PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

PDI – Aula 7

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias
Escola Agrícola de Jundiaí
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Profa. Alessandra Mendes

Processamento morfológico de imagens

Morfologia matemática

- A Morfologia Matemática surgiu em 1964 a partir das pesquisas conjuntas dos pesquisadores Franceses Georges Matheron e Jean Serra. Entre 1964 e 1968 foram estabelecidas as primeiras noções teóricas.
- A palavra morfologia denota um ramo da biologia que lida com a **forma** e a **estrutura** de animais e plantas.
- A morfologia matemática serve como ferramenta para **extrair componentes da imagem** (forma e estrutura) que são úteis para a **descrição e representação**.

Elemento Estruturante

- O princípio básico da morfologia matemática consiste em extrair informações relativas à geometria e à topologia de conjuntos desconhecidos de uma imagem a partir do Elemento Estruturante (EE).
  - O EE consiste em um conjunto definido e conhecido pelo computador em forma e tamanho, que é comparado, a partir de uma transformação, aos conjuntos desconhecidos da imagem.
  - O formato e o tamanho do EE possibilitam testar e quantificar de que maneira ele "está ou não está contido" na imagem.

Elemento Estruturante (EE)

- Em outras palavras, uma operação morfológica binária é determinada a partir da vizinhança examinada ao redor do ponto central.
- Essa vizinhança consiste em um conjunto bem definido *B*, chamado de EE. Um EE é definido pelos pixels que o formam e que são representados por "." e "●"
  - O pixel "." simplesmente aparecerá em B para visualizar seu aspecto geométrico, sendo um pixel do fundo, inativo ou neutro, que não interagirá com a imagem *f*.
  - Já o pixel marcado com "●" significará um pixel ativo que tem um papel a desenvolver na interação com a imagem *f* sendo processada.

Elemento Estruturante (EE)

- Exemplo de EE:

$$B = \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\}$$

  - O resultado dessa interação será colocado numa posição específica, a do ponto central (PC) do elemento estruturante, na imagem no momento da ação.
  - O símbolo "()" representa este PC no EE.
  - Quanto o PC não é indicado, ele corresponde ao centro de massa de *B*.

$$B = \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \bullet & (\bullet) & \bullet \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\}$$

Elemento Estruturante (EE)

- O EE transposto é denotado por $\tilde{B}$

$$B = \begin{Bmatrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \bullet \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix}, \text{ então } \tilde{B} = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{Bmatrix}$$

- Os EE's mais utilizados na morfologia matemática são o quadrado (B_Q), o vertical (B_V), o horizontal (B_H), o cruz (B_C) e o *Rhombus* (B_R).

$$B_Q = \begin{Bmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{Bmatrix}$$

$$B_V = \begin{Bmatrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{Bmatrix}$$

$$B_H = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix}$$

$$B_C = \begin{Bmatrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{Bmatrix}$$

$$B_R = \begin{Bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{Bmatrix}$$

Imagem

- Da mesma maneira, no caso de imagens binárias, a imagem digital *f* contem dois tipos de informação, o fundo (representado por “.”) e os pixels relevantes (representados por “●”).
- Na forma digital, a imagem *f* é representada entre “[]” da seguinte maneira:

$$f = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

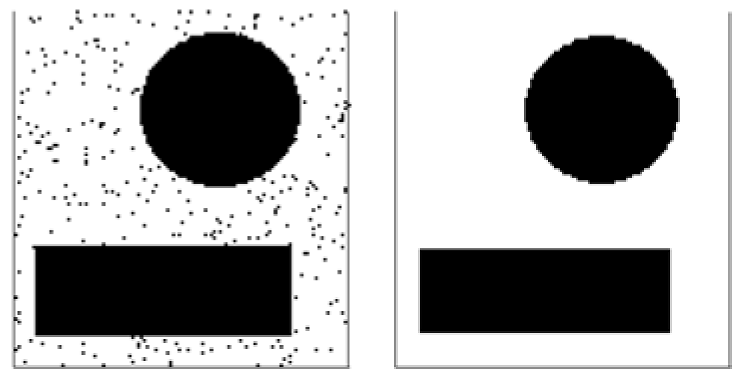
Operadores Elementares – Erosão

- Uma imagem *A* erodida pelo elemento estruturante *B* é definida por:

$$A \ominus B = \{x | B_x \subseteq A\}$$

- ou seja, B_x quando posicionado e centrado no pixel *x* de *A* deve estar totalmente contido em *A*. Nesse caso, dizemos que o pixel é relevante.
- Exemplo:
  a) EE
  b) imagem ruidosa
  c) imagem erodida

$$B_Q = \left\{ \begin{matrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{matrix} \right\}$$



a) b) c)

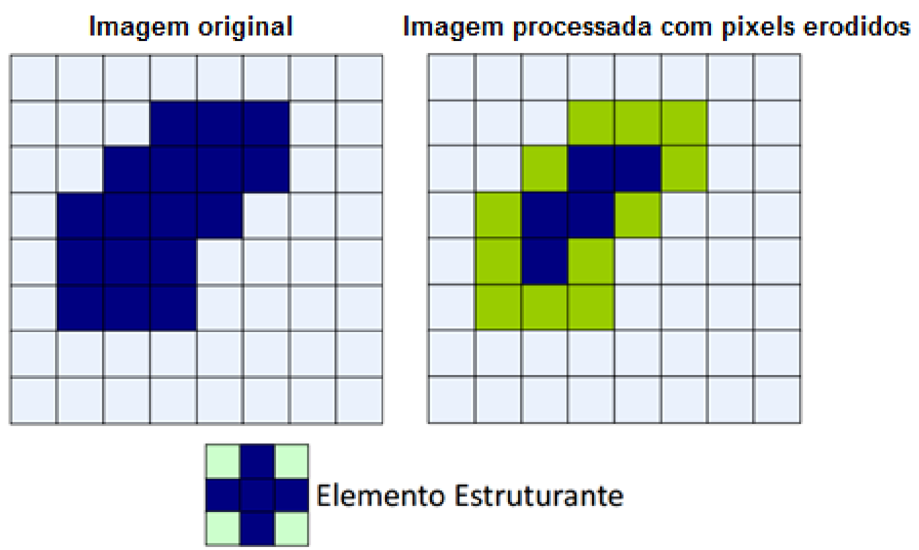
Operadores Elementares – Erosão

- Operação
  - Deve-se deslizar o EE *B* sobre a imagem *A* e para cada pixel *x* verificar a configuração de sua vizinhança em relação à estrutura de *B*.
  - Por ser binários, *A* e *B* contém dois tipos de informação, o fundo e os pixels relevantes.
  - O EE B_x, posicionado e centrado no pixel *x* de *A*, tenta aparelhar-se com a vizinhança de *x*.
  - Caso seja verificado, o pixel *x* na imagem erodida será considerado um pixel relevante e será preservado. Caso contrário, ele será considerado como irrelevante e será apagado.

Operadores Elementares – Erosão

- Exemplos:

$$\begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \ominus \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \bullet & \bullet & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \ominus \left\{ \begin{matrix} \cdot & \bullet & \cdot \\ (\cdot) & \bullet & \cdot \\ \cdot & \bullet & \cdot \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \bullet & \bullet & \bullet & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$



Operadores Elementares – Erosão

- Efeitos:
  - Diminuir partículas
  - Eliminar componentes menores que o elemento estruturante
  - Aumentar buracos
  - Permitir a separação de componentes conectados

Imagem original

Imagem erodida

Operadores Elementares – Dilatação

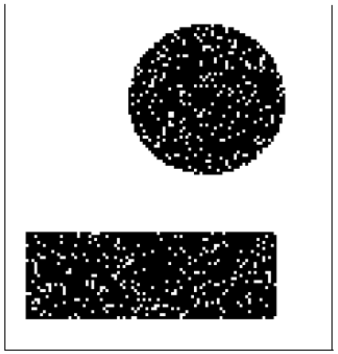
- Uma imagem *A* dilatada pelo elemento estruturante *B* é definida por:

$$A \oplus B = \{x | B_x \bigcap A \neq \emptyset\}$$

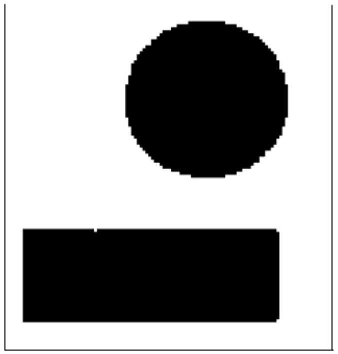
- ou seja, B_x quando posicionado e centrado no pixel *x* de *A* deve ter interseção com *A*. Nesse caso, dizemos que o pixel é relevante.
- Exemplo:
  a) EE
  b) imagem ruidosa
  c) imagem erodida

$$B_Q = \left\{ \begin{matrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{matrix} \right\}$$

a)



b)



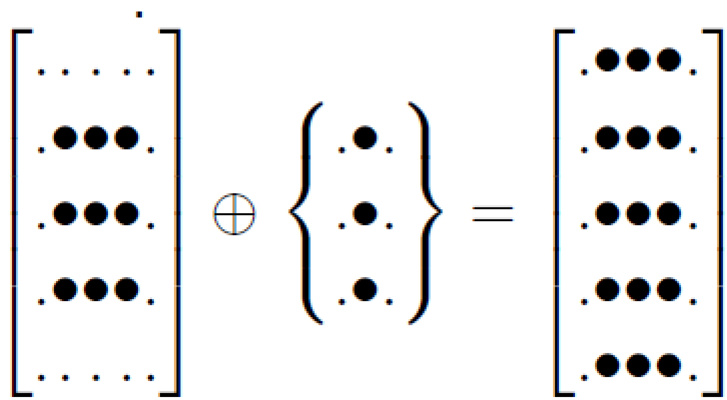
c)

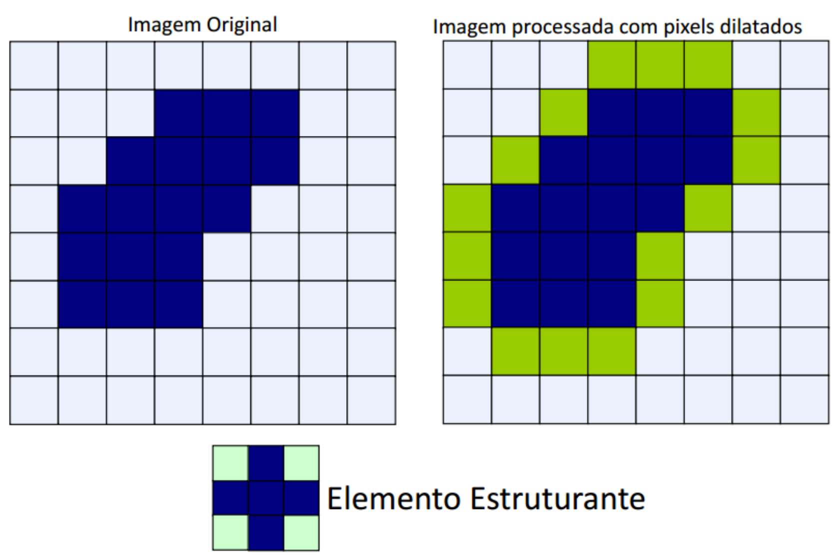
Operadores Elementares – Dilatação

- Operação
  - Deve-se deslizar o EE *B* sobre a imagem *A* e para cada pixel *x* verificar a configuração de sua vizinhança em relação à estrutura de *B*.
  - O EE B_x, posicionado e centrado no pixel *x* de *A*, verifica uma possível interseção com a vizinhança de *x*.
  - Caso não seja verificada, o pixel vizinho a *x* na imagem dilatada será considerado um pixel relevante e será criado.

Operadores Elementares – Dilatação

- Exemplos:





Operadores Elementares – Dilatação

- Efeitos:
  - Aumentar partículas
  - Preencher buracos
  - Conectar componentes próximos

Imagem original

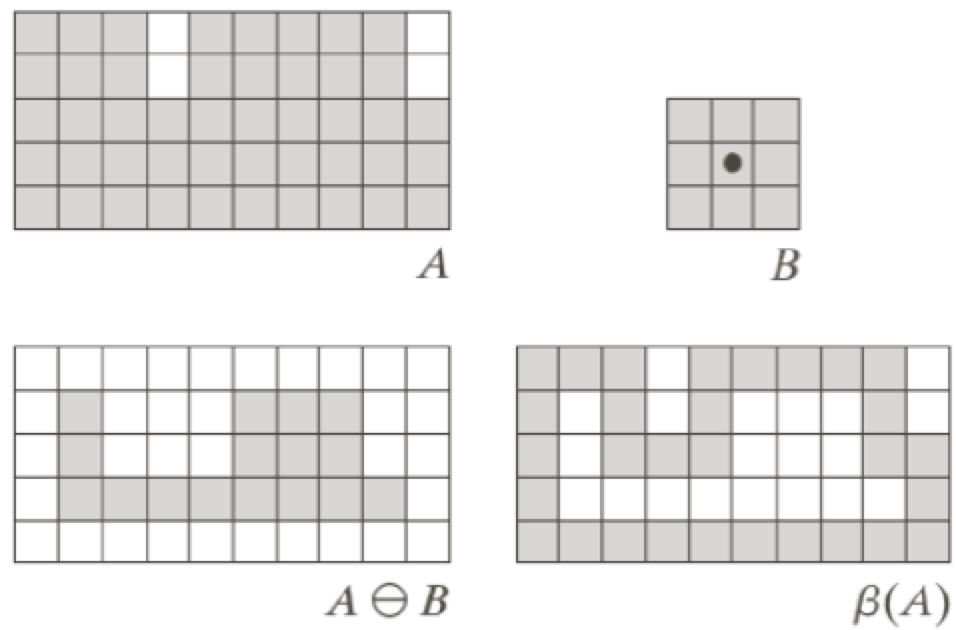
Imagem dilatada

Detecção de contornos

- O contorno de uma imagem *A*, representado por β(*A*), pode ser obtido ser obtido através da morfologia matemática da seguinte forma:

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

- em que o B é o elemento estruturante (em geral, um quadrado ou cruz 3x3).



Detecção de contornos

- Exemplo:

Abertura e Fechamento

- Vimos que a erosão e a dilatação podem corrigir defeitos em uma imagem, como fechamento de buracos, desconectar componentes, etc...
- Entretanto, nenhuma imagem corrigida mantém o mesmo tamanho.
- Porém, é possível filtrar sem modificar as características de forma e tamanho da imagem.
  - Abertura
  - Fechamento

Abertura

- A abertura elimina pequenos componentes e suaviza o contorno.
- A abertura de uma imagem *A* pelo elemento estruturante *B*, representada por $A \circ B$ é definida como:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

- Deste modo, a abertura de *A* por *B* consiste na erosão de *A* por *B* seguida da dilatação do resultado por *B*.

Abertura

- Efeitos:
  - Não devolve, de forma geral, o conjunto inicial.
  - Separa componentes.
  - Elimina pequenos componentes.
  - O conjunto aberto é mais regular que o conjunto inicial.
  - O conjunto aberto é menos rico em detalhes que o conjunto inicial.

Fechamento

- O fechamento fecha pequenos buracos e conecta componentes.
- O fechamento de uma imagem *A* pelo elemento estruturante *B*, representado por $A \bullet B$ é definido como

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

- Deste modo, o fechamento de *A* por *B* consiste na dilatação de *A* por *B* seguida da erosão do resultado por *B*.

Fechamento

- Efeitos:
  - Preenche buracos no interior dos componentes, inferior em tamanho em relação ao elemento estruturante.
  - Conecta componentes próximos.
  - O conjunto fechado é mais regular que o conjunto inicial.
  - O conjunto fechado é menos rico em detalhes que o conjunto inicial.

Exemplo

- Nesse caso, temos uma imagem corrompida por ruído
- Aplicando uma erosão, o ruído é eliminado mas os traços da digital são afinados.
- Com a abertura, reconstruímos grande parte dos traços. Entretanto, alguns traços foram desconectados.

$A \ominus B$

$(A \ominus B) \oplus B = A \circ B$

Exemplo

- Para mitigar esse problema, podemos:
  - Dilatar a imagem para reconectar os traços
  - Ou realizar um fechamento, o que reconecta grande parte dos traços sem modificar a estrutura dos mesmos.

PRÁTICA 9

Aplicação da morfologia matemática em imagens binárias.

Disponível no SIGAA