

Preprocesamiento de imágenes digitales a través de su Transformada de Fourier

Leonardo Mereles

*Estudiante de Ingeniería Electrónica
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
leo.mereles@hotmail.com
Agosto 2012*

Resumen: En el presente trabajo se muestran los efectos de los filtros Hermíticos Gaussianos cuando se aplican sobre la transformada de Fourier de una imagen digital. Las principales propiedades de estos filtros son investigadas y posibles aplicaciones en el procesamiento de señales ópticas, son discutidas.

Palabras clave: Fourier, preprocesamiento de imágenes.

I. INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de imágenes, es una disciplina que desarrolla las bases teóricas y algorítmicas mediante las cuales pueda extraerse información del mundo real, de manera automática partir de una imagen observada, de un conjunto de imágenes o de una secuencia. El proceso de detección de los elementos que constituyen una imagen puede usar técnicas de correlación que permiten el reconocimiento de imágenes. El elemento clave para un sistema de reconocimiento de imágenes por correlación es el filtro. [1]

II. FILTRADO

De la teoría de los filtros de los sistemas lineales; los cuales se caracterizan por su respuesta impulsional $h(\xi, \eta)$ y su función de transferencia $H(u, v)$, se conoce que si se le aplica una señal de entrada $f(\xi, \eta)$, con espectro $F(u, v)$ se obtendrá una salida $g(\xi, \eta)$ con espectro $G(u, v)$ se conoce que la salida de un sistema LSI puede ser calculada directamente en el dominio de la entrada convolucionando la entrada con la respuesta impulsional del sistema [2]; lo cual también se puede escribir en la representación frecuencial como:

$$G(u, v) = F(u, v)H(u, v) \quad (1)$$

Por tanto la función de transferencia puede ser escrita como:

$$H(u, v) = AH(u, v)e^{-i\varphi_H(u, v)} \quad (2)$$

Donde a los valores $AH(u, v)$ y $\varphi_H(u, v)$ se les conoce como función de transferencia de amplitud del sistema y la segunda función de transferencia de fase del sistema. Por tanto ahora es posible escribir la señal de salida del sistema como:

$$g(\xi, \eta) = \mathfrak{F}^{-1} \{G(u, v)\} \quad (3)$$

\mathfrak{F}^{-1} es la transformada de Fourier inversa, esta relación solo se necesita determinar los efectos de la función de transferencia de amplitud sobre el espectro de amplitud de entrada y los efectos de la función de transferencia de la fase sobre el espectro de fase de entrada.

Si el sistema considerado es tal que $e^{-i\varphi_H(u, v)} = 1$ se tiene un filtro de amplitud; porque únicamente la función de transferencia en amplitud actúa sobre la entrada; en el caso en el cual $A_H(u, v) = 1$ se tiene un filtro de solo fase.

Los filtros pasa bajo dejan pasar parcialmente y sin atenuación todos las frecuencias componentes de Fourier para las cuales el criterio es estar por debajo de la frecuencia de corte, atenuando completamente las que se encuentren por encima de esta frecuencia; el caso de los filtros pasa alto es una situación inversa. En el caso en el cual se pasan únicamente ciertas componentes comprendidas dentro de un rango se denomina pasa banda. Teniendo en cuenta lo anterior es posible clasificar los filtros en convencionales que operan sobre la representación espacial de las Imágenes y existe otro tipo de filtros que actúan sobre la transformada de Fourier de la imagen a procesar, tal es el caso de los filtros definidos por las funciones Hermíticas Gaussianas que son funciones propias de los sistemas lineales, es decir, son invariantes a una transformación de Fourier.

A. Filtros de preprocesamiento Hermíticos-Gaussianos

La teoría fundamental del procesamiento digital de imágenes con ayuda de los Hermíticos-Gaussianos se fundamenta en la propiedad de invarianza de estos filtros a una transformación de Fourier y en ese caso se tiene:

Sea $h(\xi, \eta) = e^{-\pi(\xi^2 + \eta^2)}$ una Gaussiana que representa la respuesta impulsional del sistema, por tanto su función de transferencia se obtiene como:

$$H(u, v) = \mathfrak{F}\{h(\xi, \eta)\} = e^{-\pi(u^2 + v^2)} \quad (4)$$

Por tanto para preprocesar una imagen $f(\xi, \eta)$ en la representación frecuencial se requiere:

Obtener su TF para convertirla a la representación frecuencial; luego, multiplicar la transformada de Fourier y la función de transferencia del filtro. Finalmente realizar una transformación inversa de Fourier, donde se obtendrá los efectos de la aplicación del filtro Hermítico Gaussiano.

En particular se presenta un filtro diferencia de Gaussianas (DOG) el cual como se notará se aproxima a un ∇^2 y por tanto actúa como un operador diferencial de segundo orden isotrópico sobre la función de intensidad de la imagen produciendo un mapeo de bordes de la imagen de resolución reducida. En el dominio frecuencial esta operación es equivalente a una operación de filtrado pasa banda. La función es sencilla de definir como [3]:

$$f(\xi, \eta) = f_1(\xi, \eta) - f_2(\xi, \eta) \quad (5)$$

Se realiza un estudio que involucra a una función Hermítica de orden dada por la expresión:

$$f_H(\xi, \eta) = \{[(4(\xi^2)) - 2][(4(\eta^2)) - 2]\} f(\xi, \eta) \quad (6)$$

B. Tratamiento de imágenes con filtros convencionales y filtros hermiticos Gaussianos

Para realizar la comparación de estos filtros, utilizamos la imagen del maceral M34(vitrinita). La figura 4, muestra los efectos que producen los filtros Laplaciano, Sharpen, Sobel, Dog y Hermítico respectivamente al ser aplicados sobre esta imagen. Todos los filtros utilizados detectan y resaltan los bordes de las imágenes, obteniendo diferentes resultados para cada caso. Para el Laplaciano, se observa que contrae los bordes; el filtro Sharpen hace un mayor contraste de la imagen, lo que permite diferenciar muy bien el contorno; el filtro Sobel, a diferencia del Laplaciano, dilata los bordes con la desventaja que en espacios muy pequeños se confunde un borde con otro y no se puede distinguir muy bien el contorno de la figura. Los efectos de los filtros Dog y Hermítico se describen en la sección A.



Figura 4. Imagen del maceral M34 preprocesada con filtros: Laplaciano, Sharpen, Sobel, Dog y Hermítico

C. Resultados Digitales y discusiones

Para verificar la funcionalidad de las imágenes no preprocesadas y preprocesadas con los métodos anteriormente descritos; estas fueron colocadas en un correlador digital convencional tipo Vander Lugt. La operación correlación está definida como:

$$C(\xi, \eta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U_0(\xi_0, \eta_0) H_0^*(\xi_0 - \xi, \eta_0 - \eta) d\xi_0 d\eta_0 \quad (7)$$

Los resultados de los picos de correlación se muestran en las siguientes figuras:

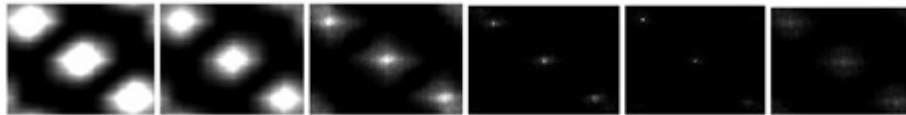


Figura 5. Picos de correlación para la prueba de autocorrelación de imagen del M34 preprocesada: sin preprocesado, Sharpen, Sobel, Dog, Hermite, Laplaciano

Los criterios que se tienen en cuenta para evaluar el desempeño de los filtros utilizados son:

Anchura mínima y localización exacta de los picos de correlación [4]. Para todos los casos de autocorrelación de las imágenes de macerales, el filtro de mejor desempeño es el filtro Hermítico, puesto que presentó una alta localización y una energía bastante elevada.

III. CONCLUSIÓN

Luego de realizar la presente nota de aplicación, se puede entrever una de las muchas utilidades de la transformada de Fourier, en este caso particular, en el procesamiento de imágenes digitales, pudiendo mejorar o modificar la calidad o algún aspecto específico. Este es otro claro ejemplo de una de las muchas herramientas matemáticas que adquirimos luego de cursar la materia Funciones de Variable Compleja, que tienen utilidad en la ingeniería.

REFERENCIAS

- [1] Hussain, Z. "Digital Image Processing" Ed. Ellis Horwood. pp 1-7. Inglaterra. 1991.
- [2] Goodman, J, "Introduction to Fourier Optics" Ed. Mc Graw Hill, pp 218-243. Estados Unidos. 1996.
- [3] Lamia, S., et al "Synthetic discriminant function filter employing nonlinear space-domain preprocessing on bandpass-filtered images", Applied Optics Vol. 37. No 11. pp 2051-2062, (1998)
- [4] Lardier, M, Torres, C. , et al "Implementation of phase-only coded ternary filters for filtering based optical processor", Proceedings Spie Vol 4419. Sept. (2001).