

# Operatori locali su immagini digitali

Definizione degli operatori locali  
Filtri di smoothing  
Filtri di sharpening  
Filtri derivativi



## Operatori locali

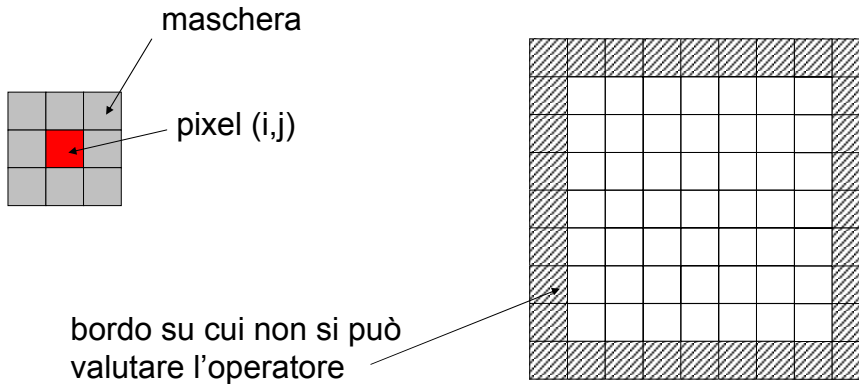
- Questi operatori sono usati per:
  - miglioramento della qualità di un'immagine (come per gli operatori puntuali)
  - estrazione di caratteristiche dell'immagine (immagine in ingresso → immagine delle caratteristiche)
- Il valore di uscita dell'operatore nel punto  $(i,j)$  dipende solo dai valori di ingresso in un vicinato del punto  $(i,j)$
- Il vicinato è di solito definito in maniera simmetrica rispetto al punto
- Particolare attenzione va posta all'elaborazione sui punti di bordo dell'immagine





## Operatori locali

Di solito si individua l'intorno su cui si valuta l'operatore tramite una maschera



## Operatori locali

- Gli operatori locali possono essere di tipo lineare o non lineare (filtri lineari e non lineari)
- Nei filtri lineari l'uscita è una combinazione lineare dei pixel di ingresso; i coefficienti sono definiti da una maschera

$w_1$	$w_2$	$w_3$
$w_4$	$w_5$	$w_6$
$w_7$	$w_8$	$w_9$

$$b(i,j) = w_1 \cdot a(i-1,j-1) + w_2 \cdot a(i-1,j) + w_3 \cdot a(i-1,j+1) + w_4 \cdot a(i,j-1) + w_5 \cdot a(i,j) + w_6 \cdot a(i,j+1) + w_7 \cdot a(i+1,j-1) + w_8 \cdot a(i+1,j) + w_9 \cdot a(i+1,j+1)$$

- Esempio di filtro non lineare:  
 $b(i,j) = \max(a(i+h,j+k), h \in [-1,1], k \in [-1,1])$



## Filtri di smoothing

- Sono filtri per il miglioramento della qualità dell'immagine
- Hanno l'effetto di diminuire il contrasto locale dell'immagine; sono usati per eliminare i dettagli inutili (blurring) o legati alla presenza di rumore (noise cleaning)



## Filtri di smoothing

Tipicamente, calcolano la media dei valori dei pixel in un intorno simmetrico (3x3, 5x5, 7x7,...)

1/9

1	1	1
1	1	1
1	1	1

1/25

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

## Filtri di smoothing



Sono utilizzate anche altre maschere che realizzano una media pesata (es. filtro gaussiano)

0.0113	0.0838	0.0113
0.0838	0.6193	0.0838
0.0113	0.0838	0.0113

Discretizzazione su una maschera 3x3 di una gaussiana con media=0 e dev. standard=0.5

## Caratteristiche dei filtri di smoothing



- Se l'immagine risultante è destinata alla visualizzazione, i valori dei suoi pixel devono restare entro la gamma dei livelli di grigio rappresentabili (es. 0-255)
- A questo scopo, i coefficienti del filtro devono soddisfare alcune condizioni:

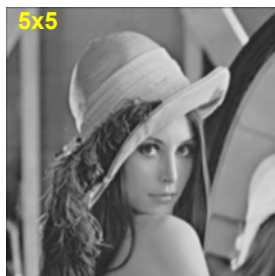
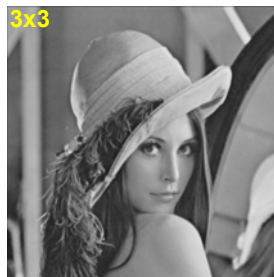
$$w_i \geq 0 \quad \forall i \quad \sum w_i = 1$$

- A queste condizioni, una zona a valore di grigio costante entro la maschera del filtro resta immutata dopo il filtraggio e l'effetto del filtro resta limitato ai dettagli dell'immagine (zone ad alta freq. spaziale)

# Blurring



# Blurring



## Noise cleaning



- Consideriamo due tipi principali di rumore
  - rumore impulsivo, detto anche “sale e pepe” (*salt & pepper*). Viene caratterizzato dalla frazione (in %) dell'immagine modificata.
  - rumore gaussiano bianco. Viene caratterizzato dalla media e dalla varianza.

## Rumore salt & pepper

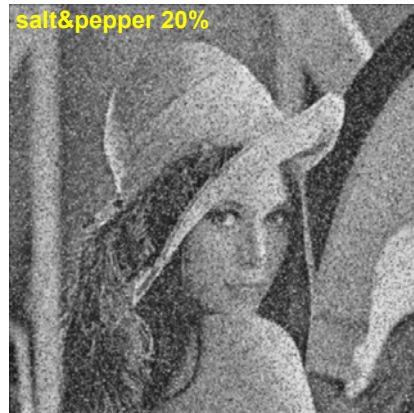


# Noise Cleaning



In questo caso, i filtri di media non danno buoni risultati

Filtro di media 3x3



# Noise Cleaning



Filtro di media 5x5





## Noise Cleaning

- Una tecnica alternativa è quella di usare un filtro mediano
- E' un filtro non lineare che fornisce in uscita il valore mediano dell'intorno del pixel
- Esempio:

7	10	12
6	38	11
9	11	6

6 6 7 9 10 11 11 12 38



valore  
mediano



## Noise Cleaning

Filtro mediano 3x3





# Noise Cleaning



Filtro mediano 5x5



# Rumore gaussiano



media=0 varianza=0.01



media=0 varianza=0.1



# Cleaning del rumore gaussiano



media=0 var=0.01

Filtro di media 3x3



Filtro mediano 3x3



# Cleaning del rumore gaussiano con filtro mediano



media=0 var=0.1

Filtro di media 3x3



Filtro mediano 3x3



## Cleaning del rumore gaussiano



media=0 var=0.01

Filtro di media 5x5



Filtro mediano 5x5



## Cleaning del rumore gaussiano con filtro mediano



media=0 var=0.1

Filtro di media 5x5



Filtro mediano 5x5



## Confronto filtro di media/filtro mediano



- Perché il filtro mediano ha un risultato mediamente migliore del filtro di media ?
- Consideriamo il comportamento dei due filtri rispetto
  - al rumore impulsivo
  - ad un fronte

## Confronto filtro di media/filtro mediano



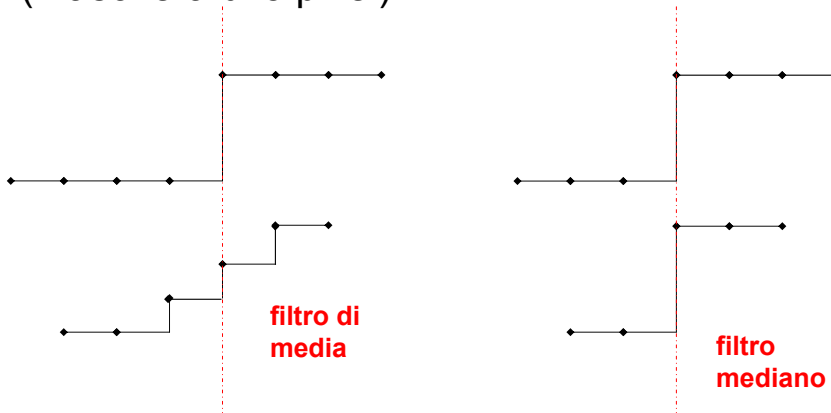
Comportamento rispetto al rumore impulsivo  
(maschera di 3 pixel)



## Confronto filtro di media/filtro mediano



Comportamento rispetto ad un fronte  
(maschera di 3 pixel)



## Confronto filtro di media/filtro mediano



- Il filtro di media tende a creare nuovi livelli di grigio prima non esistenti.
- Inoltre, attenua non solo il rumore, ma anche tutte le alte frequenze spaziali in maniera indiscriminata, causando così sfocatura, perdita di dettaglio fine e smussatura dei fronti di salita nelle transizioni chiaro/scuro.
- Il filtro mediano non deteriora i fronti di salita, ma elimina i picchi con base sufficientemente piccola rispetto all'ampiezza della maschera

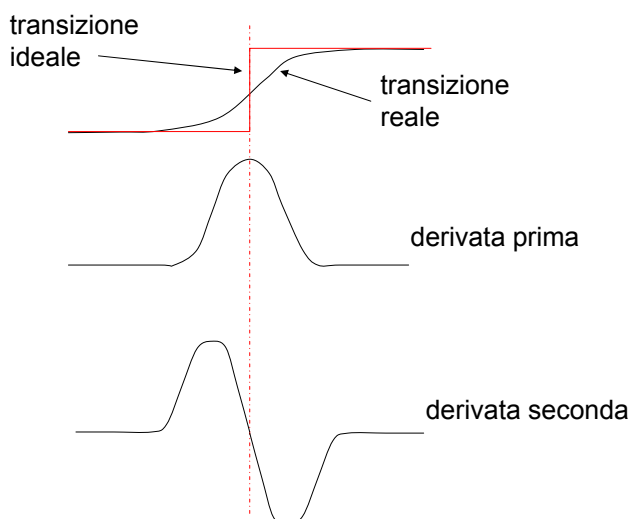


## Filtri di sharpening

- Lo scopo di questo tipo di filtri è di incrementare la nitidezza dell'immagine aumentando il contrasto locale.
- Di conseguenza, vengono enfatizzati i dettagli fini e le regioni di bordo, al contrario dei filtri di smoothing.
- In definitiva, tali filtri agiscono come filtri passa-alto rispetto alla frequenza spaziale



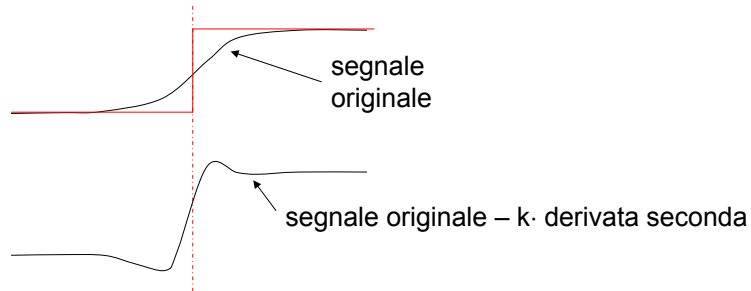
## Filtri di sharpening





## Filtri di sharpening

La derivata seconda può essere assunta come segnale correttivo da combinare con il segnale originale



## Filtri di sharpening

- Per un'immagine, il segnale correttivo può essere estratto dal *laplaciano*  $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$
- Il laplaciano può essere approssimato come:  
$$[(a(i,j+1)-a(i,j))-(a(i,j)-a(i,j-1))]+$$
$$[(a(i+1,j)-a(i,j))-(a(i,j)-a(i-1,j))]=$$
$$a(i,j+1)+a(i,j-1)+a(i+1,j)+a(i-1,j)-4 \cdot a(i,j)$$
- Sottraendo il laplaciano dal valore originale si ottiene l'espressione:  
$$5 \cdot a(i,j)-a(i,j+1)-a(i,j-1)-a(i+1,j)-a(i-1,j)$$



## Filtri di sharpening

Il filtro che si ottiene è quindi:

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

Altri filtri utilizzati sono:

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

1	-2	1
-2	5	-2
1	-2	1

## Filtri di sharpening





## Filtri derivativi



- Abbiamo visto come un'operazione di derivazione sull'immagine enfatizzi i fronti di salita (filtraggio passa-alto)
- In questo ambito, un operatore utilizzato di frequente è il gradiente che rappresenta la derivata di una  $f(x,y)$  nella direzione di massima variazione.
- Il modulo del gradiente è dato da:

$$\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2}$$

## Filtri derivativi



- Nel dominio discreto delle immagini sono possibili diverse approssimazioni, basate sulla valutazione di differenze tra pixel, prese in direzioni ortogonali
- Quindi delle stime del modulo del gradiente sono:

$$([a(i,j)-a(i+1,j)]^2+[a(i,j)-a(i,j+1)]^2)^{1/2}$$

$$([a(i,j)-a(i+1,j+1)]^2+[a(i,j+1)-a(i+1,j)]^2)^{1/2}$$



## Filtri derivativi

- Per ridurre la complessità, si può approssimare il modulo con la somma dei valori assoluti delle componenti.

Es.:

$$|a(i,j)-a(i+1,j+1)| + |a(i,j+1)-a(i+1,j)|$$

- Le due componenti possono essere valutate con le due maschere:

1	0
0	-1

0	1
-1	0

Operatori di Roberts



## Filtri derivativi

- Altre realizzazioni sono fornite dagli **operatori di Prewitt** :

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

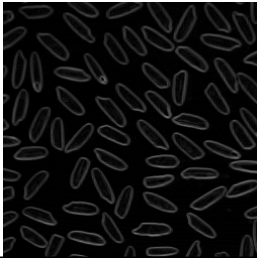
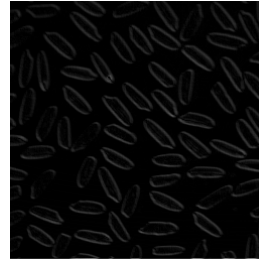
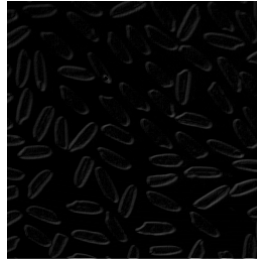
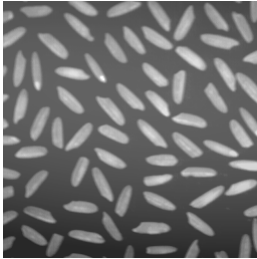
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

e dagli **operatori di Sobel**

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

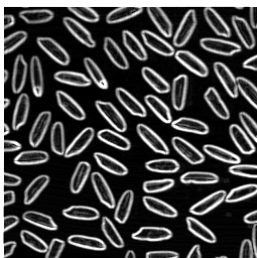
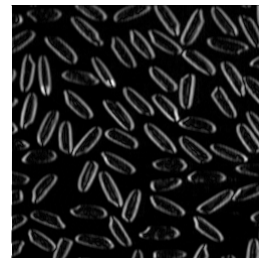
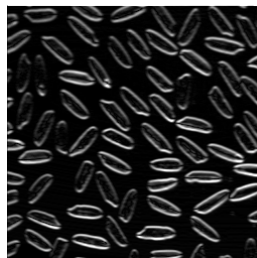
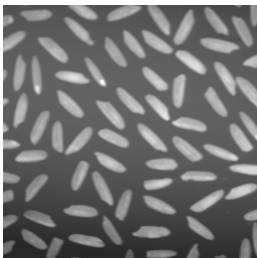
# Operatori di Roberts



1	0
0	-1

0	1
-1	0

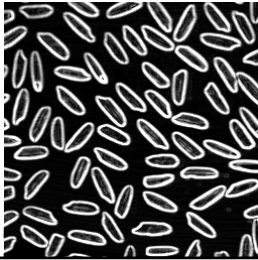
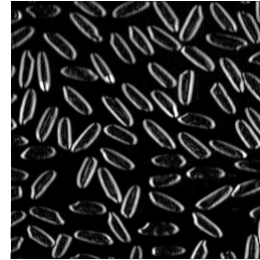
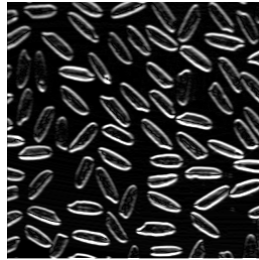
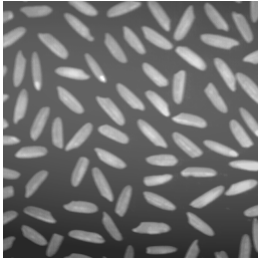
# Operatori di Prewitt



-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

# Operatori di Sobel



-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1