Lista de Exercícios 2-B

1. Quais as diferenças entre Ajuste de Histograma Global e Ajuste de Histograma Local? Há alguma vantagem de algum em relação a outro? Em caso positivo, qual (is), e em que situações?

Resposta: Local uma parte especifica da imagem

Global: a imagem inteira

Apesar de estar bem distribuído globalmente, localmente não está.

1. Considere um filtro com resposta ao impulso ℎ dada por

1⁄16

𝖥

ℎ = I 1⁄

8

I

1⁄8

1⁄4

1⁄161

1⁄ I

8

I

1⁄ 1⁄ 1⁄

[ 16 8 16]

Suponha este filtro seja aplicado a uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦), obtendo-se uma imagem

𝑔(𝑥, 𝑦), isto é

𝑔(𝑥, 𝑦) = 𝑓(𝑥, 𝑦) ∗ ℎ(𝑥, 𝑦)

Então, obtém-se a diferença 𝑑(𝑥, 𝑦) = 𝑓(𝑥, 𝑦) − 𝑔(𝑥, 𝑦). Por fim, obtém-se uma imagem somando o resíduo 𝑑(𝑥, 𝑦) à imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) original, obtendo-se a imagem 𝑓̅(𝑥, 𝑦):

𝑓(̅ 𝑥, 𝑦) = 𝑓(𝑥, 𝑦) + 𝑑(𝑥, 𝑦)

Qual o efeito observado em 𝑓(̅ 𝑥, 𝑦), se comparada à imagem original 𝑓(𝑥, 𝑦)?

1. Considere uma imagem em escala de cinza com dimensões 64x128 = 8192 pixels, representada em 3 bits por pixel, isto é, com 2³ = 8 níveis de amplitude. Suponha que esta imagem possua a seguinte distribuição de amplitudes (histograma) dada na tabela a seguir:

|  |  |
| --- | --- |
| 𝑟𝑘 | 𝑛𝑘 |
| 0 | 1580 |
| 1 | 2046 |
| 2 | 1700 |
| 3 | 1312 |
| 4 | 658 |
| 5 | 490 |
| 6 | 244 |
| 7 | 162 |

Isto é, a *k*-ésima amplitude 𝑟𝑘 (𝑘 = 0, 1, … , 7) ocorre em 𝑛𝑘 pixels da imagem. Realize a equalização de histograma, obtendo as amplitudes 𝑠𝑘 = 𝑇(𝑟𝑘) para 𝑘 = 0, 1, … , 7.

1. Considere a imagem em escala de cinza representada pela seguir:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 3 | 4 | 2 | 3 |
| 𝖥3 | 2 | 5 | 7 | 61 |
| 𝑋 = | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|  | I0 | 3 | 4 | 2 | 1I |
|  | [1 | 0 | 0 | 1 | 0] |

Esta imagem possui dimensões 5x5 = 25 pixels, sendo representada com 3 bits por pixel, isto é com 2³ = 8 níveis de amplitude. Realize a equalização de histograma para esta imagem e obtenha a matriz 𝑌 correspondente à imagem resultante desta equalização.

1. Considere a imagem em escala de cinza – representada em L = 8 níveis de cinza – dada pela matriz a seguir:

0 4

𝑋 = [2 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 5 | 3 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |

6 7

1 2]

Realize a equalização de histograma sobre esta imagem e obtenha a matriz 𝑌 correspondente à imagem resultante – obtida desta equalização – também com L = 8 níveis de cinza. Esboce o gráfico do histograma obtido após o processamento.

Resposta: Na folha, matriz e tabela

1. A respeito de processamento de histograma de imagens em escala de cinza, avalie como certa (C) ou errada (E) cada afirmativa a seguir:

|  |  |
| --- | --- |
| ( ) | A equalização de histograma é um caso particular da especificação de histograma, quando se especifica um histograma uniforme. |
| ( ) | A equalização de histograma local mantém o nível médio de cinza da imagem com maior eficácia do que a equalização de histograma global. |
| ( ) | É possível que, com a equalização de histograma local, sejam  evidenciados detalhes da imagem que não seriam evidenciados com a equalização de histograma global. |

1. Considere a imagem em escala de cinza – representada com resolução em amplitude de 4 bits/pixel – dada pela matriz a seguir:

1 2

𝑋 = [2 14

5 3

2 1

6 7

12 11]

1 0

0 0

Realize a equalização de histograma sobre esta imagem e obtenha a matriz 𝑌 correspondente à imagem resultante – obtida desta equalização – com mesma resolução de 𝑋 (4 bits/pixel). Faça o gráfico do histograma inicial da imagem X, bem como do histograma após o processamento.

1. Seja 𝑿 uma imagem em escala de cinza – representada em números inteiros e resolução de 8 bits – dada pela matriz a seguir:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 𝖥0 | 0 | 0 | 0 | 01 |
| 𝑋 = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I0 | 2 | 0 | 1 | 0I |
| [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |

Considere que esta imagem seja filtrada pela sua convolução em duas dimensões com uma máscara ℎ dada pela matriz:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 |
| ℎ = [2 | 2 | 2] |
| 3 | 3 | 3 |

Determine a matriz 𝑌 correspondente à imagem filtrada (forneça-a também em dimensões 5x5).

1. Seja 𝒇(𝒙, 𝒚) uma imagem qualquer em escala de cinza, 𝒉(𝒙, 𝒚) uma máscara (matriz) correspondente a um filtro passa-baixa, 𝑨 > 𝟏 uma constante e 𝛁𝟐 o operador Laplaciano discreto (com máscara possuindo coeficiente central positivo). Considere, agora, as duas técnicas a seguir apresentadas, que resultam numa imagem processada

𝒈(𝒙, 𝒚):

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Técnica 1** |
| Passo 1: | 𝑓̅(𝑥, 𝑦) = ℎ(𝑥, 𝑦) ∗ 𝑓(𝑥, 𝑦) |
| Passo 2: | 𝑚(𝑥, 𝑦) = 𝑓(𝑥, 𝑦) − 𝑓̅(𝑥, 𝑦) |
| Passo 3: | 𝑔(𝑥, 𝑦) = 𝑓(𝑥, 𝑦) + 𝐴𝑚(𝑥, 𝑦) |

|  |
| --- |
| **Técnica 2** |
| 𝑔(𝑥, 𝑦) = 𝐴𝑓(𝑥, 𝑦) + ∇2𝑓(𝑥, 𝑦) |

Qual a utilidade dessas técnicas? São empregadas por razões semelhantes ou servem a propósitos distintos? Justifique sua resposta.

1. Considere o seguinte filtro (máscara):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| ℎ = [4 | 5 | 6] |
| 7 | 8 | 9 |

Obtenha o resultado da aplicação deste filtro, tanto via convolução quanto via correlação, para cada imagem a seguir:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 𝖥0 | 0 | 0 | 0 | 01 |
| 𝑋1 = | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|  | I0 | 0 | 0 | 0 | 0I |
|  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | 𝖥0 | 1 | 0 | 0 | 01 |
| 𝑋2 = | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|  | I0 | 0 | 0 | 0 | 0I |
|  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | 𝖥0 | 1 | 2 | 0 | 01 |
| 𝑋1 = | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 |
|  | I0 | 0 | 0 | 5 | 0I |
|  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |

1. Considere as seguintes máscaras (matrizes 3x3), 𝒉𝟏, 𝒉𝟐 e 𝒉𝟑, dadas abaixo:

1 1 1 1

0 −1 0

−1 −1 −1

ℎ1 = 9 × [1 1 1] ℎ2 = [−1 4 −1] ℎ3 = [−1 8 −1]

1 1 1

0 −1 0

−1 −1 −1

As máscaras ℎ1, ℎ2 e ℎ3, assim definidas, quando utilizadas para filtragem linear de uma imagem (via convolução 2D ou correlação 2D), têm, respectivamente, o propósito de:

1. suavização / detecção de bordas / detecção de bordas;
2. realce de bordas / filtragem de ruído sal e pimenta / suavização;
3. suavização / realce de bordas / filtragem de ruídos em geral;
4. realce de bordas / realce de bordas / realce de bordas;
5. suavização / suavização / suavização.
6. Sejam 𝑿𝟏 e 𝑿𝟐 imagens em escala de cinza – representadas em números inteiros e resolução de 8 bits – dadas pelas seguintes matrizes a seguir:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 𝖥0 | 0 | 0 | 0 | 01 |  | 𝖥0 | 2 | 0 | 0 | 01 |
| 𝑋1 = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 𝑋2 = | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|  | I0 | 1 | 0 | 1 | 0I |  | I0 | 0 | 0 | 1 | 0I |
|  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |

Considere, agora, as seguintes máscaras espaciais ℎ1 e ℎ2 (filtros):

1 −2 1 0 1 0

ℎ1 = [−2 4 −2] ℎ2 = [1 2 1]

1 −2 1 0 1 0

a) Considere que 𝑋1 seja filtrada com uma máscara ℎ1 e 𝑋2 com uma máscara ℎ2, ambos via convolução. Determine as respectivas matrizes resultantes, 𝑌1 e 𝑌2, com dimensões:

(i) 5x5 (eliminando-se os zeros após o cálculo da convolução); e (ii) 7x7 (sem a eliminação dos zeros após o cálculo da convolução).

b) É válida a igualdade 𝑋1 ∗ ℎ2 + 𝑋2 ∗ ℎ2 = (𝑋1 + 𝑋2) ∗ ℎ2?

1. É válida a igualdade 𝑋1 ∗ ℎ1 + 𝑋1 ∗ ℎ2 = 𝑋1 ∗ (ℎ1 + ℎ2)?
2. Valem as mesmas observações dos itens (b) e (c) para a operação de correlação, no lugar da de convolução?
3. Ao trocar, no processo de filtragem do item (a), as operações de convolução por correlação, obtêm-se os mesmos resultados?
4. Explique a técnica de *unsharp masking*. Como é realizada? Qual sua finalidade? Escreva, em MATLAB, um algoritmo que receba uma imagem X (que já estará em escala de cinza, no intervalo [0,1]) e realize a técnica de *unsharp masking*, utilizando um filtro passa-baixa dado por uma máscara *h* qualquer, também recebida como parâmetro de entrada do algoritmo.
5. Apresente um exemplo de máscara 3x3 (matriz de tamanho 3x3) utilizada para detecção de bordas tal que, quando utilizada para filtrar uma imagem em escala de cinza qualquer, não haja diferenças entre aplicá-la usando a operação de convolução 2D ou a operação de correlação 2D. Utilizando esta máscara apresentada, filtre a imagem 𝑿 dada pela seguinte matriz:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 𝖥0 | 0 | 0 | 0 | 01 |
| 𝑋 = | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|  | I0 | 0 | 0 | 0 | 0I |
|  | [0 | 0 | 0 | 0 | 0] |

Obtenha a matriz 𝑌 resultante (imagem filtrada), com dimensões iguais às de 𝑋, isto é, 5x5.

1. A respeito de imagens em cores e suas representações nos sistemas RGB (vermelho / verde / azul) e HSI (tonalidade / saturação / intensidade), julgue como certa

(C) ou errada (E) cada assertiva abaixo:

|  |  |
| --- | --- |
| ( ) | Ao anular o valor da componente “S” de uma imagem no sistema HSI, obtém-se a correspondente imagem em escala de cinza. |
| ( ) | Suponha que se altere somente a componente “H” de uma imagem no sistema HSI. Então, num pixel qualquer da imagem, seus valores nas componentes “R”, “G” e “B” podem ser modificados, mas não a média (aritmética) desses 3 valores. |
| ( ) | Se, dado um pixel de uma imagem, suas componentes “R”, “G” e “B”  estiverem os três no valor máximo, então o valor da componente “S” da representação em HSI para este pixel será zero. |

|  |  |
| --- | --- |
| **16.** À direita mostra-se uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) em escala de cinza, de dimensões 204x204 pixels.  Com essa imagem como referência, responda ao que se pede nos itens (a), (b) e (c) a seguir. | Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦). |

1. Apresentam-se, agora, duas imagens, 𝑔1(𝑥, 𝑦) e 𝑔2(𝑥, 𝑦), ambas obtidas a partir de

𝑓(𝑥, 𝑦), realizando-se sobre esta algum procedimento.

|  |  |
| --- | --- |
| Imagem 𝑔1(𝑥, 𝑦). | Imagem 𝑔2(𝑥, 𝑦). |

Considere, portanto, as seguintes assertivas acerca de 𝑔1(𝑥, 𝑦) e 𝑔2(𝑥, 𝑦), julgando-as como certa (C) ou errada (E):

|  |  |
| --- | --- |
| ( ) | A imagem 𝑔1(𝑥, 𝑦) pode ter sido obtida a partir da convolução bidimensional de 𝑓(𝑥, 𝑦) com uma máscara espacial ℎ(𝑥, 𝑦) dada, matricialmente, na forma:  −1 −1 −1  ℎ = [−1 8 −1]  −1 −1 −1 |
| ( ) | A imagem 𝑔2(𝑥, 𝑦) pode ter sido obtida a partir da convolução bidimensional de 𝑓(𝑥, 𝑦) com uma máscara espacial ℎ(𝑥, 𝑦) de dimensões 9x9, e coeficientes todos iguais, dada, matricialmente, na forma:  1 1 ⋯ 1  ℎ = [ ⋮ ⋱ ⋮ ]  81 1 ⋯ 1 9𝑥9 |
| ( ) | É possível que 𝑔1(𝑥, 𝑦) e 𝑔2(𝑥, 𝑦) correspondam, respectivamente, ao resultado da filtragem passa-baixa e da filtragem passa-alta de 𝑓(𝑥, 𝑦). |
| ( ) | As características espectrais (i.e. de frequência espacial) que 𝑔1(𝑥, 𝑦) não preserva, se comparada a 𝑓(𝑥, 𝑦), são aquelas características espectrais que  𝑔2(𝑥, 𝑦) preserva, e vice-versa. |

s = T(r)

1. Considere as quatro técnicas simples – aplicáveis a 𝑓(𝑥, 𝑦) quando representada por números reais no intervalo [0,1] – descritas a seguir:

|  |  |
| --- | --- |
| **Técnica I** | Seja ℎ(𝑥, 𝑦) uma máscara espacial de detecção de bordas. Defina a imagem processada, 𝑓̅(𝑥, 𝑦), da seguinte maneira:  𝑓̅(𝑥, 𝑦) = 1 − 𝑓(𝑥, 𝑦) ∗ ℎ(𝑥, 𝑦) |
| **Técnica II** | Para cada pixel 𝑓(𝑥, 𝑦), de valor 𝑟 qualquer (0 ≤ 𝑟 ≤ 1), obtenha o pixel da nova imagem, 𝑓(̅ 𝑥, 𝑦), de valor 𝑠 = 𝑇(𝑟) (0 ≤ 𝑠 ≤ 1), em que 𝑇 é a transformação dada pela relação 𝑇(𝑟) = 𝑟𝛾 (para algum 𝛾 > 0), cujo gráfico se ilustra a seguir:  1  0.5  0  0 0.2 0.4 0.6 0.8 1  r |
| **Técnica III** | Para cada pixel 𝑓(𝑥, 𝑦), de valor 𝑟 qualquer (0 ≤ 𝑟 ≤ 1), obtenha o pixel da nova imagem, 𝑓(̅ 𝑥, 𝑦), de valor 𝑠 = 𝑇(𝑟) (0 ≤ 𝑠 ≤ 1), em que 𝑇 é a  transformação dada pela relação 𝑇(𝑟) = 𝑟𝛾 (para algum 𝛾 > 0), cujo gráfico se ilustra a seguir: |

|  |  |
| --- | --- |
| 1  0.5  0  0 0.2 0.4 0.6 0.8 1  r | |
| **Técnica IV** | Aplique a 𝑓(𝑥, 𝑦) o processamento de histograma, especificando-se o histograma ilustrado abaixo:  400  200  0  0 0.2 0.4 0.6 0.8 1  rk  Isto é, obtém-se uma nova imagem 𝑓(̅ 𝑥, 𝑦) via transformação de histograma aplicada a 𝑓(𝑥, 𝑦), de forma que o novo histograma seja o especificado acima. |

n

k

s = T(r)

* 1. Considere a imagem 𝑔3(𝑥, 𝑦), mostrada abaixo, obtida a partir de 𝑓(𝑥, 𝑦):



Imagem 𝑔3(𝑥, 𝑦).

É possível que 𝑔3(𝑥, 𝑦) seja a imagem resultante da aplicação, sobre 𝑓(𝑥, 𝑦), de qual (is) das técnicas apresentadas?

* 1. Considere a imagem 𝑔4(𝑥, 𝑦) a seguir, obtida a partir de 𝑓(𝑥, 𝑦):



Imagem 𝑔4(𝑥, 𝑦).

É possível que 𝑔4(𝑥, 𝑦) seja a imagem resultante da aplicação, sobre 𝑓(𝑥, 𝑦), de qual (is) das técnicas apresentadas?

1. Finalmente, considere as imagens 𝑔5(𝑥, 𝑦) e 𝑔6(𝑥, 𝑦), mostradas abaixo, também obtidas a partir de 𝑓(𝑥, 𝑦), via algum procedimento.

|  |  |
| --- | --- |
| Imagem 𝑔5(𝑥, 𝑦). | Imagem 𝑔6(𝑥, 𝑦). |

Veja que ambas possuem todos os seus pixels ou (totalmente) pretos ou (totalmente) brancos.

Agora, dado 𝛼 ∈ ℝ qualquer, denote-se por [[𝛼]] a operação *arredondamento de* 𝛼 *para o inteiro mais próximo*. Assim, julgue como certa (C) ou errada (E) cada assertiva a seguir:

|  |  |
| --- | --- |
| ( ) | Se 𝑓(𝑥, 𝑦) está representada por números reais no intervalo [0,1], é plausível  a conclusão de que 𝑔5(𝑥, 𝑦) = [[𝑓(𝑥, 𝑦)]]. |
| ( ) | Se 𝑓(𝑥, 𝑦) está representada por números reais no intervalo [0,1], é plausível  a conclusão de que 𝑔6(𝑥, 𝑦) = [[1 − 𝑓(𝑥, 𝑦)]]. |
| ( ) | Se 𝑓(𝑥, 𝑦) está representada por números inteiros no intervalo [0,255], é  plausível a conclusão de que 𝑔5(𝑥, 𝑦) é à imagem binária equivalente à fatia binária (plano de bits) correspondente ao MSB de 𝑓(𝑥, 𝑦). |

1. Considere uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) em escala de cinza, de dimensões 250x250 pixels, cujo valor na coordenada (𝑥, 𝑦) – em números reais, no intervalo [0,1] – é dado por:

𝑓(𝑥, 𝑦) = e−𝛼((𝑥−𝑥0)2+(𝑦−𝑦0)2)

em que 𝑥0 = 𝑦0 = 250/2 (centro da imagem) e 𝛼 > 0. Este procedimento produz a seguinte imagem:



Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦).

Considere que sejam aplicados a 𝑓(𝑥, 𝑦) os seguintes procedimentos:

* 1. Arredondamento de 𝑓(𝑥, 𝑦) para o inteiro mais próximo;
  2. Convolução da imagem obtida no passo anterior com a seguinte máscara espacial:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| −1 | −1 | −1 |
| ℎ = [−1 | 8 | −1] |
| −1 | −1 | −1 |

* 1. Reajuste da faixa dinâmica (normalização pelos valores mínimo e máximo) da imagem para o intervalo [0,1].

Assinale a única alternativa, dentre as mostradas a seguir, que pode corretamente corresponder à imagem obtida após aplicar os procedimentos (i), (ii) e (iii) à imagem

𝑓(𝑥, 𝑦):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A)** |  | **B)** |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **C)** |  | **D)** |  |
| **E)** |  |  |  |

1. A seguir mostra-se uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) em escala de cinza (Lena), de dimensões 220x220 pixels e, a seguir, descrevem-se quatro procedimentos simples – aplicáveis a

𝑓(𝑥, 𝑦) quando representada por números reais no intervalo [0,1]. Cada um desses procedimentos gera uma das quatro imagens (𝑔1(𝑥, 𝑦), 𝑔2(𝑥, 𝑦), 𝑔3(𝑥, 𝑦) ou 𝑔4(𝑥, 𝑦)) mostradas logo após.



Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦).

**Procedimentos aplicados a** 𝒇(𝒙, 𝒚)**:**

|  |  |
| --- | --- |
| **I** | Convolução da imagem com a máscara espacial de dimensões 10x10, e coeficientes todos iguais, dada, matricialmente, por:  1 1 ⋯ 1  ℎ = [ ⋮ ⋱ ⋮ ]  100 1 ⋯ 1 10×10 |

|  |  |
| --- | --- |
| **II** | Convolução da imagem com a máscara espacial dada, matricialmente, por:  −1 −1 −1  ℎ = [−1 8 −1]  −1 −1 −1 |
| **III** | Aplicação – a cada pixel de 𝑓(𝑥, 𝑦), de valor 𝑟 qualquer (0 ≤ 𝑟 ≤ 1) – da transformação 𝑠 = 𝑇(𝑟) (0 ≤ 𝑠 ≤ 1) linear por partes, cujo gráfico (𝑠 VS 𝑟) é o seguinte:  1  0.5  0  0 0.2 0.4 0.6 0.8 1 |
| **IV** | Realização da seguinte operação:  𝑋 + 𝑋 ∗ ℎ  em que ℎ é a máscara espacial dada, matricialmente, por:  −1 −1 −1  ℎ = [−1 8 −1]  −1 −1 −1 |

As imagens resultantes são mostradas a seguir:

**Imagens** 𝒈𝟏(𝒙, 𝒚)**,** 𝒈𝟐(𝒙, 𝒚)**,** 𝒈𝟑(𝒙, 𝒚) **e** 𝒈𝟒(𝒙, 𝒚) **obtidas:**

|  |  |
| --- | --- |
| Imagem 𝑔1(𝑥, 𝑦) | Imagem 𝑔2(𝑥, 𝑦) |

|  |  |
| --- | --- |
| Imagem 𝑔3(𝑥, 𝑦) | Imagem 𝑔4(𝑥, 𝑦) |

Explique que procedimento – quando aplicado a 𝑓(𝑥, 𝑦) – produz cada uma das quatro imagens resultantes – 𝑔1(𝑥, 𝑦), 𝑔2(𝑥, 𝑦), 𝑔3(𝑥, 𝑦) e 𝑔4(𝑥, 𝑦).