# Lista de Exercícios 2-A

1. Considere uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) com amplitude representada em valores reais no intervalo [0,1]. Considere, agora, uma imagem 𝑔(𝑥, 𝑦) obtida a partir de 𝑓(𝑥, 𝑦) pela

relação 𝑔(𝑥, 𝑦) = [𝑓(𝑥, 𝑦)]𝛼. Qual o efeito, em termos qualitativos, resultante se 𝛼 > 1?

E se 0 < 𝛼 < 1?

1. Seja 𝑓(𝑥, 𝑦) uma imagem digital com amplitude representada em valores reais no intervalo [0,1]. Seja 𝑔(𝑥, 𝑦) a imagem obtida após o processo descrito a seguir:
   1. Multiplica-se 𝑓(𝑥, 𝑦) por 2;
   2. Os valores da imagem obtida em (i) são arredondados, assumindo os números inteiros mais próximos;
   3. Divide-se o resultado do passo anterior por 2, obtendo a imagem 𝑔(𝑥, 𝑦) com amplitude no intervalo [0,1].

Explique em detalhes qual o efeito observado em 𝑔(𝑥, 𝑦), ao compará-la com 𝑓(𝑥, 𝑦).

RESPOSTA:

[0,1]

MULTIPLICA POR 2

[0,2]

ARREDONDA

{0,1,2}

DIVIDE POR 2

{0, 0,5, 1}

1. Em que situações devemos realizar interpolação sobre uma imagem? Quais as três principais formas de interpolação e quais as diferenças?
2. Sejam 𝑝 e 𝑞 dois pixels quaisquer de uma imagem, com coordenadas 𝑝 = (𝑥1, 𝑦1) e

𝑞 = (𝑥2, 𝑦2), e considere as três principais medidas de distância entre 𝑝 e 𝑞: 1) euclidiana (𝑑𝐸); 2) *city block* (𝑑4); e 3) tabuleiro de xadrez (𝑑8). Em termos de suas coordenadas, temos:

Distância euclidiana: 𝑑𝐸(𝑝, 𝑞) = √(𝑥1 − 𝑥2)2 + (𝑦1 − 𝑦2)2

Distância *city-block*: 𝑑4(𝑝, 𝑞) = |𝑥1 − 𝑥2| + |𝑦1 − 𝑦2|

Distância *tabuleiro de xadrez*: 𝑑8(𝑝, 𝑞) = max{|𝑥1 − 𝑥2|, |𝑦1 − 𝑦2|}

Qual destas medidas, em geral, fornecerá um valor maior? Por quê? Estabeleça uma relação de ordem entre essas três medidas, para o caso geral.

Há alguma situação em que essas três medidas fornecerão o mesmo valor? Em caso positivo, qual?

RESPOSTA NA FOLHA

1. Seja 𝑿 uma imagem qualquer em escala de cinza e sejam 𝑴𝒌 (𝟏 ≤ 𝒌 ≤ 𝟖) as suas fatias em planos de bits (imagens binárias) na forma ordenada, de forma que 𝑴𝟏 corresponda ao plano de bits menos significativo (LSB) e 𝑴𝟖 corresponda ao plano do bit mais significativo (MSB). Isto é, o valor do pixel – representado por inteiros – na posição (𝒊, 𝒋) da imagem 𝑿 pode ser escrito, em função dos planos de bits, pela relação:

𝟖

𝑿(𝒊, 𝒋) = ∑ 𝟐𝒌−𝟏𝑴𝒌(𝒊, 𝒋)

𝒌=𝟏

Suponha que, a todos os pixels de 𝑴𝟕 e 𝑴𝟖, seja atribuído o valor 0, obtendo-se uma imagem 𝒀 resultante. A respeito deste procedimento, julque como certa (C) ou errada

(E) cada uma das seguintes asserções:

|  |  |
| --- | --- |
| (E) | As formas gerais contidas da imagem 𝒀 devem ficar mais claras se comparadas às formas gerais contidas na imagem 𝑿 original. |
| (E) | A imagem 𝒀 deverá apresentar uma perda de detalhes claros em relação à imagem 𝑿. |
| (C) | A imagem 𝒁 obtida pela diferença 𝒁 = 𝑿 − 𝒀 deverá conter somente as formas gerais da imagem original 𝑿. |

1. Considere uma imagem qualquer e seu fatiamento em planos de bits. Em qual plano de bits deverão estar as informações dos detalhes da imagem, plano do bit mais significativo (MSB) ou menos significativo (LSB)? E as informações da forma geral da imagem?
2. Considere que, sobre uma imagem em escala de cinza qualquer – representada em números reais e resolução de 8 bits – armazenada na variável ‘X’, seja realizado o procedimento do comando em MATLAB a seguir:

# Y = round( (N-1)\*X )/(N-1);

em que N é um inteiro tal que 1 < N < 256. Obtém-se assim uma imagem resultante, armazenada na variável Y. O que faz este procedimento? Por quê?

1. Considere que uma imagem X qualquer seja recebida por um algoritmo em MATLAB e que este realize o seguinte procedimento, fornecendo uma imagem Y como imagem de saída:

function Y = algoritmo1(X) [L,C] = size(X);

for i = 1:L

for j = 1:C

Y(i,j) = (X(i,j))^2;

end

end

Explique qual o efeito esperado deste procedimento, quando aplicado a uma imagem em escala de cinza, representada por reais no intervalo entre 0 e 1.

**RESPOSTA:** A IMAGEM IRA ESCURECER

1. Considere que uma fotografia – de um objeto em posição fixa em ambiente ruidoso – seja tirada diversas vezes, obtendo-se uma sequência de N imagens X1, X2, X3 ... XN. Considere, agora, que o seguinte procedimento seja realizado:

Y = ( X1 + X2 + X3 + ... + XN ) / N

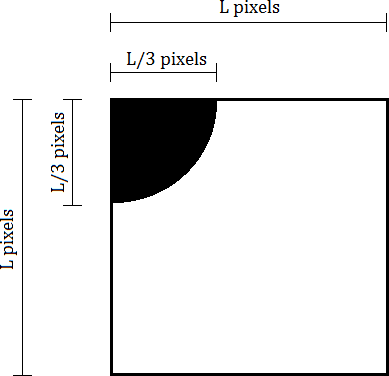
Assim, obtém-se uma imagem Y. Qual a finalidade deste procedimento? Por que e em quais condições este procedimento funciona?

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:

|  |  |
| --- | --- |
| (C) | Ao anular o valor da componente “S” de uma imagem no sistema HSI, obtém-se a correspondente imagem em escala de cinza. |
| (C) | 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. |
| (C) | 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. |

1. Explique, utilizando os conceitos básicos de Probabilidade, a razão de o procedimento de promediação funcionar e quais as hipóteses para que se possa aplicá- lo.
2. Escreva, na linguagem MATLAB, um algoritmo que crie uma imagem binária e quadrada, de forma que, em seu canto superior esquerdo, contenha um quarto de um círculo centrado no vértice superior esquerdo. O quarto de círculo – incluindo-se seu interior – deve ser preto e o restante da imagem deve ser branco. O raio deste quarto de círculo deve ser igual a 1/3 do lado da imagem (arredondando para baixo, em caso de número fracionário), conforme ilustrado a seguir:



Seu algoritmo deve, necessariamente:

1. Receber exatamente 1 (um) parâmetro de entrada, que será o tamanho *L* da imagem (lado do quadrado)
2. Fornecer exatamente 1 (um) parâmetro de saída, que será uma matriz *X*

contendo a imagem construída.

RESPOSTA:

function X = algoritmo(L,alfa)

X = zeros(L,L);

for i = 1:L

for j = 1:L

X(i,j) = exp( -((i-L/2)^2 + (j-L/2)^2)/alfa^2 );

end

end

X = X/max(X(:));

1. Considere o algoritmo em MATLAB a seguir, que gera uma imagem X.

function X = algoritmo X = zeros(1000,1000);

for i = 101:900

for j = 101:900

end

end

X(i,j) = 1;

Explique qual a forma da imagem X assim gerada e por quê. Faça um desenho desta imagem.

RESPOSTA: FUNDO PRETO E UM QUADRADO BRANCO NO CENTRO

1. Considere o algoritmo em MATLAB a seguir, que gera uma imagem X.

function X = algoritmo(L,alfa) X = zeros(L,L);

for i = 1:L

for j = 1:L

X(i,j) = exp( -((i-L/2)^2 + (j-L/2)^2)/alfa^2 );

end

end

Explique qual a forma da imagem X assim gerada e por quê. Qual a influência da variável ‘alfa’ na forma da imagem gerada?

1. Escreva, na linguagem MATLAB, um algoritmo que crie uma imagem binária – de tamanho NxN – contendo, em seu centro um círculo cujo diâmetro é igual à metade de sua largura. O círculo no centro deve ser branco e o restante da imagem deve ser preto. Seu algoritmo deve, necessariamente:
2. Receber exatamente 1 (um) parâmetro de entrada, que será o tamanho *N* da imagem (isto é, N linhas e N colunas)
3. Fornecer exatamente 1 (um) parâmetro de saída, que será uma matriz *X*

contendo a imagem construída.

1. Idem à questão anterior, para uma imagem contendo um losango em seu centro.
2. Nas duas questões anteriores, quais métricas (medidas de distância entre pixels), se adequadamente empregadas, podem gerar as formas desejadas?

RESPOSTA: Imagens na folha

1. Considere a medida de erro relativo para uma imagem 𝑋̅, versão aproximada de uma imagem 𝑋:

∑𝑀

∑𝑁 (𝑋̅(𝑖, 𝑗) − 𝑋(𝑖, 𝑗) 2

𝑖=1 𝑗=1 )

𝐸𝑅 =

∑𝑀

∑𝑁

2

𝑋(𝑖, 𝑗)

𝑖=1

𝑗=1( )

Define-se a relação sinal-ruído de pico (PSNR: *peak signal-to-noise ratio*), nesta situação, como:

65025

𝑃𝑆𝑁𝑅 = 10 log10 (

)

𝐸𝑅

(em que 65025 = 2552, para uma imagem representada em 28 = 256 níveis de cinza). Assim, responda:

1. Objetivamente, espera-se que uma imagem pouco ruidosa apresente PSNR baixo ou alto? Por quê? POUCO RUIDOSA PSNR ALTO – IMAGEM DE MELHOR QUALIDADE.
2. É possível uma imagem, subjetivamente melhor que outra, apresentar menor PSNR? Em caso positivo, em que situação, por exemplo? SIM, POIS O PSNR NÃO É O ÚNICO QUE DETERMINA A QUALIDADE DA IMAGEM.
3. 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)

Este procedimento, ao ser utilizado para determinada escolha para 𝛼, 𝑥0 e 𝑦0 produziu a seguinte imagem:



Com base nessa imagem, responda:

Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦).

1. Quais foram os valores escolhidos para 𝑥0 e 𝑦0? X0=25 – Y0=25
2. Qual o efeito de diminuir ou aumentar 𝛼? SE ALMENTA O 𝛼 ALFA, A IMAGEM AUMENTA
3. Seja 𝑿 uma imagem qualquer em escala de cinza e sejam 𝑴𝒌 (𝟏 ≤ 𝒌 ≤ 𝟖) as suas fatias em planos de bits (imagens binárias) na forma ordenada, de forma que 𝑴𝟏 corresponda ao plano de bits menos significativo (LSB) e 𝑴𝟖 corresponda ao plano do bit mais significativo (MSB). Isto é, o valor do pixel – representado por inteiros – na posição (𝒊, 𝒋) da imagem 𝑿 pode ser escrito, em função dos planos de bits, pela relação:

𝟖

𝑿(𝒊, 𝒋) = ∑ 𝟐𝒌−𝟏𝑴𝒌(𝒊, 𝒋)

𝒌=𝟏

Suponha que, a todos os pixels de 𝑴𝟕 e 𝑴𝟖, seja atribuído o valor 0, obtendo-se uma imagem 𝒀 resultante. A respeito deste procedimento, julque como certa (C) ou errada

(E) cada uma das seguintes asserções:

|  |  |
| --- | --- |
| ( ) | As formas gerais contidas da imagem 𝒀 devem apresentar maior brilho se comparadas às formas gerais contidas na imagem 𝑿 original. |
| ( ) | A imagem 𝒀 deverá apresentar uma perda de detalhes claros em relação à imagem 𝑿. |
| ( ) | A imagem 𝒁 obtida pela diferença 𝒁 = 𝒀 − 𝑿 deverá conter somente as formas gerais da imagem original 𝑿. |

1. Considere que uma imagem X qualquer seja recebida por um algoritmo em MATLAB e que este realize o seguinte procedimento, fornecendo uma imagem Y como imagem de saída:

function Y = algoritmo1(X) [L,C] = size(X);

for i = 1:L

for j = 1:C

Y(i,j) = (X(i,j))^2;

end

end

1. A figura a seguir mostra a curva de uma transformação de níveis de cinza 𝑠 = 𝑇(𝑟)

para uma imagem acromática qualquer.

|  |  |
| --- | --- |
| A respeito da transformação 𝑠 = 𝑇(𝑟)  correspondente a esta curva apresentada aplicada a uma imagem em escala de cinza qualquer, julgue (com certo (C) ou errado (E)) as seguintes afirmativas:  (C)Esta transformação deve aumentar o contraste nos níveis médios de cinza.  (C) Esta transformação deve diminuir o contraste nos níveis baixos e altos de cinza (pixels claros e escuros, respectivamente). (C) Esta transformação não é indicada para imagens, por exemplo, de fotografias  superexpostas. | 𝑠 = 𝑇(𝑟) |

|  |  |
| --- | --- |
| **23.** Considere as duas curvas de transformação de níveis de cinza, 𝑠 = 𝑇1(𝑟) e  𝑠 = 𝑇2(𝑟), ilustradas nos gráficos a seguir (à direita):  A respeito dessas duas transformações, 𝑇1 e  𝑇2, quando aplicadas a imagens em escala de cinza, julgue como certa (C) ou errada (E) cada uma das asserções a seguir:  (C) A transformação 𝑇1 melhora o contraste nos níveis mais escuros de cinza.  (C) A transformação 𝑇1 piora o contraste nos níveis mais claros de cinza.  (C) A transformação 𝑇2 piora o contraste nos níveis mais escuros de cinza.  (C) A transformação 𝑇2 melhora o contraste nos níveis mais claros de cinza. | 𝑠 = 𝑇1(𝑟)    𝑠 = 𝑇2(𝑟) |

|  |  |
| --- | --- |
| **24.** 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 a seguir. | Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦). |

Considere as imagens 𝑔(𝑥, 𝑦) e ℎ(𝑥, 𝑦), mostradas abaixo, obtidas a partir de 𝑓(𝑥, 𝑦), via algum procedimento.

|  |  |
| --- | --- |
| Imagem 𝑔(𝑥, 𝑦). | Imagem ℎ(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:

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

# Texto para as duas próximas questões

Considere as três medidas usuais de distância (entre um par de pixels de coordenadas

𝑝 = (𝑥, 𝑦) e 𝑞 = (𝑢, 𝑣)) utilizadas em processamento de imagens:

* Distância 𝑑𝐸 (euclidiana): 𝑑𝐸(𝑝, 𝑞) = √(𝑥 − 𝑢)2 + (𝑦 − 𝑣)2;
* Distância 𝑑4 (*city-block*): 𝑑4(𝑝, 𝑞) = |𝑥 − 𝑢| + |𝑦 − 𝑣|;
* Distância 𝑑8 (tabuleiro de xadrez): 𝑑8(𝑝, 𝑞) = máx{|𝑥 − 𝑢|, |𝑦 − 𝑣|}.

A respeito dessas três medidas de distância, 𝑑𝐸, 𝑑4 e 𝑑8, responda às duas questões a seguir.

1. Acerca dessas três medidas de distância entre pixels, considere as seguintes asserções:
   1. E Dados dois pixels 𝑝 e 𝑞 quaisquer, temos 𝑑4(𝑝, 𝑞) ≤ 𝑑𝐸(𝑝, 𝑞).
   2. C Dados dois pixels 𝑝 e 𝑞 quaisquer, temos 𝑑8(𝑝, 𝑞) ≤ 𝑑𝐸(𝑝, 𝑞).
   3. C Dados dois pixels 𝑝 e 𝑞 quaisquer, temos 𝑑4(𝑝, 𝑞) ≥ 𝑑8(𝑝, 𝑞).
   4. C Dados dois pixels 𝑝 e 𝑞 quaisquer, é possível que 𝑑𝐸(𝑝, 𝑞) = 𝑑4(𝑝, 𝑞) =

𝑑8(𝑝, 𝑞).

São corretas apenas as asserções:

**A)** II, III e IV. **B)** II e III. **C)** I e III. **D)** I, II, III e IV. **E)** I, II e III.

1. Considere a seguinte situação: geram-se três imagens de dimensões 𝑁 × 𝑁 (𝑁 linhas e 𝑁 colunas) com o procedimento descrito abaixo (para cada uma das três utilizando uma das medidas, 𝑑𝐸, 𝑑4 ou 𝑑8):

* Seja 𝑑(𝑝, 𝑞) uma das três medidas de distância definidas acima;
* Seja

𝑁

𝑞 = (

2

, 𝑁) 2

a coordenada correspondente ao centro geométrico da imagem;

* Para cada pixel, de coordenada 𝑝 = (𝑥, 𝑦) (0 < 𝑥, 𝑦 ≤ 𝑁), da imagem, faz-se: se 𝑑(𝑝, 𝑞) ≤ 0,35𝑁, então atribui-se 1 ao pixel na coordenada 𝑝;

se 𝑑(𝑝, 𝑞) > 0,35𝑁, então atribui-se 0 ao pixel na coordenada 𝑝;

Apresentam-se, agora, seis resultados possíveis ao aplicar o algoritmo (imagens 𝐼1 a

𝐼6), utilizando cada uma das três medidas de distância no lugar de 𝑑(𝑝, 𝑞):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | |
| 𝐼1 | 𝐼2 | 𝐼3 |
|  | | |
| 𝐼4 | 𝐼5 | 𝐼6 |

Ao realizar o procedimento descrito com as medidas 𝑑𝐸 (euclidiana), 𝑑4 (*city-block*) e 𝑑8

(tabuleiro de xadrez), respectivamente, as correspondentes imagens geradas são:

1. 𝐼1, 𝐼2 e 𝐼3, respectivamente.
2. 𝐼1, 𝐼3 e 𝐼2, respectivamente.
3. 𝐼4, 𝐼5 e 𝐼6, respectivamente.
4. 𝐼4, 𝐼6 e 𝐼5, respectivamente.
5. 𝐼1, 𝐼5 e 𝐼6, respectivamente.

|  |  |
| --- | --- |
| **27.** Considere a seguinte imagem, 𝑋, à direita. Trata-se de uma imagem em escala de cinza representada por números reais no intervalo [0,1], com dimensões de 200x200 pixels, apresentando padrão senoidal na horizontal. Esta imagem pode ser criada atribuindo-se, para cada pixel (de coordenada (𝑖, 𝑗); 1 ≤ 𝑖, 𝑗 ≤ 200), a seguinte intensidade:  1 1  𝑋(𝑖, 𝑗) = + cos(0,05𝜋𝑗).  2 2 | Imagem 𝑋. |

Considere que, a partir dessa imagem, 𝑋, sejam geradas três outras imagens, 𝑌1, 𝑌2 e

𝑌3, cada uma com um dos três procedimentos descritos abaixo:

|  |  |
| --- | --- |
| **Procedimento 1 Y2** | Para cada coordenada (𝑖, 𝑗), faz-se:   * Se 𝑋(𝑖, 𝑗) ≥ 0,5, então altera-se o valor do pixel para 1. * Se 𝑋(𝑖, 𝑗) < 0,5, então altera-se o valor do pixel para 0. |
| **Procedimento 2**  **Y1** | Para cada coordenada (𝑖, 𝑗), faz-se:   * Se 𝑋(𝑖, 𝑗) ≥ 0,1, então altera-se o valor do pixel para 1. * Se 𝑋(𝑖, 𝑗) < 0,1, então altera-se o valor do pixel para 0. |
| **Procedimento 3**  **Y3** | Para cada coordenada (𝑖, 𝑗), altera-se o valor de 𝑋(𝑖, 𝑗)  para 𝑋(𝑖, 𝑗)/3. |

A seguir, mostram-se três possíveis imagens resultantes, de forma que cada uma corresponda a um dos procedimentos:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 𝑌1 | 𝑌2 | 𝑌3 |

É coerente afirmar que os procedimentos 1, 2 e 3 produzem, respectivamente, as imagens:

**A)** 𝑌1, 𝑌2 e 𝑌3. **B)** 𝑌2, 𝑌1 e 𝑌3. **C)** 𝑌3, 𝑌2 e 𝑌1. **D)** 𝑌1, 𝑌3 e 𝑌2. **E)** 𝑌3, 𝑌1 e 𝑌2.

1. Mostra-se abaixo uma imagem 𝑓(𝑥, 𝑦) em escala de cinza, de dimensões 200x200 pixels:



Imagem 𝑓(𝑥, 𝑦).

Considere, agora, três transformações de amplitude, aplicáveis a 𝑓(𝑥, 𝑦) quando representada por reais no intervalo 0 ≤ 𝑓(𝑥, 𝑦) ≤ 1 (para todo par (𝑥, 𝑦)), descritas a seguir:

|  |  |
| --- | --- |
| **Transformação 1**  𝑔2(𝑥, 𝑦) | Para cada coordenada (𝑥, 𝑦), faz-se a seguinte atribuição:  𝛼  𝑓(𝑥, 𝑦) ← (𝑓(𝑥, 𝑦)) ,  onde 𝛼 > 1. |
| **Transformação 2**  𝑔1(𝑥, 𝑦) | Para cada coordenada (𝑥, 𝑦), faz-se a seguinte atribuição:  𝛼  𝑓(𝑥, 𝑦) ← (𝑓(𝑥, 𝑦)) ,  onde 𝛼 < 1. |
| **Transformação 3**  𝑔3(𝑥, 𝑦) | Para cada coordenada (𝑥, 𝑦), faz-se a seguinte atribuição:  𝑓(𝑥, 𝑦) ← [[4 × 𝑓(𝑥, 𝑦)]]/4,  onde [[𝑧]] significa arredondar o número real 𝑧 para o inteiro mais próximo. |

A seguir, mostram-se três possíveis imagens resultantes, TRANSFORMAÇÃO 2 𝑔1(𝑥, 𝑦), TRANSFORMAÇÃO 1 𝑔2(𝑥, 𝑦) e TRANSFORMAÇÃO 3 𝑔3(𝑥, 𝑦) de forma que cada uma corresponda a uma das transformações.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| 𝑔1(𝑥, 𝑦) | 𝑔2(𝑥, 𝑦) | 𝑔3(𝑥, 𝑦) |

É coerente afirmar que as transformações 1, 2 e 3 produzem como resultado, respectivamente:

**A)** 𝑔1(𝑥, 𝑦), 𝑔2(𝑥, 𝑦) e 𝑔3(𝑥, 𝑦).

**B)** 𝑔1(𝑥, 𝑦), 𝑔3(𝑥, 𝑦) e 𝑔2(𝑥, 𝑦).

**C)** 𝑔3(𝑥, 𝑦), 𝑔2(𝑥, 𝑦) e 𝑔1(𝑥, 𝑦).

**D)** 𝑔2(𝑥, 𝑦), 𝑔1(𝑥, 𝑦) e 𝑔3(𝑥, 𝑦).

**E)** 𝑔3(𝑥, 𝑦), 𝑔1(𝑥, 𝑦) e 𝑔2(𝑥, 𝑦).

1. Considere que se queira registrar uma imagem 𝑋, obtida em ambiente ruidoso. Para isto, decide-se tomar 𝑁 = 4 versões ruidosas da imagem para que se aplique a promediação. Considere, em situação simplificada, que 𝑋 seja uma imagem em escala de cinza, representadas por reais entre 0 e 1, de dimensões 2x2 pixels. Da primeira até a quarta aquisição, têm-se as seguintes versões ruidosas:

|  |  |
| --- | --- |
| 1ª aquisição | 𝑋 = [0,31 0,39  1 0,52 0, ]  63 |
| 2ª aquisição | 𝑋 = [0,295 0,401  2 0,511 0, ]  601 |
| 3ª aquisição | 𝑋 = 0,285 0,38  3 [ 0,49 0, ]  59 |
| 4ª aquisição | 𝑋 = 0,321 0,42  4 [ ]  0,488 0,58 |

Considere, ainda, que a imagem perfeita, que seria obtida em situação ideal, caso não houvesse ruído ambiente – à qual não se tem acesso, portanto – seja dada por:

𝑋 = [0,3 0,4]

0,5 0,6

Responda aos itens a seguir:

* 1. Se 𝑌 é a imagem resultante da técnica de promediação aplicada nesta situação, determine a matriz 2x2 assim obtida. Justifique sua resposta e descreva seus cálculos adequadamente.
  2. Determine o erro relativo associado a 𝑋1 (imagem ruidosa obtida na 1ª aquisição) e o erro relativo associado a 𝑌 (imagem resultante da promediação). Qual dos dois é o menor? Por quê?

Lembrete: Se 𝑋 representa uma imagem perfeita e 𝑋̅ é uma versão aproximada de 𝑋, o erro relativo pode ser calculado pela expressão:

∑𝑀 ∑𝑁

𝑖=1 𝑗=1

(𝑋(𝑖, 𝑗) − 𝑋̅(𝑖, 𝑗))

2

𝐸𝑟𝑒𝑙𝑎𝑡 =

∑𝑀 ∑𝑁

2

𝑖=1 𝑗=1

(𝑋(𝑖, 𝑗))

1. Considere o algoritmo abaixo, o qual produz uma imagem binária, armazenada na variável X.

**function X = cria\_imagem(TAM) X = zeros(TAM,TAM);**

**for i=1:TAM for j=1:TAM**

**if ( sqrt( i^2 + j^2 ) <= TAM/3 ) X(i,j) = 1;**

**end**

**end end**

Explique em que consiste essa imagem (qual a correspondente forma geométrica) e faça um desenho (esboço) de uma possível imagem resultante caso o usuário do algoritmo escolha TAM = 3000. Para isto, pinte a (s) região (ões) da imagem cujos pixels forem iguais a 1. Explique, no local indicado na folha de respostas, o desenho que você fez.