# Realce de imagens — parte 2: filtragem espacial

## SCC5830/0251 – Processamento de Imagens

Prof. Moacir Ponti Jr.

www.icmc.usp.br/~moacir

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação – USP

2013/1

# Sumário

1. Introdução
2. Filtragem espacial
   - Convolução
   - Suavização
   - Aguçamento

# Realce de imagens

- Alterar os valores dos pixels de uma imagem, de forma a obter uma nova imagem, de melhor visualização, é chamado frequentemente de realce de imagens (image enhancement).
- O realce de imagens é utilizado principalmente para obter imagens que sejam melhor percebidas pelo sistema visual humano.

# Processamento no domínio espacial

- As operações no domínio espacial são dadas por

$$g(x,y) = T\left[f(x,y))\right],$$

onde $f$ é a imagem de entrada e $g$ a imagem resultante. $T$ é um operador definido sobre uma vizinhança de $(x, y)$.

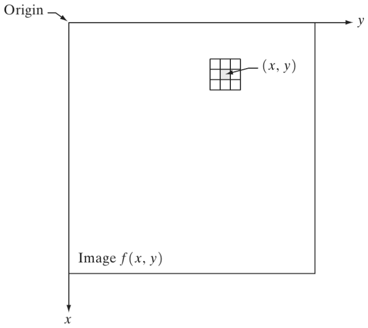
- Dessa forma, a transformação pode atuar sobre o valor do pixel apenas (vizinhança $1 \times 1$) ou sobre outra vizinhança arbitrária.

# Sumário

# Processamento no domínio espacial

$$g(x, y) = T\left[f(x, y))\right],$$

onde $f$ é a imagem de entrada e $g$ a imagem resultante. $T$ é um operador definido sobre uma vizinhança de $(x, y)$.



# Convolução

- A operação realizada numa **vizinhança** de $f(x, y)$ deve gerar um único valor para o pixel $g(x, y)$
- Para isso, definimos uma função $w()$, chamada filtro espacial.
- A partir do filtro, calculamos a imagem de saída:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s, t) f(x - s, y - t),$$

  - $x$ e $y$ variam de forma que $w()$ percorre todos os pixels em $f()$
  - o filtro tem tamanho $m \times n$, sendo: $m = 2a + 1$ e $n = 2b + 1$.

# Convolução

- A convolução é escrita em geral como:

$$w(x,y) * f(x,y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s,t) f(x-s, y-t),$$

# Convolução

- A representação vetorial representa os valores da imagem $\mathbf{z}$ e da máscara $\mathbf{w}$ como vetores, obtendo:

$$
\begin{aligned}
&= \mathbf{w}^T \mathbf{z} \\
&= \sum_{k=1}^{mn} w_k z_k \\
R &= w_1 z_1 + w_2 z_2 + \cdots + w_{mn} z_{mn},
\end{aligned}
$$

$R$ é a resposta para a máscara $w$ centrada num dado pixel.

## Suavização pela média

- **Média**:

$$w(x, y) = \frac{1}{mn},$$

- Propriedades da média:

$$N = \sum_i (a - a_i)^2$$

$$a = \bar{a}_i$$

- A média minimiza o erro quadrático na vizinhança.

# Suavização Gaussiana

- **Gaussiana**:
$$G(0,\sigma) = w(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}},$$
onde $\sigma^2$ é a variância da distribuição normal (Gaussiana) de média 0.
- Relação com fluxo de calor: valores dos pixels são pontos de calor, variância é o tempo de difusão.
    - valores grandes de variância/tempo de difusão se aproximam da média

# Suavização por Médias não locais (Non Local Means)

- Supondo que há pixels $p$ com o mesmo valor $p_0$, porém com ruído aditivo $n$:

$$p = p_0 + n$$

- Sendo $n$ uma variável aleatória, cada pixel é composto por uma diferente realização de $n$

$$p_1 = p_0 + n_1$$
$$p_2 = p_0 + n_2$$
$$\ldots$$

- Non Local Means procura por regiões em toda a imagem que possuem valores similares e realiza a filtragem com relação a todas as regiões

# Suavização por Médias não locais (Non Local Means)

- Há diferentes métodos na literatura sobre:
  1. como encontrar as regiões similares
  2. como filtrar os valores dessas regiões


B. Goossens, H.Q. Luong, A. Pizurica, W. Philips, "An improved non-local means algorithm for image denoising,"

2008 International Workshop on Local and Non-Local Approximation in Image Processing (LNLA2008)

# Suavização pela mediana

- **Mediana**:
$$w(x, y) = \text{mediana}(z_k | k = 1, ..., nm),$$
onde $z_k$ para $k = 1, ..., nm$ são os pixels sobrepostos pelo filtro no ponto $(x, y)$.
- minimiza a soma:
$$\sum_i |a - a_i|$$
que é um erro mais robusto e suaviza menos as regiões de borda.
- é um filtro de estatística de ordem, não produz novos valores, substitui por um valor já existente na vizinhança.

# Outros filtros de estatística de ordem

- **Máximo**:

$$w(x, y) = \max(z_k | k = 1, ..., nm),$$

onde $z_k$ para $k = 1, ..., nm$ são os pixels sobrepostos pelo filtro no ponto $(x, y)$.

- **Minimo**:

$$w(x, y) = \min(z_k | k = 1, ..., nm),$$

onde $z_k$ para $k = 1, ..., nm$ são os pixels sobrepostos pelo filtro no ponto $(x, y)$.

# Aguçamento e derivada da imagem

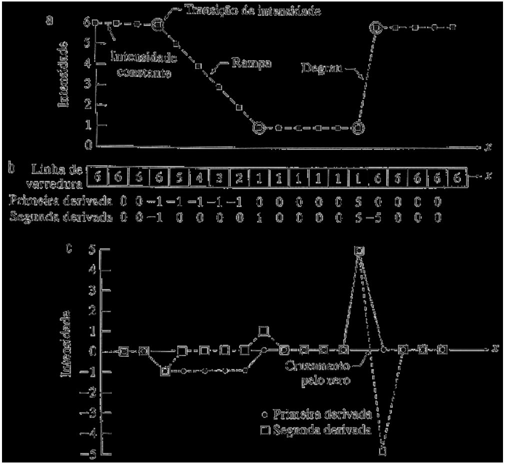
- O aguçamento é feito por meio do realce dos detalhes da imagem, regiões em que há transição de intensidades.
- As derivadas de uma função digital são definidas em termos de diferenças e úteis nesse caso. Para uma função $f(x)$ a derivada parcial é a diferença:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

- A derivada de segunda ordem é:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

# Aguçamento e derivada da imagem



# Laplaciano

- Para o caso 2d, o operador diferencial isotrópico mais simples é o laplaciano:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

- Que pode ser obtido por:

$$\nabla^2 f = f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)$$

- A aproximação é dada em um filtro $3 \times 3$ por:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Aguçamento utilizando o laplaciano

- A aplicação do Laplaciano obtem uma imagem contendo apenas a informação das transições e detalhes
- Para aguçar a imagem, adicionamos o resultado do Laplaciano à imagem original.

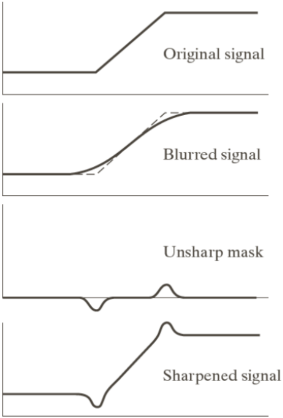
$$g(x,y) = f(x,y) + c\left[\nabla^2 f(x,y)\right]$$

- Costuma-se usar a constante $c = -1$,
- Uma variação é usar como elemento central -8 ao invés de -4, obtendo um aguçamento mais forte, trocando 0's por 1's nas diagonais.

# Suavização e aguçamento: unsharp mask

1. Borrar a imagem original,
2. Subtrair a imagem borrada da original,
3. Adicionar a matriz obtida em (2) à imagem original.

# Suavização e aguçamento: unsharp mask



# Bibliografia I

GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. ⋆
**Processamento Digital de Imagens**, 3.ed
Capítulo 3.
Pearson, 2010.