

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

Semestre de verão 2020/2021

1.º Teste Parcial

21 de maio de 2021, 18:30

Duração: 1:30

Consulta: 1 folha A4 (2 páginas).

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

1. Sejam as imagens definidas por

$$I_1 = \begin{bmatrix} 25 & 40 & 40 & 20 & 13 \\ 10 & 30 & 20 & 10 & 0 \\ 11 & 10 & 10 & 60 & 55 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad I_2 = \begin{bmatrix} 120 & 30 & 40 & 20 \\ 10 & 20 & 30 & 10 \\ 30 & 30 & 30 & 30 \\ 10 & 10 & 120 & 120 \end{bmatrix}.$$

A soma dos valores de todos os *pixel* para estas imagens é $s_1 = 354$ e $s_2 = 660$, respetivamente.

- (a) {1,25} Sobre as imagens I_1 e I_2 , indique: a resolução espacial; a resolução em profundidade mínima necessária, para a sua representação. Apresente o histograma e calcule a entropia da imagem I_2 . Apresente o plano de bits menos significativo da imagem I_1 .
- (b) {1,25} Calcule para as imagens I_1 e I_2 o brilho (determinado pelo valor médio de intensidade) e o contraste (definido pela diferença entre o máximo e o mínimo de intensidade). Indique se estes indicadores tomam valores baixos, médios ou altos.
- (c) {1,25} Considere agora que a imagem I_1 tem profundidade $n = 7$ bit/pixel. Nestas condições, seja I_{n1} a versão negativa de I_1 . Esboce a transformação que obtém I_{n1} a partir de I_1 , bem como a respetiva tabela de *lookup*. Apresente a imagem I_{n1} .
2. A tabela apresenta os histogramas das imagens quadradas monocromáticas I_1 e I_2 , com 256 níveis de cinzento.

Valor do pixel	10	20	30	40	100	180	200
Ocorrências, I_1	4000	4000	4000	4000	0	0	384
Ocorrências, I_2	536	0	0	16000	16000	16000	17000

- (a) {1,25} Indique a resolução espacial das imagens I_1 e I_2 . Determine o valor da intensidade média da imagem I_1 .
- (b) {1,25} Relativamente à imagem I_1 , esboce a função de transformação de intensidade T_{HE} que realiza a operação de equalização de histograma.
- (c) {1,25} Considere que se aplica a técnica de especificação de histograma, sobre a imagem I_1 , usando a imagem I_2 como referência, obtendo-se a imagem I_3 . Caracterize as principais diferenças entre as imagens I_1 e I_3 .
3. As seguintes questões referem-se a técnicas de processamento digital de imagem e à sua aplicação.
- (a) {1,25} A função `Image output = contrast_adjust(Image input)`, realiza ajuste de contraste da imagem de entrada `input` com 256 níveis de cinzento, através de transformação de intensidade, tal que satura 5% dos *pixel* de valor inferior e 5% dos *pixel* de valor superior. Apresente um esboço da função de transformação de intensidade, T , calculada pela função `contrast_adjust` e indique as ações necessárias para determinar T , em função da imagem `input`.
- (b) {1,25} A função `Image output = histogram_specification(Image input, Image reference)` implementa a técnica de especificação de histograma.
- (i) Ao executar a função, qual a relação esperada entre as imagens `output`, `input` e `reference`?
- (ii) Executou-se a função com a imagem `input` com resolução espacial 256×256 e resolução em profundidade $n = 8$ bit/pixel e a imagem `reference` com resolução espacial 512×512 e resolução em profundidade $n = 8$ bit/pixel. É de esperar que nestas condições a aplicação da função corra de acordo com o esperado ou haverá erros?

4. Sejam as janelas de filtragem espacial definidas como

$$w_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad w_2 = A \begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}, \quad w_3 = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad w_4 = \begin{bmatrix} B & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix},$$

tais que A e B são valores constantes desconhecidos.

- (a) {1,25} Estas janelas correspondem a técnicas lineares ou não lineares? Justifique.
 - (b) {1,25} Determine os valores adequados para A e B de forma a que w_2 seja uma máscara de *smoothing* e w_4 seja uma máscara de *sharpening*, respetivamente.
 - (c) {1,25} Considere a imagem I de resolução espacial 64×64 e resolução espacial de $n = 8$ bit/pixel, com conteúdo constante, tal que todos os *pixels* tomam o valor 100. Descreva as imagens resultantes da aplicação sobre I , de cada janela de filtragem espacial, apresentada acima. Considere $A = B = 1$.
5. Determinado operador de gradiente é definido por duas janelas de filtragem espacial, $w_x = [1, -1]$ e $w_y = [1, -1]^T$. Considere a imagem

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,25} Determine os resultados da aplicação direta das janelas que definem o operador de gradiente, sobre a imagem I .
- (b) {1,25} A partir dos resultados da alínea anterior, apresente as imagens correspondentes ao módulo e ao argumento do gradiente para a imagem I .

6. A imagem $f[m, n]$ tem espectro $F[u, v] = \begin{bmatrix} 18 & -2 - j2 & 2 & -2 + j2 \\ 2 & 0 & -2 & 0 \\ -2 & 2 - j2 & -2 & 2 + j2 \\ 2 & 0 & -2 & 0 \end{bmatrix}$.

- (a) {1,25} Apresente $F[u, v]$, $|F[u, v]|$ e $\arg[F[u, v]]$, na forma de espectro centrado.
- (b) {1,25} Considere o filtro definido por $H_1[u, v] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$. Indique o tipo de filtragem realizado. Apresente o espectro $G_1[u, v]$ resultante da filtragem da imagem $f[m, n]$ através deste filtro.
- (c) {1,25} Considere agora que a imagem $f[m, n]$ passou a ter o dobro das linhas e o dobro das colunas. Apresente um esboço do filtro $H[u, v]$, indicando as dimensões deste, para aplicar no algoritmo de filtragem na frequência, sobre a imagem $f[m, n]$, tal que seja definido por

$$H[u, v] = \begin{cases} 4, & D[u, v] < 3 \\ 0, & D[u, v] \geq 3 \end{cases}.$$