

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

Semestre de verão 2020/2021

Época Normal

16 de julho de 2021, 19:00

- R1 - Repetição do 1.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **1, 2, 3, 4, 5 e 6**.
- R2 - Repetição do 2.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **7, 8, 9, 10, 11 e 12**.
- TG - Teste Global, duração de 2:30, grupos **1, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 11**.

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

1. {R1 || TG} A imagem quadrada monocromática I , com $n = 8$ 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	100	110	120	130	140	150
Ocorrências	400	100	100	100	100	224

- (a) {1,25 || 0,75} Indique a resolução espacial da imagem. Trata-se de uma imagem de elevado brilho e elevado contraste?
- (b) {1,25 || 0,75} Calcule a energia, E_I , a potência, P_I e a intensidade média m_I , de I .
- (c) {1,25 || 0,75} Apresente, na forma de tabela, o histograma da versão negativa desta imagem, designada por I_n .
2. {R1} As transformações de intensidade T_1 , T_2 e T_3 , são definidas como

$$T_1[x] = \begin{cases} 2x, & 0 \leq x \leq 120 \\ 1.5x, & 121 \leq x \leq 150 \\ x, & 151 \leq x \leq 255 \end{cases}, \quad T_2[x] = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 20 \\ 31, & 21 \leq x \leq 31 \end{cases} \quad \text{e} \quad T_3[x] = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 93 \\ 0, & 94 \leq x \leq 127. \end{cases}$$

- (a) {1,25} Esboce as três funções. Para cada função, indique: a profundidade de imagem, em bit/pixel, para a qual se destina; um esboço da respetiva tabela de *lookup*.
- (b) {1,25} Considere a transformação T_3 aplicada sobre imagens de resolução espacial 3×3 . É possível que a aplicação desta transformação de intensidade gere uma imagem de saída igual à imagem de entrada? Em caso afirmativo, apresente um exemplo dessa situação. Caso contrário, justifique a impossibilidade.

(c) {1,25} Seja a imagem $I = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 1 & 102 \\ 2 & 12 & 88 & 110 \\ 11 & 10 & 76 & 100 \\ 40 & 120 & 100 & 100 \end{bmatrix}$. Apresente a imagem resultante da aplicação de T_3 sobre I .

3. {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) {1,25 || 0,75} Determine o valor de A para que w_1 corresponda a uma janela adequada de *sharpening*. Determine o valor de B para que w_2 seja uma janela de *smoothing* apropriada.
- (b) {1,25 || 1,0} Sobre a janela w_2 , considere $B = 2$ e uma imagem monocromática I com resolução 512×512 , 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) {1,25 || 1,0} Considere $A = B = 2$ e $w_3 = w_1 - w_2$. Seja a imagem monocromática I com resolução 512×512 , e profundidade de $n = 8$ bit/pixel, tal que as primeiras 256 colunas têm conteúdo constante igual a 40 e as restantes 256 colunas têm conteúdo constante igual a 100. Descreva o conteúdo da imagem I_3 , a qual resulta da filtragem espacial de I , com a janela w_3 .

4. {R1 || TG} As seguintes questões abordam técnicas de processamento de imagem.

- (a) {1,25 || 1,0} Considere a imagem cujo histograma está definido no exercício 1. Apresente a transformação de intensidade que realiza a *equalização de histograma* sobre esta imagem.
- (b) {1,25 || 1,0} Explique em que consiste a técnica de *especificação de histograma*. Indique as vantagens desta técnica relativamente à *equalização de histograma*.
- (c) {1,25 || 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?

5. {R1 || TG} As seguintes questões abordam técnicas de processamento de imagem, no domínio da frequência.

- (a) {1,25 || 1,0} Quais as vantagens e desvantagens das técnicas de filtragem no domínio da frequência, relativamente às técnicas de filtragem espacial? Para cada uma destas técnicas, apresente um exemplo de problema de processamento digital de imagem que seja bem resolvido pela mesma.
- (b) {1,25 || 1,0} 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:

$$H_1[u, v] = \begin{cases} 0, & \text{se } D[u, v] \leq 30 \\ 0,5, & \text{se } 31 \leq D[u, v] \leq 60 \\ 1, & \text{se } D[u, v] \geq 61 \end{cases} \quad \text{e} \quad H_2[u, v] = \begin{cases} 1, & \text{se } D[u, v] \leq 120 \\ 0, & \text{se } D[u, v] > 120. \end{cases}$$

Para os filtros definidos por $H_1[u, v]$, $H_2[u, v]$ e $H_3[u, v] = H_1[u, v] + H_2[u, v]$, indique o tipo de filtragem realizado e esboce cada filtro, na forma de imagem.

6. {R1} As seguintes questões abordam problemas de Processamento Digital de Imagem (PDI).

- (a) {1,25} Numa aplicação de reconhecimento de objetos, pretende-se efetuar a deteção de contornos largos, ou seja, com largura de vários *pixels*. Indique os passos de um algoritmo para obter uma imagem binária com o resultado dessa deteção de contornos.
- (b) {1,25} Numa aplicação de PDI, pretende-se efetuar melhoria/realce de imagem com o operador Laplaciano. Indique os passos do algoritmo para realizar essa operação. Indique o tipo de melhorias que se espera sobre uma imagem ao aplicar esta técnica.

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

- (a) {1,25 || 0,5} 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. J[u,v] = a + b*H[u,v];  
3. g[m,n] = IDFT[ J[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.

- (b) {1,25 || 0,5} 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?

8. {R2 || TG} A imagem $f[m, n]$ tem energia $E_f = 104$ J e módulo do espectro (não centrado)

$$|F[u, v]| = \begin{bmatrix} 32 & 10.583 & C \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,25 || 1,0} Indique a resolução espacial da imagem $f[m, n]$. Esta imagem terá um conteúdo constante, ou seja, todos os *pixel* terão o mesmo valor?
- (b) {1,25 || 1,0} Determine o valor de C e indique o valor da intensidade média de $f[m, n]$.
- (c) {1,25 || 1,0} Em termos genéricos, qual a informação contida: (i) no módulo do espectro de uma imagem? (ii) no argumento do espectro de uma imagem?

9. {R2 || TG} As seguintes questões referem-se a técnicas de pseudo-cor e ao processamento de imagens coloridas.

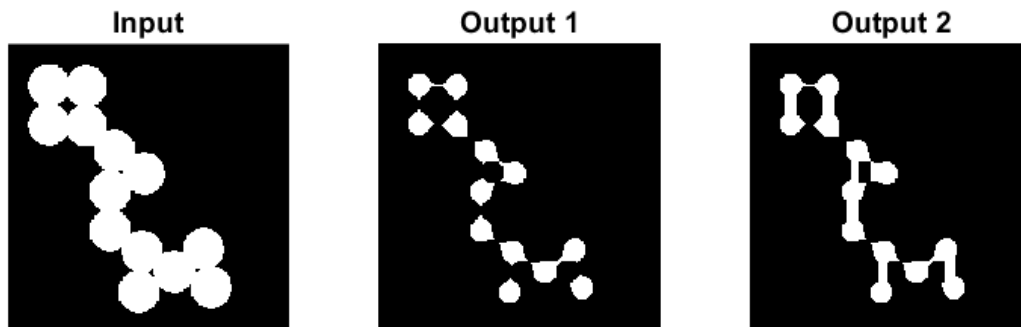
- (a) {1,25 || 1,0} Indique em que consistem as técnicas de pseudo-cor e em que situações deverão ser utilizadas.
- (b) {1,25 || 1,0} No âmbito do desenvolvimento de um software de processamento de imagens RGB ($n = 8$ bit/pixel, em cada banda) para máquinas fotográficas comuns, pretende-se disponibilizar um módulo que detete as situações extremas de luminosidade: muito baixa; muito elevada. Indique detalhadamente (através de um algoritmo ou de pseudo-código) como procederia para analisar a imagem e detetar estas duas situações.
- (c) {1,25 || 1,0} Considere a imagem colorida C representada no espaço de cor RGB e no espaço HSI, com $n = 6$ bit/pixel, em cada componente. Para ambos os espaços de cor, apresente as funções de transformação de cor que conduzem ao complemento (“negativo”) de cor.

10. {R2} As seguintes questões referem-se ao processamento digital de imagem colorida.

- (a) {1,25} A partir de uma imagem colorida de entrada representada no espaço RGB, pretende-se realizar a operação de *segmentação*, no espaço RGB, para identificar todos os *pixels* aproximadamente de determinada cor, cujo código e proximidade são indicadas como parâmetro. Apresente uma solução (algoritmo) de processamento digital de imagem, indicando os vários passos, para cumprir o objetivo enunciado acima.
- (b) {1,25} Determinada imagem colorida RGB apresenta simultaneamente os seguintes problemas:
 - (i) elevada luminosidade;
 - (ii) excesso de tons amarelos;
 - (iii) ruído Gaussiano na banda R .Apresente uma solução (algoritmo) de processamento digital de imagem, indicando os vários passos, para resolver os problemas presentes na imagem e obter uma versão melhorada da mesma.
- (c) {1,25} Determinada imagem RGB ruidosa, contaminada com ruído aditivo Gaussiano, foi convertida em HSI. É de esperar que a presença de ruído se faça notar de igual forma em todas as componentes H , S e I ?

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

- (a) {1,25 || 1,0} Quais as vantagens e desvantagens do processamento morfológico, em relação ao processamento espacial?
- (b) {1,25 || 1,0} Explique em que consistem as operações *tickenning* e de *hit-and-miss*. Em que situações devem ser aplicadas? Apresente um exemplo de aplicação para cada uma destas operações.
- (c) {1,25 || 1,0} A figura abaixo apresenta a imagem binária *Input*, sendo que a imagem *Output 1* resulta de processamento morfológico sobre a imagem *Input*. A imagem *Output 2* resulta de processamento morfológico sobre a imagem *Output 1*. Para as duas situações de processamento, identifique a operação morfológica efetuada e, se possível, alguma informação sobre o elemento estruturante utilizado.



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

- (a) {1,25} As fases de funcionamento de um SB são: (1) o registo; (2) a verificação/identificação. Explique em que consistem estas duas fases, bem como os tipos de erros que podem acontecer em cada uma delas.
- (b) {1,25} No âmbito de utilização de SB, com centenas de utilizadores registados, indique em que consiste: uma *autenticação negativa*; uma *identificação positiva*.