



Tarea 1: Parte 3

Ingeniería en Computadores

CE 5201: Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales

Profesor: Juan Pablo Soto Quiros

Nasser Santiago Brown Aparicio 2019043776

Kenichi Hayakawa Bolaños 2020044884

Jose Antonio Retana Corrales 2020144743

Pregunta 1: Investigue en que consiste el concepto de Índice de Calidad de una Imagen (en inglés, Image Quality Index). Además, realice una breve explicación de los siguientes índices: mean squared error (MSE), peak signal to noise ratio (PSNR), structural similarity index (SSIM) y signal-to-noise ratio (SNR). Adicionalmente, investigue los comandos computacionales para calcular dichos índices (dependiendo del lenguaje de programación seleccionado para resolver esta parte de la tarea).

El Índice de Calidad de una Imagen es una métrica utilizada para evaluar la calidad de una imagen en comparación con una imagen de referencia u original. Estas métricas se utilizan ampliamente en áreas como la compresión de imágenes, la transmisión de video y el procesamiento de imágenes en general, para medir cómo las transformaciones, compresiones o distorsiones afectan la calidad percibida de la imagen.

Explicación breve de los índices:

1. **Mean Squared Error (MSE):** El MSE mide la diferencia promedio al cuadrado entre los valores de píxeles correspondientes de dos imágenes. Es una medida de la calidad de la imagen que cuantifica el error entre la imagen original y la imagen distorsionada. En Octave, el comando computacional para calcular dicho índice es `immse(x, y)`.
2. **Peak Signal to Noise Ratio (PSNR):** El PSNR es una medida que expresa la relación entre la señal máxima de la imagen y el ruido que afecta a la imagen. Generalmente se expresa en decibelios (dB). Un PSNR más alto indica mejor calidad de imagen. En Octave, el comando computacional para calcular dicho índice es `psnr(A, ref)`.
3. **Structural Similarity Index (SSIM):** El SSIM mide la similitud entre dos imágenes en términos de luminancia, contraste y estructura. Es una métrica más avanzada que el MSE y PSNR, ya que está más alineada con la percepción visual humana. En Octave, el comando computacional no existe, pero se utiliza uno proveído por el profesor en el archivo `ssim.m`.
4. **Signal-to-Noise Ratio (SNR):** El SNR es la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido presente en la imagen. Es una medida general de la calidad de la señal. En Octave, el comando computacional para calcular dicho índice es `psnr(A, ref)` al igual que el PSNR, en donde la 2da salida es el SNR, por lo que se recibe con la salida `[peaksnr, snr] = psnr(A, ref)`.

Pregunta 2: Explique en qué consisten el índice de calidad de una imagen usando histogramas (HQI) que se presenta el documento histogram_iqi.pdf.

El Índice de Calidad de una Imagen basado en Histogramas (HQI) se utiliza para evaluar la calidad de una imagen en comparación con una referencia, utilizando la información contenida en los histogramas de ambas imágenes. Este índice cuantifica las diferencias entre los histogramas, proporcionando una medida de la distorsión o variación entre las dos imágenes.

En la lectura, el proceso para calcular HQI es de varios pasos, pero se resume con la siguiente ecuación:

$$HQI = \Delta_{TC}Factor \cdot HD$$

El primer factor es nombrado como “interhistogram difference factor”. Para calcularlo, primero se obtiene el vector de diferencias entre los histogramas h_x y h_y , en donde h_x y h_y son los histogramas de la imagen original y modificada respectivamente.

$$\Delta = |h_x - h_y|$$

Luego, se calcula el cambio total sumando todos los índices del vector de diferencias, en donde $0 \leq \Delta_{TC} \leq 2 \times M \times N$

$$\Delta_{TC} = \sum_{n=1}^{256} \Delta_n$$

Una vez obtenido el cambio total, se tiene todo lo necesario para calcular el primer factor, teniendo presente que el cambio máximo posible es igual a $2 \times M \times N$

$$\Delta_{TC}Factor = 1 - \left(\frac{\Delta_{TC}}{\Delta_{TCmax}} \right)$$

Es importante tener en cuenta que si $h_x = h_y$, el valor de este factor será igual a 1. El factor anterior pertenece al rango de $[0, 1]$.

Para calcular el segundo factor, HD, conocido como “Histogram Distortion”, se utiliza una fórmula proveída por la lectura:

$$HD = \frac{\sum_{j=0}^{255} ((h_x)_j \cdot (h_y)_j)}{\sum_{j=0}^{255} ((h_x)_j)^2}$$

En donde $(h_x)_j$ y $(h_y)_j$ representan la frecuencia de ocurrencia de los “brightness values” en la posición j en cada histograma.

Visto de una manera más algorítmica, se podría resumir en los siguientes pasos:

1. Calcular los histogramas de las imágenes A y B
2. Calcular el vector de diferencias entre los histogramas obtenidos
3. Calcular el cambio total
4. Calcular el factor del cambio total
5. Calcular el factor HD
6. Multiplicar el factor del cambio total por el factor HD para obtener el índice final.

En octave, la sintaxis de dicha implementación es la siguiente:

```
function c = hqi(A, B)
```

```
%Entradas : (1) A: la imagen a escala de gris original
```

```
%           (2) B: la imagen a escala de gris modificada
```

```
%
```

```
%Salida: (1) c: el resultado del indice
```

```
%
```

```
%Nota: A y B deben ser del mismo tamaño
```

```
% Cargar el paquete de procesamiento de imágenes
```

```
pkg load image
```

```
% Calcular el histograma de la imagen A con 256 niveles de gris
```

```
hx = imhist(A, 256);
```

```
% Calcular el histograma de la imagen B con 256 niveles de gris
```

```
hy = imhist(B, 256);
```

```
% Calcular el vector de diferencias delta entre los histogramas hx y hy
```

```
delta = abs(hx - hy);
```

```
% Calcular  $\Delta TC$  como la suma de las diferencias absolutas en el vector delta
```

```
delta_TC = sum(delta);
```

```
% Obtener las dimensiones de la imagen A (asumimos que A y B tienen las mismas dimensiones)
```

```
[M, N] = size(A);
```

```

% Calcular el factor de cambio total (delta_TCFactor)

% Este factor se normaliza dividiendo por el valor máximo posible (2 * M * N)
delta_TCFactor = 1 - (delta_TC / (2 * M * N));

% Calcular el numerador de HD (Histogram Distortion)

% Es la suma de los productos de las frecuencias correspondientes en hx y hy
HD_numerator = sum(hx .* hy);

% Calcular el denominador de HD

% Es la suma de los cuadrados de las frecuencias en hx
HD_denominator = sum(hx .^ 2);

% Calcular HD dividiendo el numerador por el denominador
HD = HD_numerator / HD_denominator;

% Calcular el HQI final multiplicando  $\Delta$ TCFactor por HD
c = delta_TCFactor * HD;

endfunction

```

Pregunta 3: Luego, utilice los índices MSE, PSNR, SSIM, SNR y HQI para comparar la calidad de las imágenes imMod1.jpg, imMod2.jpg, imMod3.jpg, imMod4.jpg, imMod5.jpg, imMod6.jpg y imMod7.jpg, con la imagen imOrig.jpg. El nombre del archivo de la implementación computacional debe ser indice_imagenes.

Imagen	MSE	PSNR	SSIM	SNR	HQI
imMod1.jpg	237.34	24.377	0.8111	18.429	0.9172
imMod2.jpg	229.13	24.530	0.7510	18.390	0.9105
imMod3.jpg	293.56	23.454	0.7542	17.524	0.8323
imMod4.jpg	278.89	23.677	0.7503	17.752	0.7832
imMod5.jpg	241.76	24.297	0.9824	19.236	0.6596
imMod6.jpg	206.99	24.971	0.9553	19.450	0.5579
imMod7.jpg	216.48	24.777	0.7194	18.795	0.2127

Foto de los resultados vistos desde la consola de Octave:

```

Command Window
mse_1 = 237.34
mse_2 = 229.13
mse_3 = 293.56
mse_4 = 278.89
mse_5 = 241.76
mse_6 = 206.99
mse_7 = 216.48
psnr_1 = 24.377
psnr_2 = 24.530
psnr_3 = 23.454
psnr_4 = 23.677
psnr_5 = 24.297
psnr_6 = 24.971
psnr_7 = 24.777
ssim_1 = 0.8111
ssim_2 = 0.7510
ssim_3 = 0.7542
ssim_4 = 0.7503
ssim_5 = 0.9824
ssim_6 = 0.9553
ssim_7 = 0.7194
snr_1 = 18.429
snr_2 = 18.390
snr_3 = 17.524
snr_4 = 17.752
snr_5 = 19.236
snr_6 = 19.450
snr_7 = 18.795
hqi_1 = 0.9172
hqi_2 = 0.9105
hqi_3 = 0.8323
hqi_4 = 0.7832
hqi_5 = 0.6596
hqi_6 = 0.5579
hqi_7 = 0.2127
>> |

```

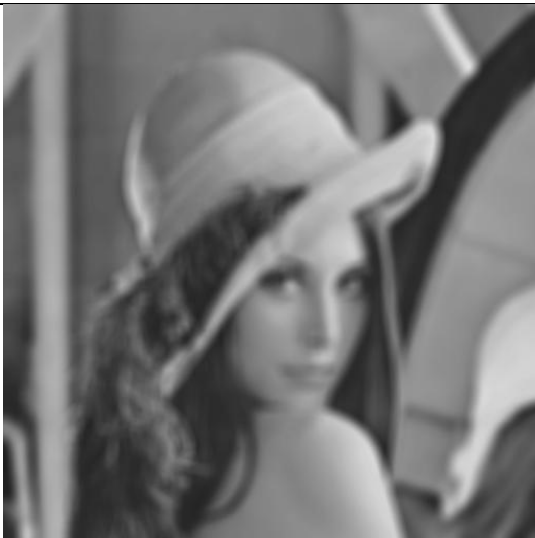
Las imágenes utilizadas para el desarrollo del ejemplo son las siguientes:



La imagen original imOrig.jpg



La primera imagen modificada,
imMod1.jpg



La segunda imagen modificada,
imMod2.jpg



La tercera imagen modificada,
imMod3.jpg



La cuarta imagen modificada,
imMod4.jpg



La quinta imagen modificada,
imMod5.jpg



La sexta imagen modificada,
imMod6.jpg



La séptima imagen modificada,
imMod7.jpg

En el ejemplo presentado, la calidad de cada imagen modificada fue comparada con la imagen original, mediante la aplicación de los diferentes índices tratados en el ejercicio, MSE, PSNR, SSIM, SNR y HQI, como forma de medir qué tan alteradas han sido respecto a la original, mediante métricas matemáticas. Titularmente, en el caso de HQI, entre más cercano a 1 sea su valor, más cercano es a la imagen original, mientras que conforme más se acerca a 0, más ha sido modificada la imagen. HQI y SSIM se calcularon con archivos implementados localmente, MSE fue calculado mediante la función `immse` de Octave, y tanto PSNR como SNR fueron calculados mediante la función `psnr` de Octave.

Bibliografía:

Cadence PCB Solutions (s.f.) *Peak Signal-to-Noise Ratio vs. Signal-to-Noise Ratio*.

Obtenido de: <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2023-peak-signal-to-noise-ratio-vs-signal-to-noise-ratio>

Frost, J (s.f.) *Mean Squared Error (MSE)*. Obtenido de:

<https://statisticsbyjim.com/regression/mean-squared-error-mse/>

National Instruments (2023) *Structural Similarity Index*. Obtenido de:

https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/ni-vision-concepts-help/page/structural_similarity_index.html?srsId=AfmBOoqY2EQ0CGK-PQIDShmFGJeVzk4P37Rz94rhwmLAn3CZs0lwD-iX

Octave Forge (s.f.) *Function File: immse (x, y)*. Obtenido de:

<https://octave.sourceforge.io/image/function/immse.html>

Octave Forge (s.f.) *Function File: [peaksnr] = psnr (A, ref)*. Obtenido de:

<https://octave.sourceforge.io/image/function/psnr.html>

Wang, Z & Bovik, A (2012) *A Universal Image Quality Index*. Obtenido de:

https://ece.uwaterloo.ca/~z70wang/publications/quality_2c.pdf