

FUNDAMENTOS DE LA REDUCCIÓN DE RUIDO EN IMÁGENES

Mateu Villa, Melisa (1), Sánchez Yáñez, Raúl Enrique (2)

1 [Ingeniería Biomédica, Universidad de Guanajuato] | [mateuvm2014@licifug.ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato]
| [sanchezy@ugto.mx]

Resumen

Una imagen digital es una función que se ha discretizado en el tiempo y luminosidad o nivel de color. Dicha función puede contener ruido, originado por distintos factores, y es por ello que se requieren métodos orientados a la reducción de ruido. Un enfoque fundamental para la eliminación o reducción de ruido es el empleo de filtros, entre los que podemos mencionar a los de media, mediana, suavizadores, gaussianos y filtros de radio variable. En el presente trabajo se realiza una comparativa de ellos, concluyendo que aquellos ya prediseñados pueden llegar a mostrar mejores resultados que otros, dependiendo de la cantidad de ruido que contenga la imagen.

Abstract

A digital image is a function that has been discretized in time and brightness or color level. Such function may contain noise, originated by diverse causes, and that is why there is a need of methods oriented to noise removal. A fundamental approach to noise removal or reduction is the use of filters, for example mean, median, blur, Gaussian and variable-radius filters. In this work, a comparative of these filters is done, concluding that those already predesigned may show better results depending on the amount of noise that an image may contain.

Palabras Clave:

Procesamiento de imágenes; filtrado digital; reducción de ruido; filtro de radio variable; kernel.

INTRODUCCIÓN

Una imagen digital es una función $f(x,y)$ que ha sido discretizada tanto en coordenadas espaciales como en luminosidad. Puede ser considerada como una matriz cuyos índices de renglón y columna identifican un punto, un lugar en el espacio bidimensional en la imagen, y el correspondiente valor de elemento de matriz identifica el nivel de gris o el color en aquel punto. Los elementos de estos arreglos digitales son llamados elementos de imagen o píxeles. Como resultado de esta discretización, es evidente que se producirá una pérdida de información, ya que resumimos en un punto el comportamiento de la señal en una región del espacio.

En el procesamiento o tratamiento de imágenes se pueden distinguir tres etapas principales:

1. *Adquisición de la imagen.* A cargo de un transductor, o conjunto de ellos, para manipular la luz emitida o reflejada por los cuerpos.
2. *Procesamiento de la imagen.* Los transductores llegan a generar ruido o poseer una resolución limitada, por ello hay que eliminarlo con procedimientos y herramientas matemáticas.
3. *Visualización.* Dependientes de la percepción humana y velocidades del despliegue de datos [1].

Hay factores que tienden a producir variaciones en el brillo en una imagen, esta variación es usualmente aleatoria y no sigue un patrón particular; en muchos casos reduce la calidad de la imagen y es especialmente significativa cuando los objetos de la imagen son pequeños y tienen relativamente un contraste bajo. A esta variación se le conoce como ruido.

El ruido es definido como cualquier perturbación que sufre una señal en el proceso de adquisición, transmisión y almacenamiento. Referido a imágenes digitales, es entendido como una variación aleatoria, sin correspondencia a la realidad, del brillo o el color producido por el dispositivo de entrada; es un defecto de la

información que contamina o degrada a la imagen, manifestándose generalmente en píxeles aislados que toman valores distintos a los reales [2].

Existen distintos tipos de ruido, dos de los más comunes se comentan a continuación:

- *Ruido Gaussiano*

Produce pequeñas variaciones en la imagen, debido a componentes electrónicos. Afecta a la imagen completa donde la intensidad de todos los píxeles se ve alterada. Cada muestra de entrada es afectada por un valor diferente, desde cero hasta un valor de saturación mínimo o máximo.

- *Ruido Impulsivo (sal y pimienta)*

El valor que toma el píxel no tiene relación con el valor real, sino que toma valores muy altos o muy bajos. Tomando el máximo (sal) o el mínimo (pimienta). Se produce normalmente en la cuantificación que se realiza en el proceso de digitalización.

Antes de aplicar sofisticadas técnicas computacionales para filtrar o atenuar señales y ruido, se deben revisar a fondo los sistemas de generación, adquisición, interfaces, conexiones, transmisión y recepción. Hay que identificar las fuentes de ruido y reducirlo antes de digitalizarlo [3].

Las técnicas de supresión del ruido están estrechamente relacionadas con los algoritmos de suavizado y mejora de la imagen. Existen las técnicas globales y las locales o espaciales; en las primeras, se opera sobre toda la imagen en conjunto y, en las segundas, se analiza de forma individualizada el comportamiento de cada punto de la imagen.

Como se mencionó anteriormente, hay técnicas elementales de filtrado de ruido. De manera general, podemos decir que se clasifican como métodos espaciales o en el dominio de la frecuencia. La idea es aislar la o las bandas de interés atenuando así los componentes de la señal con ruido en dichas bandas. Cuando interesa la "textura", o detalles de altas frecuencias, es más

difícil distinguir la señal del ruido. En muchos casos, técnicas que consideran la correlación en una señal, permiten distinguir ruido de textura. En el dominio de frecuencia, un filtrado es una modulación con ventanas pasa-bajas, pasa-altas o pasa-banda. Este filtrado suele requerir de la obtención del espectro en frecuencia y, cuando es posible, la transformada de Fourier. En algunos casos es posible recorrer espectralmente la señal de interés [4] [5]. Esto con la ayuda de un kernel, definido como una pequeña matriz, la cual será convolucionada con la imagen para ejecutar un filtrado adecuado [6].

Una manera en la que puede mejorarse o limpiarse una imagen de manera electrónica es a través de la aplicación de algoritmos computacionales para la reducción de ruido. En el presente trabajo se efectúa una comparación entre algunos de los métodos más comúnmente utilizados para la remoción de ruido en imágenes; se incluye también un método considerado de vanguardia.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se implementaron, haciendo uso del lenguaje C++ y la biblioteca OpenCV, algoritmos básicos de reducción de ruido, como lo son el *filtro bilateral*, *suavizante*, *gaussiano*, *de media* y *de mediana*, en los cuales la selección del kernel está dada por el usuario. Además, se implementó un *filtro de radio*, con el objeto de ampliar la comparativa. A continuación, se definen brevemente los tipos de filtro incluidos en la evaluación.

Tipos básicos de filtrado espacial

- *Suavizado*

Es un método de reducción de ruido, en el que se utiliza un algoritmo de filtrado rápido que sacrifica la potencia de supresión de ruido, con el objetivo de preservar un alto nivel de detalles de la frecuencia espacial en una imagen. Está explícitamente diseñado para remover el ruido de sal y pimienta, e incluso el ruido Gaussiano, aunque de manera menos efectiva.

Se asume que el ruido tiene una alta frecuencia espacial y que puede ser atenuado por una operación local que hace que la intensidad de cada píxel sea consistente a sus píxeles vecinos próximos. Esto es, mediante un procedimiento que primero encuentra la intensidad máxima y mínima de los valores de todos los píxeles con una ventana alrededor del píxel en cuestión. Si la intensidad del píxel central se encuentra dentro del rango de intensidad de sus píxeles vecinos, se pasa la imagen a la salida sin cambios. Por el contrario, si la intensidad del píxel central es mayor al valor máximo, se iguala al valor máximo y a su vez, si el píxel central tiene una intensidad menor que el valor mínimo, se iguala a éste [7][8].

- *Media*

Es un filtro de ventana de clase lineal, que suaviza la señal o la imagen. El filtro trabaja como un filtro pasa-bajas. La idea de un filtro de media es simple: reemplazar el valor de cada píxel en una imagen con el valor de la media (promedio) de sus vecinos, incluido él mismo. Esto tiene el efecto de eliminar el valor de píxel que no es representativo de su vecindad.

Este filtro presenta ciertas desventajas: es bastante sensible a cambios locales y puede crear nuevas intensidades de gris o de color que no aparecían antes en la imagen. A su vez, cuando el filtro se topa con un borde, comienza a interpolar nuevos valores para los píxeles en el borde y esto difumina ese borde. Esto puede ser un problema si se requieren en la salida bordes delgados [9] [10].

- *Mediana*

En este tipo de filtro se analiza cada píxel de la imagen y se reemplaza por la mediana de los píxeles vecinos. La mediana se calcula ordenando los valores de los píxeles vecinos y seleccionando el que queda en medio. Es muy efectivo removiendo el ruido mientras preserva los bordes.

No es un filtro lineal, pero da muy buenos resultados en caso de ruido de sal y pimienta, ya que no depende de los valores que son significativamente diferentes de los valores típicos de sus píxeles vecinos [11] [12].

- *Bilateral*

Es un filtro que se encarga de reemplazar el valor de intensidad en cada pixel de la imagen por una media ponderada de los valores de intensidad de los píxeles cercanos. Posee la ventaja de suavizar las zonas homogéneas de una imagen manteniendo los bordes [13][14].

- *Filtro de radio variable*

El filtro de mediana de radio iterado (IRMF, por las siglas en inglés para iterated radius mean filter) está definido como un filtro que ordena los datos de acuerdo a la distancia que tienen a su media, considerando los valores de la señal como “círculos homocéntricos” que tienen su centro en la media. Los datos ordenados son organizados en un *vector de radio*, de acuerdo a la distancia desde el valor de su media. La salida de este filtro es una combinación lineal de elementos del vector de radio y los valores de la señal de entrada [15].



Imagen 1: Imagen con ruido utilizada durante las pruebas con los filtros descritos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al aplicar los seis distintos filtros sobre una misma imagen, corrompida con ruido aleatorio, obtenida a partir de un motor de búsqueda, (*véase la imagen 1*) se realizó la evaluación cualitativa y cuantitativa de los resultados obtenidos. En este caso, la relación pico de señal a ruido (PSNR), se usa como la medida cuantitativa de la calidad de la imagen; ésta es dada en decibelios con valores típicos de 30-50dB, siendo mayor cuanto mejor codificación de la señal existe [16] [17].

Al aplicar los filtros a la imagen (*Imagen 1*) de ruido aleatorio se obtuvieron los resultados cualitativos mostrados a continuación (*Imagen 2*).

Después se realizó la comparativa cuantitativa

Como puede observarse, para este caso específico de tipo de ruido, usando un kernel pequeño el filtro Gaussiano es el que ofrece mejores resultados y, para el caso de kernel grandes, es el filtro bilateral.



usando el método PSNR. Los resultados obtenidos son mostrados en la *Tabla 1*, en la que se enfatiza, usando negritas, el mejor resultado obtenido en la prueba para el kernel dado.

Tabla 1: Relación de Pico Señal a Ruido (PSNR).

Filtro	3x3	5x5	7x7	9x9
<i>Bilateral</i>	26.7842	26.5647	26.4471	26.3660
Suavizado	26.4852	26.3136	26.1824	26.0808
Mediana	26.9225	26.5426	26.3716	26.2637
Gaussiano	26.9840	26.6193	26.4233	26.3344
Media	26.4852	26.3136	26.1824	26.0808
IRMF*	26.1325	25.7925	25.6838	25.6254

*Iterated Radius Median Filter (*Filtro de radio variable*)

En el desarrollo y comparación de los diversos tipos de filtros se puede entender que, para que el método de radio muestre mejores resultados, éste puede obtenerse perfeccionando el algoritmo y tomando en cuenta el error absoluto entre iteraciones para mayor precisión.

Dentro del artículo en el que se basó la investigación [15] se hace la anotación que el filtro IRM obtiene mejores resultados conforme mayor sea la corrupción del ruido y tiene resultados comparables a los obtenidos mediante otros filtros a menor corrupción de ruido. Aquí se ha realizado una sola comparación entre filtros, sin tomarse en cuenta el nivel de corrupción existente en la imagen.

CONCLUSIONES

En la práctica, un ruido puede ser la combinación de varias componentes provenientes de fuentes y causas distintas, de modo que la reducción o atenuación puede ser desigual o limitarse a ciertas

Imagen 2: Comparativa cualitativa de los seis filtros aplicados a una misma imagen con un kernel de 5x5.

componentes del mismo. En otras palabras, debe entenderse que, debido a varios factores, el ruido no puede ser completamente eliminado de una imagen, sino sólo puede ser atenuado. La elección del filtro de atenuación dependerá del factor que se busque dentro de la imagen y si se está dispuesto a sacrificar calidad o bordes de la imagen. O bien, si esto no es el resultado final esperado, deberán aplicarse más técnicas de procesamiento e ir adaptándolas con los medios adecuados para perder la menor cantidad de información posible. En base a los resultados obtenidos se concluye que aquellos filtros ya prediseñados pueden llegar a mostrar mejores resultados que otros recién publicados, esto dependiendo de la cantidad de ruido que contenga la imagen.

REFERENCIAS

- [1] Escalante Ramírez, B. Procesamiento Digital de Imágenes (2006) <http://verona.fi-p.unam.mx/boris/teachingnotes/Introduccion.pdf>
- [2] Procesamiento de imágenes (2017) http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec_9.htm
- [3] Ruido y filtrado (2015) <http://www.dc.uba.ar/materias/t1/2015/c2/archivos/ClaseRuidoFiltrado2015.pdf>
- [4] Machine Vision. Image Filtering, Chapter 4 (2017) http://www.cse.usf.edu/~r1k/MachineVisionBook/MachineVision.files/MachineVision_Chapter4.pdf
- [5] Filtros digitales (2017) <http://alojamientos.us.es/gtocoma/pid/tema3-1.pdf>
- [6] Matriz de convolución (2017) <https://docs.gimp.org/es/plugin-inconvmatrix.html>
- [7] Smoothing (2017) <https://en.wikipedia.org/wiki/Smoothing>
- [8] Conservating smoothing (2017) <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/csmooth.htm>
- [9] Mean filter, or average filter (2017) <http://www.librow.com/articles/article-5>
- [10] Mean filter (2017) <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/mean.htm>
- [11] Temas de filtrado. Tema 6 (2017) <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema06.pdf>
- [12] Image Filtering (2010) https://www.cs.auckland.ac.nz/courses/compsci373s1c/PatricesLectures/Image%20Filtering_2up.pdf
- [13] Filtro Bilateral (2017) https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_bilateral
- [14] Filtrado Bilateral (2007) http://pdi-fich.wdfiles.com/local--files/tpsaplicacion/2007_BellinoFernandezScarel-Bilateral.pdf
- [15] Tsirikolias, K. (2015). Low level image processing and analysis using raidus filters. Digital Sigantl Porcessing 50(2016) 72-83.
- [17] Peak Signal-to-Noise Ratio as an Image Quality Metric (2013) <http://www.ni.com/white-paper/13306/en/>
- [17] Márquez Flores, J. Ruido en datos, señales $x(t)$ e imágenes $I(x,y)$ (2012) CCADET-UNAM http://www.academicos.ccadet.unam.mx/jorge.marquez/cursos/imagenes_neurobiomed/Ruido.pdf