

# PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

Unidade II - Parte 7 - Relacionamentos básicos entre elementos  
e distâncias

## 1 Relacionamentos Básicos entre Elementos de Imagem

- Vizinhança
- Conectividade
- Adjacência
- Caminho
- Componentes Conexos
- Borda e Interior

## 2 Medidas de distância

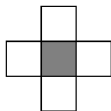
- Distância Euclidiana
- Distância City-Block
- Distância Tabuleiro de Xadrez

# Relacionamentos Básicos entre Elementos de Imagem

- Um elemento  $f$  em uma matriz bidimensional é denotado pelo pixel  $f(x, y)$ , enquanto em uma matriz tridimensional é denotado pelo voxel  $f(x, y, z)$ .
- Relacionamentos entre elementos:
  - Vizinhança
  - Conectividade
  - Adjacência
  - Caminho
  - Componentes Conexos
  - Borda e Interior

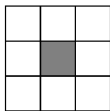
- Vizinhança-4: quatro pixels vizinhos horizontais e verticais do pixel  $f(x, y)$ , cujas coordenadas são:

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1); (x, y - 1)$$

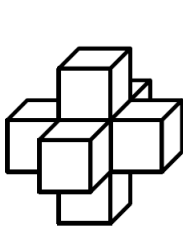


- Vizinhança-8: oito pixels vizinhos horizontal, verticais e diagonais do pixel  $f(x, y)$ , cujas coordenadas são:

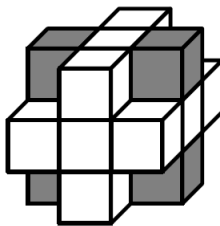
$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1), (x - 1, y - 1), \\ (x - 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x + 1, y + 1)$$



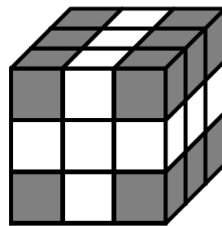
- Extensão do conceito de vizinhança para imagens tridimensionais.
- Vizinhos podem ser definidos de acordo com o número de voxels compartilhando faces, arestas ou vértices em comum.



(a) vizinhança-6



(b) vizinhança-18



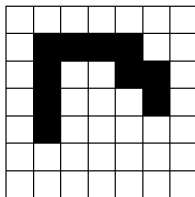
(c) vizinhança-26

- A conectividade entre elementos estabelece limites de objetos e componentes de regiões em uma imagem.
- Dois elementos são conexos quando são vizinhos segundo o tipo de vizinhança adotado e satisfazem determinados critérios de similaridade, tais como intensidade de cinza, cor ou textura.
- Por exemplo, em uma imagem binária, em que os pixels podem assumir os valores 0 ou 1, dois pixels podem ter vizinhança-4, mas somente serão considerados conexos se possuírem o mesmo valor.

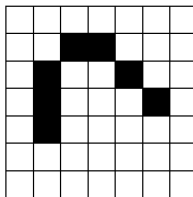
- Um elemento  $f_1$  é adjacente a um elemento  $f_2$  se eles forem conexos de acordo com o tipo de vizinhança adotado.
- Dois subconjuntos de pixels,  $S_1$  e  $S_2$ , são adjacentes se pelo menos um elemento em  $S_1$  for adjacente a algum elemento em  $S_2$ .

# Caminho

- Um caminho na imagem do pixel  $(x_1, y_1)$  a um pixel  $(x_n, y_n)$  é uma sequência de pixels distintos com coordenadas  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots; (x_n, y_n)$ , em que  $n$  é o comprimento do caminho,  $(x_i, y_i)$  e  $(x_{i+1}, y_{i+1})$  são adjacentes, tal que  $i = 1, 2, \dots, n - 1$ .
- Se a relação de conectividade considerar vizinhança-4, então existe um caminho-4; para vizinhança-8, tem-se um caminho-8.
- Exemplos de caminhos:
  - o caminho-4 possui comprimento 9
  - o caminho-8 possui comprimento 6



(a) *caminho - 4*

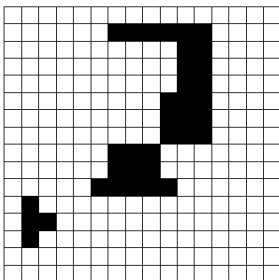


(b) *caminho - 8*



# Componentes Conexos

- Um subconjunto de elementos  $C$  da imagem que são conexos entre si é chamado de componente conexo.
- Dois elementos  $f_1$  e  $f_2$  são conexos se existir um caminho de  $f_1$  a  $f_2$  contido em  $C$ .
- Exemplo de imagem bidimensional contendo:
  - três componentes conexos caso seja considerada a vizinhança-4.
  - dois componentes conexos se considerada a vizinhança-8.



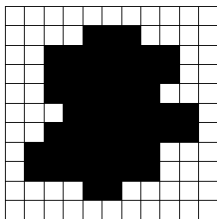
# Componentes Conexos - Exercício

- Desenvolva um algoritmo eficiente capaz de contar e rotular os componentes presentes na imagem binária mostrada abaixo, onde os pixels de valor 1 pertencem ao objeto e os pixels de valor 0 pertencem ao fundo. Leve em consideração vizinhança-4 e vizinhança-8.

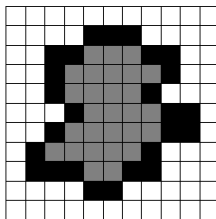
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1

# Borda e Interior

- A borda de um componente conexo  $S$  em uma imagem bidimensional é o conjunto de pixels pertencentes ao componente e que possuem vizinhança-4 com um ou mais pixels externos a  $S$ .
- Intuitivamente, a borda corresponde ao conjunto de pontos no contorno do componente conexo.
- O interior é o conjunto de pixels de  $S$  que não estão em sua borda. Exemplo de uma imagem binária com sua borda e interior.



(a) original



(b) borda e interior

- Muitas aplicações requerem o cálculo da distância entre dois pixels ou dois componentes de uma imagem.
- Não há uma única forma para se definir distância em imagens digitais. Dados os pixels  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , com coordenadas  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  e  $(x_3, y_3)$ , respectivamente, qualquer métrica de distância  $D$  deve satisfazer todas as seguintes propriedades:
  - $D(P_1, P_2) \geq 0$   
 $D(P_1, P_2) = 0$  se, e somente se,  $x_1 = x_2$  e  $y_1 = y_2$
  - $D(P_1, P_2) = D(P_2, P_1)$
  - $D(P_1, P_3) \leq D(P_1, P_2) + D(P_2, P_3)$

# Distância Euclidiana

- A distância Euclidiana entre  $P_1$  e  $P_2$  é definida como

$$D_E(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

- Os pixels com uma distância euclidiana menor ou igual a algum valor  $d$ , em relação ao pixel  $P(x, y)$ , formam um disco de raio  $d$  centrado em  $(x, y)$ .

Distância  $D_E \leq 3$  e um ponto central  $(x, y)$

			3			
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
3	2	1	0	1	2	3
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
			3			

- A distância Euclidiana está mais próxima do caso contínuo. Entretanto, requer mais esforço computacional e pode produzir valores fracionários.

# Distância City-Block

- A distância City-Block  $D_4$  entre  $P_1$  e  $P_2$  é definida como

$$D_4(P_1, P_2) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \quad (2)$$

- Os pixels com uma distância  $D_4$  menor ou igual a algum valor  $d$  em relação a  $P(x, y)$  formam um losango centrado em  $(x, y)$ .

Distância  $D_4 \leq 3$  e um ponto central  $(x, y)$



# Distância Tabuleiro de Xadrez

- A distância Tabuleiro de Xadrez entre  $P_1$  e  $P_2$  é definida como

$$D_8(P_1, P_2) = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|) \quad (3)$$

- Os pixels com uma distância  $D_8$  menor ou igual a algum valor  $d$  em relação  $P(x, y)$  formam um quadrado centrado em  $(x, y)$ .
- Em particular, os pontos com distância 1 são os pixels com vizinhança-8 do ponto central.

Distância  $D_8 \leq 3$  e um ponto central  $(x, y)$

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

- A distância  $D_4$  entre dois pixels  $f_1$  e  $f_2$  é igual ao comprimento do caminho mais curto entre esses pixels, considerando-se a vizinhança-4.
- Do mesmo modo, a distância  $D_8$  corresponde ao caminho-8 mais curto entre esses pontos.