Fundamentos de Imagem Digital

Prof. Alexandre Xavier Falcão

Aula 04

1 Relação de adjacência

Uma relação de adjacência A entre spels de uma imagem $\hat{I} = (D_I, \vec{I})$ define um subconjunto de $D_I \times D_I$. Isto é, se $(p,q) \in A$, então os spels p e q são adjacentes.

Também dizemos que $A(p)$ é o conjunto dos spels adjacentes ao spel p de acordo com A.

Uma adjacência A é normalmente invariante à translação, mas isto pode não ocorrer se depender de propriedades locais da imagem, tais como cor e gradiente.

Exemplos:

- $(p,q) \in A$ se $d(p,q) \leq \rho$, onde d é distância Euclideana e ρ é um escalar,
- $(p,q) \in A$ se $q - p \in \{(-1,-1),(1,-1)\}$,
- $(p,q) \in A$ se $|x_p - x_q| + |y_p - y_q| \leq 1$ e $|I(p) - I(q)| \leq l$, onde l é um limiar de brilho.

Observe que $\rho = 1$ define vizinhança-4 em 2D (pixels compartilham arestas) e vizinhança-6 em 3D (voxels compartilham faces), e que $\rho = \sqrt{2}$ define vizinhança-8 em 2D (pixels compartilham vértices e/ou arestas). Valores maiores de ρ em 2D fazem com que pixels que não compartilham primitivas geométricas sejam adjacentes.

(Mostre desenhos)

1.1 Grafos e relações de adjacência

Uma relação de adjacência em $\hat{I}$ leva à definição de um grafo $G = (D_I, A)$, cujos spels são os nós e os arcos são definidos por A.

Em G, um caminho π é uma seqüência de spels adjacentes $< p_1, p_2, \ldots, p_n >$, onde $(p_i, p_{i+1}) \in A$, $i = 1, 2, \ldots, n-1$.

O spel p_1 é a origem $org(\pi)$ e $p_n = dst(\pi)$ o destino, e o caminho π é dito trivial se $\pi =< p_1 >$.

2 Relação de conexidade

Um spel q é conexo a um spel p se existir um caminho de p a q em G.

Em 2D, dizemos que dois pixels são conexos-4 (conexos-8) se forem ligados por caminhos cujos pixels adjacentes são vizinhos-4 (vizinhos-8). Note que esta conexidade é simétrica, mas de uma forma geral a conexidade pode ser assimétrica.

3 Componente conexo

Um componente conexo em $\hat{I}$ é um subconjunto de D_I, onde todos os pares (p,q) de spels são conexos (i.e. existe um caminho de p a q e um caminho de q a p, que não necessariamente são os mesmos).

4 Imagens binárias e objetos

Uma imagem binária pode conter vários componentes conexos com valor 1, formando um objeto de interesse para uma dada aplicação.

Quando temos mais de um objeto, os componentes de um mesmo objeto devem ser rotulados com um valor em {1,2,...,c}.

A segmentação é a operação de processamento de imagens que reconhece e delineia esses objetos na imagem original, gerando uma imagem rotulada.

Uma borda de objeto é um conjunto de spels do seu interior que possui ao menos um spel adjacente no exterior.

Um objeto pode ser representado por suas bordas ou pelos spels do seu interior.

Após segmentação, nós podemos criar representações da forma e/ou textura (inclui cor) dos objetos. Estas representações podem ser exploradas para gerar descritores do conteúdo da imagem. Os descritores são usados para análise e recuperação de imagem por conteúdo.

5 Operadores de processamento de imagens

As operações de processamento de imagens podem envolver uma ou mais imagens e serem aplicadas: (1) isoladamente para cada pixel (e.g., transformação radiométrica, adição) ou (2) levando em conta uma adjacência de cada pixel (e.g., convolução, dilatação). No caso (2), temos ainda duas formas mais comuns de acesso aos pixels: (a) da esquerda para direita e de cima para baixo (*raster*) ou (b) por propagação a partir de pixels sementes. A propagação pode ser ainda em largura, em profundidade ou ordenada por prioridade.

A normalização linear dos valores dos pixels de uma imagem cinza em um dado intervalo $[l_1, l_2]$, $l_2 > l_1$, de brilho é um exemplo do caso 1 (transformação radiométrica).
Entrada: Imagem cinza $\hat{I} = (D_I, I)$ e intervalo $[l_1, l_2]$, $l_2 > l_1$.
Saída: Imagem cinza $\hat{J} = (D_I, J)$ resultante da normalização.
Auxiliares: Variáveis l_{max} e l_{min} com os valores máximos e mínimos da imagem.

1. Faça $l_{max} \leftarrow -\infty$ e $l_{min} \leftarrow +\infty$.
2. Para todo pixel $p \in D_I$, faça
3. Se $I(p) > l_{max}$ então $l_{max} \leftarrow I(p)$.
4. Se $I(p) < l_{min}$ então $l_{min} \leftarrow I(p)$.
5. Para todo pixel $p \in D_I$, faça
6. $J(p) \leftarrow \frac{l_2 - l_1}{l_{max} - l_{min}}(I(p) - l_{min}) + l_1$.

Um exemplo do caso (2-a) são as operações morfológicas básicas: dilatação, erosão, abertura e fechamento por um elemento estruturante planar (i.e., uma relação de adjacência reflexiva). Seja $\hat{I} = (D_I, I)$ uma imagem cinza, sua dilatação $\hat{J} = (D_J, J)$ por um elemento estruturante planar A é definida como $J(p) = \max_{\forall q \in A(p)}\{I(q)\}$. Normalmente fazemos com que $D_J = D_I$. A erosão é definida de forma similar, trocando o operador max por min. O fechamento é definido como uma dilatação seguida de erosão, e a erosão seguida de dilatação define a abertura. As bordas de um objeto, por exemplo, podem ser realçadas pelo resíduo da erosão com um círculo de raio 1. O algoritmo abaixo exemplifica uma dilatação por elemento planar.
Entrada: Imagem cinza $\hat{I} = (D_I, I)$, relação de adjacência A reflexiva.
Saída: Imagem cinza $\hat{J} = (D_I, J)$ resultante da dilatação.

1. Para todo pixel $p \in D_I$, faça
2. $J(p) \leftarrow I(p)$.
3. Para todo $q \in A(p)$, faça
4. Se $I(p) < I(q)$, então $J(p) \leftarrow I(q)$.

Um exemplo do caso (2-b) é a rotulação de componentes conexos por busca em largura, no caso de conexidades simétricas.
Entrada: Imagem cinza $\hat{I} = (D_I, I)$, relação de adjacência A, e limiar t.
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. $L(p) \leftarrow l$ e insira p em Q.
3. Enquanto $Q \neq \emptyset$ faça
4. Remova p de Q.
5. Para todo $q \in A(p)$, tal que $L(q) = 0$ e $|I(p) - I(q)| \leq t$, faça
6. $L(q) \leftarrow L(p)$ e insira q em Q.
7. $l \leftarrow l + 1$.