



SOLITONES EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN NO LINEAL

L. C. Gómez-Pavon, A. López-Archundia*, R. Machado-Fuentes*, E. Martí-Panameño*, M. M. Méndez Otero*

Facultad de Ciencias de la Electrónica - BUAP
Av. San Claudio y 18 sur Edif. 129-CU, Puebla, Mex. 72570
Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas - BUAP
igarnica@ece.buap.mx
vdeleon@ece.buap.mx.

RESUMEN

En este trabajo se propone un nuevo filtro para detección de bordes en imágenes reales. El filtro está basado en un operador diferencial fraccional. El filtro diseñado es aplicado a diferentes imágenes en tonos de gris y los resultados obtenidos son comparados con aquellos que se generan empleando otros detectores de bordes basados en operadores derivativos enteros.

Palabras clave: Filtrado espacial, Derivada fraccional, Convulsión, Detector de Bordes, Vecindades, Elemento finito.

ABSTRACT

In this work we propose a new edge detector based in a fractional derivative. His performance is tested with grayscale images, finally we include a comparison of our results with those obtained with edge detectors based in derivative filters of first and second order.

1. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, se han propuesto una variedad de detectores de bordes que difieren en su propósito así como en sus propiedades matemáticas y computacionales.

La implementación de un detector de borde no es un problema trivial, el diseño de un detector de borde es el resultado de un análisis teórico y los refinamientos requeridos para generar un programa. Muchos métodos de implementación han sido propuestos[1-3] basados en diversos procesos matemáticos tales como mascarar

de convolucion, transformada de Fourier, correlación, filtrado numérico, etc.

Dentro de los detectores de borde que utilizan derivadas de la imagen, están aquellos basados en aproximaciones del gradiente y aquellos basados en la detección de cruce por cero. En los métodos basados en el gradiente se emplean las derivadas direccionales de primer orden de la imagen para calcular una cantidad relacionada con el contraste de la imagen para la detección del borde[4-6]. En aquellos métodos basados en la detección del cruce por cero, se emplean derivadas direccionales de segundo orden [7].

En este trabajo describimos un nuevo filtro para detectar bordes basado en la derivada fraccional cuyo orden puede variar entre 0.1 y 0.9. El desarrollo matemático y su aplicación a una función “borde” puede encontrarse en [8]. Aquí se muestra la aplicación de la derivada fraccional 0.5 en la implementación de un filtro para detección de borde.

2. Derivada fraccional

Partiendo de la definición de la transformada inversa de Fourier de una función $f(x)$ tenemos

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{jwx} dw. \quad (1)$$

Cuando se tiene un incremento Δx en la variable espacial la Ec. 1 queda como:

$$f(x+\Delta x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(w) e^{jw(x+\Delta x)} dw. \quad (2)$$

El incremento de la función será igual a:



$$\Delta f(x) = f(x+\Delta x) - f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(w)e^{jw(x+\Delta x)} dw - \int_{-\infty}^{\infty} F(w)e^{jwx} dw \quad (3)$$

En forma análoga definimos el incremento fraccional de orden α como

$$\Delta^\alpha f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(w)e^{jwx} (e^{jw\Delta x} - 1)^\alpha dw \quad (4)$$

Desarrollando tenemos:

$$\Delta^\alpha f(x) = \int F(w)e^{jwx} [e^{jw\alpha\Delta x} - \alpha e^{jw\Delta x(\alpha-1)} + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} e^{jw\Delta x(\alpha-2)} + \dots + 1] dw \quad (5)$$

distribuyendo e integrando término a término de la Ec. (4). Esta se puede expresar usando la Ec. (2). de la siguiente forma para los tres primeros términos:

$$\Delta^\alpha f(x) = f(x+\alpha) - \alpha f(x+\alpha-1) + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} f(x+\alpha-2)$$

Como se mencionó al inicio haremos un desarrollo de la Ec. (5) para el caso de $\alpha=0.5$ obteniéndose

$$\Delta^{0.5} f(x) = f(x+0.5) - 0.5f(x-0.5) - (0.5)^3 f(x-1.5)$$

El problema en la expresión anterior es que contiene argumentos no enteros por ejemplo para $x=0$ tendríamos

$$\Delta^{0.5} f(x) = f(0.5) - 0.5f(0.5) - (0.5)^3 f(1.5)$$

Problema que se resuelve al aplicar el método del elemento finito, lo cual conlleva a que las vecindades tradicionales de 2, 4, 8 y 16 vecinos no sirvan para generar las imágenes filtradas. Lo anterior conlleva a la definición de un nuevo tipo de vecindades que en lo sucesivo llamaremos *vecindades de elemento finito*.

Después de lo cual construimos una máscara que no depende únicamente de los vecinos próximos a $p(i,j)$ sino del promedio de los vecinos a una

distancia de 2 y hasta 4 elementos de la posición actual.

$$f(x+0.5) = \frac{f(i,j) + f(1+1,j)}{2}$$

$$f(x-0.5) = \frac{f(i,j) + f(1-1,j)}{2}$$

Y así sucesivamente para cada término de la Ec 5.

3. Diseño del algoritmo

El proceso para la obtención de un filtro de detección de bordes basado en la derivada fraccional sigue los siguientes pasos:

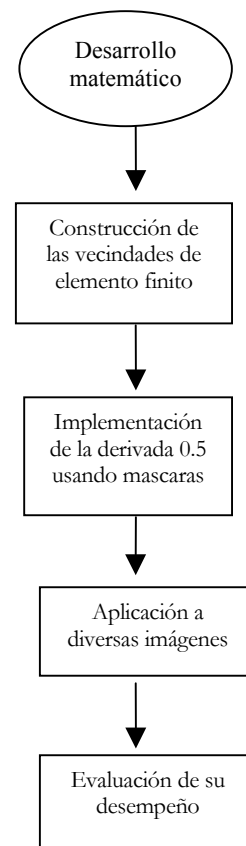
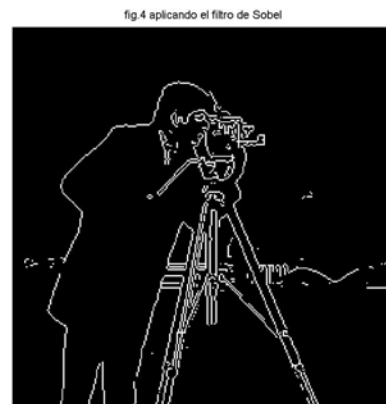


diagrama a bloques

4. RESULTADOS.

A continuación mostramos los resultados obtenidos al aplicar nuestro detector de borde, y aquellos que se generan utilizando, los operadores de Roberts, Prewitt, Sobel, LoG. como lo muestran las figuras siguientes



evaluar el desempeño de varios operadores derivativos incluyendo el nuevo filtro .



El algoritmo de evaluación que utilizamos fue el propuesto por Kitchen and Rosenfeld[9] y los resultados que obtuvimos se presentan en la siguiente tabla:

Detector de Borde	Evaluación
Roberts	0.786795
Prewitt	0.784419
Sobel	0.784291
LoG	0.77465
Derivada fraccional 0.5	0.793305

Tabla 1 Evaluación de detectores de bordes derivativos.

5. CONCLUSIONES.

En este trabajo se presenta un desarrollo mixto espacial y frecuencial, para aproximar una derivada fraccional, se propone dicha función como base para un algoritmo para detección de bordes, se implementa un detector de borde basado en la derivada de orden 0.5, para lo cual se requiere la construcción de un nuevo tipo de vecindades la cual se implementa promediando los valores de los píxeles apropiados de la imagen. Se comprueba el funcionamiento de dicho filtro aplicado a la imagen del camarógrafo, y finalmente a manera de comparación se muestra una tabla en la cual se presentan los resultados de

6. REFERENCIAS

- [1] John Canny, A computational approach to edge detection, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 8 (6) (1986) 679-698.
- [2] O.A. Zuniga, R.M. Haralick, Integrated directional derivative gradient operator, IEEE Trans. Syst. Man Cybern. SMC-17 (3) (1987) 508-517.
- [3] D. Marr, E.C. Hildreth, Theory of edge detection, Proc. Roy. Soc. London B-207 (1980) 187-217.
- [4] L.G. Roberts, Machine perception of three-dimensional solids, In Optical and Electrooptical Information Processing, MIT Press, Cambridge, MA, 1965.
- [5] I. Sobel, Neighborhood coding of binary images for fast contour following and general array binary processing, Comput. Graphics Image Process. 8 (1978) 127-135.
- [6] J.M.S. Prewitt, Object enhancement and extraction, in: B.S. Lipkin, A. Rosenfeld (Eds.), Picture Analysis and Psychopictorics, Academic Press, New York, 1970.
- [7] R.M. Haralick, Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. (1984) 58-68.
- [8] V. De Leon, J Ojeda "continuous Order Derivative for Optical Signals and Images". Microwave and Optical Technology Letters, Vol. I. No 2. April 1988.
- [9] L. Kithchen, A. Rosenfeld, Edge evaluation using local edge coherence, IEEE Trans. Syst.Man Cybern. 1 (1981) 597-605.



Acerca de los Autores:

Jorge I. Garnica Méndez: es pasante de la Licenciatura en electrónica de la universidad autónoma de Puebla. Se encuentra realizando estudios de postgrado en el área de automatización en la Facultad de Ciencias de la Electrónica de la BUAP. Actualmente trabaja en el área de Procesamiento de imágenes y robótica móvil.

El Prof. Víctor de León Paredes hizo sus estudios de Licenciatura y Maestría en la Universidad de la Amistad de los Pueblos de Moscú. Realizo estudios de especialización en biofísica en la Universidad de Newarck, Delaware, EU, cuenta con una Maestría en Biofísica de la Universidad Autónoma Metropolitana y obtuvo el grado de Doctor en Optoelectrónica en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ha participado en varios proyectos de Investigación y actualmente sus campos de trabajo son Procesamiento de imágenes y Refractometría en fibras Ópticas.