

DETERMINAÇÃO DE CONTORNOS DE REGIÕES URBANAS UTILIZANDO CRESCIMENTO DE REGIÕES E LÓGICA FUZZY.

Diego Mendonça Arantes, Antonio César Germano Martins, Roberto Wagner Lourenço. – Exatas – Engenharia Ambiental – Campus Experimental de Sorocaba.

Uma imagem digital é uma representação de uma cena por meio de um conjunto de elementos discretos e de tamanho finito, chamados de pixels, colocados em um arranjo bidimensional. A cada pixel é associado um valor, no caso de imagens em tons de cinza, ou um conjunto de três valores para se representar uma cor.

A área de processamento de imagens se refere à manipulação destes pixels visando à melhoria na apresentação da imagem, o realce ou eliminação de certas características e a extração de informações [GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E., 2000]. Em linhas gerais, as principais tarefas a serem realizadas são: a aquisição da imagem por algum dispositivo, o pré-processamento (que visa à minimização de ruídos e o realce de características importantes), a segmentação, a identificação e reconhecimento dos objetos ou regiões.

A separação dos pixels relativos a cada objeto ou região é uma etapa fundamental para o sucesso do processo de análise da imagem. Embora o ser humano possa facilmente identificar regiões com as mesmas características ou objetos presentes em uma imagem, para se realizar a mesma tarefa com um computador deve-se implementar algoritmos que analisem as características de cada pixel ou da distribuição da população de pixels. O processo de agrupamento dos pixels pertencentes a um mesmo objeto ou região é chamado de segmentação.

Existem vários métodos de segmentação, dentre eles, há aqueles que utilizam funções binárias para produzir a representação das regiões extraídas da imagem. Neste trabalho foi utilizado o crescimento de regiões por pilha que tem esta característica. Contudo, foi utilizado a lógica fuzzy para promover o refinamento do resultado obtido pelo processo anterior. Esta abordagem é capaz de representar de maneira correta as incertezas produzidas num processo de detecção de regiões em imagens adversas por mais de uma função $f:I \rightarrow [0,1]$, onde I é o conjunto dos pixels a serem analisados por f que representa a probabilidade de um pixel pertencer a uma região de interesse [GULIATO, D. et al, 1999].

De acordo com a Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [DGI, 2006] a banda 3 do satélite LANDSAT TM 5 apresenta as seguintes características principais quanto ao seu uso e aplicações: a vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação (exemplo: solo exposto, estradas e áreas urbanas), apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (exemplo: campo, cerrado e floresta) permitindo a análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal e o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal, desta maneira é **a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos**, permitindo também a identificação de áreas agrícolas.

O algoritmo proposto foi utilizado para encontrar as bordas da região urbana da cidade de Sorocaba através das imagens da banda 3 do satélite LANDSAT TM 5 que tem resolução espacial de 30 metros e resolução espectral entre 0,63 e 0,69 μm .

O algoritmo de crescimento de regiões é um processo que a partir da escolha de um “pixel semente” contido em uma região de interesse e através da comparação deste com seus primeiros quatro vizinhos (Figura 1), estes serão agregados ou não à região, de acordo com a avaliação de similaridade. Em uma primeira etapa o processo será implementado

utilizando a lógica booleana, ou seja, o resultado da avaliação das características de dois pixels resultará em 1 se houver similaridade, ou 0 caso não haja.

$a_{i-1,j-1}$	$a_{i-1,j}$	$a_{i,j-1}$
$a_{i,j-1}$	$a_{i,j}$	$a_{i,j+1}$
$a_{i+1,j-1}$	$a_{i+1,j}$	$a_{i+1,j+1}$

Figura 1 - Dado o pixel semente $a_{i,j}$, os pixels $a_{i,j-1}$, $a_{i-1,j}$, $a_{i,j+1}$, $a_{i+1,j}$ são chamados primeiros quatro vizinhos.

Este tipo de algoritmo realiza a comparação entre o pixel semente e os seus vizinhos obedecendo ao critério de agregação, agregá-os, ou não, à região, prossegue para um próximo pixel e repete o processo descrito. Foi implementada uma sistemática para a comparação do pixel semente com seus vizinhos e a escolha do próximo “pixel semente”. Observou-se que em cada etapa, quatro é o número de pixels que podem ser escolhidos como o próximo “pixel semente”. Contudo, ao se escolher um, mantém-se o restante em espera e retornar a eles em algum momento posterior.

Há duas maneiras de se implementar o algoritmo de crescimento de regiões: utilizando funções recursivas ou por pilhas.

O algoritmo desenvolvido é baseado no crescimento de regiões por pilha. Nesta abordagem, cria-se uma pilha e coloca-se o “pixel semente” como o seu primeiro elemento. A cada passo, avalia-se, em determinada ordem e de acordo com um critério de agregação, se os primeiros quatro vizinhos do elemento no topo da pilha fazem parte da região de interesse. Caso o critério seja satisfeito, o pixel é colocado na pilha. Os pixels são retirados do topo da pilha quando todos os seus vizinhos tiverem sido avaliados e já tenham sido retirados da pilha ou classificados como não pertencentes à região de interesse. A cada avaliação cria-se um rótulo identificando os pixels como já analisados para se evitar que o algoritmo entre em um laço infinito de operações em que um pixel testa outro e vice-versa. O processo é terminado quando a pilha estiver vazia.

Dada a borda da região segmentada utilizando-se a lógica booleana para se definir duas regiões a partir da imagem original: uma formada pelos pixels que estão sobre o contorno mais os vizinhos localizados em uma região de n por n pixels centrada em cada pixel do contorno (contorno expandido) e outra formada pelos pixels da imagem original que estão na região segmentada e não estão no contorno expandido, chamada de ROI, que será a “região semente” original em torno da qual serão acrescidos novos pixels. Em seguida, será calculada a média (μ) e o desvio padrão (σ) de todos os pixels da ROI.

Primeiramente, dado um pixel p da imagem original pertencente ao contorno expandido, se $|\mu - p| < \sigma$, atribui-se o valor 1 para a função de pertinência deste pixel, agregando-o a ROI e atualizando-se μ e σ . Caso contrário atribui-se a este pixel o valor dado pela seguinte função de pertinência [GULIATO, 1998]:

$$f(p) = \frac{1}{1 + \beta \cdot |p - \mu|} \quad (1)$$

deixando-se para um passo posterior a decisão se este pixel será agregado ou não a ROI.

Após todos os pixels do contorno expandido terem sido avaliados, cria-se uma ordem de preferência de reavaliação dos pixels de acordo com o valor da função de pertinência $f(p)$, sendo os de maior valor visitados primeiro.

A partir de $f(p)$ para cada um destes pixels que serão reavaliados, dado um pixel de valor p , se a diferença entre $f(p)$ e o valor da média desta função para seus 24 vizinhos for menor que o desvio padrão da função de pertinência da ROI, e se a diferença entre $f(p)$ e a média da função para todos os pixels da ROI for menor que o mesmo desvio anteriormente mencionado, este pixel p é então agregado na ROI, caso contrário é descartado. Este processo é repetido para todos os pixels do contorno expandido que devem ser reavaliados.

A Figura 2(a) apresenta a imagem da banda 3 do satélite LANDSAT TM 5 da cidade de Sorocaba usada para se testar o algoritmo. A Figura 2(b) apresenta o resultado obtido pelo processo de crescimento clássico de regiões por pilha.

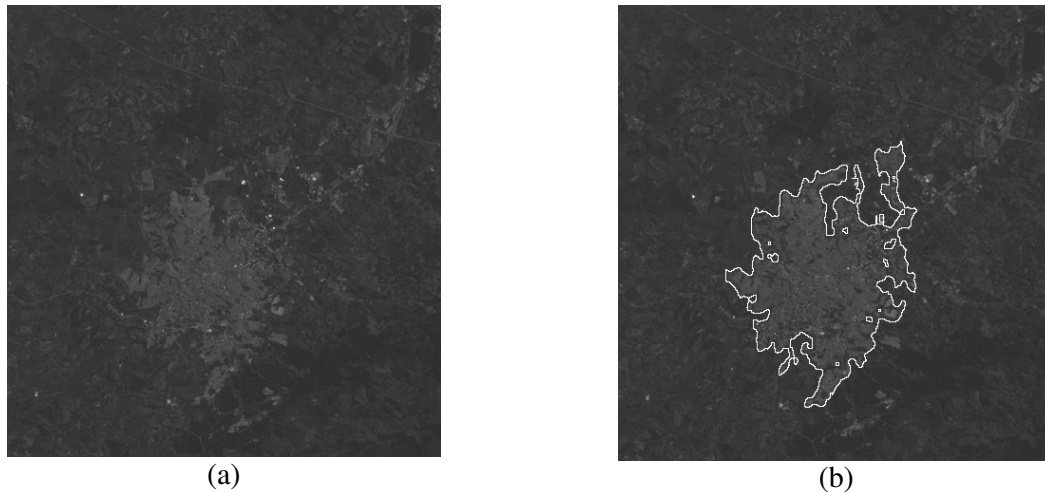


Figura 2 – (a) Imagem original. (b) Borda obtida pelo crescimento clássico de regiões com limiar de 8.

A Figura 3(a) apresenta a região que será avaliada pela lógica fuzzy, e a Figura 3(b) o resultado final do algoritmo proposto.

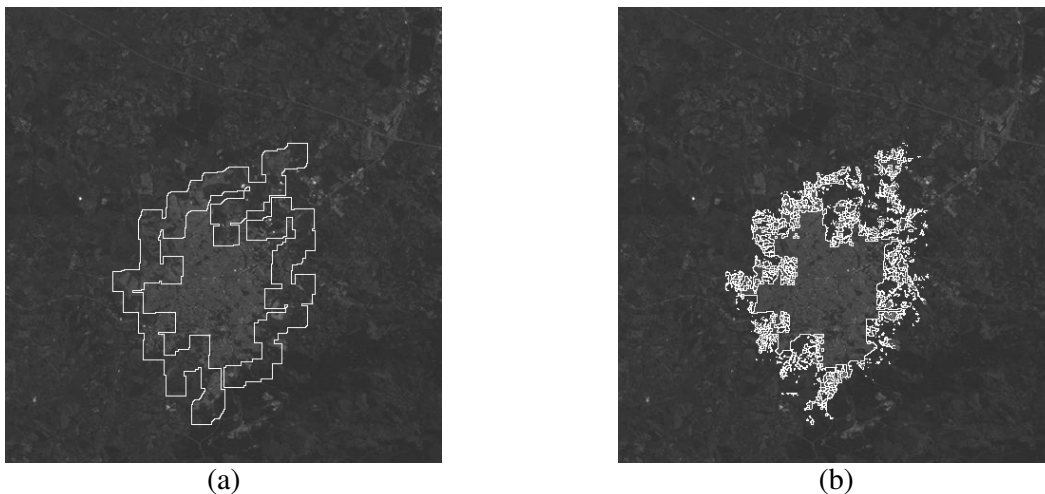


Figura 3 – (a) Região a ser avaliada pela lógica fuzzy. (b) Resultado do algoritmo proposto.

O algoritmo proposto forneceu um melhor delineamento do contorno quando comparado com aquele obtido apenas com o crescimento de regiões clássico booleano,

contudo pode-se notar que existem ainda pixels que são classificados erroneamente, evidenciando a necessidade de se realizar um estudo dos parâmetros que podem melhorar o desempenho do algoritmo.

Referências Bibliográficas

GULIATO, D.; RANGAYYAN, R.M.; CARNIELLI, W.A. e ZUFFO, J.A. **Fuzzy fusion of results of medical image segmentation. SPIE Conference on Medical Imaging - Image Processing**, San Diego, CA, 20-26, vol. 3661, fevereiro de 1999.

GONZALEZ, R.C. e WOODS, R.E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2000.

GULIATO, D. Combinação de Algoritmos de Segmentação por Operadores de Agregação. Tese de doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo, São Paulo, em agosto de 1998.

DGI. Cachoeira Paulista, Divisão de Geração de Imagens. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm>>. Acesso em: 22 set. 2006.