



Restauración de Imágenes en Blanco y Negro a través de la Detección y Mejoramiento de sus Bordes

Germán López Peña*, Ing. Patricia Chávez Burbano
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
*gelopez@fiec.espol.edu.ec, galopez@espol.edu.ec

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo la restauración de imágenes en blanco y negro. Las imágenes a ser restauradas serán fotografías en blanco y negro las cuales debido a su antigüedad o al proceso de digitalización han sufrido un deterioro en la calidad de las mismas. Esto se lo realizará con una detección y mejoramiento de los bordes, para lo cual se hará uso de los filtros Laplaciano y Canny, además de los filtros wavelet Haar y Sym2. Durante el proyecto se procesarán diferentes imágenes con cada de los filtros para determinar con cual de ellos se obtiene un mejor resultado visual. Las imágenes resultantes serán sometidas a una encuesta, a fin de poder esclarecer cual produce el mejor efecto deseado. Adicionalmente, se determinará el error medio cuadrático normalizado y el tiempo de procesamiento de los mismos como parámetros adicionales para la elección del filtro adecuado, dependiendo de las limitantes del computador a utilizar.

Palabras Claves: *Filtro Laplaciano, Filtro Canny, Wavelet Haar, Wavelet Sym2, Detección de bordes, Matlab.*

Abstract

The objective of this project is the restoration of images in black and white. The images restored will be black and white photographs which, because of their age or digitalization process, have diminished in quality. The restoration will be done with the detection and improvement of borders. For this Laplacian and Canny filters, along with Wavelet Haar and Sym2 filters, will be used. Through the project different images will be processed with each of the filters to determine which one produces the best visual result. The resulting images will be evaluated through a survey, to be able to determine which filter offers the desired effect. Additionally, the mean squared normalized error will be determined as well as the processing time of the filters. All of this factors will be used to choose the right filter, depending on the processing limitations of the computer that will be used.

Key Words: *Laplacian Filter, Canny Filter, Wavelet Haar, Wavelet Sym2, Border Detection, Matlab.*

1. Introducción

Las fotos que se han tomado con cámaras convencionales y que han sido escaneadas a fin de poder preservarlas de la degradación habitual debido al medio ambiente, así como las fotos tomadas mediante métodos digitales usualmente requieren ser sometidas a un proceso de restauración a fin de mejorar la calidad de las mismas, las cuales pueden haber sido afectadas por diversos factores durante su captura o proceso de digitalización.

Existen muchas técnicas utilizadas para la restauración digital de imágenes, una técnica muy utilizada en la fotografía es el mejoramiento de los bordes de la imagen. Esta técnica consiste en aislar los bordes de la imagen, amplificarlos y posteriormente volverlos a colocar en la imagen.

Hay varios filtros que se emplean para este propósito, pero en este caso utilizaremos solamente cuatro: Gradiente basado en derivada de segundo orden (Laplaciano), Filtro Canny, Wavelet Haar y Wavelet Sym2.

Estos algoritmos fueron implementados usando Matlab 7.7.0 con el Editor incluido en el programa, así como GUIDE que es una herramienta para el desarrollo de las interfaces gráficas. Los resultados de estos procedimientos son presentados mediante las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5, así como en la Tabla 1.

2. Algoritmos de detección de bordes

2.1. Filtro Laplaciano

Este filtro se basa en crear una máscara que destaque los píxeles (a través del aumento de su nivel de gris) cuya variación, con respecto a su vecindad, es significativa.

La máscara del filtro Laplaciano tiene la siguiente forma:

$$[F_2] = \begin{bmatrix} \alpha/(1+\alpha) & (1-\alpha)/(1+\alpha) & \alpha/(1+\alpha) \\ (1-\alpha)/(1+\alpha) & -4/(1+\alpha) & (1-\alpha)/(1+\alpha) \\ \alpha/(1+\alpha) & (1-\alpha)/(1+\alpha) & \alpha/(1+\alpha) \end{bmatrix}$$

El valor de α está limitado al rango de 0.0 a 1.0.

2.2. Filtro Canny

El filtro Canny se basa en tres criterios fundamentales.

- Una buena detección. Debe haber una baja probabilidad de seleccionar en forma incorrecta los bordes y de marcar como bordes puntos que no lo son.

- Una buena localización. El punto seleccionado como borde debe encontrarse lo más cerca posible del centro del borde real.
- Unicidad en la obtención de bordes. Esto está implícito en el primer criterio, ya que de haber dos respuestas para un mismo borde uno debe estar equivocado. Sin embargo el aspecto matemático del primer criterio no lo considera, así que se debe hacer implícitamente.

El primer criterio se cumple con la siguiente ecuación:

$$SNR = \frac{\left| \int_{-W}^{+W} G(-x)f(x)dx \right|}{n_0 \sqrt{\int_{-W}^{+W} f^2(x)dx}}$$

Donde $G(x)$ es el filtro Gaussiano que se utiliza para suavizar los bordes y n_0 es la amplitud promedio del ruido.

El segundo criterio se satisface con la siguiente ecuación:

$$Localización = \frac{\left| \int_{-W}^{+W} G(-x)f'(x)dx \right|}{n_0 \sqrt{\int_{-W}^{+W} f'^2(x)dx}}$$

El tercer criterio se satisface con la siguiente ecuación:

$$Distancia = \pi \left(\frac{\int_{-\infty}^{+\infty} f^2(x)dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} f'^2(x)dx} \right)$$

2.3. Filtro Wavelet Haar

La transformada wavelet Haar consisten en un breve impulso positivo seguido de un breve impulso negativo. La transformada Haar es una función ortogonal, lo cual junto con la existencia de una función de escalabilidad son los criterios que se asocian en los filtros wavelet con un algoritmo rápido y pequeño.

La transformada wavelet Haar es una transformada lineal separable basada en la función escalón, $g(x)$, y en la función Haar, $h(x)$ expresadas como:

$$g(x) = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq 1 \\ 0; & \text{otro caso} \end{cases}$$

$$h(x) = \begin{cases} 1; & 0 \leq x \leq \frac{1}{2} \\ -1; & \frac{1}{2} \leq x \leq 1 \\ 0; & \text{otro caso} \end{cases}$$

2.4. Filtro Wavelet Sym2

Los filtros simétricos son generalmente llamados filtros de fase lineal; si un filtro no es simétrico, entonces su desviación de simetría es juzgada por como su fase se desvía de una función lineal. Para

hacer un filtro “cercano” a la simetría, la idea es modificar la fase para hacerla “casi” lineal.

Teniendo:

$$P(y) = \sum_{k=0}^{N-1} C_k^{N-1+k} y^k$$

Donde C_k^{N-1+k} denota a los coeficientes binomiales.

Entonces,

$$|m_{q(w)}|^2 = (\cos^2(w/2))^N P(\sin^2(w/2))$$

La idea es expresar el m_0 , considerando $|m_{q(w)}|^2$ como una función W de $z = e^{iw}$

Entonces podemos factorizar W de diversas maneras a la forma $W(z) = U(z)\overline{U(1/z)}$ debido a que las raíces de W con módulos no iguales a 1 van en par. Si una de las raíces es z_1 , entonces $1/z_1$ también es una raíz.

Seleccionando U de tal forma que los módulos de sus raíces sean menor que 1, construimos Daubechies wavelets dbN . El filtro U es un “filtro de fase mínima”

Haciendo otra elección, obtenemos filtros más simétricos; estos son los filtros symlets

3. Implementación y resultados experimentales

3.1. Implementación

Para las diversas pruebas realizadas se configuraron diversos parámetros en cada uno de los algoritmos para mejorar la eficiencia de los mismos:

- El filtro Canny, se lo implementó utilizando la función `edge` de Matlab, la cual permite especificar los parámetros de umbral de convergencia del filtro, pero estos valores serán omitidos a fin de que el programa escoja los valores correspondientes en forma automática.
- Los filtros wavelet Haar y Sym2, se los implementó usando la función `dwt2` de Matlab y puede escogerse entre tres niveles de filtrado.
- El valor de α para el filtro Laplaciano se lo fijó en 1.0 ya que se determinó que era el valor que producía mejores resultados, después de varias pruebas.

3.2. Resultados experimentales

A continuación se muestran la imagen original, así como las imágenes resultantes una vez procesadas con los diferentes filtros.



Figura 1. Imagen original

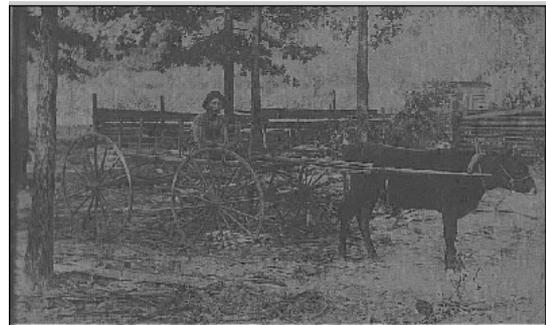


Figura 2. Imagen después de pasar por el filtro Laplaciano



Figura 3. Imagen después de pasar por el filtro Canny



Figura 4. Imagen después de pasar por el filtro Haar



Figura 5. Imagen después de pasar por el filtro Sym2

Adicionalmente se muestra una tabla comparativa del error cuadrático normalizado (NMSE) y del tiempo de procesamiento de cada uno de los filtros utilizados.

Tabla 1. Tabla comparativa

	NMSE	Tiempo (s)
Laplaciano	0.336×10^{-6}	0.0445
Canny	0.102×10^{-6}	0.8918
Haar	0.334×10^{-36}	0.2448
Sym2	41.285×10^{-33}	0.3042

4. Conclusiones

1. Basados en el NMSE el filtrado wavelet Haar presenta un mejor desempeño que los otros filtros, pero visualmente los mejores resultados los produce el filtro Canny.
2. Para determinar los mejores resultados visuales, se mostró a un grupo de 20 personas de entre 20 y 40 años, las imágenes, luego de haber sido restauradas utilizando los 4 métodos descritos anteriormente. La mayoría de las personas escogió la imagen resultante después de haber sido restaurada utilizando el filtro Canny como la que tenía mejor resultado visual.
3. El filtro Laplaciano resulta ser el menos eficiente debido a que el algoritmo del mismo solo detecta variaciones de intensidad en la escala de grises, por lo cual se obtienen varios falsos positivos de los bordes, lo que visualmente genera un oscurecimiento de la imagen. Sin embargo el filtro Laplaciano es el que utiliza un menor tiempo de procesamiento que los demás filtros, siendo el filtro Canny el que presentó los

tiempos de procesamiento más elevados de todos.

4. Resumiendo, al ser el objetivo principal de este proyecto la obtención de una buena imagen restaurada, el filtro a utilizar sería el de Canny, ya que visualmente es el que produjo mejores resultados, aunque el valor del NMSE y el tiempo de procesamiento son menores en el filtro wavelet Haar. En el caso de que la capacidad de procesamiento sea una limitante lo ideal sería utilizar el filtro wavelet Haar, ya que visualmente fue la segunda opción más elegida en la encuesta.

5. Referencias

Liste y enumere todas las referencias bibliográficas a tamaño 10 Times, espaciado-simple, al final de su artículo. Cuando cite una referencia en el texto, encierre el número de la cita en corchetes, por ejemplo [1]. Donde sea apropiado, incluya el nombre(s) de las citas referenciadas. Ejemplos de referencia a libros, reportes técnicos, proceedings de conferencias, artículos de journal, tesis y sitios de Internet son dados abajo.

- [1] Canny, John. "A Computational Approach to Edge Detection." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine, Vol. PAMI-8, No. 6, 1986, 679-698.
- [2] Daubechies, Ingrid. Ten lectures on wavelets. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1994, 194 - 202.
- [3] Madisetti, Vijay K., and Douglas B. Williams. Digital Signal Processing Handbook. Atlanta: CRC Press LLC, 1999, 1087 - 1105.
- [4] Casas, María. Alasbimn Journal 10. Abril 1, 2008. http://www.alasbimnjournal.cl/alasbimn/index.php?option=com_content&task=view&id=351&Itemid=149.
- [5] Sánchez, Omar. Modelos, Control y Sistema de Visión. Noviembre 1, 2008. <http://omarsanchez.net/filtroespa.aspx>.