

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Andrés Catalán Urzúa*

Resumen

El procesamiento digital de imágenes es un conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales, con el propósito de mejorar su calidad o facilitar la búsqueda de información en ellas. En el presente artículo, describiremos brevemente los fundamentos del procesamiento digital de imágenes y analizaremos tres técnicas básicas de operaciones de punto en escala de grises, las cuales se caracterizan por la modificación de determinados píxeles de una imagen a través de herramientas matemáticas.

Palabras clave: imágenes digitales, procesamiento, contraste, histograma, escala de grises.

Una imagen digital es una representación bidimensional de una imagen a partir de una matriz numérica, frecuentemente binaria. Estas imágenes, generalmente se obtienen al convertir señales continuas en formato digital, las cuales se pueden visualizar en diversos medios como impresoras digitales, monitores y dispositivos de proyección digital. Hoy en día, la frecuencia en la cual esta información se transmite, almacena, procesa y visualiza en formato digital está aumentando rápidamente, por lo cual, el diseño de métodos de ingeniería para mejorar la integridad visual y facilitar la búsqueda de información ha tenido un alto interés.

Un aspecto del procesamiento digital de imágenes, que lo convierte en un tema de estudio tan interesante, es la sorprendente diversidad de aplicaciones en donde se utilizan estas técnicas de procesamiento o análisis. Prácticamente todas las ramas de la ciencia poseen subdisciplinas que utilizan dispositivos de grabación o sensores para recopilar datos de imágenes del universo

que nos rodea, como por ejemplo: meteorología, radiología, radares, oceanografía, inspecciones industriales, sismología, imágenes ultrasónicas, vigilancia, reconocimiento aéreo y cartografía, imágenes satelitales, etc. En definitiva, todos estos conjuntos de datos visibles pueden considerarse como imágenes, las cuales pueden ser procesadas, modificadas y mejoradas usando técnicas de procesamiento, aún cuando la información no provenga de fuentes de luz visible (como las infrarrojas o rayos X).

Técnicas de procesamiento en escala de grises

Existen tres tipos de operaciones básicas de procesamiento de imágenes digitales en niveles de grises (operaciones de punto, operaciones aritméticas y operaciones geométricas), pero, para propósito de este artículo, nos enfocaremos solo en la primera. Las operaciones de punto se subdividen según la manera en que modifican la escala de grises, aplicándose en píxeles individuales

* Teniente 1º. Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas. (acatalanu@gmail.com).

sin considerar los píxeles vecinos. En otras palabras, las operaciones de puntos se definen solo en función de la intensidad de un pixel determinado, por lo que la herramienta básica para comprender, analizar y diseñar este tipo de operaciones es el histograma de la imagen.

El histograma H_f de la imagen digital f es un diagrama o gráfico de la frecuencia de aparición de cada nivel de gris en f . Por lo tanto, H_f es una función unidimensional con dominio $\{0, \dots, K-1\}$ con un rango que se extiende desde 0 hasta el número de píxeles de la imagen MN . Por lo tanto, el histograma se define explícitamente por $H_f(k) = J$ el cual solo implica un conteo simple de los niveles de grises. Bajo la premisa anterior, la operación de punto de una imagen digital $f(n)$ no es más que una función h de una sola variable aplicada de manera idéntica a cada pixel de la imagen, creando así una nueva imagen modificada $g(n)$. Por lo tanto, por cada coordenada n la forma de la función h es determinada por $g(n) = h[f(n)]$.

Desplazamiento de imagen aditivo

El desplazamiento de imagen aditivo se define bajo la forma $g(n) = [f(n)] + L$, donde L puede tomar cualquier valor dentro de la escala de

grises asumiendo que las imágenes se han cuantificado en enteros en el rango $\{0, \dots, K-1\}$. Por lo tanto, el histograma juega una relación dada por $H_g(k) = H_f(k-L)$, donde el valor de L corresponde al desplazamiento del histograma a la izquierda o a la derecha en la escala de grises. En la Figura 1, podemos ver el efecto del desplazamiento aditivo con $L = \pm 70$ y sus respectivos histogramas.

Es evidente como las imágenes son afectadas a medida que desplazamos los histogramas hacia la izquierda o derecha en la escala de grises. A medida que el histograma es desplazado hacia la izquierda, la imagen se oscurece, por el contrario, a medida que es desplazado hacia la derecha, se esclarece. Estos efectos pueden ayudar a encontrar detalles o información en las imágenes las cuales a simple vista no son perceptibles.

Estiramiento de histograma a escala completa

Este tipo de técnica, también llamada estiramiento de contraste es una operación de punto lineal que expande el histograma de la imagen para llenar todo el rango de escala de grises disponible. Un aspecto interesante de esta técnica,

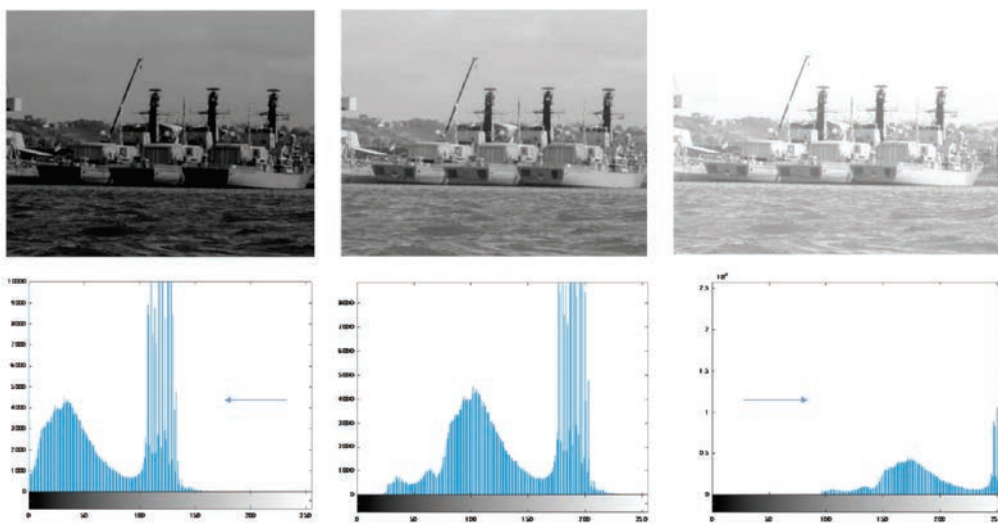
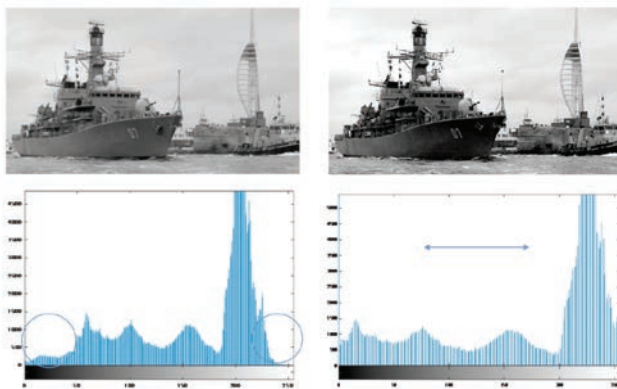


Figura 1: Efecto del desplazamiento de imagen aditivo.

es que hoy en día, casi todas las cámaras de video comerciales de uso doméstico y profesionales aplican el estiramiento de histograma a escala completa como una función básica antes de que las imágenes sean incorporadas en la memoria. El estiramiento de contraste se define como, $g(n)=FSHS(f)=\left(\frac{K-1}{B-A}\right)[f(n)-A]$ FSHS (*Full-Scale Histogram Stretch*), considerando que f posee un histograma comprimido con el valor máximo de nivel gris B y el valor mínimo A dado por $A=\min\{f(n)\}$ y $B=\max\{f(n)\}$. En la Figura 2,



■ Figura 2: Efecto del estiramiento de histograma a escala completa.

podemos ver el efecto del estiramiento de histograma a escala completa.

En esta figura, se puede apreciar que en el histograma de la imagen original (izquierda) existen zonas donde se cuenta con muy poca información (encerradas con círculos), estas zonas por lo general, provocan que las imágenes tengan problemas de contraste. Si se observa la imagen de la derecha, queda en evidencia el efecto que tiene eliminar esas zonas y estirar el histograma hacia estos límites. En este caso, la imagen poseía un buen equilibrio de píxeles por lo que la diferencia no es tan notoria, sin embargo, en imágenes infrarrojas donde el

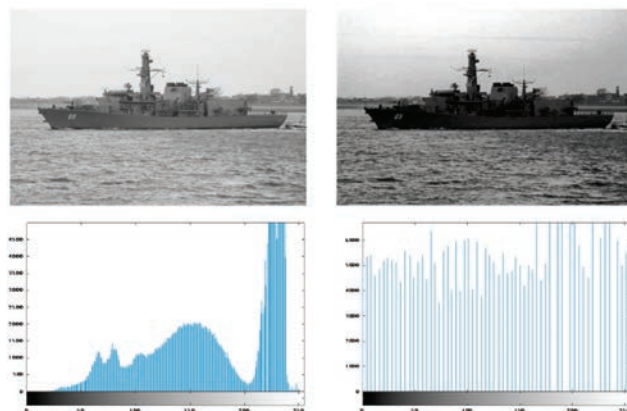
ruido espacial y el contraste es muy variable, esta técnica muestra ser una herramienta notable para eliminar los problemas de contraste de una imagen que ha sido captada por un sensor que presenta, por ejemplo, deficiencia en sus filtros.

Ecuación de histograma

Una de las operaciones de punto no lineales más importantes es la ecuación por histogramas, también llamada aplanamiento de histograma. La idea subyace en una extensión del estiramiento de

contraste visto en el punto anterior, en la cual no solo se llena el rango completo de escala de grises, sino que también lo distribuye de una manera uniforme en todo el rango. La demostración matemática en orden de explicar la ecuación de histogramas es bastante extensa, por lo que solo nos enfocaremos en definirla como un histograma normalizado de g de la forma $P_g(x) = \frac{dP_g(x)}{dx} = 1$ para $0 \leq x \leq 1$ donde se aplica un FSHS para estirar el histograma ya aplanado para llenar luego el rango completo de la escala de grises. En la Figura 3, podemos

ver el efecto que tiene aplicar una ecuación de histogramas a una imagen digital.



■ Figura 3: Efecto de la ecuación de histograma.

En esta imagen se puede apreciar claramente el efecto que tiene emparejar el histograma equilibrando los píxeles en toda la escala de grises. Al igual que el estiramiento de histograma, este tipo de técnica es muy útil cuando las imágenes digitales presentan problemas de contraste, siendo capaz de resaltar zonas que en su forma original son muy difíciles de detectar a simple vista, solo basta mirar los detalles del mar en la imagen de la derecha.

Metodología

Para el análisis de las técnicas aquí descritas, se tomaron imágenes digitales procedentes de fuente abierta en formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) y en extensión RGB (*Red, Green, Blue*) las cuales fueron transformadas en imágenes monocromáticas para facilitar su explicación. Las técnicas se aplicaron bajo esta extensión, pues los modelos en color u otras imágenes multispectrales utilizan los mismos métodos aquí descritos. Tanto para la transformación monocromática de las imágenes digitales como la aplicación de las técnicas aquí descritas, se utilizó el programa MatLab versión R2017b con la

finalidad de poder manipular matemáticamente, según las ecuaciones aquí expuestas, las matrices que conforman una imagen digital.

Conclusiones

El procesamiento digital es un campo que permite manipular matemáticamente una señal cualquiera sea su naturaleza y que contenga una información determinada, su fin último es poder modificarla o mejorarla en un cierto grado. En el presente artículo, quedó en evidencia el potencial del procesamiento digital aplicado en imágenes, cabe destacar que solo se revisaron las herramientas básicas basadas en problemas de contraste aplicadas en forma separada, no obstante, todas estas técnicas se pueden combinar para un resultado óptimo. Finalmente, cabe destacar que existen un sinfín de literatura que describe en forma detallada distintas técnicas que se ocupan no solo para el tipo de problemas aquí descritos, sino también para la eliminación del ruido espacial (análisis frecuencial de imágenes) y filtros adaptativos para corregir la no-uniformidad (filtros que adaptan y mejoran las secuencias de imágenes o videos en tiempo real), entre otros.

* * *

BIBLIOGRAFÍA

1. Bovik, A. C. (2009). *The essential guide to image processing*. United States of América: Academic Press.
2. Castleman, K. (1979) *Digital Image Processing*. Prentice-Hall Signal Processing Series.
3. Chang, J. Z., Allebach, J. P., Bouman, C. A. (1997) Sequential linear interpolation of multidimensional functions. *IEEE Trans. Image Process.*, 6(9):1231–1245.
4. Jain, A.K. (1989) *Fundamentals of digital image processing*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
5. Jensen, J. R., & Lulla, K. (1987). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective*. *Geocarto International*, 2(1), 65–65.
6. Moulin, P., Liu J. (1999) Analysis of multiresolution image denoising schemes using generalized Gaussian and complexity priors. In *IEEE Trans. Inf. Theory, Special Issue on Multiscale Analysis*.
7. Ooi, C., Pik Kong, N., & Ibrahim, H. (2009). Bi-histogram equalization with a plateau limit for digital image enhancement. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(4), 2072–2080.
8. Skodras, A., Christopoulos, C., & Ebrahimi, T. (2001). The JPEG 2000 still image compression standard. *IEEE Signal Processing Magazine*, 18(5), 36–58.
9. Turiel, A., Parga, N. (2000). The multi-fractal structure of contrast changes in natural images: from sharp edges to textures. *Neural. Comput.*, 12:763–793.
10. Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600–612.