



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

VISIÓN POR COMPUTADOR  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

---

## TRABAJO 1

### CUESTIONES DE TEORÍA

---

#### **Autor**

Vladislav Nikolov Vasilev

#### **Rama**

Computación y Sistemas Inteligentes



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE  
TELECOMUNICACIÓN

CURSO 2018-2019

## Índice

## Ejercicio 1

**Diga en una sola frase cuál cree que es el objetivo principal de la Visión por Computador. Diga también cuál es la principal propiedad de las imágenes de cara a la creación de algoritmos que la procesen.**

### Solución

El objetivo principal de la Visión por Computador es el procesamiento de imágenes reales o sintéticas, en movimiento o no, mediante técnicas matemáticas y algorítmicas con el fin de poder entenderlas, valiéndose para ello de la información semántica y/o geométrica que puede ser extraída de dichas imágenes.

La principal propiedad de las imágenes de cara a la creación de algoritmos que la procesen es la existencia de una dependencia entre un píxel y los píxeles vecinos de éste, lo cuál implica que los vecinos de un píxel tienen un valor similar a éste. Esta dependencia es solo local, no global; no se puede asegurar de forma cierta que exista una dependencia entre los píxeles de una región concreta y los de otra muy distante.

## Ejercicio 2

**Expresar las diferencias y semejanzas entre las operaciones de correlación y convolución. Dar una interpretación de cada una de ellas que en el contexto de uso en visión por computador.**

### Solución

Tanto la correlación como la convolución son operaciones que sirven para aplicar filtros lineales, los cuáles realizan una combinación lineal de un píxel en concreto y de sus vecinos para obtener uno nuevo. Esto también implica que la salida depende de los vecinos del píxel, y no de cómo éstos estén distribuidos. Ambas operaciones coinciden cuando la máscara a aplicar es simétrica en ambos ejes. Además, la forma de aplicarla es la misma, ya que se va recorriendo la imagen píxel por píxel y se aplica la operación.

Al ser ambas operaciones lineales, cumplen la propiedad de superposición, es decir, que permiten descomponer un problema lineal complejo en uno más sencillo. Esto se puede ver de la siguiente forma:

$$h * (f_1 + f_2) = (h * f_1) + (h * f_2) \quad (1)$$

Y, además de eso, ambas operaciones son *shift-invariant*, lo cuál viene a significar que la salida no depende de la posición del vecindario, si no del vecindario como tal. Es decir, podríamos desplazar la imagen, pero el resultado sería el mismo, solo que desplazado, en función del desplazamiento que hayamos hecho.

Sin embargo, ambas operaciones presentan algunas diferencias. La más importante de ellas es que la convolución realiza un giro de la máscara, rotándola en cada uno de los dos ejes antes de aplicarla. Como resultado de esto, las fórmulas de las dos operaciones son diferentes:

- Para la fórmula de la correlación, la cuál se expresa como  $G = H \otimes F$ , siendo  $F$  la imagen de entrada,  $H$  el filtro y  $G$  la imagen de salida, tenemos la siguiente expresión:

$$G[i, j] = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k H[u, v] F[i + u, j + v] \quad (2)$$

- Para la fórmula de la convolución, la cuál se expresa como  $G = H \star F$ , siendo  $F$  la imagen de entrada,  $H$  el filtro y  $G$  la imagen de salida, tenemos la siguiente expresión:

$$G[i, j] = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k H[u, v] F[i - u, j - v] \quad (3)$$

Otra diferencia importante es que, al aplicar la máscara de una forma diferente, la convolución tiene algunas propiedades extra. Algunas de ellas son, por ejemplo, la conmutatividad, la asociatividad, la identidad, entre otras.

Dentro de la visión por computador, la correlación se suele utilizar para el *template matching* o búsqueda de patrones dentro de una imagen, buscando la posición en la que se podría encontrar el patrón dentro de la imagen. La convolución, debido a los propiedades mencionadas anteriormente, especialmente por la asociativa, es especialmente utilizada en la aplicación de filtros que transforman la imagen, ya sean filtros de alisamiento como para detectar bordes. Esto se debe a que permite componer filtros complejos a partir de más sencillos y aplicarlos posteriormente sobre la imagen, en vez de ir aplicándolos uno por uno.

### Ejercicio 3

**¿Cuál es la diferencia “esencial” entre el filtro de convolución y el de mediana? Justificar la respuesta.**

## Solución

La diferencia principal es que el filtro de convolución es lineal y el de mediana es no lineal. Esto significa que el filtro de convolución utiliza una combinación lineal de los vecinos de un píxel y el píxel mismo para producir un píxel de salida. En cambio, el filtro de mediana no hace ningún tipo de combinación lineal de los vecinos, si no que, tal y como indica su nombre, escoge el valor mediano.

Para ver que la mediana es un filtro no lineal, vamos a probar que no cumple la propiedad de superposición (una de las propiedades de los filtros lineales), la cuál puede ser vista en (??).

Para ello, vamos a suponer que tenemos dos vectores del mismo tamaño, a los cuáles llamaremos  $v_1$  y  $v_2$ . Tenemos que  $v_1 = [3, 7, 5, 9, 4]$  y  $v_2 = [2, 6, 8, 1, 3]$ . Vamos a calcular cuál es la mediana de cada vector, primero por separado y luego para la suma de los dos vectores, y veremos si coincide o no. En caso de coincidir, se cumpliría la propiedad de superposición, y por tanto, el filtro sería lineal. En caso contrario, no se cumpliría, y no lo sería.

Tenemos que la mediana para cada vector es la siguiente:

$$\text{mediana}(v_1) = 5$$

$$\text{mediana}(v_2) = 3$$

Si sumamos los resultados, obtenemos:

$$\text{mediana}(v_1) + \text{mediana}(v_2) = 8$$

Ahora, vamos a ver qué resultado obtenemos para la suma de los dos vectores. Este vector tiene el siguiente valor:

$$v_1 + v_2 = [3, 7, 5, 9, 4] + [2, 6, 8, 1, 3] = [5, 13, 13, 10, 7]$$

Si obtenemos la mediana del vector resultado, obtenemos que es la siguiente:

$$\text{mediana}(v_1 + v_2) = 10$$

Y por tanto, tenemos que:

$$\text{mediana}(v_1) + \text{mediana}(v_2) \neq \text{mediana}(v_1 + v_2)$$

Por tanto, hemos probado que el filtro de mediana es no lineal, y por tanto, tiene un comportamiento diferente a la convolución.

## Ejercicio 4

**Identifique el “mecanismo concreto” que usa un filtro de máscara para transformar una imagen.**

### Solución

Los filtros utilizan la información del vecindario para transformar las imágenes. Esto es, se fijan en el píxel actual y en sus vecinos para generar una imagen de salida con nuevos valores. Algunos de estos filtros son lineales y generan un píxel de salida realizando una combinación lineal del píxel actual y sus vecinos. Otros, como por ejemplo el filtro de mediana, son filtros no lineales, y devuelven el valor mediano del píxel y sus vecinos como salida.

Se utiliza este tipo de información porque, tal y como se ha dicho anteriormente, existe una dependencia entre el valor de un píxel concreto y los valores de sus vecinos. Píxeles más lejanos pueden tener otros valores, pero a efectos prácticos, solo nos interesan aquellos que estén más cerca del píxel concreto, ya que van a tener un comportamiento similar a éste. De esta forma, podemos saber por ejemplo cuándo hay ruido presente en la imagen, ya que nos encontraremos con píxeles que tienen valores anómalos si los comparamos con sus vecinos. Por tanto, para corregir ese ruido, podemos utilizar la información local, promediando o aplicando el tipo de filtro más adecuado según el tipo de ruido.

## Ejercicio 5

**¿De qué depende que una máscara de convolución pueda ser implementada por convoluciones 1D? Justificar la respuesta.**

### Solución

Para que una máscara pueda ser implementada por convoluciones 1D, ésta tiene que ser separable. Es decir, dada una máscara  $M$  de tamaño  $m \times m$ , ésta tiene que poder separarse en dos vectores: un vector  $C$  de tamaño  $m \times 1$  y un vector  $F$  de

tamaño  $1 \times m$ . De esta forma,  $M$  puede ser obtenida realizando el *outer product* de  $C$  y  $F$  de la siguiente forma:

$$M = C \otimes F \quad (4)$$

Estos vecotes,  $C$  y  $F$  serán los que luego se puedan aplicar por filas y columnas utilizando la convolución 1D, reduciendo de forma significativa los tiempos de cálculo.

Para que se dé esta situación, tiene que suceder que la matriz  $M$  tenga **rango 1**. Para comprobarlo, bastaría con realizar la descomposición en valores singulares (*SVD*) de la máscara  $M$ . Si nos encontramos que el resultado solo tiene un valor singular, es decir, que la matriz diagonal tiene todos sus elementos de la diagonal 0 excepto el primero (debido a que los valores singulares están dispuestos en la diagonal en orden decreciente), entonces sabemos que la máscara tiene rango 1, y que por tanto es separable y puede ser aplicada mediante convoluciones 1D.

## Ejercicio 6

**Identificar las diferencias y consecuencias desde el punto de vista teórico y de la implementación entre:**

- a) **Primero alisar la imagen y después calcular las derivadas sobre la imagen alisada.**
- b) **Primero calcular las imágenes derivadas y después alisar dichas imágenes.**

**Justificar los argumentos.**

### Solución

Desde el punto de vista **teórico**, las dos operaciones que se describen anteriormente producen exactamente los mismos resultados debido a la propiedad conmutativa de la convolución. Es decir, da igual el orden en el que se apliquen los filtros ya que al final el resultado va a ser el mismo.

Desde el punto de vista de la **implementación**, aunque hemos visto que teóricamente los resultados son los mismos, el número de operaciones que se deben hacer no son los mismos. En el primer caso se realizaría un alisamiento y  $n$  cálculos de las derivadas. Por tanto, se realizarían  $n + 1$  operaciones con filtros en total. En

cambio, en el segundo caso, se realizarían primero  $n$  cálculos de derivadas y, sobre cada una de las  $n$  derivadas, se tendría que aplicar un filtro de alisamiento. Por tanto, el número total de operaciones serían  $2n$ , lo cuál es mucho más ineficiente que el primer caso.

Por tanto, aunque desde el punto de vista teórico no exista una diferencia, hay que considerar también el punto de vista de la implementación, ya que elegir uno u otro puede tener impactos sobre el rendimiento general del programa. Si esta operación se tiene que aplicar para muchas imágenes, la primera opción es claramente la mejor, ya que ofrece el mismo resultado utilizando menos convoluciones.

## Ejercicio 7

**Identifique las funciones de las que podemos extraer pesos correctos para implementar de forma eficiente la primera derivada de una imagen. Suponer alisamiento Gaussiano.**

**Solución**

## Ejercicio 8

**Identifique las funciones de las que podemos extraer pesos correctos para implementar de forma eficiente la Laplaciana de una imagen. Suponer alisamiento Gaussiano.**

**Solución**

## Ejercicio 9

**Suponga que le piden implementar de forma eficiente un algoritmo para el cálculo de la derivada de primer orden sobre una imagen usando alisamiento Gaussiano. Enumere y explique los pasos necesarios para llevarlo a cabo.**

**Solución**



## Ejercicio 10

Identifique semejanzas y diferencias entre la pirámide gaussiana y el espacio de escalas de una imagen, ¿cuándo usar una u otra? Justificar los argumentos.

Solución

## Ejercicio 11

¿Bajo qué condiciones podemos garantizar una perfecta reconstrucción de una imagen a partir de su pirámide Laplaciana? Dar argumentos y discutir las opciones que considere necesario.

Solución

## Ejercicio 12

¿Cuáles son las contribuciones más relevantes del algoritmo de Canny al cálculo de los contornos sobre una imagen? ¿Existe alguna conexión entre las máscaras de Sobel y el algoritmo de Canny? Justificar la respuesta.

Solución

## Ejercicio 13

- Identificar pros y contras de k-medias como mecanismo para crear un vocabulario visual a partir del cual poder caracterizar patrones. ¿Qué ganamos y que perdemos? Justificar los argumentos.

Solución

## Ejercicio 14

Identifique pros y contras del modelo de “Bolsa de Palabras” como mecanismo para caracterizar el contenido de una imagen. ¿Qué ganamos y que perdemos? Justificar los argumentos.

Solución

## Ejercicio 15

Suponga que dispone de un conjunto de imágenes de dos tipos de clases bien diferenciadas. Suponga que conoce como implementar de forma eficiente el cálculo de las derivadas hasta el orden  $N$  de la imagen. Describa como crear un algoritmo que permita diferenciar, con garantías, imágenes de ambas clases. Justificar cada uno de los pasos que proponga.

Solución

## Referencias

- [1] Texto referencia  
<https://url.referencia.com>