

Transformações Radiométricas II

Prof. Alexandre Xavier Falcão

Aula 07

1 Histograma acumulado

Sendo $h(l)$ o histograma normalizado de uma imagem cinza $\hat{I} = (D_I, I)$, o histograma acumulado de \hat{I} é uma função $h_a(l)$ que produz o valor acumulado do histograma $h(l)$ (área abaixo da curva) para cada nível de cinza $l_{\min} \leq l \leq l_{\max}$ (vamos assumir que $0 \leq l_{\min}$).

$$h_a(l) = \sum_{l'=0}^{l'=l} h(l'). \quad (1)$$

Note que $h_a(l_{\max}) = 1$. Este conceito é explorado nas transformações a seguir.

2 Equalização

Considere uma imagem \hat{I} cinza e normalizada em $0 \leq l \leq 1$. A equalização $k = T(l)$ visa gerar uma imagem $\hat{J} = (D_I, J)$ com intensidades $0 \leq k \leq 1$ e histograma uniforme (i.e., todas as intensidades equiprováveis), por aplicação direta do histograma acumulado.

$$k = \sum_{l'=0}^{l'=l} h(l'). \quad (2)$$

Esta transformação tem como propriedades ser:

- bijetora e monotonicamente crescente em $[0, 1]$, e
- limitada, $0 \leq T(l) \leq 1$, para $0 \leq l \leq 1$.

Após equalização, os valores $0 \leq k \leq 1$ podem ser multiplicados por H para gerar valores inteiros de brilho. No caso de imagens coloridas, a equalização é aplicada no componente de brilho (ou de saturação) da mesma forma que descrito na aula anterior.

2.1 Caso contínuo

A motivação se baseia no caso contínuo, onde os histogramas normalizados $h(l)$ e $g(k)$ das imagens \hat{I} e \hat{J} , respectivamente, são densidades de probabilidade $\rho(l)$ e $\gamma(k) = 1$ (para que $\int_0^1 \gamma(k') dk' = 1$) para valores contínuos de l e k , respectivamente. Neste caso, a probabilidade $P(k \in [k_o - \frac{dk}{2}, k_o + \frac{dk}{2}])$ de um valor k está no intervalo dk em torno de um certo valor k_o deve ser igual à probabilidade $P(l \in [l_o - \frac{dl}{2}, l_o + \frac{dl}{2}])$ de um valor l está no intervalo dl em torno de um certo valor l_o , onde $k_o = T(l_o)$. Então,

$$\int_{k_o - \frac{dk}{2}}^{k_o + \frac{dk}{2}} \gamma(k') dk' = \int_{l_o - \frac{dl}{2}}^{l_o + \frac{dl}{2}} \rho(l') dl' \quad (3)$$

$$\gamma(k) dk = \rho(l) dl \quad (4)$$

$$dk = \rho(l) dl \quad (5)$$

$$k = \int_0^l \rho(l') dl'. \quad (6)$$

2.2 Equalização por ordenação

Uma forma de garantir que o histograma $g(k)$ de \hat{J} será uniforme é equalizar a imagem seguindo os passos abaixo.

1. Ordene os pixels da imagem \hat{I} por ordem crescente de brilho.
2. Divida a sequência ordenada de pixels em $H + 1$ intervalos, $k = 0, 1, \dots, H$, com um mesmo número de pixels cada.
3. Gere a imagem \hat{J} , onde $J(p)$ é o intervalo k no qual o pixel p tem seu brilho $I(p)$ mapeado.

3 Casamento de histogramas

Outra forma de modificar as intensidades de uma imagem é casando seu histograma com o de outra. Esta transformação procura fazer com que duas imagens tenham o mesmo histograma (ou o mais parecido possível), e tem diversas finalidades. Por exemplo, o registro de imagens obtidas de uma mesma região em épocas diferentes, quando baseado na intensidade dos pixels, requer o casamento de histogramas como pré-processamento. O casamento de histogramas também pode ser realizado para melhorar o brilho e o contraste de uma imagem usando outra como referência.

Sejam $\hat{I}_1 = (D_{I_1}, I_1)$ e $\hat{I}_2 = (D_{I_2}, I_2)$ duas imagens cinza. Suponha que desejamos fazer com que o histograma de \hat{I}_1 fique parecido com o histograma de \hat{I}_2 . Sejam T_1 e T_2 as transformações de equalização para \hat{I}_1 e \hat{I}_2 . Após equalização, podemos assumir que os histogramas das imagens resultantes são iguais e uniformes. Assim, a inversa T_2^{-1} aplicada à equalização T_1 , deve gerar uma imagem $\hat{J} = (D_{I_1}, J)$ com histograma parecido com o de \hat{I}_2 .

$$J(p) = T_2^{-1}(T_1(I_1(p))) \quad (7)$$

O casamento entre imagens coloridas requer a transformação RGB para HSV (ou outro espaço decorrelacionado) de ambas imagens, o casamento entre os componentes de brilho, e a volta de HSV para RGB da imagem desejada.

4 Exercícios

1. Equalize a imagem cujos pixels têm valores 1, 2, 3, 2, 1, 4, 2, 4, 4, mostrando o histograma acumulado e os valores finais.
2. Aplique o casamento de histogramas entre uma imagem, cujos valores são 2, 2, 2, 3, 4, 3, 4, 5, 6, e a imagem da questão anterior.
3. Implemente rotinas de equalização e casamento de histogramas.