



Curso: Engenharia Elétrica e de Computação

Disciplina: Processamento de Sinais Multimídia

Professor: Thiago Raposo Milhomem de Carvalho

ATIVIDADE DE LABORATÓRIO nº 01

Data da atividade	Prazo para envio
09/09/2023	16/09/2023

Este trabalho extra-classe – a ser realizado em MATLAB – deverá ser feito grupos de até 5 alunos, e sua nota fará parte da pontuação relativa aos trabalhos. Deverá ser elaborado um relatório (arquivo PDF) contendo os seguintes itens:

- i) breve introdução teórica relativa aos assuntos da atividade;
- ii) a explicação do experimento e procedimentos realizados;
- iii) os resultados (figuras, gráficos, etc.), explicações e comentários correspondentes;
- iv) conclusões gerais;
- v) no final do relatório: os comandos utilizados na atividade e, quando for o caso, os textos dos códigos fonte dos algoritmos ‘.m’.

ATENÇÃO:

- Os comentários, interpretação dos resultados e o entendimento do que se observa são o principal fator considerado na atividade de laboratório. É o que dá sentido ao seu relatório. Relatórios sem comentários ou somente com algoritmos e/ou figuras serão desconsiderados.
- A organização do relatório e dos algoritmos escritos também é considerada na avaliação. Algoritmos desorganizados – ou escritos de forma que só possam ser compreendidos por quem os escreveu – de nada servem no ambiente acadêmico e devem ser evitados.
- Não há problemas com o diálogo e cooperação entre colegas, mas cópias não serão aceitas. Em caso de cópias, a todos os envolvidos será aplicado o previsto no Código de Ética Discente do IESB. Seja honesto, faça seu próprio trabalho.
- Em caso de trabalhos feitos em grupo, todos os membros do grupo são igualmente responsáveis pelo relatório enviado ao professor, devendo certificar-se da submissão via Classroom e da correta identificação (nome/matricula) de cada integrante.

ATIVIDADE Nº 1 – ANÁLISE ESPECTRAL

Parte 1: Cálculo de Espectrograma via Transformada de Fourier de Tempo Curto (STFT)

Nesta parte da atividade, deve-se criar um algoritmo em MATLAB que, ao receber um vetor contendo as amostras de um sinal $x[n]$, calcule seu espectrograma e o armazene numa matriz X , em que $X(k, n)$ representa a amplitude do k -ésimo harmônico (k -ésimo índice na frequência discreta) estimada em torno do instante n . Isto é: $X(k, 1)$ ($k = 1, 2, \dots, N/2$) – primeira coluna da matriz – representa o espectro estimado em torno do primeiro trecho, de N amostras, segmentado do sinal $x[n]$; $X(k, 2)$ ($k = 1, 2, \dots, N/2$) – segunda coluna da matriz – representa o espectro estimado sobre o segundo trecho segmentado do sinal (também de N amostras), e assim por diante, até que se considere todo o sinal $x[n]$. Além disso, seu algoritmo também deverá calcular, para cada trecho sobre o qual o espectro é estimado, a frequência de pico (harmônico da DFT de maior amplitude).

Como parâmetros de entrada, seu algoritmo deve receber:

- O vetor contendo as amostras do sinal $x[n]$ cujo espectrograma será calculado;
- A duração de cada trecho de $x[n]$ para o cálculo da DFT (em amostras ou, equivalentemente, a duração, em milissegundos);
- A frequência de amostragem f_s do sinal.

Como parâmetros de saída, seu algoritmo deve fornecer:

- A matriz contendo os coeficientes do espectrograma $X(k, n)$;
- A frequência de pico, em Hertz, para cada trecho do sinal (coluna de $X(k, n)$) cujo espectro se estimou.

Aplique seu algoritmo para calcular o espectrograma e a frequência de pico, ao longo do tempo, para os seguintes sinais:

- 1. Trecho inicial de uma música simples, com um só instrumento (violão, piano etc.);

Identifique as frequências das notas musicais (isto é, as frequências dominantes) em cada trecho (cada janela da STFT). Neste caso, a frequência dominante pode ser tomada simplesmente a partir do índice da DFT cujo coeficiente apresente, em valor absoluto, o maior valor.

- 2. Sinal de voz (por exemplo, utilize seu celular para gravar uma frase curta) digitalizado a, pelo menos, 8 kHz (sugerindo-se frequências superiores).

Sugere-se um sinal com duração de, no máximo, 5 segundos, que não contenha muitos intervalos longos de silêncio (isto é, um sinal de voz “preenchido”) e gravado em ambiente que não seja muito ruidoso (pouco barulho, sem outras pessoas falando por perto etc.). Identifique, assim, as frequências dominantes de sua voz, ao longo do tempo (em cada cada trecho da STFT).

Parte 2: Métodos de Bartlett e de Welch para estimativa de frequência média (MNF) e mediana (MDF)

Nesta parte da atividade, a MNF e a MDF devem ser calculadas sobre o espectro do sinal obtido com as estimativas de Bartlett e de Welch.

O método de Bartlett pode ser calculado diretamente sobre a STFT (espectrograma, implementado na Parte 1) do sinal, a partir da média das colunas (DFTs calculadas ao longo do tempo), obtendo-se o espectro médio para o sinal (curva média no domínio da frequência).

O método de Welch pode ser obtido adaptando-se a STFT, permitindo-se a sobreposição da janela de observação do sinal (utilize sobreposição de 50 %) e o janelamento distinto do retangular (gaussiana, Hann, Hamming etc.). Assim como no método de Bartlett, a estimativa final para o espectro do sinal é obtida pela curva média dos espectros dos trechos da STFT do sinal.

Assim, calcule a MNF e a MDF sobre as estimativas obtidas com os métodos de Bartlett e de Welch, verificando se há diferenças entre si e com os “valores reais” de MNF e MDF do sinal. A MNF e a MDF devem ser calculadas utilizando as relações descritas no material das aulas (versões discretas para a MNF e MDF, que utilizam a DFT).

Os valores “reais” de MNF e de MDF devem ser tomados como a MNF e MDF calculadas para o sinal completo (sem uso da STFT).

A medida de qualidade dos cálculos sobre as estimativas de Bartlett e de Welch pode ser calculada pelo erro percentual:

$$\text{Erro} = \frac{|f_{\text{real}} - f_{\text{est}}|}{f_{\text{real}}}$$

em que f_{real} é a MNF ou MDF calculada sobre o sinal completo (valor “real”), e f_{est} é a MNF ou MDF calculada sobre o espectro estimado com o método de Bartlett ou de Welch.

As técnicas devem ser aplicadas aos seguintes sinais:

- 1. Sinal aleatório limitado em frequência (por exemplo, filtrando um ruído branco gaussiano);
- 2. Sinal contendo notas musicais (pode ser o mesmo utilizado na 1ª parte da atividade);
- 3. Sinal de voz, podendo ser o mesmo que você gravou para a 1ª parte da atividade.

Assim, para cada sinal, calcule os valores de MNF e MDF sobre: (i) as estimativas de Bartlett, de Welch; e (ii) sobre o sinal completo; comparando os resultados e calculando os erros percentuais.