

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

**PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES DIGITALES**

Examen 2  
(Segundo semestre 2013)

**Indicaciones generales:**

- Duración: 180 minutos.
- Material o equipos a utilizar: calculadora **no programable**.
- No está permitido el uso de ningún material o equipo electrónico adicional al indicado.
- No celulares.
- **La presentación, ortografía, caligrafía y gramática de los trabajos influirá en la calificación.**

Puntaje total: 20 puntos

---

**Pregunta 1** (4 puntos)

- a) Dada la imagen  $f \in [i_{min}, i_{max}]$ , hallar la función de normalización  $T$  tal que  $g = T\{f\} \in [0,1]$ .
- b) Dada una imagen en escala de grises de ocho bits que representa un área de 20'' x 20'' a 150 PPI, calcular el número total de bits de la imagen.
- c) Dada la imagen  $f \in \mathbb{R}^{4 \times 4}$  cuya representación en row-major es
 
$$f_{RM} = (3 \ 5 \ 5 \ 5 \ 6 \ 0 \ 5 \ 1 \ 6 \ 6 \ 5 \ 5 \ 7 \ 7 \ 3 \ 0)^T,$$
  - i. Calcular las distancias  $D_4$  y  $D_8$  de cada punto con respecto al elemento (2,2).
  - ii. Expresar un sistema lineal  $Ax = b$  que permita hallar los parámetros de interpolación bilineal para calcular  $f(1.3, 2.7)$ .
- d) Dada la imagen  $f$  y el kernel (*Structuring Element*)  $h$

$$f = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, h = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

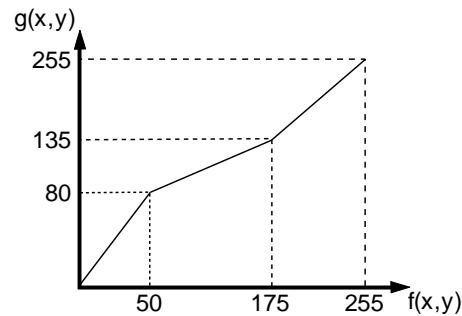
- i. Hallar  $f \oplus h$ .
- ii. Hallar  $\bar{f} \ominus h$ .

**Pregunta 2** (4 puntos)

- a) Dada la siguiente imagen representada en ocho bits

$$f = \begin{pmatrix} 245 & 222 & 204 & 67 \\ 1 & 22 & 110 & 37 \\ 198 & 102 & 232 & 35 \\ 208 & 66 & 46 & 222 \end{pmatrix},$$

- i. Aplicar una transformación Gamma para  $\gamma = 0.5$  y mostrar la imagen resultante.
- ii. Aplicar un bit-plane slicing y mostrar los planos 2 y 5 (0: LSB, 7: MSB).
- iii. Aplicar *Contrast Stretching* a partir de la siguiente transformación y mostrar la imagen resultante.



b) Dada la siguiente imagen representada en cuatro bits

$$f = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 10 & 8 & 13 & 14 & 4 \\ 9 & 7 & 6 & 9 & 3 & 6 & 6 \\ 12 & 5 & 12 & 9 & 3 & 3 & 9 \\ 1 & 8 & 8 & 3 & 3 & 14 & 4 \\ 14 & 8 & 5 & 5 & 3 & 15 & 9 \\ 12 & 12 & 14 & 7 & 7 & 7 & 11 \\ 7 & 12 & 13 & 3 & 5 & 2 & 3 \end{pmatrix}$$

- i. Hallar el histograma normalizado.
- ii. Ecuilizar el histograma y mostrar la imagen resultante.

**Pregunta 3** (4 puntos)

a) Determinar si los siguientes operadores son lineales a partir de las propiedades de Aditividad y Homogeneidad para  $f \in \mathbb{R}^{M \times N}$

- i.  $H_1\{f\} = \mu\{f\}$
- ii.  $H_2\{f\} = \text{mediana}\{f\}$

b)

- i. Demostrar las ventajas de aplicar un filtro promedio a una imagen corrompida por ruido aditivo con distribución Gaussiana y media cero. Sea específico en su procedimiento.

- ii. Demostrar las ventajas de aplicar un filtro mediano a una imagen corrompida por ruido Sal y Pimienta (*Salt and Pepper*). Sea específico en su procedimiento.

- c) Dada la siguiente imagen

$$f = \begin{pmatrix} 204 & 155 & 137 & 160 & 129 \\ 189 & 99 & 121 & 128 & 102 \\ 174 & 114 & 106 & 116 & 133 \\ 174 & 143 & 150 & 158 & 176 \\ 190 & 184 & 179 & 183 & 190 \end{pmatrix},$$

Aplicar *Highboost Filtering* para  $k = 2$ . Emplear *Zero-padding* para procesar los bordes de la imagen y describir gráficamente los filtros utilizados en el procedimiento.

**Pregunta 4** (4 puntos)

- a) Explicar el problema de “periodicidad inherente” de la DFT que surge al comparar  $g(x, y) = f(x, y) * h(x, y)$  vs.  $g(x, y) = \mathcal{F}^{-1}\{F(u, v)H(u, v)\}$ . Mostrar una descripción gráfica y explicar detalladamente un procedimiento para que ambas operaciones sean similares.
- b) Dadas las imágenes descritas en la Figura 1, la imagen final fue obtenida a partir del siguiente procedimiento: (i) multiplicar la imagen original por  $(-1)^{x+y}$ , (ii) obtener su transformada discreta de Fourier, (iii) calcular su complejo conjugado, (iv) obtener su transformada inversa y (v) multiplicar la parte real del resultado por  $(-1)^{x+y}$ . Explicar matemáticamente por qué la imagen final aparece de la forma descrita.



(b) Imagen original



(a) Imagen final

Figura 1: Transformación en Frecuencia.

**Pregunta 5** (4 puntos)

- a) Dada la imagen

$$f = \begin{pmatrix} 112 & 116 & 122 & 122 & 120 \\ 110 & 111 & 114 & 121 & 120 \\ 118 & 117 & 115 & 119 & 119 \\ 145 & 130 & 107 & 110 & 115 \\ 180 & 159 & 132 & 118 & 114 \end{pmatrix},$$

Hallar las funciones magnitud y ángulo correspondientes al algoritmo de Canny. Emplear *Zero-padding* para hallar dichas funciones en los bordes de la imagen.

b) Dadas las siguientes funciones de magnitud (m) y ángulo (a)

$$m = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 6 & 5 & 6 & 5 & 5 & 1 & 124 \\ 4 & 6 & 6 & 11 & 11 & 1 & 4 & 5 & 122 \\ 9 & 14 & 4 & 8 & 8 & 2 & 1 & 3 & 124 \\ 27 & 12 & 8 & 7 & 7 & 2 & 1 & 4 & 122 \\ 38 & 39 & 27 & 13 & 9 & 9 & 5 & 1 & 117 \\ 21 & 34 & 38 & 37 & 25 & 9 & 1 & 4 & 117 \\ 1 & 13 & 27 & 40 & 45 & 39 & 13 & 5 & 117 \\ 9 & 3 & 11 & 16 & 24 & 40 & 44 & 31 & 111 \\ 201 & 201 & 203 & 197 & 191 & 185 & 171 & 146 & 171 \end{pmatrix},$$

$$a = \begin{pmatrix} 2.76 & -2.68 & 2.82 & 2.21 & -1.03 & 1.57 & -2.5 & 0 & -1.59 \\ 2.16 & -0.79 & 2.11 & 1.95 & -2.36 & 1.57 & 2.55 & -2.5 & -1.55 \\ 1.57 & -2.26 & 2.03 & 2.27 & 3.14 & -2.03 & 1.57 & 1.89 & -1.59 \\ 0 & -0.35 & 0.12 & 0.46 & 1.43 & -2.68 & 3.14 & 2.68 & -1.61 \\ -0.43 & -0.18 & -0.04 & -0.15 & 2.68 & 3.14 & -2.5 & 1.57 & -1.57 \\ -0.65 & -0.56 & -0.4 & -0.67 & 0.12 & 0.56 & 2.36 & 2.9 & -1.57 \\ -1.57 & -1.11 & -0.89 & -0.75 & -0.31 & -0.1 & -0.15 & 1.37 & -1.62 \\ 0.56 & -0.32 & -0.98 & -0.97 & -0.84 & -0.84 & -0.32 & -0.06 & -1.48 \\ 3.14 & 3.13 & -3.11 & -3.11 & -3.1 & -3.06 & -2.99 & -2.98 & -2.36 \end{pmatrix} [\text{rad.}],$$

Hallar las funciones  $f_{NH}(x,y)$ ,  $f_{NL}(x,y)$  correspondientes al algoritmo de Canny. Luego, hallar bordes a partir de umbralización por histéresis ( $T_H = 40, T_L = 12$ ). Describir gráficamente el resultado.

c) Dada la siguiente imagen

$$f = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 2 & 6 & 1 & 3 & 9 & 3 \\ 3 & 8 & 5 & 4 & 2 & 4 & 2 & 7 \\ 7 & 6 & 6 & 6 & 10 & 7 & 4 & 1 \\ 7 & 3 & 4 & 8 & 7 & 4 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 4 & 2 & 1 & 6 & 2 & 3 \\ 6 & 3 & 7 & 3 & 1 & 4 & 4 & 1 \\ 1 & 2 & 5 & 4 & 4 & 3 & 1 & 5 \\ 4 & 2 & 6 & 2 & 1 & 6 & 9 & 8 \end{pmatrix},$$

Aplicar el método *Splitting and Merging* para  $Q_R = \{1\}$  si  $\text{mediana}\{R\} > 5$ . Mostrar el *Quad-tree* correspondiente a la segmentación realizada. Describir gráficamente el resultado.

El profesor del curso.

San Miguel, 5 de diciembre de 2013