

**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 2021/2022**

Época Normal

4 de fevereiro de 2022, 19:00

- R1 - Repetição do 1.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **1, 2, 3, 4 e 5**.
- R2 - Repetição do 2.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **6, 7, 8, 9 e 10**.
- TG - Teste Global, duração de 2:30, grupos **1, 4, 5, 7, 8, 9 e 10**.

**Justifique todas as respostas. Consulta: R1/R2 - 1 folha A4; TG - 2 folhas A4.**

1. {R1|TG} A imagem quadrada monocromática  $I$ , com  $n = 7$  bit/pixel, tem o histograma que se apresenta na tabela. Para os níveis de cinzento ausentes na tabela, não se registam ocorrências.

Nível de cinzento	5	10	20	30	40	50	60	$m_x$
Ocorrências	124	100	100	100	100	100	100	300

- (a) {1,25|1,0} Indique a resolução espacial da imagem e o valor de  $m_x$ , sabendo que corresponde ao máximo de intensidade. Trata-se de uma imagem de elevado brilho e contraste?
- (b) {1,25|1,0} Calcule a entropia, a energia, a potência e a intensidade média de  $I$ .
- (c) {1,25|1,0} Apresente, na forma de tabela, o histograma da versão negativa desta imagem, designada por  $I_n$ . Compare o valor da entropia de  $I$  com o valor da entropia de  $I_n$ . Comente o resultado.
2. {R1} As seguintes questões referem-se ao funcionamento de sistemas biométricos.
- (a) {1,25} Explique o significado dos seguintes conceitos: (i) *failure to enroll*; (ii) *false accept rate*; (iii) *false reject rate*.
- (b) {1,5} Apresente um esboço da informação contida numa base de dados de registos de um sistema biométrico. Indique como esta informação é atualizada e utilizada nas fases de registo e verificação/identificação.

3. {R1} As transformações de intensidade  $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ , são definidas como

$$T_1[x] = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 120 \\ 180, & 121 \leq x \leq 150 \\ x, & 151 \leq x \leq 255 \end{cases}, \quad T_2[x] = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 20 \\ 31, & 21 \leq x \leq 31 \end{cases} \quad \text{e} \quad T_3[x] = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 100 \\ 0, & 101 \leq x \leq 127. \end{cases}$$

- (a) {1,5} Esboce as três funções. Para cada função, indique: a funcionalidade; a profundidade de imagem, em bit/pixel, para a qual se destina; a resolução de imagem para a qual se destina; se é invertível.
- (b) {1,5} Considere a transformação  $T_3$  sobre imagens de resolução espacial  $5 \times 5$ . É possível que a aplicação desta transformação de intensidade gere uma imagem de saída com a mesma energia da imagem de entrada? Em caso afirmativo, apresente um exemplo dessa situação. Caso contrário, justifique a impossibilidade.
- (c) {1,5} Seja a imagem  $I_3$  definida como

$$I_3 = \begin{bmatrix} 34 & 4 & 1 & 2 \\ 0 & 12 & 88 & 10 \\ 11 & 10 & 76 & 0 \\ 40 & 0 & 0 & 10 \end{bmatrix},$$

a qual resultou da aplicação de  $T_3$  sobre a imagem  $I$ . Apresente uma possível imagem de entrada,  $I$ , sabendo que a energia desta é superior à de  $I$ .

4. {R1||TG} Sejam as janelas utilizadas na filtragem espacial, definidas por

$$w_1 = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 2 & A & 2 \\ 2 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad w_2 = \frac{2}{B} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,5||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) {1,5||1,0} Sobre a janela  $w_2$ , considere  $B = 2$  e uma imagem monocromática  $I$  com resolução  $1024 \times 512$ , e profundidade de  $n = 8$  bit/pixel. Para a filtragem de  $I$ , através de  $w_2$ , indique o número máximo de somas e multiplicações realizadas, no pior caso. Considerando otimizações, é possível realizar esta filtragem sem recurso a quaisquer multiplicações?
- (c) {1,5||1,0} Considere  $A = B = 2$  e  $w_3 = w_1 - w_2$ . Seja a imagem monocromática  $I$  com resolução  $512 \times 512$ , e 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 200. Descreva o conteúdo da imagem  $I_3$ , a qual resulta da filtragem espacial de  $I$ , com a janela  $w_3$ .

5. {R1||TG} Considere as seguintes questões sobre técnicas de processamento de imagem.

- (a) {1,5||1,0} Em que consiste a técnica de especificação de histograma? Tipicamente, em que situações é aplicada com sucesso?
- (b) {1,5||1,0} Quais as razões que levam ao sucesso do filtro de mediana na remoção de ruído impulsivo (*salt and pepper*)? Quais os critérios na escolha da máscara do filtro? Após aplicação deste filtro, é possível reverter o processo e obter exatamente a imagem original?
- (c) {1,5||1,0} Quais as vantagens e desvantagens das técnicas de filtragem no domínio da frequência, relativamente às técnicas de filtragem espacial? Apresente dois exemplos de problemas que sejam bem resolvidos por cada uma destas técnicas.

6. {R2} As seguintes questões referem-se ao processamento digital de imagem, no domínio da frequência.

- (a) {1,25||1,0} Considere o algoritmo de filtragem de imagem de resolução espacial  $256 \times 256$ , 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:

$$H_A[u, v] = \begin{cases} 1, & \text{se } D[u, v] \leq 30 \\ 0, & \text{se } 31 \leq D[u, v] \leq 60 \\ 0,5, & \text{se } D[u, v] \geq 61 \end{cases} \quad \text{e} \quad H_B[u, v] = \begin{cases} 0, & \text{se } D[u, v] \leq 80 \\ 0,5, & \text{se } D[u, v] > 80. \end{cases}$$

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

- (b) {1,25} Considere o algoritmo que se descreve de seguida.

Input: Image f; High-pass filter H; Scalar a. Scalar b.  
Output: Image g.

```

1. F[u,v] = DFT[ f[m,n] ];
2. M[u,v] = a + b*H[u,v];
3. g[m,n] = IDFT[ M[u,v]*F[u,v] ];
4. Return g[m,n].

```

Indique: a funcionalidade do algoritmo e uma situação de exemplo de aplicação do mesmo; o efeito das constantes 'a' e 'b' e como devem ser escolhidos os seus valores.

- (c) {1,25} Descreva em que consiste a técnica de *homomorphic filtering* e quais os seus objetivos. Qual o modelo de formação de imagem que está subjacente à aplicação desta técnica?

7. {R2||TG} Considere as transformadas DFT e DCT.

(a) {1,25||1,0} A imagem  $f[m, n]$  tem energia  $E_f = 43$  J e módulo de espectro não centrado  $|F[u, v]| = \begin{bmatrix} 25 & 1 & 1 & 1 \\ C & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ .

Determine o valor de  $C$ . Indique o valor da intensidade média de  $f[m, n]$ .

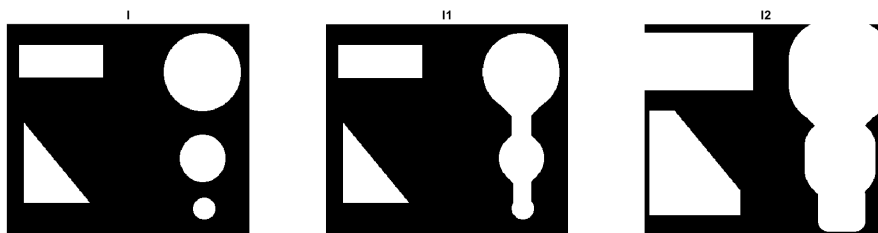
(b) {1,5||1,0} Seja  $g[m, n] = \begin{bmatrix} 4 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \\ 4 & 2 & 4 \end{bmatrix}$  e  $G[u, v] = \text{DCT}[g[m, n]]$ . Sem usar a definição da DCT, determine o valor de  $G[0, 0]$ .

8. {R2||TG} As seguintes questões referem-se ao processamento digital de imagem a cores.

- (a) {1,5||1,0} Considere que possui uma imagem colorida escura e contaminada com ruído Gaussiano no canal de cor B. Pretende-se realizar aumento da luminosidade da imagem. Indique, de forma detalhada, os procedimentos a efetuar para realizar esta operação.
- (b) {1,5||1,0} A partir do espaço de cor RGB com  $n = 8$  bit/pixel por componente, definiu-se o espaço de cores RGB', usando uma representação com  $n = 6$  bit/pixel, por componente. Indique: o número de cores distintas no espaço RGB'; o número de níveis de cinzento distintos no espaço RGB'; como se efetua a redução do espaço RGB para o espaço RGB'.
- (c) {1,5||1,0} Considere que, sobre uma imagem representada no espaço HSI, se pretende aplicar a técnica *color slicing* sobre a cor *vermelho puro*. Apresente um esboço do algoritmo que efetua esta operação, explicitando os parâmetros de entrada e de saída.

9. {R2||TG} Tenha em conta as técnicas de processamento morfológico de imagem.

- (a) {1,5||1,0} Explique em que consiste o elemento estruturante e quais os principais critérios a seguir na escolha do mesmo.
- (b) {1,5||1,0} A figura apresenta duas operações morfológicas aplicadas sobre a imagem  $I$ . Descreva as operações e o elemento estruturante que, a partir de  $I$ , conduzem às imagens  $I_1$  e  $I_2$ .



- (c) {1,5||1,0} Considere que sobre a imagem  $I$  se pretende eliminar o círculo mais pequeno e manter os restantes objetos. Indique como procederia para conseguir este objetivo, através de operações morfológicas.

10. {R2||TG} Considere as seguintes questões sobre o funcionamento de sistemas biométricos.

- (a) {1,5||1,0} O reconhecimento biométrico de indivíduos através de impressão digital tem vasta aplicação, comparativamente com outras modalidades biométricas. Explique as principais razões que levam a esta vasta aplicação.
- (b) {1,5||1,0} Considere que se utiliza um sistema biométrico com determinada modalidade, para ser usado por dois gémeos idênticos. Existe probabilidade de falha do sistema? A existir, essa falha depende da modalidade biométrica usada?
- (c) {1,5||1,0} No reconhecimento de indivíduos através de impressão digital, recorre-se à filtragem setorizada de Gabor. Indique: em que consiste esta técnica; como o resultado da filtragem de Gabor é utilizado no sistema biométrico.