



| | | |
|--------------------|--|---|
| AUTORES AUTHORS | PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS | AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY |
| | REALCE DE IMAGEM TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO DE CORES INTERPRETAÇÃO VISUAL | Roberto Pereira da Cunha Diretor SRE |

| | | |
|---|---|---------------------------|
| AUTOR RESPONSÁVEL RESPONSIBLE AUTHOR | DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION | REVISADA POR / REVISED BY |
| Virginia R. Moraes Correia | <input type="checkbox"/> INTERNA / INTERNAL <input checked="" type="checkbox"/> EXTERNA / EXTERNAL <input type="checkbox"/> RESTRITA / RESTRICTED | |

| | |
|-----------|---------------|
| CDU/UDC | DATA / DATE |
| 621.376.5 | Outubro, 1989 |

| | | |
|--------------------|---|---------------------------|
| TÍTULO/TITLE | PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO | ORIGEM ORIGIN |
| | INPE-4977-PRE/1542 | DPI |
| AUTORES/AUTHORSHIP | COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÕES DO ESPAÇO DE CORES PARA REALCE DE IMAGENS COLORIDAS | PROJETO PROJECT |
| | Virgínia Ragoni de Moraes Correia Luciano Vieira Dutra | PREPRO |
| | | Nº DE PAG. NO OF PAGES |
| | | ULTIMA PAG. LAST PAGE |
| | | VERSÃO VERSION |
| | | Nº DE MAPAS NO OF MAPS |

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

A fotointerpretação de imagens de sensoriamento remoto necessita de uma boa qualidade na representação dos dados. Técnicas de realce de cores baseadas em transformações IHS tem sido muito utilizadas para melhorar o aspecto das imagens. São muitos os modelos possíveis para a transformação de imagens RGB para o espaço perceptual IHS. Este trabalho apresenta três técnicas IHS existentes na literatura e faz um estudo avaliando e comparando essas técnicas quanto ao tempo de processamento, erro quadrático médio e qualidade visual.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Trabalho para apresentação no IV Simpósio Latinoamericano sobre Sensores Remotos, de 20 a 24 de novembro de 1989, Bariloche, Argentina.

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE TRANSFORMAÇÕES DO ESPAÇO DE CORES
PARA REALCE DE IMAGENS COLORIDAS

Virgínia Ragoni de Moraes Correia
Luciano Vieira Dutra

Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE
Departamento de Processamento de Imagens-DPI
Caixa Postal 515 - 12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

A fotointerpretação de imagens de sensoriamento remoto necessita de uma boa qualidade na representação dos dados. Técnicas de realce de cores baseadas em transformações IHS tem sido muito utilizadas para melhorar o aspecto das imagens. São muitos os modelos possíveis para a transformação de imagens RGB para o espaço perceptual IHS. Este trabalho apresenta tres técnicas IHS existentes na literatura e faz um estudo avaliando e comparando essas técnicas quanto ao tempo de processamento, erro quadrático médio e qualidade visual.

1 - INTRODUÇÃO

As imagens de Sensoriamento Remoto tem se mostrado uma ferramenta indispensável no levantamento de recursos do solo. A fotointerpretação dessas imagens necessita de uma representação conveniente dos dados para que se possa utilizar melhor a informação nela contida.

A interpretação visual dos dados constitui uma fase importante no processo de análise de imagens pois permite ao analista utilizar sua experiência profissional e conhecimentos, difíceis de serem transferidos para a máquina como textura, padrão, tamanho, forma e contexto.

Técnicas de realce de contraste baseadas em transformações lineares e não lineares entre bandas espectrais e a criação de efeitos de falsa cor são as técnicas mais comuns utilizadas na foto interpretação.

Ultimamente as técnicas de realce de cor baseadas na transformação IHS tem merecido atenção maior na literatura (Haydn et alii, 1982). São diversos porém os modelos existentes. Este trabalho apresenta uma breve descrição de tres modelos IHS com o objetivo principal de comparar seus resultados.

2 - ATRIBUTOS DAS CORES

O ser humano é capaz de distinguir entre duas cores por tres atributos perceptualmente independentes: intensidade (I), matiz (H), e saturação (S).

A intensidade é o atributo utilizado em imagens preta e branca e está relacionado com a energia total de luz que chega aos olhos. A matiz, denominada "hue" na literatura, transmite a sensação de cor e está relacionada com o comprimento de onda dominante. Este atributo é que faz distinguir o vermelho do amarelo. Saturação é o atributo que mede a quantidade de branco existente em uma cor pura.

Esses atributos são ditos independentes porque permitem que se observe se uma superfície é brilhante ou não, se é pastel ou vívida ou sua cor básica. Na representação usual R,G,B não é possível utilizar essa independencia pois qualquer objeto é definido como uma combinação de vermelho, verde e azul. É impossível nessa representação se perceber, por exemplo, a quantidade de azul que existe em uma superfície cyan.

Nas próximas sessões serão apresentadas algumas técnicas IHS comparando-as em tempo, resultado e precisão.

3 - MODELOS IHS

3.1 - IHS DE HAYDN

Esta transformação é obtida de um triângulo RGB retirado do diagrama de cromaticidade(Haydn et alii, 1982).

Nesta versão do IHS, a matiz varia de 0 a 3 percorrendo o perimetro do triângulo RGB. O valor H=1 corresponde a cor verde, o H=2 corresponde ao azul e o H=3, assim como H=0, corresponde a cor vermelha. Assim, se um objeto tiver valor de matiz no intervalo (0,1) apresentará uma cor entre o vermelho e o verde; se 1 H 2 a cor estará entre o verde e o azul; se 2 H 3 a cor estará entre o azul e o vermelho.

No centro deste triângulo localiza-se o ponto de cor branca pois apresenta mesma proporção de vermelho, verde e azul. É o ponto de saturação máxima. Afastando-se do centro perde-se saturação obtendo-se uma cor com predominância de uma das tres cores básicas. Um ponto unindo o centro do triângulo à sua periferia fornece o lugar geométrico dos tons de uma determinada cor.

As fórmulas que transferem o espaço RGB para IHS, para 0 H 1, são apresentadas nas equações à baixo. A extensão é direta para 1 H 3.

$$\begin{aligned} I &= R + G + B \\ H &= (G - B)/(I - 3B) \\ S &= (I - 3B)/I \end{aligned} \quad (1)$$

Para obter a imagem RGB à partir da imagem IHS, aplica-se a transformação inversa(Equação 2).

$$\begin{aligned} R &= I/3(1 + 2S - 3SH) \\ G &= I/3(1 - S + 3SH) \\ B &= I/3(1 - S) \end{aligned} \quad (2)$$

As coordenadas R,G,B podem por sua vez ser restauradas em função das coordenadas IHS através das expressões:(Equação 4)

$$H = H \times 6$$

$$A = H - [H] \quad \text{onde } [H] \text{ é a parte inteira de } H$$

$$A1 = I$$

$$A2 = I(1 - S(1 - A))$$

$$A3 = I(1 - SxA)$$

$$\text{Se } [H] = 0 \quad R = A1, G = A2 \text{ e } B = A3$$

$$\text{Se } [H] = 1 \quad R = A4, G = A1 \text{ e } B = A3$$

$$\text{Se } [H] = 2 \quad R = A3, G = A1 \text{ e } B = A2$$

$$\text{Se } [H] = 3 \quad R = A3, G = A4 \text{ e } B = A1$$

$$\text{Se } [H] = 4 \quad R = A2, G = A3 \text{ e } B = A1$$

$$\text{Se } [H] = 5 \quad R = A1, G = A3 \text{ e } B = A4$$

(4)

3.3 - IHS de Munsell

A última transformação do espaço de cores apresentada é a transformação de MUNSELL (Lehar et alii, 1984; King et alii, 1984). Este modelo é baseada em uma rotação do espaço de cores(Figura 2).

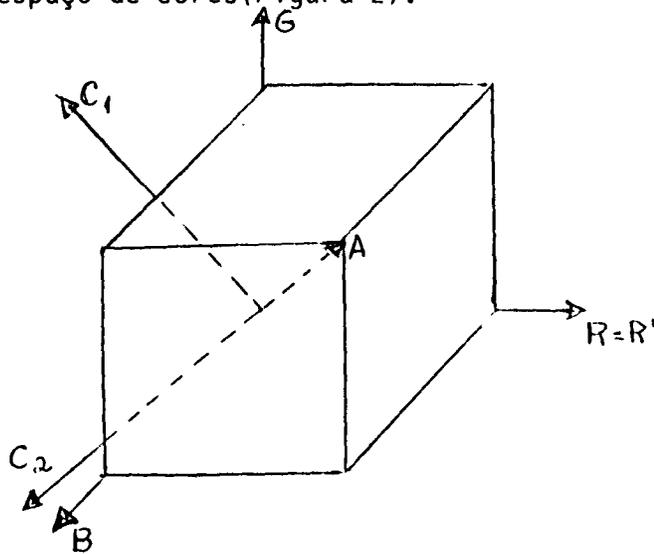


Fig. 2 - Representação por Coordenadas de Munsell

Esta transformação é obtida considerando-se então duas rotações :

Primeiramente começa-se com uma rotação de 45 graus sobre o eixo R na direção oposta aos ponteiros do relógio. Esta rotação produz um sistema R'G'B' no qual R e R' são iguais

Na próxima, o eixo G' é usado como eixo de rotação. Uma rotação de aproximadamente 35,3 graus serve para alinhar B' com o eixo acromático. No sistema AC₁C₂ obtido, as componentes IHS são definidas pelas equações 5.

$$\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{6}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$I = \frac{A}{\sqrt{3}} \quad S = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} \quad H = \tan^{-1} \frac{C_1}{C_2}$$

A transformação inversa pode ser obtida pelas equações (Equações 6)

$$A = I\sqrt{3} \quad ; \quad C_1 = S \sin(H) \quad ; \quad C_2 = S \cos(H)$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ -\frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ A \end{pmatrix} \quad (5)$$

4 - EXPERIMENTOS

Os experimentos, que serão apresentados nos próximos itens, foram feitos utilizando-se uma imagem TM, 200x200 pontos, da região da Barra da Tijuca, Rio de Janeiro. As bandas de trabalho foram as 3,4 e 5.

O sistema utilizado foi um SITIM 150 com 4 placas baseado em micro computador do tipo IBM_PC_XT do DPI - Departamento de Processamento de Imagens do INPE

Foi feito inicialmente um processamento sobre a imagem original para equalizar as médias nas 3 bandas.

São os seguintes os parâmetros levantados para avaliar o desempenho das transformações: o tempo de processamento; a precisão da transformação em ciclo completo, avaliada pelo erro médio quadrático; o aspecto do histograma e do resultado final de um processamento de realce.

4.1 - TEMPO DE PROCESSAMENTO

O primeiro experimento consistiu em comparar os tempos de processamento de cada transformação (Haydn, Smith e Munsell) no sentido direto (RGB para IHS), denominado tipo 1, e inverso (IHS para RGB), denominado tipo 2.

O resultado obtido é apresentado na tabela 1

TABELA 1
TEMPOS DE EXECUÇÃO DAS TRANSFORMAÇÕES DE CORES

| | HAYDN | SMITH | MONSELL |
|--------|-------|-------|---------|
| TIPO 1 | 48s | 87s | 81s |
| TIPO 2 | 58s | 48s | 113s |

Pode-se observar que sob o aspecto da variável tempo de processamento a transformação de Haydn mostrou-se mais eficiente, o que se explica pela simplicidade maior das suas expressões.

Em sistemas baseados em microcomputadores comuns a variável tempo deve ser levada em consideração. Esta variável entretanto tende a ser irrelevante com a utilização de processadores numéricos, como por exemplo, o processador PN-25 (desenvolvido no Departamento de Processamento de Imagens do INPE)

4.2 - PRECISÃO DA TRANSFORMAÇÃO

Dois experimentos foram realizados para avaliar a precisão da transformação em ciclo completo pelo cálculo do erro médio quadrático.

No primeiro deles tomou-se a imagem original, aplicou-se a transformação tipo 1 (RGB para IHS) e sobre a imagem resultante aplicou-se a transformação inversa segundo o esquema da Figura 3

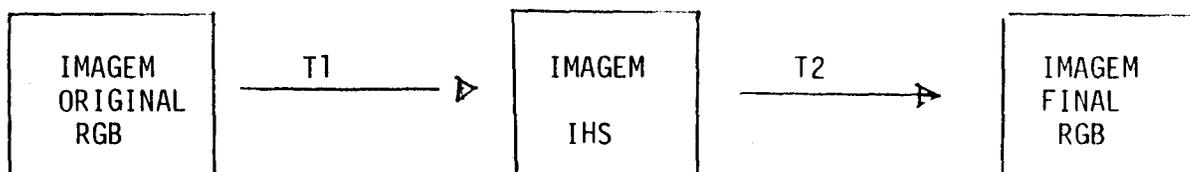


Fig 3 Cálculo do erro quadrático médio de RGB para RGB

O erro quadrático médio em cada banda entre a imagem original e final foi calculado para cada transformação (Tabela 2)

TABELA 2

ERRO QUADRÁTICO MÉDIO DO CICLO RGB para RGB

| | HAYDN | SMITH | MUNSELL |
|----------|--------|--------|---------|
| VERMELHO | 0.7082 | 0.0912 | 0.6058 |
| VERDE | 0.7036 | 0.0218 | 0.6192 |
| AZUL | 0.7102 | 0.0792 | 0.6014 |

Observa-se que a transformação de Smith reconstitui melhor a imagem original nesse ciclo. A transformação de Haydn é mais rápida mas apresenta valores mais altos para o erro.

Na segunda experiência tomou-se a imagem original, aplicou-se a transformação tipo 2 (IHS para RGB) e sobre a imagem resultante aplicou-se a transformação tipo 1 (RGB para IHS) (Figura 4).



Fig 4 Esquema para cálculo do EMQ de IHS para IHS

Neste experimento a imagem original RGB é considerada uma imagem IHS. Esse tipo de ciclo é usual para aplicação em integração de imagens (Haydn et alii, 1982).

O erro quadrático médio entre a imagem original e final é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3

ERRO QUADRÁTICO MÉDIO DO CICLO IHS para IHS

| | HAYDN | SMITH | MUNSELL |
|-----------------|-------|-------|---------|
| INTENSIDADE (I) | 1.332 | 0.007 | 0.501 |
| MATIZ (H) | 0.605 | 0.951 | 0.751 |
| SATURAÇÃO (S) | 1.424 | 1.14 | 1.199 |

É bem diferente portanto os resultados quando se completa o ciclo de IHS para IHS. Como se observa a banda que corresponde à saturação, S, apresenta maior erro devido ao fato de que alguns valores da saturação, permitem indefinição.

4.3 - ASPECTO VISUAL E DO HISTOGRAMA

Para cada transformação (Haydn, Smith, Munsell) fez-se o seguinte experimento:

Sobre a imagem original aplicou-se a transformação tipo 1 (RGB para IHS) obtendo-se uma imagem IHS.

Observando-se os histogramas dos atributos verifica-se que os níveis de cinza relacionados ao canal intensidade para cada uma das transformações encontram-se entre os níveis 30 e 150 e os níveis de cinza relacionados ao canal saturação entre 0 e 160. Para melhorar o aspecto visual da imagem fez-se um realce linear no atributo intensidade para cada método à fim de ocupar todo intervalo (0,255) e elevou-se o nível de cinza da saturação de 48 níveis digitais correspondendo a soma de 18,8% da escala máxima da saturação com o objetivo de tornar as cores mais vivas.

Em seguida retornou-se as componentes RGB aplicando-se a transformação tipo 2.

O aspecto visual da imagem realçada pelos tres métodos é apresentado na Figura 5.

Observou-se que as tres transformações levaram a resultados muito semelhantes. Uma análise mais detalhada dos histogramas revelou no entanto certa instabilidade numérica com o uso do processo de Haydn.

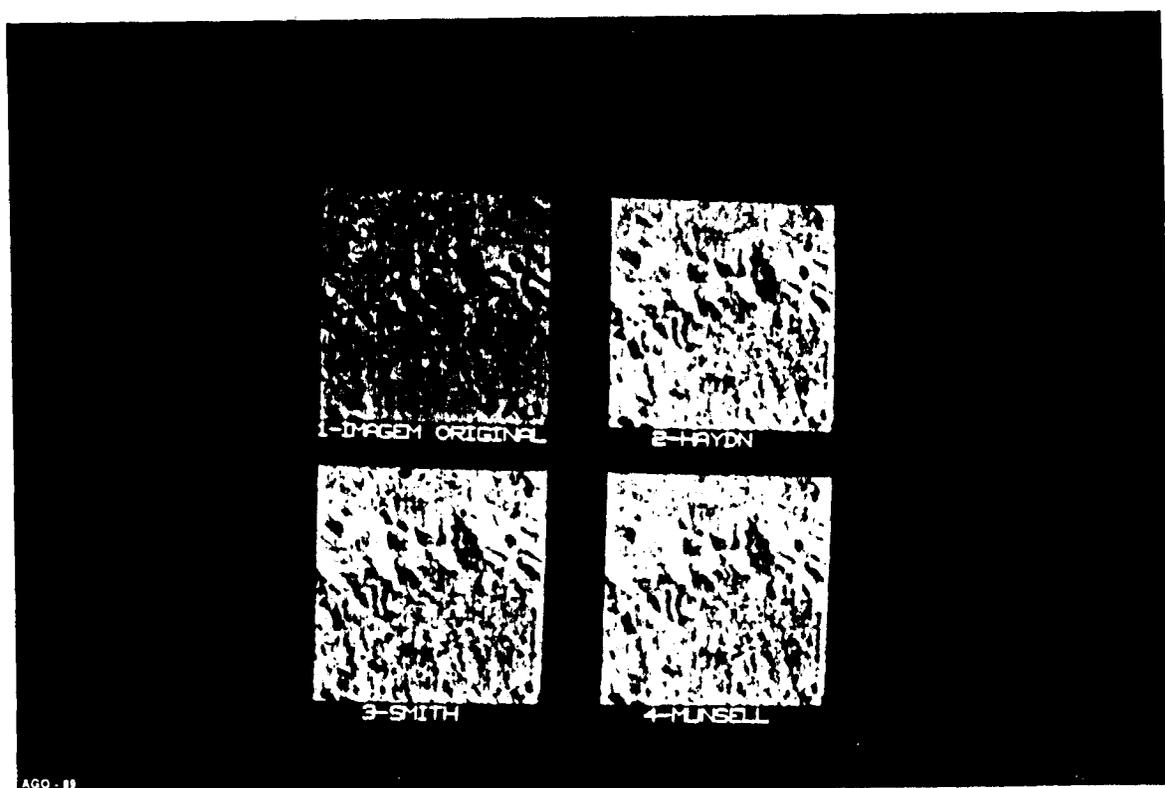


Fig 5 Imagem realçada por transformação IHS (1)Imagem original (2) Transformação IHS de Haydn (3) Transformação IHS de Smith (4) Transformação IHS de Munsell

5 - CONCLUSÕES

Comparando-se a imagem original com aquelas obtidas pelas transformações observa-se um aumento significativo na qualidade visual sendo portanto uma ferramenta útil ao foto interprete em seu trabalho(Dutra e Meneses, 1987)

Nenhum dos modelos entretanto apresentou um realce significativamente melhor do que os outros.

A escolha do método, portanto, pode depender dos recursos disponíveis e da precisão requerida. Dos métodos, o de Haydn é o mais rápido, porém menos preciso, tanto quanto ao critério de transformação de RGB para RGB quanto de IHS para IHS (Tabelas 2 e 3).

O método de Smith é mais lento do que o de Haydn, porém apresenta melhor estabilidade numérica e entre todos é de menor erro quadrático médio. Esse método seria preferível em tarefas de integração de imagens quando se espera melhor modulação da cor pelo atributo sendo integrado.

O método de Munsell em geral apresenta maior tempo de execução e erro, tendo a seu favor apenas uma interpretação mais uniforme das variáveis no campo IHS.

O presente trabalho caminhará no sentido de avaliar com mais detalhes os diversos processos frente a diferentes aplicações e a elaboração de imagens teste que ocupem todo o espaço de cores com o intuito de avaliar melhor a precisão das transformações

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DUTRA, L.V.; MENESES, P.R. "Realce visual de imagens digitais utilizando-se de transformação no espaço de cores (Transformação IHS) In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE SENSORES REMOTOS, 2, Anais, Bogotá, Colômbia, Nov 16-20, 1987

SMITH, A.R. "Color Gamut Transform Pairs". In: Proceedings of Computer Graphics, Aug 12, 1978

HAYDN, R.; DALKE, G.W.; HENKEL, J.; "Application of the IHS color transform to the Processing of Multisensor Data and Image Enhancement" In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ARID AND SEMI ARID LANDS, Cairo, Egypt, 1982

LEHAR, A.F.; STEVENS, R.J.; "High-Speed Manipulation of the Color Chromaticity of Digital Images". In: IEEE CG&A Computer Graphics & Applications, Feb, 1984