

**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 2016/2017**

Época Normal

22 de junho de 2017, 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, 2, 7, 8, 9 e 10**.

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

1. {R1|TG} Considere a imagem monocromática  $I$ , quadrada de resolução espacial  $8 \times 8$ , com profundidade de  $n = 8$  bit/pixel. A imagem possui linhas com valor constante, tal que a primeira linha tem o valor 11, a segunda tem o valor 22, a terceira tem o valor 33 e assim sucessivamente até à última linha que possui o valor 88.

- a) {1,25|1,0} Indique o valor médio e a potência de  $I$ .
- b) {1,25|1,0} Apresente o histograma de  $I$ .
- c) {1,25|1,0} Com  $I_2 = 2 \times I$ , indique o valor médio e a potência de  $I_2$ . Compare com os valores apresentados na alínea a). Comente.
- d) {1,25|1,0} Apresente a versão negativa de  $I$ , designada por  $I_n$ . Apresente o histograma de  $I_n$ .

2. {R1|TG} Considere a transformação de intensidade  $T_1[x] = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 45 \\ x, & 46 \leq x \leq 90 \\ x/2, & 91 \leq x \leq 255 \end{cases}$  definida para imagens com profundidade de  $n = 8$  bit/pixel.

- a) {1,25|1,0} Descreva a tabela de *lookup* que realiza  $T_1$ .
- b) {1,25|1,0} Apresente a imagem  $I_1$ , resultante da aplicação de  $T_1$  sobre a imagem  $I$  definida no exercício 1.
- c) A tabela apresenta o histograma da imagem monocromática quadrada  $K$ , com profundidade de  $n = 8$  bit/pixel.

Pixel	0	10	23	90	133	255
Ocorrências	0	128	128	128	640	0

- i) {1,25|1,0} Indique a resolução da imagem  $K$ . Apresente o histograma da imagem  $K_1$ , resultante da aplicação de  $T_1$  sobre a imagem  $K$ .
- ii) {1,25|1,0} Relacione os valores de brilho e de contraste das imagens  $K$  e  $K_1$ .

3. {R1} Determinada implementação da técnica de *especificação de histograma* para imagens monocromáticas tem a assinatura/protótipo definida como `Image Iout = histogram_specification( Image Iin, Image Iref )`, em que  $I_{in}$  e  $I_{out}$  representam as imagens de entrada e de saída, respetivamente.

- a) {1,25} Explique a funcionalidade desta técnica. Indique em que situações a sua aplicação é preferível em relação à aplicação da técnica *equalização de histograma*?
- b) {1,25} Relativamente às imagens  $I_{in}$  e  $I_{ref}$  qual das seguintes afirmações é correta?
  - 1) "As imagens  $I_{in}$  e  $I_{ref}$  devem ter a mesma resolução espacial".
  - 2) "As imagens  $I_{in}$  e  $I_{ref}$  devem ter a mesma resolução em profundidade".
  - 3) "As imagens  $I_{in}$  e  $I_{ref}$  devem ter a mesma resolução espacial e a mesma resolução em profundidade".
  - 4) "As imagens  $I_{in}$  e  $I_{ref}$  podem ter diferente resolução espacial e diferente resolução em profundidade".

4. {R1} {2,5} Considere a imagem  $I$  definida no exercício 1 e as máscaras  $w_1$ ,  $w_2$  e  $w_3$  definidas como

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0,5 \\ -0,5 \end{bmatrix}, \quad w_2 = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 \end{bmatrix} \quad e \quad w_3 = \text{máximo} \quad \{2 \times 1\}.$$

Apresente as imagens  $J_1$ ,  $J_2$  e  $J_3$ , resultantes da aplicação destas máscaras sobre a imagem  $I$ .

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

- {1,25} Em que consiste a técnica *unsharp masking*? Indique em que situações deve ser aplicada.
- {1,25} Explique sucintamente as razões do sucesso do filtro de mediana na remoção de ruído *salt & pepper*. Este sucesso também se verifica na remoção de outros tipos de ruído (tal como o ruído Gaussiano, por exemplo)? Indique os critérios de escolha das dimensões da máscara do filtro de mediana.
- {1,25} Os operadores de gradiente podem ser definidos por diferentes máscaras. Apresente duas dessas máscaras e indique os critérios que levam à definição das mesmas.
- {1,25} Relativamente à técnica de filtragem no domínio da frequência, indique: a razão da necessidade da operação de *zero padding* sobre a imagem de entrada; como se define o tipo de filtragem e a largura de banda de um filtro especificado para esta técnica.

6. {R2} A *Discrete Cosine Transform* (DCT) para imagens de resolução  $M \times N$  é definida da forma que se apresenta de seguida.

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

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

- {1,5} Indique o número total de multiplicações reais (assinaladas pelo símbolo  $\times$ ) e de somas, necessárias para calcular a totalidade de  $F[u, v]$ , no pior caso.
- {1,5} Realizou-se o cálculo da DCT da imagem  $g[m, n]$  de resolução  $3 \times 3$  e obteve-se  $G[u, v]$ . Verificou-se que todos os coeficientes de  $G[u, v]$  são nulos à exceção de  $G[0, 0]$  e  $G[1, 0]$ , os quais tomam os valores 9 e -2, respetivamente. Relativamente a  $g[m, n]$  indique: a sua energia; o valor da soma de todos os *pixels* que a constituem.

7. {R2||TG} Considere o processamento de imagens no domínio da frequência.

- {1,5||1,0} Seja o seguinte algoritmo

Entrada: Imagem  $f[m, n]$ ; Filtro passa-alto  $H[u, v]$ , especificado na frequência.  
Constantes 'a' e 'b'.  
Saída: Imagem  $g[m, n]$ .

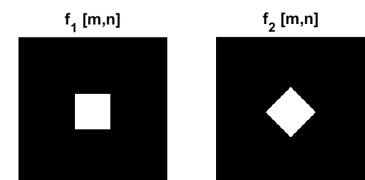
```

1.  $F[u, v] = \text{DFT}[f[m, n]]$ .
2.  $G[u, v] = (a + bH[u, v]) \cdot F[u, v]$ .
3.  $g[m, n] = \text{IDFT}[G[u, v]]$ .
4. Retornar  $g[m, n]$ .

```

Identifique as ações efetuadas pelo algoritmo nas seguintes situações: i)  $a=1$ ;  $b=0$ ; ii)  $a=0$ ;  $b=1$ ; iii)  $a=0,5$ ;  $b=0,5$ .

- {1,5||1,0} As imagens  $f_1[m, n]$  e  $f_2[m, n]$  apresentam o mesmo objeto, antes e após rotação de 45 graus.



Relativamente ao módulo e fase dos espetros destas duas imagens, qual das seguintes afirmações é verdadeira?

- $|F_1[u, v]| = |F_2[u, v]|$  e  $\arg[F_1[u, v]] = \arg[F_2[u, v]]$ .
  - $|F_1[u, v]| = |F_2[u, v]|$  e  $\arg[F_1[u, v]] \neq \arg[F_2[u, v]]$ .
  - $|F_1[u, v]| \neq |F_2[u, v]|$  e  $\arg[F_1[u, v]] = \arg[F_2[u, v]]$ .
  - $|F_1[u, v]| \neq |F_2[u, v]|$  e  $\arg[F_1[u, v]] \neq \arg[F_2[u, v]]$ .
- {1,5||1,0} Na filtragem na frequência, após a ação de *zero padding* obtiveram-se as dimensões da imagem *padded*, designadas por  $P$  e  $Q$ . Tendo em conta que  $D[u, v] = \sqrt{(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2}$ , definem-se os filtros:

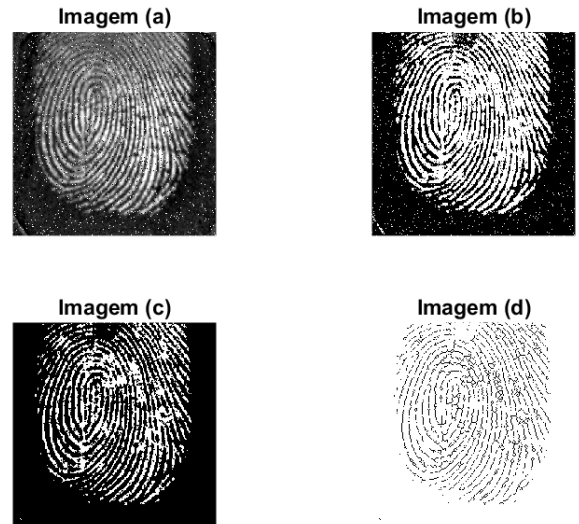
$$H_A[u, v] = \begin{cases} 1, & \text{se } D[u, v] \leq 40 \\ 0, & \text{se } D[u, v] > 40 \end{cases} \quad \text{e} \quad H_B[u, v] = \frac{D[u, v]}{D[u, v] + 1}.$$

Para os filtros definidos por  $H_A[u, v]$ ,  $H_B[u, v]$  e  $H_C[u, v] = 1 - H_A[u, v]$ , indique o tipo de filtragem realizado e esboce o filtro na forma de imagem.

8. {R2||TG} Considere o processamento de imagens coloridas.

- {1,5||1,0} Pretende-se implementar a função/método `numColors = uniqueColors (RGBImage Iin)`, a qual determina o número de cores distintas numa imagem colorida representada no espaço RGB. Indique, de forma detalhada, como procederia para realizar este algoritmo.
- {1,5||1,0} Pretende-se implementar a função/método `numGrayLevels = uniqueGrayLevels (RGBImage Iin)`, a qual determina o número de níveis de cinzento distintos numa imagem colorida representada no espaço RGB. Indique, de forma detalhada, como procederia para realizar este algoritmo.
- {1,25||1,0} Considere que se pretende realizar a operação de *smoothing* sobre uma imagem RGB, através de um filtro de média  $3 \times 3$ . Indique como procederia para efetuar esta operação: i) no espaço RGB; ii) no espaço HSI.

9. {R2||TG} A figura apresenta quatro imagens:



- imagem monocromática de impressão digital;
- versão binária de (a);
- imagem binária resultante do processamento de (b);
- imagem binária resultante do processamento de (c);
- {1,25||1,0} Caracterize o dispositivo e o processo físico que realiza a aquisição e a geração da imagem (a). Indique uma forma possível de obter a imagem (b), a partir da imagem (a).
- {2,0||1,0} Indique como se obtém: a imagem (c), a partir da imagem (b); a imagem (d), a partir da imagem (c).

10. {R2||TG} As seguintes questões referem-se a Sistemas Biométricos (SB) e a sistemas de Reconhecimento de Padrões (RP).

- {1,25||1,0} Identifique os principais elementos constituintes de um sistema de RP. Indique as principais propriedades de cada um desses elementos.
- {1,25||1,0} No âmbito de utilização de SB, com centenas de utilizadores registados, indique em que consiste: uma *autenticação negativa*; uma *identificação positiva*.
- {1,25||1,0} No treino de determinado classificador num problema com três classes com etiquetas {1; 2; 3}, sobre padrões com quatro características  $[x_1; x_2; x_3; x_4]$ , obteve-se o classificador que se apresenta de seguida.

```

if( x3 <= 0.6) return 1
if( x3 > 0.6) then
|   if( x3 <= 1.7 )
|   |   if( x2 <= 4.9) return 2
|   |   if( x2 > 4.9 )
|   |   |   if( x3 <= 1.5) return 3
|   |   |   if( x3 > 1.5 ) return 2
|   if( x3 > 1.7) return 3

```

Identifique qual o tipo de classificador representado através desta descrição. Indique: o resultado da classificação do padrão  $p = [0; 2,2; 0,7; 0,6]$ ; a característica considerada a mais discriminativa por este classificador.

- {1,25||1,0} Na avaliação de determinado classificador, obteve-se a seguinte matriz de confusão.

```

...
=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
104 22 |  a = b
  8 217 |  b = g

```

Indique o número de classes, o número de padrões por classe, o número total de padrões e a percentagem de erro.