



Justifique todas as respostas dadas.

As soluções apresentadas carecem do desenvolvimento e justificações necessárias para a resposta completa.

1. Descreva uma característica do olho humano ou do sistema visual humano que tenha influenciado alguma característica dos sistemas artificiais de processamento de imagem. (1)

Solução: Descreva, por exemplo, a relação entre a representação de imagens digitais no formato RGB e as características dos cones, ou o modelo *pin-hole* das câmaras digitais e as características do olho humano.

2. Considere que uma câmara tem um campo de visão de $\varphi_H = 30^\circ$ (altura) e $\varphi_L = 45^\circ$ (largura).

- a) Determine a distância que a câmara deverá estar de uma parede para que cubra uma área mínima de 3m de altura por 4m de largura. Considere que o eixo ótico da câmara é perpendicular à parede. (1)

Solução: distância = $\max\left(\frac{\frac{3}{2}}{\tan\left(\frac{30^\circ}{2}\right)}; \frac{\frac{4}{2}}{\tan\left(\frac{45^\circ}{2}\right)}\right) = \max(5,60m; 4,83m) = 5,60m$

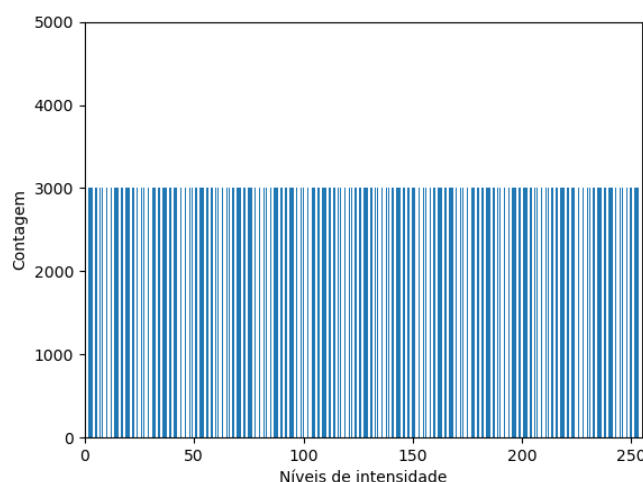
- b) Suponha que a câmara é instalada horizontalmente (eixo ótico paralelo ao plano do solo). Para a distância calculada na alínea anterior, determine a que altura do solo a câmara deverá ser colocada para cobrir, na parede, a área mínima considerada (se não calculou a alínea anterior utilize 6m para a distância entre a câmara e a parede). (1)

Solução: altura = $\frac{3}{2} = 1,5m$ ou altura = $5,60 \tan\left(\frac{30^\circ}{2}\right) = 1,5m$

3. Descreva um dos processo de aquisição de imagens a cores utilizando somente um elemento/sensor CCD ou CMOS. (1)

Solução: Descrever, por exemplo, o sistema com filtro *Bayer* (Capítulo 2 – Fundamentos, acetato 7).

4. Considere que uma imagem monocromática apresenta o seguinte histograma.



- a) Se a imagem contiver todos os níveis de cinzento no intervalo $[0, 255]$ e uma relação largura/altura de 16/9, determine, aproximadamente a resolução (linhas, colunas) da imagem. (1)

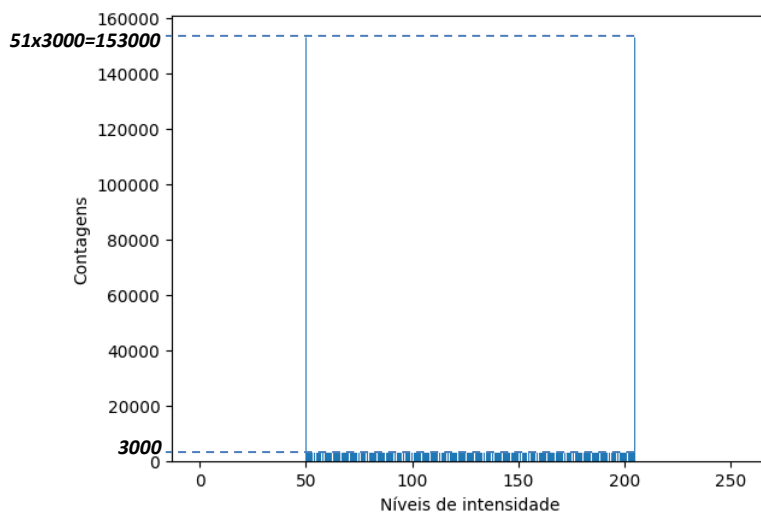
Solução: Resolução (656, 1167)

- b) Se aplicar aos pixels da imagem monocromática a seguinte função:

$$f(x) = \begin{cases} 50 & \text{se } x < 50 \\ x & \text{se } 50 \leq x \leq 205 \\ 205 & \text{se } x > 205 \end{cases}$$

esboce o histograma da imagem resultante. (1)

Solução:



5. Considere as seguintes imagens monocromáticas.

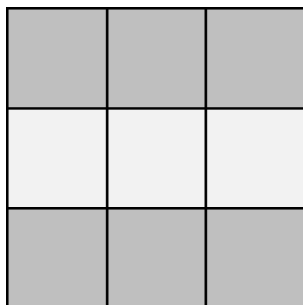


Imagem 1

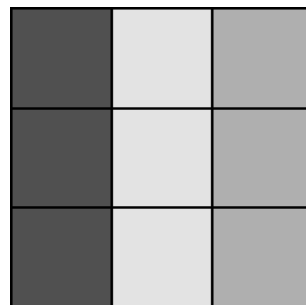


Imagem 2

- a) Discuta a aplicação do método de Otsu para segmentar cada uma das imagens. (1)

Solução: Desenvolver porque o método de Otsu pode ser aplicado à imagem 1 mas não é ajustado à imagem 2.

- b) Defina uma medida quantitativa da textura das imagens que permita diferenciá-las e quantifique essa representação para cada imagem. (1)

Solução: Desenvolver a aplicação de uma medida de textura, por exemplo, o histograma das intensidades e orientações dos contornos (Exercício 8 deste exame).

6. Considere seguinte imagem binária, resultante de uma segmentação:

				1	1		
				1		1	
					1	1	
	1	1			1	1	
	1	1		1		1	
	1	1		1	1		

- a) Se for conhecido que os objetos presentes na imagem não têm buracos e que se pretende extrair características geométricas das suas regiões, diga qual o operador morfológico e o elemento estruturante que deve aplicar. (1)

Solução: Por exemplo, fecho com o seguinte elemento estruturante:

1	1
---	---

- b) Para além do efeito desejado na alínea anterior, que outra(s) consequência(s) provocou a aplicação do operador morfológico anterior ao conjunto de regiões conexas existente na imagem binária original? Considere vizinhança 8. (1)

Solução: A aplicação da operação morfológica anterior iria provocar a junção de regiões conexas que antes estariam separadas, ou seja, na imagem dada existem 3 regiões conexas e depois da aplicação da operação ficam só 2.

7. Considere que a seguinte imagem de etiquetas foi gerada a partir de um algoritmo de deteção de regiões ativas e extração de componentes conexas.

					1	1	
					1	1	
	2	2					
2	2	2	2		3	3	
	2	2			3	3	

Tendo em atenção as possíveis características das regiões detetadas e dos objetos que podem representar, descreva um procedimento de classificação dessas regiões, nomeadamente, as características extraídas, as possíveis classes dos objetos existentes e um processo de classificação. (1,5)

Solução: Analisar quais as características que poderiam separar os objetos representados pelas regiões conexas etiquetadas. Contudo, as regiões com as etiquetas 1 e 3 têm todas as mesmas características geométricas exceto a localização. Assim, pode-se assumir que representam a mesma classe de objetos. Para diferenciar os objetos representados pela região conexa com etiqueta 2 dos objetos representados pelas regiões conexas com etiquetas 1 e 3 pode ser a área, 8 e 4 respetivamente.

8. A figura seguinte representa a intensidade e direção dos contornos associados a cada pixel da imagem original. A intensidade está representada por 3 valores possíveis: ausência, traço fraco ou traço forte, correspondendo ao aumento do seu valor. A direção está representada pela inclinação do traço, com 4 direções possíveis: vertical, horizontal, diagonal 45° (/) e diagonal 135° (\).

		/	/	
	—	/		
—	—			

- a) Determine a densidade de contornos e os histogramas normalizados de intensidade e orientação dos contornos. Assuma a ordem dos valores indicados no enunciado. (1,5)

Solução: $F_{edgeness} = \frac{10}{25} = 0,4$ e $F_{MagDir} = \left(\left(\frac{15}{25}; \frac{5}{25}; \frac{5}{25} \right) \left(\frac{4}{25}; \frac{3}{25}; \frac{3}{25}; 0 \right) \right)$

- b) Considere que dispõem do histograma normalizado de orientação dos contornos de outras duas imagens:

$$h_1 = [0,2 \quad 0,1 \quad 0,1 \quad 0]$$

$$h_2 = [0,4 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

Utilizando a distância de City-block (Manhattan, Taxicab), $D_{L1}(h_1, h_2) = \sum_i |h_1(i) - h_2(i)|$, determine qual destas imagens é mais semelhante à anterior. (1)

Solução: Considerando o histograma normalizado de orientação dos contornos da imagem do enunciado dado por:

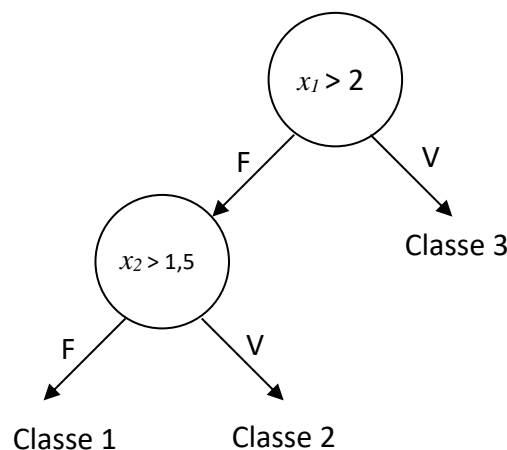
$$h_3 = \left(\frac{4}{25}; \frac{3}{25}; \frac{3}{25}; 0 \right) = (0,16; 0,12; 0,12; 0)$$

Obtém-se

$$D_{L1}(h_3, h_1) = 0,08 \quad \text{e} \quad D_{L1}(h_3, h_2) = 0,48$$

Assim, a imagem correspondente ao histograma h_1 é mais semelhante à imagem dada.

9. Considere que dispõem de um classificador representado pela seguinte árvore de decisão, onde os padrões são representados por vetores com duas dimensões, ou seja, $x \rightarrow (x_1, x_2)$.



- a) Dado o seguinte conjunto de teste supervisionado, determine a matriz de confusão do classificador. (1)

x	x_1	1	1,7	1	1	3	3
	x_2	1	1	1,6	2	1	2
ω		1	1	1	2	3	3
$\hat{\omega}$		1	1	2	2	3	3

Solução: Dada a classificação acrescentada à tabela anterior, a matriz de confusão é a seguinte:

		$\hat{\omega}$		
		1	2	3
ω	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	0
	2	0	$\frac{1}{1}$	0
	3	0	0	$\frac{2}{2}$

- b) Sabendo que a distribuição a priori é dada por $P(\omega_i) = \{\frac{1}{2}, \frac{1}{6}, \frac{1}{3}\}$, determine a probabilidade de erro do classificador. (1)

Solução: $P_e = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$

10. Considere que a seguinte matriz representa o resultado do cálculo do fluxo ótico, onde as setas indicam o sentido do deslocamento.

↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓			↓	↓
↓	↓			↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓

- a) Descreva um tipo de situação de movimento (câmara e/ou objetos) que pode gerar este tipo de campo de movimento. (1)

Solução: Por exemplo, movimento vertical da câmara no sentido ascendente (tilt up) a observar um objeto centrado no seu campo de visão com o mesmo movimento e velocidade da câmara.

- b) Diga, justificando, como se pode utilizar esta característica para realizar a segmentação da imagem. (1)

Solução: Desenvolver a segmentação de imagem em que a característica a utilizar é o módulo e/ou a direção do vetor de movimento de cada pixel (campo de movimento), como por exemplo, na imagem anterior se se utilizar o valor do módulo do vetor de movimento e um algoritmo de binarização por limiar global com um valor um pouco superior a zero, conseguia-se segmentar a imagem em objeto e fundo.

11. Suponha que pretende desenvolver um sistema de processamento de imagem para deteção e reconhecimento automático de sinalização rodoviária vertical (sinais de trânsito) a colocar num veículo automóvel. Considere que a seguinte figura é um exemplo típico da imagem a processar pela aplicação.



Considere que restringe a sua aplicação a sinais de controlo de velocidade (proibição ou obrigatoriedade).
Descreva os principais algoritmos que considera importante para a realização do referido sistema. (2)

Solução:

Desenvolver a seguinte sequência de operações possível:

- Detecção de contornos, por exemplo, algoritmo de Canny;
- Transformada de Hough para deteção de círculos;
- Segmentação de cor da região circular na imagem original;
- Analisar as cores obtidas para determinar a classe do sinal (proibição ou obrigatoriedade);
- Reconhecer os caracteres numéricos para determinar a velocidade indicada, por exemplo, utilizar um OCR (*Optical Character Recognition*);
- Validar a existência de um sinal para diminuir falsos positivos;