

# Percepción Computacional: filtro de mediana y técnica de histograma para imágenes de radar y médicas

Galo Gallardo Romero, Edison Giraldo

30 de diciembre de 2022

Universidad Internacional de la Rioja, UNIR. Máster Universitario en Inteligencia Artificial 2022-2023.

## 1. Introducción

El ruido de moteado o “speckle” se caracteriza por la presencia de patrones punteados de tamaño y luminosidad variables que dificultan la interpretación de las imágenes. En general, la causa física de este fenómeno es la interferencia de las ondas reflejadas por el objeto a estudiar, las cuales llegan al instrumento y se superponen, produciendo así el patrón antes mencionado. Por lo tanto, este ruido es un problema en imágenes satelitales SAR (del inglés, Synthetic Aperture Radar), otras imágenes de radar e imágenes médicas que se toman a partir de ondas [1]. En estas últimas se da principalmente en ultrasonidos e imágenes de resonancia magnética MRI.

En radiografías se da un tipo de ruido similar que es debido a la aleatoriedad en la cantidad de radiación que llega a la película fotográfica por la naturaleza cuántica de la luz. Por este motivo es conocido como “ruido de moteado cuántico” [2]. Además, las radiografías también pueden presentar otros tipos de ruido, como el ruido de lectura, el ruido de amplificación y el ruido de escala de grises.

Los ruidos de moteado deben reducirse antes de utilizar las imágenes en algoritmos de inteligencia artificial. No obstante, son fenómenos difíciles de eliminar completamente pero existen diversas técnicas para reducir o mitigar sus efectos. Para esta tarea se utilizan múltiples filtros y redes CNN entrenadas para reducir el ruido. Dichos filtros suelen utilizar un kernel móvil que se va desplazando sobre los píxeles de la imagen, llevando a cabo determinadas operaciones matemáticas sobre ellos para generar una imagen nueva. Por otra parte, para mejorar el contraste de las radiografías, se pueden utilizar técnicas de ecualizador de histograma. En esta actividad implementamos un filtro de mediana y un filtro de Lee híbrido para reducir patrones de moteado en diversos tipos de imágenes. Posteriormente aplicamos la técnica de ecualizador de histograma para mejorar su contraste de cara a la aplicación final.

## 2. Algoritmos de filtrado y mejora de imágenes

### 2.1. Filtro de mediana

Los filtros de promedio son una técnica habitual en la reducción de ruido de moteado y en el suavizado de imágenes. El más usado es el filtro de mediana [3], que funciona deslizando un kernel de tamaño  $N \times N$  (menor que la imagen original) por cada píxel de la imagen. En cada iteración, el algoritmo evalúa la mediana de los valores de los píxeles vecinos que caen dentro del kernel y la asigna a la posición  $P(i, j)$  de la nueva imagen. Esto se se aprecia en la siguiente ecuación:

$$P(i, j) = \tilde{K}(e_{11}, e_{12}, \dots, e_{1N}, e_{21}, e_{22}, \dots, e_{2N}, \dots, e_{NN})$$

Donde  $e_{kl}$  son los elementos vecinos del píxel  $(i, j)$  en una región centrada en el mismo y  $\tilde{K}$  representa la mediana del kernel. El tamaño de la ventana define el número de píxeles circundantes que se consideran en cada iteración y se puede ajustar para controlar el grado de filtrado requerido. Sin embargo, hay que tener cuidado al aplicar este filtro puesto que se pierde información. Se tiene que encontrar un equilibrio entre reducción de ruido y destrucción de detalles de la imagen original. Cabe mencionar que el filtro de mediana también es efectivo para eliminar otros tipos de ruido, como el ruido de sal y pimienta. En esta actividad, este filtro (así como todo lo demás) se implementó utilizando la librería *numpy* para llevar a cabo operaciones matemáticas y rellenar los bordes de las imágenes.

### 2.2. Filtros adaptativos: Lee

Existen otro tipo de filtros llamados adaptativos que no promedian si no que evalúan una expresión matemática en la zona del kernel. El filtro de Lee [3] se utiliza sobre todo para reducir el ruido de moteado en imágenes. El procedimiento e implementación son iguales que para el filtro de mediana, pero sustituyendo la ecuación por:

$$P(i, j) = \bar{I}_K + W [I(i, j) - \bar{I}_K], \quad W = \sigma_K^2 / (\sigma_K^2 + \sigma_0^2)$$

Donde  $\bar{I}_K$  representa la intensidad promedio de los píxeles en el kernel,  $\sigma_K$  y  $\sigma_0$  son las desviaciones estándar de los píxeles del kernel y de la imagen original e  $I(i, j)$  es el valor de la intensidad de la imagen original en el píxel  $(i, j)$ . Este filtro requiere un poco más de tiempo de procesamiento que el anterior. Cabe también destacar que la versión implementada aquí es una mezcla entre el filtro de mediana y el filtro de Lee en función de la diferencia de intensidad de los píxeles de los dos métodos.

### 2.3. Técnica de ecualizador de histograma

La técnica de ecualizador de histograma es una herramienta muy útil en el procesamiento de imágenes, por medio de la cual se pueden mejorar el contraste y la claridad de la misma redistribuyendo

los niveles de luminosidad de los píxeles de manera que se aproveche al máximo el rango dinámico disponible. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta técnica puede aumentar el ruido en la imagen y eliminar algunos detalles finos, por lo que es importante ajustar la intensidad de la ecualización adecuadamente. Para implementarla, se modelizan los píxeles de la imagen como  $N$  variables aleatorias y se trata de convertirlas en variables uniformes en el rango  $[0, 254]$  a través de su distribución de probabilidad. Dicha función es desconocida y puede aproximarse mediante el histograma acumulado [4].

### 3. Modelo de ruido de moteado

Por último, el ruido de moteado se puede modelar matemáticamente como un proceso aleatorio multiplicativo utilizando distintas distribuciones de probabilidad (Gauss, Rician, Rayleigh... etc) [1, 5]. Viene dado por la siguiente ecuación:

$$P(i, j) = I(i, j)N(i, j) + I(i, j)$$

Donde  $N(i, j)$  es una matriz de valores aleatorios obtenidos a partir de una distribución de probabilidad. En este caso, la función elegida es una gaussiana de media  $\mu$  y desviación típica  $\sigma$ . Después de generar la matriz de ruido, se multiplica píxel a píxel con la imagen original  $I(i, j)$  y el resultado se suma con la misma imagen. Cabe destacar que los resultados obtenidos dependen de la función de probabilidad elegida y de sus parámetros, que no son únicos y se pueden adaptar a cada problema.

### 4. Resultados

Aplicamos los algoritmos mencionados en la Sección 2 a un conjunto de cuatro imágenes diferentes. Dividimos las imágenes en dos grupos, imágenes de radar a las que aplicamos el filtro de Lee pero no el histograma e imágenes normales y radiografías a las que aplicamos el histograma pero no el filtro de Lee. El motivo de esto es que el filtro de Lee no funciona adecuadamente en imágenes que no sean de radar, a no ser que se incremente el tamaño del kernel (con el inconveniente de perder más información de la imagen original). Por otro lado, la técnica del histograma no funciona bien en imágenes de radar ya que, como se ha mencionado antes, aumenta el ruido en éstas y elimina detalles importantes.

Las imágenes de radar utilizadas en nuestras pruebas se pueden observar en la Figura 1. En la primera fila aplicamos el modelo de ruido de moteado a una imagen SAR del satélite Sentinel-1 perteneciente a una zona urbana<sup>1</sup>. Luego intentamos reducir dicho ruido utilizando dos filtros diferentes, dando lugar a resultados parecidos. Repetimos el mismo proceso con una ecografía, que se puede ver en la segunda fila de la Figura 1. En este caso aplicamos ruido de moteado a la imagen de un feto en el útero materno y lo reducimos con ambos filtros, obteniendo nuevamente resultados similares. Es importante tener en cuenta que este filtro híbrido consume más recursos computacionales pero

---

<sup>1</sup>Las imágenes de Sentinel-1 son públicas y se pueden obtener a través de <https://scihub.copernicus.eu/>

mantiene más detalles de la imagen original a la vez que elimina menos ruido. En la Figura 2 se aprecia el resultado de aplicar el ecualizador de histograma a una imagen SAR.

Por otra parte, la imagen normal y la radiografía se muestran en la Figura 3. En la primera fila aplicamos el modelo de ruido de moteado a una radiografía (aunque ésta necesitaría un modelo de moteado cuántico). Entonces aplicamos el filtro de mediana para reducir el ruido y a continuación llevamos a cabo la técnica de ecualizador de histograma. Se puede ver que el ruido es eliminado completamente y la imagen final tiene las zonas perfectamente definidas. Repetimos el procedimiento para la clásica imagen de Lenna, encontrando resultados similares a la radiografía.

En resumen, el filtro de mediana es una buena técnica para reducir el ruido de moteado o similares en distintos tipos de imágenes. Aunque existen varios tipos de filtros mejorados, como por ejemplo Lee, Frost, Kuan... etc [3], muchos estudios siguen haciendo uso del filtro de mediana por su eficiencia, rapidez y simplicidad [6]. Hoy en día se puede encontrar algoritmos más complejos o incluso redes neuronales que aprenden a reducir el ruido en imágenes [7]. Se puede decir lo mismo de la técnica de ecualizador de histograma, mejora el contraste y la claridad de las imágenes y es fácil de implementar, pero no parece funcionar en todo tipo de imágenes, como por ejemplo las de radar (aunque esto no implica que no se pueda ajustar y encontrar una aplicación en detección de barcos, vertidos o fenómenos oceánicos, por ejemplo). Para terminar, es importante señalar que ninguna de estas técnicas es perfecta y cada una tiene sus propias ventajas y desventajas. Es necesario evaluar cuál es la más adecuada para cada caso en particular.

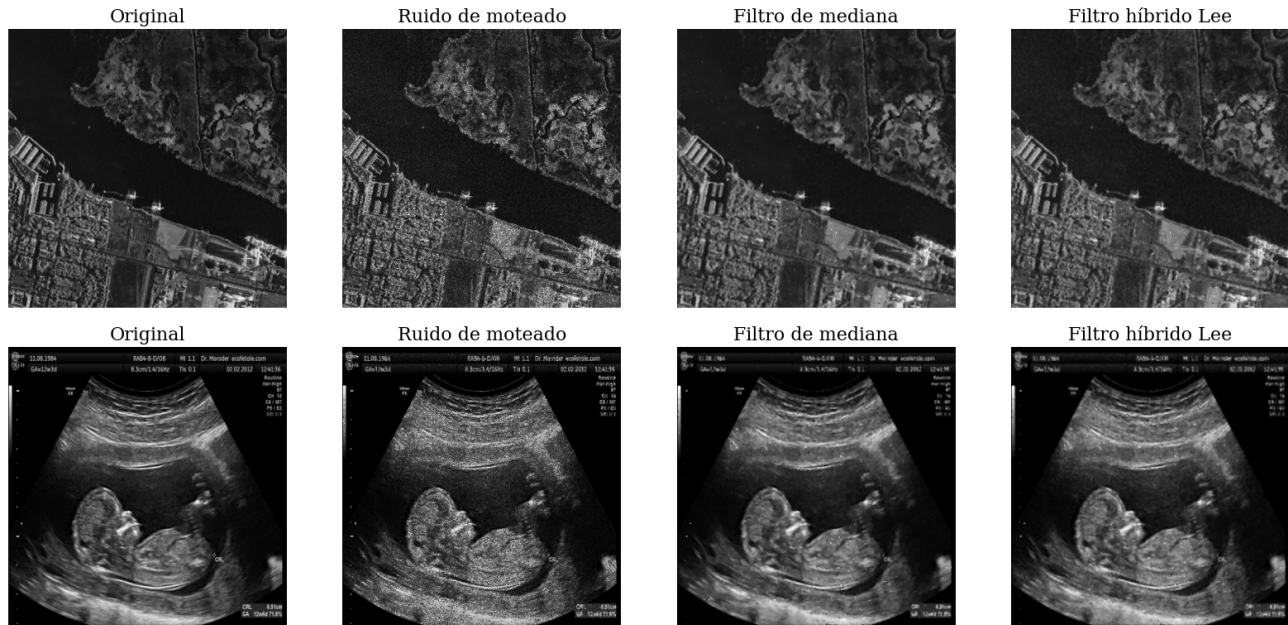


Figura 1: Resultados de los algoritmos aplicados a las imagen de radar. En la primera fila se aprecia una imágenes SAR mientras que en la segunda se muestra una imagen de ultrasonido. Por columnas: la imagen original, la imagen con ruido de moteado y la imagen con ruido filtrado por medio de dos técnicas.

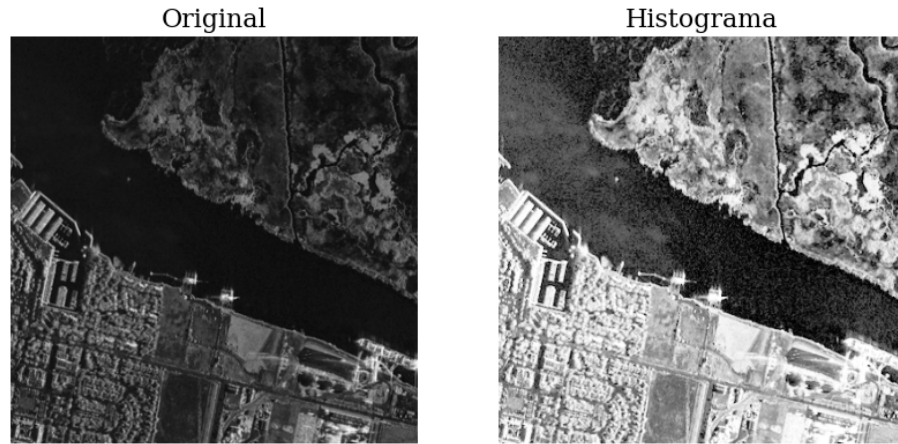


Figura 2: Técnica de ecualizador de histograma aplicado a una imagen SAR. Los píxeles se iluminan demasiado y el ruido se intensifica.

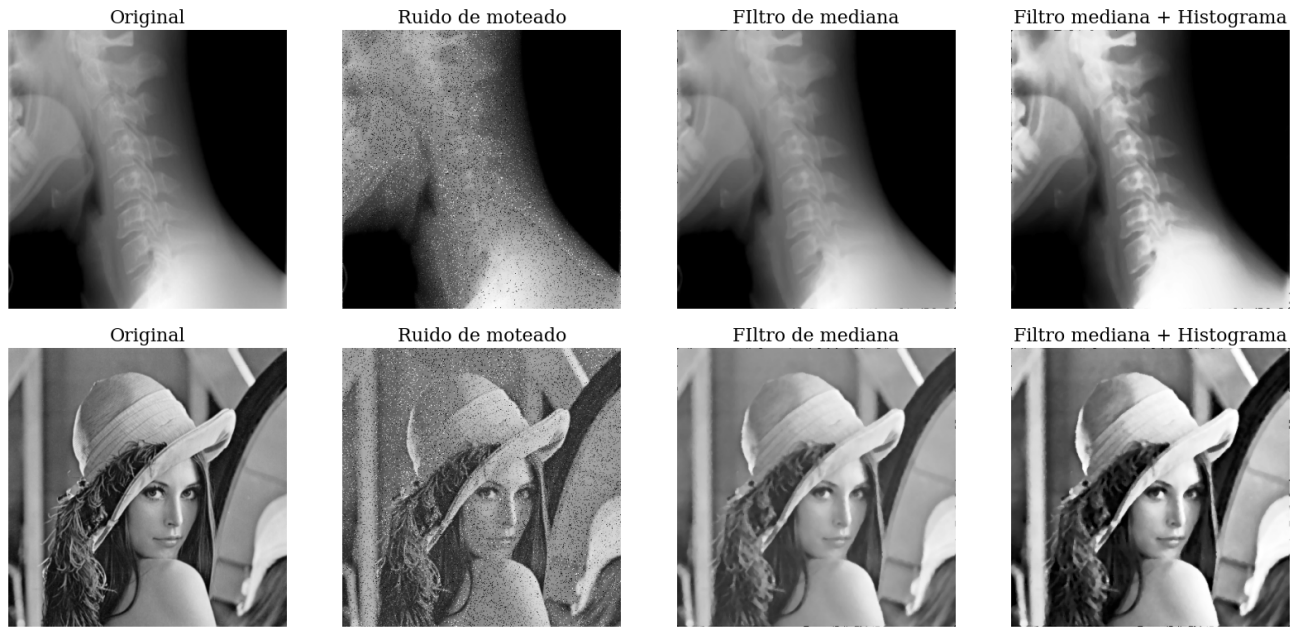


Figura 3: Resultados de los algoritmos aplicados a la imagen normal y a la radiografía. En la primera fila se aprecia la radiografía mientras que en la segunda se muestra una foto de Lenna. Por columnas: la imagen original, la imagen con ruido de moteado, la imagen filtrada y la imagen filtrada y mejorada con ecualizador de histograma.

## Referencias

- [1] P. Singh and R. Shree, "Analysis and effects of speckle noise in SAR images," 2016 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication, & Automation (ICACCA) (Fall), 2016, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICACCAF.2016.7748978.
- [2] EN Manson, V Atuwo Ampoh, E Fiagbedzi, J H Amuasi, J J Flether, C Schandorf. Image Noise in Radiography and Tomography: Causes, Effects and Reduction Techniques. *Curr Trends Clin Med Imaging*. 2019; 2(5): 555620. DOI: 10.19080/CTCMI.2019.02.555620
- [3] Jaybhay, Jyoti & Shastri, Rajveer. (2015). A Study of Speckle Noise Reduction Filters. *Signal & Image Processing : An International Journal*. 6. 71-80. 10.5121/sipij.2015.6306.
- [4] Wan Azani Mustafa and Mohamed Mydin M. Abdul Kader 2018 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1019 012026
- [5] Ahmed Benyahia, Ahmad Osman, Abdessalem Benammar, Abderrezak Guessoum, 2020, Chapter 21, 978-3-030-39846-0, 245, 10.1007/978-3-030-39847-7\_21
- [6] Krestenitis, M.; Orfanidis, G.; Ioannidis, K.; Avgerinakis, K.; Vrochidis, S.; Kompatsiaris, I. Oil Spill Identification from Satellite Images Using Deep Neural Networks. *Remote Sens.* 2019, 11, 1762. <https://doi.org/10.3390/rs11151762>
- [7] Dalsasso, E., Denis, L., and Tupin, F., "SAR2SAR: A Semi-Supervised Despeckling Algorithm for SAR Images", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 14, pp. 4321–4329, 2021. doi:10.1109/JSTARS.2021.3071864.