



Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electrónica
MP-6123 Procesamiento Digital de Imágenes
Profesor: M.Sc Carl Michael Gruner Monzón
I Cuatrimestre, 2020
Examen Final

Total de Puntos:	63
Puntos obtenidos:	
Porcentaje:	
Nota:	

Nombre: _____

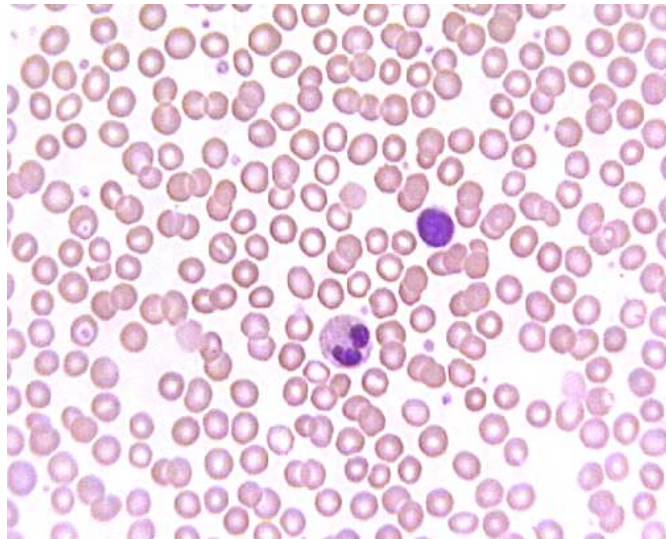
Carné: _____

Advertencias:

- Resuelva el examen en forma ordenada y clara.
- En todas las preguntas y problemas debe indicarse algún procedimiento o justificación clara para llegar a la solución.
- El estudiante entregará la solución en formato digital. Los códigos deben estar bien documentados y ser ejecutables con las instrucciones indicadas en la ayuda del mismo código generado.
- Para la parte teórica, el formato de entrega debe ser pdf. Es permitido entregarlo hecho a mano y escaneado, para facilidad en el levantamiento del documento.
- La entrega debe ser realizada en el repositorio de GitHub antes de las 23:59 del jueves 7 de mayo, 2020.
- No es permitido el uso de color rojo en la solución, pues es utilizado para calificar.
- La entrega de la solución del examen es individual, y las soluciones deben ser individuales. Si bien se acepta la discusión grupal, no se tolerarán copias de una misma solución.

La asignación en GitHub Classroom se encuentra en:
<https://classroom.github.com/a/DL0j3DxU>

1. Una empresa que fabrica microscopios desea integrar en un sistema embebido que está conectado a cámaras digitales en los oculares del microscopio, algoritmos de análisis de imágenes. Para facilitar las labores de microbiólogos, es necesaria la detección de las células como las mostradas en la siguiente figura y su conteo:



Células sanguíneas a segmentar [C. Girit]

Del sistema óptico del microscopio se infiere el rango esperado de diámetros de las células y su correspondiente diámetro en píxeles en las imágenes digitales capturadas.

Indique con qué técnica de las revisadas en el curso es posible detectar las células en la imagen bajo la suposición de que tienen forma circular perfecta.

Esboce brevemente los pasos involucrados desde la imagen a color hasta la detección de los círculos.

Indique los pasos manualmente, es decir, no se refiera a llamadas de alguna biblioteca.

5 Pts

2. Usted tiene una cámara digital con un ángulo de visión de 90° . Dicha cámara es capaz de capturar únicamente 400 píxeles distribuidos en una cuadrícula de 20×20 . Asuma que el comportamiento de dicha cámara es ideal.

Frente a usted se encuentra un muro que tiene dibujada una onda cosenoidal con cierta inclinación. Específicamente, la onda tiene una frecuencia horizontal de $0,5 \frac{\text{ciclos}}{m}$ y una frecuencia vertical de $2 \frac{\text{ciclos}}{m}$. La Figura 0.1 muestra una aproximación de dicho muro.

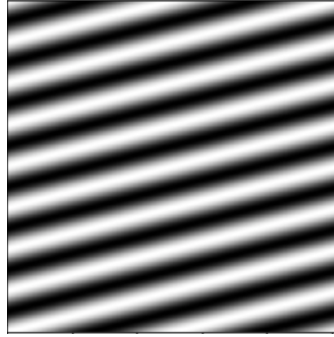


Figura 0.1: Muro con onda cosenoidal formado a cierto ángulo.

1. Usted se posiciona a una distancia d_1 del muro y toma una fotografía del mismo. Dicha fotografía se muestra en la Figura 0.2. Los datos crudos de la misma se encuentran adjuntos a este enunciado.

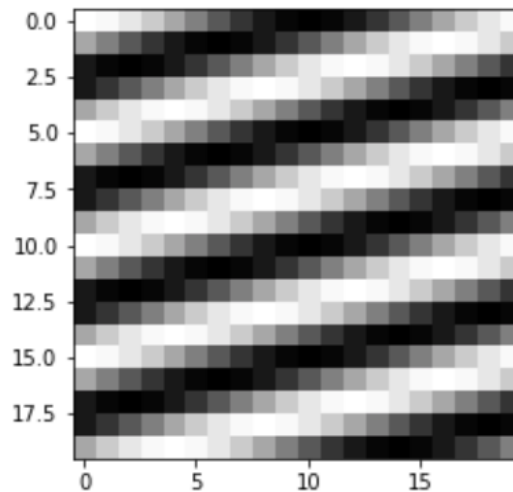


Figura 0.2: Fotografía del muro tomada a una distancia d_1 .

¿Cuál es el valor de d_1 ? Note que podrían existir múltiples respuestas, provea la menor de ellas (y positiva).

2. Usted se **aleja** a una distancia d_2 y toma una nueva fotografía. Ésta se muestra en la Figura 0.3. De nuevo, los datos crudos de la misma se encuentran adjuntos a este enunciado.

¿Cuál es el valor de d_2 ? Note que podrían existir múltiples respuestas, provea la menor de ellas (y positiva).

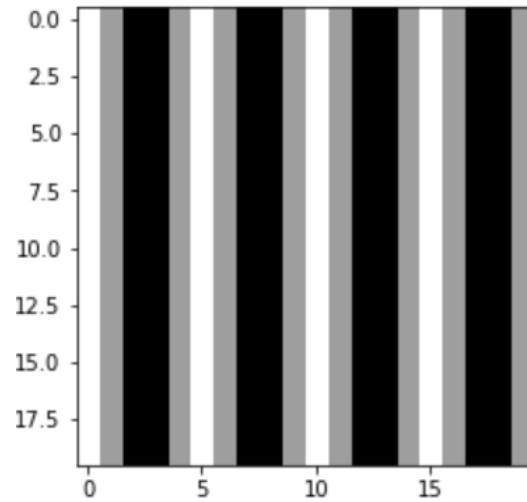


Figura 0.3: Fotografía del muro tomada a una distancia d_2 .

3. ¿Cuál es la razón del cambio de ángulo en la onda del muro? Refiérase a valores numéricos concretos.

6 Pts

3. Indique para las dos siguientes figuras la correspondencia de los ejes con el matiz, la saturación y la intensidad.

2 Pts



A



B

4. Para cada uno de los siguientes filtros:

$$H_1 = \frac{1}{4} \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & 16 & -2 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$
$$H_2 = \begin{pmatrix} -1 & -3 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

responda las siguientes preguntas:

1. ¿Es separable el filtro?
2. Si su respuesta es sí, presente los filtros verticales y horizontales.
3. ¿Cuál es la funcionalidad del filtro? Explique su razonamiento.

6 Pts

5. Como consultor en procesamiento digital de imágenes se le asigna la tarea de inspeccionar una serie de imágenes tomadas por un microscopio electrónico. Para simplificar el análisis usted decide utilizar técnicas de mejoramiento digital de imágenes y, para ello, usted examina un conjunto representativo de imágenes y encuentra los siguientes problemas:

1. Puntos claros aislados que no son de interés.
2. Falta de definición.
3. Contraste insuficiente en ciertas imágenes.
4. Desplazamientos en la intensidad promedio.

Se requiere que usted corrija estos defectos y que, además, despliegue en blanco todas las intensidades entre I_1 e I_2 mientras se mantiene tonalidad normal en las intensidades restantes.

Proponga una serie de técnicas de procesamiento para lograr los requerimientos anteriores. Límitese a técnicas estudiadas durante este curso.

8 Pts

6. Considere una imagen $f(x, y)$ en escala de grises de tamaño $M \times N$ que es 0 para valores otros que $0 \leq x \leq M - 1$ y $0 \leq y \leq N - 1$. La intensidad de la imagen está dada por

$$f(x, y) = \begin{cases} c, & y = y_0, 0 \leq x \leq M - 1 \\ 0, & \text{cualquier otro} \end{cases}$$

donde c es una constante entre 0 y 255 y y_0 es un valor constante entre 0 y $N - 1$.

1. Para la imagen anterior:

a) Grafique la intensidad de la imagen.

- b) Calcule **analíticamente** la Transformada Discreta de Fourier (DFT) de $f(x, y)$. Grafique su respuesta en magnitud.
- c) Compare las gráficas encontradas en los puntos anteriores.

Nota: Considere la siguiente relación:

$$\sum_{k=0}^{N-1} a^k = \frac{1 - a^N}{1 - a}, |a| \leq 1$$

2. Considere la imagen de la Figura 0.4. Las Figuras 0.4b y 0.4c son gráficos de magnitud de dos Transformadas Discretas de Fourier en dos dimensiones (2D DFT). Basado en su conclusión de la Sección 1c, ¿cuál de las dos corresponde a la magnitud de la 2D DFT de la imagen de la Figura 0.4a? Justifique su respuesta.

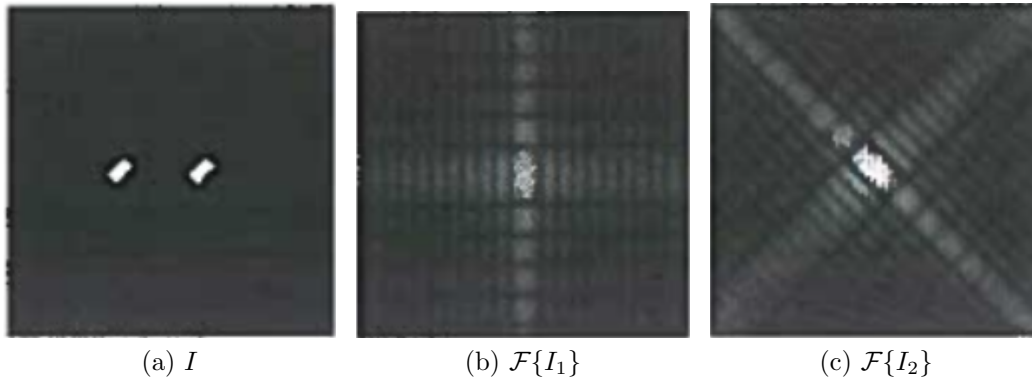


Figura 0.4

8 Pts

7. Se desea filtrar una imagen $f(x, y)$ con un filtro espacial $w(x, y)$ utilizando la convolución. Asuma que las dimensiones de la máscara son estrictamente menores a las de la imagen.

- Demuestre la propiedad que establece que si los coeficientes del kernel suman cero, entonces la suma de la convolución resultante también será cero (ignore problemas de precisión numérica). Asuma que la imagen ha sido rellenada con ceros en los bordes.
- Si se reemplaza la convolución con el operador de correlación, ¿se mantiene la propiedad descrita anteriormente?

4 Pts

8. Durante el Proyecto 1 se estabilizó una secuencia de dos imágenes consecutivas mediante la aplicación de una transformación afín $\overline{\mathbf{A}}$. Los coeficientes de dicha transformación fueron calculados mediante la minimización de la siguiente función de error:

$$E(\overline{\mathbf{A}}) = \sum_{\overline{p} \in \Omega} [f(\overline{p}, t) - f(\overline{\mathbf{A}}\overline{p}, t - 1)]$$

donde \overline{p} es la posición del pixel y Ω es la región de interés definida por el usuario. Tanto $\overline{\mathbf{A}}$ como \overline{p} se expresan en coordenadas homogéneas.

1. Describa la forma general de una matriz de transformación afín. Refiérase a la interpretación de sus coeficientes.
2. ¿Qué propiedades geométricas se mantienen constantes durante una transformación afín?
3. Describa la serie de pasos que se debe tomar para aplicar una transformación afín a una imagen.

6 Pts

9. Durante la tarea acerca de filtrado en frecuencia se comprobó que es posible filtrar tanto en el dominio espacial (mediante convolución) como como en el dominio de la frecuencia (mediante multiplicación de espectros). Dichos resultados deben de ser matemáticamente equivalentes.

Considere la siguiente imagen I de tamaño $N \times M$:

$$I = \begin{pmatrix} 209 & 30 & 247 & 61 & 27 & 202 & 159 & 101 & 146 & 36 \\ 36 & 7 & 58 & 250 & 106 & 83 & 6 & 47 & 114 & 120 \\ 211 & 0 & 168 & 124 & 4 & 141 & 49 & 137 & 188 & 15 \\ 115 & 219 & 48 & 72 & 10 & 29 & 213 & 244 & 193 & 234 \\ 203 & 97 & 148 & 131 & 194 & 139 & 183 & 147 & 106 & 48 \\ 109 & 65 & 30 & 65 & 23 & 54 & 108 & 18 & 187 & 117 \\ 238 & 197 & 227 & 118 & 99 & 179 & 158 & 208 & 62 & 81 \\ 246 & 8 & 79 & 230 & 39 & 113 & 154 & 191 & 160 & 202 \end{pmatrix}$$

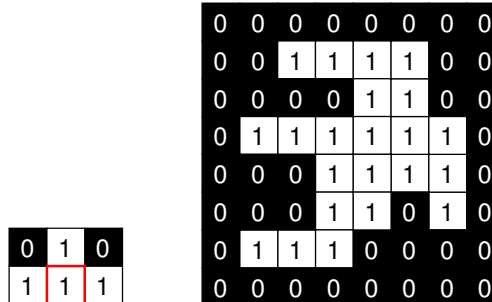
y un filtro de tamaño $K \times L$:

$$H = \begin{pmatrix} 114 & 118 & 112 \\ 203 & 229 & 4 \\ 170 & 88 & 13 \end{pmatrix}$$

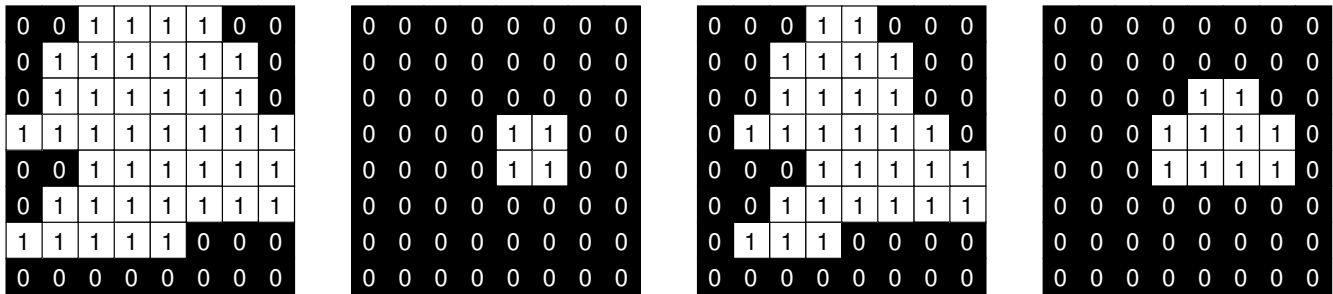
1. Provea un código en GNU/Octave o Python que calcule la convolución $I * H$. Trate los bordes como una constante de 0.
2. Describa la serie de pasos que se debe tomar para realizar el filtrado en frecuencia de I con H . Asuma que la herramienta de que calcula la FFT requiere que las dimensiones de la imagen sean potencias de dos. Utilice símbolos y no valores numéricos.
3. Provea un código en GNU/Octave o Python donde se muestren los pasos anteriores. Compruebe que este resultado es igual al resultado de la convolución.

10.

Dado el elemento estructural mostrado a la izquierda y la imagen binaria mostrada a la derecha.



Indique qué operación morfológica fue aplicada a la imagen con el elemento estructurador (erosión, dilatación, clausura, apertura) para obtener cada una de las siguientes imágenes, si el encuadre rojo en el elemento estructurador (al medio en la fila inferior) denota la posición (0,0).



(1/2 pt para cada respuesta correcta).

2 Pts

11. Indique cómo puede utilizarse un núcleo (*kernel*) laplaciano para mejorar la nitidez de una imagen.

3 Pts

12. Usted utiliza el filtro de Canny en una aplicación para detectar bordes, pero el algoritmo con la parametrización por defecto encuentra un número inadecuado de bordes. Indique al menos dos opciones de modificación de los parámetros del algoritmo para encontrar mayor o menor cantidad de bordes, y qué efectos colaterales puede tener cada cambio sugerido.

Justifique su respuesta (es decir, indique por qué funciona su sugerencia en la lógica de detección de Canny). Use como ejemplo los parámetros en `lti::cannyEdges::parameters` (observe que ya hay un ejemplo `ltilib-2/examples/canny` listo para probar el efecto de los parámetros).

4 Pts

13. Muchos compresores de imagen modernos funcionan descartando componentes espectrales que contribuyen de manera poco significativa a la reconstrucción de la imagen. Tanto la eficiencia de la compresión como la calidad de la imagen resultante dependen del porcentaje de componentes que se preserven.

La Transformada Discreta de Cosenos (DCT) es una transformación similar a la DFT pero tiene la particularidad de concentrar más energía en pocos coeficientes. Por esta razón, formatos como JPEG utilizan la DCT como mecanismo de compresión.

1. Brinde un ejemplo en GNU/Octave o Python que
 - Cargue una imagen en escala de grises
 - Realice la DCT en dos dimensiones de la imagen
 - Guarde un porcentaje N de los coeficientes más significativos y descarte el resto
 - Reconstruya y despliegue la imagen
2. Recomiende un porcentaje N que sea un buen balance entre compresión y calidad
3. ¿Cuál es el factor de compresión obtenido para este N ?

8 Pts
