

Tema 6

Técnicas de filtrado

Se trata de métodos para resaltar o suprimir, de forma selectiva, información contenida en una imagen a diferentes escalas espaciales, para destacar algunos elementos de la imagen, o también para ocultar valores anómalos. Otra técnica para aislar información correspondiente a diferentes escalas espaciales es la transformada de Fourier que, por su complejidad, no se verá en este curso.

El proceso de filtrado consiste en la aplicación a cada uno de los pixels de la imagen de una matriz de filtrado de tamaño $N \times N$ (generalmente de 3×3 aunque puede ser mayor) compuesta por números enteros y que genera un nuevo valor mediante una función del valor original y los de los pixels circundantes. El resultado final se divide entre un escalar, generalmente la suma de los coeficientes de ponderación. Los filtros se pueden expresar mediante una ecuación (6.1):

$$ND'_{i,j} = \frac{ND_{i-1,j-1} + ND_{i,j-1} + ND_{i+1,j-1} + ND_{i-1,j} + ND_{i,j} + ND_{i+1,j} + ND_{i-1,j+1} + ND_{i,j+1} + ND_{i+1,j+1}}{9} \quad (6.1)$$

donde i y j representan la fila y la columna de cada pixel, $ND_{i,j}$ su Nivel Digital y $ND'_{i,j}$ el Nivel Digital obtenido tras hacer el filtrado. También pueden expresarse mediante tablas, por ejemplo la tabla 6 representa el mismo filtro de media que la ecuación 6.1.

Mediante diferentes combinaciones de parámetros asignados a los diferentes pixeles circundantes se pueden conseguir diferentes efectos. En general los efectos deseados se relacionan con el aspecto borroso que tienen las imágenes de satélite, y también la fotografía aérea, debido a la dispersión atmosférica y la reflectividad lambertiana.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

DIV=9

Tabla 6.1: Filtro de la media

1	1	1
1	2	1
1	1	1

DIV=10

Tabla 6.2: Filtro de media ponderada que da mayor peso al valor central para evitar la pérdida de detalles

Hay que tener en cuenta que los bordes de la imagen no podrán procesarse, ya que la ventana de filtrado saldría fuera de la imagen. De este modo se pierden $N - 2$ filas y $N - 2$ columnas por cada lado de la imagen (figura 6.1).

Una diferencia importante entre las técnicas de filtrado y las de visualización, vistas en el tema anterior, es que el filtrado modifica necesariamente la imagen ya que pretenden extraer información cuantitativa que debe almacenarse como una nueva capa en lugar de como una paleta de colores.

Desde el punto de vista de los SIG, los filtros son operadores de vecindad de álgebra de mapas. Por tanto vamos a encontrar módulos que computan directamente algún tipo de filtro (**r.mfilter** y **r.neighbors** en GRASS) y además pueden programarse directamente en algún lenguaje de álgebra de mapas (**r.mapcalc**).

Los filtros más utilizados son los de paso bajo (suavizan la imagen), de paso alto (aumentan el contraste), los filtros direccionales (detectan en la imagen estructuras que siguen una determinada dirección) y los de detección de bordes (permiten identificar y aislar objetos con propiedades homogéneas dentro de la imagen).

6.1 Filtros de paso bajo

Su objetivo es suavizar la imagen, son útiles cuando se supone que la imagen tiene gran cantidad de ruido y se quiere eliminar. También pueden utilizarse para resaltar la información correspondiente a una determinada escala (tamaño de la matriz de filtrado); por ejemplo en el caso de que se quiera eliminar la variabilidad asociada a los tipos de cubierta presentes en la imagen uniformizando de esta manera su respuesta. Existen varias posibilidades:

- **Filtro de la media**, asigna al pixel central la media de todos los pixeles incluidos en la ventana. La matriz de filtrado estaría compuesta por unos y el divisor sería el número total de elementos en la matriz.
- **Filtro de media ponderada**, los elementos de la matriz de filtrado no son todos 1 sino que se da más peso a uno de ellos (generalmente el central) para obtener un resultado más parecido a la imagen original y evitar que aparezca borrosa.
- **Filtro de la mediana** tiene la ventaja de que el valor final del pixel es un valor real presente en la imagen y no un promedio, de este modo se reduce el efecto borroso que tienen las imágenes que han sufrido un filtro de media. Además el filtro de la mediana es menos sensible a valores

extremos. El inconveniente es que resulta más complejo de calcular ya que hay que ordenar los diferentes valores que aparecen en los pixeles incluidos en la ventana y determinar cual es el valor central.

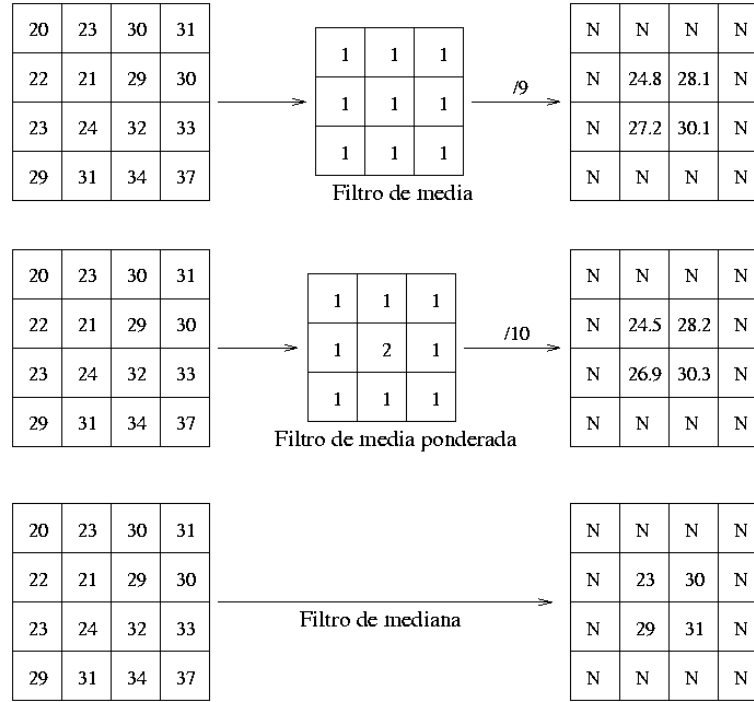


Figura 6.1: Tipos de filtro y mecanismo de aplicación

- **Filtros adaptativos.** Son considerablemente más complejos ya que los coeficientes de ponderación se recalculan para cada uno de los pixels en función del histograma de los ND que aparecen en la ventana. Se han utilizado con gran éxito filtros adaptativos para eliminar el *speckle* de las imágenes de radar y para detectar, con un solo filtro, diferentes elementos.
- **Filtros gaussianos.** Simulan una distribución gaussiana bivalente. El valor máximo aparece en el pixel central y disminuye hacia los extremos tanto más rápido cuanto menor sea el parámetro de desviación típica s . El resultado será un conjunto de valores entre 0 y 1. Para transformar la matriz a una matriz de números enteros se divide toda la matriz por el menor de los valores obtenidos. La ecuación para calcularla es:

$$g(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2*s^2}} \quad (6.2)$$

$$G(x, y) = \frac{g(x, y)}{\min_{x,y}(g(x, y))} \quad (6.3)$$

1	4	7	4	1
4	20	33	20	4
7	33	55	33	7
4	20	33	20	4
1	4	7	4	1

Tabla 6.3: Filtro gaussiano con $s=1$ y $r=2$

0	0	0
0	1	0
0	0	0

DIV 1

Tabla 6.4: Matriz de filtrado identidad

Son una manera de obtener filtros de tipo genérico. Pueden ser útiles, por ejemplo, cuando se asume que la respuesta espectral de un pixel es función de la reflectividad de los pixeles vecinos atenuada en función de la distancia. El alcance de esta atenuación (r) viene marcado por el tamaño de la ventana de filtrado ($w = 2r + 1$) que debe especificarse previamente. En la tabla 6.3 aparece un ejemplo.

6.2 Filtros de paso alto

Su objetivo es resaltar las zonas de mayor variabilidad eliminando lo que sería la componente media, precisamente la que detectan los filtros de paso bajo. Por otra parte la respuesta de cada pixel está *contaminada* por la de los pixeles vecinos ya que, considerando la superficie terrestre como lambertiana, la radiación reflejada por un pixel se reparte hacia los pixeles vecinos. Los filtros de paso alto consiguen también eliminar en parte esta contaminación. Existen diversos métodos:

- **Sustracción de la media.** Si se considera que un filtro de paso bajo sirve para resaltar componentes a gran escala eliminando la variabilidad local, si a la imagen original se le resta el resultado de pasarle un filtro de paso bajo se consigue resaltar esa variabilidad local. La matriz de filtrado de este filtro *menos media* puede calcularse directamente restando a la matriz de filtrado *identidad* (tabla 6.2) la matriz de filtrado de la media:
- **Filtros basados en las derivadas.** La derivada de una función $y = f(x)$ es el incremento de y para cada incremento infinitesimal de x . En el caso de Modelo Digital de Elevaciones la derivada es la pendiente. La segunda derivada es la derivada de la derivada, en el caso de un MDE nos da información acerca de la forma (ladera recta, cóncava o convexa, valle, cresta o cima) del terreno. En el caso de una imagen de satélite nos va a informar de como son los cambios, más o menos bruscos, que se producen entre pixeles contiguos. A continuación aparecen las ecuaciones de las

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

DIV 9

Tabla 6.5: Filtro menos media

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

DIV=1

Tabla 6.6: Filtro laplaciano

derivadas respecto a x e y , las segundas derivadas respecto a x e y , la derivada compuesta y la derivada segunda compuesta denominada también **laplaciana**.

$$\Delta xp(i, j) = p(i, j) - p(i - 1, j) \quad (6.4)$$

$$\Delta yp(i, j) = p(i, j) - p(i, j - 1) \quad (6.5)$$

$$\Delta x_2p(i, j) = \Delta xp(i + 1, j) - \Delta xp(i, j) = p(i + 1, j) + p(i - 1, j) - 2p(i, j) \quad (6.6)$$

$$\Delta y_2p(i, j) = \Delta yp(i, j + 1) - \Delta yp(i, j) = p(i, j + 1) + p(i, j - 1) - 2p(i, j) \quad (6.7)$$

$$\Delta xyp(i, j) = \Delta xp(i, j)^2 + \Delta yp(i, j)^2 \quad (6.8)$$

$$\Delta xy_2p(i, j) = [p(i + 1, j) + p(i - 1, j) + p(i, j + 1) + p(i, j - 1)] - 4p(i, j) \quad (6.9)$$

El filtro laplaciano se recomienda para el realce de rasgos lineales en entornos urbanos. Otra opción para resaltar los elementos de mayor variabilidad es restar a la imagen original la obtenida mediante un filtrado laplaciano.

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

DIV=1

Tabla 6.7: Filtro menos-laplaciano

1	1	1	DIV=1	-1	1	1	DIV=1
1	-2	1		-1	-2	1	
-1	-1	-1		-1	1	1	

Tabla 6.8: Filtros Norte y Este

-1.0	0	1.0	-1.0	-2.0	-1.0
-2.0	0	2.0	0	0	0
-1.0	0	1.0	1	2	1

Tabla 6.9: Filtros C y F de Sobel

6.3 Filtros direccionales

Se utilizan para detectar estructuras que siguen una determinada dirección en el espacio resaltando el contraste entre los píxeles situados a ambos lados de la estructura. En la tabla 6.8 aparecen como ejemplo las matrices para resaltar estructuras en dirección Este-Oeste y Norte-Sur respectivamente.

6.4 Filtros para la detección de bordes

Uno de los más utilizados es el detector de bordes de Sobel que realza la variación entre filas y columnas. Es algo más complejo que los anteriores:

$$S_{i,j} = \sqrt{C^2 + F^2} \quad (6.10)$$

donde C y F resultan de pasar los filtros que aparecen en la tabla 6.9.

6.5 Ejemplo

A continuación se presentan algunos ejemplos de aplicación de estos filtros a una fotografía aérea digital correspondiente al SIG oleícola.



Figura 6.2: Imágen original SIG oleícola



Figura 6.3: Filtro de media



Figura 6.4: Filtro de mediana



Figura 6.5: Filtro laplaciano



Figura 6.6: Filtro menos-laplaciano



Figura 6.7: Filtro de paso alto

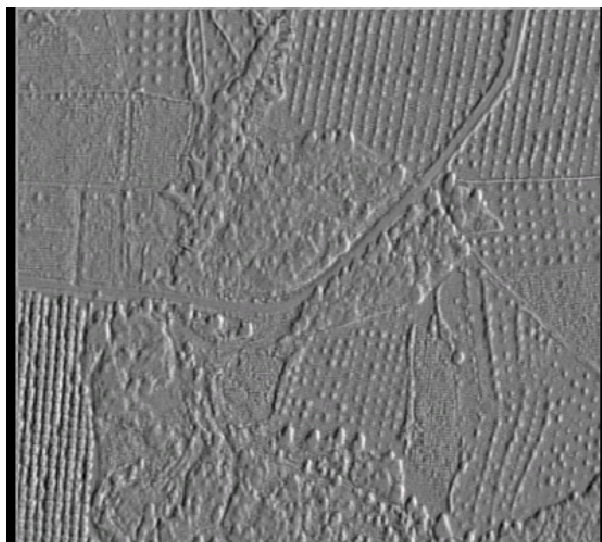


Figura 6.8: Filtro direccional NS

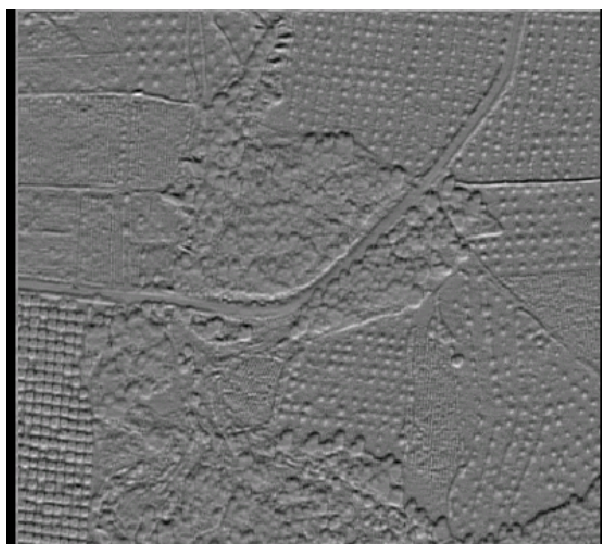


Figura 6.9: Filtro direccional EW



Figura 6.10: Filtro C de Sobel



Figura 6.11: Filtro F de Sobel



Figura 6.12: Filtro de Sobel