

Procesamiento digital de imágenes

Querejeta Simbeni, Pedro

*Estudiante de Ingeniería Electricista
Universidad Nacional del Sur, Avda. Alem 1253, B8000CPB Bahía Blanca, Argentina
querejetasimbenipetro@gmail.com
Julio 2015*

Resumen: El *procesamiento digital de imágenes* tiene como objetivo principal aplicarle ciertas técnicas a las imágenes para mejorar su calidad o bien facilitar el reconocimiento de determinados patrones presentes en ellas (búsqueda de información). Resulta evidente la necesidad del estudio de los métodos empleados a la hora de procesar imágenes, ya sea para perfeccionar las imágenes obteniendo mejores niveles de calidad, o bien para optimizar la exploración de muestras en ellas (como podría ser la búsqueda de cierta información en fotografías satelitales).

Herramientas del análisis complejo (o teoría del análisis de funciones de variable compleja) como la Transformada de Fourier, Transformada Z o Teorema de Convolución son utilizadas a la hora de llevar a cabo filtros o tratamientos de señales.

Palabras claves: imágenes, Transformada de Fourier, Transformada Z, convolución, compresión de imágenes.

I. INTRODUCCIÓN

El procesamiento digital de imágenes está presente en aplicaciones industriales, ciencias médicas, biometría e identificación, agricultura, ganadería, satélites de observación terrestre, como en tantas otras tareas de distinta índole en la sociedad. Es por ello que hoy en día se enfatiza mucho en desarrollar nuevas y mejores técnicas para llevar a cabo estos tratamientos en las diversas actividades donde se las requiera.

Una imagen puede considerarse como el conjunto de puntos de colores, es decir, una sucesión coherente de puntos que conforman una matriz de información para el uso digital. Estos puntos se denominan 'píxeles' (**picture element**). Un píxel es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

Un filtro sobre una imagen digital es precisamente la operación que se le aplica a los píxeles de la misma para optimizarla, como puede ser remarcar cierta información u obtener un efecto especial en ella.

Los objetivos principales que se busca son:

- Suavizar la imagen: reducir las variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.

- Eliminar ruido: eliminar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos. Esto se debe a transformaciones indeseadas en la imagen debido a la obtención de la misma o en el proceso de transmisión.



Restauración: filtrado de ruido (75% de píxeles ruidosos)

- Realzar y detectar bordes: detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

El proceso de filtrado puede llevarse a cabo sobre dominios de frecuencia y/o espacio, es por ello que la Transformada de Fourier es una herramienta fundamental para estas operaciones.

La Transformada de Fourier, denominada así por Joseph Fourier, es una transformación matemática empleada para transformar señales entre el dominio de tiempo (o espacial) y el dominio de frecuencia.

- El dominio del tiempo es un término utilizado para describir el análisis de funciones matemáticas o señales respecto al tiempo.
- El dominio de la frecuencia es un término usado para describir el análisis de funciones matemáticas o señales o movimiento periódico respecto a su frecuencia.

$$F(\xi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{i\xi x} dx$$

Definición de Transformada de Fourier

Un gráfico del dominio espacial muestra la evolución de una señal en el tiempo, mientras que un gráfico frecuencial muestra las componentes de la señal según la frecuencia en la que oscilan dentro de un rango determinado.

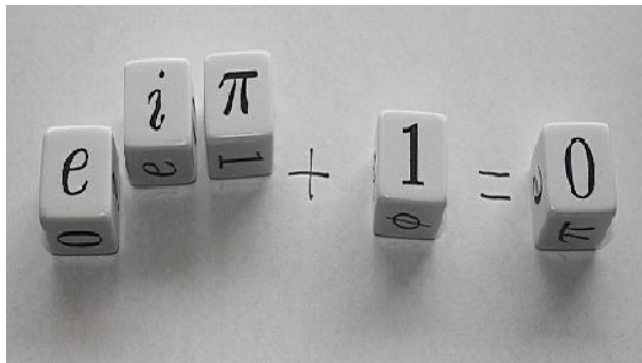


Imagen original

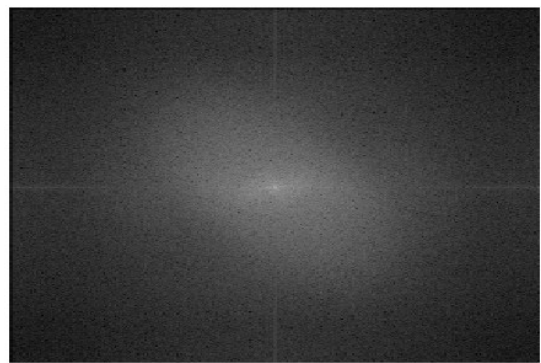


Imagen luego de aplicarle la Transformada de Fourier

FILTRADO EN EL DOMINIO DE FRECUENCIA

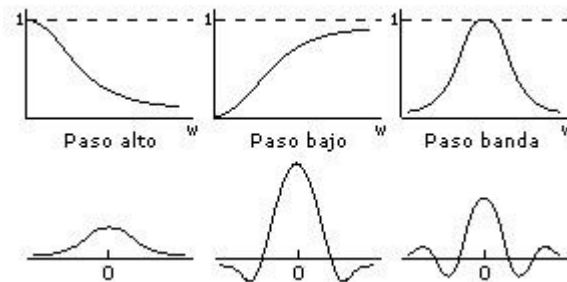
Existen básicamente tres tipos de filtros dentro de esta categoría: filtro paso bajo, filtro paso alto y filtro paso banda.

Para esto se modifica la imagen siguiendo el Teorema de Convolución correspondiente, primero aplicando la Transformada de Fourier, luego multiplicándola por la función del filtro que se desee aplicar, y por último re-transformando la función al dominio espacial empleando la Transformada Inversa de Fourier.

Filtro paso bajo: sin modificar las bajas frecuencias busca atenuar las altas. El resultado es equivalente al de un filtro de suavizado, ya que las altas frecuencias que son filtradas corresponden con los cambios bruscos de intensidad, reduciendo el ruido y suavizando las transiciones existentes.

Filtro paso bajo: sin modificar las altas frecuencias busca atenuar las bajas. A diferencia del filtro de paso bajo, entre otras ventajas, este tipo de filtro ofrece mejoras en la detección de bordes en el dominio espacial (es decir, refuerza los contrastes que se encuentran en la imagen).

Filtro paso banda: atenúa frecuencias muy altas o muy bajas manteniendo una banda de rango medio.

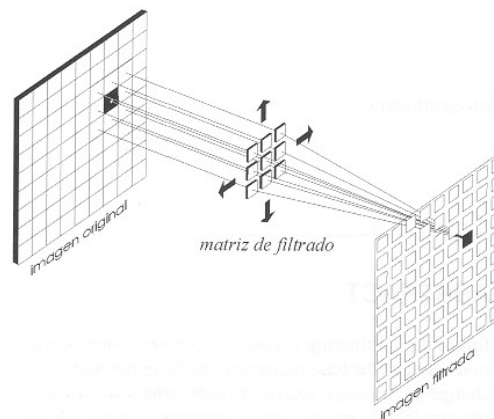


FILTRADO EN EL DOMINIO DE ESPACIO

Esta clasificación de filtros opera directamente sobre los píxeles. Se clasifican en filtros lineales (basados en kernels o máscaras de convolución) y filtros no lineales.

Un kernel o máscara de convolución puede entenderse como una matriz de coeficientes que al ser aplicada en un pixel objetivo (considérese el pixel como un punto (x,y) del plano) obteniendo una transformación en el pixel objetivo como en sus vecinos (entendiendo la transformación como la imagen $G(x,y)$ en todos ellos).

Si bien la forma y tamaño del kernel es variable, usualmente se trabaja con máscaras de convolución cuadradas.



Para realizar un filtrado en el dominio del espacio se realiza una convolución (barrido) del kernel sobre la imagen. Para ello se sigue el Teorema de Convolución en el espacio:

$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y)$$

- Cada píxel de la nueva imagen se obtiene mediante la sumatoria de la multiplicación del kernel por los píxeles contiguos:

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_i z_i$$

Siendo W la máscara de $m \times n$, w_i los coeficientes del kernel y z_i los valores de la imagen que corresponden a dichos coeficientes en escala de grises.

Un claro ejemplo para ilustrar esto, es suponer un kernel W como una matriz de 3×3 , donde cada elemento tiene como coeficiente el valor $1/9$. Al aplicar el filtro sobre un pixel cualquiera, se promedian los colores del pixel objetivo con los colores de sus 8 vecinos. Haciendo esto para todos los pixeles de una imagen, el resultado es otra imagen similar a la original con un efecto borronado:



$$W = \begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix}$$



Imagen original

Imagen luego del proceso de filtro en el dominio de espacio

APLICACIONES EN COMUNICACIÓN

En el procesamiento de señales para convertir una señal real o compleja definida en el dominio de tiempo discreto en una representación en el dominio de frecuencia compleja se emplea la Transformada Z. Es por ello que esta transformada es utilizada en el procesamiento de imágenes digitales, como en televisores de alta definición o en cámaras digitales.

$$X(z) = Z(x_n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_n z^{-n}$$

Definición de Transformada Z

COMPRESIÓN DE IMÁGENES

El objetivo de comprimir una imagen digital es el de reducir el peso informático (medido generalmente en kilobytes) eliminando datos irrelevantes o redundantes de la imagen con la menor pérdida posible de información, ya sea con el fin de hacer más eficiente su almacenamiento o bien su transmisión.

Existen técnicas de compresión que utilizan herramientas matemáticas como por ejemplo la técnica de *JPEG* (**J**oint **P**hotographic **E**xchange **G**roup) que usa la Transformada de coseno discreto (DCT), similar a la transformada de Fourier, con excepción que todos los valores son reales en vez de complejos.

La Transformada de coseno discreta expresa una secuencia finita de varios puntos como resultado de la suma de señales sinusoidales. Si bien existen distintas variaciones posibles de la DCT debidas a la periodicidad y el tipo de simetría, las más usadas son DCT-I y la DCT-II. La DCT-III se conoce como IDCT (transformada inversa).

DCT-I

$$f_j = \frac{1}{2} \left(x_0 + (-1)^j x_{n-1} \right) + \sum_{k=1}^{n-2} x_k \cos \left[\frac{\pi}{n-1} n j \right]$$

DCT-II

$$f_j = \sum_{k=0}^{n-1} x_k \cos \left[\frac{\pi}{n} j \left(k + \frac{1}{2} \right) \right]$$

DCT-III (o IDCT)

$$f_j = \frac{1}{2} x_0 + \sum_{k=1}^{n-1} x_k \cos \left[\frac{\pi}{n} \left(j + \frac{1}{2} \right) k \right]$$

Otro tipo de compresión conocido como *compresión fractal* es una técnica basada en fractales, ya que la compresión puede llevarse a cabo de manera iterativa y porque provee cada vez mayores niveles de detalle cuantas más iteraciones hayan sido realizadas. La ventaja principal de esta técnica es la posibilidad de reconstruir una imagen a color con pocos términos. La enciclopedia Microsoft Encarta utilizó compresión fractal para grabar las imágenes en sus Cds.

REFERENCIAS

- I. Rafael C. Gonzales y Richard E. Woods, Digital Image Processing, Second Edition
- II. John C. Russ, The image Processing – Handbook. Third Edition
- III. Procesamiento Digital de Imágenes. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Procesamiento_digital_de_imagenes
- IV. Transformada de Fourier. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_Fourier
- V. Aplicaciones de la Transformada Z. Disponible en <http://gerardo-villicana-spinoza.blogspot.com.ar/2011/12/aplicaciones-de-la-transformada-z.html>
- VI. Transformada de coseno discreta. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_coseno_discreta
- VII. James, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Pearson Educación, 2002.