



Lógica Fuzzy Aplicada na Observação de Corpos de Água em Imagens de Satélite.

Carlos Eduardo Guerra- Matemática/ UFOPA
Renata de Sena Santos/UFOPA
Nayara Safira da Silva Caldas/UFOPA

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

This paper aims to delimit the bodies of water through a system of supervised classification using, as a tool, the fuzzy logic aiming at a classification of classes whose boundaries are not rigid, which approximates the results of real data. As a tool for calculating the limits of the target object, i.e, water bodies, we used mathematical morphology by applying an edge detector. The fuzzy system will be implemented in LANDSAT TM band 3 (blue), band 4 (green) and band 5 (red), as image processing technique for detecting the desired structures. The designed system can also be used to discriminate against other objects, such as forests and urban areas, may also be useful in studying changes in land cover.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo delimitar os corpos de água através de um sistema de classificação supervisionada utilizando, como ferramenta, a lógica Fuzzy. A idéia é obter uma classificação onde as fronteiras de classes não são rígidas, o que aproxima os resultados dos dados reais. Como ferramenta para calcular os limites do objeto alvo, i.e, corpos d'água, utilizou-se a morfologia matemática através da aplicação de um detector de bordas. O sistema Fuzzy será aplicado em imagens LANDSAT TM, banda 3 (azul), banda 4 (verde) e banda 5 (vermelho), como técnica de processamento de imagem para detecção das estruturas desejadas. O sistema projetado pode ser utilizado também para discriminar outros objetos, como florestas e zonas urbanas, podendo também ser útil no estudo de mudanças na cobertura vegetal.

Introdução

A utilização de dados de Sensoriamento Remoto em conjunto com técnicas de processamento digital e análises de imagens tem possibilitado o desenvolvimento de estudos integrados, com vistas ao monitoramento dos recursos naturais (Espinosa, M. C., 2004). Neste trabalho, o objetivo é utilizar as técnicas de processamento de imagens para detecção de corpos de

água em uma imagem de Satélite LANDSAT, banda 3 (azul), banda 4 (verde) e banda 5 (vermelho); essas imagens são oferecidas em sete bandas espectrais que variam do pancromático e do vermelho ao infra-vermelho distante (Florenzano, 2002). Um corpo d'água é qualquer acumulação significativa de água, tais como oceanos, lagos ou zonas úmidas. Para fazermos a delimitação, iremos utilizar as técnicas da lógica Fuzzy para montar um sistema de classificação supervisionada, visando mostrar um processo de segmentação não rígida e assim, incorporar as ambiguidades e incertezas provenientes de todo processo de caracterização de estruturas, em imagens.

Fundamentos Teóricos

1. Morfologia Matemática

A morfologia matemática aplicada ao processamento de imagens é uma técnica poderosa e computacionalmente eficiente, permitindo a caracterização de alvos valendo-se do uso da teoria dos conjuntos e da álgebra abstrata. As aplicações da morfologia matemática se estendem a todos os tipos de imagens e a várias áreas do conhecimento, o foco principal em quase todas as aplicações é a imagem.

Segundo Facon (1996), defini-se os operadores de Minkowski para erosão e dilatação como:

$$\begin{aligned} \text{ero}^B(A) &= A \odot \tilde{B} = \bigcap_{b \in \tilde{B}} A_b \\ \text{dil}^B(A) &= A \oplus \tilde{B} = \bigcup_{b \in \tilde{B}} A_b \end{aligned} \quad (1)$$

Onde \tilde{B} é o transposto do conjunto B . Na notação, lê-se A erodido por B e A dilatado por B . Em processamento de imagem, o conjunto A é uma imagem binária qualquer e B é um conjunto conhecido como elemento estruturante, que nada mais é do que um conjunto de pixels totalmente conhecido em sua forma geométrica. Ainda segundo Falcon (1996), os efeitos obtidos pela erosão são: a diminuição de partículas, a eliminação de feições de tamanho inferior ao tamanho do elemento estruturante, a separação de feições próximas e o aumento de buracos. Já para a dilatação os efeitos são opostos, i.e, as partículas crescem em tamanho, buracos são preenchidos e feições próximas são conectadas. O objetivo da Morfologia Matemática é descrever quantitativamente as estruturas geométricas e funcionar como uma técnica de processamento de imagens, dispondo de ferramentas básicas como os detectores de

borda e os filtros morfológicos (Guerra, C. E. 2007). A morfologia pode ser aplicada em diversas áreas de processamento de imagens como realce, filtragem, segmentação e outras afins. Uma aplicação interessante é a detecção de bordas, i.é, “o conceito de contorno”. Neste caso, a detecção de borda funciona como um processo de segmentação de imagens binárias. Podemos definir a operação de detecção de bordas como:

$$\text{borda}(A) = A - \bigcap_{\tilde{B}_{2,borda}} A \quad (2)$$

2. Lógica Fuzzy

O conceito de lógica Fuzzy é subjetivo e geralmente usado para classificar ou considerar certas situações do cotidiano. O conhecimento pode ser inferido a partir de dados de entrada-saída do sistema. Pode-se dizer que os sistemas difusos são sistemas baseados em regras que utilizam variáveis lingüísticas difusas (conjuntos difusos) para executar um processo de tomada de decisão (Wagner, 2003).

Na lógica clássica podemos relacionar elementos pela pertinência ou não em um determinado conjunto. Utiliza-se valor 1 para indicar a pertinência e 0 para representar a não pertinência. Dado um conjunto A no universo X, podemos expressar a pertinência ou não pela função:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x \in X \\ 0 & \text{se } x \notin X \end{cases} \quad (3)$$

Diferente da clássica, a lógica Fuzzy faz um mapeamento de um conjunto no intervalo [0,1], ou seja, os elementos podem ser classificados em graus de pertinência intermediários entre 0 e 1, dando maior flexibilidade a classificação. Seja um conjunto $A \subseteq B$, podemos considerar uma função de pertinência μ_A , no universo de discurso X, um mapeamento de $x \in X$ no intervalo [0,1]

$$\mu_A(x) \mapsto [0, 1] \quad (4)$$

Metodologia

1. Escolha da imagem a ser trabalhada

A figura selecionada é um recorte de uma imagem de satélite TM/Lansat da cidade do Rio de Janeiro- RJ. A qual se deseja criar um sistema Fuzzy para delimitar os corpos de água. Na **Figura 1**, temos a imagem de satélite RGB.



Figura 1. Recorte da imagem de satélite Landsat nas bandas 3B(azul), 4G (verde) e 5R (vermelho).

2. Limiarização Binária

O processo de limiarização é uma etapa importante no processamento de imagens, notadamente em procedimentos de segmentações e classificações (Gonzalez & Wints, 1987). Através da transformação da imagem RGB para imagem em níveis de cinza, foi feita a análise do histograma da imagem cinza para extração do intervalo níveis de cinza do objeto que se deseja detectar. Neste caso utilizamos a banda 5 (vermelho), na qual capta com mais intensidade a água. No caso das imagens TM, é o conjunto de níveis de cinza variando entre 0 a 255, representam os limiares da transformação, i. é, simulam e/ou caracterizam melhor o alvo na imagem. Para a obtenção destes limiares, recorremos ao estudo do histograma da imagem-banda escolhida. O eixo das abscissas representa os níveis de cinza e a ordenada é a frequência de pixels a cada nível de cinza. Na **Figura 2** podemos visualizar o histograma da imagem.

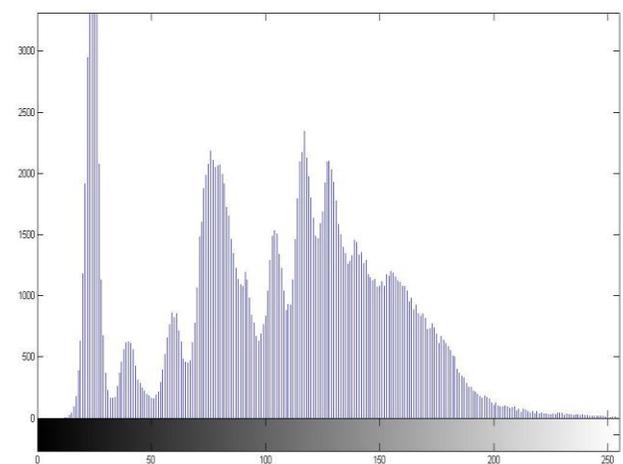


Figura 2. Histograma da imagem na banda 5 (vermelho).

Com o histograma esboçamos a figura limiarizada (**Figura 3**), em que os valores dos pixels menores ou

igual a 55, ilustrada na cor branca, caracterizam a região que possui água, caso contrário a cor preta, determinando os demais segmentos da imagem. Este processo é essencial para a separação da estrutura alvo, auxiliando na detecção de borda.

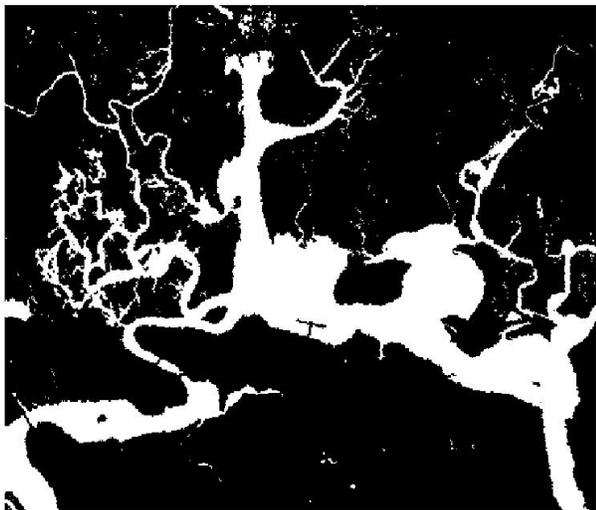


Figura 3. Imagem limiarizada destacando o objeto alvo, corpo d'água, em cor branca.

3. Detecção de bordas

Aplicando-se o operador de detecção de borda sobre a imagem resultante da aplicação do operador de erosão sobre a imagem limiarizada, a fim de eliminar pequenos ruídos na imagem, obtemos os contornos desejados, representado pela estrutura em vermelho. Na **Figura 4**, torna-se nítido o contorno delimitando a fronteira entre água e outras estruturas.

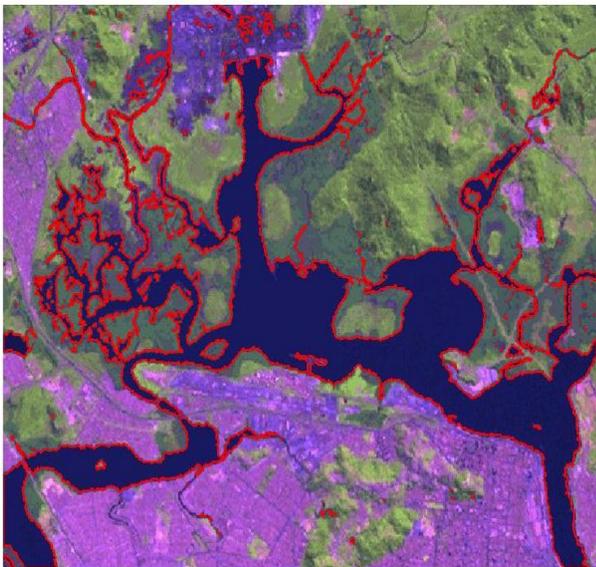


Figura 4. Contornos obtidos da detecção de bordas sobre a imagem.

4. Classificação Fuzzy

Para implementar o sistema Fuzzy utilizamos como base, para retirada dos intervalos de classes, para as variáveis de entrada do sistema, as imagens em tons de cinza referentes a **Figura 5**, bandas 5 (vermelho) e 4 (verde).

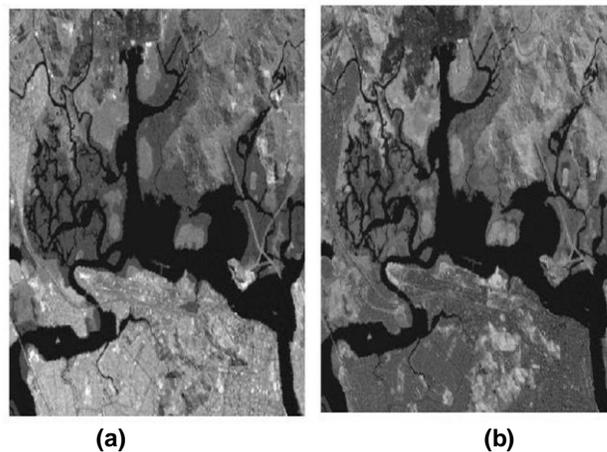


Figura 5. (a) À esquerda a imagem na banda 5 (vermelho) e a direita (b) a imagem na banda 4 (verde).

As funções de pertinência geradas para variável de entrada referente à banda do vermelho podem ser visualizadas na **Figura 6**.

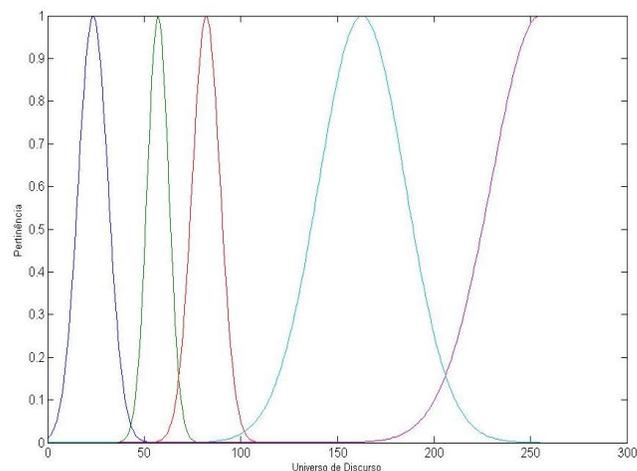


Figura 6. Função de pertinência para a primeira variável.

A função de pertinência escolhida foi a gaussiana (equação 5) devido a melhor adequação com as variáveis de entrada. Após o processo de fuzzificação, construímos as regras de inferência baseado no método de inferência Mandani. Finalmente, realizamos a defuzzificação pelo método centróide.

$$\mu(z) = e^{-0.5(z-m/\sigma)^2} \quad (5)$$

Onde $z \in Z = [0, 255]$, m e σ são a média e o desvio padrão, respectivamente.

Na classificação da **Figura 7** existe uma variação de cores entre o azul e laranja mostrando as regiões de transições entre área desmatada, vegetação e corpos d'água, demonstrando as variações existentes na natureza.

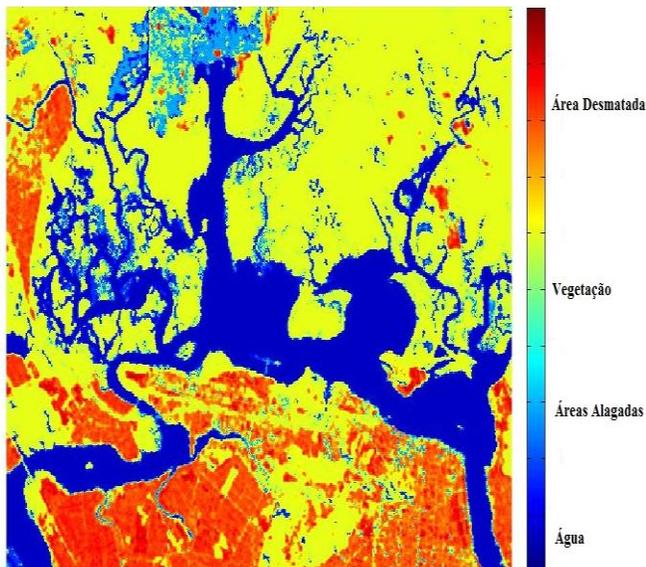


Figura 7. Imagem obtida através do operador fuzzy.

Resultados

A partir das binarizações e aplicação dos operadores morfológicos, observa-se que a metodologia conseguiu delimitar os corpos d'água das demais regiões, mostrou-se eficiente para a delimitação das fronteiras rígidas do alvo estudado, porém a classificação Fuzzy é mais adequada quando se trabalha com diversos tipos de estruturas, pois a os resultados deste processo é capaz de incorporar incerteza com relação à separação entre os diversos tipos de biomas. A composição colorida TM 5R, 4G, 3B que combina bandas na faixa espectral do visível e infravermelho refletido, ofereceu melhores recursos através dos histogramas oferecidos pelas bandas, i.é, produziu base para criação do suporte das funções de pertinência das variáveis de entrada do sistema criado.

Conclusões

As ferramentas usadas na aplicação da metodologia, morfologia matemática e lógica Fuzzy, forneceram resultados satisfatórios e os procedimentos aplicados nas metodologias foram eficientes para separar as estruturas alvo nas imagens, e que pudessem ser identificadas e realçadas podendo, assim, auxiliar no processo de detecção dos corpos d'água. O sistema Fuzzy de classificação apresenta um resultado mais flexível (**Figura 7**), uma vez que as fronteiras entre as feições observadas não são rígidas. Essa flexibilidade se adapta

à variação entre biomas naturais, dando-lhes aspecto contínuo e suave, obtendo assim, um resultado mais próximo da realidade. A morfologia matemática, por sua vez, foi eficiente para delimitar as fronteiras das estruturas (**Figura 4**), o que pode ser útil na estimativa de determinada área ocupada pelo objeto de estudo.

Agradecimentos

Agradecemos ao INPE pelo fornecimento das imagens e a UFOPA/LASER pelo apoio e suporte dado para a realização deste trabalho.

Referências

- ESPINHOSA, Miriam Cristina.** *Utilização do Sensoriamento Remoto Orbital e Redes Neurais Artificiais no mapeamento de macrófitas aquáticas emersas em grandes reservatórios*, Presidente Prudente, 2004.
- FACON, Jaques.** *Morfologia Matemática, Teoria e Exemplos*. Editora Universitária Champagnat, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1996.
- FLORENZANO, Tereza Galloti.** *Imagens de Satélites para Estudos Ambientais*. Oficinas de Textos, São Paulo, 2002.
- GONZALEZ, R. C. E WINTS, P.** *Digital image processing*. 2ed., Massachusetts, Addison Wesley, 1987.
- GUERRA, Carlos Eduardo.** *Deteção de zonas de baixa cobertura vegetal em imagens de satélites através do uso de operadores da Morfologia Matemática*. 2007.
- MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo.** *Processamento Digital de Imagens*, Rio de Janeiro: Brasport, 1999. ISBN 8574520098.
- SILVA, Ardemirio de Barros.** *Sistemas de Informações Geo-referenciadas, conceitos e fundamentos*. Universidade Estadual de Campinas, 1999.
- WAGNER, Adiléa.** *Extração de Conhecimento a partir de Redes Neurais aplicada ao Problema da Cinemática Inversa na Robótica*. 2003. 120 f. Dissertação.
- MINKOWSKI, H.** *Volumen und oberfläche*. Math. Annalen, 57:447-495, 1903.