

SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE ESCALA PARA A DETECÇÃO DE BORDAS DE RODOVIAS UTILIZANDO AS TEORIAS DE ESPAÇO-ESCALA E O DETECTOR DE BORDAS DE CANNY.

Victor Minosso de Almeida Ramos, Aluir Porfírio Dal Poz, Edinéia dos Santos Galvanin. Geociências – Engenharia Cartográfica - Departamento de Cartografia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente.

A extração de feições em imagens digitais tem sido utilizada como forma de obtenção de informação espacial, contribuindo para diversas finalidades, como, atualização cartográfica de mapas e cartas, coleta de dados para SIG's (Sistema de Informação Geográfica), entre outros. As metodologias existentes para a extração automática de feições em imagens digitais geralmente dependem de um pré-processamento para a detecção e extração de bordas. Entretanto este pré-processamento acarreta diversos inconvenientes no tratamento da imagem. Dentre estes, pode-se destacar, na etapa de suavização, o problema clássico da perda de informação e deslocamento das estruturas de feições contidas nas imagens.

Diversos estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de solucionar tais inconvenientes, tendo sempre como desafio principal a elaboração de algoritmos que determine o grau de suavização adequado para o tratamento da imagem automaticamente, possibilitando, ao mesmo tempo, a redução de bordas espúrias e ruídos, mantendo as informações de interesse (KOREN e YITZHAKY, 2005 e SHEN e CASTAN, 1992).

Com o objetivo de encontrar uma solução para a detecção automática de escala este trabalho apresenta uma metodologia automática para extração de rodovias em imagens aéreas de cenas rurais utilizando o detector de bordas de Canny (CANNY, 1986). Este detector tem como principal problema a dualidade entre detecção e precisão de localização das bordas, ou seja, quanto mais se privilegia a precisão de localização, menor é a razão sinal/ruído e, conseqüentemente, a detecção se torna cada vez mais sensível aos detalhes espúrios da imagem, e vice-versa (SHEN e CASTAN, 1992, DAL POZ, 2002).

Assim, apresenta-se a metodologia descrita para minimizar este empecilho através de critérios baseados na análise do gradiente e o comportamento das bordas de rodovias. Ainda, o indesejável efeito de deslocamento de bordas ocasionado por este detector é eliminado através do retorno incremental no espaço multi-escala.

Após uma análise realizada com diversas imagens utilizando o detector de bordas de Canny, pode-se observar que existe uma grande quantidade de cadeias de bordas de pequena extensão, resultantes principalmente de ruído da imagem. Já as cadeias de bordas de grande extensão são encontradas com pequeno número de ocorrência. Verifica-se também que ao incrementar o sigma da função gaussiana, empregado para realizar a suavização da imagem no detector de Canny, a quantidade de cadeias de pequenas extensões diminui consideravelmente devido à pulverização de cadeias advindas de ruídos. Entretanto, bordas realmente físicas acabam sofrendo fragmentações e têm suas extensões diminuídas, ocasionando falhas na conectividade destas cadeias. Ao analisar o comportamento do gradiente das imagens foi constatado que as bordas físicas são descritas por pontos de borda com magnitude do gradiente muito superior a bordas espúrias. Com estes primeiros conceitos definidos pode-se elaborar o algoritmo a ser aplicado para extração das rodovias em cenas rurais.

Inicialmente realiza-se o cálculo da magnitude do gradiente médio de cada cadeia de borda detectada na imagem. Juntamente a isto se obtém o maior ($G_{máx}$) e menor ($G_{mín}$) valor do gradiente médio calculado, tendo então a amplitude do gradiente para esta imagem.

A fim de descrever, de maneira fiel, o comportamento do gradiente nesta imagem divide-se a amplitude do gradiente determinado em várias classes, tendo então a descrição das frequências do gradiente médio. Uma medida de posição central também é empregada para determinar o centro principal de variação do histograma. Neste caso utiliza-se a mediana (M_d), pois segundo Morettin e Bussab (2003) esta não é tão influenciada por valores extremos e se apresenta como uma medida de posição central mais robusta que a média. Como principalmente em escalas gaussianas finas, a maior parte das cadeias de

bordas detectadas é proveniente de ruídos, tem-se consequentemente uma forte concentração de gradientes médios em torno da mediana. Tal fato pode ser comprovado na figura 01.

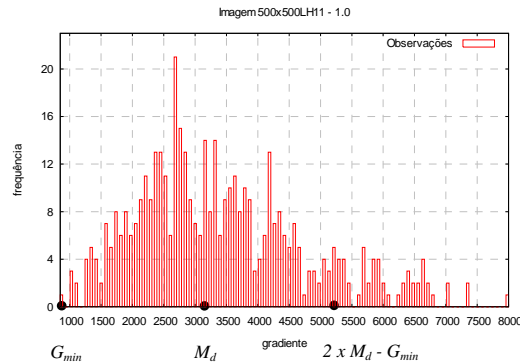


Figura 01- Histograma da magnitude dos gradientes para a imagem 500x500.

Posteriormente calcula-se um intervalo G_{min} e $2 \times M_d - G_{min}$, sendo que as cadeias que se possuem magnitude do gradiente médio neste intervalo tem grande probabilidade de estarem relacionadas com ruídos e outras informações irrelevantes. Assim, realiza-se a convolução da imagem até que uma porcentagem considerável das cadeias presentes neste intervalo seja pulverizada. Entretanto, como uma pequena quantidade de bordas contidas neste intervalo pode ainda ser proveniente de bordas físicas, geralmente entre 10 e 20%, evita-se convoluir a imagem com uma gaussiana até que todas as cadeias de bordas deste intervalo sejam eliminadas. Tendo em vista que as bordas com magnitudes do gradiente maiores serão pulverizadas apenas em escalas mais grosseiras, esta eliminação não afetará as bordas de rodovias

Desta forma, processa-se o algoritmo de Canny de forma incremental, variando a escala gaussiana com passo de 0,5 até que a porcentagem de pulverização estipulada seja atendida. A porcentagem de cadeias de bordas que deve ser eliminada varia em função da resolução da imagem. Tais valores foram determinados empiricamente com base em inúmeros experimentos. Para imagem de alta resolução (dimensão do pixel inferior a 0,7m) deve-se considerar 90%, para média-resolução (dimensão do pixel entre 0,7 e 2,0 m) 85% e para baixa-resolução (pixel maior que 2,0 m) 80%.

Posteriormente à seleção de escala, efetua-se o retorno incremental no espaço multi-escala, com decremento de 0,5 até alcançar o fator do sigma da função gaussiana igual a 1,0, conforme pode ser visto de forma genérica na figura 02.

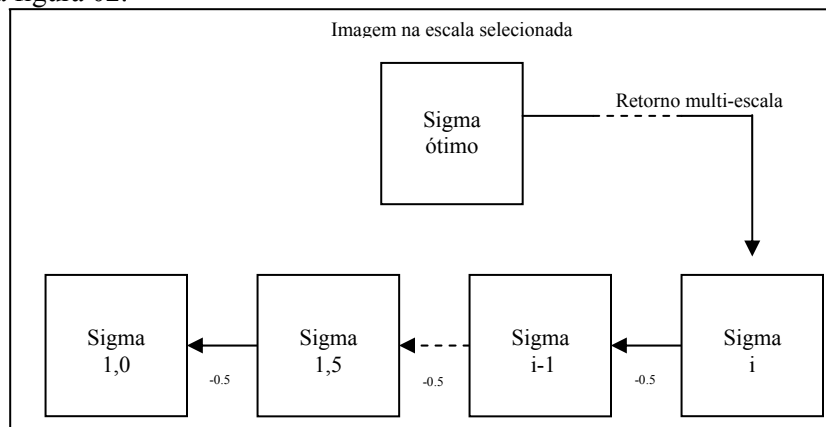


Figura 02- Retorno Multi-escala.

Para realizar a tarefa do retorno multi-escala, o mapa de bordas das rodovias extraídas na escala selecionada é comparado com o obtido no passo anterior, ou seja, para escala i compara-se com $i-1$. Cada pixel pertencente a uma cadeia de borda de rodovia tem suas coordenadas comparadas com as posições de

sua vizinhança (8 vizinhos), também obtida no passo anterior. Caso seja detectado um deslocamento deste pixel, a coordenada obtida na escala $i-1$ substitui a atual na escala i . Deste modo o deslocamento causado pelo detector de Canny é eliminado, e ainda o retorno de maneira incremental diminui a presença de buracos e quebras nas bordas detectadas.

A figura 03 mostra um experimento aplicado sobre a imagem de média resolução 500x500 (figura 3a), a partir da qual se obtém a imagem de bordas com sigma da gaussiana igual a 1,0 (figura 3b) e a imagem de bordas obtida pela metodologia proposta (3c).

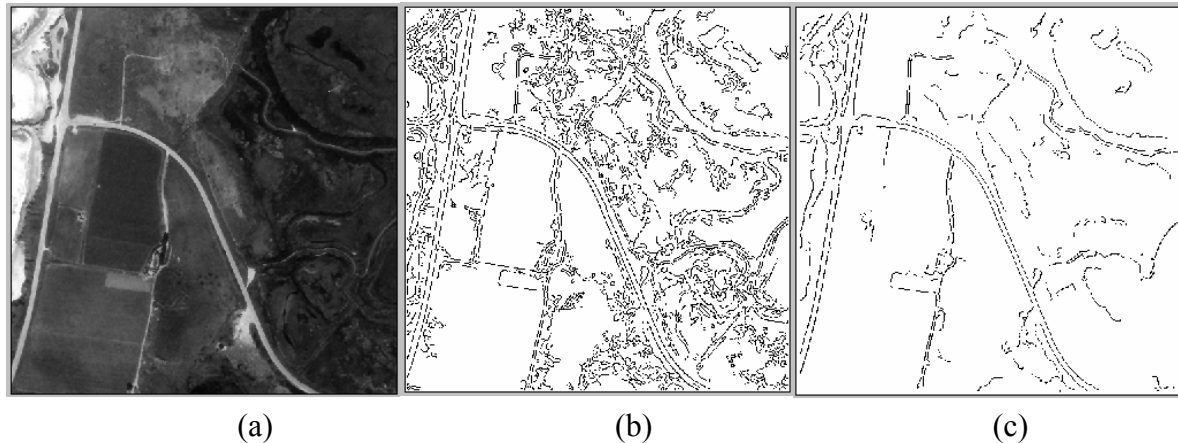


Figura 03- Experimento realizado com a imagem 500x500. (a) Imagem original; (b) imagem de bordas detectadas com sigma igual a 1,0; (c) imagem de bordas obtida com seleção de escala automática após o retorno multi-escala.

A figura 04 mostra o efeito do deslocamento, originalmente causado pelo detector de Canny, e sua posterior minimização com o retorno multi-escala.

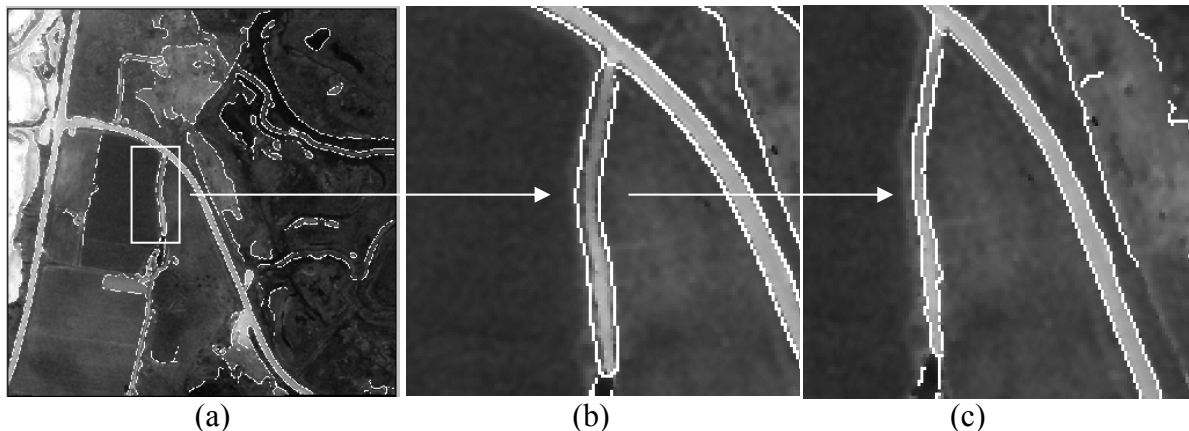


Figura 04- Detecção de bordas com a escala selecionada automaticamente ($\sigma = 3,0$) para imagem de média resolução 500x500 LH12. (a) Imagem de bordas sobreposta a imagem original; (b) detalhe do deslocamento de bordas; (c) detalhe da eliminação do deslocamento de bordas.

Também, uma análise numérica desta extração foi realizada com base no critério da completeza, que segundo Wiedemann e Hinz (1999), pode ser definida como a razão entre o que foi extraído automaticamente pelas metodologias de extração e os dados de referência. A coleta destes dados de referência foi realizada de forma manual utilizando o *software* Adobe Photoshop 5.5. Assim as principais rodovias foram extraídas manualmente e comparadas com as cadeias de bordas detectadas no

processamento final, ou seja, as cadeias obtidas após o retorno multi-escala da imagem de borda. No experimento foi obtida uma completeza de 94%, sendo este valor considerável satisfatório.

Desta forma, a metodologia descrita apresentou-se eficiente para seleção automática de escala , visto que possibilitou a obtenção de resultados satisfatórios comprovados pelas análises qualitativas e quantitativas realizadas. No final deste processo o que se obtém é uma imagem de bordas afinadas onde se preserva as bordas de rodovia sem causar fragmentações, eliminando grande quantidade de bordas espúrias e também o efeito do deslocamento de bordas, advindo do detector de Canny.

Referências Bibliográficas

CANNY, J. A **Computational approach to edge detection**, IEEE Pattern Analysis and machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, p. 679 – 698, 1986.

DAL POZ, A. P. **Extração automática da malha viária rural a partir de imagens de média e alta resoluções**. Relatório parcial de Auxílio à Pesquisa - FAPESP, 2002.

DAL POZ, A. P.; VALE, G. M.; ZANIM, R. B. **Automatic extraction of road seeds from high-resolution aerial images**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2005.

KOREN, R.; YITZHAKY, Y; **Automatic selection of edge detector parameters based on spatial and statistical measures**. Computer Vision and Image Understanding. Israel, 2006.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O.; **Estatística Básica**. São Paulo: Ed. SARAIVA, 2003.

SHEN, J., CASTAN, S., **An Optimal Linear Operator for Step Edge Detection**, GMIP(54), No. 1, 1992, pp. 112-133.

WIEDMANN, C.; HINZ, S. **Automatic extraction and evaluation of road networks from satellite imagery**. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Prodeedings ...Munich, Vol. 32, p. 95-100, 1999.