Extração de objetos por segmentação de imagem matiz e análise de forma baseada no ângulo tangente

Carlos Frederico de Sá Volotão[1], Luciano Vieira Dutra[2], Rafael Duarte Coelho dos Santos[3]

[1]Programa de Doutorado em Computação Aplicada – CAP
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

[2]Departamento de Processamento de Imagens – DPI
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

[3]Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada – LAC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

{volotao, dutra}@dpi.inpe.br, rafael.santos@lac.inpe.br

Abstract. *Image segmentation is a necessary and basic stage for other image operations and it is important to get a segmentation where objects of interest on the ground are expected to be represented correctly by segments on image that correspond to objects in the real world. Lighting and shadow issues can degrade the actual image contour and the use of the hue band is a known solution to reduce this kind of problem. This work presents a study of the use of shape information using multispectral segmentation based on an academic prototype implemented in IDL. The extraction of features is possible through tuning the parameters of the region growing segmentation algorithm based on the hue channel. Most of the process is carried out by automatic operations, and the user can interact by means of adjustable parameters along the way. This paper presents aspects of shape analysis by turning functions and explains how this analysis can modify the segments using simple functions to achieve pattern substitution. This proposal is an alternative to the classical procedures on image segmentation.*

Resumo. *A segmentação de imagens é uma fase intermediária e básica para outras operações, e é importante obter uma segmentação onde os objetos de interesse no terreno sejam representados corretamente por segmentos que correspondam a objetos no mundo real. Questões de iluminação e sombra podem eliminar da imagem o contorno real e uma alternativa é usar a banda matiz. Este trabalho apresenta um estudo do uso conjunto de informações de forma e da segmentação de imagens multiespectrais, com base em um protótipo implementado em IDL. A extração de feições é possível por meio de parâmetros do segmentador por crescimento de região no canal de matiz. A maior parte dos processos é realizada por operações automáticas, podendo o usuário interagir por meio de parâmetros ajustáveis ao longo do processo. Este trabalho apresenta aspectos da análise de forma por turning functions e como essa análise pode modificar os segmentos por meio de funções simples de substituição de padrões. A proposta é uma alternativa aos procedimentos clássicos de segmentação.*

Palavras-chave: *segmentação de imagens, turning function, análise de imagens baseada em objeto (OBIA)*

1. Introdução

A segmentação de imagens de sensoriamento remoto busca o delineamento de contornos dos objetos de interesse contidos numa cena. É um procedimento que identifica regiões em imagens. Existem muitas aplicações para imagens segmentadas nas diversas áreas onde se estuda e manipula imagens e se buscam novas técnicas. Segundo [Forsyth and Ponce 2012] é muito comum extrair objetos de imagens para transferi-las para outras, inclusive de cenas de videos, onde se deseja adicionar ou retirar um objeto ou modificar sua posição na cena. A identificação de alvos requer um prévio reconhecimento de padrões de formas de objetos.

Considerando aplicações avançadas estudadas em Visão Computacional, a identificação de uma determinada pessoa em uma cena pela fisionomia facial requer uma prévia identificação de todos os objetos "face" presentes na cena para, posteriormente, ser possível especificar com precisão qual delas corresponde ao alvo buscado. A segmentação é um processo prévio que torna possível a identificação das tais "faces" genéricas. Em sensoriamento remoto a segmentação permite uma identificação de feições do terreno e dos objetos modificados ou construídos pelo homem.

Após a obtenção dos segmentos é possível realizar diversas operações de processamento e análise da imagem, de acordo com a finalidade, inclusive para a compreensão da cena [Blaschke and Strobl 2001, Blaschke and Hay 2001]. Considerando o emprego da segmentação como atividade que é intermediária e básica para outras operações, é importante obter como insumo uma segmentação onde os objetos de interesse no terreno sejam representados corretamente por segmentos ou por conjuntos de segmentos [Pratt 2007].

O resultado da segmentação não deve apresentar segmentos cuja área se sobreponha a um contorno de um objeto, pois, nesse caso, não seria possível identificar com precisão o objeto apenas dispondo da operação básica de união de segmentos. Uma supersegmentação é uma operação que divide uma imagem em segmentos correspondentes a diversas partes dos objetos. Nesse caso, a união de segmentos permite que que uma prévia supersegmentação resulte onde os segmentos são os "objetos" considerados na segmentação [Volotão et al. 2010b].

Assim, o esperado é que cada segmento ou a união de um conjunto de segmentos adjacentes deve permitir representar corretamente o contorno dos objetos ou alvos identificáveis no mundo real. Este trabalho apresenta uma abordagem baseada em objetos para a segmentação de imagens de sensoriamento remoto, conforme [Volotao et al. 2012].

2. Definição de segmentação baseada em objeto

Objeto é, portanto um conceito simples e relacionado ao mundo real. Seu uso tem sido muito importante para permitir utilizar conceitos mais amplos que aqueles disponíveis nos métodos clássicos de processamento de imagem. A identificação do contorno de um objeto em uma cena é importante para as aplicações de visualização e análise espacial. A segmentação convencional é uma operação de baixo nível cognitivo, onde a imagem é transformada em imagem segmentada [Fu and Mui 1981, Haralick and Shapiro 1985, Pal and Pal 1993].

A segmentação baseada em objeto não se limita à detecção das bordas ou ao agrupamento das áreas com valores homogêneos, mas busca o significado real dos objetos.

Muitos alvos urbanos podem ser identificados exclusivamente com base em sua forma: fazendas, portos, aeroportos, cemitérios, praças, telhados, piscinas, ruas e arruamentos, edificações, jardins e loteamentos, todos exemplos de objetos com contornos regulares. Uma segmentação baseada em objetos deve verificar o que está ocorrendo durante o processamento. Essa verificação conjunta da forma com valores espectrais permite aumentar a capacidade de análise dos objetos.

Sombra, tipo de iluminação, oclusão devido a outro objeto ou nuvem e contornos com formatos desconhecidos são fontes de erro em potencial. A abordagem com base em objeto permite modelar a forma. Uma modelagem permite estabelecer as regras e corrigir as inconsistências, onde os objetos podem ser agrupados por tipos ou atributos de forma. O contorno caracteriza vários objetos de interesse pela forma, dependendo apenas dos parâmetros do segmentador, que devem atingir um nível mínimo de proximidade com a forma final e permitir um refinamento, quando a silhueta for suficiente para o reconhecimento de objetos da imagem.

Portanto, este trabalho apresenta um modo prático que permite adicionar ao procedimento de segmentação algumas informações sobre as formas [Jähne 2005] dos contornos esperados e, assim, melhor representar os segmentos dos objetos e de suas subdivisões.

3. Estudo de um blob por função de fase

(a) Imagem de uma figura em forma de raio.

(b) Segmentação da figura em forma de raio (blob).

Figura 1. Exemplo de blob

Inicialmente, considerando que uma segmentação foi executada e concluída, identificando-se uma imagem simples contendo um objeto representado pela Fig. (1(a)). Este exemplo sintético permite mostrar de forma clara os procedimentos implementados no programa desenvolvido em IDL, em prosseguimento ao segmentador desenvolvido no INPE por [Souto 2000].

A extração por crescimento de regiões permite obter um blob como o da Fig. (1(b)), que corresponde a uma identificação binária de um polígono do contorno da Fig. (1(a)), que é uma representação pictórica de um "raio".

A Fig. (1(b)) é um exemplo de contorno (blob) de um polígono fechado, não convexo, de 11 lados, uma figura cuja geometria é relativamente simples. O ângulo da imagem provoca alterações no efeito de serrilhado de píxeis do blob, portanto existem múltiplas representações relativas à posição de digitalização da imagem analógica e contínua, implicando em diferenças no seu imageamento e, consequentemente, no código da cadeia. O código da cadeia (*chain code*) é uma forma de representação de contorno por códigos de um dígito que correspondem ao deslocamento de um pixel até o seu vizinho. Essa

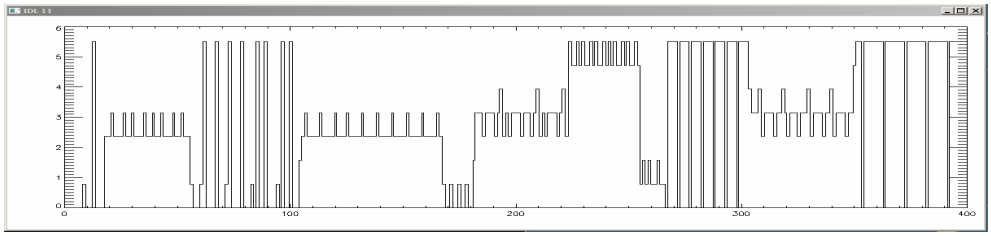

Figura 2. Chain code do blob da Fig. (1(b)) no espaço de turning function.

conectividade pode ser de 4 ou 8 posições, e conectam as posições dos centros dos píxeis. Os mesmos códigos referenciados às bordas dos píxeis chama-se código de borda (*crack code*)[Chanda and Majumder 2004].

A Fig. (1(a)) é uma flecha com a ponta triangular em forma de seta e o corpo em forma de "Z". Como a segmentação baseia-se nos píxeis da imagem, existe o efeito do serrilhado sempre que as linhas não são perfeitamente horizontais ou verticais. Esse efeito produz ruídos na extração por código da cadeia [Freeman 1974], onde as bordas inclinadas são representadas por ângulos adjacentes intercalados (c.f.: Fig. 2). O código da cadeia da Fig. (1(b)) consiste numa sequência de segmentos de dimensões 1 pixel e de ângulos múltiplos de $\pi/4$.

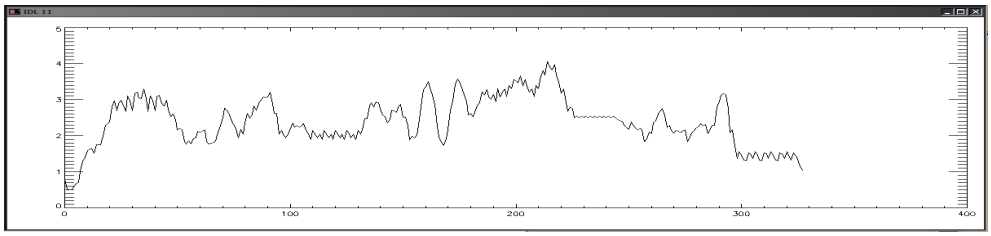

Figura 3. Função de desorganização do código da cadeia (apresentado na Fig. (2)), desenvolvido neste trabalho.

A representação de desorganização é similar à medida de entropia e foi desenvolvida para atender ao caso específico das *turning functions*, foi implementada como uma função que considera cada ponto e os ângulos de seus 8 vizinhos de forma ponderada, cuja função para este caso é apresentado na Fig. (3).

A função de desorganização tem como fundamento a soma dos módulos das projeções ortogonais dos desvios e utiliza parâmetros de suavização para um intervalo de convolução de até 11 lados. A função de desorganização em conjunto com as funções de simplificação por regra de ângulo ou simplificação por regra de lado, permite identificar onde ocorre máximos, indicando os pontos onde uma simplificação é mais necessária. Essa forma de simplificação pode ser comparada aos processos convencionais de simplificação de curvas e polígonos.

A Fig. (4) é uma modificação do contorno mostrado na Fig. (1(b)), realizada com o uso do aplicativo desenvolvido, onde a turning function mostra sua principal diferença em relação ao código da corrente Fig. (5). Utilizando parâmetros de modificação adequados é possível identificar nas *turning functions* o formato aproximado da figura, o que não é visualmente viável no caso da representação do código da cadeia devido às flutuações dos ângulos. A Fig. (6) do polígono anterior Fig. (4) modificado pela imposição de ângulos

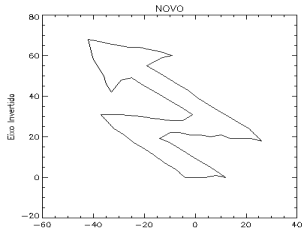

Figura 4. Polígono modificado do polígono do contorno do raio

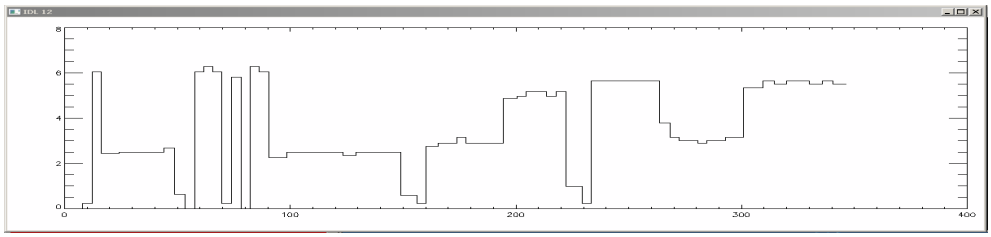

Figura 5. Turning function da Fig. (4)

múltiplos de $\pi/4$, i.e., representáveis nos ângulos de código da cadeia, porém podendo ter os lados diferentes de 1 ou $\sqrt{2}$ píxeis, conforme Fig. (7).

Como complemento ao procedimento anterior de modificação de ângulos e lados, a Fig.

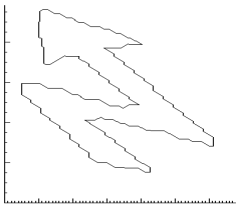

Figura 6. Modificação do polígono original do raio por ângulos de 45 graus.

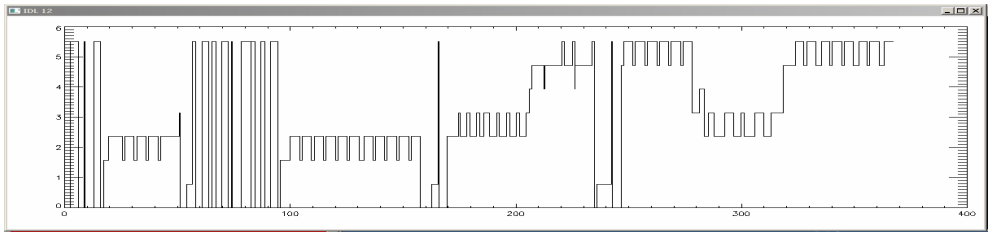

Figura 7. Turning function correspondente à Fig. (6).

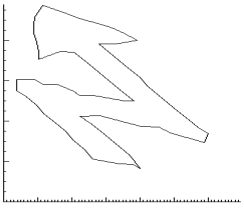

Figura 8. Modificação do polígono da Fig. (2) por lados de 3 píxeis mínimos

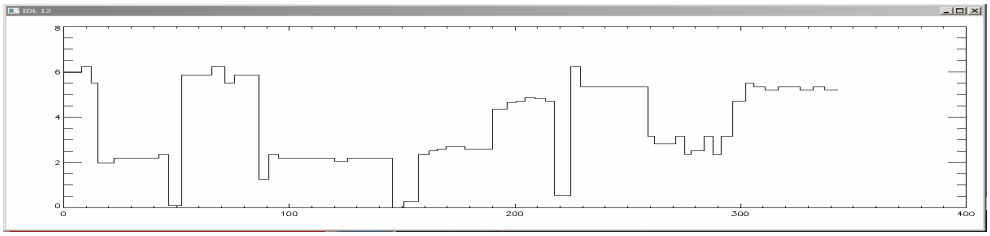

Figura 9. Turning function correspondente à Fig. (8)

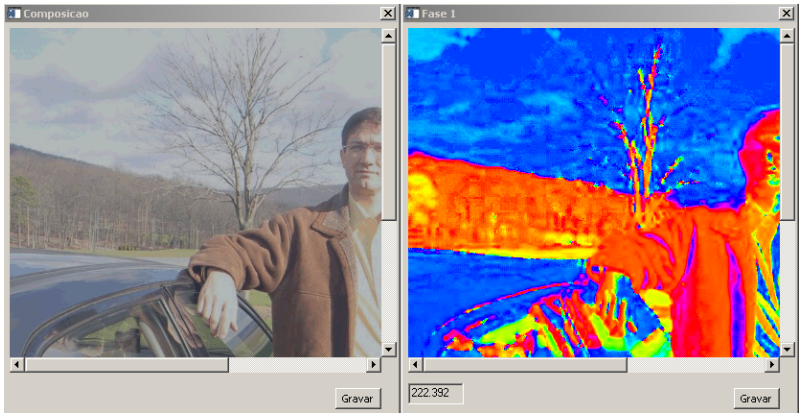

Figura 10. Uma imagem e a fase obtida

(8) e Fig. (9) representam, respectivamente, o polígono modificado e sua correspondente *turning function*, obtidos pela exigência de lados mínimos de 3 píxeis e ângulos livres correspondentes. Desse modo é possível desenvolver procedimentos complexos com base em funções que exploram ângulos e lados.

4. O processo de identificação de objetos em imagens de fase

Utilizando composições coloridas como base para a segmentação, em determinados casos ocorre a separação de áreas, resultando em segmentos indesejáveis, devido a variação na iluminação, a baixa iluminação ou a baixo contraste, de modo que surgem segmentos de sombra, podendo fazer até com que o contorno real deixe de existir.

Para evitar problemas relacionados principalmente a esses fatores, uma das alternativas é o uso da componente matiz de transformação perceptual da imagem RGB em IHS, como na Fig. (10). No modelo IHS o canal H representa a matiz, a fase (ângulo) que indica a tonalidade da cor em relação ao espectro de frequências. Este trabalho apresenta o resultado do estudo e implementação de um segmentador de imagens a partir da imagem matiz e, alternativamente, da extração semi-automática dos segmentos a partir de imagens multiespectrais.

O desenvolvimento utilizou um protótipo implementado na linguagem IDL, que permite a utilização de um conjunto de ferramentas baseadas em algoritmos de processamento digital de imagens e que permite a visualização de diversos resultados parciais. A extração específica de feições é possível por meio de parâmetros e da identificação de uma semente para o crescimento da região no canal de matiz. A maior parte dos processos é realizada por operações automáticas, podendo o usuário interagir por meio de parâmetros ajustáveis ao longo do processo.

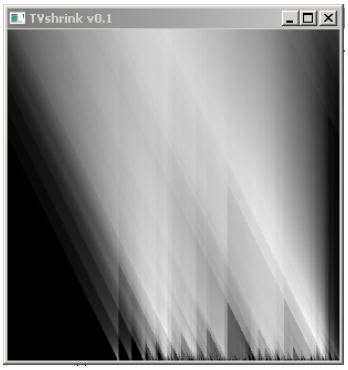

Figura 11. Entropia de uma turning function em função de n.

Os resultados obtidos pelo uso do protótipo incluem combinações de processamento, são apresentados e mostram que a abordagem considerada é viável e pode ser vantajosa nos casos considerados em relação ao procedimento clássico de segmentação.

Um dos procedimentos desenvolvidos para o estudo e modificação da forma do segmento foi o gráfico de entropia para n tempos, que embora seja similar ao apresentado na Fig. (3), trata da entropia para n representado no eixo das ordenadas Fig. (11).

5. Considerações finais

Um objeto pode ser definido de mais de uma forma, mas, de modo resumido, conforme já foi apresentado em [Volotão et al. 2010a], para o sensoriamento remoto, objeto é o elemento unitário relacionado à semântica que se deseja reconhecer numa cena.

A segmentação pode apresentar resultados mais próximos dos esperados se for possível identificar, durante o processo de segmentação, os tipos de segmento e suas regras básicas de forma. Se uma árvore for identificada por sua forma, pela resposta espectral ou por ambas, e for possível estabelecer regras específicas de sua configuração nesses padrões isso pode ser considerado regra por separar o universo de possibilidades em função de sua aderência ou não ao critério estabelecido. (e.g., raio máximo, dimensão mínima e formato irregular em relação ao tamanho do pixel.

A proposta apresentada consiste na utilização de recursos de forma e espectrais para realizar a segmentação por crescimento de região do campo de fase da matiz de imagens transformadas por conversão IHS. Além do refinamento é possível obter índices de forma, simplificar contorno dos segmentos e realizar outras operações, descritas em mais detalhes em [Volotão et al. 2011, Volotão et al. 2010d, Volotão et al. 2010c, Volotão et al. 2009].

Referências

Blaschke, T. and Hay, G. J. (2001). Object-oriented image analysis and scale-space: theory and methods for modeling and evaluating multiscale landscape structure. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 34(4):22–29.

Blaschke, T. and Strobl, J. (2001). What's wrong with pixels. some recent developments interfacing remote sensing and gis. *GISZeitschrift fur Geoinformationssysteme*, 6:12–17.

Chanda, B. and Majumder, D. (2004). *Digital Image Processing And Analysis*. PHI.

Forsyth, D. A. and Ponce, J. (2012). *Computer Vision: A Modern Approach*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2 edition.

Freeman, H. (1974). Computer processing of line-drawing images. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 6(1):57–97.

Fu, K. and Mui, J. (1981). A survey on image segmentation. *Pattern recognition*, 13(1):3–16.

Haralick, R. and Shapiro, L. (1985). Image segmentation techniques. *Computer vision, graphics, and image processing*, 29(1):100–132.

Jähne, B. (2005). *Digital Image Processing*. Springer.

Pal, N. and Pal, S. (1993). A review on image segmentation techniques. *Pattern recognition*, 26(9):1277–1294.

Pratt, W. (2007). *Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside*. Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons, 4 edition.

Souto, R. P. (2000). *Segmentação de imagem multiespectral utilizando-se o atributo matiz*. Tese (doutorado em sensoriamento remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos. (INPE-10104-TDI/895).

Volotão, C., Dutra, L., and Santos, R. (2010a). Uso de função tangente para modificar segmentos de imagens. In *X WORCAP...*, São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE.

Volotão, C., Erthal, G., Santos, R., and Dutra, L. (2011). Image segmentation refinement by modeling in turning function space. In *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, volume 7870, page 39.

Volotão, C., Santos, R., and Dutra, L. (2009). Proposta de segmentação de imagens baseada em objetos e uso de função de desvios para modelar formas. In *XII Encontro de Modelagem Computacional*, Rio de Janeiro. Instituto Militar de Engenharia.

Volotão, C., Santos, R., Dutra, L., and Erthal, G. (2010b). *Using turning functions to refine shapes*, pages 31–44. Research Pub., Singapore.

Volotão, C., Santos, R., Erthal, G., and Dutra, L. (2010c). Shape characterization with turning functions. In *17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing*, Rio de Janeiro.

Volotão, C. F. S., Dutra, L. V., Erthal, G. J., and Santos, R. D. C. (2010d). Vantagens da segmentação baseada em objetos para a identificação de alvos em imagens de sensores remotos. In *4º Encontro de Usuários de Sensoriamento Remoto das Forças Armadas, SERFA 2010*, São José dos Campos. Instituto de Estudos Avançados.

Volotao, C. F. S., Dutra, L. V., and Santos, R. D. C. (2012). Image segmentation with image and shape phase analysis. In *Proceedings...*, pages 1–4, São José dos Campos. Geographic Object Based Image Analysis, INPE.