

Processamento Digital de Imagens

Profa. Flávia Magalhães F. Ferreira

PUC Minas

Unidade Ve - Segmentação de Regiões

- 1 Segmentação baseada em Região
- 2 Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

Segmentação baseada em Região

- Em contraste com os métodos de segmentação descritos anteriormente (primeiro, encontrando fronteiras com base na descontinuidade do nível de intensidade; e segundo, realizando a segmentação por meio de limiares), os métodos a seguir detectam regiões de forma direta.
- Pontos apresentando propriedades similares são agrupados para formar uma região.
- Diversas propriedades têm sido propostas para caracterizar uma região, tais como intensidade de cinza, cor, momentos ou textura.
- Usar apenas descritores pode produzir resultados ilusórios, se as propriedades de conectividade não forem usadas no processo de crescimento da região.

Segmentação baseada em Região

- Seja R a região definida pela própria imagem de entrada. Pode-se imaginar a segmentação como o processo de particionar R em n regiões R_1, R_2, \dots, R_n , tal que:

(a) $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$

(b) R_i é uma função conexa, $i = 1, 2, \dots, n$

(c) $R_i \cap R_j = \emptyset$ para todo i e j , $i \neq j$

(d) $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$ para $i = 1, 2, \dots, n$

(e) $P(R_i \cup R_j) = \text{FALSO}$ para $i \neq j$ e R_i adjacente a R_j .

em que $P(R_i)$ é um predicado lógico sobre os pontos do conjunto R_i e \emptyset é o conjunto vazio.

- O predicado é utilizado como uma medida de similaridade para agrupar os *pixels* em uma região.

Segmentação baseada em Região

- A condição (a) indica que cada *pixel* deve pertencer a uma região da imagem.
- A condição (b) requer que os *pixels* de uma região satisfaçam critérios de conectividade.
- A condição (c) estabelece que as regiões devem ser disjuntas.
- A condição (d) refere-se às propriedades que devem ser satisfeitas pelos *pixels* em uma região segmentada. Por exemplo, $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$ se todos os *pixels* da região R_i possuírem a mesma intensidade.
- Finalmente, a condição (e) estabelece que as regiões adjacentes R_i e R_j são diferentes em relação ao predicado P .

Segmentação baseada em Região

Os principais métodos de segmentação de regiões são:

- Crescimento de regiões
- Divisão de regiões
- União de regiões

Segmentação baseada em Crescimento de Regiões

- Procedimento que agrega pixels com propriedades similares em regiões.
- Inicia com um conjunto de pixels chamados sementes e, a partir deles, cresce regiões anexando a cada ponto semente outros pixels que possuam propriedades similares.
- A escolha das sementes depende da natureza do problema. Ex: em aplicações militares com imagens com infravermelho, os pontos mais quentes, logo, mais brilhantes, são de interesse.
- A utilização de k sementes resulta, no máximo, em k regiões.

Segmentação baseada em Crescimento de Regiões

- O predicado P a ser usado para agregar um pixel em uma das regiões verifica se a diferença absoluta entre os níveis de cinza desse pixel e o da semente é menor que um dado limiar T :

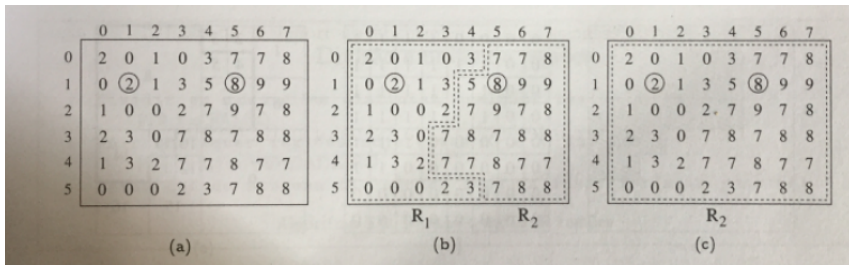
$$P(R) = \begin{cases} \text{VERDADEIRO,} & \text{se } |f(x, y) - f(r, s)| \leq T, \\ \text{FALSO,} & \text{caso contrário} \end{cases}$$

em que $f(r, s)$ representa o pixel semente e $f(x, y)$ representa os pixels conectados ao pixel semente por vizinhança-8.

- A seleção das propriedades que estabeleçam os predicados de similaridade depende do tipo de dados disponíveis. Ex: as imagens de satélite usam a informação de cor.

Segmentação baseada em Crescimento de Regiões

- Qualquer pixel que satisfaça essa propriedade para ambas as regiões, é (arbitrariamente) atribuído a uma região especificada (no exemplo abaixo, a Região R_2).



(a) Imagem original, não segmentada; (b) Imagem segmentada usando $T = 3$; (c) Imagem segmentada usando $T = 8$.

- Critério de similaridade descrito por *Haralick e Shapiro* (1992):
 - Uma região é definida como um conjunto de pixels conexos, descritos pela média e a variância do conjunto.
 - Para cada novo pixel agregado, os valores de média e variância são atualizados.
 - Critério para agregar um pixel à região é o mesmo do slide anterior, com:

$$T = \sqrt{\frac{N(N-1)}{N+1} \frac{(z - \mu_R)^2}{\sigma_R^2}}$$

em que N é o número de pixels da região, z é o valor do pixel sendo testado, $\mu_R = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in \mathcal{R}} f(x,y)$ e $\sigma_R^2 = \frac{1}{N} \sum_{(x,y) \in \mathcal{R}} [f(x,y) - \mu_R]^2$.

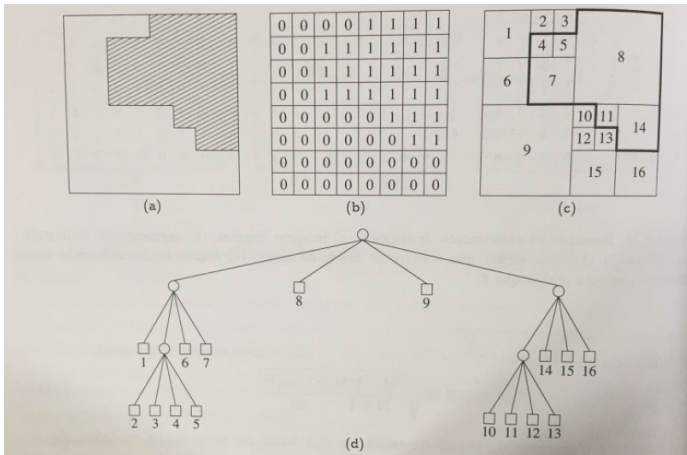
Segmentação baseada em Divisão de Regiões

- A segmentação inicia-se com regiões formadas por pixels da imagem e, recursivamente, subdivide as regiões não homogêneas em áreas menores, até que todas as regiões satisfaçam o critério de similaridade.
- Em muitos casos, a região inicial é a imagem inteira.
- Uma técnica comum de subdivisão de imagens em regiões homogêneas utiliza a representação *quadtree*, estrutura hierárquica baseada na decomposição recursiva e regular da imagem em quadrantes, de maneira que, para qualquer região R_i , $P(R_i) = \text{VERDADEIRO}$. Ou seja, se $P(R_i) = \text{FALSO}$, a região deve ser subdividida em quadrantes.

Segmentação baseada em Divisão e União de Regiões

- Os procedimentos de CRESCIMENTO e DIVISÃO de regiões podem ser combinados de modo a reunir as vantagens de ambas as técnicas.
- Caso apenas a DIVISÃO seja realizada, a partição final pode conter regiões adjacentes apresentando propriedades similares.
- Esse problema pode ser resolvido permitindo-se a UNIÃO da mesma maneira que a DIVISÃO, ou seja, a UNIÃO é realizada em regiões adjacentes cujos pixels combinados satisfazem a propriedade P . Assim, **duas regiões adjacentes R_i e R_j são unidas apenas se $P(R_i \cup R_j) = \text{VERDADEIRO}$.**

Segmentação baseada em Divisão e União de Regiões



(a) Imagem original; (b) Matriz binária; (c) Imagem particionada;
(d) *quadtree* correspondente.

Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

- Técnica de agrupamento em *clusters*;
- Objetivo: separar uma imagem em k *clusters*
- Critério: cor e distância euclideana
- Clustering: conjunto de dados \rightarrow *clusters* disjuntos;
- K-means: particionar n objetos (ou n pixels) em K *clusters*;
- Características:
 - possibilidade de trabalhar com grandes bases de dados
 - mudança de pertinência de *clusters* durante o processo
 - número de sementes k pode impor estrutura errônea
 - sensível à escolha das sementes iniciais
 - *clusters*: representado por um centro (centroide)

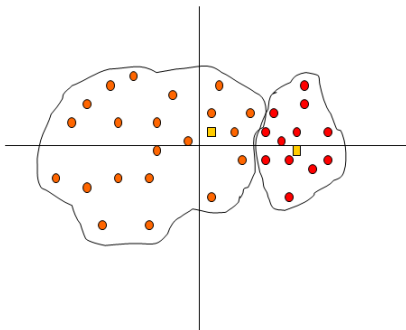
Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

Algoritmo

- 1 escolher k centros iniciais (centroides)
- 2 associar cada um dos n pixels ao centro mais próximo
- 3 atualizar os centros como os novos centroides dos pontos associados
- 4 repetir passos (2) e (3) até convergência

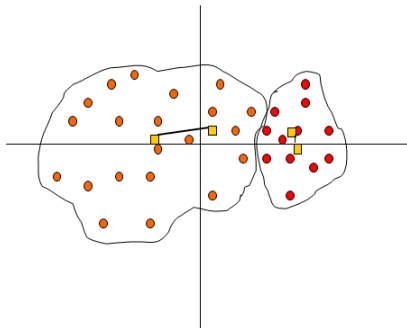
Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

- Escolha $k = 2$
- Clusterize os pontos em torno de $k = 2$ centroides

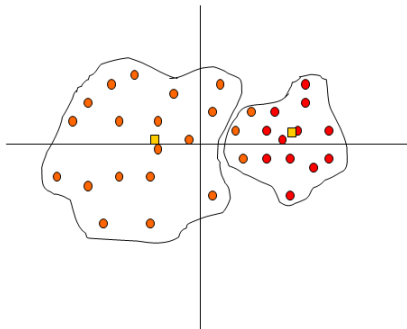


Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

- Recalcule os centroides
- Redistribua os pontos pelos dois *clusters*, considerando os novos centroides

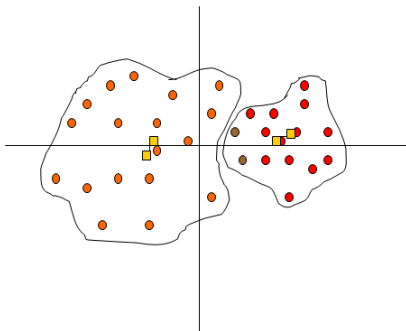


Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means















Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means







- Repita os dois últimos passos até que nenhum ponto mude de *cluster*.
- Cada *cluster* é representado pelo seu respectivo centroide.



Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

Abordagem	Original	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
K-means						

Abordagem	Original	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
K-means						

Abordagem	Original	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5
K-means						

Segmentação por Agrupamento: o Algoritmo K-Means

Vantagens

- Simples
- Eficiente

Desvantagens

- Distância euclidiana nem sempre é adequada
- k é pré-definido
- Pode cair em mínimo local (depende dos centroides iniciais)