

Processamento de Imagens Coloridas

Parte II

BCC4003 - Processamento de Imagens

Prof^a. Dr^a. Aretha Barbosa Alencar
arethaalencar@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)

Campo Mourão - PR

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color
 - Itensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color
 - Itensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Processamento de Imagens Pseudocolor

- Processamento de imagens **pseudocolor** consiste em atribuir cores à imagens em níveis de cinza seguindo algum critério especificado.
- Principal uso de *pseudocolor* é a visualização e interpretação humana de imagens em níveis de cinza.
- Humanos conseguem discernir milhares de tonalidades de cor e intensidades, enquanto se restringem a dezenas de níveis de cinza.

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Intensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Intensity Slicing

- **Intensity slicing** é uma das técnicas mais simples.
- Se a imagem é vista como uma função de intensidade 3D, o método pode ser interpretado como a colocação de planos paralelos (*slices*) ao plano de coordenadas da imagem.
- Diferentes cores são associadas aos *pixels* que estão acima e abaixo do plano de corte.

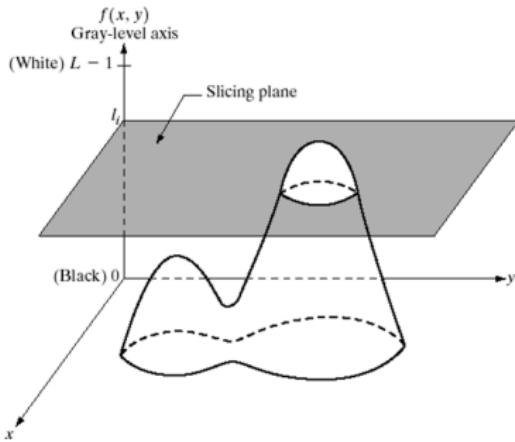
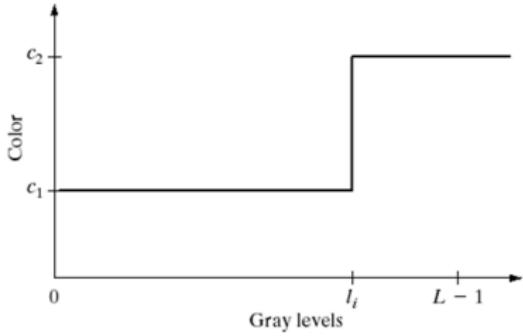


Figura: Interpretação geométrica da técnica de *intensity slicing*.

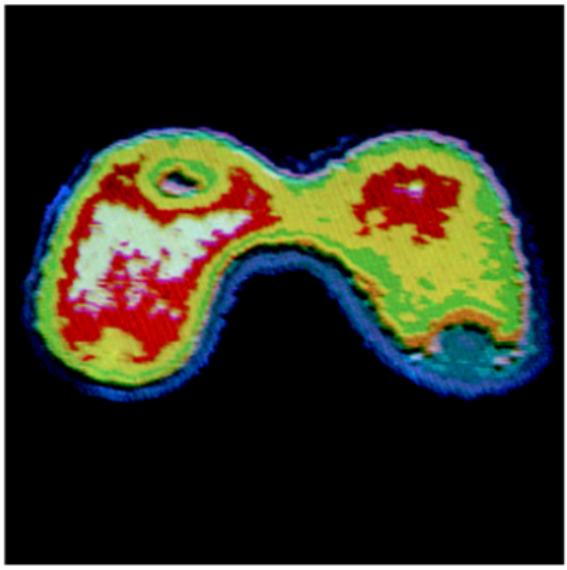
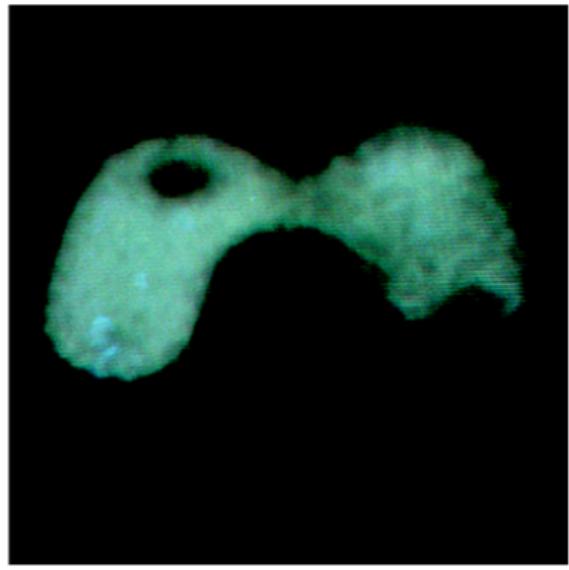
Intensity Slicing

- A ideia de planos é útil para uma interpretação geométrica, mas podemos pensar em uma função que mapeia os níveis de cinza para uma dada cor:



- Múltiplos planos de corte podem ser usados.

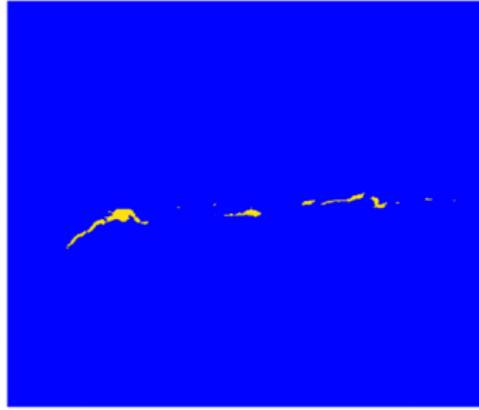
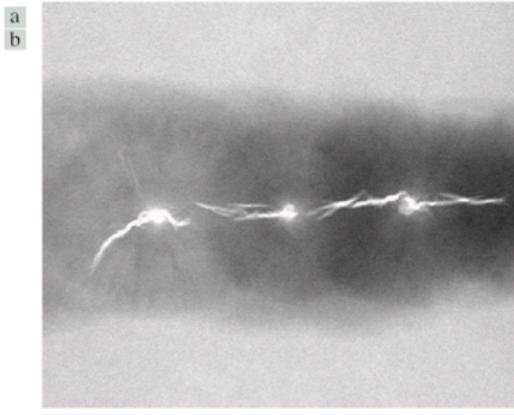
Intensity Slicing – Exemplos



a b

Figura: (a) Imagem em níveis de cinza de um teste de padrões radioativos; (b) *Intensity slicing* com oito planos.

Intensity Slicing – Exemplos



- (a) Imagem de raio-x monocromática de uma solda;
- (b) Resultado do *intensity slicing* com um plano para $l_i = 255$.

Intensity Slicing – Exemplos

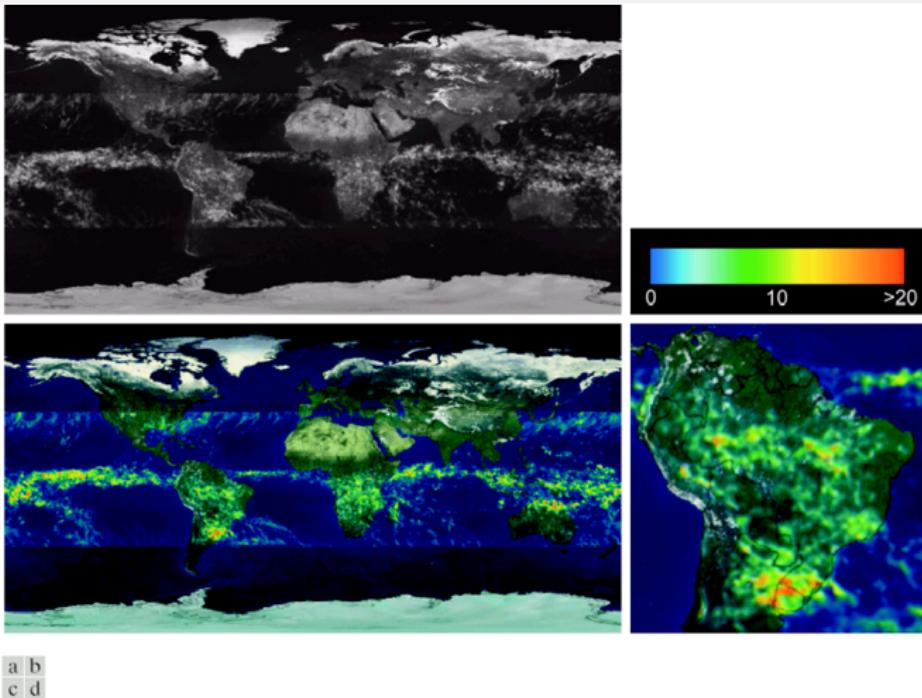


Figura: Imagem em níveis de cinza cuja intensidade corresponde à média mensal de precipitação, obtida por um satélite.; (b) Escala de cor: atribuição de cores os valores de intensidade; (c) Imagem colorida; e (d) Zoom na região da América do Sul.

Sumário

1 Processamento de Imagens Pseudo-color

- Intensity Slicing
- Transformação de níveis de cinza para cor

2 Processamento de Imagens Full-Color

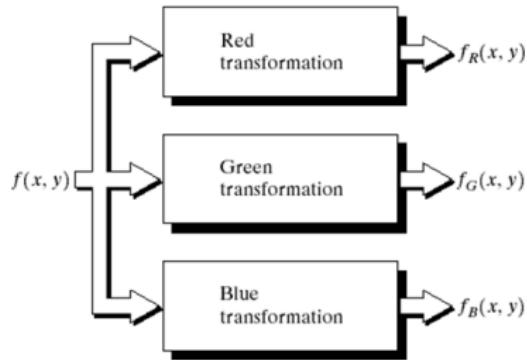
- Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida

3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas

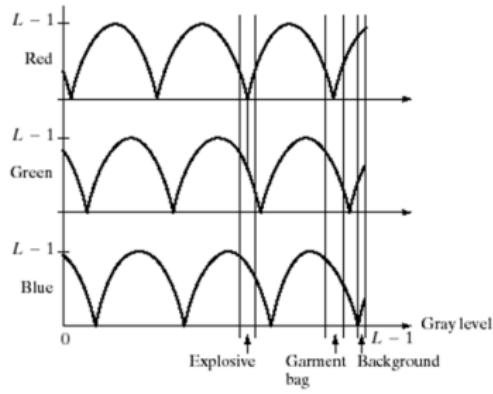
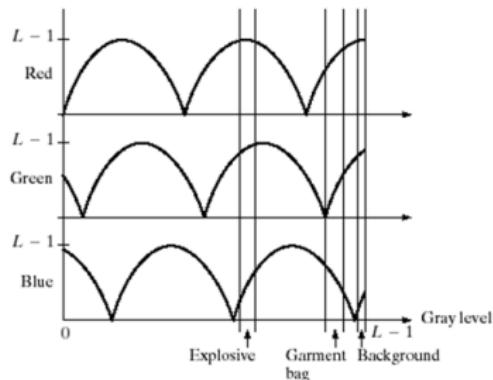
- Suavização de Imagens Coloridas
- Realce de Imagens Coloridas

Transformação de níveis de cinza para cor

- A ideia por trás da técnica de **transformação de níveis de cinza para cor** é executar três transformações independentes sobre os níveis de cinza dos *pixels* de uma imagem de entrada.
- Cada cor é transformada independentemente e depois alimentam um sistema que as combina formando uma cor.
- As funções de transformação neste caso são não lineares, o que torna esse método mais flexível que o anterior.



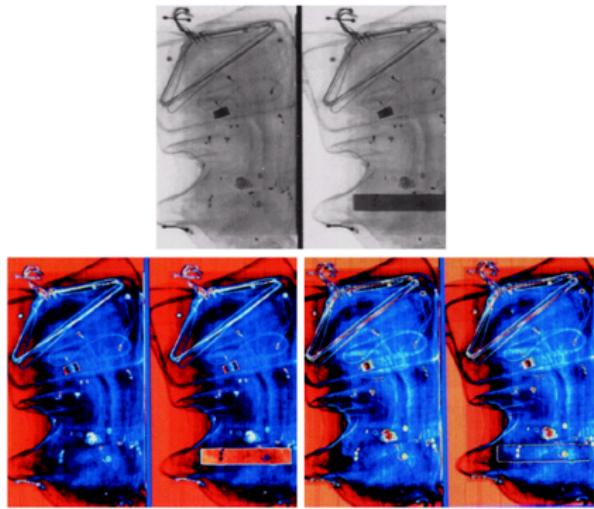
Transformação de níveis de cinza para cor – Exemplo



Funções de transformação de intensidade usadas para obter imagens no próximo slide.

- a Transformação de intensidade com sinusoidais com diferentes fases.
- b Transformação de intensidade com sinusoidais com diferentes fases e frequência aumentada.

Transformação de níveis de cinza para cor – Exemplo



- a Imagens em níveis de cinza de entrada: (Esquerda) Raio-x de mala normal; (Direita) Raio-x de mala com explosivo plástico.
- b Imagem obtida com transformação (a) do slide anterior. Observa-se explosivo plástico destacado com tom de vermelho.
- c Imagem obtida com transformação (b) do slide anterior. Observa-se que tanto o explosivo como o resto do conteúdo da mala receberam tons de azul, permitindo “ver através” do explosivo.

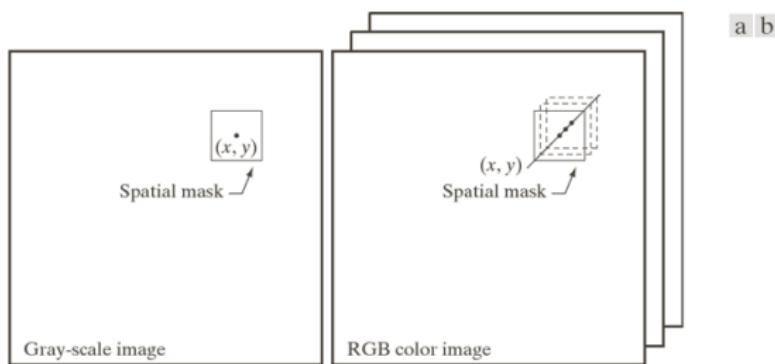
Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Intensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Fundamentos do Processamento de Imagens Full-Color

- O estudo do processamento de imagens ***full-color*** baseia-se em técnicas que operam em imagens de entrada coloridas.
- Imagens ***full-color*** possuem pelo menos três componentes. Dada uma imagem RGB temos que:

$$f(x, y) = \mathbf{c}(x, y) = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix} \quad (1)$$



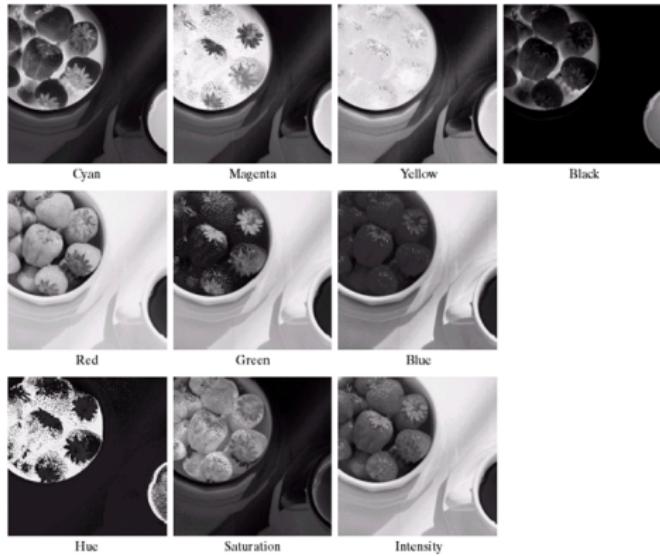
Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Itensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida



Full color

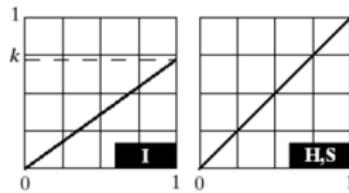
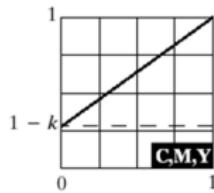
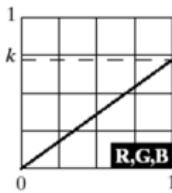


- Uma função de transformação pode ser aplicada a todos os componentes do modelo de cor ou aos componentes individualmente.

Figura: Imagem colorida e suas várias componentes segundo os modelos de cor CYMK, RGB E HSI.

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Ajustando a intensidade de uma imagem ($g(x, y) = k \cdot f(x, y)$).



a
b
c
d
e

- a** Imagem original.
- b** Resultado da redução de 30% da intensidade da imagem (i.e., usando $k = 0.7$).
- c** Função de transformação RGB ($s_i = kr_i \quad i = 1, 2, 3$).
- d** Função de transformação CMY ($s_i = kr_i + (1 - k) \quad i = 1, 2, 3$).
- e** Função de transformação HSI ($s_3 = kr_3 \quad s_1 = r_1 \quad s_2 = r_2$).

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Mapeamento inverso ou negativo – Útil para realçar detalhes que estão contidos em regiões escuras da imagem, em particular quando estas regiões dominam a imagem em tamanho.

- Matizes (*hues*) opostosumas às outras no círculo de cor são chamadas de **complementos**.

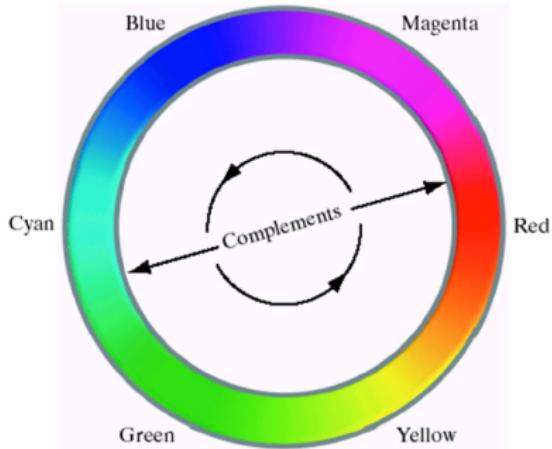
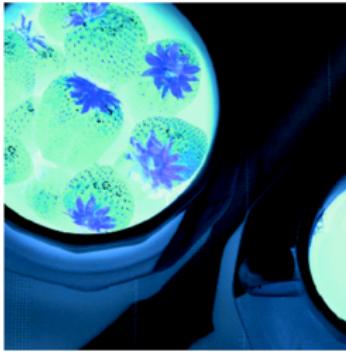
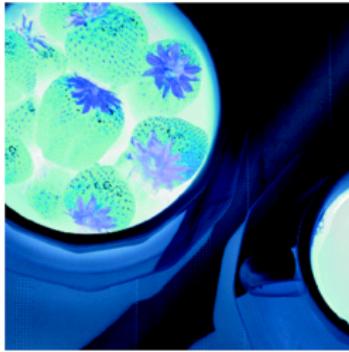
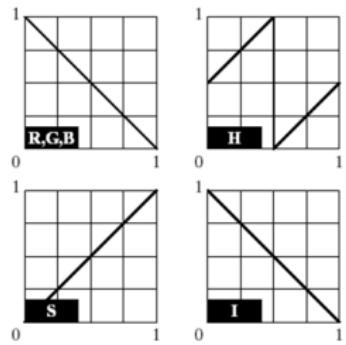


Figura: Complementos no círculos de cores. Por exemplo, o complemento de vermelho é o cyan.

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Mapeamento inverso ou negativo



- a Imagem original.
- b Funções de transformações negativos para os modelos de cor RGB e HSI.
- c Complemento de (a) baseado na função de transformação negativa RGB.
- d Aproximação do complemento RGB usando as transformações negativas HSI.

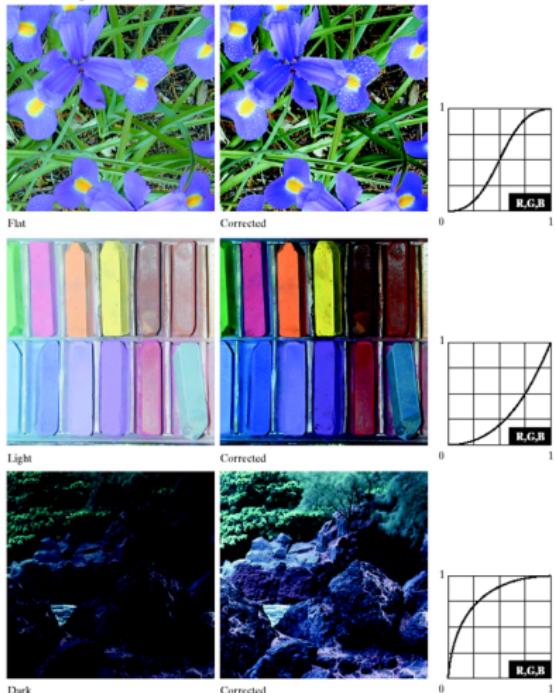
Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Transformação de tom ou balanceamento de cor – Permite mapear componentes de cor da imagem independentemente.

- É um processamento importante no realce de fotos.
- O desbalanceamento de cor ocorre quando uma imagem é adquirida e sensibilidades diferentes nos três canais de cor. O resultado é uma imagem com suas cores primárias sem balanceamento.
- Embora o desbalanceamento de cor possa ser medido objetivamente, a percepção visual pode ser utilizada em cores conhecidas (em regiões brancas onde as componentes RGB ou CMYK deveriam ser iguais).

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Transformação de tom – A ideia é ajustar experimentalmente o brilho (intensidade) da imagem.



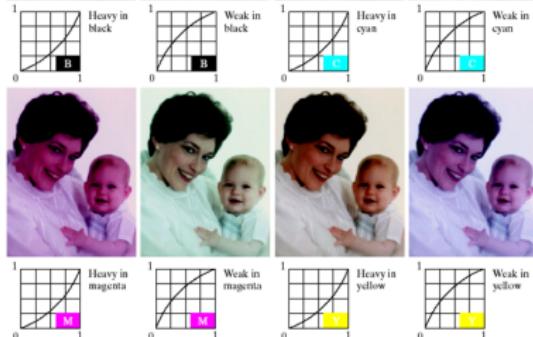
- a Função de transformação no formato de ‘S’ indicada para aumento de contraste.
- b Função de transformação de potência indicada para correção de imagens claras. Usando $\gamma > 1$, expande-se valores claros, enquanto comprime-se valores escuros.
- c Função de transformação de potência indicada para correção de imagens escuras. Usando $\gamma < 1$, expande-se valores escuros, enquanto comprime-se valores claros.

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Balanceamento de cor – A ideia é corrigir o desbalanceamento entre as cores primárias de uma imagem.



Original/Corrected



A percepção de uma cor é afetada por outras cores no círculo de cores.

- A proporção de qualquer cor pode ser aumentada diminuindo a quantidade de sua cor complementar na imagem.
- A proporção de qualquer cor também pode ser aumentada elevando a proporção das suas duas cores imediatamente adjacentes no círculo de cores.

Exemplo – Uma imagem RGB com magenta em abundância pode reduzir a quantidade de magenta com (1) reduzindo a proporção de vermelho e azul ou (2) aumentando a proporção do verde.

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Balanceamento de cor – A ideia é corrigir o desbalanceamento entre as cores primárias de uma imagem.



Original/Corrected

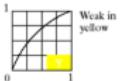
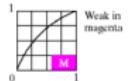
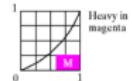
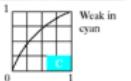
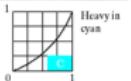
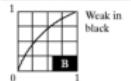
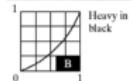


Figura ao lado mostra transformações usadas para corrigir desbalanceamento de em uma imagem CMYK.

- As transformações abaixo de cada imagem seriam necessárias para corrigir o desbalanceamento.
- Note que uma imagem avermelhada pode ser causada pela cor magenta em excesso (canto inferior esquerdo) ou por pouca cor *cyan* (canto superior direito).

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

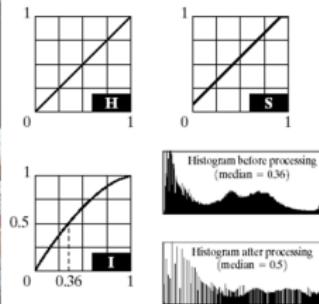
Processamento de Histogramas – A equalização de histograma em imagens em níveis de cinza buscava determinar automaticamente uma transformação que produzisse uma imagem com um histograma uniforme de intensidades.

■ Para imagens coloridas, como proceder?

- Geralmente não é indicado equalizar os histogramas dos componentes de cor de uma imagem independentemente.
- O ideal é buscar produzir um **histograma de intensidades uniforme**, deixando as cores (*hues*) inalteradas.
- Dessa forma, o **modelo de cor HSI** é mais indicado para o processamento de histogramas.

Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida – Exemplo

Processamento de Histogramas



- a Imagem original com um grande número de cores com baixa intensidade.
- b Funções de transformação para as três componentes HSI; e histograma de intensidades antes e depois da equalização.
- c Imagem resultante da **equalização do histograma de intensidades**, sem alterar o *hue* ou a *saturação*.
- d O processo de equalização afetou um pouco a percepção das cores, apesar de não ter se alterado o *hue* ou a *saturação*. Por isso, aumentou-se um pouco a *saturação* da imagem.

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Intensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

Suavização e Realce de Imagens Coloridas

- Na seção passada transformamos cada pixel em uma imagem colorida, sem se preocupar com seus **vizinhos** no domínio espacial.
- As técnicas apresentadas a seguir ilustram o contexto da **suavização e realce de imagem coloridas** no domínio espacial.

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Itensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - **Suavização de Imagens Coloridas**
 - Realce de Imagens Coloridas

Suavização de Imagens Coloridas

- O processo é formulado da mesma maneira que para imagens em níveis de cinza, exceto que agora nós trabalhamos com **vetores de valores** e não mais com níveis de cinza.
- Cada componente do vetor é processada individualmente:

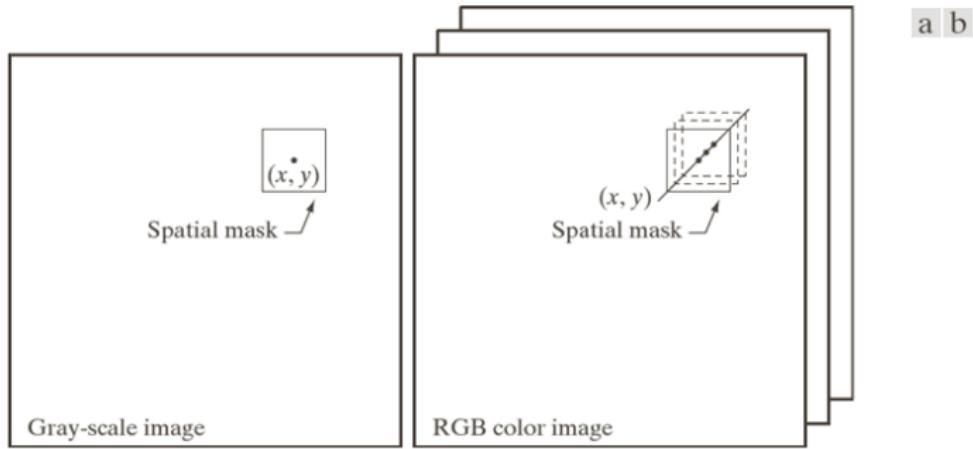


Figura: Máscaras espaciais para imagem em níveis de cinza e imagens coloridas RGB.

Suavização de Imagens Coloridas

O **filtro da média aritmética** em uma imagem colorida RGB é dado por:

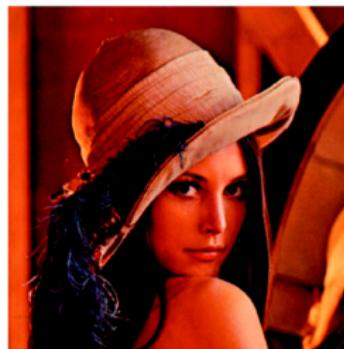
$$\bar{\mathbf{c}}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} \mathbf{c}(s, t) \quad (2)$$

onde

- K é o número de pixels definido pela vizinhança;
- S_{xy} é o conjunto de coordenadas de uma janela de subimagem retangular (vizinhança) de tamanho $m \times n$, centrado no ponto (x, y) .
- $\mathbf{c}(x, y)$ é definido por:

$$\mathbf{c}(x, y) = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Suavização de Imagens Coloridas – Exemplo



a
b
c
d



- a Imagem original RGB.
- b Componente *Red* (R).
- c Componente *Green* (G).
- d Componente *Blue* (B).

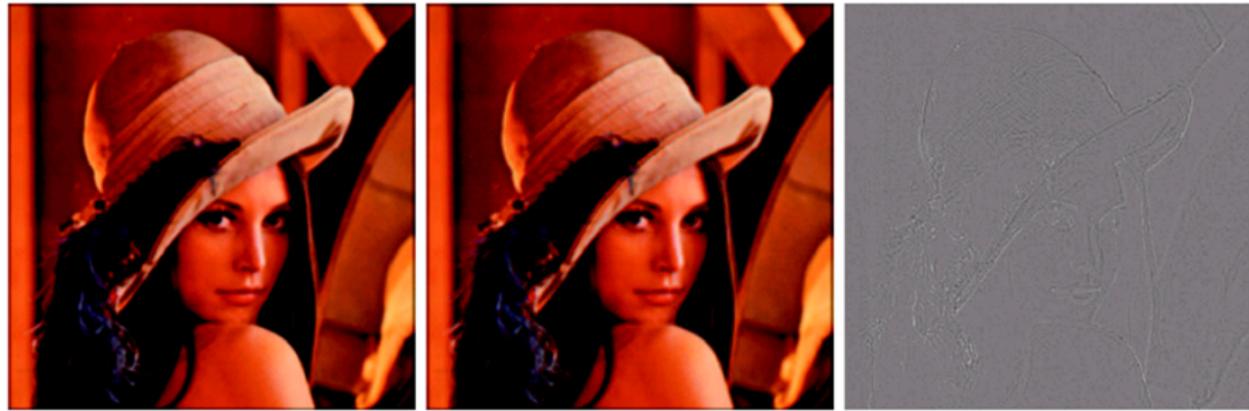
Suavização de Imagens Coloridas – Exemplo



a b c

Figura: Componentes HSI da mesma imagem: (a) Hue; (b) Saturação; e (c) Intensidade.

Suavização de Imagens Coloridas – Exemplo



a b c

Figura: Imagem suavizada com uma máscara de média 5×5 : (a) Resultado do processamento de cada componente RGB da imagem; (b) Resultado do processamento da componente de intensidade da imagem HSI e convertendo para RGB; (c) Diferença entre os dois resultados.

Os dois resultados são similares, mas apresentam uma leve diferença. No modelo HSI, somente a intensidade foi processada, enquanto os componentes *hue* e saturação não foram afetados.

Sumário

- 1 Processamento de Imagens Pseudo-color**
 - Itensity Slicing
 - Transformação de níveis de cinza para cor
- 2 Processamento de Imagens Full-Color**
 - Transformação de Imagem Colorida em Imagem Colorida
- 3 Suavização e Realce de Imagens Coloridas**
 - Suavização de Imagens Coloridas
 - Realce de Imagens Coloridas

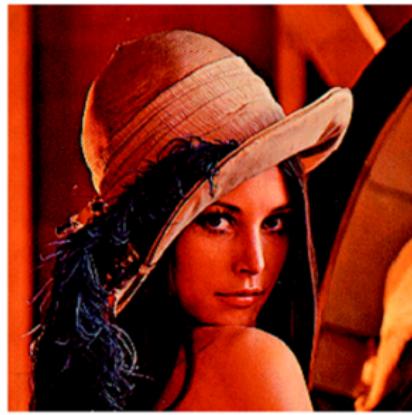
Realce de Imagens Coloridas

- Vamos considerar o realce de imagens usando o **Laplaciano**, que usa derivadas de segunda ordem enfatizando regiões de descontinuidade.
- No modelo de cor RGB, o Laplaciano de um vetor \mathbf{c} é dado por:

$$\nabla^2[\mathbf{c}(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2R(x, y) \\ \nabla^2G(x, y) \\ \nabla^2B(x, y) \end{bmatrix} \quad (4)$$

que nos diz que podemos computar o Laplaciano de uma imagem colorida computando o Laplaciano de cada componente da imagem separadamente.

Realce de Imagens Coloridas – Exemplo



a b c

Figura: Imagem realçada com o Laplaciano: (a) Resultado do processamento de cada componente RGB da imagem; (b) Resultado do processamento da componente de intensidade da imagem HSI e convertendo para RGB; (c) Diferença entre os dois resultados.

A discrepância entre os resultados acontece pelo mesmo motivo do exemplo de suavização de imagens coloridas.

Referências

- Gonzales, R. C. et al. **Digital Image Processing**. Prentice Hall, Terceira Edição, 2008, ISBN 9780131687288.
 - Capítulo 6 — Color Image Processing

Dúvidas

