

de *realce por falsa cor* utiliza um conjunto de cores para destacar certas regiões de interesse ou informações espectrais, auxiliando a interpretação das imagens.

A transformação pode ser aplicada em imagens monocromáticas ou coloridas. Embora o resultado possa produzir imagens cujas cores não correspondam aos valores espectrais reais da cena, o realce por falsa cor pode melhorar significativamente a qualidade visual das imagens.

Um exemplo de aplicação da técnica de realce por falsa cor, ilustrada na figura 4.53, é a redistribuição de cores em uma imagem de satélite de baixo contraste para tornar certos detalhes mais perceptíveis.

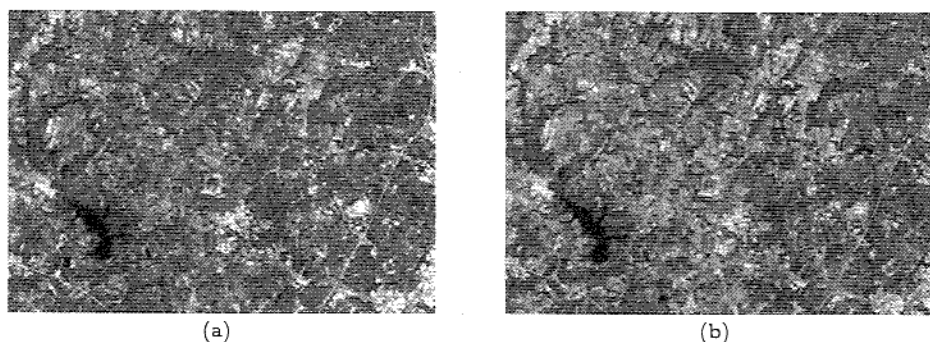


Figura 4.53: Realce por falsa cor. (a) imagem original; (b) imagem após redistribuição de cores.

4.7 Notas Bibliográficas

Leitura complementar sobre técnicas de realce em processamento de imagens pode ser encontrada em Jain (1989), Oppenheim et al. (1968), Rosenfeld e Kak (1982), Gonzalez e Woods (2000), Horn (1986), Frisby (1979), Mokrane (1992), Russ (1998) e Schalkoff (1989). Material adicional sobre brilho e contraste pode ser encontrado em Hecht (1924).

Fundamentos sobre modelos de cores são apresentados em Foley e Dam (1982) e Wyszecki e Stiles (2000). Referências adicionais sobre processamento de imagens coloridas podem ser encontradas em Plataniotis e Venetsanopoulos (2000) e Lukac e Plataniotis (2006).

Conceitos sobre filtragem espacial são discutidos em Schowengerdt (1983), Levine (1985) e Gonzalez e Woods (2002). Referências sobre filtragem no domínio de frequência são encontradas em Oppenheim e Shafer (1975) e Pitas e Vanetsanopoulos (1983).

Referências adicionais sobre técnicas de meios-tons e de pontilhado ordenado e com difusão de erro podem ser encontradas em Limb (1969) e Ulichney (1988). Técnicas de pontilhado utilizando curvas de preenchimento do espaço são descritas em Velho e Gomes (1991), Asano (1996) e Kamata (1996).

4.8 Problemas

1. Verificar se são falsas (F) ou verdadeiras (V) as seguintes proposições:

- () após um histograma ter sido equalizado, uma nova aplicação da técnica de equalização de histograma sobre a imagem não produzirá nela nenhuma alteração.

- () a técnica de hiperbolização de histograma tem, como principal vantagem sobre a equalização de histograma, o fato de que a primeira leva em consideração as características não lineares da curva de intensidade luminosa subjetiva com respeito à intensidade luminosa física da imagem do olho humano.
- () ao recortar uma imagem em dois pontos quaisquer, o histograma da subcena resultante sempre será idêntico ao da imagem original, pois as barras verticais no gráfico indicam a concentração de pixels em termos percentuais e, portanto, não dependem do número total de pixels da imagem.
- () na aplicação do filtro da mediana sobre uma imagem utilizando máscara 3×3 pixels, não são gerados novos valores de níveis de cinza na imagem resultante, ao contrário do filtro da média que pode, eventualmente, gerá-los.

2. Construa um histograma para a imagem com 10 níveis de cinza mostrada na figura 4.54.

9	5	7	5	3	4
0	2	6	4	2	5
4	1	2	1	6	2
2	3	6	3	0	0
7	8	3	4	5	4
0	5	2	9	8	7

Figura 4.54: Imagem com 10 níveis de cinza.

3. Dado o histograma mostrado na tabela 4.5, equalize-o utilizando a função de distribuição acumulada e desenhe o histograma resultante. O valor k corresponde a cada nível de cinza na imagem e n_k o número de pixels para o nível de cinza k .

Tabela 4.5: Histograma.

Níveis de cinza (k)	0	1	2	3	4	5	6	7
Número de pixels (n_k)	120	200	350	400	100	80	50	30

4. Considere o trecho de imagem mostrado na figura 4.55, representado por uma matriz de 7×7 , em que cada elemento da matriz corresponde ao nível de cinza do pixel correspondente. Sabe-se que na quantização dessa imagem foram utilizados 8 bits. Seja o pixel central o pixel de referência. Forneça o valor resultante do pixel central caso a imagem seja processada:

- a) pelo algoritmo da filtragem pela mediana utilizando janela 3×3 pixels.
- b) pelo algoritmo da filtragem da média utilizando janela em forma de cruz, isto é, considerando no cálculo da média apenas os pixels de coordenadas (x, y) (pixel de referência), $(x - 1, y)$, $(x + 1, y)$, $(x, y - 1)$ e $(x, y + 1)$.

5. Considere a imagem de tamanho 10×10 pixels mostrada na figura 4.56. Os valores apresentados na imagem indicam o nível de cinza de cada *anel* da imagem. Por exemplo, o anel mais externo (bordas) possui nível de cinza 0, o anel seguinte possui nível de cinza 1 e assim por diante.

90	100	120	70	60	60	50
40	90	120	100	40	80	90
80	100	5	20	30	60	80
60	20	10	60	40	50	30
10	90	20	30	10	40	40
50	20	50	70	80	30	40
60	10	80	80	30	20	50

Figura 4.55: Região de imagem com 7×7 pixels.

0									
	1								
		2							
			3						
				4					

Figura 4.56: Imagem com dimensões 10×10 pixels.

Calcule os valores dos pixels após a aplicação de um filtro da mediana 3×3 .

6. Desenhe o histograma de uma imagem obtido pela adição (pixel por pixel) da imagem original e a sua imagem invertida. Note que uma imagem invertida é aquela em que o valor de cinza l de cada pixel é substituído por $\max(l) - l$.
7. Como a *moda* dos níveis de cinza em uma imagem pode ser calculada a partir do histograma? Escreva um procedimento (pseudocódigo) para realizar esse cálculo.
8. Verifique se as afirmações abaixo são falsas (F) ou verdadeiras (V):
 - () considerando uma borda (transição) em uma imagem, a derivada segunda é positiva na região clara da imagem.
 - () filtros passa-alta são adequados para remoção de ruído.
 - () duas imagens diferentes podem ter o mesmo histograma.
 - () em um filtro Gaussiano, quanto maior o valor de σ (desvio padrão), menor o grau de suavização da imagem.
9. Calcule a transformação linear para alterar a escala de níveis de cinza do intervalo $[0, 70]$ para $[10, 180]$.
10. Por que filtros Gaussianos são adequados para suavizar imagens?
11. Mostre que a equalização de uma imagem que já foi anteriormente equalizada não alterará a imagem.

12. Descreva uma situação na qual a equalização de histograma pode degradar uma imagem.
13. Desenhe três histogramas de imagens que apresentem baixo contraste.
14. Uma imagem com dimensões 8×8 pixels possui níveis de cinza dados pela equação:

$$f(x, y) = |x - y| \quad x, y = 0, 1, \dots, 7$$

Encontre uma imagem de saída resultante da aplicação de um filtro da mediana de 3×3 pixels na imagem $f(x, y)$, considerando que os pixels da borda permanecem inalterados.

15. Verifique se os filtros f_1 e f_2 a seguir são separáveis.

$$f_1 = \begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix} \quad f_2 = \begin{bmatrix} 1/16 & 2/16 & 1/16 \\ 2/16 & 4/16 & 2/16 \\ 1/16 & 2/16 & 1/16 \end{bmatrix}$$

Referências Bibliográficas

- Adelmann, H. G. (1999). An Edge-sensitive Noise Reduction Algorithm for Image Processing, *Computers in Biology and Medicine* 29(2): 137-145.
- Asano, T. (1996). Digital Halftoning Algorithm Based on Random Space Filling Curve, *IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 1, Lausanne, Suíça, pp. 545-548.
- Beghdadi, A. e Khellaf, A. (1997). A Noise Filtering Method Using a Local Information Measure, *IEEE Transactions on Image Processing* 6(6): 879-882.
- Burkes, D. (1988). LIB15 - Publications of the CIS Graphics Support Forum.
- Cornsweet, T. N. (1970). *Visual Perception*, Academic Press, Nova York, NY, Estados Unidos.
- Floyd, R. W. e Steinberg, L. (1976). An Adaptive Algorithm for Spatial Gray Scale, *Proceedings of the Society for Information Display*, Vol. 17, pp. 75-77.
- Foley, J. D. e Dam, A. V. (1982). *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, Estados Unidos.
- Frei, W. (1977). Image Enhancement by Histogram Hyperbolization, *Computer Graphics and Image Processing* 6(3): 286-294.
- Frisby, J. P. (1979). *Seeing - Illusion, Brain and Mind*, Oxford University Press, Oxford.
- Gonzalez, R. C. e Woods, R. E. (2000). *Processamento de Imagens Digitais*, Edgard Blücher, São Paulo, SP.
- Gonzalez, R. C. e Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing*, Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos.
- Hecht, S. (1924). The Visual Discrimination of Intensity and the Weber-Fechner Law, *The Journal of General Physiology* 7: 235-267.
- Horn, B. K. P. (1986). *Robot Vision*, McGraw-Hill, Nova York, NY, Estados Unidos.
- Hung, C.-C. (1997). On the Edge Preserving Smoothing Filter, *Proceedings of IEEE Southeastcon'97 - Engineering New Century*, Blacksburg, VA, Estados Unidos, pp. 146-147.
- Jain, A. K. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, Estados Unidos.