

Análise fractal de textura usando um operador de Hurst em uma imagem TM/Landsat-5

Marcos Cicarini Hott¹
Vicente Paulo Soares²
Carlos Antônio Álvares Soares Ribeiro²
James Jackson Griffith²

¹Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite - EMBRAPA
Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803 – Parque São Quirino
13088-300– Campinas – SP - Brasil
marcos@cnpem.embrapa.br

²Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa
36571-000 – Viçosa – MG - Brasil
{vicente, cribeiro, griffith} @ufv.br}

Abstract. The purpose of this study was to evaluate the potential of Hurst operator to analyze image texture using Landsat TM data in an area located in Vicoso, State of Minas Gerais , Brazil. Idrisi 2.0 and Fractor 1.0 software's were used in the analyses. Results showed that the textural image generated by Hurst operator provided textural indexes with large variations and with potential use in scaling, segmentation and digital image classification.

Palavras-chave: texture, Hurst operator, remote sensing, textura, operador de hurst, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A geometria fractal, introduzida na década de 70 por Benoit Mandelbrot, matemático polonês, propõe uma melhor maneira para descrever e tratar as estruturas irregulares e descontínuas da natureza. A geometria fractal veio como uma ferramenta qualitativa e quantitativa capaz de lidar, eficientemente, com os dados espaciais ou temporais, descrevendo com maior precisão sua complexidade.

Um fractal ou uma estrutura fractal é por definição uma estrutura na qual partes da mesma se assemelham ao todo, ou seja, existem partes auto-similares, estatisticamente, dentro da estrutura global. Isto indica a presença do fenômeno de escala e de um nível de tendência, o qual pode ser medido através da dimensão fractal, que é uma medida de complexidade (Mandelbrot, 1983; Russ, 1995).

A dimensão fractal é amplamente utilizada para a determinação da rugosidade da superfície terrestre, devido a sua eficiência na separabilidade das áreas de texturas diferentes, a qual fornece importantes informações sobre as propriedades e história das superfícies (Russ, 1995). Ela também é útil na classificação de imagens (Chen et al., 1997), na distinção entre tipos de paisagens, na detecção de bandas espectrais ruidosas (Qiu et al., 1999), na determinação da escala operacional dos fenômenos naturais em imagens digitais (Emerson et al., 1999), na análise da diversidade da paisagem (Olsen et al., 1993) e dos efeitos na conversão de dados em sistemas de informações geográficas (Bettinger et al., 1996), e no escalonamento aplicado às extensões espaciais, em sensoriamento remoto (Pachepsky et al., 1997), para inferência na administração, evolução, ecologia, antropia, amostragem dos recursos e simulação.

A rugosidade ou textura de uma imagem de sensoriamento remoto fornece a noção da variabilidade dos valores de brilho. Vários autores citam o uso potencial da análise fractal na produção de informação textural (Russ, 1995; Chen et al., 1997; Emerson et al., 1999).

Em vários outros campos da ciência, fractais têm também aplicações em relação à textura. A caracterização da rugosidade da superfície através de dimensões fractais tem sido aplicada à superfícies fraturadas, desgaste e erosão, corrosão, etc (Russ, 1995).

Chen et al. (1997) integraram informação de intensidade multiespectral e de textura fractal para classificar a cobertura da terra em uma imagem SPOT-HRV através de rede neural.

Emerson et al. (1999), afirmam que através do uso de um método de análise de textura geram-se índices que podem ser relacionados à influência de determinados fenômenos geográficos retratados numa imagem digital. Para uma cena imageada com uma resolução fixa, a distribuição dos índices de textura indicam a heterogeneidade dos fenômenos geográficos presentes, e índices mais altos podem estar indicando um domínio operacional de vários fenômenos simultâneos

O objetivo desse trabalho consistiu na análise de uma imagem de transformação de textura a partir de uma imagem TM/Landsat-5 no município de Viçosa – MG com a utilização de um operador de Hurst com uma amplitude de 7 pixels.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo está localizada na região do município de Viçosa - MG, compreendida entre as coordenadas geográficas 20^o41'S, 42^o48'O e 20^o51'S, 42^o57'O. As análises foram feitas em uma imagem digital TM/Landsat-5, obtida em outubro de 1994, com resolução de 30 m. A imagem analisada é formada pela composição RGB das bandas espectrais 3 (Vermelho), 4 (IV-Próximo) e 5 (IV-Intermediário), constituída por uma grade de 512 x 512 pixels.

A imagem digital foi processada, utilizando-se o “software” Idrisi for Windows, versão 2.0 (Eastman, 1998). Para a realização dos cálculos e estimativas dos índices de textura da imagem digital foi utilizado o programa Fractor, versão 1.0, desenvolvido para este trabalho.

Realizou-se a análise fractal para a imagem utilizando um operador de Hurst com uma amplitude de sete pixels, formando uma vizinhança octogonal em torno do pixel central P. O octógono é formado de 37 pixels. As classes de distâncias dos pixels no octógono ao pixel central P foram calculadas pelo Teorema de Pitágoras.

Utilizou-se o log das diferenças máximas no brilho em cada classe de distância contra o log das classes de distâncias para a realização de uma regressão linear, cujo valor da inclinação da reta estimada pela regressão é atribuído ao pixel central P.

A equação utilizada para se obter a inclinação da linha de regressão foi a seguinte:

$$\text{Inclinação} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

onde,

x é a classe de distância,

y é a diferença máxima no brilho para cada classe de distância, e

n é o número de observações.

A implementação do operador de Hurst com a amplitude de 7 pixels foi efetuada no “software” Fractor 1.0, desenvolvido para este fim.

3. Resultados e Discussão

Na imagem de transformação de textura gerada pelo Fractor 1.0, conforme **Figura 1**, observou-se uma boa impressão visual da rugosidade, a qual se evidencia nas mesmas regiões

onde a dimensão fractal foi maior em escalonamento fractal produzido previamente na imagem, e devido à variabilidade dos índices de textura, constata-se que a imagem produzida pode auxiliar com eficiência a classificação da imagem, usando informação espacial.

Áreas homogêneas, ou seja, aquelas áreas da imagem que realmente sofrem influência de pixels vizinhos de menor variação, foram indicadas na imagem de transformação de textura gerada pelo operador de Hurst (**Figura 1**). As áreas homogêneas, indicadas pelos índices próximos a zero (tom de cinza médio) indicam que poucos fenômenos estão presentes, e as áreas com índices próximos a quatro (áreas mais claras) indicam heterogeneidade ou “rugosidade”, que é a presença de um número maior de fenômenos operando.

Uma visão ampliada da ação do operador de Hurst está exemplificada na **Figura 2**. As regiões fronteiriças ou de conflitos entre os tipos de cobertura do solo exibem maior rugosidade ou uma diversidade de fenômenos geográficos em operação. Mais que realçar bordas, o operador de Hurst desempenha bem a função de separar as áreas de menor variação (as quais tendem a retornar os valores da vizinhança) das áreas de maior variação (que retornam valores discrepantes).

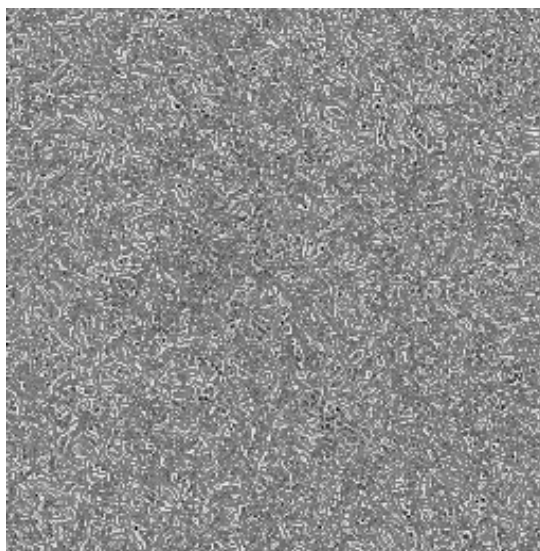


Figura 1 - Imagem de transformação de textura obtida diretamente da imagem original com um operador de Hurst.

Estudo adicional indicaria os índices de cada entidade representada na imagem digital e os índices que denotam a dinâmica topológica de cada uma. A imagem de textura também pode auxiliar na definição das amostras de treinamento usadas em classificação de imagens ou no estudo do avanço das classes retratadas.

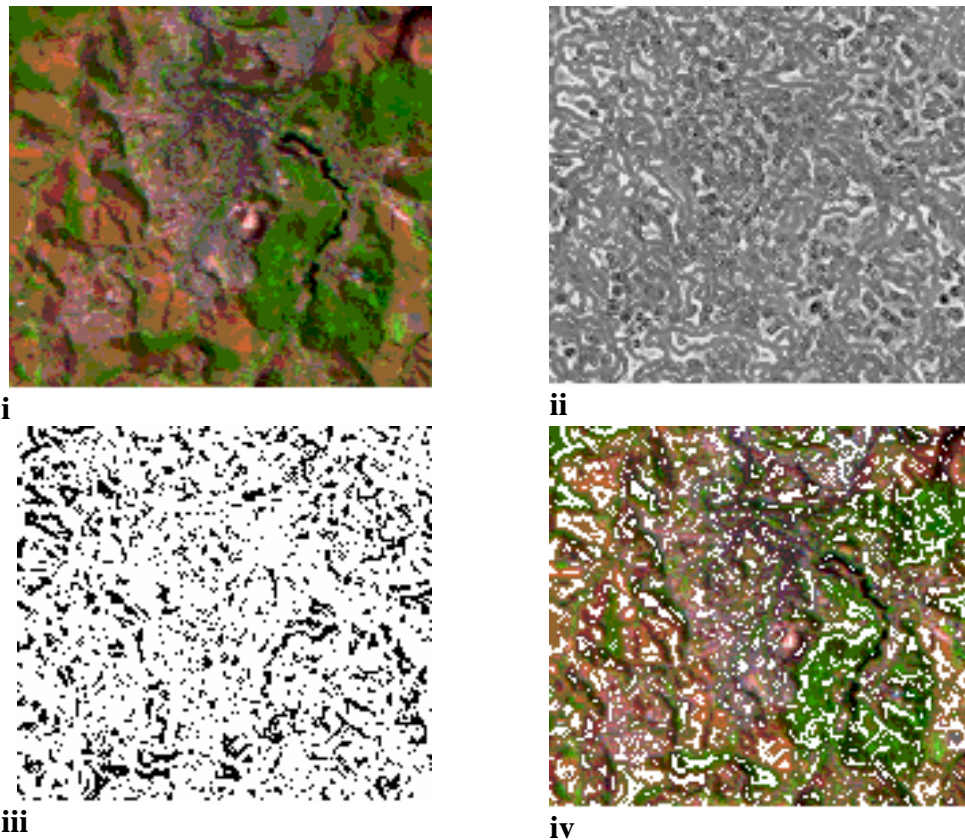


Figura 2 - Análise de textura: uma janela da imagem digital (i) foi submetida ao operador de textura de Hurst (ii), obtendo-se uma imagem binária (iii), com a qual delimitou-se as áreas rugosas na cor branca (iv).

4. Conclusões

A geração de uma imagem textural usando um operador de Hurst com amplitude de 7 pixels aplicado em uma imagem TM/Landsat-5 forneceu índices de textura com uma grande variação e com potencial de uso em escalonamento, segmentação e classificação de imagens.

Ocorreu a delimitação de regiões fronteiriças das classes vislumbradas na imagem, tais como fragmentos de vegetação arbórea, através da ocorrência de índices com valores superiores positivos. Também houve a separação de ilhas por meio da expressão dos índices inferiores com valores negativos.

A impressão visual resultante e a disposição dos índices de textura máximos confirmaram os resultados do escalonamento fractal realizado previamente sobre a imagem, no qual apresentou dimensão fractal superior nas regiões onde a imagem se apresenta rugosa pela análise visual da textura.

O tamanho da região de vizinhança usada pelo operador de Hurst neste trabalho gera muitos resultados em tabelas e efetua muitas estimativas de linhas de tendência, consumindo muito tempo de cálculo.

A aplicação de imagens texturais em estudos de monitoramento ambiental usando sensoriamento remoto é bastante versátil, mas a adequação da região de vizinhança para as várias finalidades e a comparação entre os vários métodos, ainda, demanda estudo adicional.

Apesar do desenvolvimento de um sistema computacional para a realização das análises, devido a necessidade da confecção de outros algoritmos, esta metodologia pode ser implementada nos ambientes de desenvolvimento de SIG's como o ArcGIS, possibilitando uma utilização deste método integrado a outras funcionalidades disponíveis em um SIG.

5. Referências

Bettinger, P., Bradshaw, G. A., WEAVER, G. W. Effects of geographic information system vector-raster-vector data conversion on landscape indices. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 26, n. 8, p. 1416-1425, 1996.

Chen, K. S., Yen, S. K., Tsay, D. W. Neural classification of SPOT imagery through integration of intensity and fractal information. **International Journal of Remote Sensing**, v. 18, n. 4, p. 763-783, 1997.

EASTMAN, J. R. *Idrisi for Windows - versão 2: manual do usuário*. Porto Alegre: UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240p.

Emerson, C. W., Lam, N. S., Quattrochi, D. A. Multi-Scale fractal analysis of image texture and pattern. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 1, p. 51-61, 1999.

Mandelbrot, B. **The fractal geometry of nature**. New York: W. H. Freeman & Co., 1983. 550p.

Olsen, E. R., Ramsey, R. D., Winn, D. S. A Modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 59, n. 10, p.1517-1520, 1993.

Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Gimenez, D. Fractal modeling of airborne laser altimetry data. **Remote Sensing of Environment**, v. 61, p.150-161, 1997.

Qiu, H., Lam, N. S., Quattrochi, D. A., Gamon, J. A. Fractal characterization of hyperspectral imagery. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 1, p. 63-71, 1999.

Russ, J. C. **The image processing handbook**. New York: CRC Press, 1995. 674p.