

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E DE COMPUTADORES
MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA E MULTIMÉDIA
PROCESSAMENTO DE IMAGEM E BIOMETRIA

Semestre de inverno 2022/2023

8 de fevereiro de 2023, 14h00

Época de Recurso

Duração: 2h30

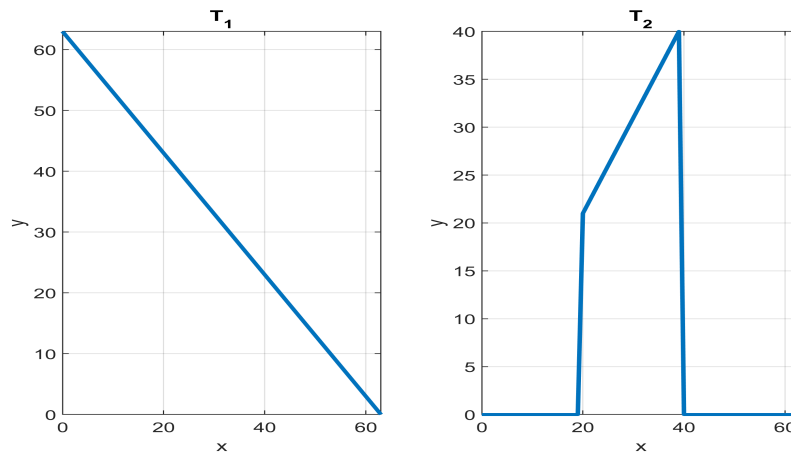
Consulta: 1 folha A4 (2 páginas).

Justifique todas as respostas. Apresente todos os cálculos que efetuar.

1. A imagem $I = \begin{bmatrix} 30 & 10 & 10 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \end{bmatrix}$ tem profundidade $n = 6$ bit/pixel.

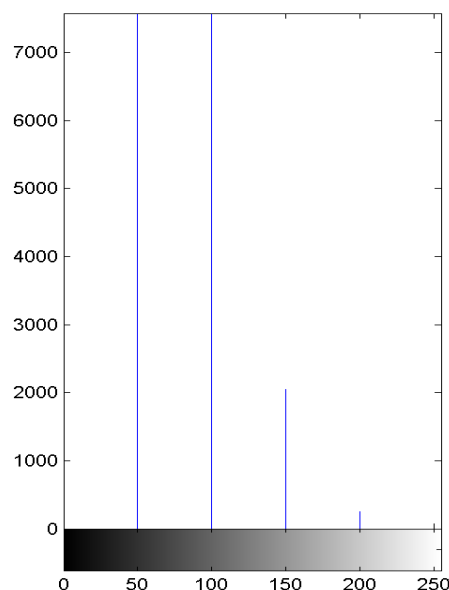
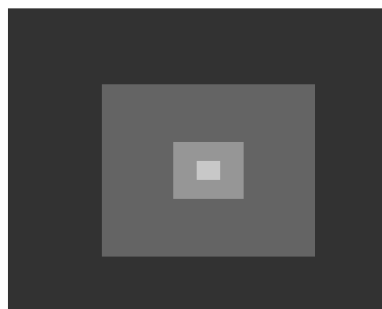
- (a) $\{1,0\}$ Relativamente a I indique: a resolução espacial, o número total de bits ocupado pela imagem, a potência, a intensidade média e a entropia. Trata-se de uma imagem de elevado brilho e elevado contraste?
- (b) $\{1,0\}$ Apresente as imagens resultantes das seguintes operações:
 $I_A = \text{NOT}[I]$; $I_B = I + 45$; $I_C = \text{plano de bits menos significativo de } I$.
- (c) Sejam as máscaras de filtragem espacial $w_1 = \begin{bmatrix} 0.25^* & 0.25 \\ 0.25 & 0.25 \end{bmatrix}$ e $w_2 = \begin{bmatrix} 1^* & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$.
- (i) $\{1,0\}$ Caracterize o tipo de filtragem/operação associado a cada máscara. Tratam-se de operações lineares ou não lineares? Justifique.
- (ii) $\{1,0\}$ Apresente as imagens I_1 e I_2 resultantes da aplicação das máscaras w_1 e w_2 sobre a imagem I , respetivamente. Considere que se efetua *padding* por replicação de linhas e colunas.

2. A figura apresenta uma técnica de Processamento Digital de Imagem (PDI) constituída pela aplicação em sequência das transformações de intensidade T_1 e T_2 , sobre uma imagem monocromática de entrada.



- (a) $\{1,0\}$ Para cada função T_1 e T_2 : indique a funcionalidade; apresente um esboço da tabela de *lookup* que a implementa. Indique o objetivo geral da técnica de PDI apresentada na figura.
- (b) $\{1,0\}$ Sobre a imagem I definida no exercício 1, aplicam-se as transformações de intensidade T_1 e T_2 , de forma separada e individual. Apresente uma estimativa das imagens I_1 e I_2 , tais que resultam desta aplicação.

3. Sejam as janelas utilizadas na filtragem espacial, definidas por $w_1 = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 2 & A & 2 \\ 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}$ e $w_2 = \frac{2}{B} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$.
- (a) $\{1,0\}$ Determine o valor de A para que w_1 corresponda a uma janela de *sharpening*. Determine o valor de B para que w_2 seja uma janela de *smoothing* apropriada.
- (b) $\{1,0\}$ Considere $A = B = 2$ e $w_3 = w_1 - w_2$. Seja a imagem monocromática I com resolução espacial 512×512 e resolução em profundidade de $n = 8$ bit/pixel, tal que as primeiras 256 colunas têm conteúdo constante igual a 10 e as restantes 256 colunas têm conteúdo constante igual a 20. Descreva o conteúdo da imagem I_3 , a qual resulta da filtragem espacial de I , com a janela w_3 . Considerando otimizações, é possível implementar esta filtragem sem recurso a quaisquer multiplicações?
4. Considere as seguintes questões sobre técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI).
- (a) $\{1,0\}$ Em que consiste a técnica de especificação de histograma? Tipicamente, em que situações é aplicada com sucesso? Em que situações produz resultados inadequados?
- (b) $\{1,0\}$ O filtro de mediana é adequado para a remoção de ruído impulsivo (*salt and pepper*). Quais as razões que levam a esta adequação? Quais os critérios na escolha da máscara do filtro?
5. As seguintes questões abordam técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI), com manipulação de cor.
- (a) $\{1,0\}$ Explique em que consiste a coloração de imagens monocromáticas e as principais razões que levam à sua utilização, com sucesso. Indique dois tipos distintos de abordagem para este problema.
- (b) $\{1,0\}$ A figura abaixo apresenta uma imagem monocromática, com resolução em profundidade $n = 8$ bit/pixel, bem como o seu histograma. Para os quatro níveis de intensidade da imagem, pretende-se atribuir a sequência de cores: azul, verde, vermelho e amarelo. Indique um procedimento detalhado para conseguir este resultado.
- (c) $\{1,0\}$ Em qual dos espaços de cor RGB, HSI, CMY e CMYK se pretende representar de forma numérica (quantitativa) a descrição qualitativa que os seres humanos fazem da cor (por exemplo: “aquele carro é amarelo escuro”)?
- (d) $\{1,0\}$ Uma imagem colorida tem cores corretas, mas tem excesso de luminosidade. Indique como procederia para, mantendo as cores, diminuir o excesso de luminosidade: (i) no espaço RGB; (ii) no espaço HSI.



6. As seguintes questões referem-se ao processamento digital de imagem, no domínio da frequência.

- (a) {1,0} Considere o algoritmo de filtragem de imagem de resolução espacial 512×512 , no domínio da frequência. Após a ação de *zero padding*, as dimensões da imagem *padded* são $P = 2M$ e $Q = 2N$. Tendo em conta que $D[u, v] = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$, definem-se os filtros:

$$H_A[u, v] = \begin{cases} 2, & \text{se } 10 \leq D[u, v] \leq 30 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad \text{e} \quad H_B[u, v] = \begin{cases} 1, & \text{se } D[u, v] \geq 20 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Para os filtros definidos por $H_A[u, v]$, $H_B[u, v]$ e $H_C[u, v] = H_A[u, v] \times H_B[u, v]$, indique o tipo de filtragem realizado e esboce cada filtro, na forma de imagem.

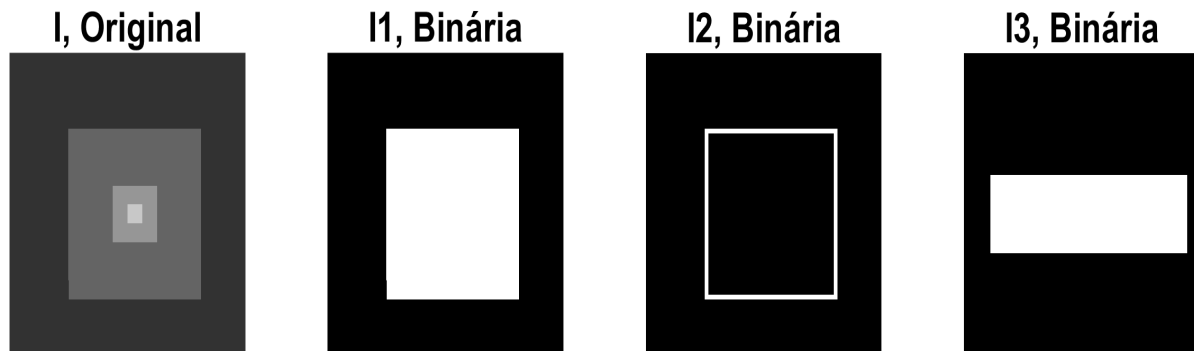
- (b) {1,0} Considere o algoritmo que se descreve de seguida.

Input: Image f; Filter H. Output: Image g.

```
-----
1. F[u,v] = DFT[ log(f[m,n]) ];
2. g[m,n] = exp( IDFT[ H[u,v]*F[u,v] ] );
3. Return g[m,n].
-----
```

Indique: a funcionalidade do algoritmo e uma situação de exemplo de aplicação do mesmo; como deve ser escolhido o filtro definido por H .

7. A figura apresenta a imagem monocromática I e as imagens binárias I_1 , I_2 e I_3 .



- (a) {1,0} Tenha em conta que a imagem monocromática I é a apresentada no exercício 5. Apresente o gráfico de uma transformação de intensidade que obtenha a imagem binária I_1 , a partir da imagem I . Apresente um esboço da tabela de *lookup* dessa transformação.
- (b) {1,0} Descreva as operações morfológicas e o elemento estruturante tais que a partir de I_1 : (i) conduzem a I_2 ; (ii) conduzem a I_3 .

8. Considere um sistema biométrico de autenticação de indivíduos, baseado em impressão digital.

- (a) {1,0} Apresente, de forma resumida, uma abordagem possível para o módulo de extração de caraterísticas, a utilizar pelo sistema. Descreva o conteúdo do vetor de características usado nesse sistema.
- (b) {1,0} Em termos genéricos, para todas as modalidades biométricas, quais os critérios gerais a seguir para a escolha e extração dos valores numéricos para formarem os vetores de características?