

## Trabalho de implementação 1

**Instruções:** este trabalho deve ser realizado individualmente ou em duplas. O(s) aluno(s) tem liberdade para escolha da linguagem na qual irá implementar os exercícios propostos, mas sugere-se fortemente o uso da linguagem **Python**. Até o dia **26/03/2021**, cada aluno/dupla deverá fazer o *upload* no Moodle da disciplina de um arquivo .zip, contendo

- Os códigos fonte com as rotinas solicitadas, além dos scripts usados para gerar os resultados solicitados para o relatório
- Um breve relatório (até 2 páginas de texto, mais os resultados visuais – imagens – solicitados nos enunciados) explicando testes realizados e a interpretação dos resultados.

**1.** Implemente uma transformada wavelet discreta (discrete wavelet transform, ou DWT) em 1D (direta e inversa) usando a noção de *filter banks*. O programa deve receber como entrada um sinal unidimensional, o nível máximo  $J$  da decomposição, além dos 4 filtros necessários para a síntese/análise:

- $C$ : passa-baixas da decomposição
- $D$ : passa-altas da decomposição
- $F$ : passa-baixas da reconstrução
- $G$ : passa-altas da reconstrução

O programa deve gerar como saída o sinal suavizado  $A_{2^J}[n]$ , além dos sinais de detalhe  $D_{2^j}[n]$ ,  $j = 1, \dots, J$ . **Dica:** o comando **Wavelet** do módulo **PyWavelets** da linguagem **Python** (<https://pypi.org/project/PyWavelets/>) fornece os coeficientes de várias famílias wavelet para teste. O módulo também fornece implementações para a DWT, mas você deverá implementar a sua transformada. No seu relatório, coloque resultados numéricos da sua rotina (coeficientes da DTW da transformada direta e o sinal reconstruído com a transformada inversa) aplicada ao sinal

$$\mathbf{x} = [1, 2, -1, 3, 6, -2, -1, 3]$$

usando wavelets **Haar** com  $J = 2$ .

**2.** Implemente um transformada wavelet 2D (direta e inversa) separável, obtida através da aplicação da transformada 1D nas linhas e/ou colunas da imagem de entrada, conforme visto em aula. Como saída, deverão ser geradas a imagem suavizada  $A_{2^J}[n, m]$ , além das imagens de detalhe  $D_{2^j}^h[n, m]$ ,  $D_{2^j}^v[n, m]$  e  $D_{2^j}^d[n, m]$ , para  $j = 1, \dots, J$ . No seu relatório, mostre resultados visuais (imagens) da sua DTW 2D aplicada à imagem **barbara.jpg**, fornecida com o enunciado do trabalho (a imagem é colorida, você deve primeiramente converter para tons de cinza). Use a **Haar** com  $J = 2$ .

**3.** Uma maneira de remover ruído em imagens é através de *soft-thresholding* dos coeficientes wavelet, que consiste em “encolher” os coeficientes **de detalhe** para zero. Implemente um filtro redutor de ruído aplicando a seguinte função para o soft-threshold dos coeficientes de detalhe

$$T(x) = \text{sgn}(x)(|x| - t)_+,$$

onde  $\text{sgn}(x)$  retorna o sinal de  $x$ ,  $t$  é um limiar ajustável, e

$$x_+ = \begin{cases} x & \text{se } x \geq 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Após o soft-thresholding dos coeficientes de detalhes, aplicar a transformada inversa para obter a imagem filtrada. Nos seus testes, use a imagem `barbara.jpg` (convertida para tons de cinza) diretamente, e gere ao menos duas versões ruidosas (ruído Gaussiano aditivo com intensidades variáveis). Você tem liberdade na escolha da família wavelet. Varie o valor de  $t$  e do número de níveis  $J$  na decomposição nos testes, e avalie os resultados obtidos no relatório **Dica:** o módulo `opencv` da linguagem `Python` para manipulação e visualização das imagens.

**4. [CMP 197 apenas]** Implemente um esquema bastante simples de compactação de imagens baseado na DTW. Para tal, use a DTW 2D desenvolvida anteriormente (considere que  $J$  é o nível máximo), e realize a reconstrução usando apenas uma fração  $\alpha$  dos *coeficientes de detalhe que apresentarem o maior valor absoluto*, com  $0 < \alpha < 1$ . Os coeficientes de aproximação são mantidos inalterados. Faça testes com alguns valores de  $\alpha$  para  $J = 4$  aplicados na imagem `barbara.jpg`, comparando a imagem original com a “compactada” e comparando o número total de coeficientes efetivos. Coloque as imagens no relatório, e faça uma breve discussão com suas conclusões.