

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

**Semestre de verão 2017/2018**

Época de Recurso

3 de julho de 2018, 14:00

Duração: 2:30

**Consulta: 1 folha A4 (2 páginas).**

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

1. A imagem  $I$  é definida como  $I = \begin{bmatrix} 10 & 13 & 12 & 32 \\ 11 & 14 & 20 & 35 \\ 14 & 0 & 4 & 6 \end{bmatrix}$ .

- (a) {1,0} Relativamente à imagem  $I$ , indique: a resolução espacial; a resolução em profundidade mínima, expressa em bit/pixel; a energia; o valor médio. Caraterize a imagem quanto ao contraste (baixo/médio/elevado) e ao brilho (baixo/médio/elevado).
- (b) {1,0} Considere que se presente obter a imagem  $I_2$  com conteúdo semelhante ao de  $I$ , mas com o dobro da resolução espacial nas direções horizontal e vertical. Apresente uma possível imagem  $I_2$  e indique os procedimentos seguidos para obter esta imagem.
- (c) {1,0} Determine as imagens:

(i)  $I_A$ , tal que  $I_A = (I + 1)$  AND  $\begin{bmatrix} 8 & 8 & 8 & 8 \\ 7 & 7 & 7 & 7 \\ 6 & 6 & 6 & 6 \end{bmatrix}$ .

(ii)  $I_B$ , tal que  $I_B = I - 15$ .

(iii)  $I_C$ , tal que tenha o quádruplo da potência da imagem  $I$ .

2. Considere a transformação de intensidade  $T$ , definida pela tabela de *lookup* que se descreve em seguida.

Input pixel, $x_i$	Output pixel, $y_i$
$\{0, \dots, 100\}$	$2x_i$
$\{101, \dots, 200\}$	$x_i$
$\{201, \dots, 255\}$	255

- (a) {1,0} Apresente o esboço da função  $T$ . Caraterize as alterações que esta função efetua sobre:
- (i) uma imagem que possui níveis de cinzento na gama 10 a 80, exclusivamente;
- (ii) uma imagem que possui níveis de cinzento na gama 110 a 192, exclusivamente.
- (b) {1,0} Apresente o esboço da transformação de intensidade  $T_2$ , tal que:
- (i) aumente significativamente o contraste na gama de intensidade 110 a 140;
- (ii) os valores mínimo e máximo de intensidade da imagem, após a sua aplicação, sejam 8 e 252, respetivamente.

3. Considere as janelas definidas por

$$w_1 = A \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & B & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad w_2 = \frac{4}{C+1} \begin{bmatrix} C/4 & (1-C)/4 & C/4 \\ (1-C)/4 & -1 & (1-C)/4 \\ C/4 & (1-C)/4 & C/4 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,0} Determine os valores de  $A$  e  $B$ , para que  $w_1$  seja um operador de: i) *smoothing*; ii) *sharpening*.
- (b) {1,0} Com  $C = 0$ , identifique o operador realizado por  $w_2$ . Determine a gama de valores adequados para o parâmetro  $C$ .
- (c) {1,0} Seja a imagem monocromática  $I$  com resolução  $512 \times 512$ , tal que as primeiras 256 linhas têm conteúdo constante igual a 12 e as restantes 256 linhas têm conteúdo constante igual a 40. Descreva o conteúdo das imagens  $I_1$  e  $I_2$ , as quais resultam da filtragem espacial de  $I$ :
- (i) aplicando  $w_1$ , com  $A = 1$  e  $B = 2$ .
- (ii) aplicando  $w_2$ , com  $C = 0$ .

4. Considere a definição da *Inverse Discrete Cosine Transform* (IDCT) para imagens de resolução  $M \times N$ .

$$f[m, n] = \text{IDCT}[F[u, v]] = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} C[u]C[v]F[u, v] \cos\left(\frac{(2m+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right),$$

$$\text{em que } C[u] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{M}}, & u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{M}}, & u \in \{1, \dots, M-1\} \end{cases} \quad \text{e} \quad C[v] = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}}, & v = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & v \in \{1, \dots, N-1\} \end{cases}.$$

(a)  $\{1,0\}$  Sabendo que  $F[u, v] = \begin{bmatrix} 12 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ , determine  $f[m, n] = \text{IDCT}[F[u, v]]$ . Procure minimizar o número de cálculos efetuado.

(b)  $\{1,0\}$  Considere  $D[u, v] = \text{DCT}[I[m, n]]$ , sendo  $I$  uma imagem monocromática de resolução  $M \times N$ . Considere  $I'$  como a versão negativa de  $I$ , bem como  $D'[u, v] = \text{DCT}[I'[m, n]]$ . Qual a relação entre  $D[u, v]$  e  $D'[u, v]$ ?

5. Considere o algoritmo de filtragem de imagem, 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:

$$H_A[u, v] = D[u, v], \quad H_B[u, v] = \exp\left(-\frac{D^2[u, v]}{2D_o^2}\right), \quad H_C[u, v] = \frac{1}{1 + \left(\frac{D[u, v]}{D_o}\right)^{2n}} \quad \text{e} \quad H_D[u, v] = 1 - H_B[u, v].$$

(a)  $\{1,0\}$  Para os quatro filtros indique, justificando, o tipo de filtragem realizado.

(b)  $\{1,0\}$  Para o filtro  $H_B[u, v]$  indique a funcionalidade do parâmetro  $D_o$ . Para o filtro  $H_C[u, v]$  indique a funcionalidade dos parâmetros  $D_o$  e  $n$ .

(c)  $\{1,0\}$  Em que consiste um *notch filter*? Apresente um exemplo de um filtro deste género e indique em que situações deve ser aplicado.

6. Tenha em conta a representação de imagens coloridas no espaço de cor RGB e noutros espaços.

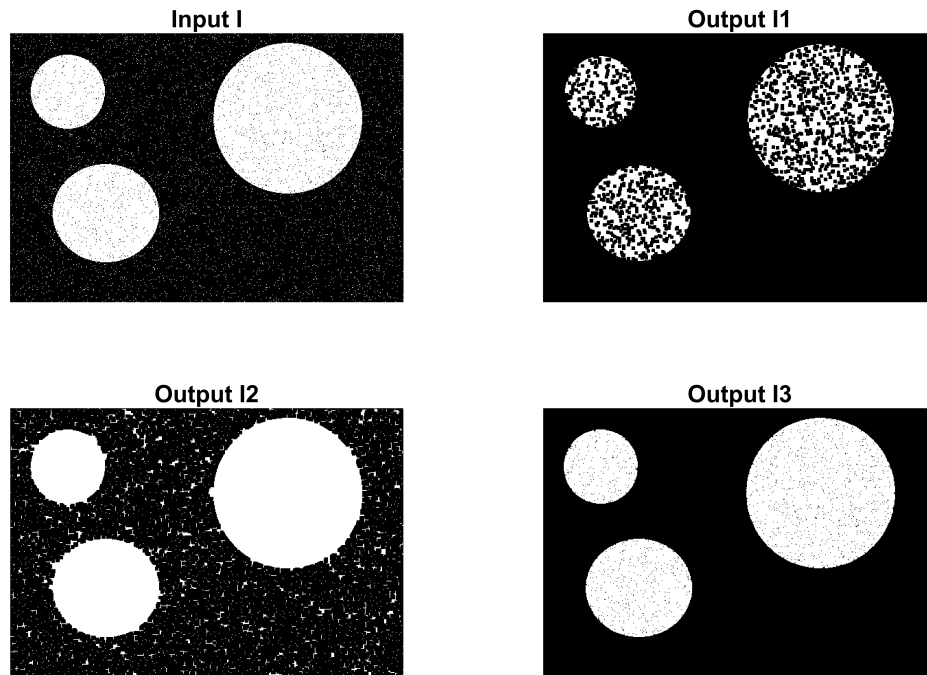
(a)  $\{1,0\}$  A imagem colorida  $I$  é representada no espaço de cor RGB e no espaço HSI, com  $n = 5$  bit/pixel, em cada componente. Para ambos os espaços, apresente as funções de transformação de cor que conduzem ao complemento (“negativo”) de cor.

(b)  $\{1,0\}$  A imagem monocromática  $M$  possui 256 níveis de cinzento. A partir de  $M$ , geram-se imagens a cores, em RGB e HSI, definidas através de

$$I_1 : \begin{cases} R_1 = M/2 \\ G_1 = M/2 \\ B_1 = M/2 \end{cases}, \quad I_2 : \begin{cases} R_2 = M \\ G_2 = M \\ B_2 = 0 \end{cases} \quad \text{e} \quad I_3 : \begin{cases} H_3 = 0 \\ S_3 = 128 \\ I_3 = M \end{cases}.$$

Identifique o tipo de técnica aplicado sobre a imagem  $M$ . Relacione o conteúdo visual das imagens coloridas  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  com o conteúdo de  $M$ .

7. A figura apresenta o resultado de três processamentos morfológicos distintos sobre a imagem binária  $I$ , na tentativa de remover o ruído da imagem e preservar os três círculos.



- (a)  $\{1,0\}$  Identifique as operações morfológicas que transformaram:  $I$  em  $I_1$ ;  $I$  em  $I_2$ ;  $I$  em  $I_3$ .
- (b)  $\{1,0\}$  Proponha uma técnica tal que consiga efetivamente remover o ruído e preservar os três círculos.
8. Considere as seguintes questões sobre sistemas biométricos e sistemas de reconhecimento de padrões.
- (a)  $\{1,0\}$  As modalidades biométricas são caracterizadas relativamente a propriedades tais como a *universalidade*, a *unicidade*, a *permanência* e o *desempenho*. Indique de forma resumida o significado de cada uma destas propriedades. Compare as modalidades *impressão digital* e *face*, relativamente a estas propriedades.
- (b)  $\{1,0\}$  Na aplicação de sistemas biométricos temos a existência de *falsos positivos* e de *falsos negativos*. Explique em que consistem estes indicadores (para as tarefas de identificação e autenticação) e como se deve proceder para ajustar os seus valores, para níveis adequados.
- (c)  $\{1,0\}$  Considere o classificador *árvore de decisão*. Descreva o processo de treino/aprendizagem do classificador. Descreva o funcionamento do classificador, na atribuição da etiqueta a um padrão de entrada, após treino. A característica localizada na raiz da árvore é a mais relevante ou a menos relevante?