

Extração de Feições em Imagens de Média e Alta Resolução

Danilo Aparecido Rodrigues¹
Erivaldo Antônio da Silva²

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho^{1,2}
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Rua Roberto Simonsen, 305
CEP 19060-900
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

dr.eng@bol.com.br
erivaldo@prudente.unesp.br

Abstract

The Brazilian cartography presents deficiency in cartographic products updating. Image segmentation needs efficient procedures for extraction process. Feature extraction in cartography can be used in updating. This process is a complex task, due mainly to the existence of several types of targets in the digital images. In this paper, remote sensing data and Mathematical Morphology techniques are used aiming the features extraction. High and medium resolution images were used. The principal operator applied was the watershed. The performance of the operators was verified from the obtained positive results are suitable to change identification or cartographic updating.

Palavras-chave: features extraction, mathematical morphology, segmentation, extração de feições, morfologia matemática, segmentação.

1. Introdução

No Brasil, devido a desatualização dos produtos cartográficos existentes sempre foi de grande prioridade a busca de métodos alternativos que possam buscar formas alternativas de atualizar os produtos cartográficos existentes, pois a atualização destes pode propiciar uma base cartográfica sólida e atual o que é, de fundamental importância para o planejamento urbano e conseqüentemente para o gerenciamento de todo o território nacional. Porém, como realizar levantamentos convencionais com intuito de diminuir a desatualização é uma tarefa muito complexa devido a extensão do território, e os processos serem onerosos e dispendiosos. O Brasil necessita de métodos mais rápidos e baratos que possam ser utilizados em processos de extrações de feições cartográficas relevantes com o propósito de que estas sejam usadas para a atualização da base cartográfica já existente.

Uma das técnicas que pode auxiliar neste processo de atualização é o Processamento Digital de Imagens que envolve a manipulação e a interpretação de imagens digitais, sendo estas adquiridas através de imageadores orbitais. Hoje graças a grande disponibilidade de obtenção de imagens a partir de satélites é possível monitorar de forma contínua as mudanças ocorridas na superfície terrestre e assim identifica-las.

A técnica de PDI utilizada para a realização deste trabalho foi a Morfologia Matemática, sendo que esta tem como princípio descrever quantitativamente as estruturas geométricas funcionando como técnica de análise de imagens.

Neste trabalho foram utilizadas quatro imagens, sendo uma do satélite Landsat/TM, banda 3, datada de 01/08/87 de média resolução referente ao Aeroporto Antônio Carlos Jobim/Galeão – RJ, e outras três do satélite IKONOS de alta resolução referentes, ao Aeroporto de Congonhas e ao Aeroporto Campo de Marte ambos da cidade de São Paulo - SP e a última do Jóquei Clube Brasileiro na cidade do Rio de Janeiro - RJ. As feições consideradas relevantes, para este trabalho, foram as pistas dos aeroportos e do Jóquei Clube Brasileiro.

O processo consistiu primeiramente num pré-processamento das imagens, tendo como premissa melhorar a qualidade no processo de extração de feições. Em seguida todas as imagens foram binarizadas e finalizando, o processo foi aplicado o operador *watershed* morfológico com intuito de extrair todas as feições consideradas relevantes nas imagens testadas. Tais feições podem ser utilizadas em futuros processos de atualização cartográfica.

Os resultados obtidos mostraram-se promissores e indicam que, o uso da teoria morfológica é interessante na área de cartografia.

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar os resultados obtidos em dois anos de pesquisa relacionados a extração semi-automática de feições cartográficas de imagens orbitais visando a atualização de produtos cartográficos.

3. Morfologia Matemática

A Morfologia Matemática foi criada na década de sessenta por George Matheron e Jean Serra e alguns colaboradores na Escola Superior de Minas de Paris.

A técnica de Morfologia Matemática age sobre imagens digitais a partir de elementos estruturantes geralmente definidos em uma malha retangular. Estes são na verdade máscaras de convolução que analisam a imagem deslocando-se pixel a pixel de forma que toda imagem seja percorrida, linha por linha e coluna por coluna. Neste deslocamento o elemento estruturante realiza transformações em relação aos valores de mínimos e máximos considerados na vizinhança do pixel analisado. Este resultado da transformação é repassado para o pixel correspondente da nova imagem formada.

A escolha adequada do elemento estruturante é imprescindível para que bons resultados possam ser atingidos. Neste trabalho foram testados dois tipos de elementos estruturantes, o *mmsebox*, máscara cheia 3x3 e *mmsecross*, elemento em cruz 3x3. Na figura 1 são apresentados os dois elementos estruturantes utilizados.

$$\begin{array}{cc} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ \text{a) } mmsecross & \text{b) } mmsebox \end{array}$$

Figura 1 - Elementos estruturantes utilizados

4. Segmentação Morfológica Watershed

Na análise de imagens, a segmentação é uma tarefa muito importante. Ela subdivide uma imagem em suas partes ou objetos constituintes. O nível dessa subdivisão deve ser realizado dependendo do objetivo que se pretende alcançar, ou seja, a segmentação deve parar quando os objetos de interesse forem isolados. (Gonzalez e woods, 2000). Tais elementos podem ser feições como, por exemplo, malha viária, pistas de aeroportos, pontes, entre outros.

Existe uma grande variedade de técnicas de segmentação de imagens, porém no caso da Morfologia Matemática, a principal ferramenta de segmentação é baseada na transformação *Watershed* ou também denominada e conhecida como divisor de águas.

A idéia intuitiva da noção de watershed pode ser constituída considerando uma imagem em níveis de cinza representada por uma superfície topográfica. Os níveis de brilho neste caso indicam a altitude do ponto no relevo. Supondo-se que os mínimos em cada uma das bacias (mínimos regionais) que constituem a superfície sejam perfurados e que a imersão das bacias ocorra com velocidade vertical constante, a água que penetra regularmente pelos orifícios preenche a superfície topográfica. Durante o preenchimento, dois ou mais fluxos vindos de mínimos diferentes podem se unir. Os diques construídos na superfície para evitar que tal junção de águas ocorra, constituem as linhas de crista que separam as diversas bacias de retenção e são conhecidos por linhas de watersheds. A figura 2, ilustra a idéia da determinação de bacia de retenção.

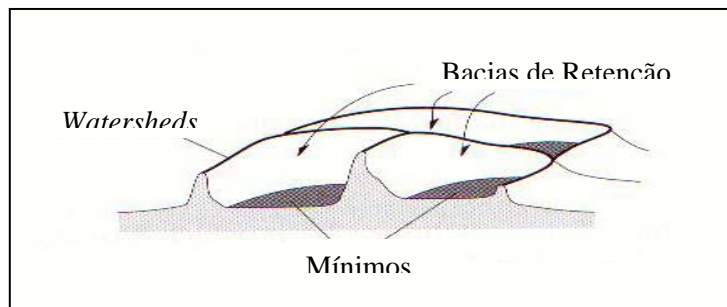


Figura 2 - Determinação das bacias de retenção e das linhas watershed

Fonte: Adaptado de Soille, 1999.

As linhas de watershed são conhecidas por $WL(S)$ ou simplesmente *watersheds*.

De acordo com Prêteux (1993) o watershed associado ao conjunto dos mínimos regionais $M = \bigcup_{i \in \mathbb{R}} m_i$ de uma imagem S pode ser definido como o complemento da união de todas as bacias de retenção $C_s(m_i)$, ou seja:

$$WL(f) = [\bigcup_{i \in \mathbb{R}} C_s(m_i)]^c \quad (3.1)$$

onde: m_i - mínimos regionais;

$C_s(m_i)$ - bacias de retenção.

O problema que a aplicação do operador *Watershed* pode gerar em imagens orbitais diz respeito a segmentação excessiva que é causada pela grande quantidade de bacias de retenção. Tais bacias são geralmente geradas pela grande variabilidade nos valores de níveis de cinza dos alvos presentes nas imagens orbitais. Estes valores correspondem na verdade, as respostas de cada alvo contido na imagem.

5. Metodologia

Todas as imagens foram submetidas primeiramente a um pré-processamento onde foram aplicados operadores, *mmhdome*, que tem a função de reconstruir uma imagem em níveis de cinza através da subtração de um valor inteiro e positivo; o *mmhbasin*, tem a função de remover valores com contraste menor que o limiar estipulado pela função, através da reconstrução da imagem em tons de cinza a partir da adição de um valor inteiro e positivo; o *mmareaopen* cuja função é remover qualquer elemento com área menor que um valor estipulado; o *mminfreq*, que faz a reconstrução da imagem resultante por infinitas iterações do operador de dilatação e erosão da imagem contrastada e o *histeq*, que faz uma equalização através do histograma. O intuito da etapa de pré-processamento foi melhorar a qualidade das imagens de entrada para que, o processo de extração tivesse maior sucesso. A segunda etapa

consistiu na binarização das imagens onde foram usados os operadores *mmbinary* e *mmthreshad* e, finalizando o processo foi aplicado nas imagens o operador *watershed* com o intuito de extrair todas as feições relevantes presentes nas imagens. O operador *watershed* faz a extração das feições por similaridade de bacias a partir de uma imagem marcadora, tal procedimento utiliza a imagem dos mínimos impostos no processamento em conjunto com a propriedade de similaridade das bacias de retenção. Os *softwares* utilizados foram o Matlab e a *Toolbox*. Para comprovar a viabilidade de uso da metodologia proposta para a atualização cartográfica, os mapas referentes as áreas de coberturas das imagens foram vetorizados e foram sobrepostos aos melhores resultados obtidos na etapa de extração no caso do aeroporto do Galeão e do Jôquei Clube. Tal processo de sobreposição foi realizado no *software* Spring 4.0.

6. Resultados Obtidos

Quando são utilizadas técnicas de PDI para extração de feições de imagens, busca-se sempre eliminar ao máximo a segmentação excessiva que é um problema a ser vencido. Para isso uma gama de operadores e parâmetros foram utilizados para que, ao final de todo processo fossem obtidas imagens resultantes onde, as feições julgadas importantes fossem extraídas e pudessem ser utilizadas em futuros processos convencionais de atualização cartográfica. Seguindo está premissa, de sempre buscar os melhores resultados em relação a segmentação, na seqüência serão apresentados os melhores resultados obtidos no decorrer deste trabalho.

6.1. Resultado Obtido para a imagem do Aeroporto do Galeão

As figuras 3 e 4 ilustram a imagem original do aeroporto do Galeão, o melhor resultado obtido no processo de extração das feições, o resultado digital à partir da carta topográfica da área teste e a sobreposição entre o melhor resultado e o mapa digital da área. Os operadores morfológicos utilizados foram: Pré-processamento, *mmhdome*, *mmareaopen*, *histeq*, *mminfrec*. Na binarização foi utilizado *mmthreshad*, e finalizando foi aplicado *mmswatershed*. O elemento estruturante que melhor resultado apresentou foi o *mmsecross*.

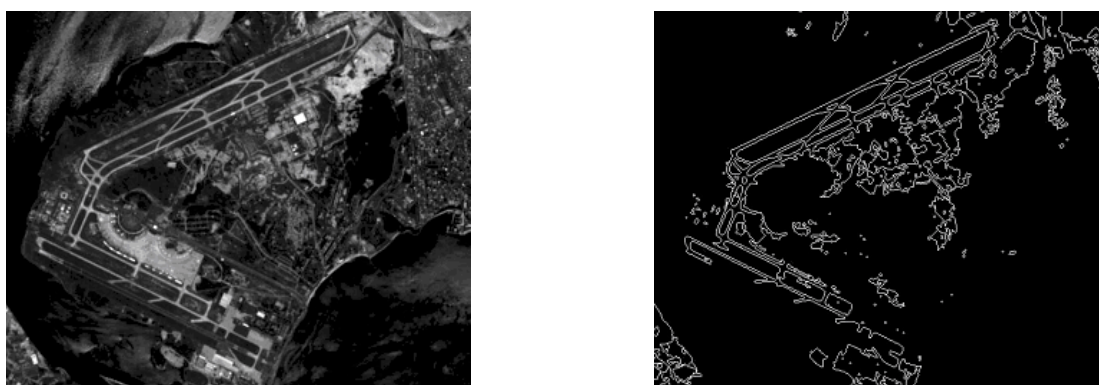


Figura 3 – a) Imagem Original Landsat/TM, b) Resultado obtido no Processamento da Imagem.

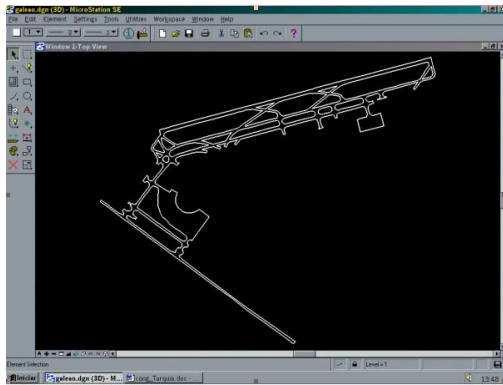
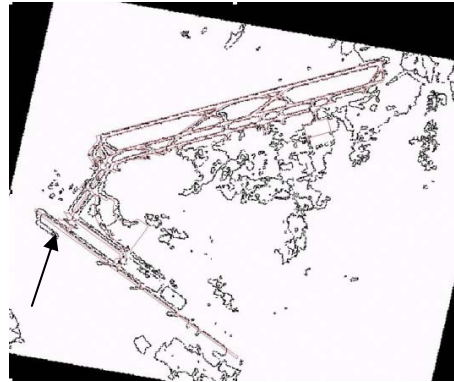


Figura 4 – a) Mapa Digital da área teste



b) Imagem resultante da Sobreposição

O resultado da sobreposição apresenta em vermelho o vetor referente a área de recobrimento da imagem e em preto a imagem resultante do processo de extração de feições a partir da teoria de Morfologia Matemática. Tal resultado evidencia o potencial de uso da Morfologia Matemática na extração de feições, uma vez que as pistas foram extraídas de forma correta e o resultado obtido pode ser utilizado em processos convencionais de atualização de produtos cartográficos.

6.2. Resultado Obtido para a imagem do Jockey Club Brasileiro

O resultado obtido no processamento para a imagem IKONOS referente ao Jockey Club é apresentado juntamente com o mapa digital e a sobreposição do melhor resultado obtido no processamento. Seguindo a mesma metodologia, os resultados obtidos para a imagem IKONOS do Jockey Club Brasileiro estão apresentados nas figuras 5 e 6 na mesma ordem que para o aeroporto do Galeão. Os operadores utilizados foram: pré-processamento, *mmhdome* e *mmareaopen*. Binarização, *mmthreshad* e, por último o *mmswatershed*. O melhor elemento estruturante foi o *mmsecross*.

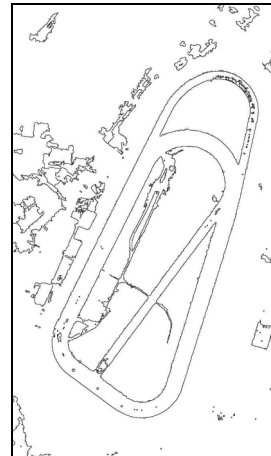


Figura 5 – a) Imagem Original IKONOS, b) Resultado obtido no Processamento da Imagem.

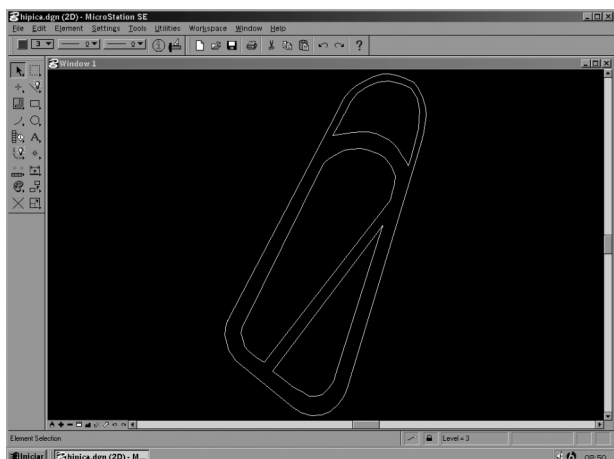
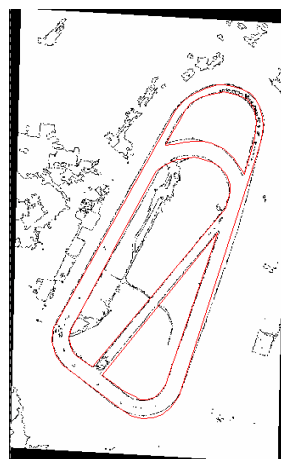


Figura 6 – a) Mapa Digital da área teste



b) Imagem resultante da Sobreposição

Da análise do resultado obtido na figura 6b, depreende-se que a imagem resultante da sobreposição apresenta em vermelho o vetor referente ao mapa digital e em preto o melhor resultado obtido no PDI. O resultado apresentado serviu para comprovar o potencial de uso das ferramentas morfológicas no que diz respeito a extração de feições cartográficas relevantes visando assim o processo de atualização da base cartográfica existente.

6.3. Resultado Obtido para a imagem do Aeroporto Campo de Marte

A imagem IKONOS original referente ao aeroporto Campo de Marte será apresentada na figura 7 e na figura 8 o melhor resultado obtido no processamento desta. Os operadores que proporcionaram melhor resultado para esta imagem foram: pré-processamento, *mmhbasin*; binarização: *mmbinary* e o ultimo passo a aplicação do operador *mmswatershed*, sendo que o elemento estruturante que melhor resultado apresentou foi o *mmsecross*.



Figura 7 – Imagem Original IKONOS

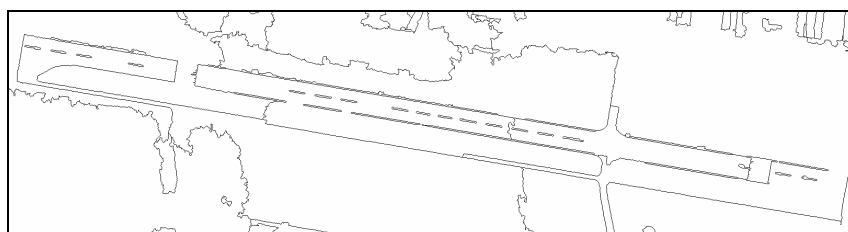


Figura 8 – Resultado Obtido no Processamento da Imagem

Da observação da figura 8 em relação a imagem original percebe-se que a feição pista foi extraída como era o objetivo inicial.

6.4. Resultado Obtido para a imagem do Aeroporto de Congonhas

A imagem original do Aeroporto de Congonhas bem como o melhor resultado obtido no PDI são mostradas nas figuras 9a e 9b. Os operadores morfológicos utilizados na extração das pistas do aeroporto foram: pré-processamento, *mmhdome*, *mmareaopen*; binarização, *mmbinary* e finalmente o operador *mmswatershed* que foi aplicado com o elemento estruturante *mmsebox*.



Figura 9 – a) Imagem Original IKONOS



b) Resultado Obtido no Processamento.

7. Conclusões

Através dos resultados obtidos e apresentados, é possível concluir que a Morfologia Matemática é uma eficaz técnica no que se refere a extração semi-automática de feições cartográficas relevantes em imagens orbitais. A obtenção de bons resultados, a partir desta técnica, está ligada a alguns fatores tais como: a escolha adequada dos operadores utilizados no pré-processamento, ou seja, no tratamento das imagens a ser utilizadas como imagem de entrada no processamento, aos limiares adotados no processo de binarização da imagem e o elemento estruturante escolhido. Pelos resultados nota-se que para cada imagem, foram usados diferentes operadores, sendo que isto é explicado em função dos valores de brilhos dos alvos presentes nas imagens. Outro fator importante que pode ser notado pelos resultados obtidos é que dos elementos estruturantes testados o que proporcionou os melhores resultados foi o *mmsecross*, elemento em cruz 3x3. Pela sobreposição dos melhores resultados obtidos no PDI para as imagens do Aeroporto do Galeão e do Jockey Club Brasileiro com seus respectivos mapas digitais foi possível comprovar que a Morfologia Matemática pode ser utilizada como técnica alternativa na extração de feições visando a atualização de produtos cartográficos. Tal feito é de fundamental importância para países como o Brasil, tendo em vista a carência e desatualização em que se encontram os produtos cartográficos. Processos de extração de feições, que venham apoiar a fase de atualização, são extremamente positivos e contribuem para a diminuição da desatualização de produtos cartográficos. Os produtos atualizados auxiliam diretamente aos órgãos ligados a planejamento na tomada coerente de decisões.

8. Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq, FAPESP e Fundunesp pelo apoio material e financeiro dado ao trabalho, sem o qual a realização desta pesquisa não seria possível.

9. Referencias Bibliográficas

Rodrigues, D. A.; Silva, E. A. Extração de feições em imagens orbitais usando o *watershed* morfológico, Revista Engenharia Ciência & Tecnologia. Vitória – ES, v. 8, 2004. ISSN 1414-8692.

Silva, E. A. Viabilidade de uso de operadores morfológicos na extração de feições cartográficas em imagens orbitais de sensoriamento remoto. Tese de livre docência. Presidente Prudente: UNESP, 2002.

Preteux, F. Mathematical Morphology in Image Processing, chapter On a Distance Function Approach for Gray-Level Mathematical Morphology. E. Dougherty, Rochester Institute of Technology, New York, 1993.

Gonzalez, R. C., woods, R. E., Processamento de Imagens Digitais, Egdard Blucher Ltda, 2000.

Soille, P., Morphological Image Analysis. Berlin, Springer-Verlag, 1999.

SPRING, formulário eletrônico. http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/relat_bugs.html. Acessado em 11/2004.