

Práctica 5: Operadores locales (I)		Grupo	
		Puesto	
Apellidos, nombre	Sánchez Garzón, Laura	Fecha	
Apellidos, nombre	Remuiñán Cid, Sara	26/10/23	

El objetivo de esta práctica es presentar al alumno los fundamentos de los operadores locales y parte de sus aplicaciones.

Desarrolle cada ejercicio en un fichero de comandos 'ejercicio_X.m' separado. Para conocer el funcionamiento preciso de los comandos que se introducen en este guión, utilice la ayuda de MATLAB. Para evitar posibles interferencias con otras variables o ventanas recuerde incluir siempre las instrucciones `clear all` y `close all` al principio de cada fichero de comandos.

Al finalizar la práctica, comprima el documento de observaciones y los ficheros '.m' generados en un único fichero con el nombre 'FTDI_P5_I_ApellidosNombre1_ApellidosNombre2.zip', conéctese al sistema de entrega de prácticas de *Moodle* y entréguelo.

NOTA IMPORTANTE: En el desarrollo de esta práctica y posteriores se pide realizar operaciones repetidamente, por ejemplo, asignando individualmente píxeles concretos de una imagen. En estos casos se recomienda acudir al uso de estructuras de control (bucles, condiciones, etc.). Adicionalmente, debido a la creciente complejidad de los programas que se le va a pedir desarrollar, se recomienda encarecidamente el uso del depurador o *debugger* de MatLab, cuya funcionalidad está descrita en la ayuda del programa (*User's Guide - Desktop Tools and Development Environment - Editing and Debugging MATLAB Code*).

1 Aplicación de operadores locales lineales

La aplicación de un operador sobre una imagen que denominaremos original ($\psi[n, m]$), da lugar a una nueva imagen que denominaremos procesada ($\theta[n, m]$). Un operador local toma como entrada el valor de un entorno de píxeles en el entorno de uno dado y genera un valor resultante en el píxel homólogo de la imagen resultante. Por simplicidad asumiremos que el entorno es rectangular, de dimensiones M' , N' , según indica la Figura 1.

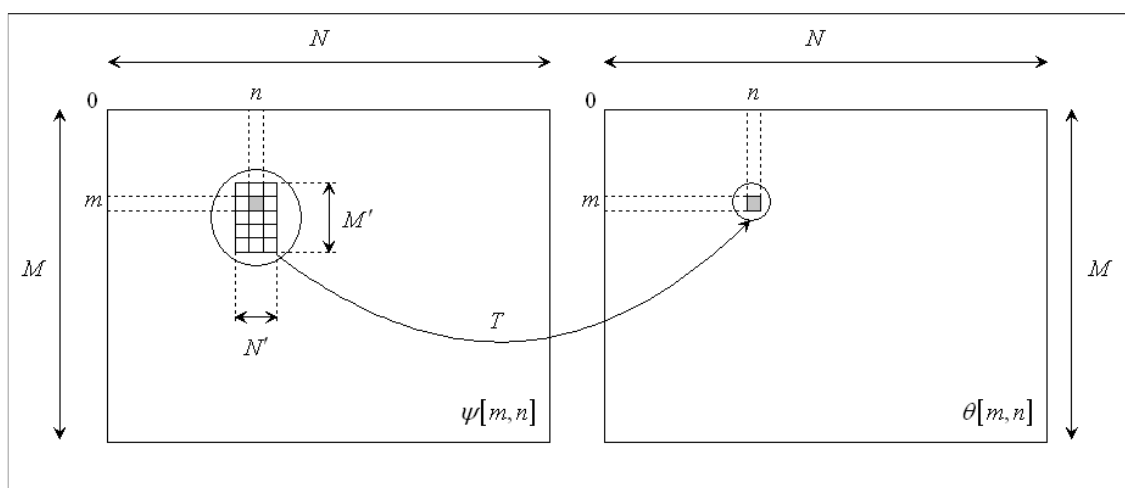


Figura 1: Esquema genérico de aplicación de un operador local

Según se ha visto en la parte teórica de la asignatura, si la operación que se efectúa sobre los píxeles del entorno es lineal, aplica la Teoría de Sistemas Lineales multidimensionales. MatLab ofrece herramientas específicas para esta situación.

Filtrado lineal

Si un operador local efectúa una transformación lineal, su comportamiento puede definirse completamente por su respuesta al impulso, $h[n, m]$. Según se ha visto en las clases de teoría, si la respuesta al impulso es rectangular y simétrica respecto de su origen (para lo cual M', N' han de ser impares) su aplicación sobre la imagen (es decir, la operación de convolución) puede efectuarse de manera sencilla aplicando la máscara $w[n, m] = h[-n, -m]$ sobre cada píxel de la imagen original, según muestra la Figura 2.

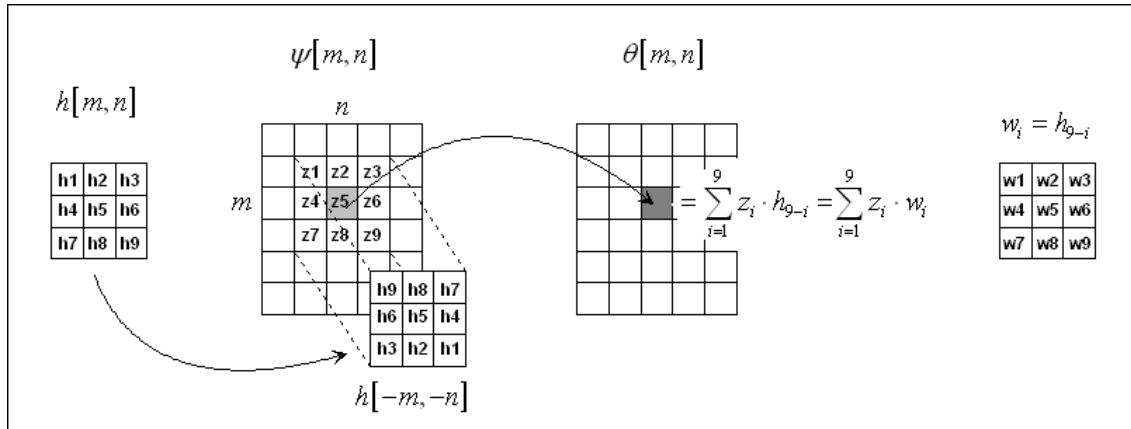


Figura 2: Esquema de aplicación de un operador local lineal

MatLab ofrece la función `imfilter` para llevar a cabo esta operación. Su modo de operación por defecto toma como parámetro la imagen original, `ima` y la máscara `mask` (una matriz de $M' \times N'$) y arroja la imagen resultante, `ima_res`:

```
ima_res=imfilter(ima,mask);
```

La imagen `ima_res` resultante es del mismo tipo que la imagen original (`double`, `uint8`, `uint16`, etc.). Para evitar problemas de truncamiento, si la aplicación de la máscara hace que los píxeles de la imagen procesada puedan tener un rango de valores mayor que el de la imagen original, es conveniente convertir la imagen a `double` antes de operar. Recuerde, en ese caso, quizás deba volver a convertir la imagen resultado al tipo de la imagen original para poder representarla (por ejemplo, si esta era tipo `uint8` o `uint16`). Esta última transformación es solamente válida para representación (no la use, por ejemplo, para calcular energías).

Para comprobar su funcionamiento, cargue y visualice la imagen en escala de grises `MRI_pseudo_colored.jpg`¹.

Defina a continuación la siguiente máscara:

¹ Descárguese esta imagen del Moodle de la asignatura.

$$\mathbf{w} = \frac{1}{C} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 6 & 4 & 1 & 4 & 6 & 7 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

A partir del modo de aplicación mostrado en la Figura 2, indique el máximo valor que puede arrojar este operador para una imagen con valores normalizados (valores en $[0,1]$), defina C como ese valor $C = ?$

Su inverso ($1/C$) es el valor que ha de ponderar al operador para garantizar que no se modifica el rango dinámico de la imagen.

Aplique esta máscara y la máscara rotada 90° (es decir \mathbf{W}^T) sobre la imagen dada y visualice simultáneamente las dos imágenes procesadas. Indique de forma cualitativa el efecto que produce cada una de estas dos máscaras.

Observe las bandas oscuras que aparecen en algunos extremos de las imágenes procesadas. Se deben al modo en que la función `imfilter` calcula el resultado cuando la máscara se aplica cerca de los extremos de la imagen: el comportamiento por defecto consiste en considerar que los píxeles que faltan tienen valor nulo.

Observe e intente explicar, la presencia y ausencia de las bandas oscuras en cada caso y su mayor o menor oscuridad.

Pruebe los otros tres modos predefinidos de operar en los extremos que tiene `imfilter`, observe los resultados e indique cuál le parece el más adecuado para esta máscara y porqué.

2 Filtros habituales

Suavizado

Una de las aplicaciones más comunes de los operadores LSI – y de los operadores locales en general – es el suavizado de imágenes. Como han visto en teoría, una máscara de promediado de orden 3 se define simplemente como:

$$mask = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Extracción de contornos

Durante este bloque se compararán tres de los métodos clásicos para la extracción de los contornos de una imagen: Roberts, Prewitt y Sobel. Los tres métodos pueden invocarse en MatLab como opciones de la

función `edge` sin embargo, generalmente esta función retorna el resultado umbralizado, por lo que en este bloque partiremos de la definición de los filtros para obtener directamente la información de intensidad, energía o probabilidad de borde, mediante la combinación de dos operaciones de filtrado espacial por medio de la función `imfilter`.

Note que los filtros para extracción de contornos son direccionales, por lo que hay dos filtros asociados, uno por cada dirección de la imagen.

Sea I la imagen a filtrar y s_1 y s_2 los filtros de contornos, la intensidad de borde se calcula como el módulo de las dos componentes:

```
FX = imfilter(I,s1);
FY = imfilter(I,s2);
F = sqrt(FX.^2 + FY.^2);
```

Filtros habituales: Roberts.

Los filtros para la extracción de bordes por este método se definen como:

$$s_d = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad s_{d'} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

Filtros habituales: Prewitt.

Los filtros para la extracción de bordes por este método se definen para el caso 3x3:

$$s_x = \frac{1}{6} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad s_y = \frac{1}{6} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Filtros habituales: Sobel

Los filtros para la extracción de bordes por este método se definen para el caso 3x3:

$$s_x = \frac{1}{8} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad s_y = \frac{1}{8} \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2.1 Ejercicio 1: suavizado con filtro de media

Cargue y visualice la imagen '`MRI_pseudo_colored.jpg`²'. A continuación, fíltrela con un filtro de suavizado media/promediado de orden 3. Visualice la imagen original y la resultante tras aplicar el filtro. Posteriormente obtenga la diferencia al cuadrado calculada por cada uno de los tres canales entre la imagen original y la filtrada. Por último, observe las tres imágenes diferencia (una por canal) mediante la instrucción `imagesc` (puede cambiar el `colormap` si así lo desea) y reflexione sobre el efecto del filtro.

Se recuerda que debe operar con las imágenes en tipo `double` para realizar este ejercicio.

² Descárguese esta imagen del Moodle de la asignatura.

2.2 Ejercicio 2: comparación suavizado de imágenes

Cargue y visualice las imágenes ‘MRI_pseudo_colored.jpg’³. Posteriormente fíltrela con filtros de media de orden 3, 5 y 7, para ello, utilice la función `imfilter(ima,mask)`.

Visualice las imágenes obtenidas y la diferencia al cuadrado de cada uno de los tres canales entre las imágenes original y filtrada (para ello recuerde operar con las imágenes en `double`). Observe la diferencia mediante la instrucción `imagesc` (puede cambiar el `colormap` si así lo desea) y reflexione sobre el efecto del filtro.

A continuación, filtre las imágenes con filtros binomiales equivalentes, utilice para ello la función `imfilter_binomial` que se le proporciona.

Explique las diferencias observadas en términos del tipo y orden de los filtros y la imagen de entrada.

2.3 Ejercicio 3: extracción de bordes

Lea la imagen ‘Hernia_disco.jpg’⁴. Obtenga los bordes de la imagen utilizando los filtros de `Prewitt 3x3`. Primero debe calcular el gradiente en la dirección `x` e `y`. Posteriormente obtenga la intensidad de bordes total combinando ambos gradientes. Visualice la imagen original, las imágenes de intensidad de los gradientes calculados y la imagen de intensidad de bordes total.

Se recomienda representar las imágenes de gradiente y bordes con `imagesc` y un mapa de colores en escala de grises. Para ello, utilice la instrucción `colormap(gray)` antes o después de la instrucción `imagesc`. Opere siempre con las imágenes de tipo `double`. Calcule el gradiente `G` total como:

```
G =sqrt(Gx.^2 + Gy.^2) % Gx Gradiente en x / Gy Gradiente en y
```

2.4 Ejercicio 4: comparación extracción de bordes

Repita el ejercicio 3 pero utilizando los filtros de `Roberts` y `Sobel` en lugar de los de `Prewitt`. Compare los resultados obtenidos para las tres aproximaciones.

³ Descárguese esta imagen del Moodle de la asignatura.

⁴ Descárguese esta imagen del Moodle de la asignatura.