Revista Tecnológica ESPOL,

Análisis matemático e implementación de algoritmos iterativos para degradar y restaurar imágenes utilizando el criterio de minimización de rizado

Saquinaula Brito José Luis[1], Miranda Muñoz Angelo Francisco[2], Chávez Patricia[3]
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863 Guayaquil, Ecuador
saquinaula@hotmail.com[1], amiranda@hotmail.com[2], pchavez@espol.edu.ec[3]

Resumen

En este artículo se presenta una metodología para restaurar imágenes degradadas por un movimiento horizontal (o vertical) puro. El proceso de degradación está definido por la ecuación Hf = g, donde g es la fila (o columna) de la imagen degradada, H es la matriz de degradación y f es la fila (o columna) de la imagen original no degradada. El problema consiste en encontrar f a partir de H y g. Sin embargo, debido a que la matriz de degradación posee más columnas que filas, existen infinitas soluciones para f que satisfacen Hf = g. Por esta razón es necesario emplear una condición adicional para f , de tal forma que la solución encontrada se asemeje a la señal original no degradada. Para restaurar adecuadamente la imagen original se sugiere en este artículo el uso del criterio de minimización de rizado en f . Este criterio fue establecido a partir de un conjunto de soluciones de Hf = g, en las que se observó que las soluciones no deseadas presentan grandes oscilaciones. De esta manera, el proceso de restauración puede ser planteado como un problema de optimización en el que se debe encontrar f minimizando su rizado, sujeto a la restricción Hf = g, conociendo a priori H y g. Además se presenta un nuevo método directo que resuelve el problema de optimización.

Palabras Claves: *procesamiento de imágenes, restauración de imágenes, imágenes degradadas, simulación, optimización.*

Abstract

In this paper a methodology to restore images that have been blurred by a horizontal (or vertical) movement is presented. The blur process is defined by the equation Hf = g, where g is the row (or column) of the blurred image, H is the blur matrix and f is the original image. The restoration problem estimates f from H and g. Nevertheless, since matrix H has more columns that rows, there are an infinite number of exact solutions for f that satisfy Hf = g. For this reason, an additional constraint for f is required. In order to obtain a sharp estimation, we propose to minimize the ripple of f . This assumption means that the component of the higher frequencies of f are not so significant in the wanted solution. Thus, the restoration process corresponds to an optimization problem in which f is estimated my minimizing the ripple subject to Hf = g, where H and g are a priori known. In addition, we propose a new way to solve directly this optimization problem.

Key words: *image processing, image restoration, blurred images, simulation, optimization*

1. Introducción

Este proyecto tiene como objetivo principal dar a conocer ciertos procesos matemáticos para simular la degradación de una imagen provocado por un el movimiento de un objeto en movimiento.

También lograr recuperar la imagen utilizando el criterio de minimización de rizado que consiste en disminuir las oscilaciones debido a la degradación y porque existen muchas soluciones en las cuales debemos tomar la que tenga menores picos en su respuesta. Principalmente la aplicación de nuestro proyecto es a nivel educativo que los futuros estudiantes conozcan varios métodos para recuperar información de imágenes degradadas por movimiento lineal uniforme.

2. Objetivos

2.1 Objetivos Generales

- Desarrollar en Processing una herramienta que permita degradar y restaurar imágenes.
- Afianzar los conocimientos en el estudio del Procesamiento Digital de Señales.

2.2 Objetivos Específicos

- Que futuros estudiantes desarrollen nuevos modelos matemáticos que simulen otro tipo de degradaciones reales.
- Que los estudiantes tengan una herramienta que facilite el estudio de procesamiento digital de imágenes.

3. Descripción del proyecto

A lo largo del desarrollo del proyecto surgieron problemas principalmente en la parte de restauración de las imágenes debido a que la parte matemática es un poco fuerte.

3.1 Degradación de la imagen

En esta parte del proyecto vamos a simular un caso real de degradación o daño al tomar una foto. Si existe un movimiento relativo, sea este horizontal o vertical entre la cámara y el objeto al que se le tomará la foto, la cámara va a capturar información de una escena más ancha que la que hubiese tomado sin movimiento, entonces la imagen que luego será restaurada, tendrá más columnas que la imagen degradada.

.

Nos valemos de una convoluciòn para este propósito la cual está definida en la siguiente ecuación matricial.

$$g = f * h = \begin{pmatrix} h_1 \;....\; h_n \;0\;0\;0\;0 \\ 0 \;\; h_1 .... h_n \;0\;0\;0 \\ \vdots \qquad \vdots \\ 0 \;\;\; 0 .... 0 \;\; h_1 .... h_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_N \end{pmatrix}$$

Donde f representa una fila de la imagen original, h representa la respuesta al impulso de la degradación y g representa una fila de la imagen degradada.

1. Introducción

Como la degradación correspondiente a un movimiento lineal uniforme de n píxeles, los elementos de la matriz H son constantes: $H = \left(h_1 \;\; h_2 \;\; h_3 \;....... \; h_n\right)^T$ donde $h_i = 1/n$. Es importante que los elementos de h deban cumplir con la siguiente condición $\sum h_i = 1$ para que la imagen degradada no sea ni más oscura ni más clara que la imagen original.

Figura 3.1: Degradación horizontal de la imagen

La degradación ocurre para desplazamientos verticales y horizontales, en ambos se realiza el mismo proceso de convoluciòn solo que para desplazamiento horizontal hacemos la transpuesta para pasar esos elementos como una fila.

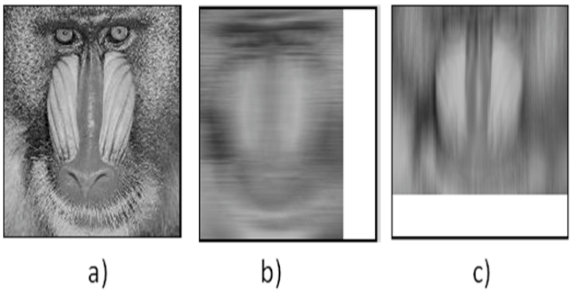

Figura 3.2 Degradación Horizontal y Vertical
a) imagen original, b) imagen degradada horizontalmente c) imagen degrada verticalmente

3.2 Restauración de la imagen

La restauración consiste en recuperar de la mejor manera posible la fila de la imagen original. Con el concepto de invertibilidad de sistemas lineales invariantes en el tiempo que dice: “Un sistema invariante en el tiempo TI tiene la propiedad de que cierta entrada siempre dará la misma salida, sin consideración alguna a cuando la entrada fue aplicada al sistema.

Para restaurar la imagen original (F) es posible realizar un procedimiento inverso aplicado a la imagen degradada (G)

.

Figura 3.3: Modelo de solución

Para minimizar el rizado existen algunos modelos matemáticos que permiten restaurar la imagen de los cuales se basan en minimizar la norma o modulo ya sea con respecto a la fila de la imagen degradada o con respecto a los armónicos de las graficas de la fila.

Uno de ellos es el criterio de similitud en el que se considera que dos señales son similares si están correlacionadas entre sí. Existen varias medidas o puntos de vista que sirven para evaluar la similitud entre dos señales, tres de ellas son la correlación, la covarianza y el coeficiente de correlación.

El otro método posible es el de criterio de similitud. En este procedimiento vamos a minimizar una señal $\hat{s}$ que se obtiene a partir de un filtro pasa alto definido para $\hat{f}$, es decir:

$$\|\hat{s}\| = \|\hat{f} * w\| = \|W\hat{f}\|$$

Donde w se define como el vector que representa la respuesta al impulso del filtro pasa alto, y W es la matriz circulante respectiva definida a partir de w, de la misma manera como H fue definido a partir de h en la ecuación. W puede ser definido de varias maneras una de las más simples es que su multiplicación con su transpuesta nos de la matriz identidad por lo que estas matrices se llaman pseudo-inversas. De allí el nombre del método que nosotros utilizamos, que es el criterio de frecuencia por el método directo aplicando la pseudo inversa.

3.3 Funcionalidad del Programa

El programa está desarrollado en processing 1.0.1 es un software que sirve para el estudio de imágenes en lenguaje JAVA. Por ese motivo necesita tener este programa porque la interfaz grafica se desarrollo en JAVA. También utilizamos el software matemática en el que se pudo realizar las multiplicaciones que nos permitieron darnos cuenta de las secuencias y generar el código correspondiente.

La interfaz con el usuario es muy amigable ya que está hecha de manera sencilla para que cualquiera pueda manejarla.

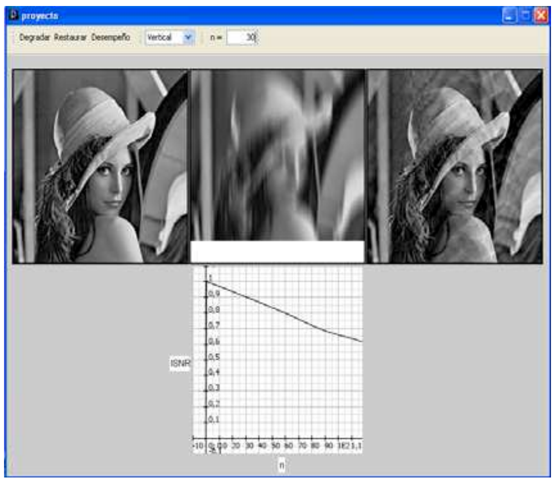

Figura 3.4 Interfaz grafica

4. Análisis de resultados

A continuación veamos los resultados de cómo se observa la restauración de una imagen en blanco y negro y otra con color para los mismos valores de degradación anteriores.

Figura 4.1 Imágenes en blanco y negro restauradas

Figura 4.2 Imágenes a color restauradas

Analíticamente hemos calculado el desempeño de la restauración a través de la relación señal a ruido ISNR. Cabe recalcar que como está definido este valor solo se puede para imágenes que han sido restauradas conociendo la manera d como se degrado la imagen.

$$ISNR = \left(\frac{\left\| F_N - G \right\|}{\left\| F - \hat{F} \right\|} \right) = \left(\frac{\sum_{i=1}^{L} \sum_{j=1}^{N} \left(F_{ij} - G_{ij} \right)^2}{\sum_{i=1}^{L} \sum_{j=1}^{M} \left(F_{ij} - \hat{F}_{ij} \right)^2} \right)$$

A continuación mostraremos en unas tablas los resultados obtenidos de ISNR en función del parámetro de degradación n para una imagen en blanco y negro y a color.

En la cual notaremos que el desempeño para una imagen a color es menor debido a que degradamos cada componente de color.

Valor de degradación (n)	Desempeño (ISNR)
10	0,97
20	0,93
30	0,9
40	0,87
50	0,83
60	0,8
70	0,76
80	0,72
90	0,68
100	0,66
110	0,64
120	0,61

Tabla 4.1: Desempeño de una imagen en blanco y negro

Valor de degradación (n)	Desempeño (ISNR)
10	0,96
20	0,91
30	0,87
40	0,83
50	0,78
60	0,73
70	0,67
80	0,63
90	0,58
100	0,54

Tabla 4.2: Desempeño de una imagen a color

5. Conclusiones

Si se realizan todas las operaciones como aparecen en las fórmulas, el costo computacional es muy alto pues se deben realizar muchas multiplicaciones lo que implica hacer tres “lazos for” anidados lo cual consume recursos.

En lugar de eso utilizamos el software *matemática* que nos sirvió para poder programar en base a patrones que se observaban en las distintas pruebas con diferente tamaño de matrices que realizamos. Además con esto reducimos las líneas de código.

La restauración para imágenes en blanco y negro es mejor que para imágenes a color lo cual se indica en el valor de ISNR que es menor para imágenes a colores. Esto es debido a que en imágenes a color tiene que restaurar cada componente de color de la imagen.

La imagen restaurada presentaba unas líneas blancas lo que significaba que en esas filas no se mostraba ningún resultado, estas líneas aparecían cuando n es múltiplo de M que es el tamaño de la imagen.

Esto complicaba los valores de ISNR para el desempeño del proyecto. Lo que se hizo para mejorar el ISNR es llenar esas filas con la fila anterior que a simple vista no se nota ninguna diferencia en la imagen restaurada.

La mejor recuperación de la imagen se obtiene poniendo el mismo valor parámetro de degradación n tanto para la parte de degradación como la de restauración.

6. Recomendación

Tratar de analizar los tres métodos de restauración de imágenes aplicando el criterio de similitud. Además un modelo de degradación que simule otro tipo de deterioro real.

Utilizar otros programas como MATLAB y compararlo con processing para analizar tanto su costo computacional como el desempeño de la restauración utilizando el criterio de minimización de rizado.

7. Agradecimientos

A Dios. A nuestros padres que con tanto esfuerzo nos impulsaron día a día para culminar nuestra carrera. Un agradecimiento especial a la ingeniera Patricia Chávez que nos ayudo y oriento para terminar la materia de graduación.

8. Referencias

[1] MERY Domingo ; LÓPEZ Marcela : “Restauración de imágenes usando el criterio de minimización de rizado en la imagen restaurada” Universidad de Santiago de Chile. Departamento de Ingeniería Informática

[2] Tutorial de JAVA (Sun) http://java.sun.com/docs/books/tutorial/

[3] H. Andrews and B.Hunt. “Digital Restoration”. Pretince - Hall

[4] Josefa Marín Molina: “Análisis Matemático” Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.