

Facultad Politécnica - Universidad Nacional de Asunción

Contrast Enhancement of Color Images using a Multi-Objective Optimization Framework

Luis G. Moré

lmore@pol.una.py

Oct 25, 2017



- 1 Introducción
- 2 Marco Teórico
- 3 Formulación del Problema Planteado



- La mejora del contraste es un proceso de transformación de la imagen, con el objetivo de obtener una nueva imagen con un contraste más definido.
- Se busca obtener imágenes más aptas para algún proceso posterior.
- La mejora del contraste es un área de investigación atractiva en el procesamiento de imágenes.



- Una técnica importante para la Mejora del Contraste es la Ecuilización del Histograma.
- Ésta técnica es directa y efectiva en el trabajo de Mejora del Contraste.
- Existen enfoques globales y locales de Ecuilización del Histograma.
- Los enfoques locales son efectivos para el realce de detalles finos de la imagen digital.



- En las imágenes digitales en escala de gris solamente es necesario considerar la información representada por los niveles de intensidad de los píxeles.
- En las imágenes a color, es necesario además tener en cuenta la información de color representada, lo cual representa un problema adicional en el proceso.



- En éste trabajo se busca atacar el problema de la Mejora del Contraste de imágenes digitales a color con un enfoque de Optimización Multi-Objetivo aplicado sobre un algoritmo de Ecualización del Histograma bien conocido.
- Se busca obtener un balance entre el realce de detalles de la imagen digital y el mantenimiento de la información de brillo y de color.



- Es necesario revisar dos partes:
 - El proceso de Ecualización del Histograma,
 - La Meta-Heurística Aplicada.



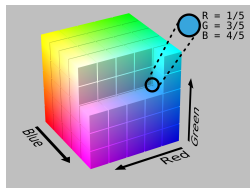
- Se realiza una separación de la información de intensidad de la información de color para el proceso de ecualización del histograma.
- Se adoptaron representaciones de color bien conocidas para operar sobre la intensidad de la imagen digital:
 - *RGB (Red, Green, Blue)*
 - *YCbCr*



Red, Green, Blue (RGB)

Las imágenes digitales se representan inicialmente en *RGB*, por lo que se tiene un array de $N \times M \times 3$ pixeles de color.

Cada pixel se representa como un elemento $[z_r \ z_g \ z_b]$ donde z_r, z_g, z_b son los componentes de rojo, verde y azul del pixel a color en una ubicación específica. Los componentes se mezclan para obtener el color representado por el pixel de la imagen.





YCbCr

YCbCr es un espacio de color definido a través de una transformación matemática de coordenadas, a partir de un espacio de color *RGB* asociado.

La ventaja de ésta representación es que separa la información de intensidades de la imagen digital de la información de color presente.



YCbCr

YCbCr es un espacio de color definido a través de una transformación matemática de coordenadas, a partir de un espacio de color *RGB* asociado.

Otra ventaja importante es que la conversión a partir de *RGB*, y luego de vuelta a *RGB* es directa:

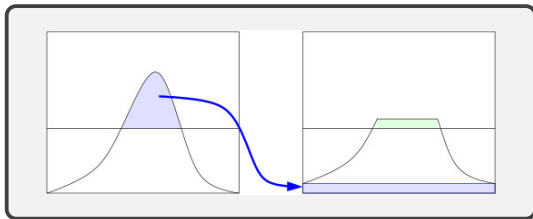
$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y + 1.402 \cdot (C_r - 128) \\ Y - 0.34414 \cdot (C_b - 128) - 0.71414 \cdot (C_r - 128) \\ Y + 1.772 \cdot (C_b - 128) \end{bmatrix} \quad (2)$$



Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

Es un algoritmo de Mejora del Contraste bien conocido, diseñado para su aplicación en distintos tipos de imágenes. *CLAHE* es una variación del algoritmo *Adaptive Histogram Equalization*, el cual es un algoritmo de Mejora del Contraste local.





Entropía de la Imagen

La Entropía de la imagen es una métrica que muestra la cantidad de información representada en la imagen digital. La entropía de la imagen y su contraste están relacionados a la distribución de intensidad de las imágenes digitales, por lo que esta métrica es apta para medir variaciones del contraste como consecuencia de transformaciones aplicadas a la misma.



Entropía de la Imagen

La Entropía de la Imagen se define como se muestra abajo:

$$\mathcal{H} = - \sum_{i=0}^{n-1} p_i \log_2(p_i) \quad \mathcal{H} \in \{0, \dots, \log_2(n)\} \quad (3)$$

donde

$$p_i = \frac{c_i}{N}, \quad \sum_{i=1}^n c_i = N, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$



Structural Similarity Index

Es una métrica bien conocida que mide atributos importantes de la imagen tales como la *Luminancia*, *Contraste* y la *Estructura*. El objetivo de *SSIM* es el de medir la distorsión de la imagen como consecuencia del proceso de mejora del contraste. Dadas una imagen de entrada I_x y una de salida T_y *SSIM* se define como se muestra abajo:

$$SSIM(I, T) = \frac{(2\mu_{I_x}\mu_{T_y} + E_1)(2\sigma_{I_xT_y} + E_2)}{(\mu_{I_x}^2 + \mu_{T_y}^2 + E_1)(\sigma_{I_x}^2 + \sigma_{T_y}^2 + E_2)} \quad SSIM \in [0, 1] \quad (5)$$



Multi-Objective Particle Swarm Optimization (MOPSO)

MOPSO es una meta-heurística que emula el comportamiento social de las bandadas de pájaros.

Cada partícula \vec{x} realiza una búsqueda dentro de un espacio Ω , y para cada generación t , cada solución \vec{x} se actualiza de acuerdo a:

$$\vec{x}_i(t) = \vec{x}_i(t-1) + \vec{v}_i(t) \quad (6)$$

Donde \vec{v} se conoce como el factor de velocidad, y está dado por:

$$\vec{v}_i(t) = w \cdot (t-1) + C_1 \cdot r_1 \cdot (\vec{x}_{p_i} - \vec{x}_i) + C_2 \cdot r_2 \cdot (\vec{x}_{g_i} - \vec{x}_i) \quad (7)$$



Formulación del Problema Planteado

Dada una imagen a color I , con $M \times N$ píxeles, y un vector $\vec{x} = (\mathcal{R}_x, \mathcal{R}_y, \mathcal{C})$, donde \mathcal{R}_x y \mathcal{R}_y son regiones contextuales y \mathcal{C} es el *Clip Limit*, se busca un conjunto de soluciones no dominadas \mathcal{X} , que maximiza simultáneamente las funciones objetivo f_1, f_2, f_3, f_4 :

$$f(I, \vec{x}) = [f_1(I, \vec{x}), f_2(I, \vec{x}), f_3(I, \vec{x}), f_4(I, \vec{x})]; \quad f_1, f_2, f_3, f_4 \in [0, 1] \quad (8)$$