

Atividade Prática: Convolução

1 Introdução

Esta atividade prática refere-se à convolução. Vamos usar a convolução para alterar sinais de acordo com a resposta ao impulso de sistemas. A convolução empregada necessariamente é a discreta, pelo fato de se trabalharmos aqui com sistemas computacionais discretizados. Para plotar ou reproduzir um sinal discretizado, é necessário especificar o incremento temporal Ts (em segundos) entre as amostras. Assim, a frequência de amostragem para tocar um sinal sonoro é definida por $Fs = 1/Ts$. Quando se carrega um arquivo de áudio para dentro do computador, geralmente a frequência de amostragem também é carregada. Caso seja necessário ajustar as abscissas dos gráficos, é necessário definir um vetor de tempo discreto, por exemplo $t = [0 : Ts : Tfim]$, onde $Tfim$ é número de pontos do sinal (N) menos 1 ($N - 1$), multiplicado por Fs .

2 Comandos úteis

Esta atividade prática pode ser realizada com o auxílio das bibliotecas para Python listadas abaixo:

numpy `np.concatenate` para montar os vetores

`np.linspace` para montar os vetores com tamanhos definidos

`np.convolve` para realizar as convoluções

IPython.display `Audio` para tocar áudios

scipy `io.loadmat` para carregar os arquivos .mat

`signal.convolve2d` para realizar as convoluções de dados 2D (imagens)

opencv2 `cv2.imread` para carregar imagens

`cv2.imshow` para plotar imagens

`cv2.cvtColor` para converter cores de imagens (rgb → grayscale)

matplotlib.pyplot `plt.stem` para plotar sinais discretos

3 Roteiro

3.1 Desafio 1: Convolução de sinais simulados

A função `conv` é usada para convoluir duas funções discretas $x[n]$ e $h[n]$. Ela assume que o incremento temporal é o mesmo em ambos sinais. O resultado da convolução tem tamanho igual à soma dos tamanhos de cada sinal menos um ponto ($L1 + L2 - 1$).

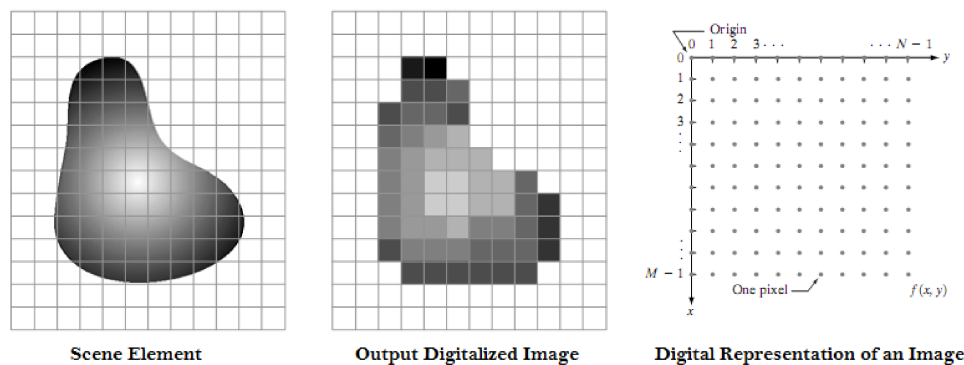


Figura 1: Processo de formação e de representação de uma imagem discreta.

1. Um sistema linear invariante no tempo é completamente descrito por sua resposta ao impulso. Por exemplo, considere o sistema com resposta ao impulso $h = [1 \text{ zeros}(1,20) 0.5 \text{ zeros}(1,10)]$. Crie um script usando o editor e plote essa resposta ao impulso.
2. Considere a seguinte entrada no sistema $x = [0 \text{ 1:10 ones}(1,5)*5 \text{ zeros}(1,10)]$. Plote esta entrada.
3. Convolua x e h , i.e., $y = \text{conv}(x,h)$; Use o comando subplot para mostrar a resposta ao impulso, a entrada e a saída.

3.2 Desafio 2: Resposta ao impulso quadrado

Faça o download do arquivo *trumpet.mat* no PVAnet Moodle ou no GitHub da disciplina, carregue-o usando o comando *load* e plote-o. O sinal está em *trumpet.y* e a frequência de amostragem em *trumpet.Fs*. Crie uma resposta ao impulso quadrada $h2 = [\text{ones}(1, 50)/50 \text{ zeros}(1, 20)]$. Gere um novo sinal $y2$ convoluindo *trumpet* com $h2$. Olhe e ouça os sinais.

Como o sinal convoluído soa? Mais suave estridente ou mais abafado? Um sistema que possui resposta ao impulso de acordo com $h2$ é um filtro passa-baixa. Como a entrada é constituída de várias componentes de frequência diferentes - veremos mais sobre isso no próximo módulo - as componentes de alta-frequência da entrada são atenuadas ao se realizar a convolução com sistemas do tipo de $h2$. O que acontece se alterar o número de uns e zeros de $h2$?

3.3 Desafio 3: Realce de imagens lunares

Uma imagem representa um sinal bidimensional. A Figura 1 mostra o processo de formação e representação da uma imagem digital de um objeto qualquer na cena de observação.

A convolução pode ser usada para atenuar ou realçar características. Para verificar, faça o download da imagem “lua.jpg” no PVAnet Moodle e carregue no computador usando o comando $I = \text{imread}('lua.jpg')$ e exiba a imagem usando $\text{imshow}(I, [0 \text{ 255}])$.

Faça um realce nos detalhes da imagem. Para isto, use o kernel (descrito por um filtro de Laplace) dado por

$$F = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

e faça a convolução desse kernel com a imagem I usando *conv2*. Por fim, faça a soma da imagem convoluída com a imagem original.

Discuta os resultados de cada etapa do processamento da imagem lunar e quais as características foram realçadas.

3.4 Desafio 4: Que filtro é esse?

Faça o download da imagem “texto.jpg” no PVAnet Moddle, carregue-a e utilize um kernel F para convoluir. Utilize

$$F = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 9 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Discuta o resultado e pesquise sobre esse tipo de filtro.