

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 2018/2019

Época Normal

24 de junho de 2019, 19:00

- R1 - Repetição do 1.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **1 a 6**.
- R2 - Repetição do 2.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **7 a 12**.
- TG - Teste Global, duração de 2:30, grupos **1, 2, 4, 5, 7, 9, 10 e 11**.

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

1. {R1|TG} Seja a imagem $I = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 0 \\ 5 & 5 & 5 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 10 \\ 10 & 10 & 5 & 12 \\ 10 & 10 & 5 & 12 \end{bmatrix}$, com profundidade $n = 5$ bit/pixel.

- (a) {1,25|1,0} Relativamente à imagem I , apresente o valor dos indicadores: resolução espacial, energia, entropia, valor médio e número total de bits ocupado.
- (b) {1,25|1,0} Caracterize a imagem I relativamente ao brilho (baixo/médio/elevado) e ao contraste (baixo/médio/elevado).
- (c) {1,25|1,0} Apresente o histograma da imagem I e o histograma da sua versão negativa, I_n .

2. {R1|TG} A tabela apresenta a transformação de intensidade designada por T .

Pixel de Entrada	Pixel de Saída
$\{0, \dots, 40\}$	$\{0, \dots, 80\}$
$\{41, \dots, 100\}$	$\{81, \dots, 127\}$
$\{101, \dots, 127\}$	127

- (a) {1,25|1,0} Relativamente a T : apresente um esboço da função; apresente um esboço da tabela de *lookup* que a realiza; a profundidade de imagem a que se destina; indique se a função T é invertível.

- (b) {1,25|1,0} Calcule a imagem I_t , a qual resulta da aplicação de T sobre a imagem $I = \begin{bmatrix} 40 & 40 & 20 & 20 \\ 100 & 127 & 100 & 10 \\ 101 & 101 & 41 & 41 \\ 40 & 20 & 10 & 10 \end{bmatrix}$.

- (c) {1,25|1,0} Apresente um exemplo de imagem A , tal que quando a transformação T for aplicada sobre A , o resultado seja uma imagem, B , com o quádruplo da energia de A . A imagem A terá resolução espacial 2×3 e não terá *pixels* com valor repetido.

3. {R1} As seguintes questões abordam técnicas de processamento digital de imagem.

- (i) {1,25} Nos processos de formação e aquisição de imagem digital, cada *pixel* é tipicamente representado por um número inteiro não negativo. Indique a razão pela qual os valores de maior luminosidade correspondem a inteiros com valor mais elevado.
- (ii) {1,25} Considere a técnica *Histogram Equalization* (HE) a funcionar em modo global e em modo local. Indique o objetivo da técnica HE. Explique as diferenças entre realização da técnica de forma global e de forma local.
- (iii) {1,25} Considere o operador LoG. Explique o significado do acrónimo LoG e indique, de forma detalhada, o diagrama de blocos deste operador. Apresente um exemplo de situação em que seja adequado usar este operador.

4. {R1||TG} Considere as janelas w_1 , w_2 , w_3 e w_4 utilizadas para filtragem espacial de imagem

$$w_1 = \frac{1}{A} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad w_2 = \frac{1}{B} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \quad w_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad w_4 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,5||1,0} Estas janelas referem-se a técnicas lineares ou não lineares? Indique os valores de A e de B , de forma a que w_1 e w_2 correspondam a operadores de *smoothing*. Indique a funcionalidade das janelas w_3 e w_4 e exemplos de aplicação.
- (b) {1,5||1,0} Considere a imagem monocromática I com resolução 128×256 e conteúdo igual a 10 nas primeiras 128 colunas e conteúdo igual a 30 nas restantes colunas. Descreva o conteúdo das imagens I_1 e I_3 , as quais resultam da filtragem espacial de I , com as janelas w_1 (com $A = 1$) e w_3 , respetivamente.
5. {R1||TG} As seguintes questões abordam as técnicas de filtragem no domínio da frequência. Tendo em conta que $D[u, v] = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$, definem-se os filtros no domínio da frequência:

$$H_1[u, v] = 1 - \exp\left(-\frac{D^2[u, v]}{2D_o^2}\right) \quad \text{e} \quad H_2[u, v] = \frac{1}{1 + \left(\frac{D[u, v]}{D_o}\right)^{2n}}.$$

- (a) {1,25||1,0} Para cada filtro: identifique o algoritmo/técnica usado para a definição do mesmo; o tipo de filtragem.
- (b) {1,25||1,0} Para ambos os filtros, explique o efeito obtido com o aumento dos valores dos parâmetros D_o e n .
- (c) {1,25||1,0} Considere a seguinte afirmação: “É garantido que sobre qualquer imagem de entrada, a aplicação de $H_1[u, v]$ produz uma imagem de valor médio nulo.”. Indique o valor lógico desta afirmação. Justifique.
6. {R1} {2,0} A imagem $f[m, n]$ tem espetro $F[u, v] = \begin{bmatrix} 24 & 3 + j\sqrt{3} & 3 - j\sqrt{3} \\ -3 + j\sqrt{3} & -3 - j\sqrt{3} & 0 \\ -3 - j\sqrt{3} & 0 & -3 + j\sqrt{3} \end{bmatrix}$. Calcule o valor médio e a potência de $f[m, n]$.

7. {R2||TG} Considere a *Discrete Cosine Transform* (DCT) aplicada a imagens de resolução espacial $M \times N$.

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

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

- (a) {1,25||1,0} Seja I uma imagem monocromática com soma de todos os *pixel* igual a 120, resolução espacial 5×3 e resolução em profundidade de $n = 8$ bit/pixel, cuja DCT é D_I . Considere as versões negativa e rodada a 90° de I , designadas por I_n e I_r , respetivamente. A DCT destas imagens é dada por D_{I_n} e D_{I_r} , respetivamente. Determine os valores de $D_I[0, 0]$, $D_{I_n}[0, 0]$ e $D_{I_r}[0, 0]$.
- (b) {1,25||0,5} Considere que se pretende realizar filtragem passa-baixo sobre uma imagem, recorrendo à DCT, através do algoritmo que se apresenta de seguida.

Entrada: Imagem monocromática, $f[m, n]$. Máscara H .

Saída: Imagem monocromática, $g[m, n]$.

1. $F = \text{DCT}(f)$;
2. $G = F * H$;
3. $g = \text{IDCT}[G]$;

É possível realizar desta forma a filtragem pretendida? Em caso afirmativo, indique como estabeleceria a máscara H . Caso contrário, justifique a impossibilidade.

- (c) {1,25||0,5} A figura apresenta uma imagem monocromática e a sua versão codificada em JPEG, com perda. Explique as razões pelas quais a imagem no formato JPEG tem um aspeto de “efeito de bloco”. A energia da imagem codificada em JPEG será inferior, igual ou superior à da imagem original?



Original



JPEG

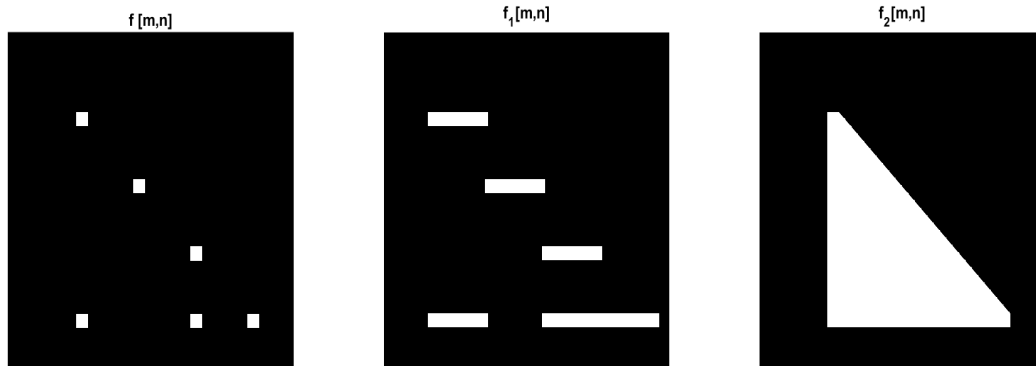
8. {R2} As seguintes questões abordam a coloração (aplicação de pseudo-cor) de imagens monocromáticas.
- {1,25} Indique as principais razões pelas quais se realiza a coloração de imagens monocromáticas. Indique as duas principais técnicas usadas para cumprir este objetivo. Na aplicação destas técnicas é obrigatório que os códigos de cor seja representados no espaço RGB?
 - {1,25} Determinada imagem monocromática apresenta determinado nível de ruído. Ao aplicar-se uma técnica de coloração sobre a imagem, o efeito do ruído tornou-se mais evidente. Para remover o ruído, aplica-se filtragem espacial. Indique como realizaria esta filtragem espacial, considerando o seguinte: (i) a imagem colorida está representada no espaço de cores RGB; (ii) a imagem colorida está representada no espaço de cores HSI.
 - {1,25} Considere os códigos de cor $A = [128, 128, 128]$, $B = [200, 0, 0]$ e $C = [0, 128, 128]$ representados no espaço de cor RGB. Sejam os códigos de cor no espaço HSV $X = [127, 255, 128]$, $Y = [0, 0, 128]$ e $Z = [0, 255, 200]$. Efetue a correspondência entre os códigos de cor no espaço RGB e HSV.
9. {R2||TG} As seguintes questões abordam o processamento de imagens coloridas.
- {1,25||1,0} Considere que se pretende sobre uma imagem colorida, aumentar a luminosidade global sem realizar alteração de cor. Indique os passos dos algoritmos a realizar para este efeito considerando o seguinte: (i) as imagens estão representadas no espaço de cores RGB; (ii) as imagens estão representadas no espaço de cores HSI.
 - {1,25||1,0} Na realização da operação de *Histogram Equalization* (HE) sobre imagens coloridas, é preferível optar pela implementação da mesma no espaço de cores RGB, no espaço de cores HSI ou é indiferente? Justifique a resposta.
 - {1,25||1,0} Determinada imagem RGB apresenta ruído em todas as bandas. Ao converter-se a imagem para o espaço de cores HSI, verificou-se que o ruído está presente nas bandas H e S, sendo que a banda I praticamente não apresenta ruído. Esta situação é verificada na figura abaixo. Indique as causas que levaram a esta situação.



(a) Hue. (b) Saturation. (c) Intensity.

10. {R2||TG} As seguintes questões abordam o processamento morfológico de imagens binárias.

- {1,25||1,0} Apresente dois exemplos de ações que sejam possíveis de realizar através de processamento morfológico e que não sejam possíveis de realizar através de outras técnicas.
- {1,5||1,0} Considere a imagem binária $f[m, n]$ apresentada na figura. Indique como procederia, usando operações morfológicas, para a partir da imagem $f[m, n]$ obter as imagens $f_1[m, n]$ e $f_2[m, n]$, apresentadas na figura.



11. {R2||TG} As seguintes questões referem-se a Sistemas Biométricos (SB).

- {1,5||1,0} Para os cenários de autenticação, descreva em que consiste um Falso Positivo (FP) e um Falso Negativo (FN). Apresente exemplos de situações de utilização de SB, em que é mais adequado minimizar a ocorrência de FP, mesmo que tal implique um aumento da ocorrência de FN. Tipicamente, quando se obtém taxa de FP igual a zero, qual a consequência mais comum?
- {1,5||1,0} Nalguns SB aplicam-se técnicas de *liveness detection*. Em que consistem estas técnicas e quais as razões da sua utilização?

12. {R2} Considere os sistemas de reconhecimento de padrões aplicados no âmbito dos sistemas biométricos.

- {1,5} Apresente o diagrama de blocos genérico de um sistema de reconhecimento de padrões. Indique a funcionalidade de cada bloco. Indique como se deve proceder para escolher, implementar e avaliar o funcionamento de cada bloco.
- {1,5} Avaliou-se determinado classificador através de um conjunto de teste. A tabela apresenta, para cada padrão do conjunto de teste, os resultados da etiqueta correta, juntamente com a etiqueta predita pelo classificador.

Etiqueta Correta	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Etiqueta Predita	3	3	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2

Indique o número de padrões que constituem o conjunto de teste. Apresente a respetiva matriz de confusão, a percentagem de erro por classe e a percentagem de erro global, no conjunto de teste.