Filtrado paso alto y paso bajo

Visión por Computador, curso 2024-2025

Silvia Martín Suazo, silvia.martin@u-tad.com

2 de octubre de 2024

U-tad | Centro Universitario de Tecnología y Arte Digital

Motivación

¿Para qué procesar imágenes?

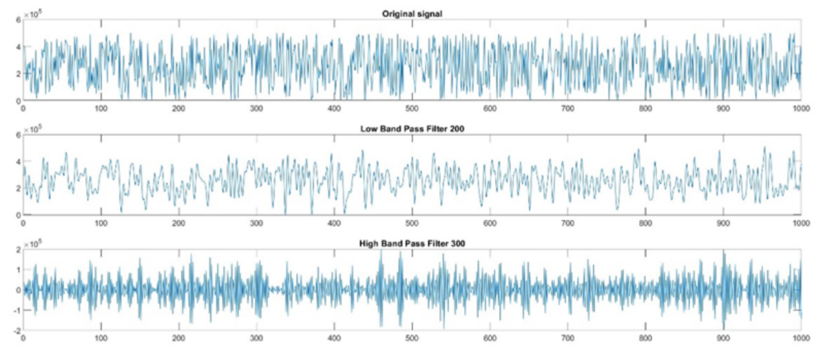
Como se ha visto anteriormente la convolución permite realizar cambios como detección de características o suavizado a una imagen.

Las operaciones de filtrado se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Filtrado de paso alto
- Filtrado de paso bajo

¿Para qué procesar imágenes?

Ambos tipos de filtros son una extensión de los filtros utilizados para procesamiento de señales.

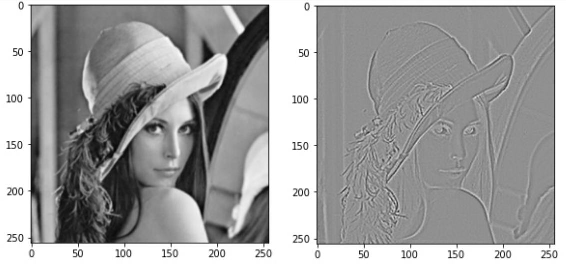


¿Para qué procesar imágenes?

Como se ha visto anteriormente la convolución permite realizar cambios como detección de características o suavizado a una imagen.

Las operaciones de filtrado se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Filtrado de paso alto
- Filtrado de paso bajo



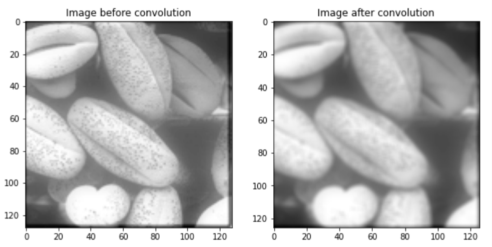
Se centra en resaltar estructuras de la imagen.

¿Para qué procesar imágenes?

Como se ha visto anteriormente la convolución permite realizar cambios como detección de características o suavizado a una imagen.

Las operaciones de filtrado se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Filtrado de paso alto
- **Filtrado de paso bajo**



Tiene como objetivo eliminar ruido o suavizar la imagen manteniendo sus elementos.

Notebook de ejemplos de filtros

Los filtros que se explicarán a continuación pueden ser observados de manera práctica en el siguiente notebook.

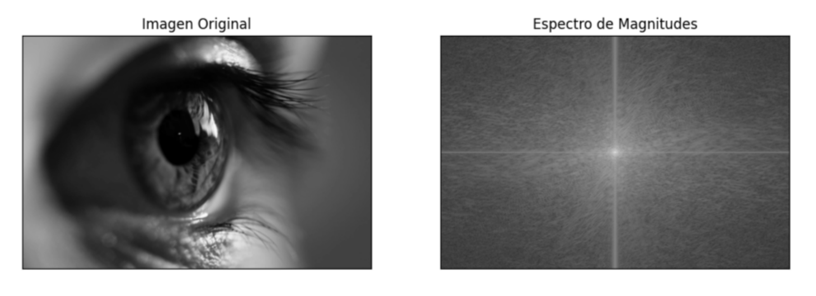
- 02.04-Filtrado.ipynb

Transformada de Fourier

Transformada de Fourier

La transformada de fourier permite el análisis de la distribución de las frecuencias, para decidir que frecuencias mantener o eliminar.

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} f(x,y)e^{-j2\pi(ux+vy)}dxdy \quad (1)$$



Filtrado de paso bajo

Filtrado de caja o media

El filtrado de caja es una técnica de suavizado que realiza una media del vecindario o caja de cada píxel, para así atenuar el ruido de la imagen.

Es una operación de convolución con el siguiente kernel:

$$box_{m,n} = \frac{1}{mn}\begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{m \times n}$$

[1]

Filtrado de caja o media

$$ker^{5x5} = \frac{1}{25}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

GIF example

Filtrado de caja o media

Cuanto mayor sea el tamaño del filtro, mayor será el promediado.

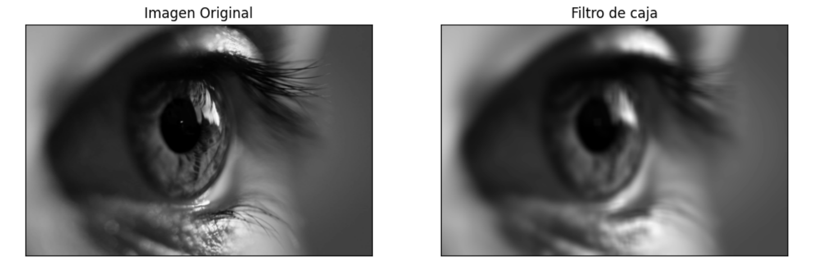
El principal inconveniente de este filtro es que es demasiado duro en la eliminación de ruido.

Existen filtros más sofisticados que son capaces de eliminar ruido de manera selectiva.

Filtrado de caja o media

Conseguimos suavizar la imagen, pero se pierden algunos detalles.

Filtrado de caja o media



Filtro de 20x20

Filtrado gaussiano

Realiza un promediado de los píxeles del vecindario siguiendo una distribución gausiana bidimensional.

El valor del filtro de la convolución viene marcado por una distribución gaussiana centrada en el píxel central con desviación típica σ

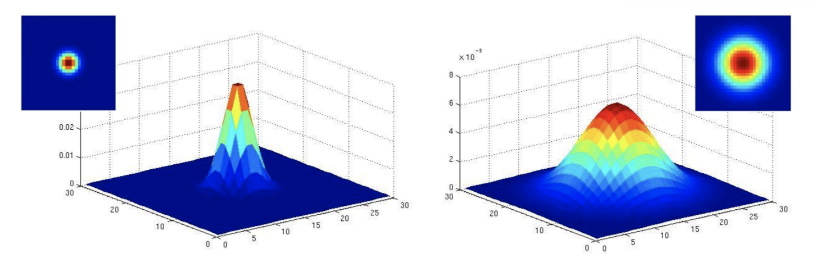
$$K(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{2}$$

$$\text{ker}^{3x3} = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz del kernel 3x3 para un σ de 1

Filtrado gaussiano

A mayor desviación, mayor será la atenuación de la imagen.



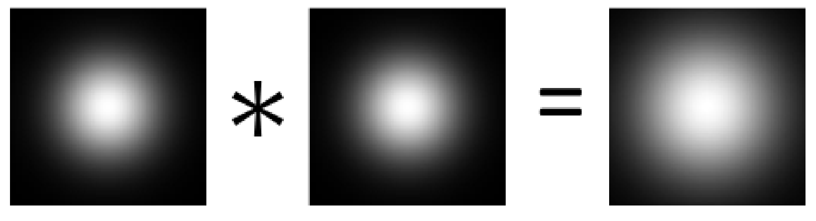
$\sigma = 2$ with 30×30 kernel

$\sigma = 5$ with 30×30 kernel

[2]

Filtrado gaussiano

Al aplicar dos veces un filtrado gaussiano de desviación σ el resultado es el mismo que aplicar un único filtrado de desviación $\sigma\sqrt{2}$.



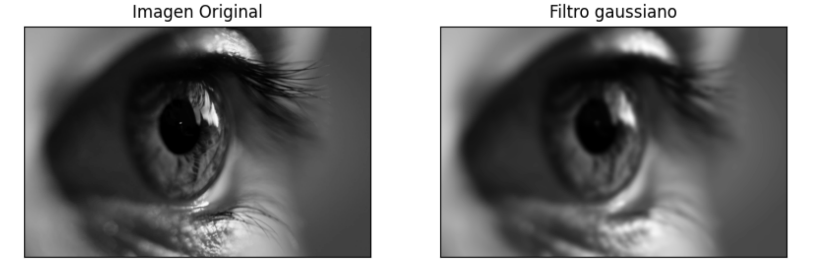
[3]

Filtrado gaussiano

Se obtiene un suavizado perdiendo una cantidad menor de detalles que en el filtro de caja.

El tamaño del kernel se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{Tamaño del kernel } = 2\lceil 3\sigma \rceil + 1 \tag{3}$$



Filtro de 31x31 y $\sigma = 5$

Otros filtros de paso bajo

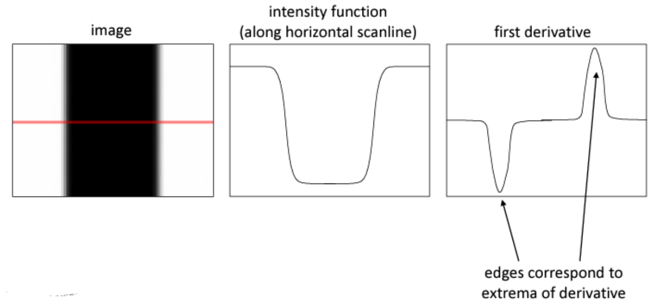
- Filtro de promedio ponderado: asigna pesos predefinidos a los píxeles según su posición en la ventana.
- Filtro de suavizado exponencial: asigna pesos exponenciales a los píxeles en lugar de pesos uniformes, y dando más importancia a píxeles cercanos.
- Filtro de Butterworth

Filtrado de paso alto

Detección de bordes

A la hora de hallar los bordes de una imagen, estos pueden ser observados con los cambios de intensidad de los píxeles que la forman.

En este sentido, a través de los máximos y mínimos de la derivada de la función de intensidad es posible identificar los bordes de una imagen.



[4]

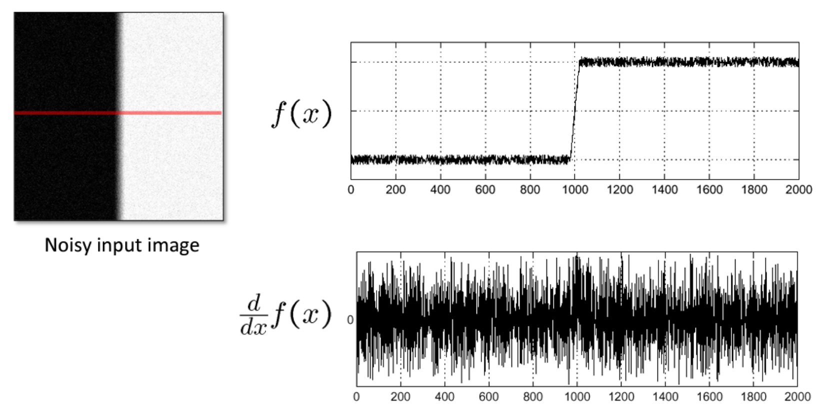
Filtros basados en el gradiente

El gradiente de una imagen calcula el cambio en la intensidad de los píxeles en un área. A través del gradiente se puede ver los límites de ciertas estructuras en una imagen.

El gradiente en una imagen bidimensional es calculado a través de derivadas parciales en el eje X e Y.

Derivadas y ruido

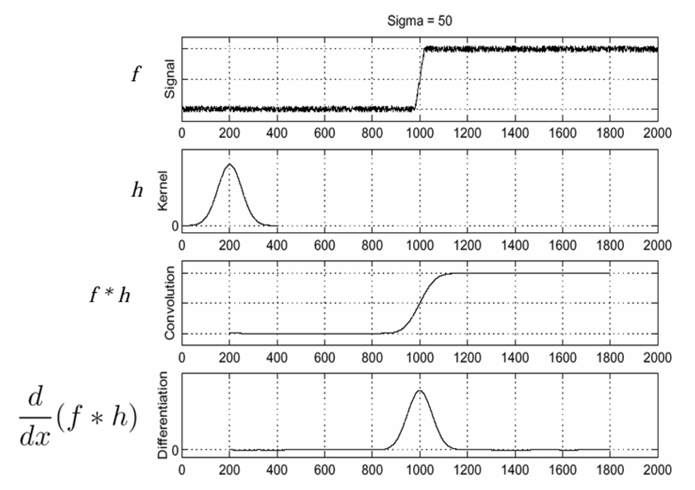
Si se aplica la derivada a una imagen que contiene ruido, el resultado estará afectado por la presencia de dicho ruido.



[5]

Derivadas y ruido

La solución para evitar este problema es aplicar primero un filtrado de paso bajo, que elimine la presencia de ruido en la imagen.



[6]

Derivadas y ruido

Debido a la propiedad asociativa de la convolución te tiene la siguiente igualdad:

$$\frac{d}{dx}(f * h) = f * \frac{d}{dx}h \tag{4}$$

Lo cual permite calcular la derivada de un convolución simplemente derivando el filtro de esta.

Filtro de Prewitt

El filtro de Prewitt [7] sería el equivalente al filtro de tipo caja para un filtrado de paso alto.

$$ker_y^{3x3} = \frac{1}{6}\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtro de Prewitt

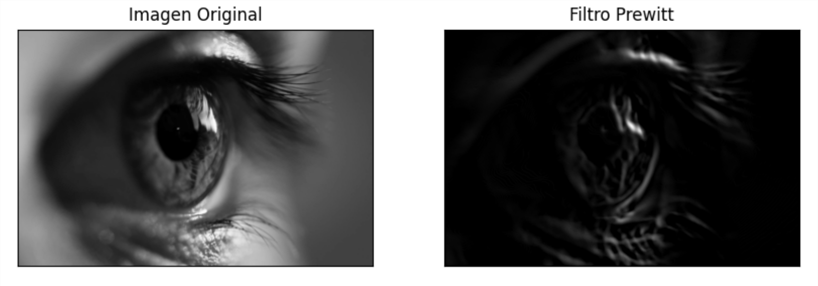
$$\frac{1}{6}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

(a) Kernel para bordes horizontales

$$\frac{1}{6}\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

(b) Kernel para bordes verticales

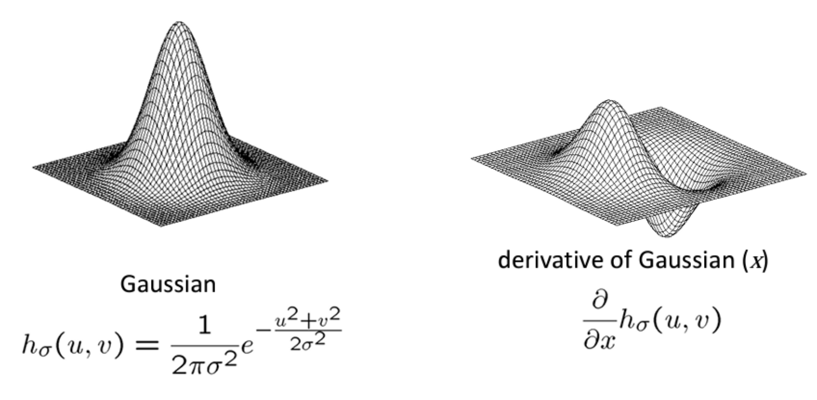
Filtro de Prewitt



Con filtro de 3x3

Filtro derivada del Gaussiano

El filtro derivada del Gaussiano consiste en derivar parcialmente la función gaussiana en alguna de sus dos dimensiones.



[8]

Filtro de Sobel

El filtro de Sobel es una aproximación a la derivada del Gaussiano.

$$ker_y^{3x3} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtro de Sobel

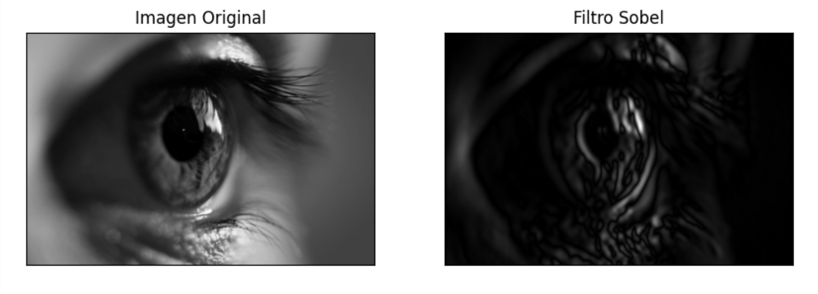
$$\frac{1}{8}\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) Kernel para bordes horizontales

$$\frac{1}{8}\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(b) Kernel para bordes verticales

Filtro de Sobel



Con filtro de 31x31

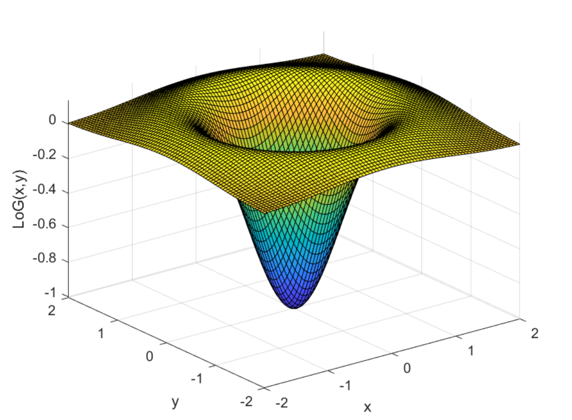
Filtro del Laplaciano

El filtro Laplaciano viene dado por una convolución que tiene valores negativos para sus píxeles centrales y positivos para una región más amplia.

$$ker^{3x3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

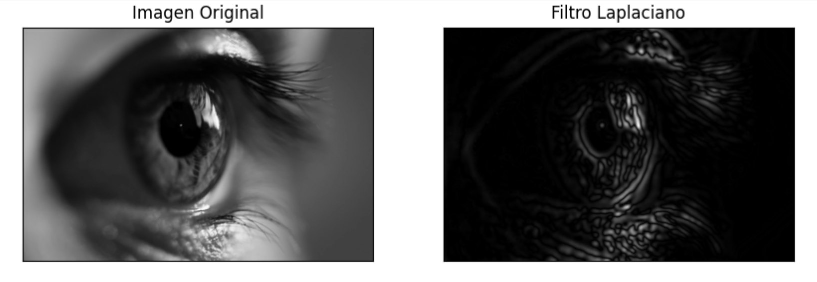
Filtro del Laplaciano

La función que define la convolución se llama operador laplaciano, que aplicado a una Gaussiana obtiene como resultado el filtro del Laplaciano. Esta operación se conoce como la Laplaciana de la Gaussiana.



[9]

Filtro de Laplaciano



Con filtro de 31x31

Referencias i

[1] NVidia.
Box filter.
[Online; accessed September, 2023].

[2] jun94 (Medium).
Gaussian kernel comparison image.
[Online; accessed August, 2022].

[3] Noah Snavely.
Two gaussian convolutions image.
[Online; accessed August, 2022].

[4] Noah Snavely.
Characterizing edges image.
[Online; accessed August, 2022].

[5] Noah Snavely.
Derivative noise image.
[Online; accessed August, 2022].

[6] Noah Snavely.
Noise attenuation image.
[Online; accessed August, 2022].

[7] Judith MS Prewitt et al.
Object enhancement and extraction.
Picture processing and Psychopictorics, 10(1):15–19, 1970.

[8] Noah Snavely.
Gaussian derivative image.
[Online; accessed August, 2022].

[9] Manuel Henriques, Duarte Valério, Paulo Gordo, and Rui Melicio.
Fractional-order colour image processing.
Mathematics, 9(5):457, 2021.