

Experiência E11: Filtragem de imagens

Objetivos

- Filtragem de imagens nos domínios espacial e espectral: DFT 2D e filtragem linear bidimensional.
- Identificar os principais recursos do MATLAB para aplicações em DSP.

Introdução

A restauração de imagens corrompidas por interferências aditivas pode ser realizada através da aplicação de filtros lineares bidimensionais (2D), normalmente do tipo FIR. Por outro lado, também é possível realizar filtrações diretamente no domínio frequência, identificando e atenuando especificamente as frequências do sinal interferente. Em qualquer alternativa, a imagem sofrerá geralmente alguma degradação devido à modificação de suas componentes espectrais originais pelo processo de filtragem utilizado.

As técnicas de filtragem no domínio espacial são aquelas que atuam diretamente sobre a matriz de pixels da imagem digitalizada $f[x, y]$. O procedimento consiste na definição de uma vizinhança de $N \times M$ pixels e de coeficientes de ponderação para os respectivos pixels (máscara de filtragem $h[x, y]$, geralmente simétrica e com dimensões N e M ímpares), cuja operação resultará no valor do pixel da imagem filtrada $g[x, y]$. A imagem filtrada é gerada à medida que a máscara de filtragem percorre cada pixel da imagem de entrada, conforme apresentado na equação (1).

$$g[x, y] = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M h[k, l] f\left[x + k - \frac{M+1}{2}, y + l - \frac{M+1}{2}\right], N \text{ e } M \text{ ímpares} \quad (1)$$

A Figura 1 apresenta alguns exemplos de máscaras para filtragem linear de imagens: a) máscara 3 x 3 para suavização ou borramento (passa-baixas), b) máscara 5 x 5 para suavização (note que no caso de passa-baixas, a soma dos coeficientes é sempre igual a um para manutenção do brilho médio da imagem), c) máscara para implementação do operador laplaciano utilizado no realce de bordas e d) operador de Sobel utilizado para detecção de bordas verticais (o transposto é utilizado para detecção de bordas horizontais).

$$\begin{array}{ll} \text{a) } \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \text{b) } \frac{1}{100} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 4 & 8 & 16 & 8 & 4 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{ll} \text{c) } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \text{d) } \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Figura 1- Exemplos de máscaras para filtragem de imagens no domínio espacial.

Com a utilização da DFT, pode-se realizar a identificação das frequências do sinal interferente em cada uma das direções da imagem e atenuar as componentes do

mesmo diretamente no domínio frequência. Ao realizar-se a DFT inversa, a imagem apresentará uma atenuação significativa da interferência. Conforme as equações (2) abaixo, a DFT 2D pode ser interpretada como duas DFTs 1D aplicadas em sequência, cada uma atuando sobre uma das dimensões x e y da imagem. O resultado implica valores de módulo e fase para cada frequência espacial $[u, v]$, gerando-se representações gráficas tridimensionais, conforme exemplificado através da Figura 2.

$$F[u, v] = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} f[k, l] e^{-j 2\pi (uk/M + vl/N)} \quad f[x, y] = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{M-1} F[u, v] e^{j 2\pi (uk/M + vl/N)} \quad (2)$$

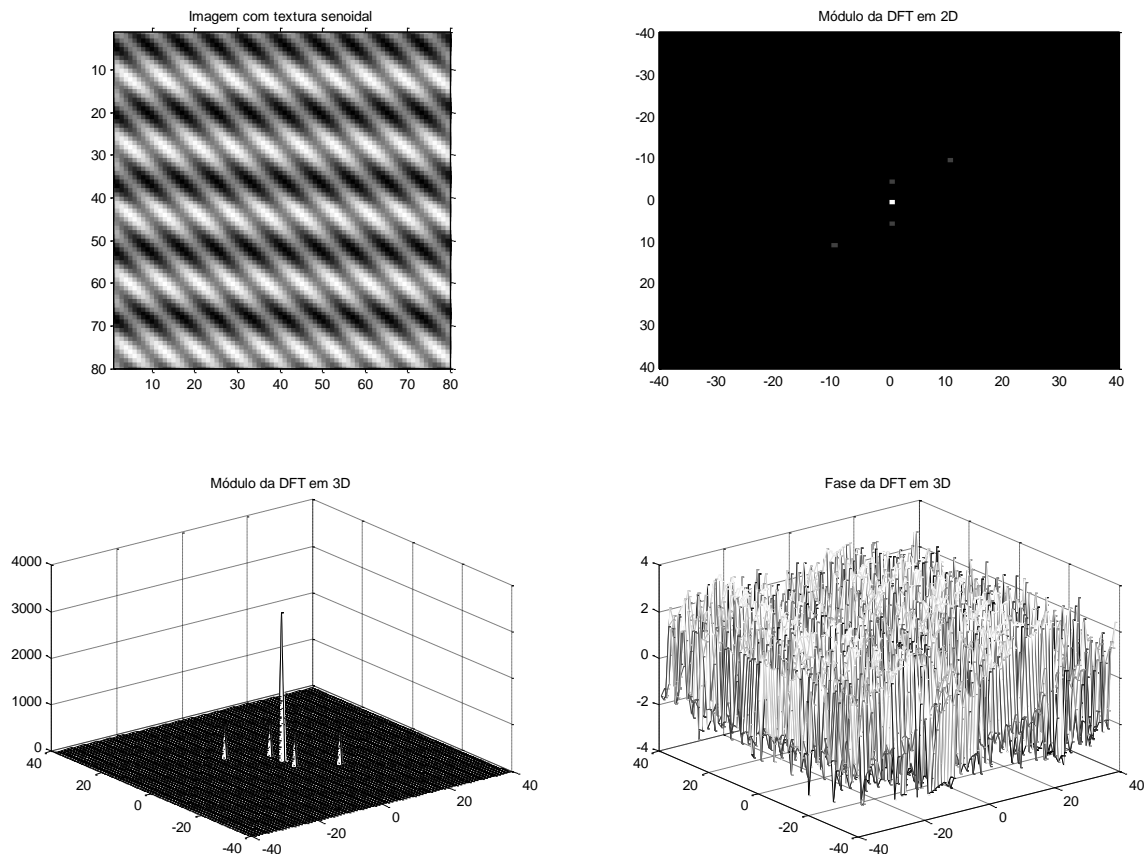


Figura 2 - Imagem original e sua DFT 2D (*ExpE11.m*).

Atividade Prática

- Carregar a imagem *lena.bmp* e transformar a mesma para o formato HSV (*Hue*, *Saturation* and *Value* ou *Brightness* - ver função *rgb2hsv* do MATLAB). Considerar somente o plano V (*Value*) para gerar uma imagem em *grayscale*. Aplicar filtragens no domínio espacial utilizando cada uma das máscaras apresentadas na Figura 1 (ver função *filter2* do MATLAB). Para cada caso, visualizar simultaneamente a imagem original e a imagem filtrada, avaliando o efeito resultante. Observe que para visualização, os valores dos pixels da imagem devem estar entre zero (preto) e um (branco), não sendo permitidos valores negativos de intensidade.
- Carregar a imagem *lena_sal&pimenta.bmp*. A imagem sofreu a interferência de um ruído com posições aleatórias denominado *salt-and-pepper*, cujas amplitudes são saturadas em preto ou branco (zero ou um). Aplicar um filtro

de média (Figura 1a) e um filtro de mediana 3 x 3 e verificar o efeito dos mesmos na redução deste tipo de ruído (ver função *medfilt2* do MATLAB). O filtro de mediana substitui o valor do pixel pela mediana dos valores de seus vizinhos. Aumentar a ordem do filtro de mediana e avaliar o resultado.

- c) Carregar e analisar o arquivo *imagem11.bmp*. A imagem original (*lena.bmp*) foi transformada em uma imagem do tipo *grayscale* e sofreu uma interferência aditiva de um sinal senoidal bidimensional, semelhante ao apresentado na Figura 3. Realizar a DFT 2D, identificar as frequências da interferência e cancelar as mesmas no domínio frequência recalculando seus valores utilizando a média de seus 8 vizinhos. Realizar a DFT inversa e visualizar a imagem filtrada. Ver função *fft2*, *ifft2* e *fftshift* do MATLAB).

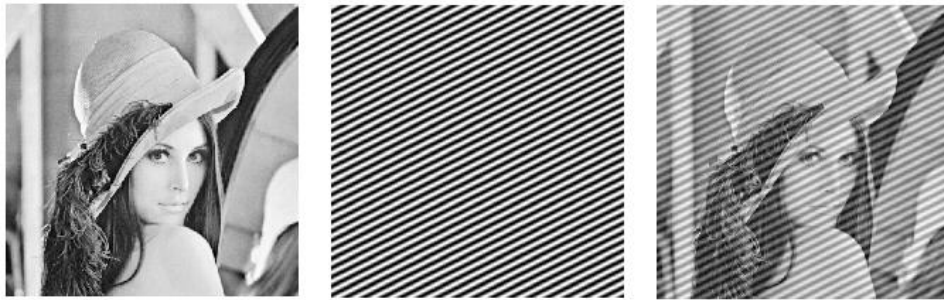


Figura 3 - Imagem original, sinal interferente e imagem com interferência adicionada.