

2 Trabalhos anteriores

Este capítulo apresenta algumas metodologias e sistemas de classificação de imagens de sensoriamento remoto, incluindo as iniciativas baseadas em conhecimento e, em particular, métodos voltados à análise de imagens multitemporais.

2.1. Classificação a partir de imagens de sensores remotos

Um dos principais pré-requisitos para a gestão eficiente do uso do solo é a existência de informação sobre seus padrões de cobertura e as modificações que ele sofre ao longo do tempo. Esta informação é importante e necessária a governantes e legisladores, de forma a planejar e determinar uma política para a melhor utilização da terra, projetar o transporte e a demanda de serviço público, identificando os pontos e as áreas potenciais para o desenvolvimento territorial no futuro. (Anderson, 1976)

Por outro lado, as contínuas melhorias das características dos sensores orbitais têm aumentado a importância do sensoriamento remoto para aplicações reais, como mapeamento, agricultura, reflorestamento, extração de óleo e mineral, monitoração do meio-ambiente e prognóstico de desastres naturais (Melgani, 2003).

Neste sentido, é cada vez maior o interesse no desenvolvimento de novos métodos e aplicações baseados em sensoriamento remoto para fins de planejamento e projeto de diferentes setores da sociedade nos últimos anos.

É o caso, por exemplo, de Zhang et al. (2001), que investiga as implicações das queimadas no padrão de vegetação das savanas tropicais australianas, utilizando imagens Landsat/TM e medidas ecológicas em sistemas de informação geográfica (SIG). O método emprega a classificação espectral não-supervisionada baseada em pixel, com o algoritmo ISODATA em conjunto com seleção manual,

gerando as classes espectrais de maneira a produzir uma imagem binária que indica áreas potencialmente afetadas pelo fogo. Os resultados obtidos, com taxa de acerto pouco acima de 90%, indicam que o maior impacto das queimadas ocorre na metade da estação de seca.

Lee (2003) busca analisar seqüências de imagens de alta resolução nas quais se observa variabilidade sazonal. Sua proposta envolve um procedimento de cálculo de componentes harmônicas (seno e co-seno) para a seqüência de imagens, modelando a intensidade de pixel como um processo harmônico de acordo com as componentes determinadas. As harmônicas calculadas são então utilizadas numa classificação usando aglomeração hierárquica multi-estágio, baseada na máxima verossimilhança.

Este tipo de classificação multi-estágio é também utilizado por Chen et al (2004) que propõe um método para a monitoração de áreas de solo exposto, que são uma fonte relevante das tempestades de areia ocorridas no norte da China, o que acarreta graves problemas econômicos, sociais e ambientais para aquela região. São utilizadas cinco imagens Landsat de datas diferentes, empregando o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN), e também outro definido como índice de solo exposto (BI – do inglês *bare soil index*). Os resultados do estudo revelam que o método proporciona uma ferramenta eficaz de análise da variação sazonal e inter-anual das áreas de solo exposto e mostra que elas aumentaram ao longo do tempo, o que pode ter ocasionado a ampliação da magnitude das tempestades de areia.

Já o trabalho de Xu (2004) apresenta um método de sinergia entre imagens Radarsat SAR e Landsat ETM, com fins de monitoração da estrutura agrícola na China. A classificação utiliza técnicas oriundas da teoria dos conjuntos nebulosos para construir as regras de decisão para a aglomeração de classes. O método é baseado em objetos, ou seja, ao invés de classificar pixels individualmente, classificam-se segmentos. A superioridade da classificação baseada em objetos em relação à classificação por pixel tem sido advogada por um número crescente de pesquisadores atualmente, como por exemplo, em Darwish (2003), Niemeyer (2001) e Esch (2003). Os resultados obtidos mostram que a combinação dos dois tipos de imagem produz acurácia elevada quando se utiliza classificação baseada em objetos.

2.2. Classificação baseada em conhecimento

Conforme mencionado na seção anterior, o desenvolvimento e a melhoria da qualidade dos sensores remotos implicam no aumento da necessidade de técnicas eficientes de análise deste tipo de dados. Neste sentido, têm sido muito exploradas, recentemente, as técnicas baseadas em conhecimento (Matsuyama, 1990; Liedtke, 1997; Bückner, 2001; Müller, 2003), que buscam modelar, por computador, o conhecimento que um especialista ou foto-intérprete utiliza na interpretação visual de imagens de sensores remotos. O objetivo destes sistemas é traduzir, num conjunto de ações automáticas, a lógica de raciocínio do foto-intérprete.

Matsuyama (1990) desenvolveu o sistema SIGMA de controle hierárquico para reconhecer objetos de imagens aéreas utilizando a informação em múltiplos níveis de detalhes, dividido em: características primitivas, seleção dos objetos, reconhecimento e interface com usuário.

Outro sistema com estrutura hierárquica análoga é o AIDA (*Automatic Image Data Analyser*), apresentado por Liedtke (1997). Nele se utilizam redes semânticas para representação explícita do conhecimento prévio dos objetos presentes na imagem, as quais detêm propriedades e relações dos diferentes nós. A informação proveniente de uma base de dados de SIG é empregada em uma interpretação parcial de maneira a produzir regras de inferência para a interpretação dos objetos. O sistema proposto vale-se da base de conhecimento para atribuir significado às primitivas de imagem, gerando assim uma descrição simbólica da cena. O modelo foi empregado na classificação de imagens multitemporais adquiridas por múltiplos sensores (Grove, 1999).

Uma generalização do sistema acima citado foi proposta pouco depois (Bückner, 2001; Liedtke, 2001), intitulando-se GeoAIDA. Este novo sistema faculta o uso de operadores holísticos em todos os níveis da rede semântica, aumentando assim o grau de liberdade relativo à sua hierarquia de níveis. Desta forma é possível extrair regiões de imagem de maneira abstrata sem a necessidade de executar o reconhecimento detalhado dos componentes destas regiões. Este sistema é capaz de incorporar os operadores holísticos aos nós da rede, tratando a

imagem de forma estrutural nos casos em que estes operadores sejam impossibilitados de atuar. O sistema é flexível à classificação de imagens multisensores, por sua capacidade de controle holístico e simultânea análise estrutural. A principal vantagem destes métodos é a redução do tempo gasto na interpretação do conhecimento, que envolve pesada carga computacional.

O sistema GeoAIDA é aplicado no trabalho de Müller et al. (2003) para a interpretação de imagens de satélite SPOT 3 XS, adquiridas para uma área da cidade de Teresópolis, no estado do Rio de Janeiro, utilizando as bandas 1, 2 e 3. A base de conhecimento da cena, empregada pelo sistema GeoAIDA, foi fornecida por um foto-intérprete, o qual também produziu a interpretação visual utilizada como referência nos experimentos produzidos. O esquema proposto indica que muitas vezes as dúvidas surgidas na interpretação visual pelo foto-intérprete são sanadas com a visita em campo, o que não pode ser reproduzido num sistema automático. Ainda assim, os resultados obtidos demonstram o potencial dos modelos baseados em conhecimento para a interpretação de imagens de satélite de baixa resolução.

2.3.

Classificação baseada em conhecimento multitemporal

A análise de seqüências temporais de imagens de sensoriamento remoto pode extrair informação de excelente qualidade e em grande quantidade, para determinada área geográfica em que se tenha interesse. A integração da dimensão temporal em um esquema de classificação permite aperfeiçoar expressivamente seus resultados, em termos de acurácia e confiabilidade (Melgani, 2003). Por conseqüência, é natural que este tipo de classificação baseada em conhecimento tenha ganhado vulto nos últimos anos.

Em O'Hara (2003) é apresentado um método de classificação de uso e cobertura do solo para áreas urbanas, baseado em informação multitemporal sazonal das épocas de outono e primavera. A classificação é feita em duas etapas. A primeira, não-supervisionada, com o método ISODATA para a aglomeração de classes, permite derivar regras de decisão para a classificação da segunda etapa, utilizando também a inspeção visual. Então é feita a classificação supervisionada

baseada na máxima verossimilhança, a partir das assinaturas espectrais obtidas na primeira etapa.

Melgani (2003) faz uso do método de Campo Aleatório de Markov (CAM) para a integração de informação temporal e contextual na classificação das imagens. Os parâmetros do CAM são determinados com base no conceito de mínima perturbação, implementado com a técnica da pseudo-inversa para a minimização da soma do erro quadrático. A proposta apresentada emprega informação temporal bidirecional, e desta forma obtém melhor desempenho de classificação, comparado ao do classificador de informação unidirecional.

Em (Pakzad, 2003), é apresentado um procedimento para a interpretação multitemporal de imagens LANDSAT TM para a região da bacia de Taquari, no estado do Mato Grosso do Sul. A modelagem da informação multitemporal se dá com base nas possibilidades de transição de classes. As limitações de possibilidades de transição são derivadas de condicionantes biológicos e restrições de lei. O método proposto reduz o espaço de busca, e conseqüentemente, os erros de classificação.

A mesma área geográfica é alvo da pesquisa apresentada por Mota (2004), na qual é proposto um modelo de classificação baseada em conhecimento para imagens de satélite Landsat-7 ETM. O modelo busca reproduzir o raciocínio do foto-intérprete no que concerne a diferentes tipos de informação: espectral, contextual e multitemporal. Os resultados são promissores e indicam a possibilidade de aumento da produtividade na interpretação de imagens, com o uso de métodos automáticos.

Em Campos (2005) é apresentada uma metodologia de classificação para imagens de satélite Landsat-5 TM, que combina informação espectral e multitemporal utilizando técnicas oriundas da teoria dos conjuntos nebulosos. O método se baseia nas possibilidades de transição de classes estimadas a partir de dados históricos da área da cidade do Rio de Janeiro, utilizando algoritmos genéticos. Os resultados mostram um importante ganho de desempenho da classificação em relação à classificação puramente espectral.