IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales
Laboratorio 04 - Guia Práctica
Segundo Semestre 2017

Martes, 24 de octubre del 2017

Horario 08M2

- Duración: 2 horas, 30 minutos.
- Está permitido el uso de material adicional.
- La evaluación es **estrictamente** personal.
- **Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en linea, etc.)**

1. *(3 puntos)* El espacio de color HSI es atractivo para las aplicaciones de procesamiento de imágenes, ya que representa el color de manera similar a como el ojo humano percibe los colores. Este espacio de color representa todos los colores con tres componentes: hue (H), saturación (S), intensidad (I).

   Una imagen en el espacio Red-Green and Blue (RGB) puede ser transformada al espacio HSI mediante un conjunto de transformaciones de intensidad. A partir de ello, se requiere implementar una rutina que genere este cambio en el espacio de colores de una imagen.

   a) Implementar la función **hsi = rgb2hsi(rgb)**. Para ello, considerar el siguiente pseudocódigo:

input : Matrices $R - G - B$ de tamaño $m \times n$
output: Matrices $H - S - I$ de tamaño $m \times n$

Normalizar;
R$\leftarrow R$ ./ max(R);
G$\leftarrow G$ ./ max(G);
B$\leftarrow B$ ./ max(B);
for $i \leftarrow 1$ **to** m **do**
  for $j \leftarrow 1$ **to** n **do**
    theta[i,j]$\leftarrow \cos^{-1} \frac{0{,}5[(R[i,j]-G[i,j])+(R[i,j]-B[i,j])]}{(R[i,j]-G[i,j])^2+(R[i,j]-B[i,j])(G[i,j]\cdot B[i,j])^{1/2}}$;
    if *B[i,j]* $\leq$ *G[i,j]* **then** H[i,j]$\leftarrow$ theta[i,j];
    else H[i,j]$\leftarrow$ 360 - theta[i,j];
    S[i,j]$\leftarrow$ 1 - $\frac{3}{\text{R[i,j]+G[i,j]+B[i,j]}} \cdot \min(R, G, B)$;
    I[i,j]$\leftarrow \frac{\text{R[i,j]+G[i,j]+B[i,j]}}{3}$
  end
end

Algorithm 1: Pseudocódigo de la función rgb2hsi

Las ecuaciones descritas en el pseudocódigo son:

$$\theta = \cos^{-1}\left\{\frac{0{,}5[(R-G)+(R-B)]}{(R-G)^2+(R-B)(G\cdot B)^{1/2}}\right\}$$

$$H = \begin{cases} \theta & si \quad B \leq G \\ 360-\theta & si \quad B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B}[\min(R,G,B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B)$$

b) Leer la imagen **leaf.jpg** [1] y convertirla al espacio de color HSI. Mostrar la imagen original y la resultante en una misma ventana (usar **figure()** y **subplot()**).

c) Ahora se quiere revertir el proceso. Para ello, ecualizar únicamente el histograma de la componente I usando la función **histeq**. A continuación, usar la función **hsi2rgb.m** para revertir los canales H, S e I_{eq} a RGB.

d) Ecualizar por separado cada canal RGB y definir una nueva imagen RGB. Luego, comparar este resultado con la imagen del ítem anterior. ¿Qué efecto tiene la separación en RGB sobre la matriz (H) y saturación (S) en la imagen?

2. *(3 puntos)* La digitalización de libros consiste en escanear y binarizar las imágenes. Desafortunadamente, para libros antiguos, la curvatura de la encuadernación original provoca una iluminación irregular en las imágenes.

a) Leer la imagen **'pag1.jpg'** [2] con la función **imread()** y mostrarla con **imshow()**. Al visualizarla, se observará que tiene iluminación irregular. A diferencia del histograma ecualizado que ecualiza la imagen completa, el histograma adaptativo ecualizado opera en pequeños kernels de la imagen. Usar la función **adapthisteq()** y graficar el histograma de la imagen resultante con la función **imhist()**.

b) A partir del histograma, escoger heurísticamente un valor umbral 't' apropiado para binarizar la imagen resultante de a) considerando

$$mask(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{si } f(i,j) > t \\ 0 & \text{si } f(i,j) < t \end{cases} \tag{1}$$

Comentar el motivo de la elección de dicho umbral y la calidad de la binarización.
A continuación emplee los siguientes umbrales para binarizar:102, 128, 141 y 179. ¿Con cuál de ellos se obtuvo un mejor resultado?

c) A continuación leer la imagen **'pag2.jpg'** [3] con la función **imread()**. Al graficarla notará que presenta - a comparación de 'pag1' - poco contraste. De esta forma, antes de realizar la binarización, se requiere hacer un pre-procesamiento trabajando con el histograma. Hacer un cast a tipo double usando **im2double()**. Aplicar contrast stretching siguiendo la fórmula 2.

$$I_{contrast} = \frac{1}{1+(\frac{m}{I})^E} \tag{2}$$

[1] La imagen está almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08m2/Guia/'
[2] La imagen está almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08m2/Guia/'
[3] La imagen está almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08m2/Guia/'

donde $m = mean(I)$ y E controla la pendiente de la transformación aplicada (transición entre blanco y negro). Realizar esto para $E = 1, 4, 10$ y mostrar los resultados en una misma ventana. Escoger aquella imagen que diferencie adecuadamente las letras del fondo, y binarizarla usando el mismo umbral que en b). Por último realizar un comentario sobre la binarización de ambas imágenes.

d) Usar la imagen 'pag2' y reconstruirla mediante bit-plane slicing (usando **bitset()** y **bitget()**) en dos situaciones:

I Usando únicamente los planos de bits 7 y 8.

II Usando los planos de bits 5, 6, 7 y 8.

Comentar si se aprecia gran diferencia entre ambos casos, y mencionar para qué situaciones sería importante realizar este tipo de reconstrucción.

3. *(4 puntos)* El proceso de desenfoque puede realizarse durante la toma de la imagen o mediante una difuminación usando técnicas de procesamiento de imágenes, en donde se resalta la parte de interés y se difumina el resto de la imagen.

a) Leer el archivo **'puppy.mat'**[4] con la función **load()** y mostrarla con la función **imshow()**. Asimismo, convertir la imagen a formato double y graficar los histogramas de cada canal (R,G,B).

b) De acuerdo a los histogramas observados y su distribución, indicar en los comentarios qué caracteriza la imagen. Luego, aplicar una transformación gamma, la cual está definida por:

$$I_{out} = (I_{in})^{\gamma} \frac{1}{\max(I_{in})(\gamma - 1)}, \tag{3}$$

donde $\gamma = 1/6$. Graficar los nuevos histogramas y explicar el efecto de contraste de la imagen. Adicionalmente, probar $\gamma = 2$ y explicar el efecto que tiene en la imagen.

c) El foco es la región en donde la imagen no está difuminada. Definir con el cursor las coordenadas enteras del centro del foco y calcular la distancia euclideana D de este a la coordenada (0,0), la cual está ubicada en la esquina superior izquierda como se muestra en la figura.

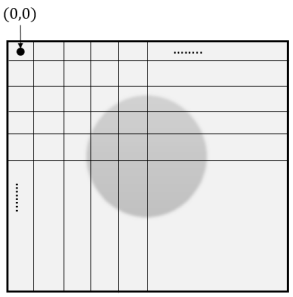

Figura 1. Imagen del foco y la coordenada .

d) Crear una máscara gaussiana con varianza σ. Usar la función **fspecial()** y definirla con dimensión $2 \cdot \sigma^2 + 1$, considerando $\sigma = 5$. Mostrar la máscara con la función **imagesc()** y definir la variable *kernel*, igual a la región central 7×7 de la máscara. Dividir *kernel* entre la suma de todos sus valores.

[4]La imagen está almacenada en la carpeta 'laboratorio/lab04/08m2/Guia/'

e) Añadir $\sigma \cdot 2$ ceros a la imagen original (zero-padding). Para cada pixel dentro de la imagen con zero padding, calcular lo siquiente:

I. Hallar la distancia euclideana d de la diferencia de la coordenada actual $[i, j]$ con la del centro del foco que se escogió anteriormente de manera manual.

II. Definir el escalar foco como:

$$\text{foco} = 4 \cdot \frac{(D - d[i,j])^5}{D}, \tag{4}$$

donde D es la distancia euclidánea del centro del foco a la coordenada $(0, 0)$ (escalar) y d depende del punto que se está dentro de la imagen. La resultante f debe ser asignada a la coordenada (3,3) del kernel del ítem anterior. Nuevamente dividir el kernel entre la suma de sus valores.

III. Asignar a una variable auxiliar de tamaño 7×7 el contenido de la imagen RGB en la posición $[i-3 : i+3, j-3 : j+3]$. Esta debe ser de la misma dimensión del kernel donde la coordenada que se está evaluando será el centro $[i, j]$.

IV. Hacer el producto interno del kernel con la variable auxiliar. Luego sumar los valores del vector resultante y asignarlo a $I_{final}(i-3 : i+3, j-3 : j+3, channel)$. Repetir esto por cada canal (R,G y B).

V. Convertir la imagen a tipo uint8. Mostrar la imagen con **imshow()**.

Figura 2. Imagen final, donde el centro es nítido y el rsto es borroso.