

Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais

Osmar Abílio de Carvalho Júnior
Nilton Correia da Silva

¹Departamento de Geografia - Universidade de Brasília (UnB)- Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, , 70910-900, Brasília, Distrito Federal osmarjr@unb.br

²Departamento de Sistemas de Informação - Centro Universitário de Anápolis (Unievangélica) - Avenida Universitária km 3.5 Cidade Universitária - Anápolis Goiás Brazil – Nilton@unievangelica.edu.br

Abstract

Digital change detection is the computerized process of identifying changes in the state of an object, or other earth-surface features, between different dates. During the last years, a large number of change detection methods have evolved that differ widely in refinement, robustness and complexity. This study aims to develop one program to detect and delineate landscape changes automatically over multiple scales using a formulation of spectral classifiers. The procedure calculates for each pixel the SAM, SCM or Euclidian distance value between the spectra at time, t1 and t2. Considering a high threshold value is possible to define point with the same spectral behavior and probably without alteration during the period. In particular, this method approach allows the automatic identification of the invariants points to calibrate remote-sensing images, without visual interpretation data. Users program establish the spectral change detection (SCD) method (SAM-SCD, SCM- SCD and Euclidian Distance-SCD). Thus, the program allows working simultaneously with the collection of the temporal images. This realization is an important task in landscape analysis and remote sensing.

Palavras-chave: change detection, spectral classification, digital image processing, detecção de mudança, classificação espectral, processamento digital de imagem

1. Introdução

Detecção de mudança digital é um processamento computadorizado que identifica mudanças no estado de um objeto, ou nas feições da superfície terrestre, entre diferentes datas (Singh, 1989). Essa abordagem promoveu um grande avanço no estudo de vegetação que utiliza medições das características radiativas da cobertura da superfície de um mesmo local em diferentes períodos. A natureza contínua dos dados espectrais no tempo permite desenvolver estudos envolvendo o comportamento sazonal da composição biofísica e bioquímica de dosséis e ecossistemas (Mora & Iverson, 1997; Sader et al., 1990, Stone et al., 1994). Desta forma, nos últimos anos foram propostos diferentes métodos para detecção de mudança considerando distinta complexidade, refinamento e robustez.

Um dos métodos mais simples é a comparação de imagens pós-classificação (Gordon 1980, Riordan 1980, Jensen et al. 1995 e Munyati, 2000). Nesse procedimento as imagens temporais são previamente classificadas individualmente de forma manual ou por métodos computacionais e depois são comparadas, podendo inclusive utilizar o método de tabulação cruzada.

São muito utilizados, também, os métodos de detecção de mudança que efetuam operações matemáticas de subtração e divisão entre bandas de dois tempos distintos. Esse artifício é empregado, intensamente, na identificação de desmatamento, mudança no uso do solo, entre outros propósitos (Weismiller et al., 1977, Gong et al., 1992, e Manavalan et al., 1995). Com o escopo específico de detectar mudanças da cobertura vegetal são utilizadas técnicas de subtração

e divisão de bandas temporais dos índices de vegetação (Coiner, 1980; Nelson, 1983; Singh, 1989; Coppin & Bauer, 1994; Lyon et al., 1998; Yuan & Elvidge, 1998).

Dentre os métodos de maior robustez que têm sido propostos destacam-se: (a) análise de principais componentes (Fung & LeDrew, 1987; Collins & Woodcock, 1996), (b) textura local (Lazaroff & Brennan, 1992), (c) wavelet (Carvalho et al., 2001; Collins and Woodcock, 1994), e (d) rede neural (Gopal and Woodcock, 1996; Dai and Khorram, 1997; Chan et al., 2001).

No entanto, observa-se que nenhum dos métodos fica detido na comparação direta entre os espectros de reflectância referentes aos dois períodos. O objetivo do presente trabalho é desenvolver um programa em linguagem C++ de um novo método de detecção de mudança utilizando métodos de similaridade espectral entre pixels com mesma posição geográfica.

2. Metodologia

A metodologia proposta estabelece uma análise espectral de imagens temporais, utilizando parâmetros de similaridade, para pixels posicionados em uma mesma posição geográfica. A partir do grau de similaridade presente pode-se estimar o grau de mudança ocorrido para cada ponto da imagem. Como parâmetros de similaridade utilizam-se as formulações dos classificadores espectrais.

Os classificadores espectrais baseiam-se na comparação do espectro da imagem (EI) com um espectro de referência (ER), proveniente de bibliotecas espectrais ou de membros finais das imagens. Desta forma, a identificação do material procurado é feita segundo o ajuste obtido entre as duas curvas espectrais, ou seja, um critério de similaridade. Quanto melhor for o ajuste, maior será a probabilidade da existência do material de referência no pixel da imagem. Nesse procedimento, basicamente, procura-se identificar a existência ou não do espectro de referência.

No presente trabalho ao invés de comparar um espectro de referência com o da imagem, realiza uma comparação entre dois espectros de mesma posição geográfica relativos a imagens de dois tempos diferentes (t1 e t2). Assim, são propostos novos métodos de detecção de mudança provenientes de formulações de classificadores espectrais: Spectral Angle Mapper (SAM), Spectral Correlation Mapper (SCM) e Distância Euclidiana (**Figura 1**).

2.1 Detecção de Mudança Espectral Spectral Angle Mapper (DME-SAM)

A formulação matemática do SAM (Kruse et al., 1993) é adaptada considerando os espectros relativos à imagem do tempo 1 (T1) e a imagem do tempo 2 (T2) gerando a seguinte formulação expressa na forma de ângulo em vez de porcentagem.

$$DME - SAM = \alpha = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^{i=nb} \tilde{a}(T1)_i T2_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=nb} \tilde{a}(T1)_i^2 \sum_{i=1}^{i=nb} \tilde{a}(T2)_i^2}} \quad (1)$$

Desta forma, temos que o valor do DME-SAM é expresso em radianos, sendo que, quanto menor o ângulo α , maior é a similaridade entre as curvas. O ângulo α , determinado pela função arco – coseno, apresenta uma variação entre 0° até 90°. O método DME-SAM herda os problemas do coeficiente de correlação não normalizado pela média, ou seja, a incapacidade de detectar os falsos positivos.

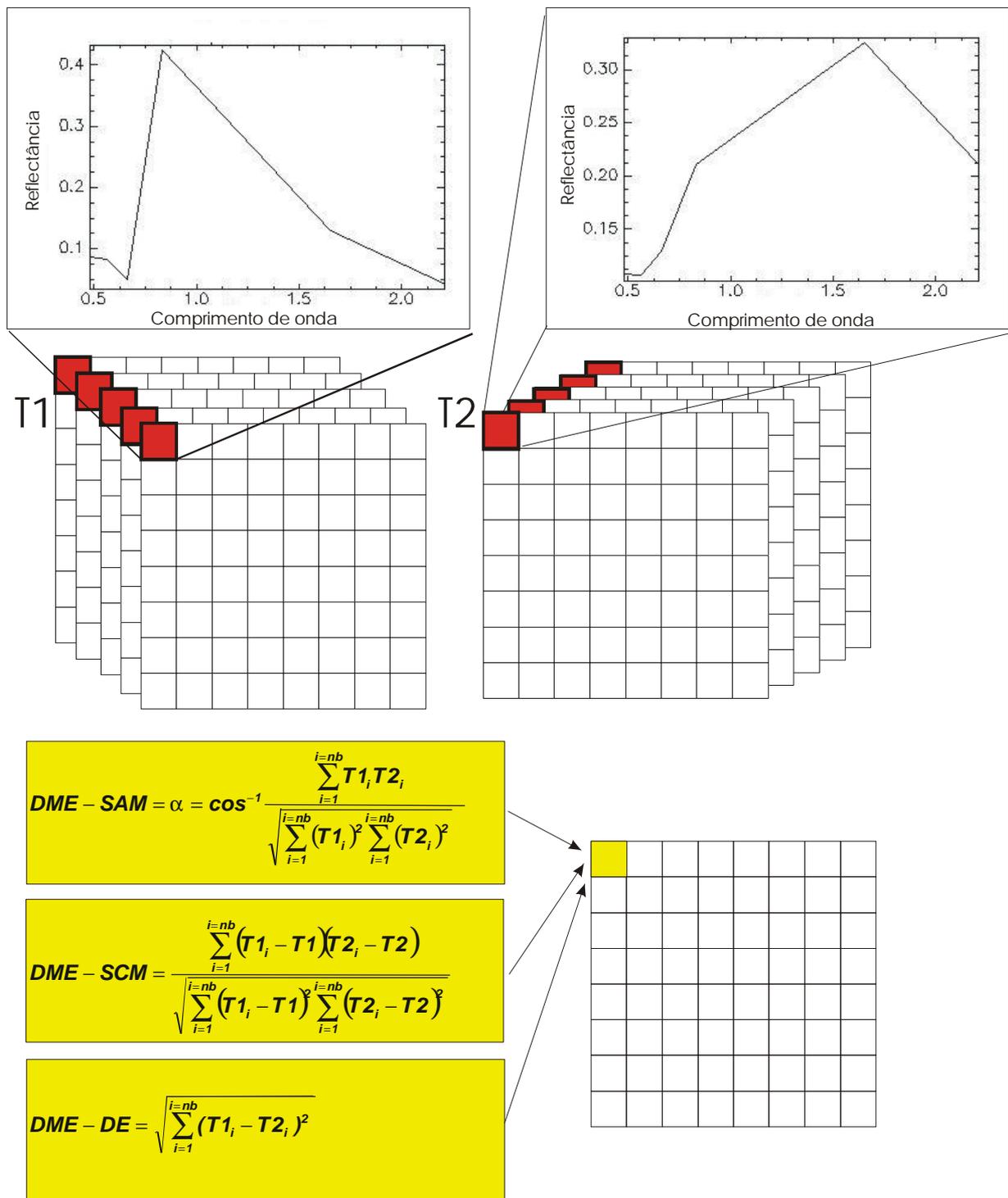


Figura 1 – Esquema do algoritmo de detecção de mudança espectral.

2.2 Detecção de Mudança Espectral Spectral Correlation Mapper (DME-SCM)

O método SCM foi proposto por Carvalho & Menezes (2000) sendo oriundo do coeficiente de correlação de Pearson variando de -1 até 1 . Esse classificador espectral apresenta como vantagem em relação aos métodos anteriores a capacidade de detecção da correlação negativa e melhor ajuste na presença de mistura espectral. No procedimento de detecção de mudança a formulação é modificada de forma a considerar os espectros multitemporais sendo expresso pela seguinte expressão:

$$DME - SCM = \frac{\sum_{i=1}^{i=nb} (T1_i - \bar{T1})(T2_i - \bar{T2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=nb} (T1_i - \bar{T1})^2 \sum_{i=1}^{i=nb} (T2_i - \bar{T2})^2}} \quad (2)$$

2.3 Detecção de Mudança Espectral Distância Euclidiana (DME-DE)

A Distância Euclidiana é uma métrica muito utilizada para comparação entre espectros e caracteriza-se pela seguinte formulação:

$$DME - DE = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=nb} (T1_i - T2_i)^2} \quad (3)$$

Nesse procedimento quanto menor a distância maior e a similaridade entre os espectros analisados.

2.4 Codificação

Esse algoritmo foi implementado no sistema de processamento digital de imagem “ABÍLIO” utilizando a linguagem C++. Esse procedimento permite determinar as variações espectrais ao longo de uma série temporal.

3. Resultados

Como resultado é gerado um módulo específico para o tratamento de detecção de mudança temporal que contém os métodos: (a) DT-SAM, (b) DT-SCM, (c) DT-MD. O módulo utiliza uma interface que permite selecionar as imagens multiespectrais relativas a dois períodos de tempo e realiza o cálculo de similaridade entre os pixels de mesma posição geográfica.

As imagens de entrada (referente aos tempos 1 e 2) necessitam estar pré-processadas nos seguintes fatores: (a) co-registradas com mesmo sistema de coordenadas (b) possuírem a mesma dimensão espacial, ou seja, com mesmo número de colunas e de linhas e (c) preferencialmente, devem estar normalizadas radiometricamente. Este último procedimento é importante e muitas vezes negligenciado. Observa-se que em uma série temporal de imagens, mesmo após a conversão para reflectância ou mesmo realizando correção atmosférica, alvos que se mantiveram invariantes ao longo do tempo apresentam espectros ligeiramente diferentes (Carvalho Júnior et al. 2005). Os procedimentos estabelecidos para a correção desse efeito são denominados na bibliografia com várias terminologias como: retificação radiométrica (Hall et al, 1991), normalização (Du et al, 2001 Gürtler et al. 2003) ou calibração (Furby e Campbell, 2001, Casselles e Lopes Garcia, 1989; Furby e Campbell, 2001; Hill e Sturm, 1991; Olsson, 1993).

O módulo referente à detecção de mudança permite a escolha das imagens multiespectrais que corresponderão ao tempo 1 e 2. O usuário, também, pode escolher o método que deseja utilizar: DME-SAM, DME-SCM ou DE-SCM (**Figura 2**).

Como saída do programa é gerada uma imagem que apresenta valores de SAM, SCM e Distância Euclidiana entre os espectros temporais dos pixels. Neste caso, os valores mais altos de SCM e os mais baixos de SAM e distância euclidiana correspondem aos pontos invariantes enquanto o inverso as áreas que sofreram maior alteração.



Figura 2 – Interface do módulo de detecção de mudança espectral do sistema ABÍLIO.

4. Conclusão

O presente trabalho um novo método de detecção de mudança que considera a análise espectral a partir de índices de similaridade utilizados por classificadores espectrais. Os métodos SAM e o SCM apresentam vantagem de identificar espectros similares mesmo com variações de sombreamento. Esse procedimento não se limita a apenas uma banda como os usuais métodos de subtração e divisão, ao invés disso considera todo o espectro permitindo uma maior acurácia na análise. A imagem de saída permite identificar, facilmente, os pontos invariantes na imagem como os que sofreram modificação. Além disso, o programa desenvolvido é amigável e de fácil manuseio.

Referências

Carvalho Júnior, O.A., Guimarães, R.F., Carvalho, A.P.F. Gomes, R.A.T., Melo, A.F., Silva, P.A. Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba (MG). In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 473-480

Carvalho Júnior, O.A., Menezes, P.R. Spectral Correlation Mapper (SCM): An Improving Spectral Angle Mapper. In: **Summaries of the Ninth JPL Airborne Earth Science Workshop**, vol. 1, AVIRIS Workshop, R. Green, Ed., Pasadena, CA, 2000, JPL Publ. 00-18, pp. 65-74.

Carvalho, L.M.T., Fonseca, L.M.G., Murtagh, F., Clevers, J.G.P.W. Digital change detection with the aid of multiresolution wavelet analysis. **International Journal of Remote Sensing**, 22, 3871–3876. 2001.

Casselles, V. & Lopez Garcia, M. J. An alternative simple approach to estimate atmospheric correction in multitemporal studies. **International Journal of Remote Sensing** 10: 1127-1134, 1989.

- Chan, J.C.W., Chan, K.-P., Yeh, A.G.-O., 2001. Detecting the nature of change in an urban environment: a comparison of machine learning algorithms. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 67, 213–225.
- Coiner, J.C. Using Landsat to monitor changes in vegetation cover induced by desertification processes. **Proceeding of the 14th International Symposium on Remote Sensing of Environment**. Ann Arbor, MI: Environmental Research Institute of Michigan, 3(4): 1341-1351, San Jose, Costa Rica. 1980.
- Collins, J.B., Woodcock, C.E., 1994. Change detection using the Gram-Schmidt transformation applied to mapping forest mortality. **Remote Sensing of Environment**, 50, 267–279.
- Collins, J.B., Woodcock, C.E., 1996. An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, 56, 66–77.
- Coppin, P.R. & Bauer, M.E. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 60(3): 287–298. 1994.
- Dai, X., Khorram, S. Development of new automated land cover change detection system from remotely sensed imagery based on artificial neural networks. In: **Proceedings of the 1997 International Geoscience Remote Sensing Symposium (IGARSS 97)**, 1997, pp. 1029–1031. 1997.
- Du, Y.; Cihlar, J.; Beaubien, J. & Latifovic, R. Radiometric normalization, composition, and quality control for satellite high resolution image mosaics over large areas. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing** 39: 623-634, 2001.
- Fung, T., LeDrew, E. The application of principal components analysis to change detection using various accuracy indices. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 53, 1649–1658. 1987.
- Furby, S. L. & Campbell, N. A. Calibrating images from different dates to .like-value. digital counts. **Remote Sensing of Environment** v. 77, p. 186-196, 2001.
- Gong, P., Ledrew, E.F. & Miller, J.R. Registration–noise reduction difference images for change detection. **International Journal of Remote Sensing**, 13: 773–779. 1992.
- Gong, P., LeDrew, E.F., Miller, J.R. Registration–noise reduction difference images for change detection. **International Journal of Remote Sensing** 13, 773–779. 1992.
- Gordon, S., 1980. Utilizing Landsat imagery to monitor land use change. *Remote Sens. Environ.* 9, 189–196.
- Gürtler S., Luiz A. J. B., Epiphanyo, J. C. N. Uniformização de imagens Landsat para previsão de safras agrícolas. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 11, Belo Horizonte, Brasil. **Anais XI SBSR**. São José dos Campos: INPE, p. 109-116, 2003.
- Hall, F. G.; Strebel, D. E. & Nickeson, J. E.; Goetz, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images. **Remote Sensing of Environment** 35: 11-27, 1991.
- Hill, J. & Sturm, B. Radiometric correction of multitemporal Thematic Mapper data for use in agricultural landcover classification and vegetation monitoring. **International Journal of Remote Sensing** 12: 1471-1491, 1991.
- Jensen, J.R., Rutchey, K., Koch, M.S., Narumalani, S. Inland wetland change detection in the Everglades water conservation area 2A using time series of normalized remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 61, 199–209. 1995.
- Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.W., Heidedbrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J., Goetz, A.F.H. The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data. **Remote Sensing of Environment** 44:145-163. 1993.
- Lyon, J.G., Yuan, D., Lunetta, R.S. & Elvidge, C.D. A change detection experiment using vegetation indices. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 64: 143–150. 1998.
- Manavalan, P., Kesavasamy, K. & Adiga, S. Irrigated crops monitoring through seasons using digital change detection analysis of IRD-LISS 2 data. **International Journal of Remote Sensing** 16: 633– 640. 1995.
- Manavalan, P., Kesavasamy, K., Adiga, S. Irrigated crops monitoring through seasons using digital change detection analysis of IRD-LISS 2 data **International Journal of Remote Sensing** 16, 633– 640. 1995.

- Mora, F., & Iverson, L. R. Dynamic stratification of the landscape of Mexico: analysis of vegetation patterns observed with multitemporal remotely sensed images. **Geocarto International**, 12: 73–87. 1997.
- Munyati, C. Wetland change detection on the Kafue Flats, Zambia, by classification of a multitemporal remote sensing image dataset. **International Journal of Remote Sensing** 21, 1787–1806. 2000.
- Nelson, R.F. Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 49: 1303–1314. 1983.
- Olsson, H. Regression functions for multitemporal relative calibration of Thematic Mapper data over boreal forest. **Remote Sensing of Environment** 46: 89-102, 1993.
- Riordan, C.J. Non-urban to urban land cover change using Landsat data. **Summary** report of the Colorado Agricultural Research Experiment Station, Fort Collins, CO. 1980.
- Sader, S. A., Stone, T. A., & Joyce, A. T. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using nonphotographic sensors. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 56: 1343–1351. 1990.
- Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, 10: 989–100. 1989.
- Singh, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing** 10, 989–1003. 1989.
- Stone, T. A., Schlesinger, P., Houghton, R. A., & Woodwell, G. M. A map of the vegetation of South America based on satellite imagery. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 60: 541–551. 1994.
- Weismiller, R.A., Kristof, S.J., Scholz, P.E., Anuta, P.E. & Momin, S.A. Change detection in coastal zone environments. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 43: 1533–1539. 1977.
- Weismiller, R.A., Kristof, S.J., Scholz, P.E., Anuta, P.E., Momin, S.A. Change detection in coastal zone environments **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 43: 1533–1539. 1977.
- Yuan, D. & Elvidge, C. NALC land cover change detection pilot study: Washington D.C. area experiments. **Remote Sensing of Environment**, 66:166–178. 1998.