MO815/MC861 - Análise de Imagem Orientada a um Problema do Mundo Real

Alexandre Xavier Falcão

Instituto de Computação - UNICAMP

afalcao@ic.unicamp.br

Introdução

- As aulas anteriores ilustraram operadores pontuais e baseados em adjacência. Nesta aula vamos abordar uma terceira categoria, a dos operadores baseados em **relações de conexidade**.

Introdução

- As aulas anteriores ilustraram operadores pontuais e baseados em adjacência. Nesta aula vamos abordar uma terceira categoria, a dos operadores baseados em **relações de conexidade**.
- Seja $\hat{I} = (D_I, I)$ uma imagem, resultante de uma segmentação binária, tal que $I(p) \in \{0, 1\}$ para todo $p \in D_I$ (2D ou 3D), estamos interessados rotular seus **componentes conexos**.

- Para uma dada relação de adjacência $\mathcal{A}$, um pixel $q \in D_I$ é dito **conexo** a um spel $p \in D_I$, se existe uma sequência de pixels distintos $\langle p_1, p_2, \ldots, p_n \rangle$, onde $p_1 = p$, $p_n = q$, e $(p_i, p_{i+1}) \in \mathcal{A}$.

Introdução

- Para uma dada relação de adjacência $\mathcal{A}$, um pixel $q \in D_I$ é dito **conexo** a um spel $p \in D_I$, se existe uma sequência de pixels distintos $\langle p_1, p_2, \ldots, p_n \rangle$, onde $p_1 = p$, $p_n = q$, e $(p_i, p_{i+1}) \in \mathcal{A}$.
- Um **componente conexo** é um conjunto $\mathcal{C} \subset D_I$ de pixels onde todo par (p, q), $p \in \mathcal{C}$ e $q \in \mathcal{C}$, é conexo.

- Para uma dada relação de adjacência $\mathcal{A}$, um pixel $q \in D_I$ é dito **conexo** a um spel $p \in D_I$, se existe uma sequência de pixels distintos $\langle p_1, p_2, \ldots, p_n \rangle$, onde $p_1 = p$, $p_n = q$, e $(p_i, p_{i+1}) \in \mathcal{A}$.
- Um **componente conexo** é um conjunto $\mathcal{C} \subset D_I$ de pixels onde todo par (p, q), $p \in \mathcal{C}$ e $q \in \mathcal{C}$, é conexo.
- Dada a definição de componente conexo, vamos considerar apenas relações de adjacência **irreflexivas e simétricas**.

Considere o exemplo abaixo de uma imagem 2D e responda:

$$\begin{array}{cccccccccc}
0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0
\end{array}$$

Considere o exemplo abaixo de uma imagem 2D e responda:

$$\begin{array}{cccccccccc}
0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0
\end{array}$$

- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q - p\| \leq 1$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?

Relações de conexidade

Considere o exemplo abaixo de uma imagem 2D e responda:

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q-p\| \leq 1$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q-p\| \leq \sqrt{2}$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?

Relações de conexidade

Considere o exemplo abaixo de uma imagem 2D e responda:

$$\begin{array}{cccccccccc}
0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0
\end{array}$$

- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q - p\| \leq 1$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q - p\| \leq \sqrt{2}$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $y_p = y_q$, $|x_q - x_p| \leq 3$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?

Considere o exemplo abaixo de uma imagem 2D e responda:

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q-p\| \leq 1$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q-p\| \leq \sqrt{2}$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $y_p = y_q$, $|x_q - x_p| \leq 3$ e $I(p) = I(q) = 1$, quantos componentes conexos tem a imagem?
- Para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q-p\| \leq \sqrt{2}$, quantos componentes conexos tem a imagem?

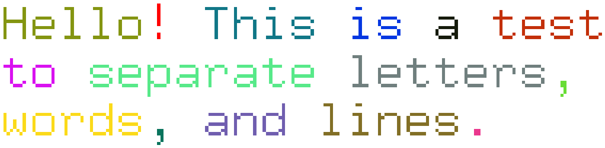
Relações de conexidade

Considere agora o problema de associar uma cor para cada componente conexo de uma imagem.

Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$ (letras) e raio 5 (palavras), e com adjacência retangular de tamanho 30×5 pixels (linhas).

Relações de conexidade

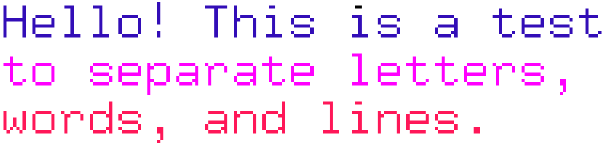
Considere agora o problema de associar uma cor para cada componente conexo de uma imagem.



Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$ (letras) e raio 5 (palavras), e com adjacência retangular de tamanho 30×5 pixels (linhas).

Relações de conexidade

Considere agora o problema de associar uma cor para cada componente conexo de uma imagem.



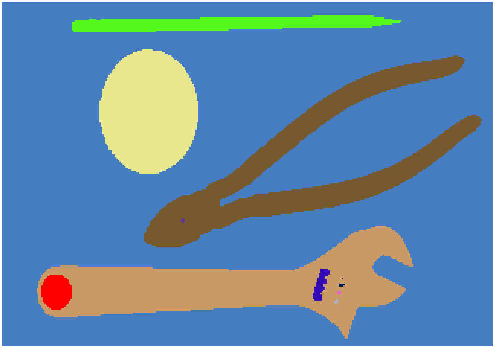
Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$ (letras) e raio 5 (palavras), e com adjacência retangular de tamanho 30×5 pixels (linhas).

Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$, raio 15, e raio $\sqrt{2}$ incluindo os pixels 0's.

Relações de conexidade

Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$, raio 15, e raio $\sqrt{2}$ incluindo os pixels 0's.

Relações de conexidade



Rotulação dos pixels 1's com adjacência circular de raio $\sqrt{2}$, raio 15, e raio $\sqrt{2}$ incluindo os pixels 0's.

Rotulação de componentes conexos

- Considere o problema de associar um rótulo $l = 1, 2, \ldots, n_c$ a cada componente conexo **de mesmo brilho** em uma imagem binária $\hat{I} = (D_I, I)$ com n_c componentes de acordo com uma relação de adjacência $\mathcal{A}$.

- Considere o problema de associar um rótulo $l = 1, 2, \ldots, n_c$ a cada componente conexo **de mesmo brilho** em uma imagem binária $\hat{I} = (D_I, I)$ com n_c componentes de acordo com uma relação de adjacência $\mathcal{A}$.
- Para qualquer pixel $p \in D_I$ ainda não rotulado ($L(p) = 0$), associamos um rótulo novo ($L(p) \leftarrow l$) e **propagamos** este rótulo a todos pixels q **conexos** a p usando **busca em largura** (uma fila FIFO - *First-In-First-Out*).

Rotulação de componentes conexos

- Entrada: Imagem $\hat{I} = (D_I, I)$ e relação $\mathcal{A}$.
- Saída: Imagem rotulada $\hat{L} = (D_I, L)$, onde $L(p) = 0$ inicialmente.
- Auxiliares: FIFO Q e variável inteira $l = 1$.

1. Para todo pixel $p \in D_I$, tal que $L(p) = 0$, faça
2. $\quad$ $L(p) \leftarrow l$ e insira p em Q.
3. $\quad$ Enquanto $Q \neq \emptyset$ faça
4. $\quad\quad$ Remova p de Q.
5. $\quad\quad$ Para todo $q \in \mathcal{A}(p)$, $L(q) = 0$ e $I(p) = I(q)$, faça
6. $\quad\quad\quad$ $L(q) \leftarrow L(p)$ e insira q em Q.
7. $\quad$ $l \leftarrow l + 1$.

No exemplo abaixo, o resultado para $q \in \mathcal{A}(p)$ se $\|q - p\| \leq 1$ e $I(p) = I(q)$,

0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2	3	4	4	1	1	1	5	5
0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	2	1	4	1	1	1	5	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	7	7	1	1	6	6	6	1	1	1

Original (esquerda) e rotulada (direita).