

Filtro para la supresión de ruido impulsivo y multiplicativo para aplicaciones en imágenes médicas

José Luis Varela-Benítez¹, Francisco Gallegos-Funes¹, Volodymyr Ponomaryov²

¹ Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, U.P.A.L.M. Zacatenco
Av. IPN s/n, Col. Lindavista, C.P. 07738, Mexico, D. F.

² Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, U.P. Culhuacan
Av. Santa Ana 1000, Col. San Francisco Culhuacan, C.P. 04430, Mexico, D. F.
jlvarrel@hotmail.com, fgallegosf@ipn.mx

Resumen. En este artículo se presenta un novedoso filtro de orden estadístico para la supresión de ruido impulsivo y multiplicativo con una buena preservación de detalles para aplicaciones de procesamiento de imágenes médicas. El filtro propuesto usa la combinación del filtro L y la utilización del estimador RM (Rank M-type) en su esquema de filtrado. Para la evaluación del rendimiento del filtro propuesto fueron usados los criterios PSNR y MAE.

1 Introducción

Actualmente existen diversas clases de filtros para remover ruido en imágenes digitales [1,2]. Estos filtros se clasifican principalmente en filtros lineales y no lineales. Los filtros lineales son eficientes para remover ruido Gaussiano pero no así para ruido impulsivo. Los filtros no lineales pueden suprimir diferentes tipos de ruido incluyendo el impulsivo además de preservar contornos y detalles finos de las imágenes [1,2]. Entre los filtros no lineales se encuentran los de orden estadístico basados en la teoría de estimación robusta [3] mediante el uso los estimadores M , R y L , con los cuales se han desarrollado una gran cantidad de filtros, como son, por ejemplo, el filtro mediano, el KNN , filtro L , etc., los cuales presentan en forma individual ventajas y desventajas como son buena eficiencia en el filtrado de un tipo de ruido, pero no para todos los tipos de ruido, y problemas con la preservación de detalles y contornos. Es por eso que continúa la investigación e implementación de nuevos filtros tratando de obtener mejores eficiencias en el filtrado de mezclas complejas de ruido así como en la preservación de los detalles de la imagen [4,5].

Anteriormente, se presentó el filtro $RM-KNN$ (Rank M-type K-Nearest Neighbor filter) [5], el cual usa la combinación del estimador robusto RM en el esquema de filtrado del filtro KNN . Dicho filtro provee de una buena supresión de mezclas de ruido y de preservación de detalles. En este artículo se propone una mejora del filtro L [1,4], esto es, que combine el estimador RM dentro del esquema de filtrado del filtro L , buscando obtener una mejor supresión de ruido y preservación de detalles en comparación al filtro L típico.

2 Filtro propuesto *RM-L* (*Rank M-type L-filter*)

El filtro propuesto es llamado filtro *RM-L* y fue obtenido de la combinación de los estimadores *R*, *M*, y *L*, esto es, usamos el estimador *RM* dentro del esquema de filtrado del filtro *L*.

El filtro *L* está dado por [1, 2, 4]:

$$\theta_L = \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_{(i)} \quad (1)$$

donde $X_{(i)}$, $i = 1, \dots, n$ son las muestras de datos ordenadas y a_i , $i = 1, \dots, n$ son los coeficientes del filtro.

Por conveniencia el filtro *L*, puede escribirse de la siguiente manera:

$$\theta_L = \sum_{i=1}^n a_i \cdot \psi(x_i) \cdot x_i \quad (2)$$

donde $\psi(x_i) = \begin{cases} 1 & i = (n+1)/2 \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases}$ es la función de influencia usada en el

filtro *L*.

El estimador *RM* provee buenas características para la supresión de ruido impulsivo y multiplicativo [5],

$$\theta_{\text{medM}} = \text{MED}\{X_i \varphi(X_i - \text{MED}\{\bar{X}\}), i = 1, \dots, N\} \quad (3)$$

donde φ es la función normalizada $\psi: \psi(X) = X\varphi(X)$ y X_i son muestras de datos.

Para mejorar las propiedades robustas del filtro *L* estándar (2), tenemos que sustituir la estimación *RM* (3) dentro del esquema de filtrado del filtro *L*,

Entonces, el filtro *RM-L* diseñado está dado por:

$$\theta_{\text{RM-L}} = \frac{\text{MED}\{a_i \cdot [x_i \cdot \psi(x_i - \text{MED}\{\bar{X}\})], i = 1, \dots, n\}}{a_{\text{MED}}} \quad (4)$$

donde $\theta_{\text{RM-L}}$ es la salida del filtro *RM-L*, $x_i \cdot \psi(x_i - \text{MED}\{\bar{X}\})$ son los píxeles seleccionados de la ventana de filtrado por acción de la función de influencia, a_i son los coeficientes del filtro *L* y a_{MED} es el coeficiente del filtro *L* con que se obtiene la mediana.

3 Rendimiento del filtro propuesto.

El filtro propuesto fue implementado en MATLAB, utilizando una distribución de ruido exponencial para calcular los coeficientes a_i [1, 4],

$$f(x) = \frac{1}{2} e^{-x} \quad (5)$$

y la función de influencia utilizada fue la de Corte Simple [3, 5],

$$\psi(x_i - \text{MED}\{\mathcal{X}\}) = \begin{cases} 1, & |x_i - \text{MED}\{\mathcal{X}\}| \leq r \\ 0, & |x_i - \text{MED}\{\mathcal{X}\}| > r \end{cases} \quad (6)$$

donde r es un parámetro propuesto y $x_i - \text{MED}\{\mathcal{X}\}$ es el i -ésimo píxel menos la mediana de los píxeles de la ventana de filtrado.

Para evaluar el rendimiento de los filtros en la supresión de ruido vía PSNR y preservación de detalles vía MAE, los cuales se muestran a continuación [1, 2]:

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log \left[\frac{(255)^2}{\text{MSE}} \right] \text{ dB} \quad (7)$$

$$\text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [e(i, j) - \hat{e}(i, j)]^2 \quad (8)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |e(i, j) - \hat{e}(i, j)| \quad (9)$$

donde PSNR es la relación pico de señal a ruido en dB, MSE es el error cuadrático medio, MAE es el error absoluto medio, MN es el tamaño de la imagen, $e(i, j)$ es la imagen original y $\hat{e}(i, j)$ es la imagen restaurada. Se realizaron pruebas al filtro propuesto usando una ventana de filtrado 3×3 en la imagen “corazón” corrompida con 5% y 20% de ruido impulsivo, así como con varianzas de 0.05 y 0.10 de ruido multiplicativo. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la imagen “corazón”. La Figura 1 muestra algunos resultados visuales de las pruebas realizadas de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados comparativos PSNR en dB y MAE en la imagen *corazón* corrompida por 5% y 20% de ruido impulsivo y por 0.05 y 0.10 de varianza de ruido multiplicativo, para diferentes valores de r .

% ruido impulsivo	r	5	20	30	50	75	90	150	255
5	MAE	13.8165	6.7262	5.6533	5.6984	15.8432	9.4235	20.6890	21.1962
	PSNR	22.5823	28.4581	29.5962	29.1201	19.2366	22.5977	15.9393	15.7551
20	MAE	16.5165	9.5082	8.9710	9.1405	17.2987	15.7367	24.7890	28.2708
	PSNR	21.0771	25.5445	25.9547	25.6357	19.3164	19.3468	15.1979	14.4991
σ^2 ruido multiplicativo	r	5	20	30	50	75	90	150	255
0.05	MAE	24.1790	21.0274	21.4937	22.2598	25.8419	27.4369	27.9204	27.9072
	PSNR	18.7045	20.0132	19.9106	19.3944	18.0736	17.5947	17.4479	17.4500
0.10	MAE	27.9202	25.8324	27.0319	30.8309	36.0914	37.1095	38.0195	38.3027
	PSNR	17.5135	18.2335	17.9146	16.5381	15.4947	15.3284	15.1257	15.0679

De los resultados experimentales mostrados en la Tabla 1 y en la Figura 1 podemos observar que el rendimiento del filtro propuesto es superior al rendimiento del filtro L [4] en términos de supresión de ruido impulsivo y con preservación de detalles aceptable.

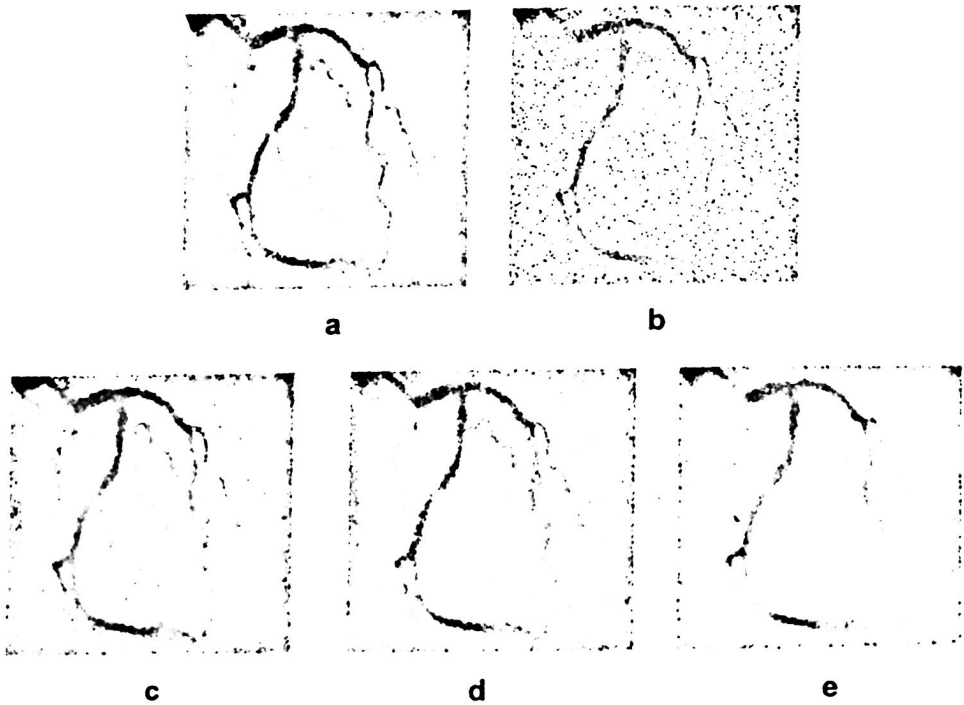


Fig. 1. Imágenes de simulación para supresión de ruido impulsivo en la imagen “Corazón” producidas por el filtro propuesto para diferentes rangos. a) Imagen original “Corazón”, b) Imagen degradada con 5% de ruido impulsivo, c) Imagen restaurada con un Rango = 30, d) Imagen restaurada con un Rango = 50, e) Imagen restaurada con el filtro L [4] (distribución Laplaciana, PNSR=29.5729).

4 Conclusiones

En la primera prueba del filtro propuesto se obtuvieron buenos resultados respecto al filtrado de ruido impulsivo, en el caso del ruido multiplicativo los resultados son aceptables aunque se tendrá que mejorar el filtro propuesto investigando otras funciones de influencia, así como la optimización de los coeficientes para otras distribuciones de ruido, por ejemplo, laplaciana, triangular, etc., y utilizando una ventana de filtrado 5×5 , esperando con ello, mejores resultados.

Agradecimientos: Los autores dan las gracias al Instituto Politécnico Nacional por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.

Referencias

1. Pitas, A. N. Venetsanopoulos, *"Nonlinear Digital Filters"*, Kluwer Academic Publishers, 1990.
2. Pitas, *"Digital Image Processing Algorithms and Applications"*, John Wiley & Sons, 2000.
3. P. J. Huber, *"Robust Statistics"*, John Wiley and Sons, 1981.
4. R. Öten, R. J. P. De Figueiredo, *"Sampled-Function Weighted Order Filters"*, IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Processing, Vol. 49, N° 1, January 2002.
5. F. Gallegos, V. Ponomaryov, O. Pogrebnyak, L. Niño de Rivera, *"Filtros Robustos RM-KNN con Diferentes Funciones de Influencia para Supresión de Ruido Impulsivo en Imágenes Digitales"*, Computación y Sistemas, Vol. 6, No. 3 pp 183-195, 2003, CIC-IPN.