat pe un interval de 20 secunde, digitalizat cu o frecvență de 500 Hz.

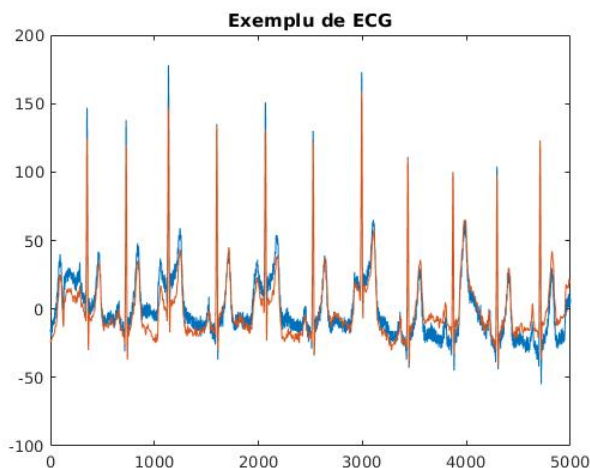


Figura 3. Exemplu de semnal ECG

Propuneți un algoritm (bazat pe analiză FFT) pentru „caracterizarea” fiecărei persoane în parte pe baza ECG-ului. Exercițiul se va rezolva sub forma unei funcții `function [person_id] = ecg_function(input_signal)`. Funcția va primi drept argument doar semnale (filtrate - linia 2 din variabila `val`) întregi din baza de date pusă la dispoziție. Argumentul returnat de funcție trebuie să reprezinte numărul persoanei pentru care se crede că ECG-ul aparține.

Găsiți un semnal convenabil care să asigure o filtrare corectă a unui a unui semnal ECG nefiltrat. Semnalul propus se poate verifica prin compararea rezultatelor cu semnalul deja filtrat din baza de date.

Modificați funcția `ecg_function` astfel încat să primească argumentele (`input_signal`, `israw`) pentru a se determina dacă semnalul ECG este filtrat sau nu. În caz contrar, se va realiza o filtrare înainte de începerea secvenței de caracterizare.

IV. INDICAȚII

Caracterizarea semnalului trebuie să se facă doar după semnalele armonice cu cele mai mari amplitudini. Pe baza acestei analogii se poate construi un vector de „caracterizare” a unui semnal prin scrierea semnalelor armonice, pe baza

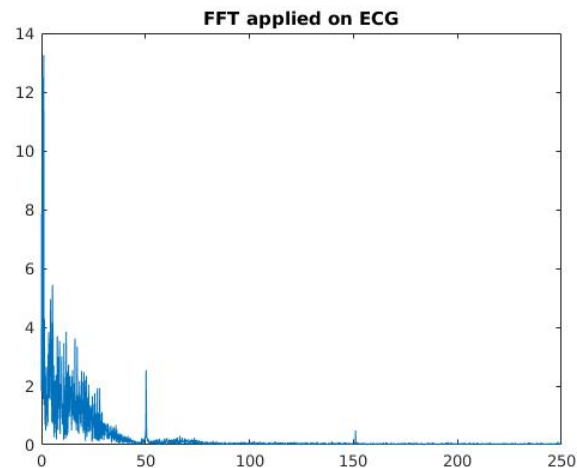


Figura 4. FFT aplicat asupra unui semnal ECG

amplitudinii și a pulsației. Pentru clasificarea a doi vectori de caracterizare se propune utilizarea distanței euclidiene.

Metoda propusă în această secțiune este una standard și intuitivă, dar nu reprezintă singura soluție. De asemenea, nu se impune folosirea acestei metode în redactarea temei.

Dupa rezolvarea cerințelor, se dorește scrierea unui fișier `README.txt` în care să se redacteze (sumar) soluția propusă.

Opțional: propuneți o soluție pentru cazul în care argumentul de intrare a funcției `ecg_function(input_signal)` primește o porțiune de semnal și nu un semnal întreg din baza de date.

V. CONCLUZII

În cadrul acestei teme s-au parcurs etapele primare pentru filtrarea și analiza unui semnal. Pe baza algoritmului FFT am învățat să analizăm spectrul unor semnale, pentru caracterizarea acestora. Acest procedeu se poate generaliza atât pentru exemplul de față, cât și pentru orice alt tip de semnal întâlnit.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Matlab - Exemplu FFT <https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html>
- [2] Wikipedia - FFT https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform
- [3] Wikipedia - Distanța Euclidiană https://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_distance
- [4] Exemplu Shazam <http://coding-geek.com/how-shazam-works/>

¹Electrocardiogramă