



UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GH ASACHI” IAȘI
FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE
SPECIALIZAREA: CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA
INFORMAȚIEI

Analiza unui semnal audio
în domeniile timp și frecvență

Student,

Iuliana-Diana COLȚUNEAC

Ianuarie, 2023

Scurt rezumat:

Proiectul vizează extinderea cunoștințelor referitoare la achiziția și prelucrarea datelor provenite dintr-un fișier audio, având ca mediu de dezvoltare LabWindows/CVI. Analiza datelor din fișierul audio se va realiza în domeniile timp și frecvență. Prin intermediul unui script Python, se va efectua conversia fișierului audio "Wav39.wav" într-un vector de valori pentru a permite analiza ulterioară. După ce a fost realizată reprezentarea grafică a sunetului urmează afișarea parametrilor în domeniul timp, precum și filtrarea acestuia. Se realizează afișarea semnalului filtrat atât pe întreg domeniul, cât și pe fiecare secundă în parte.

În domeniul frecvenței proiectul propune implementarea a două operațiuni de filtrare și două metode distincte de ferestruire asupra semnalului, concomitent cu efectuarea calculului spectrului pentru semnalul audio în discuție.

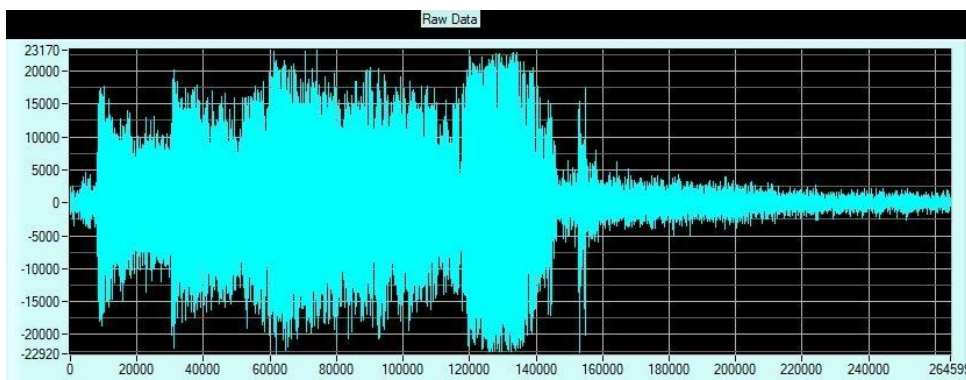
Descrierea cerințelor:

Prima cerință constă în afișarea semnalului audio atât integral, cât și împărțirea acestuia în cele 6 secunde, acțiune facilitată de controalele "Prev" și "Next" care permit navigarea între secunde anterioare și cele ulterioare. Următoarele obiective ale proiectului includ calculul și prezentarea valorilor minime/maxime (inclusiv a indexului acestora), dispersiei, mediei, medianei, numărului de treceri prin zero, asimetriei(Skewness), aplatizării(Kurtosis) și a histogramei corespunzătoare. Se implementează funcțiile pentru filtrare prin două metode: mediere (pe 16 sau 32 de elemente) și element de ordin I.

În a doua etapa a proiectului se dorește implementarea unui nou panou, pentru reprezentarea semnalului audio în frecvență. Se urmărește realizarea unei analize spectrale pe fiecare secundă în parte. De asemenea se dorește și utilizarea a două tipuri de ferestre (Dreptunghiulară și Gauss) și a două tipuri de filtre (SavitzkyGolay și Notch pentru frecvență de 400 Hz) asupra unei secunde la alegere din semnalul inițial. Se reprezintă semnalul inițial, filtrat, ferestruit și spectrul pentru un număr de eșantioane (1024, 2048, 4096, etc.) alese din fiecare dintre cele 6 secunde.

Etapa 1 - Analiza în domeniul timp:

Reprezentarea semnalului inițial:

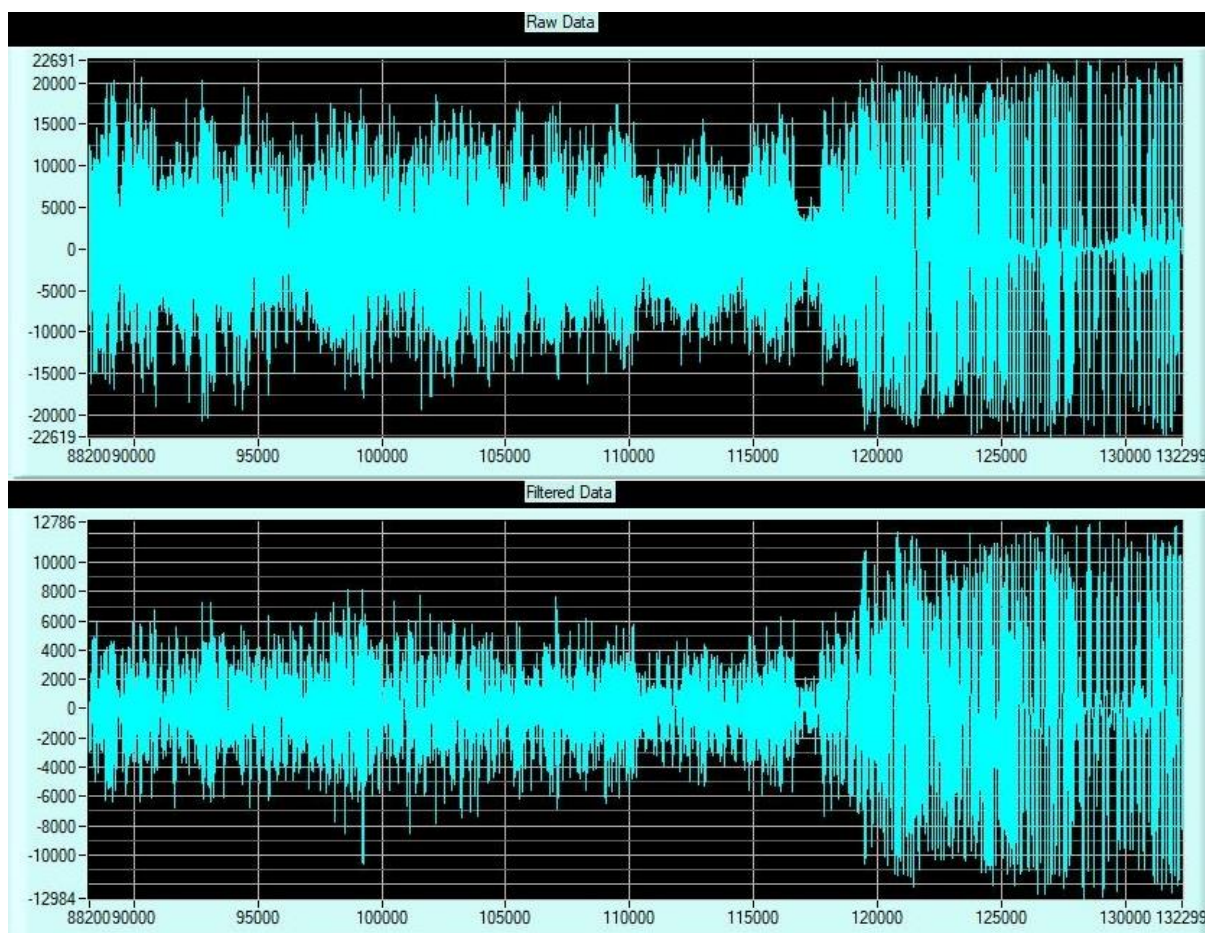


Detalii de implementare și comentarii privind rezultatele obținute în urma filtrărilor aplicate:

1. Filtru de mediere (pe 16 sau 32 de elemente)

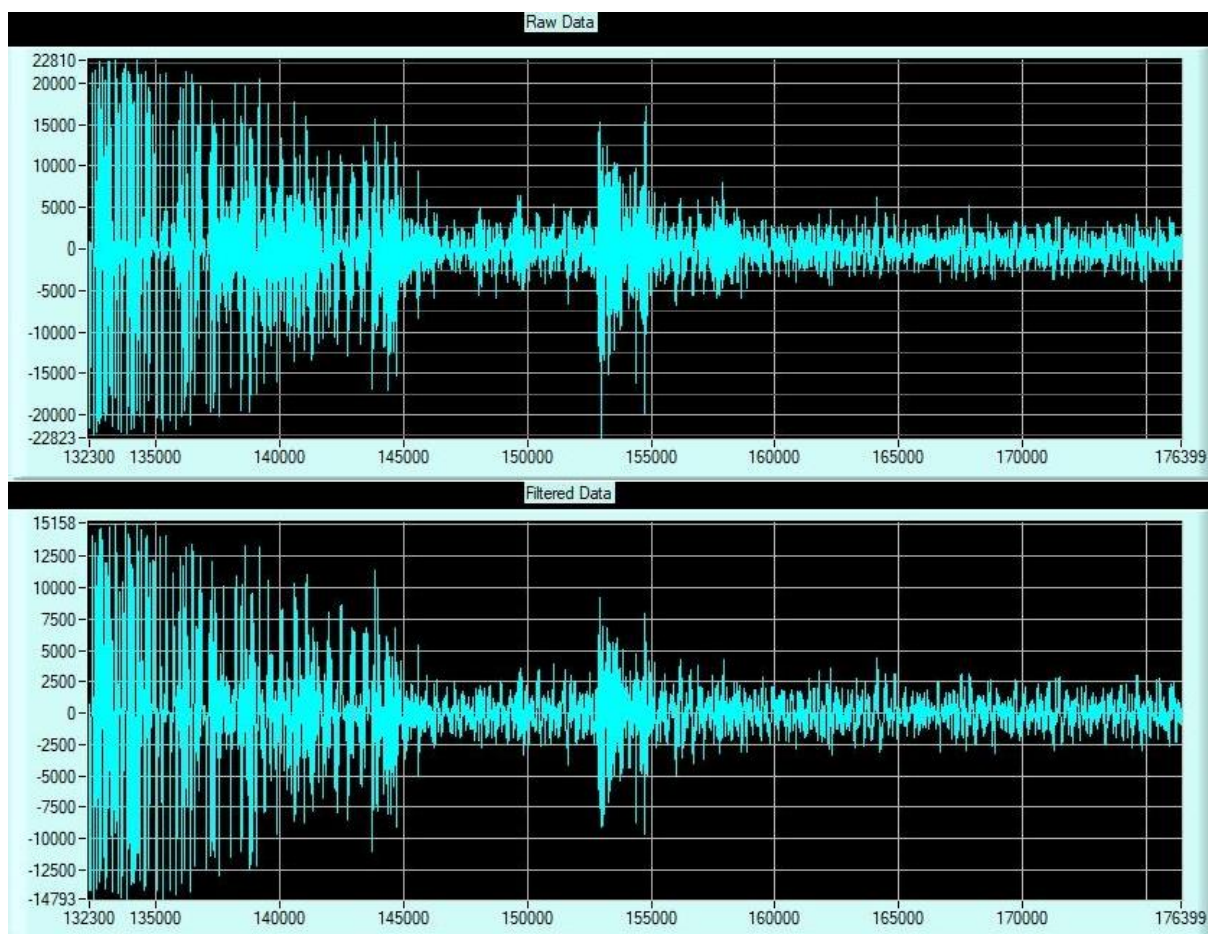
Procedura de filtrare prin mediere constă în parcurgerea semnalului și înlocuirea fiecărui punct cu media aritmetică a unui set de puncte învecinate. Acest proces are efectul de a atenua variațiile bruște ale semnalului și de a evidenția tendințele generale ale semnalului.

Rezultatul filtrării prin mediere pe 32 de puncte pentru secunda 2:



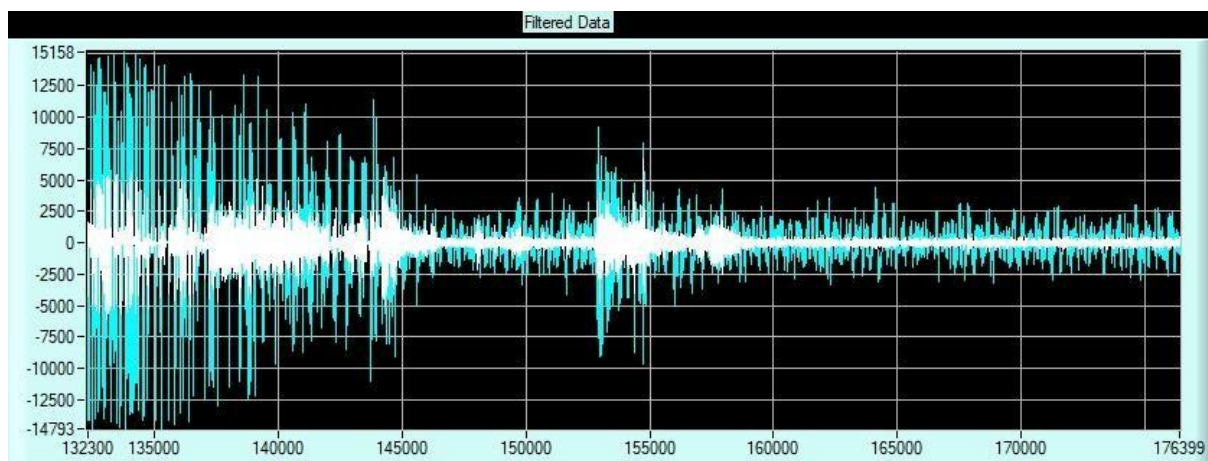
2. Cu un element de ordin I conform relației: $\text{filt}[i] = (1 - \alpha) * \text{filt}[i-1] + \alpha * \text{signal}[i]$, unde signal este vectorul care conține valorile semnalului audio, iar filt este un vector care conține valorile filtrate. Tipul filtrului, dar și valorile pentru acestea pot fi alese de pe interfață. Pentru filtrul de ordin I, valoarea parametrului alpha se va fixa prin intermediul unui control numeric în intervalul (0÷1).

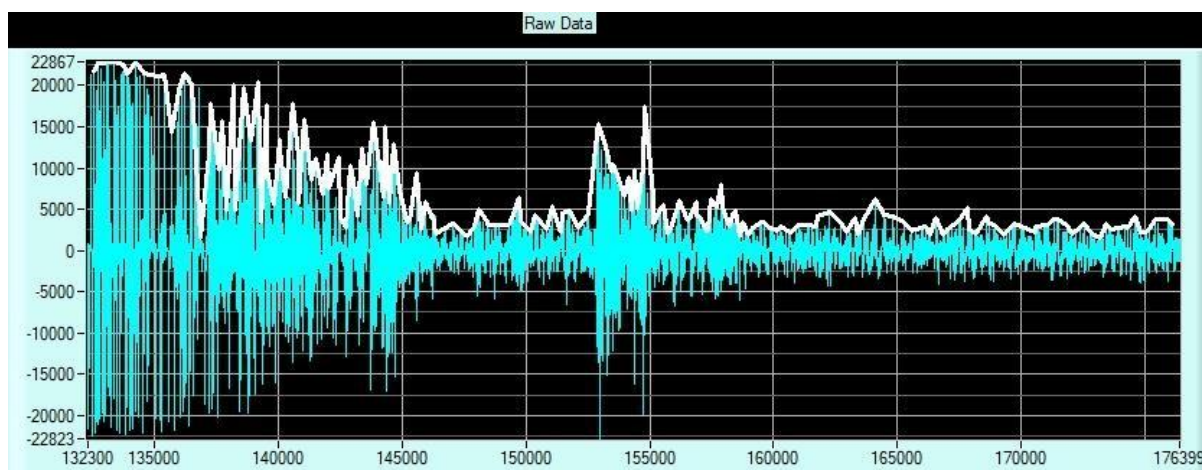
Rezultatul filtrării de ordin I pentru secunda 3:



După cum se poate observa mai sus amplitudinea semnalului filtrat este mult mai mică față de cea a semnalului inițial. Cu cât valoarea parametrului alpha se apropie mai mult de zero, rezultatele filtrării devin mai evidente, iar dacă parametrul alpha are valori apropiate de 1 semnalul filtrat are o amplitudine apropiată de cea a semnalului inițial.

De asemenea, s-a realizat calculul și afișarea anvelopei și derivatei atât pentru semnalul inițial, cât și pentru fiecare secundă în parte:





Etape 2 - Analiza în domeniul frecvență:

Pentru a obține spectrul, se aplică inițial o fereastră cu scopul de a aplatiza forma semnalului la capetele intervalului de eșantionare analizat. Ulterior, se calculează partea pozitivă a spectrului scalat de putere pentru un semnal eșantionat. Se generează frecvența pentru vârful spectrului de putere (frequencyPeak) și se identifică valoarea maximă din spectrul de putere (powerPeak). Spectrul de intrare este apoi convertit într-un format liniar, permițând o reprezentare grafică mai convenabilă.

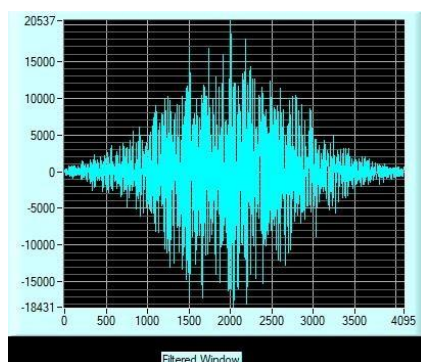
Datorită numărului mare de puncte pe care le implică semnalul inițial, reprezentarea spectrului s-a realizat prin împărțirea semnalului în mai multe ferestre, fiecare conținând N puncte (valoare selectată din interfață).

Ferestre utilizate:

1. GaussWin:

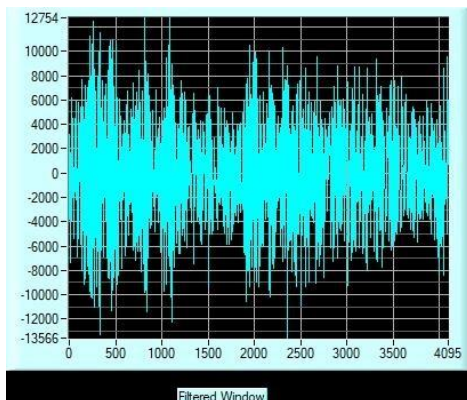
Funcția gaussiană este o distribuție de probabilitate care are o formă specifică în formă de clopot. În contextul ferestruirii, aceasta este utilizată pentru a evidenția sau atenua anumite componente ale semnalului.

Efectul asupra spectrului: Ferestruirea gaussiană are tendința de a menține o atenuare graduală a amplitudinilor în jurul vârfurilor spectrale, evitând fenomene nedorite precum scurgerile spectrale.



2. Dreptunghiulară:

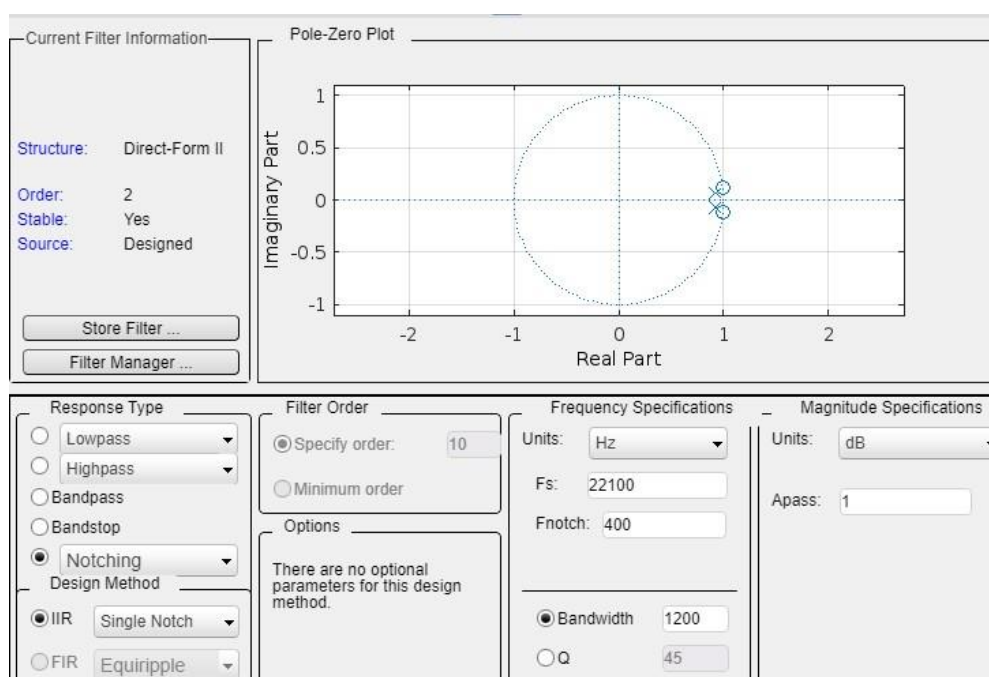
Este utilizată în analiza frecvențială, în filtrarea și în alte aplicații de prelucrare a semnalelor unde se dorește o metodă simplă și rapidă de control al spectrului. Aceasta are ca efect creșterea lățimii lobilor laterali și poate duce la scurgeri spectrale în cazul semnalelor care nu sunt întregi în interiorul ferestrei.



Vom continua analiza, examinând spectrul și forma semnalului după aplicarea procesului de filtrare și ferestruire:

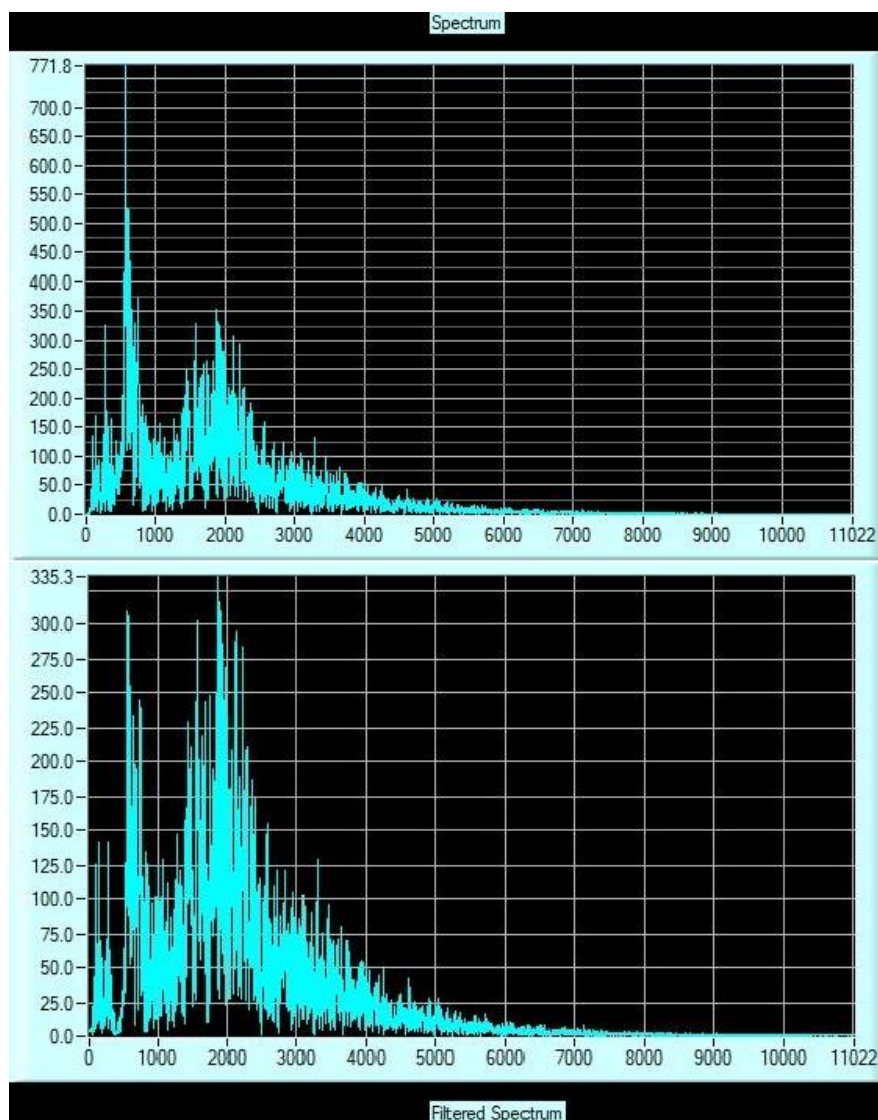
Filtre utilizate:

1. **Filtru Notch** este de tip OB particular, în sensul că este proiectat să elimine total o frecvență, ceea ce înseamnă că banda de oprire este foarte îngustă. Pentru realizarea filtrului s-a recurs la proiectarea în Matlab cu filterDesigner, iar coeficienții obținuți pentru cele două polinoame s-au utilizat în CVI pentru a scrie ecuația recursivă a filtrului:



Proiectarea unui filtru Notch de ordin 2 în filterDesigner: frecvența de eșantionare 44100(în urma downsamplingului s-a ajuns la o frecvență de 22050), frecvența Notch 400, lățimea de bandă a filtrului 1200.

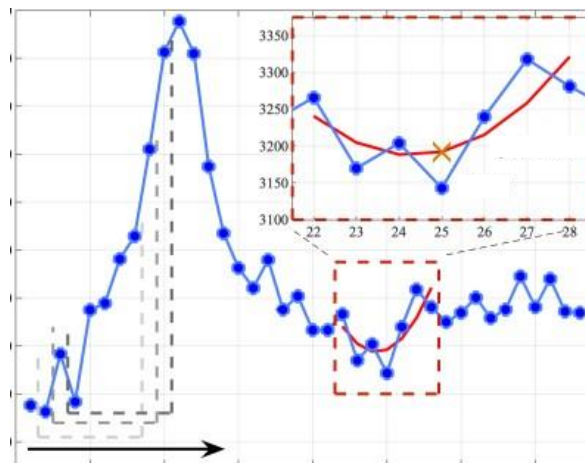
Zerourile atenuează semnalele cu frecvențele din vecinătatea lor, iar polii le amplifică. De aceea, un zero plasat pe cercul unitate elimină complet semnalul a cărui frecvență corespunde punctului respectiv. Polii nu pot fi pe cercul unitate, pot fi plasați doar în interiorul cercului. Cu cât un pol se găsește mai aproape de cercul unitate cu atât va fi mai îngustă caracteristica în vecinătatea frecvenței corespunzătoare polului. Pentru a avea doar coeficienți reali, polii și zerourile trebuie să fie în perechi simetrice față de axa reală.



Se observă schimbări în spectrul obținut după procesul de filtrare în vecinătatea frecvenței de 400 Hz.

2. **Filtru Savitzky-Golay** este utilizat pentru prelucrarea semnalelor, iar obiectivul său principal este de a realiza o operație de netezire (smoothing) asupra semnalului. Acest filtru are avantajul de a minimiza distorsionarea semnalului și de a menține cât mai fidel informațiile relevante.

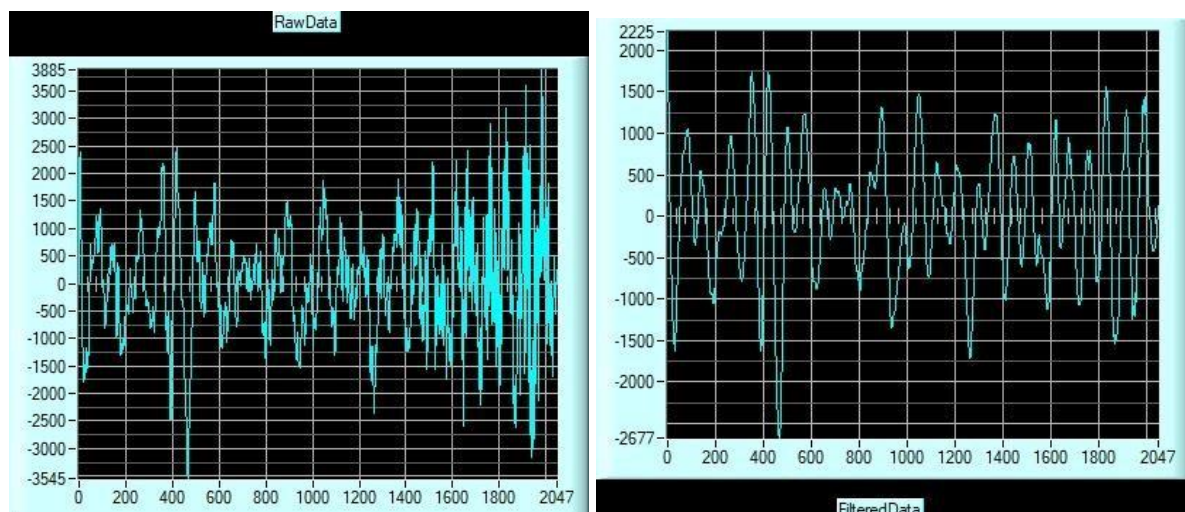
Implementarea filtrului Savitzky-Golay se realizează prin metoda celor mai mici pătrate, metodă ce implică ajustarea unei curbe polinomiale la datele de intrare pentru a obține o versiune netezită a semnalului. Procesul constă în aplicarea unei ferestre glisante pe setul de date, ajustarea unui polinom în fiecare fereastră și determinarea valorii filtrate în centrul fiecărei ferestre.



-metoda celor mai mici pătrate reprezentare grafică-

Imagine preluată - <https://eigenvector.com>

Pentru implementarea filtrului s-a recurs la utilizarea funcției SavitzkyGolayFiltering() oferită de CVI, observând următoarele rezultate:



Semnalul filtrat prezintă o evidentă îmbunătățire în privința netezimii, indicând eficiența filtrului utilizat în reducerea zgomotului și evidențierea clară a tendințelor semnalului.

Bibliografie

1. Achiziția și prelucrarea datelor Curs, an III CTI, Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” Iași
2. <https://eigenvector.com> - Savitzky-Golay Smoothing and Differentiation Filter Neal B. Gallagher