

IMPLEMENTAÇÃO E COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

**Thiago da Silva LEITE; Emmanuel Sávio Silva FREIRE; Marcos Aurélio Medeiros SILVA;
Maria Heveline Vieira DUARTE**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFETCE, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica - Fortaleza/CE
CEP: 60040-531 Telefone: (85)3307-3607 e-mail: thiagoiguatu@gmail.com

(2) Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFETCE, e-mail: savio.essf@gmail.com

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFETCE, e-mail: marcosmedeiros31@gmail.com

(4) Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFETCE, e-mail: heveline@cefetce.br

RESUMO

Com o avanço tecnológico na área de computação aplicada à automação industrial, o interesse por métodos de processamento de informação que permitam reconhecimento e classificação automática de objetos através de máquinas surgiu para isentar possíveis falhas humanas e para acelerar o processo de análise dos dados. O grande problema é fazer com que o computador tenha a capacidade de "percepção" para identificar, selecionar e agrupar os dados de uma forma semelhante à do sistema visual humano. Uma das etapas do processo de reconhecimento automático é a segmentação da informação na imagem, que proporciona uma divisão das suas partes constituintes através de características comuns, como cor, forma e textura. Este artigo aborda as diversas técnicas de segmentação existentes, e um estudo comparativo de qual técnica é mais adequada para uma aplicação específica. A metodologia consiste em implementar as diversas técnicas existentes para segmentação de imagens, e aplicar estas técnicas a imagens padrões, para permitir a comparação da eficiência destas técnicas para cada aplicação específica. Para facilitar a implementação e a compreensão dos algoritmos, inicialmente a implementação será realizada utilizando a ferramenta MATLAB.

Palavras-chave: técnicas de segmentação de imagens, segmentação por similaridades, segmentação por descontinuidades.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico na área de computação aplicada à automação industrial, o interesse por métodos de processamento de informação que permitam reconhecimento e classificação automática de objetos através de máquinas surgiu para isentar possíveis falhas humanas e para acelerar o processo de análise dos dados. O grande problema desta tecnologia é fazer com que o computador tenha a capacidade de "percepção" para identificar, selecionar e agrupar os dados de uma forma semelhante à do sistema visual humano. Para se usar imagens na resolução desse problema, elas devem ser adquiridas e digitalizadas (amostradas e quantizadas). Depois da digitalização, podem ser feitas diversas alterações na imagem até encontrar-se a solução para o problema em questão. Essas transformações podem ser agrupadas nos seguintes conjuntos: filtragem, análise, compressão e síntese de imagens. Então para se conseguir um reconhecimento automático, a primeira etapa a ser feita é a segmentação da informação requerida da imagem, dividindo-a em suas partes constituintes através de suas características comuns, como cor, forma e textura. Este artigo aborda algumas técnicas de segmentação, que geralmente é a primeira etapa do processamento de imagens e um estudo comparativo de qual técnica é mais adequada para uma aplicação específica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em visão computacional, segmentação se refere ao processo de dividir uma imagem digital em múltiplas regiões (conjunto de pixels) ou objetos, com o objetivo de simplificar e/ou mudar a representação de uma imagem para facilitar a sua análise (MARQUES e VIEIRA, 1999). Segmentação de imagens é tipicamente usada para localizar objetos e formas (linhas, curvas, etc) em imagens. O resultado da segmentação de imagens é um conjunto de regiões/objetos ou um conjunto de contornos extraídos da imagem. Como resultado, cada um dos pixels em uma mesma região é similar com referência a alguma característica ou propriedade computacional, tais como cor, intensidade, textura ou continuidade. Regiões adjacentes devem possuir diferenças significativas com respeito a(s) mesma(s) característica(s) (GONZALEZ e WOODS, 2004).

A Segmentação de imagens é um processo, muitas vezes, utilizado em várias áreas, incluindo Cartografia. Extração de características é uma tarefa muito difícil, e resultados bem sucedidos exigem técnicas mais complexas e boa qualidade dos dados (MEDEIROS, SILVA e NOGUEIRA, 2002).

3. METODOLOGIA

A metodologia consiste em implementar as técnicas mais conhecidas para segmentação de imagens por descontinuidade e similaridade, e aplicar estas técnicas a imagens padrões, para permitir a comparação da eficiência destas técnicas para cada aplicação específica. Para facilitar a implementação e a compreensão dos algoritmos, inicialmente a implementação será realizada utilizando a ferramenta MATLAB. Toda a documentação será descrita, de forma didática, explicando cada algoritmo, bem como suas vantagens e desvantagens para cada aplicação.

4. TÉCNICAS DE SEGMENTAÇÃO

Algoritmos de segmentação permitem achar diferenças entre dois ou mais objetos, e distinguir as partículas umas das outras e do fundo. Esta distinção permitirá ao programa interpretar pixels contíguos e agrupá-los em regiões. Os algoritmos de segmentação para imagens monocromáticas são geralmente baseados em uma das seguintes propriedades básicas de valores de níveis de cinza: descontinuidade e similaridade. Na descontinuidade a abordagem é particionar a imagem baseado em mudanças bruscas nos níveis de cinza. As principais áreas de interesse são a detecção de pontos isolados, detecção de linhas e bordas na imagem. Na similaridade as principais abordagens baseiam-se em limiarização e crescimento de regiões.

4.1. TÉCNICAS BASEADAS EM SIMILARIDADES

4.1.1. LIMIARES (THRESHOLDING)

O princípio da limiarização é separar as regiões de uma imagem (o fundo e o objeto). A saída resultante deste processamento é uma imagem binária, para tanto deve-se escolher um limiar, valor de referência, sendo que os pixels de valor igual ou maior que ele serão transformados para branco e os demais em preto (MARQUES E VIEIRA, 1999).



Figura 1 - Exemplo de um limiarizador com limiar = "128"

4.1.2. CRESCIMENTO DE REGIÕES (*REGION GROWING*)

O crescimento de região é um processo que agrupa pixels ou sub-regiões baseado em critérios predefinidos. A mais simples das abordagens é a agregação de pixels, a qual começa com um conjunto de pontos “sementes”, e desses crescem regiões pela junção de cada ponto semente aqueles pixels vizinhos que têm propriedades similares (tais como nível de cinza, textura, cor) (GONZALEZ e WOODS, 2004).



Figura 2 - Exemplo da técnica de crescimento de região. No qual é mostrada a imagem original e a segmentada, respectivamente

4.1.3. AGLOMERAÇÃO (CLUSTERING)

Quando nos referimos à segmentação por aglomeração, tomamos o conceito de agrupamento de um conjunto de elementos em subconjuntos de acordo com as propriedades de cada elemento, todavia o gasto computacional é alto. Dado um conjunto de objetos, coloca-se os objetos em grupos baseados na similaridade entre eles fazendo disso um método utilizado para encontrar padrões inesperados nos dados. A aglomeração é um aprendizado não supervisionado, ou seja, automático.

Dado um conjunto de objetos descritos por múltiplos valores (atributos) a aglomeração segue os seguintes princípios:

- Atribuir grupos (clusters) aos objetos, particionando-os objetivamente em grupos homogêneos de maneira a:
 - Maximizar a similaridade de objetos dentro de um mesmo grupo,
 - Minimizar a similaridade de objetos entre grupos distintos;
- Atribuir uma descrição para cada cluster formado, ou seja, o parâmetro que o define. Por exemplo:

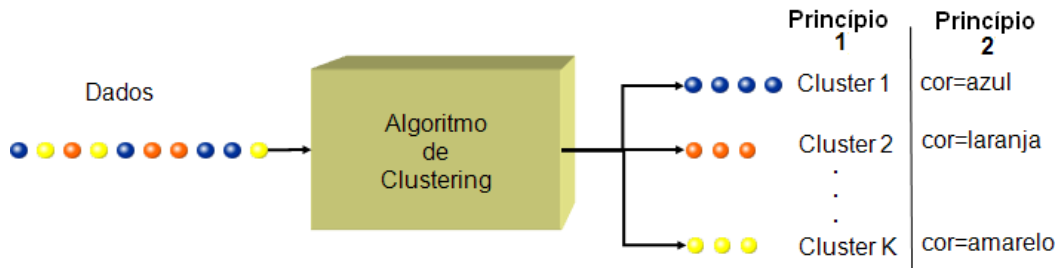


Figura 3 - Princípio da técnica de aglomeração (*clustering*)

Cada objeto (dado) de entrada para o algoritmo é representado usualmente por um vetor de atributos. Os atributos podem ser numéricos (inteiro, real), ou categóricos (booleano, conjunto de valores).

Por exemplo:

- Amostra de dados clínicos (Objeto: Paciente),
- Idade (atributo numérico: inteiro),
- Peso (atributo numérico: real),
- Sexo (atributo categórico: masculino, feminino),
- Cor da pele (atributo categórico: branca, marrom, amarela, preta),
- Doente (atributo booleano: Sim, Não).

Deve também incluir um método para calcular a similaridade (ou a distância) entre os objetos:

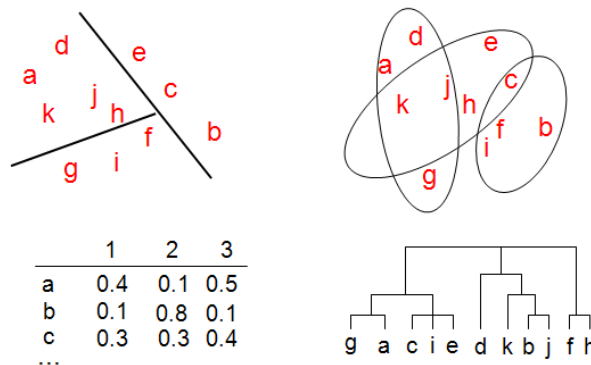


Figura 4 - Cálculo da similaridade

Quando tratamos das técnicas de aglomeração, em geral não há um conhecimento prévio de quais são as características importantes, assim não se pode dizer, a priori, quais delas devem ser usadas para definir os grupos (aglomerados), então o número de aglomerados é algo desconhecido.

Isso nos remete a uma característica interessante desse tipo de segmentação: o objetivo pode ser bastante vago, como, por exemplo, encontrar alguns aglomerados interessantes e importantes nos dados de interesse da aplicação que usa o *clustering* (SOUTO, 2006)

4.1.4. APLICAÇÕES

As aplicações baseadas em segmentação por similaridade, como o próprio nome propõe, visam se aproveitar de similares nas imagens que distingam os objetos contidos nestas. Os elementos componentes das imagens médicas constituem um exemplo onde cada um dos principais elementos, como órgãos, tecidos, anomalias, plano de fundo, possuem forma e textura características, viabilizando assim sua segmentação através das similaridades entre suas partes

no que diz respeito a essas duas características. Imagens de satélite de áreas urbanas também possuem essas duas características bem definidas.

Na análise da estruturação do espaço intra-urbano das cidades brasileiras é comum encontrar um grande número de terrenos edificáveis que permanecem vagos, constituindo os chamados “vazios urbanos” (PADILHA e KURKDJIAN, 1996). As técnicas de segmentação por similaridade podem identificar e separar esses “vazios urbanos”, assim como podem identificar assentamentos ilegais, ou qualquer outra coisa que se necessite.

Há também aplicações médicas bem definidas. Estima-se, no Brasil, que o câncer do colo uterino seja o terceiro mais comum na população feminina. Este tipo de câncer representa 10% de todos os tumores malignos em mulheres. A técnica de crescimento de regiões permite destacar lesões identificadas em uma imagem colposcópica (resultante de observação médica da vagina), possibilitando a visualização prática da área e extensão da lesão (HENRIQUE, RIBEIRO e VALERI, 2002).

Considerando essas bases, as similaridades têm uma aplicação muito abrangente quanto à segmentação, já que a modelagem de objetos do mundo real pode ser feita visando várias características distintas, bastando escolher acertadamente tais características de acordo com a aplicação desejada e a natureza das imagens usadas para se obter sucesso na segmentação.

4.2. TÉCNICAS BASEADAS EM DESCONTINUIDADES

Nas técnicas de segmentação por descontinuidade, segmenta-se a imagem com base nas alterações bruscas de intensidade (detecção de pontos isolados, detecção de linhas e detecção de bordas numa imagem) e a forma mais comum de se verificar essas descontinuidades é deslizando uma máscara através de toda a imagem (SOBRAL, 2003). As máscaras são matrizes NxN, onde o N deve ser ímpar e maior que um, sendo que em seu centro deve possuir valor positivo e negativos em sua periferia. A resposta desta máscara é dada por:

$$R = \omega_1 z_1 + \omega_2 z_2 + \dots + \omega_{NxN} z_{NxN}$$

$$R = \sum_{i=1}^{NxN} \omega_i z_i$$

Onde: R representa a resposta em determinado ponto da imagem,

Z_i é a intensidade de um pixel da imagem associado com o coeficiente w_i da máscara.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Figura 5 - Exemplo da máscara 3x3

4.2.1. DETECÇÃO DE PONTOS

Para se fazer a detecção de pontos deve-se escolher um limiar (valor de referência). Em áreas de intensidade totalmente ou quase constantes em uma imagem, a detecção é simples a princípio. Utilizando-se uma máscara como mostrada na **figura 6**, pode-se saber se um ponto isolado foi

detectado na área de localização que a máscara está centrada quando o resultado de saída da máscara for maior que o limiar pré-estabelecido. (GONZALEZ e WOODS, 2004).

4.2.2. DETECÇÃO DE LINHAS

O próximo nível de complexidade trata da detecção de linhas. Da mesma forma que um ponto isolado, também pode ser segmentada uma linha, desde que a máscara de peso usada seja adequada para realçar as partes de uma reta (SOBRAL, 2003).

-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1
-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2
Horizontal			+45°			Vertical			-45°		

Figura 6 - Exemplo da máscara de peso

4.2.3. DETECÇÃO DE BORDAS

Variações de intensidade complexas que ocorrem em uma região são geralmente chamadas de textura. Bordas são definidas como picos da magnitude do gradiente, ou seja, são variações abruptas que ocorrem ao longo de curvas baseadas nos valores do gradiente da imagem. As bordas são regiões da imagem onde ocorre uma mudança de intensidade em certo intervalo do espaço, em certa direção.

Desde que uma borda é definida por uma mudança no nível de cinza, quando ocorre uma descontinuidade na intensidade, ou quando o gradiente da imagem tem uma variação abrupta, um operador que é sensível a estas mudanças operará como um detector de bordas.

Um operador de derivada faz exatamente esta função. Uma interpretação de uma derivada seria a taxa de mudança de uma função, e a taxa de mudança dos níveis de cinza em uma imagem é maior perto das bordas e menor em áreas constantes. Se pegarmos os valores da intensidade da imagem e acharmos os pontos onde a derivada é um ponto de máximo, nós teremos marcado suas bordas (SOBRAL, 2003).

4.2.3.1. GRADIENTE

O gradiente de uma imagem $f(x, y)$ na localização (x, y) é o vetor

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Sabe-se da análise vetorial que o vetor gradiente aponta na direção da máxima taxa de variação de f em (x, y) . Na detecção de borda uma quantidade importante é o módulo desse vetor, geralmente referido simplesmente como gradiente e denotado como ∇f , onde:

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2}$$

Essa quantidade é igual à máxima taxa de crescimento de $f(x, y)$ por unidade de distância na direção de ∇f . Uma prática comum é aproximar o gradiente do valor absoluto:

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

o qual é muito mais simples de se implementar.

Para uma imagem digital $f(x, y)$, o módulo do gradiente pode ser aproximado por operadores 3x3 ou máscaras de convolução.

Operador	Vertical ($ G_y $)	Horizontal ($ G_x $)
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Sobel	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

Figura 7 - Exemplos de máscaras de convolução

4.2.3.2. LAPLACIANO

O laplaciano de uma função 2-D $f(x, y)$ é uma derivada de segunda ordem definida como:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

Como no caso do gradiente pode ser aproximado por máscaras 3x3 como mostrado na figura 5.

0	-1	0
-1	-4	-1
0	-1	0

Figura 8 - Máscara 3x3

Embora o laplaciano seja insensível à rotação, e, portanto capaz de realçar ou detectar bordas em qualquer direção, seu uso é restrito devido a sua grande suscetibilidade a ruído.

4.2.4 APLICAÇÕES

A segmentação de imagens necessita de procedimentos eficazes para a extração de feições, os quais são de grande interesse na automação de processos, podendo ser utilizados em diversas áreas, como Reconhecimento Automático, Visão de Máquina, Controle de Qualidade, etc. A Segmentação é uma etapa fundamental no processo de extração de feições, pois dela depende o eventual sucesso ou fracasso do mesmo.

Para a área de Cartografia a extração de feições pode ser usada no processo de identificação ou na atualização de produtos cartográficos (MEDEIROS, SILVA e NOGUEIRA, 2002).

5. CONCLUSÃO

As técnicas de segmentação de imagens baseadas em discontinuidades e similaridades, embora tenham sido tratadas neste trabalho no âmbito geral, podem ser aplicadas de forma específica, dependendo do tipo de informação que se quer extrair de uma determinada imagem. O sucesso ou fracasso das aplicações que usem

segmentação dependem da boa escolha de quem a desenvolve, cabendo a este indivíduo escolher a melhor, ou melhores técnicas para sua aplicação. Pode-se, ainda, afirmar que não um método absoluto, ou universal para se segmentar imagens, pois cada técnica tem suas vantagens e desvantagens quando comparada com as outras, e dependendo da natureza da imagem e do resultado ao qual se pretende chegar, uma técnica pode ser mais eficiente que outra, sendo este campo (a segmentação) ainda muito amplo para a pesquisa e com muitas possibilidades.

6. REFERÊNCIAS

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E., **Digital Image Processing**, 2. ed., Addison-Wesley, Reading, 2004.

HENRIQUE, G. N.; RIBEIRO, G. C.; VALERI, F. V. **Processamento e Segmentação de Imagens Colposcópicas Digitais**. São Paulo. Disponível em: <<<http://www.sbis.org.br/cbis9/arquivos/764.pdf>>>. Acessado em 08 ago 2008.

MARQUES, O.F.; VIEIRA, H. N. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

PADILHA, R. C. B. L. A.; KURKDJIAN, M. L. N. O. **Aplicação da Técnica de Segmentação em Imagens HRV/SPOT para a Discriminação dos Vazios Urbanos**. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 241-246. Disponível em: << <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.28.10.29/doc/T80.pdf>>>. Acessado em 08 ago 2008.

SOBRAL, J. L. **Segmentação de Imagens**. Disponível em: <<<http://gec.di.uminho.pt/micei/vpc0405/Aula05Segmentação.pdf>>>. Acessado em 08 ago 2008.

SOUTO, M. C. P. **Algoritmos de Agrupamento (Clustering): Métodos Hierárquicos e k-médias**. Rio Grande do Norte. Disponível em: <<<http://74.125.45.104/search?q=cache:2k8qRtGtDjJ:www.deetc.isel.ipl.pt/comunicacoesep/disciplinas/pdi/cap10.ppt+k-m%C3%A9dias%2Bsegmenta%C3%A7%C3%A3o%2Bclustering&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=5&gl=br&client=firefox-a>>>. Acessado em 08 ago 2008.

MEDEIROS, N.C.; SILVA, E.A.; NOGUEIRA, J.R. **Segmentação Morfológica de Imagens Utilizando o Gradiente morfológico Multi-escala**. São Paulo. Disponível em: <<http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_54_2002/54_08.pdf>>. Acessado em 08 ago 2008.