

**Justifique todas as respostas dadas.**

1. Diga, justificando, qual a operação aritmética entre imagens (soma, subtração, produto ou divisão) que deve aplicar quando se pretende numa imagem isolar uma região de interesse (ROI – Region of Interest), da qual se conhece a máscara binária “Mask”. (1)

**Solução:** Produto entre a imagem e a máscara binária.

2. Considere que o ângulo horizontal do campo de visão de uma câmara é  $\varphi_L = 70^\circ$  e o vertical  $\varphi_H = 55,4^\circ$ . Se a câmara estiver a uma distância de 2 metros de uma parede determine a área coberta pela câmara na parede. (1)

**Solução:**  $5,88 \text{ m}^2$ .

3. Assuma que um vídeo é composto por uma sequência de imagens no formato RGB com os seguintes bits atribuídos a cada plano de cor ( $R = 8, G = 8, B = 8$ ). As imagens foram obtidas com uma frequência de amostragem de 100 fps e sem compressão.

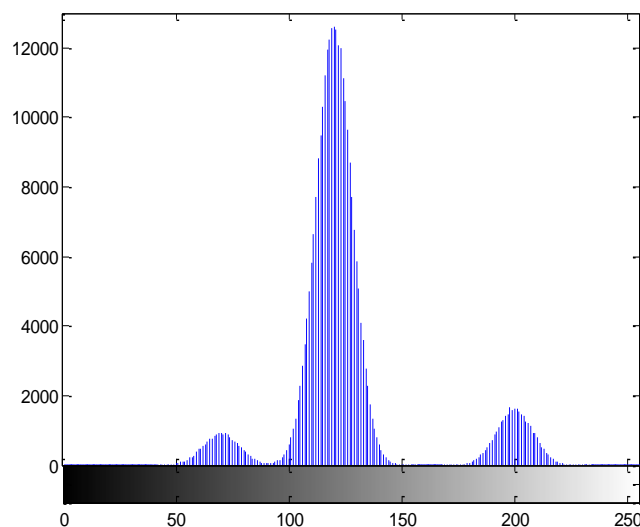
- a. Determine o espaço, em bytes, necessário para o armazenamento de 10 segundos de vídeo sabendo que o sensor de imagem tem 1920 colunas e um formato 16/9 (largura/altura). (1)

**Solução:** 6 220 800 000 bytes.

- b. A redução do espaço de armazenamento do vídeo pode ser realizada de diversas formas. Sugira pelo menos duas comentando acerca das suas eventuais desvantagens. (1)

**Solução:** Por exemplo, reduzir o número de imagens por segundo ou o nº de bits por pixel. Desenvolver acerca das desvantagens.

4. Considere que o seguinte histograma está associado a uma imagem onde existem dois objetos de tons homogêneos, um mais claro que o outro, sobrepostos a um fundo também homogêneo e com um nível intermédio entre esses objetos.



- a. Considere que o método de Otsu poderá ser aplicado neste contexto? (1)

**Solução:** Não é o mais adequado, o método de Otsu é mais apropriado para histogramas bimodais.

- b. Descreva como poderia realizar a binarização da imagem de forma a separar os objetos do fundo, nomeadamente, escreva a expressão que implementaria essa operação. (1)

**Solução:** Definir dois limiares a partir do histograma, um inferior e outro superior. Pixels com nível de cinzento inferior ao limiar inferior ou superior ao limiar superior são colocados a '1' na imagem binarizada e os restantes a '0'. Apresentar resposta recorrendo a expressões matemáticas justificando as escolhas dos limiares.

5. Considere a seguinte imagem binária e elemento estruturante.

			1			
			1	1		
		1	1			
	1	1	1	1		
	1		1			

Imagem

	1	1
	1	

Elemento Estruturante

- a. Realize a operação morfológica de erosão e apresente o resultado. (1)

**Solução:**

				1		
			1			
	1			1		

- b. Realize a etiquetagem das regiões conexas e indique o seu número, utilizando vizinhança N4. Apresente os passos seguidos (formação da imagem de etiquetas e tabela de correspondências, se necessário). Realize a etiquetagem para as duas imagens, original e após erosão, e comente os resultados obtidos. (2)

**Solução:**

*Etiquetagem (Imagem Original)*

			1			
			1	1		
		1	1	1	1	
	1		1			

*Etiquetagem (após Erosão)*

			1			
		2				
	3		4			

6. Considere a seguinte matriz de confusão incompleta:

$\omega \setminus \hat{\omega}$	1	2	3
1		0,1	
2	0,1		0,05
3			1

- a. Determine os valores que faltam, sabendo que a probabilidade de acertar a classe 1 é 0,85. (0,5)

**Solução:**

$\omega \setminus \hat{\omega}$	1	2	3
1	<b>0,85</b>	0,1	<b>0,05</b>
2	0,1	<b>0,85</b>	0,05
3	<b>0</b>	<b>0</b>	1

- b. Considerando que a distribuição a priori das classes é  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ , determine a probabilidade de erro do classificador. (1)

**Solução:**  $P_{\text{erro}} = 11.25\%$

7. Considere uma imagem original de níveis de cinzento (imagem 1) e uma cópia contaminada com ruído impulsional (imagem 2).

0	5	10	90
5	10	90	170
10	90	170	250
90	170	250	255

Imagem 1

0	5	10	90
5	245	90	170
10	90	85	250
90	170	250	255

Imagem 2

- a. Atendendo ao tipo de ruído, aplique à imagem contaminada o filtro de dimensão 3x3 que considera mais apropriado, assumindo que processa somente os pixéis com sobreposição total entre a máscara e a imagem. Justifique o tipo de filtragem utilizada. (1)

**Solução:** Aplicar Filtro Mediana.

- b. Pretende-se comparar o desempenho de vários filtros para remoção do ruído da imagem. Sugira uma fórmula para o fazer e aplique-a ao resultado obtido na alínea anterior para quantificar o desempenho do filtro da alínea anterior. (1)

**Solução:** Várias soluções são possíveis. Por exemplo determinar o erro médio quadrático entre a imagem original (sem ruído) e a imagem com ruído, após a aplicação do filtro.

8. Considere que se obteve as seguintes imagens de módulo e direção, respetivamente, depois de se aplicar um filtro de realçamento de contornos (a direção está representada pela inclinação do troço, com 3 direções possíveis: vertical, horizontal diagonal).

0	5	65	90
5	40	90	40
40	90	50	10
90	40	10	5

—	/	\	—
/			\
\			/
—	\	/	—

- a. Determine a densidade de contornos, supondo um limiar de 60. (0,5)

**Solução:**  $F_{edgess}=5/16=0,313$ .

- b. Calcule o histograma normalizado de orientação dos contornos, considerando 2 níveis de amplitude, o limiar anterior e 3 níveis de direção. (1,5)

**Solução:**

$$F_{magdir}=\{H_{mag},H_{dir}\}=\{(60<mag<70,mag=70),(horiz,vert,diag)=[(1/16,4/16),(2/16,2/16,1/16)]\}$$

9. Dada a imagem a cores representada pelos seguintes planos de cor

200	50
70	90

Plano R

100	120
50	60

Plano G

20	100
220	80

Plano B

Realize uma segmentação de cor, utilizando o algoritmo de k-médias e considerando que existem duas cores dominantes. Utilize para a inicialização os seguintes centroides:

$$C_1 \rightarrow (200; 50; 50)$$

$$C_2 \rightarrow (50; 50; 100).$$

(1,5)

**Solução:**

1	2
2	2

$$C_{1final} \rightarrow (200, 100, 20)$$

$$C_{2final} \rightarrow (70,77,133)$$

10. Suponha que pretende desenvolver um sistema de processamento de imagem para controlo de infração por transposição de traço contínuo. Considere que a seguinte imagem é um exemplo das imagens adquiridas pela câmara de vídeo vigilância e a seta vermelha indica a infração que se pretende detetar. Descreva os principais algoritmos que considera importante para a realização do referido sistema. (2)



**Solução:**

Desenvolver uma possível sequência de operações:

1. Com base em segmentação de intensidade ou cor, criar uma máscara da região da estrada para só processar essa área.
2. Detecção do traço contínuo:
  - a. Aplicar um algoritmo de detecção de contornos, como por exemplo, Canny;
  - b. Aplicar transformada de Hough para a detecção de retas e restringir o valor do seu ângulo a uma reta quase vertical;
2. Detecção das regiões que representam veículos:
  - a. Detecção de movimento:
    - Opção A – Subtração de fundo
      - i. Estimar a imagem de fundo, por exemplo, com filtro de mediana temporal nos primeiros instantes de aquisição. Necessário posteriormente atualizar essa imagem para compensar alteração da luminosidade.
      - ii. Subtrair a imagem atual pela imagem de fundo e binarizar.
    - Opção B – Subtração de imagens consecutivas
      - i. Subtrair imagens consecutivas e binarizar.
    - Opção C – Com base em vetores de movimento
      - i. Cálculo dos vetores de movimento dos pixels da zona correspondente à estrada, por exemplo, utilizando o método de esparso;
      - ii. Segmentação da imagem com base nos vetores de movimento;
  - b. Operadores morfológicos para fechar regiões;
  - c. Etiquetagem;
  - d. Extração de características;
  - e. Classificação de regiões correspondentes a veículos;
3. Análise da evolução das regiões correspondentes aos veículos (seguimento) para detecção de transposição do traço contínuo (intersecção da trajetória do veículo com o traço ou intersecção das regiões dos veículos com o traço).

- 
11. Considere uma câmara representada pelo modelo de projeção de perspectiva simples, que se conhecem os seguintes parâmetros intrínsecos,  $k_u=k_v=2$ , que o eixo ótico intersecta plano da imagem no pixel de coluna 320 e linha 240 e que a lente tem uma distância focal de 11 mm. Admitindo que o eixo ótico intercepta o plano de imagem no seu centro geométrico, diga, justificando, se o ponto 3D dado por [1100,400,200] (mm), representado no referencial da câmara ([XC, YC, ZC]), é visualizado pela câmara. (2)

**Solução:**

Como  $u=441 < 640$  e  $v=196 < 480$  logo o ponto é visualizado pela câmara.