

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
- 4 Propuesta
- 5 Resultados y discusión



- 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 Ecuación del Histograma.
- Ésta técnica es directa y efectiva en el trabajo de Mejora del Contraste.
- Existen enfoques globales y locales de Ecuación 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*

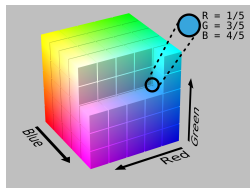




## *Red, Green, Blue (RGB)*

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

Cada píxel 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 píxel a color en una ubicación específica. Los componentes se mezclan para obtener el color representado por el píxel 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:

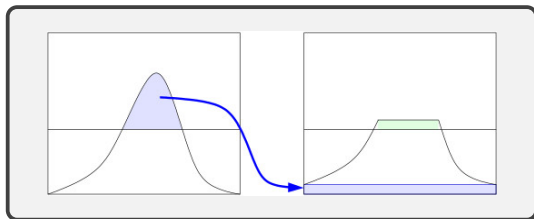
$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

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



## *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  $\Omega$ , 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:

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



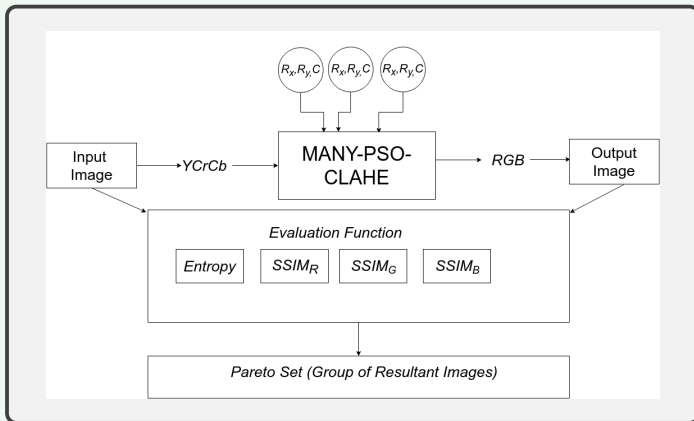


## *Formulación del Problema Planteado*

Dada una imagen a color  $I$ , con  $M \times N$  pixeles, 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  $f_1, f_2, f_3, f_4$ :

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

## Diagrama esquemático de CMOPSO - CLAHE





## Parámetros Iniciales

Table: Initial parameters for CMOPSO-CLAHE.

Parameter	Value	Parameter	Value
$lower\_limit_{\mathcal{R}_x}$	2	$upper\_limit_{\mathcal{R}_x}$	$M/2$
$lower\_limit_{\mathcal{R}_y}$	2	$upper\_limit_{\mathcal{R}_y}$	$N/2$
$lower\_limit_{\mathcal{C}}$	0	$upper\_limit_{\mathcal{C}}$	0.5
$\Omega$	100	$t_{max}$	100
$c_1 \min$	1.5	$c_1 \max$	2.5
$c_2 \min$	1.5	$c_2 \max$	2.5
$r_1 \min$	0.0	$r_1 \max$	1.0
$r_2 \min$	0.0	$r_2 \max$	1.0