

A REPRESENTAÇÃO DE COMPOSIÇÕES COLORIDAS POR UM ESPAÇO DE ATRIBUTOS REDUZIDO

MARIA DE LOURDES BUENO TRINDADE¹
MARCUS ROGÉRIO DE OLIVEIRA²
NILTON NOBUHIRO IMAI¹

UNESP - Universidade Estadual Paulista - FCT
Caixa Postal 957
19060-900 Presidente Prudente - SP
ueppr@brfapesp.bitnet

¹Departamento de Cartografia
²Polo Computacional

Resumo. Da abordagem digital das técnicas de Sensoriamento Remoto nas atividades de ensino e treinamento na FCT/UNESP, resultou a necessidade de visualizar composições coloridas de dados multiespectrais em estações gráficas PROCEDA, com capacidade de representar apenas 256 cores simultaneamente. O procedimento adotado permite reduzir o espaço de atributos presentes nestas composições coloridas, de modo similar ao processo disponível na configuração reduzida do SITIM. Para verificar a viabilidade do método foi desenvolvido um experimento, utilizando diferentes combinações de bandas, a fim de comparar as composições coloridas geradas com as respectivas composições de atributos originais, através da análise dos desvios apresentados. Os resultados obtidos validam o método utilizado e demonstram a importância de uma análise prévia dos dados a serem representados, principalmente nos casos em que se utiliza bandas com maior conteúdo informacional.

Abstract. Display of color compositions of multispectral data sets by PROCEDA graphics systems is necessary in teaching and human resources training at FCT/UNESP. As these systems are capable of displaying only 256 colors simultaneously, a procedure that allows for reduction of color combinations was implemented. An experiment using different spectral band combinations was performed to evaluate the reduced color compositions. The analysis was based on differences between the accomplished color composition and the original data sets. The results show the potential of the method application and the importance of a preliminary analysis of multispectral data, mainly when spectral bands with more informational contents are utilized.

Introdução

Tendo em vista a necessidade de visualização de composições coloridas de dados multiespectrais de Sensoriamento Remoto para fins de ensino e treinamento, e face a disponibilidade de um Laboratório Didático na FCT/UNESP, equipado com Estações Gráficas PROCEDA, com capacidade de representar apenas 256

cores simultaneamente, buscou-se uma alternativa que permitisse reduzir o espaço de atributos presentes em composições coloridas, para uma visualização em tais estações.

Adotando-se um processo similar àquele disponível na configuração reduzida do SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens), desenvolvido pelo INPE, concebeu-se um procedimento que preserva a estrutura básica dos

algoritmos de visualização de dados multiespectrais presentes nesta versão do SITIM, e que consiste basicamente de uma fase inicial de amostragem; da aplicação de um algoritmo de classificação não supervisionada (K-Médias) ao conjunto amostral; e finalmente, da classificação de todo espaço de atributos.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é delinear a abordagem adotada para a representação de composições coloridas por um espaço de atributos reduzido, bem como apresentar um procedimento experimental que possibilite uma análise crítica do potencial de aplicação do método.

Fundamentação Teórica

Para a manipulação e análise dos dados de Sensoriamento Remoto, as características consideradas mais significativas dos dados de uma imagem são o número de bandas e sua localização ao longo do espectro eletromagnético; a resolução espacial, relacionada com as dimensões do pixel no terreno e a resolução radiométrica. Esta última descreve o intervalo de valores de brilho disponível para sua representação, sendo tais valores expressos na forma binária, ou bits; e o próprio intervalo como número de bits (Richards, 1986).

Conforme ressalta Lillesand and Kiefer (1987), os valores de brilho que constituem uma imagem digital são registrados, geralmente, como um número compreendido entre 0 e 255. Este intervalo representa um conjunto de inteiros que constituem 8 bits na escala binária usada em computadores digitais. Assim, em seu formato numérico, os dados de uma imagem podem ser analisados com auxílio de computadores, o que permite que os padrões espectrais dos dados de Sensoriamento Remoto sejam minuciosamente examinados.

Neste contexto, as imagens digitais podem ser visualizadas como composições coloridas aditivas usando as três cores primárias: vermelho, verde e azul

(RGB), cada qual associada a uma banda espectral. Deste modo, ainda de acordo com Lillesand and Kiefer (1987) para um display com 8 bits por pixel de codificação de dados, o intervalo de valores de brilho possível para cada componente de cor é 0 até 255, o que significa 256^3 (ou 16.777.216) combinações possíveis de números digitais vermelhos, verdes e azuis que podem ser visualizados em uma composição colorida, de modo que cada pixel possa ser representado pela sua posição em um sistema de coordenadas tridimensionais.

As visualizações em RGB são extensivamente utilizadas em processamento digital de Sensoriamento Remoto para a elaboração de composições coloridas normais, infra-vermelhas falsa-cor e outras composições arbitrárias. A geração destas composições coloridas é geralmente realizada dentro de um ambiente de hardware especializado que inclui uma unidade de visualização com três placas gráficas. Assim, três bandas espectrais de uma cena, são carregadas nestas três placas e associadas às cores vermelho, verde e azul (RGB) de um monitor de vídeo de alta resolução, de modo que, cada elemento da imagem multiespectral corresponda a uma tripla (RGB), cujos valores indicam o nível de cada cor primária na composição do elemento.

Esta tarefa pressupõe a disponibilidade de um sistema de processamento de imagens similar ao SITIM que utiliza um dispositivo, para a visualização com quatro canais de $M \times N \times 8$ bits, além de uma tabela de cores ("Look-up Table") de 256 posições programáveis. A unidade de visualização, UVI-150, da configuração reduzida do SITIM, desenvolvimento pelo INPI, compõe-se de apenas uma placa de $1.024 \times 1.024 \times 8$ bits e a mesma tabela de cores, e nesta configuração o procedimento padrão para visualização de uma composição colorida torna-se impraticável.

Uma solução alternativa para este problema de configuração reduzida é apresentada por Bins et al. (1988), os

quais utilizam um algoritmo que transformar um conjunto de três imagens em uma única imagem associada a uma tabela de cores que permite mapear a imagem transformada para valores correspondentes das três cores primárias. Trata-se, no caso, de uma redução do espaço de cores, que utiliza o algoritmo "K-médias" para seleção das cores, e a distância euclidiana no espaço de cores para classificação/redução das informações.

Na tarefa de classificação pode-se utilizar qualquer algoritmo de agrupamento ("clustering"), uma vez que sua função é determinar os agrupamentos espectrais naturais de um conjunto de dados. O método "K-médias" permite que o analista/intérprete defina inicialmente o número de "clusters" nos quais os dados serão agrupados para que o algoritmo possa distribuir os centros dos "clusters" no espaço multidimensional de medições. Cada pixel da cena será, designado para o "cluster", que apresentar um vetor de médias mais próximo (no caso, com base na distância euclidiana) e, após todos os pixels terem sido classificados, os vetores das médias para cada um dos "clusters" são recalculados. Estes vetores são, então, usados como base para reclassificar os dados da imagem e o processo continua até que não haja alteração significativa na posição dos vetores das médias das classes entre as sucessivas iterações do algoritmo.

Geração das Composições Coloridas

Para realizar a tarefa de geração das composições coloridas por um espaço de atributos reduzido, foi implementada uma rotina, baseada na concepção de Bins et al. (1988).

Em linhas gerais o método utilizado consiste de uma fase inicial de amostragem desenvolvida sem a supervisão do usuário. Os pontos amostrados são armazenados em uma estrutura lógica na forma de árvore, sendo que cada nó desta árvore (máximo de 3.000 triplas) representa um vetor de atributos não repetido no espaço

multiespectral. Em seguida, o conjunto amostral é submetido a um algoritmo iterativo de agrupamento ("clustering"), no caso o K-médias, de modo a agrupar os vetores de atributos em número de cores designadas pelo usuário, por exemplo, em 256 agrupamentos para gerar um composição com 256 cores.

Posteriormente, o centro dos agrupamentos definidos a partir da amostra, são utilizados para a codificação de toda a imagem, ou seja, é calculada a distância Euclidiana entre cada pixel da imagem e cada um dos centros, sendo os pixels codificados com base na menor distância.

Experimento e Análise das Composições Coloridas

A fim de sistematizar a análise das composições coloridas geradas, foram estabelecidos uma série de testes, levando em consideração critérios referentes a:

- intervalo dinâmicos dos valores de brilho das bandas espectrais, avaliado através de seus respectivos histogramas de frequência;

- número de centros de agrupamentos gerados a partir de esquemas de amostragens pré-estabelecidos;

- disponibilidade de meios para avaliar quantitativamente as composições coloridas geradas, através da análise da frequência dos desvios resultantes da diferença entre as triplas da imagem multiespectral e as triplas associadas aos pixels na imagem codificada, e calculada em termos de distância Euclidiana.

Tais teste foram desenvolvidas utilizando-se dados multiespectrais TM/LANDSAT, referentes a segmentos de imagens de 600 x 600 pixels extraídos da cena 221/57 quadrante B, disponível nas 6 bandas dos espectro refletido e adquiridas em duas datas de passagem do satélite distintas: 10/10/87 e 09/08/88. Ressalta-se que os dados espectrais da passagem mais recente foram submetidos a um processo de

reamostragem, resultado na sua homogeneização.

Os valores de brilho máximo e mínimo, bem como a variação deste intervalo para seis bandas espectrais analisadas, em cada uma das passagens, estão indicados na tabela 1.

A seguir, na tabela 2, estão ilustradas as composições coloridas geradas a partir de diferentes combinações de bandas, em relação aos parâmetros utilizados na sua elaboração, também para as duas passagens consideradas. A fim de proceder esta análise considerou-se um fator de amostragem fixo, através da intercalação de cinco pixels entre colunas e vinte pixels entre linhas. Além disso, o deslocamento máximo admitido, entre centros anteriores e posteriores, no processo de agregamento foi fixado em 1 (um). Para determinar a distância mínima inicial para gerar os centros de agrupamento, foi considerado o intervalo dinâmico apresentado pelos dados no espaço multiespectral, e utilizada a distância Euclidiana.

Analisando os parâmetros indicados na tabela 2, percebe-se que as imagens mais homogêneas (data de passagem de 09/08/88), são amostradas a partir de um número menor de nós, pois de um modo geral para um mesmo número de pontos pesquisados, é mais difícil completar os 3.000 pontos não repetidos, disponíveis na árvore.

No que se refere ao número de nós a serem classificados e o número de iterações para geração dos 256 centros de "clusters", os parâmetros mostram que para um mesmo número de iterações deverá ser maior quando a imagem é homogênea.

Por outro lado, este comportamento não pôde ser observado nas combinações das bandas 123, 234 e 237, o que é decorrente do menor número de nós formados nestas composições, provocando uma redução no número de elementos a serem classificados. Percebe-se que isto ocorre em composições onde são usadas pelo menor duas bandas pertencentes ao espectro visível. Porém, quando da

inclusão da banda 5 nestas condições, o número de nós formado é mais elevado, em consequência da introdução de uma banda que apresenta um maior conteúdo informacional (ver tabela 01).

Para avaliar o efeito da amostragem sobre a geração das composições coloridas, utilizou-se um fator de intercalação entre linhas e colunas, diferentes para as combinações de bandas referentes a passagem de 10/10/87. Os indicadores relacionados com alteração do quadro amostral são indicados na tabela 03. A amostragem A refere-se a um fator de intercalação entre colunas de 5 e entre linhas de 20, enquanto que em B, utilizou-se um intervalo de 2 e 5, respectivamente para colunas e linhas.

Cabe esclarecer que os indicadores estatísticos para diferentes combinações de bandas foram determinados a partir do cálculo dos desvios, resultantes da diferença entre as triplas na imagem multiespectral e as triplas associadas ao pixel na imagem codificada. Tais indicadores referem-se a valores de desvios máximos e mínimos, média, variância, moda, primeiro, segundo, terceiro quartis, além do nonagésimo e nonagésimo quinto percentis, e foram calculados a partir de dados amostrais, considerando 10% dos dados disponíveis.

Considerando a combinação de bandas 123, a análise das estatísticas dos desvios permite observar que somente 5% dos desvios apresentam-se diferentes, quando se compara os produtos obtidos pelas duas amostragens, ou seja, no caso B o resultado é ligeiramente melhor. Isto não se reflete em termos de visualização das composições geradas pois estas são aparentemente similares. De um modo geral, a elaboração deste tipo de composição não oferece maiores problemas em termos de codificação, sendo o produto obtido, satisfatório.

Em relação à combinação 234, estatisticamente, os desvios apresentam média e variância diferentes para as duas amostragens, sendo a amostragem com menor intercalação (B) aparentemente pior. Visualmente, no

entanto, esta diferença não é perceptível, tendo-se notado, inclusive, maior perda de detalhes na codificação de A, em relação a B.

Visualmente, em combinações onde é utilizada pelo menos uma banda com maior conteúdo informacional (banda 5) percebe-se que, no produto resultante, ocorrem algumas áreas com uma aparência de imagem classificada, sendo este problema mais agravante na amostragem reduzida (B).

Nas combinações de bandas 345 e 457, os indicadores estatísticos mostram menores desvios para o procedimento de amostragem B. Visualmente porém, devido a amostragem localizada de B restringir-se às cinquenta primeiras linhas da imagem, os produtos resultantes apresentam-se com maiores problemas nas últimas linhas da cena, onde ocorrem alguns padrões diferenciados que não foram amostrados.

As composições 347 mostram resultados visuais bastante similares para os dois procedimentos de amostragem realizados, o que é confirmado pelas estatísticas dos desvios apresentados na tabela 3.

Nas composições geradas usando as combinações de bandas 357 e 235, pode-se notar que os desvios tendem a apresentar diferenças a partir do terceiro quartil, em detrimento do produto resultante da amostragem B. Tal observação se confirma visualmente nas composições, e é decorrente de um maior grau de generalização na codificação, quando é feita a amostragem em uma área restrita da cena.

CONCLUSÃO

Em uma primeira análise, pode-se afirmar que o trabalho cumpriu a finalidade principal a que se propunha, ou seja, possibilitou a representação de composições coloridas por um espaço de atributos reduzido, de modo a que pudessem ser visualizados em estações gráficas PROCEDA, com capacidade de representar apenas 256 cores simultaneamente.

A partir da série de experimentos realizados, nos quais foram comparadas as composições coloridas obtidas com as respectivas composições de atributos originais através da análise dos desvios apresentados, pode-se concluir que o procedimento de codificação utilizado é viável, quando o objetivo é a redução de atributos para representar dados multiespectrais de Sensoriamento Remoto na forma de composições coloridas. Além disso, permitiram reafirmar a importância da análise prévia dos dados a serem representados, principalmente nos casos em que se utiliza bandas espectrais com um maior conteúdo informacional.

Ainda com base nos experimentos pôde-se observar que, quando se utiliza um padrão de amostragem que a torna restrita a uma área inicial da imagem, a codificação no extremo final da cena fica prejudicada, em função da amostragem total limitar-se a poucas linhas iniciais. No entanto, em alguns casos, esta amostragem mais localizada consegue captar nuances que escapam à uma amostragem mais abrangente. Uma maneira de contornar este problema poderia ser através da aquisição de amostras em posições selecionadas na cena, de modo a se incluir os diversos padrões espectrais nela verificados.

LITERATURA CITADA

- BINS, L.S.; SOUZA, R.C.M.; ERTHAL, G.J. Visualização de imagens multiespectrais em sistemas gráficos. ANAIS. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, V, Natal, RN. vol2, p. 512-516 1988.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. 2nd Ed. John Wiley & Sons, 1987.
- RICHARDS, J. A. Remote Sensing Digital Analysis : an Introduction. Springer-Verlag, 1986.

Tabela 01 : Intervalo dinâmico de valores de brilho referentes às duas passagens do satélite.

Valores de Brilho Bandas Espectrais	Data de Passagem 10/10/87			Data de Passagem 09/08/88 (Reamostrado)		
	Min.	Max.	Variação	Min.	Max.	Variação
1	54	75	75	54	100	46
2	19	57	57	20	50	30
3	13	96	96	18	71	54
4	0	199	199	15	87	72
5	2	212	210	2	147	145
7	0	133	133	0	76	76

Tabela 02. composições coloridas elaboradas a partir de diferentes composições de bandas, para as duas datas de passagem consideradas e respectivos parâmetros

Parâmetros		Número de linhas	Número de Pontos Pesquis.	Número de nós	Dist. mínima inicial	Número de iterações	Média dos desvios	Desvio Padrão da média
Composições								
Comb. de bandas	Data de passagem							
123	10/10/87 09/08/88 reamostr.	580 580	3,600 3,600	1,812 643	05 01	105 33	1,3711 2,0519	1,2728 2,5725
234	10/10/87 09/08/88 reamostr.	580 580	3,600 3,600	2,515 1,532	13 03	56 37	1,8856 2,1890	1,4778 2,2816
345	10/10/87 09/08/88 reamostr.	520 580	3,200 3,600	3,000 2,985	30 09	40 50	5,5452 3,7128	6,8000 2,9573
457	10/10/87 09/08/88 reamostr.	520 580	3,171 3,568	3,000 3,000	32 11	28 36	5,2276 2,9588	5,0864 2,8761
347	10/10/87 09/08/88 reamostr.	560 580	3,459 3,600	3,000 2,495	22 06	38 38	3,0718 2,8614	2,2773 2,4963
357	10/10/87 09/08/88 reamostr.	560 580	3,429 3,600	3,000 2,599	23 10	128 166	4,1371 2,4615	4,8789 2,1869
235	10/10/87 09/08/88 reamostr.	580 580	3,600 3,600	2,888 2,016	14 05	56 107	3,2774 2,2289	6,9362 2,1075
237	10/10/87 09/08/88 reamostr.	580 580	3,600 3,600	2,419 1,212	10 02	150 75	1,6765 1,7719	1,5926 1,6409

Tabela 03. Influência da utilização de dois fatores de amostragem diferentes (A e B), na elaboração das composições coloridas.

parâmetros	Amostragem		Estatísticas dos Desvios							
	número de linhas	número de nós	média dos desvios	variância dos desvios	moda	1. quartil (25%)	2. quartil (50%)	3. quartil (75%)	90. percentil (90%)	95. percentil (95%)
123 A	580	1,812	1,3664	1,1935	1	1	1	2	3	4
B	160	3,000	1,3732	1,1407	1	1	1	2	3	3
234 A	580	2,515	1,8825	1,9440	1	1	2	2	3	4
B	75	3,000	2,0838	4,5885	1	1	2	3	4	5
345 A	520	3,000	5,5632	48,6558	3	3	4	6	11	14
B	50	3,000	5,4558	20,3380	3	3	4	7	11	13
457 A	520	3,000	5,2120	26,9070	3	3	4	6	11	14
B	50	3,000	5,0692	31,2012	3	3	4	5	10	14
347 A	560	3,000	3,0658	6,2769	3	2	3	4	5	7
B	55	3,000	3,3394	8,9301	3	2	3	4	6	7
357 A	560	3,000	4,1062	23,7976	2	2	3	4	9	14
B	55	3,000	4,5428	29,5439	2	2	3	5	10	14
235 A	580	2,888	3,2614	48,0875	1	1	2	3	7	10
B	60	3,000	3,9704	26,6340	1	1	2	4	11	13
237 A	580	2,419	1,6835	3,5299	1	1	1	2	3	4
B	85	3,000	1,7967	4,1205	1	1	1	2	3	4