

UM SISTEMA DE SEGMENTAÇÃO BASEADO EM CONHECIMENTO PARA IMAGENS DE SATÉLITE *

Leila Maria Garcia Fonseca
Leonardo Sant'Anna Bins
Flávio Roberto Dias Velasco
Antônio Miguel Vieira Monteiro

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Secretaria Especial da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515
12201 São José dos Campos, S.P.

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto de um sistema baseado em conhecimento para segmentação de imagens de satélites, que está sendo desenvolvido no INPE. O sistema é composto de duas fases, sendo que na primeira as regiões de interesse são extraídas juntamente com os seus atributos. A segunda fase procura refinar o primeiro resultado da segmentação usando o conjunto de atributos das regiões e um conjunto de regras de decisão. O sistema foi testado em imagens de áreas agrícolas do sensor Spot. Os resultados foram julgados superiores aos obtidos com segmentadores baseados em crescimento de regiões.

ABSTRACT

This article presents the design of a knowledge based system for satellite image segmentation under development at the Instituto de Pesquisas Espaciais. In this systems, the segmentation comprehends two phases. In the first one, regions of interest are extracted together with their properties. The second phase aims to refine the first segmentation result by using the feature set of the regions and a set of decision rules. The system was tested in images of agricultural areas obtained using the Spot sensor. The results were considered to be superior than those obtained using region growing segmenters.

* Este trabalho recebeu apoio da SID Informática - Projeto Estra.

1. INTRODUÇÃO

Na análise de imagens de satélite, a extração de informações inclui, quase sempre, a localização de objetos de interesse e a identificação destes objetos. Na saída do processo de localização temos um "objeto pictórico", ou seja, descrito em termos de suas características geométricas e espectrais. A identificação permite associar ao objeto pictórico um significado dentro da aplicação pretendida. Para a identificação, também chamada rotulação, podem-se usar os atributos extraídos do objeto pictórico.

Numa imagem podemos distinguir dois tipos principais de objetos que usualmente têm significado nas aplicações: as linhas e as regiões. As linhas, por exemplo, podem corresponder a estradas ou a rios; enquanto regiões (conjunto de pontos contíguos, que se espalham bi-dimensionalmente) podem corresponder a plantações, aglomerados urbanos, lagos, etc.

A análise de imagens digital tem sido realizada pelo método convencional de classificação estatística (ponto a ponto): o objeto pictórico é o pixel, ou seja, a identificação do objeto é feita levando-se em conta características do ponto. A consequência principal deste paradigma é que se está limitado a atributos exclusivamente espectrais e de natureza bastante limitada: o "nível de cinza" do pixel nas diversas bandas espectrais.

Para superar as limitações destes métodos tradicionais vários sistemas de informação baseado em conhecimento têm sido propostos para o mapeamento e classificação de imagens de satélites (Goldberg et al. 1987, Wharton, 1987, Mason et al. 1987). Nestes sistemas, a fase de análise é precedida por uma fase de segmentação, onde os objetos relevantes para a aplicação são extraídos. A eficiência da análise nestes sistemas é dependente do resultado da segmentação.

Dada a importância do processo de segmentação na análise de imagens, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto de um sistema de segmentação de imagens por regiões baseado em conhecimento que está sendo desenvolvido no INPE. A estrutura geral do sistema é mostrado na Figura 1.

A primeira fase deste sistema consiste em obter imagens segmentadas por regiões usando apenas informações espectrais da imagem, e extrair os atributos das regiões (segmentador "ingênuo"). Na segunda fase, estes atributos, junto com um conjunto de regras, são usados para refinar a primeira segmentação (segmentador informado).

Para os resultados experimentais foram utilizadas imagens (256x256 "pixels") de áreas agrícolas de Brasília, do sensor Spot, bandas multiespectrais 1, 2, e 3.

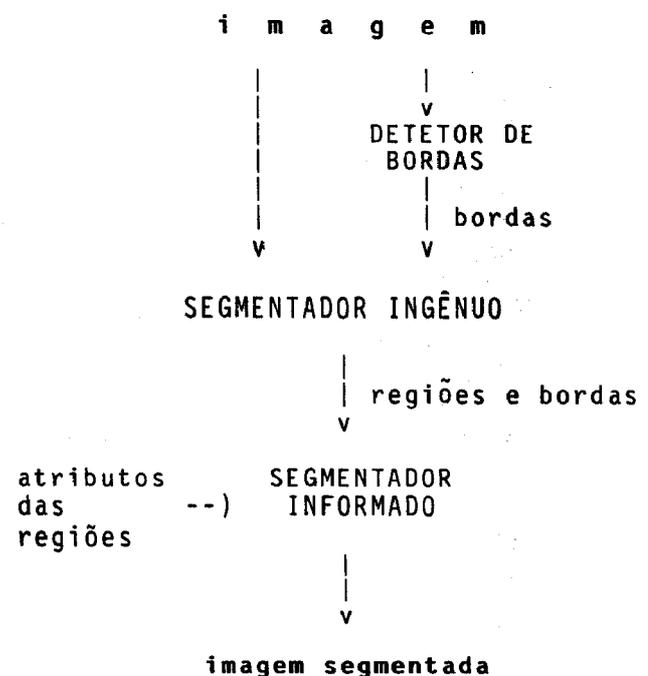


Fig. 1 - Estrutura do segmentador baseado em conhecimento.

2. SEGMENTADOR INGÊNUO

A primeira fase do sistema de segmentação é denominada segmentador ingênuo porque nesta fase somente serão utilizadas informações espectrais da imagem na segmentação, que será aperfeiçoada pelo segmentador informado. O primeiro passo é encontrar todas as bordas relevantes contidas na imagem. Para este fim, foi usado uma versão simplificada do algoritmo de Canny (Canny, 1983). Foi utilizado, também, um algoritmo de perseguição de bordas afim de se obter regiões fechadas para serem usadas pelo segmentador ingênuo. A extração de bordas é feita separadamente para cada banda, e no final do processo é realizada uma compressão, na qual uma única imagem de borda é obtida como resultado final.

Nesta fase, o nível de segmentação (fina, média ou grossa) fica estabelecido pela escolha do limiar, dependendo da aplicação de interesse.

A saída do extrator de bordas junto com a imagem original é usada para derivar uma segmentação inicial da cena pelo segmentador ingênuo. Este segmentador é, basicamente, um procedimento de crescimento de regiões, onde as bordas definem os contornos das regiões. A medida que cada região é adquirida, ela é rotulada e seus atributos são extraídos. Alguns destes atributos são: média, variância, área, perímetro, a compacticidade (que pode ser medida como a razão entre a área e o quadrado do perímetro), a excentricidade (razão entre os eixos maior e menor do objeto), linearidade média da bordas, textura (derivado a partir dos níveis de cinza e do arranjo espacial dos pontos).

No final da segmentação tem-se uma descrição primária da imagem, que é uma representação com características vetoriais: uma lista de regiões com seus respectivos atributos, uma lista de arcos (fronteira entre duas regiões) com seus atributos (força e orientação média das bordas) e uma lista de nós (ponto de encontro entre três ou mais regiões). Desta forma, tem-se todas as informações suficientes para uma posterior análise da imagem, numa forma compacta, sem necessidade de se ter a cena original armazenada, que é uma quantidade de dados muito grande.

3. SEGMENTADOR INFORMADO

O segmentador informado trabalhará sobre uma descrição primária da imagem, e não mais sobre a imagem original.

A segmentação obtida pelo segmentador "ingênuo" é processada pelo segmentador informado, que usará os atributos extraídos no processo anterior, juntamente com um conjunto de regras. Será sua tarefa acessar, manipular, modificar e reorganizar a topologia desta representação vetorial. O segmentador informado executará duas operações básicas: agrupamento de duas regiões simples ou combinação de duas (não necessariamente simples). As regras para agrupamento e combinação são diferentes. Uma região simples é aquela obtida pelo segmentador ingênuo ou uma obtida pela operação de agrupamento. As regiões agrupadas tornam-se indisponíveis depois do

agrupamento para outra operação de agrupamento. A combinação de duas regiões produz uma que não é simples. À cada operação os atributos das novas regiões são atualizados.

De um modo geral, o conhecimento estará baseado nas propriedades dos objetos região e arco, nos nós e em conceitos de percepção visual: similaridade, proximidade e continuidade. Um exemplo seria:

Se
REGIÃO 1 tem variância similar a variância de sua REGIÃO vizinha;
REGIÃO 1 tem média similar a média de sua REGIÃO vizinha;
Força da BORDA entre a REGIÃO 1 e a REGIÃO vizinha é "fraca";
--)
Elimine a BORDA;
Agrupe REGIÕES envolvidas;

4. RESULTADOS

Uma imagem do Spot foi segmentada utilizando o segmentador ingênuo descrito acima e um algoritmo de segmentação por crescimento de regiões (Haralick et al., 1986), para efeito de comparação. As Figuras 2-5 mostram respectivamente, a imagem original banda 3 do Spot, a imagem de borda obtida através da compressão das imagens de bordas das bandas 2 e 3, imagem segmentada pelo segmentador por crescimento de regiões e a imagem segmentada pelo segmentador ingênuo. Pode-se observar, que neste caso particular, a segmentação "ingênuo" é relativamente superior a segmentação por crescimento de regiões. Aquela apresenta contornos bem definidos, que casam com as bordas dos objetos na imagem original.

Neste experimento foi adicionada uma fase de pre-processamento para eliminação de regiões pequenas e fusão de regiões contíguas semelhantes (diferença entre médias espectrais menor que um certo limiar). Este é um exemplo simples do que poderia ser feito na fase da segmentação informada, só que de uma forma bem mais elaborada, com resultados adequados a cada aplicação de interesse.

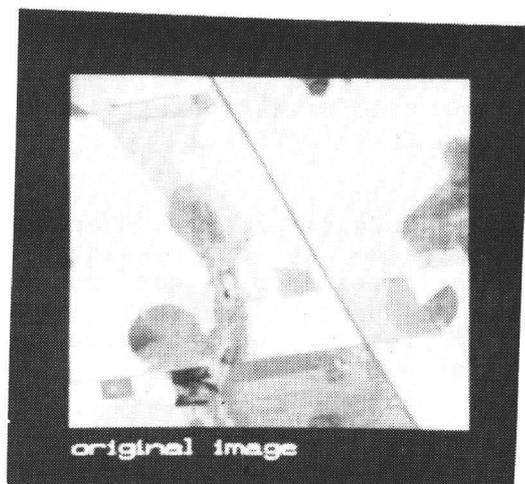


Fig. 2 - Imagem original Spot-3.

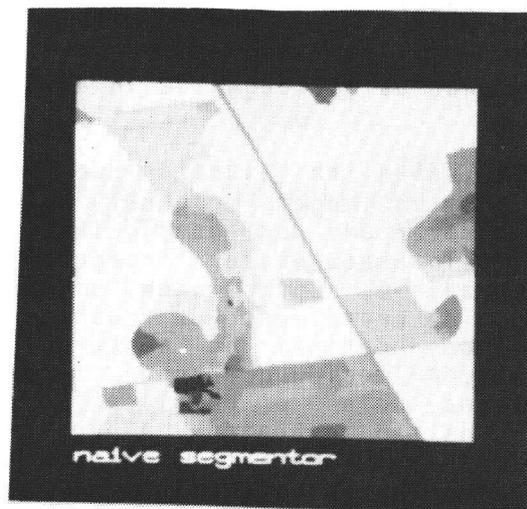


Fig. 5 - Imagem segmentada pelo segmentador ingênuo.

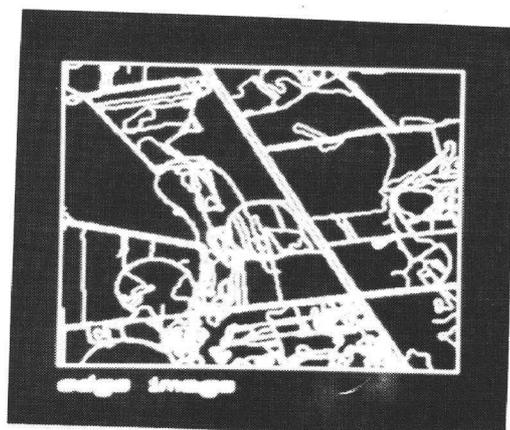


Fig. 3 - Imagem de borda.

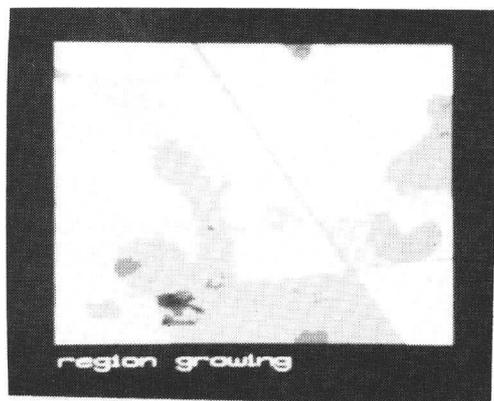


Fig. 4 - Imagem segmentada pelo segmentador baseado em crescimento de regiões.

5. REFERÊNCIAS

CANNY, J. F. "Finding edges and lines in images", technical report AI-TR-720, Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, June 1983.

GOLDBERG, M.; GOODENOUGH, D. G.; ALVO, M. AND KARAM, G. "A hierarchical expert system for updating forestry maps with Landsat data", Proceedings of the IEEE, 73(6):1054-1063, June 1985.

HARALICK, R.M.; SHAPIRO, L.G. "Image Segmentation Techniques", Image and vision computing, 4(2):67-83, May 1986.

MASON, D. C.; CORR, D. G.; CROSS, A.; HOGG, D. C.; LAWRENCE, D. H.; PETROU, M. AND TAILOR, A. M. "The use of digital map data in the segmentation and classification of remotely-sensed images", International Journal of Geographical Information Systems, 2(3):195-215, 1988.

WHARTON, S. W. "A spectral-knowledge-based approach for urban land-cover discrimination", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 25(3):272-282, 1987.