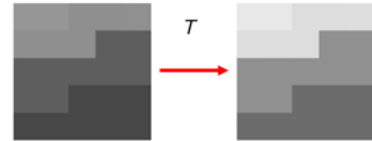


Processamento de imagens

Realce

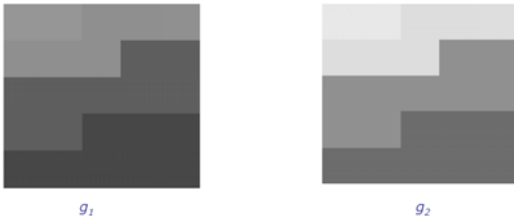
Realce de imagens

- Objetivo: melhorar a qualidade visual da imagem
- "Processar a imagem para obter um resultado mais apropriado para uma determinada aplicação"
- **Domínio Espacial:** Manipulação direta nos pixels da imagem
- **Domínio da Frequência:** Manipulação sobre as frequências da imagem (Transformada de Fourier)



Realce de imagens

- Contraste entre dois objetos pode ser definido como a diferença entre os níveis de cinza médios dos objetos.
- Observando as imagens g_1 e g_2 é possível notar que g_2 discrimina melhor os níveis de cinza. Ou seja, tem maior contraste.

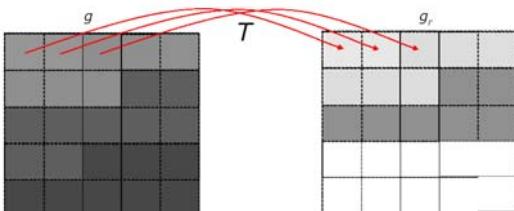


Realce no domínio espacial

- Realce ponto a ponto: Processamento em que todos os pixels são submetidos à mesma função de transformação, sem levar em conta os pixels vizinhos.
- Realce por máscara, por *template* ou por vizinhança: Processamento onde os pixels de cada região da imagem são transformados de forma diferente, de acordo com os valores dos pixels vizinhos.

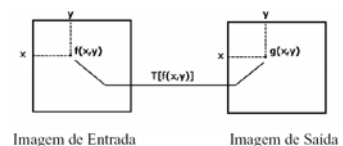
Realce ponto a ponto

- Manipulação do contraste da imagem através da aplicação de uma transformação T no nível de cinza de cada pixel, objetivando uma maior discriminação visual dos objetos que a compõem



Realce ponto a ponto

- Operadores ponto a ponto (Transformações de níveis de Cinza ou Mapeamento)
- Cada ponto na imagem de entrada gera um só ponto na imagem de saída



- $T[f(x,y)] \Rightarrow$ operação sobre cada ponto (cada pixel) da imagem de entrada

Realce de imagens

- O realce de contraste pode ser feito através de uma função matemática denominada transformação radiométrica (T). Esta função faz o mapeamento das variações dentro do intervalo original de tons de cinza, para um outro intervalo desejado.

$$T: K \rightarrow K$$

- K – conjunto de valores de níveis de cinza $\{0, 1, 2, \dots, k-1\}$
- Alguns exemplos de funções que podem ser usadas para manipular o contraste de imagens são:
 - Linear
 - Logarítmico
 - Equalização de histograma
 - Raiz quadrada
 - Quadrado

Realce linear

- Aumenta o contraste de uma imagem, expandindo o intervalo original de níveis de cinza da imagem original. É representado por:

$$g_r(l, p) = G \times g(l, p) + D$$

- $g_r(l, p)$ é novo valor do nível de cinza no ponto de coordenadas l e p .
- $g(l, p)$ é valor original de nível de cinza
- G é o ganho desejado (inclinação da reta, tangente do ângulo) – associado diretamente com o contraste da imagem.
- D é um fator de incremento a todos os níveis de cinza da imagem – associado diretamente com o brilho da imagem.

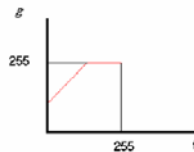
Realce linear

- Se o realce produzir níveis de cinza fora do intervalo definido para o mapeamento (o conjunto K), estes níveis serão saturados no nível

$$g = c \cdot f + b$$

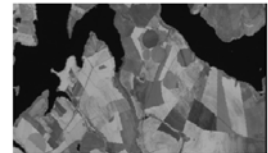
onde : c (Contraste),
 b (Brilho)

Exemplo: $g = 2f + 32$

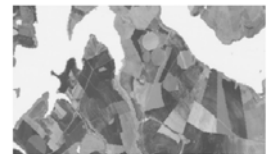


Negativo da imagem

g original

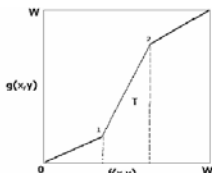


$G = -1; D = 0$



Binarização

- Limiarização – transforma a imagem em uma imagem binária (2 níveis de cinza)

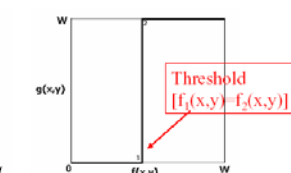


Fazendo:

$$k_1 = 0$$

$$f_1(x, y) = f_2(x, y)$$

$$k_2, f(x, y) = W$$



$$g(x, y) = \begin{cases} 0 & \Rightarrow 0 < f_1(x, y) \\ W & \Rightarrow f_1(x, y) \leq f_2(x, y) \leq W \end{cases}$$

Realce logarítmico

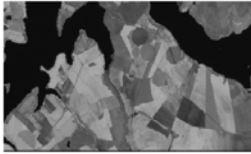
- Mapeamento logarítmico de valores de níveis de cinza aumenta o contraste em feições escuras (valores de cinza baixos). Equivale a uma curva logarítmica. É expresso pela função:

$$g_r(l, p) = G \log_{10}(g(l, p) + 1); \quad G = \frac{255}{\log_{10} 255} = 105,9612$$

- $g_r(l, p)$ é o novo valor de nível de cinza no ponto (l, p)
- $g(l, p)$ é o valor original de nível de cinza
- G fator definido a partir dos limites mínimo e máximo da tabela, para manter valores que estejam entre 0 e o nível de cinza máximo

Realce logarítmico

g original



Média = 89,4073
Variação = 2784,8

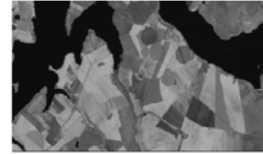
g realçada



Média = 191,9381
Variação = 2060,5

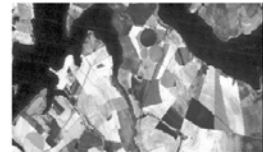
Realce por equalização histográfica

g original



Média = 89,4073
Variação = 2784,8

g realçada



Média = 130,7231
Variação = 4985,2

Realce quadrático

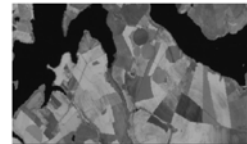
- Este mapeamento aumenta o contraste de feições claras (altos níveis de cinza da imagem) e é representado pela função:

$$g_t(l, p) = G \times (g(l, p))^2; \quad G = \frac{1}{255}$$

- $g_t(l, p)$ é o novo valor de nível de cinza no ponto (l, p)
- $g(l, p)$ é o valor original de nível de cinza
- G fator de ajuste para os níveis de saída permanecerem entre 0 e 255

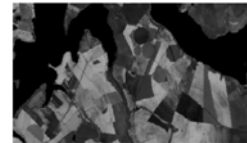
Realce quadrático

g original



Média = 89,4073
Variação = 2784,8

g realçada



Média = 61,5914
Variação = 2550,8

Realce por raiz quadrada

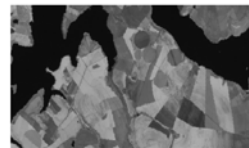
- O mapeamento de raiz quadrada aumenta o contraste das regiões escuras da imagem original e é representado pela função:

$$g_t(l, p) = G \times \sqrt{g(l, p)}; \quad G = \frac{255}{\sqrt{255}} = 15,9687$$

- $g_t(l, p)$ é o novo valor de nível de cinza no ponto (l, p)
- $g(l, p)$ é o valor original de nível de cinza
- G fator definido a partir dos limites mínimo e máximo da tabela, para manter valores estejam entre 0 e o nível de cinza máximo.
- Este mapeamento difere do logarítmico porque realça um intervalo maior de níveis de cinza baixos (escuras)

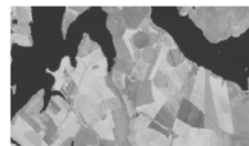
Realce por raiz quadrada

g original



Média = 89,4073
Variação = 2784,8

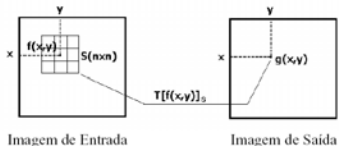
g realçada



Média = 140,9283
Variação = 2938,0

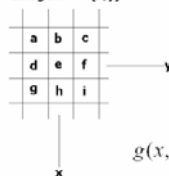
Operadores locais (vizinhança)

- Combina a intensidade de um certo número de pixels (janela), para computar o valor da nova intensidade na imagem de saída



- $T[f(x,y)]_S \Rightarrow$ Operação sobre todos os pixels dentro da janela S centrada em $f(x,y)$

Imagem $\rightarrow f(x,y)$



Template
 $k = 3 \times 3 = 9$

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

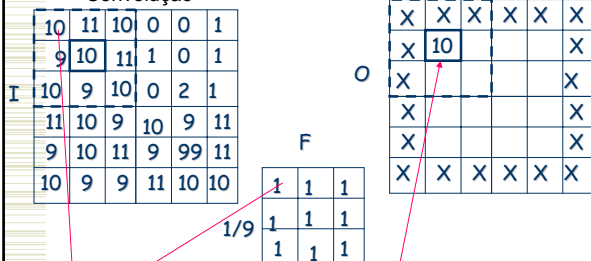
$$g(x,y) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot f(x,y)$$

- (a,b,c,d,e,f,g,h,i) são os valores dos níveis de cinza na vizinhança de $f(x,y) = e$, comparativamente ao Template.
- (w_1 a w_9) são os “pesos”, ou seja, os valores dos níveis de cinza em cada posição do Template.
 - O valor do pixel $g(x,y)$ na nova imagem, na posição (x,y) será dada por:

$$g(x,y) = w_1 \cdot a + w_2 \cdot b + w_3 \cdot c + w_4 \cdot d + w_5 \cdot e + w_6 \cdot f + w_7 \cdot g + w_8 \cdot h + w_9 \cdot i$$

Convolução

- Convolução



$$\frac{1}{9} \cdot (10 \times 1 + 11 \times 1 + 10 \times 1 + 9 \times 1 + 10 \times 1 + 11 \times 1 + 10 \times 1 + 9 \times 1 + 10 \times 1) = \frac{1}{9} \cdot (90) = 10$$

Convolução

- O custo computacional da convolução espacial é alto
- Se a imagem é de tamanho $M \times M$ e o Template $N \times N$, o número de multiplicações é de $M^2 \cdot N^2$
- Ou seja, se a Imagem é de 512×512 e o Template é de 16×16 , são necessárias 67.108.864 multiplicações
- A alternativa é transformar a imagem e o Template para o domínio da frequência (Fourier) e multiplicar elemento a elemento
- A transformação só é justificável se o Template for maior que 32×32 , devido ao custo da Transformada de Fourier.

Filtragem

- Objetivos

- homogeneização da imagem ou de alvos específicos
- extração de ruídos da imagem
- simulação de imagens com resoluções radiométricas menores
- melhora na discriminação de alvos da imagem
- detecção de bordas entre alvos distintos presentes na imagem
- detecção de formas
- etc.

Filtragem

- Idéia básica

- No processo de filtragem digital utiliza-se uma operação de convolução de uma máscara pela imagem digital
- Equivala a uma operação que “passeia” sobre toda a imagem original modificando seus valores de acordo com os valores originais da imagem e os pesos da máscara
- A máscara utilizada é também uma imagem, em geral quadrada, menor que a imagem original. Os valores da imagem máscara são utilizados como pesos a serem aplicados sobre os níveis digitais dos pixels da imagem original
- A diferenciação dos filtros é dada pelas diferentes máscaras aplicadas a uma imagem digital

Filtro passa-baixa

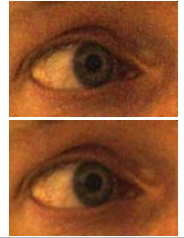
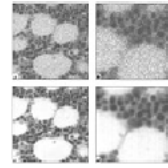
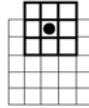
- Também conhecido como filtro da média
- Elimina informações de alta frequência, ou seja, extrai informações muito discrepantes (em geral ruídos) da imagem
- suaviza a informação da imagem, gerando uma imagem de saída mais homogênea, ou mais suavizada, em comparação com a imagem original
- Exemplos:

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- Somatória dos pesos = 1

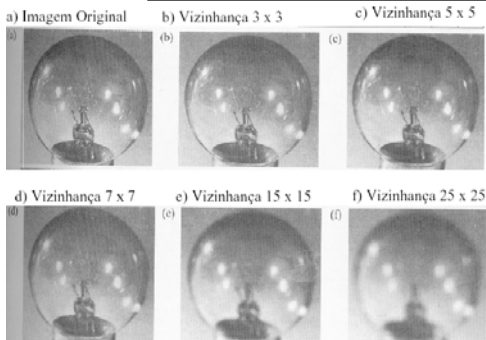
Filtro da média

- Redução de ruído e borramento de imagem
 - perda de detalhes – o tamanho da máscara (template, vizinhança) determina o grau de suavização e perda de detalhes
 - Os elementos da máscara devem ser números positivos

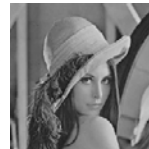


$$P_{\bar{x},y} = \frac{\sum_{i,j=-m}^{+m} w_{i,j} P_{x+i,y+j}}{\sum_{i,j=-m}^{+m} w_{i,j}}$$

Filtro da média



Filtro da média



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



$$\ast \frac{1}{25} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} =$$



Filtros passa baixa lineares e não lineares

- Filtros lineares (filtro da média)
 - Remoção ou suavização de ruídos
 - Desvantagem: afeta fortemente as áreas sem ruído
- Filtros não lineares (filtro da moda e mediana)
 - Remoção de ruído
 - Efeito de homogeneização mais suave
 - Filtros definidos por seqüências lógicas ou algoritmos que descrevem como as máscaras são aplicadas

Filtro da moda

- Implementação a partir do histograma da imagem
- Elemento central de uma região é substituído pelo valor de nível de cinza mais freqüente em sua vizinhança
- O filtro da moda garante que o conjunto de valores digitais da imagem de saída é um subconjunto do domínio de valores da imagem de entrada. Assim, não são criados níveis digitais diferentes daqueles presentes na imagem de entrada.

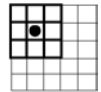
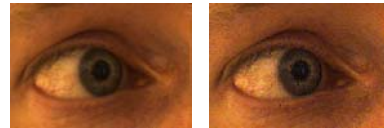
Filtro da mediana

- Suaviza a imagem retirando ruído
- Algoritmo
 - ordena todos os vizinhos
 - encontra a mediana
- Exemplo
 - vizinho (kernel) 3x3
 - (10,20,20,20,15,20,20,25,100)
 - (10,15,20,20,20,20,20,25,100)



Filtro passa-alta

- É chamado de máscara de realce porque tende a realçar mudanças abruptas de níveis de cinza na imagem
- A máscara do filtro passa alta deve ter o peso central positivo e os pesos periféricos negativos tal que a soma seja igual a zero.
- Aumenta a nitidez das transições entre diferentes regiões de uma imagem digital.
- Podem funcionar como detectores de pontos isolados, de linhas e de bordas presentes na imagem.



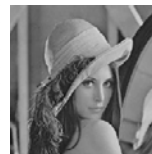
Filtro passa-alta

- Exemplos de máscaras de filtros passa alta:

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

- A soma algébrica dos pesos das máscaras é igual a 0.
- Quando aplicadas em regiões homogêneas de uma imagem resultará em um valor igual a 0 ou em um valor muito pequeno.
- Quando aplicada a em regiões heterogêneas resultará num valor muito maior ou menor do que o valor original.

Filtro passa alta – Detector de altas frequências



$$* \frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} =$$



255 -



Realce de altas frequências



+



=



+



=

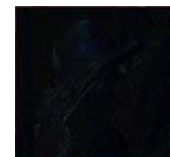


Exemplos de filtros passa-alta

- Filtros Laplacianos: usados para detectar bordas

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

- Estas máscaras caracterizam-se por ter a soma dos pesos = 0



Exemplos de filtros passa-alta

- Filtros Laplacianos + Original: usados para detectar bordas mantendo a informação original.

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

- Estas máscaras caracterizam-se por ter a soma dos pesos = 1. Mas tem como desvantagem o realce de ruídos.



Exemplos de filtros passa-alta

- Filtros Direcionais de borda: são filtros passa alta que realçam bordas em certas direções, dependendo da implementação
- As bordas em imagens são caracterizadas por transições abruptas de níveis de cinza.
- Nestes filtros os pesos são distribuídos de forma assimétrica em torno de um eixo hipotético.

- Sobel
- Prewitt

Sobel

- Norte – Sul

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$



- Nordeste – Sudoeste

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$



- Leste – Oeste

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



- Noroeste - Sudeste

$$\begin{bmatrix} -2 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$



Prewitt

- Norte – Sul

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



- Nordeste – Sudoeste

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$



- Leste – Oeste

$$\begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



- Noroeste - Sudeste

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



Detectores de linhas

- Horizontal, vertical e diagonal

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$



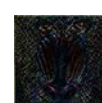
$$\begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$



$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

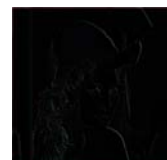


- Este filtros podem detectar características que não são linhas

Operadores de Roberts e Sobel

- As máscaras conhecidas como *operadores de Roberts* e *operadores de Sobel*, são utilizadas para aproximar o operador gradiente aplicado sobre os pixels de uma imagem digital.
- Sobel apresenta resultados de bordas mais realçadas e é mais sensível a ruído, ou seja amplia ruídos presentes na imagem
- Operador de Roberts

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Detecção de bordas

- Aplicam-se filtros lineares de dois tipos
 - filtros baseados na *função gradiente* (derivadas de primeira ordem nas direções dos eixos x e y da imagem)
 - filtros baseados na *função laplaciano* (derivadas de segunda ordem nas direções dos eixos x e y da imagem).
- Filtros de detecção de bordas:
 - Laplace
 - Sobel
 - Prewitt
 - Roberts

Filtros morfológicos

- Exploram as propriedades geométricas dos níveis de cinza da imagem
- Máscaras - elementos estruturantes
- Os elementos apresentam valores 0 ou 1 (considera ou não o "pixel")
- Principais operações: erosão, dilatação, abertura e fechamento
- Pode-se escolher os elementos estruturantes de acordo com a aplicação

Elementos estruturantes

- Exemplos

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Erosão

- valor mínimo dentro da janela
- efeitos de erosão das partes claras da imagem
→ imagens mais escuras

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \ominus \begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \\ 2 & 8 & 2 \\ 2 & 9 & 5 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \\ 2 & 2 & 2 \\ 2 & 9 & 5 \end{bmatrix}$$

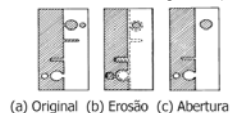
Dilatação

- valor máximo dentro da janela

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \oplus \begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \\ 2 & 8 & 2 \\ 2 & 9 & 5 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 3 & 6 & 5 \\ 2 & 9 & 2 \\ 2 & 9 & 5 \end{bmatrix}$$

Abertura e Fechamento

- Abertura
 - Encadeamento do filtro de erosão seguido pelo filtro de dilatação



- Fechamento

- Encadeamento do filtro de dilatação, seguido pelo de erosão

