

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 2017/2018

Época Normal

19 de junho de 2018, 14:00

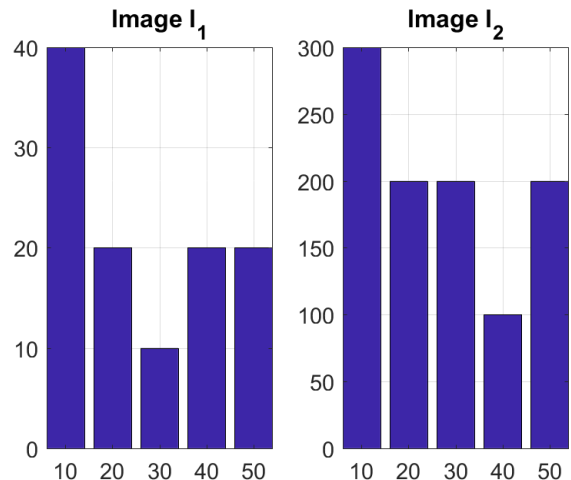
- R1 - Repetição do 1.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **1, 2, 3, 4 e 5**.
- R2 - Repetição do 2.º teste parcial, duração de 1:30, grupos **6, 7, 8, 9 e 10**.
- TG - Teste Global, duração de 2:30, grupos **2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9**.

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

1. {R1} Considere as imagens monocromáticas I_1 e I_2 com profundidade de $n = 4$ bit/pixel.

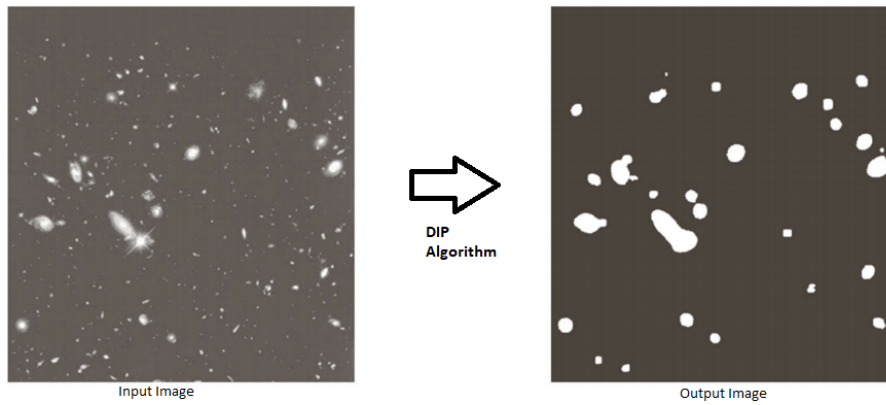
$$I_1 = \begin{bmatrix} 14 & 12 & 12 & 12 & 12 \\ 12 & 13 & 14 & 2 & 2 \\ 8 & 6 & 5 & 3 & 4 \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad I_2 = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 & 10 \\ 12 & 12 & 12 & 15 & 15 \\ 8 & 8 & 8 & 6 & 6 \end{bmatrix}.$$

- (a) {1,25} Relativamente à imagem I_1 , apresente: o plano de bits mais significativo, I_{MSB} ; o plano de bits menos significativo, I_{LSB} ; o histograma; o número total de bits ocupado pela imagem.
- (b) {1,25} Indique o valor médio, a potência e a energia de I_2 . Caracterize I_2 relativamente ao brilho e ao contraste (baixo/médio/elevado).
- (c) {1,25} Determine as imagens:
- (i) I_A , tal que $I_A = I_1 + I_2$.
 - (ii) I_B , tal que a imagem I_B é obtida a partir de I_1 , colocando todo o plano de bits I_{MSB} com o valor 1.
- (d) {1,25} Determine a versão negativa de I_1 , designada por I_n . Apresente a imagem I_n e o respetivo histograma.
2. {R1||TG} Considere os histogramas, que se apresentam na figura, relativos às imagens I_1 e I_2 , com profundidade $n = 6$ bit/pixel.
- (a) {1,25||1,0} Relativamente à imagem I_1 , indique: o valor médio, a energia, a potência, um valor possível para a resolução espacial.
- (b) {1,25||1,0} Considere a operação de equalização de histograma sobre I_2 . Apresente a transformação de intensidade que realiza esta operação, bem como o histograma da imagem resultante desta operação.
- (c) {1,25||1,0} Considere que se pretende aumentar o contraste de I_1 , através da técnica de especificação de histograma implementada através da função/método $I_{out} = \text{HistogramSpecification}(I_{in}, I_{ref})$. Indique como procederia para realizar esta operação.
- (d) {1,25||1,0} Considere que se realiza $I_3 = I_1 + 30$. Apresente o histograma de I_3 . Considere que se pretende realizar a operação $I_4 = I_1 + I_2$. Tal é possível? Caso seja possível, apresente o resultado. Caso contrário, justifique a impossibilidade.



3. {R1|TG} Considere as seguintes questões sobre técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI).

- (i) {1,25|1,0} Para cada um dos casos seguintes, indique um exemplo de problemas/situações de PDI, tais que seja adequado:
- (1) usar técnicas de filtragem na frequência, dado que a aplicação de filtragem espacial é inadequada;
 - (2) usar técnicas de filtragem espacial em detrimento de técnicas de filtragem na frequência;
 - (3) usar transformações de intensidade, em detrimento de técnicas de filtragem (espacial ou na frequência).
- (ii) {1,25|1,0} Considere a *equalização de histograma realizada de forma global* e a *equalização de histograma realizada de forma local*. Indique: em que consiste cada uma destas técnicas; os seus objetivos; em que situações devem ser aplicadas.
- (iii) {1,5|1,0} A imagem monocromática I tem resolução 512×512 , tal que as primeiras 256 colunas têm conteúdo igual a 100 e as restantes 256 colunas têm conteúdo igual a 120.
- (1) Considere que se realiza filtragem de I , com filtro de média 3×3 . Indique o número total de somas e multiplicações realizadas. Descreva o conteúdo da imagem resultante, I_1 .
 - (2) Sabendo que se aplica filtro de mediana 1×5 sobre I , descreva a imagem resultante, I_2 .
 - (3) Sabendo que se aplica filtro de mediana 1×4 sobre I , descreva a imagem resultante, I_3 .
- (iv) {1,5|1,0} A figura apresenta o resultado da aplicação de determinado algoritmo de PDI, sobre a imagem de entrada. Indique o objetivo do algoritmo e apresente uma possível sequência de ações do mesmo.



4. {R1} A imagem $f[m, n]$ tem espectro centrado $F[u, v] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -12,5000 - j4,0615 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -12,5000 - j17,2048 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 75 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -12,5000 + j17,2048 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -12,5000 + j4,0615 & 0 & 0 \end{bmatrix}$.

- (a) {1,5} Apresente $|F[u, v]|$ e $\arg[F[u, v]]$. Em termos genéricos, qual a informação contida: no módulo do espectro de uma imagem? no argumento do espectro de uma imagem?
- (b) {1,5} Relativamente a $f[m, n]$ indique: a resolução espacial; o valor médio; a energia.

5. {R1|TG} {1,5|1,0} Considere o algoritmo de filtragem, 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:

$$H_A[u, v] = \begin{cases} 1, & \text{se } D[u, v] \leq 50 \\ 0,5, & \text{se } 51 \leq D[u, v] \leq 90 \\ 0, & \text{se } D[u, v] \geq 91 \end{cases} \quad \text{e} \quad H_B[u, v] = \begin{cases} 0, & \text{se } D[u, v] \leq 50 \\ 1, & \text{se } D[u, v] > 50. \end{cases}$$

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

6. {R2||TG} A DCT para imagens de resolução $M \times N$, define-se da forma que se apresenta de seguida.

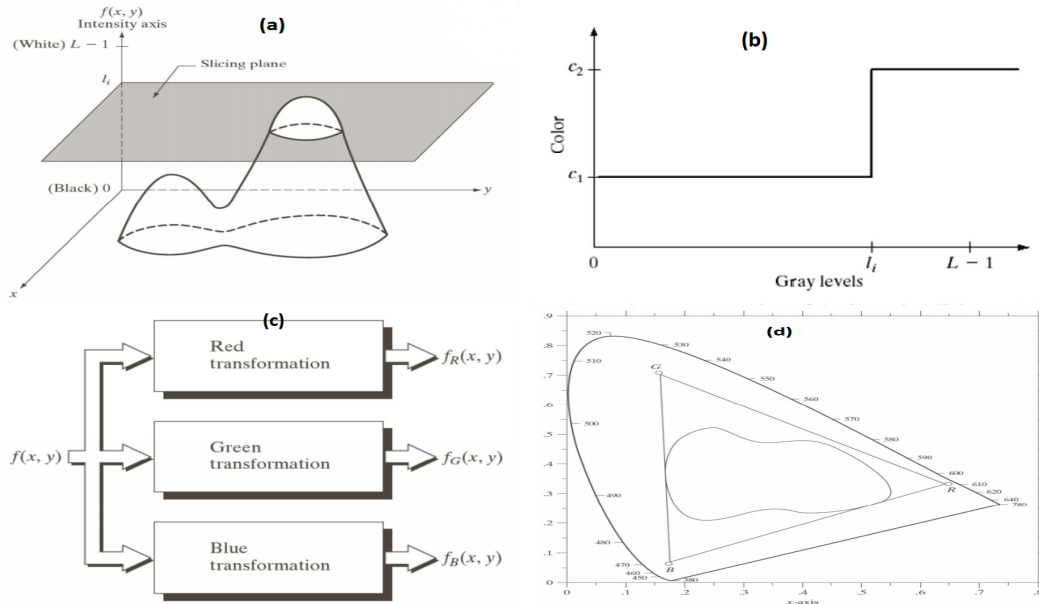
$$F[u, v] = \text{DCT}[f[m, n]] = C[u]C[v] \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f[m, n] \cos\left(\frac{(2m+1)u\pi}{2M}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)v\pi}{2N}\right),$$

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

Considere a imagem $f[m, n] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$.

- {1,5||1,0} Seja $F[u, v] = \text{DCT}[f[m, n]]$, com $F[0, 1] = -0,5$ e $F[1, 1] = 1,5$. Determine $F[0, 0]$ e $F[1, 0]$.
- {1,5||1,0} Seja m_f o valor médio de $f[m, n]$. Considerando $g[m, n] = f[m, n] - m_f$, sem calcular explicitamente a DCT de $g[m, n]$, determine $G[u, v]$, em que $G[u, v] = \text{DCT}[g[m, n]]$.
- {1,5||1,0} Em termos genéricos, quais são as principais propriedades da DCT que tornam a sua utilização adequada em diferentes problemas de processamento digital de imagem? Neste contexto, apresente um exemplo de aplicação adequada da DCT.

7. {R2||TG} A figura esquematiza diferentes propriedades e/ou técnicas que envolvem a representação e a manipulação de cor.



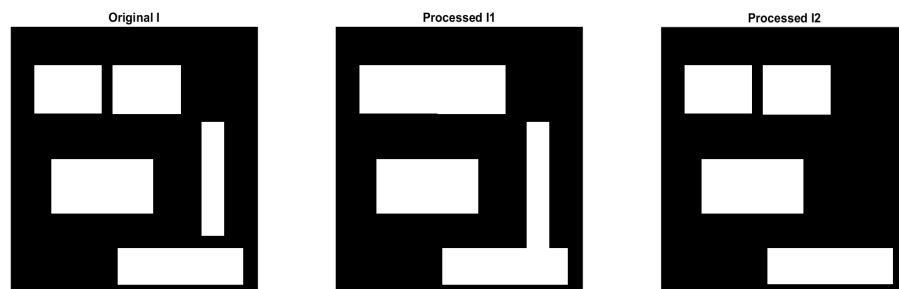
- {1,5||1,0} Identifique as propriedades/técnicas representadas pelas figuras (a), (b), (c) e (d). Para cada propriedade/técnica, indique em que situações deverá ser considerada/aplicada.
- {1,5||1,0} Considere o diagrama da figura (c), com a respetiva técnica a ser aplicada sobre imagens de resolução espacial 512×512 , com 128 níveis distintos de intensidade. Apresente um esboço do conteúdo funcional dos blocos *Red transformation*, *Green transformation* e *Blue transformation*. Indique os critérios que seguiu na definição destes blocos.

8. {R2||TG} Considere as seguintes questões relativas ao processamento de imagens coloridas.

- (i) {1,5||1,0} Indique as principais vantagens e desvantagens de processamento de imagens coloridas com a cor representada no espaço de cor HSI, relativamente ao RGB. Relacione estes espaços de cor com a percepção de cor pelo sistema visual humano e com a descrição humana falada/escrita da cor.
- (ii) {1,5||1,0} A imagem RGB I_1 tem profundidade $n = 24$ bit/pixel. Esta imagem foi processada através de determinado algoritmo que alterou a profundidade para $n = 18$ bit/pixel, resultando na imagem I_2 . Indique: uma possível abordagem para a implementação deste algoritmo; o número máximo de cores distintas para I_1 e I_2 ; o número máximo de níveis de cinzento distintos para I_1 e I_2 .
- (iii) {1,5||1,0} Determinada imagem RGB apresenta baixo contraste. Verifica-se que possui ruído impulsivo *salt & pepper* nas bandas R e B, sendo que na banda R o ruído apresenta maior densidade. Indique como procederia para: remover o ruído dessa imagem; em seguida, realizar o ajuste de contraste.
- (iv) {1,5||1,0} Apresente o esboço de um algoritmo que, sobre uma imagem colorida RGB, realize a contagem do número total de pixels que são *safe color*. Estabeleça a lista de parâmetros de entrada e de saída do algoritmo, indicando o seu significado e conteúdo.

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

- (i) {1,5||1,0} Em que situações devemos considerar a utilização de técnicas de processamento morfológico em detrimento de outras técnicas? Como se deve proceder para escolher a operação morfológica e o elemento estruturante? A que tipo de imagens podemos aplicar processamento morfológico?
- (ii) {1,25||1,0} A figura apresenta o resultado de dois processamentos morfológicos distintos sobre a imagem binária I . Identifique as operações morfológicas que transformaram: I em I_1 ; I em I_2 .



10. {R2} Considere os sistemas de reconhecimento de padrões e os sistemas biométricos.

- (i) {1,25} Apresente os diagramas de blocos genéricos de sistemas de reconhecimento de padrões e de sistemas biométricos. Indique a funcionalidade de cada bloco. Indique como se deve proceder para escolher, implementar e avaliar o funcionamento de cada bloco.
- (ii) {1,25} A matriz de confusão C apresenta o resultado de um teste de determinado classificador. Indique: o número de classes; o número de padrões utilizados no teste; a percentagem de erro por classe; a percentagem de erro global; a classe que aparenta ser a mais difícil de ser predita corretamente.

$$C = \begin{bmatrix} 14 & 2 & 2 \\ 0 & 13 & 4 \\ 2 & 0 & 16 \end{bmatrix}.$$

- (iii) {1,25} Considere o classificador *k vizinhos mais próximos*. Descreva o processo de treino do classificador. Descreva o funcionamento do classificador, na atribuição da etiqueta a um padrão de entrada, após treino.