

Diseño de una Función de Transformación de Intensidades, para Imágenes Monocromáticas Tomadas con el Sol al Fondo de la Escena

Fredy Mauricio Navarrete Molano *

13 de septiembre de 2015

Resumen

En este documento se expone el diseño de una función de transformación de intensidades, con el fin de mejorar el contraste en un conjunto de imágenes monocromáticas que fueron tomadas con el Sol presente al fondo de la escena; el método diseñado se compara con el método de ecualización de histograma. Al final se muestran los resultados obtenidos usando la varianza de la distribución de intensidades como medida para escoger el conjunto de imágenes con mejor contraste.

Palabras clave: distribución de intensidades en una imagen, ecualización de histograma, realce de contraste, transformaciones lineales de intensidad en una imagen.

*Estudiante de Ingeniería Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: fmnavarrete@correo.udistrital.edu.co.

1. Introducción

Al realizar una toma fotográfica con el enfoque automático, esta puede presentar problemas de bajo contraste, ocasionando que las imágenes no se vean nítidas y los objetos no se puedan diferenciar claramente [1]. Para corregir este problema es necesario hacer un realzado de la imagen, permitiendo mejorar el brillo y contraste de la fotografía, obteniendo así una mejor presentación visual [2]. El brillo de una imagen nos indica la intensidad que tienen cada uno de los píxeles y el contraste es el que nos permite diferenciar visualmente los objetos que se encuentran dentro de esta [3]. Para poder obtener un mejor brillo y contraste de la imagen se utilizan transformaciones de brillo [3]. Existen infinitos métodos de transformaciones de brillo, pero una de las más utilizadas son las transformaciones lineales de intensidad, donde a partir de rectas definidas es posible cambiar el brillo modificando la pendiente y abscisa de las rectas [4]. Otro tipo de función que se utiliza para las transformaciones de intensidad, es la Ecuación de Histograma, que busca una distribución de niveles de gris uniforme, es decir, las frecuencias de ocurrencia de una imagen son similares sobre todo el rango de intensidades de gris [4].

Para establecer la eficacia de un método de transformación es necesario definir un criterio de evaluación que permita conocer si el proceso realizado ha cumplido su objetivo, como por ejemplo la varianza, la cual ofrece una información sobre qué tan dispersas se encuentran las intensidades de la imagen [5].

Teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo de este trabajo tiene como finalidad mejorar la calidad de un conjunto de imágenes, mediante el uso de un método de transformación de brillo, que permita “identificar” objetos en la imagen de una forma más precisa. La siguiente sección expondrá de una forma detallada en qué consiste el problema; luego se evidenciarán los resultados obtenidos y los criterios que se tuvieron en cuenta para definir la transformación de brillo; a partir de los resultados se hará un análisis claro e interpretativo de lo que se obtuvo para concluir sobre el ejercicio realizado.

2. Formulación del problema

El problema que se analiza en este documento consiste en mejorar la presentación de un conjunto de imágenes tomadas con el Sol al fondo de la escena; por tal razón el contraste entre algunos objetos de la imagen es mínimo dificultando su detección para las condiciones de visión humana. Las imágenes fueron tomadas desde un automóvil y los objetos de interés son aquellos que se encuentran en su trayectoria.

Para mejorar la presentación de las imágenes y facilitar la detección de los objetos de interés, se propone diseñar una función de transformación de intensidades, que se adapte al problema de estudio, la función propuesta se muestra en Figura 1 y su descripción analítica se muestra a continuación.

$$f(x) = \begin{cases} m_1x + c_1 & \text{si } x \leq P_1 \\ m_2x + c_2 & \text{si } x > P_1 \end{cases} \quad (1)$$

$$m_1 = \frac{P_2}{P_1 - I_{min}}. \quad (2)$$

$$c_1 = P_2 - m_1P_1. \quad (3)$$

$$m_2 = \frac{255 - P_2}{I_{max} - P_1}. \quad (4)$$

$$c_2 = 255 - m_2I_{max}. \quad (5)$$

Donde: I_{min} e I_{max} son la menor y mayor intensidad de la imagen a transformar, respectivamente, x es la imagen a transformar, $f(x)$ es la imagen con transformación de intensidades, P_1 y P_2 son parámetros propios de la función.

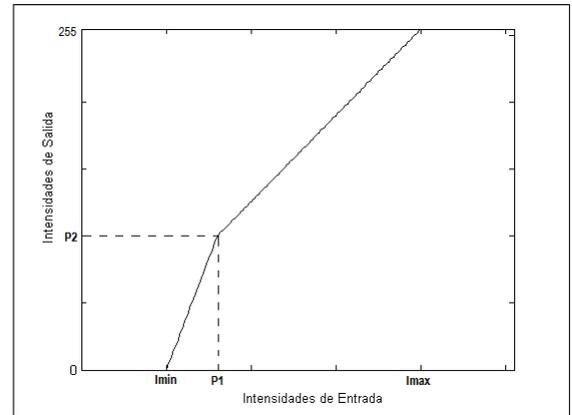


Figura 1: Función de transformación de intensidades.

La función propuesta es paramétrica y determinar sus parámetros puede hacerse de diferentes formas, una de ellas puede ser manualmente para cada una de las imágenes; sin embargo, este ajuste sería tedioso y ambiguo pues los parámetros dependerían del observador. En (6) y (7) se propone una forma determinística para encontrar los parámetros P_1 y P_2 .

El cálculo de estos parámetros no se hizo de forma arbitraria sino que surgió a partir de la observación de los histogramas de frecuencia de intensidades y de las imágenes en sí. En general la distribución de intensidades en las imágenes de interés es multimodal y cada una de las modas puede relacionarse con objetos, teniendo presente que no necesariamente una moda corresponde a un objeto en particular. Planteando esta hipótesis, lo que se busca es mantener la misma distancia entre modas, esto con el fin de mejorar el contraste entre objetos, En la Figura 2 se observa que las modas de las intensidades bajas se encuentran agrupadas mientras que las modas de las intensidades altas tienen una buena separación entre ellas y esta distribución es similar para el conjunto de imágenes de estudio. Así pues los parámetros P_1 y P_2 deben ser tales que aumenten la

separación de las modas de las intensidades bajas, reduciendo la separación de las modas de las intensidades altas, teniendo en cuenta que la intensidad con mayor frecuencia de aparición se encuentra siempre en los tonos oscuros y aquí será nombrada como moda.

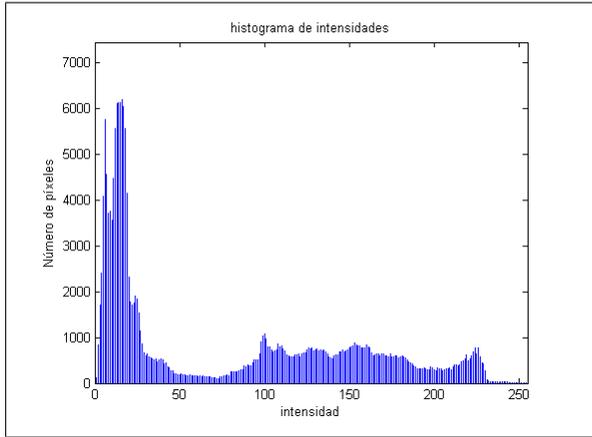


Figura 2: Histograma de una de las imágenes de estudio.

$$P_1 = \frac{\hat{i} + \mu}{2}. \quad (6)$$

$$P_2 = \mu + \hat{i}. \quad (7)$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} i f(i)}{N} \quad (8)$$

donde i es el nivel de intensidad, \hat{i} es la moda, μ es la media, $f(i)$ es la frecuencia de cada intensidad, L es el número de niveles de intensidades y N es el número de píxeles de la imagen.

3. Resultados

Al conjunto de imágenes de estudio se les aplicó la transformación de intensidades descrita en la sección anterior. Los resultados de esta transformación son imágenes cuya presentación es agradable a la vista y se facilita la detección humana de los objetos de interés. Sin embargo, el método usado requiere una evaluación más tangible que se detallará más adelante.

Como se describió en la sección anterior, lo que se busca es una mejor distribución de las modas de intensidades. Para la imagen de la Figura 4 a) cuyo histograma corresponde al de la Figura 2 se muestra el histograma resultante de la transformación aplicada, en la Figura 3 a). Aquí se ve que el resultado de la transformación se aproxima al objetivo propuesto. Con el fin de buscar una comparación del método propuesto frente a otro método de realce de contraste, se hizo la ecualización de histograma a las imágenes de estudio. En la Figura 3 b) se muestra el histograma ecualizado de la Figura 4 a).

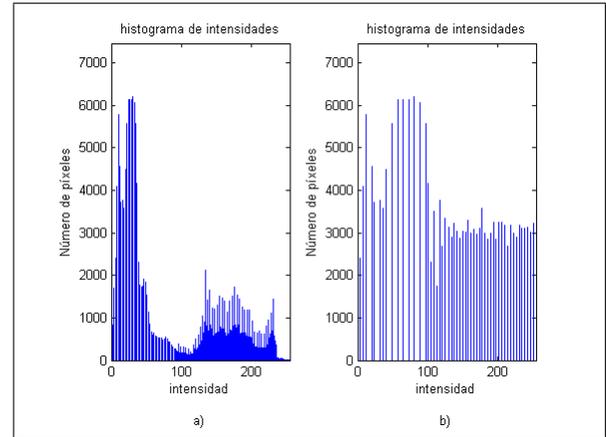


Figura 3: Histogramas Obtenidos. a) Histograma resultado de la transformación propuesta. b) Histograma resultado de la ecualización de histograma

Como se mencionó al inicio de esta sección, se necesita un método de evaluación que nos permita medir cuál de las imágenes puede presentar un mejor contraste. Las imágenes con buen contraste se caracterizan por una distribución de intensidades con una alta dispersión; entonces la varianza σ^2 puede ser una medida útil en el ejercicio desarrollado, a continuación se muestra la representación analítica de la varianza.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^L (i - \mu)^2 f(i)}{N} \quad (9)$$

Es importante mencionar que las imágenes se encuentran en formato de 8 bits, por lo cual las intensidades pueden estar en el rango entre 0 y 255; sin embargo para la medición de los resultados es conveniente considerar las intensidades en el rango entre 1 y 256 para que la intensidad más baja sea considerada en la media poblacional μ . La varianza encontrada para cada conjunto de imágenes se muestra en la Figura 5.

4. Discusión

En general, evaluar el contraste de las imágenes no es una tarea sencilla. Si lo que se busca es una buena detección de objetos por parte de una persona, entonces el mejor método para evaluar el contraste sería medir qué tantos objetos puede detectar una persona en una imagen sin procesar y en la misma imagen procesada; sin embargo esta evaluación sería tediosa, ambigua y demandaría mucho tiempo. Por otra parte está usar la varianza de la distribución de intensidades como un método para evaluar el contraste; sin embargo ¿es la varianza el método apropiado para evaluar el contraste?

Dado que en el ejercicio desarrollado se escogió una medida de dispersión de la distribución de las intensidades para evaluar el método propuesto. El conjunto de imágenes con

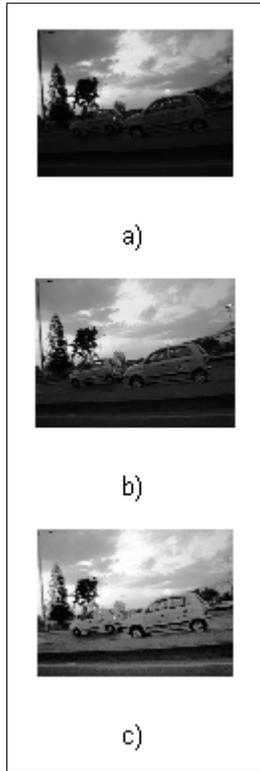


Figura 4: muestra de una imagen de estudio. a) Imagen Original. b) Imagen resultado de la transformación propuesta. c) Imagen resultado de la ecualización de histograma

mejor contraste será aquel con el mayor valor de V_t definido como

$$V_t = \sum_{k=1}^K \sigma_k^2 \quad (10)$$

donde K es el número de imágenes disponibles para la evaluación y σ_k^2 es la varianza de cada una de las imágenes disponibles. En la Tabla 1 se muestra el valor de V_t para cada conjunto de imágenes evaluado.

Tabla 1: Resultados obtenidos para la métrica propuesta.

Métrica Escojida	Conjunto de Imágenes Original	Conjunto de Imágenes Transformadas	Conjunto de Imágenes Ecualizadas
V_t	$4,3933 \times 10^4$	$4,5962 \times 10^4$	$4,4717 \times 10^4$

El método desarrollado en este documento es paramétrico y se evaluó escogiendo los parámetros P_1 y P_2 a partir de información extraída de los estadísticos propios de cada imagen. Nace entonces la pregunta ¿Son los parámetros escogidos aquellos que maximizan V_t del conjunto de imágenes estudiado?

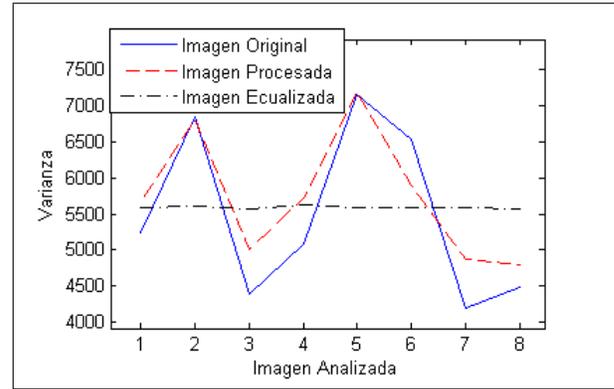


Figura 5: Varianza obtenida para el conjunto de imágenes, sin procesar, procesadas con el metodo propuesto y procesadas con la ecualización de histograma.

Aunque no se muestra de forma detallada en este documento, al realizar el experimento, se observó que el tiempo que le cuesta a la máquina procesar las imágenes mediante ecualización de histograma es mayor que el tiempo que le cuesta a la transformación propuesta. Así que si se tuviera que escoger algún método bajo el criterio de eficiencia computacional, el método propuesto sería una mejor opción frente al método de ecualización de histograma.

5. Conclusiones

El método desarrollado mostró buenos resultados frente a la forma de evaluación escogida y además de ello en la Figura 5 se observa que la varianza de las imágenes procesadas, con el método desarrollado, tiene la misma forma que la varianza de las imágenes originales lo cual no ocurre con varianza de las imágenes ecualizadas. Esto nos indica que el método desarrollado mantiene la forma de la distribución de intensidades de las imágenes originales, lo cual no ocurre con el método de ecualización de histograma; por lo cual las imágenes obtenidas con el método propuesto tienen un aspecto más natural que el de las imágenes obtenidas con la ecualización de histograma cuyo aspecto evidencia el paso por un método de procesado, especialmente en aquellos objetos cuyo nivel de intensidad debe ser el mismo, como por ejemplo en los arboles de la Figura 4.

La escogencia de los parámetros P_1 y P_2 es vital para el desempeño del método propuesto y la búsqueda de los parámetros ideales implica un estudio detallado de las imágenes de interés, pero sea cual sea el método escogido, para encontrar estos parámetros debe pensarse siempre en que se adapte bien al conjunto de imágenes de estudio y no a un subconjunto de las mismas, por ejemplo para las imágenes 1,3,4,7 y 8 que se ubican en el eje de abscisas de la Figura 5 la varianza de las imágenes procesadas con el método propuesto y con la ecualización de histograma fue mayor, que la varianza de las imágenes originales. Mientras que en la imagen 6 la varianza de la imagen original fue mayor que

la de los métodos estudiados. Por su parte para los casos restantes (2 y 5) la varianza de las imágenes originales fue prácticamente igual a la varianza de las imágenes procesadas con el método desarrollado en este documento, mientras que la varianza fue menor para el método de ecualización de histograma, y en estos dos casos el método propuesto presenta una ventaja frente al método de ecualización de histograma.

Referencias bibliográficas

- [1] José J. González, “Guía para solucionar problemas con el enfoque automático”, www.xatakafoto.com, Abril de 2013.
- [2] Rafael C. González and Richard E. Woods, “*Digital Image Processing*”, *second Edition*, Inc., New Jersey, Prentice-Hall, USA, pp. 75-76, 2002.
- [3] R. Lizardo, “Procesamiento Digital de imágenes”, Departamento de Recursos Hídricos, Colombia, pp. 2-3, Septiembre de 2007.
- [4] Rodrigo J. Herrera G, “Transformaciones de brillo”, Universidad Francisco José de Caldas, Colombia, pp. 2-6,8-9, Septiembre de 2015.
- [5] Jay L. Devore, “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias”, Séptima edición, Mexico D.F, Cengage Learning, pp. 104-105, 2008.