

Elaborazione di Segnali e Immagini (ESI) LABORATORIO

Lezione 7

Manuele Bicego

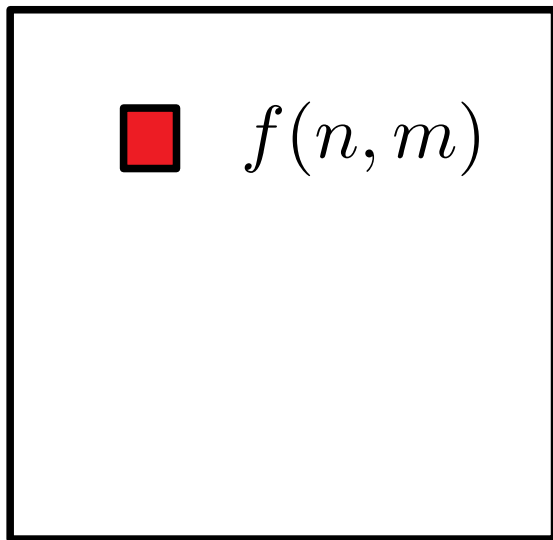
Corso di Laurea in Informatica

Dipartimento di Informatica - Università di Verona

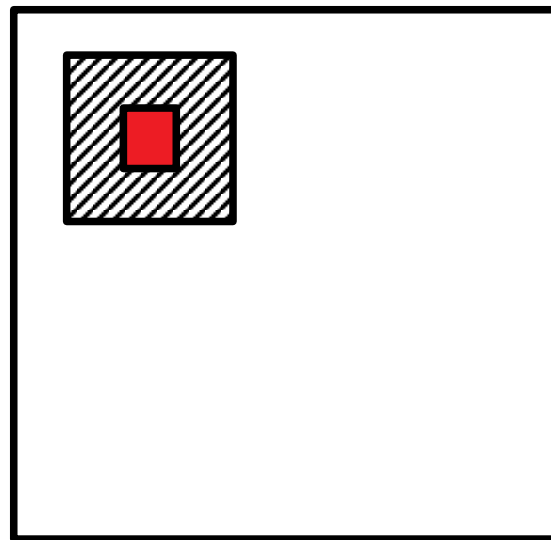
Filtraggi nel dominio spaziale:
operatori locali (local-wise)

Operatori locali

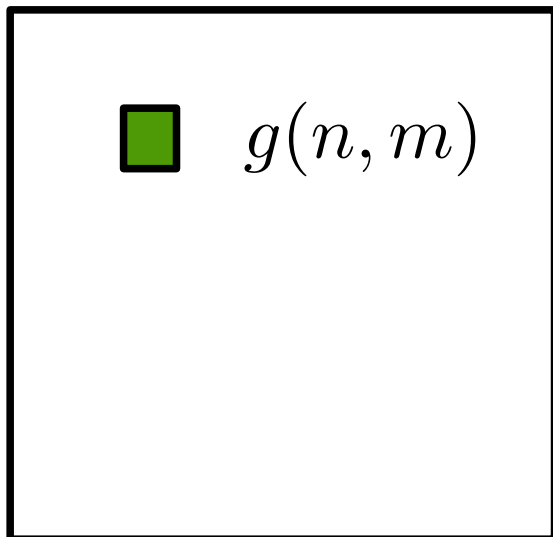
- Operatori locali: il valore d'uscita di ogni pixel dipende da un limitato intorno del corrispondente punto in input.
- Sono usati per migliorare la qualità delle immagini o per estrarre delle informazioni dall'immagine.
- Un filtraggio è spesso ottenuto facendo la convoluzione tra l'immagine ed una matrice, chiamata maschera o kernel
 - in tal caso si parla di filtri lineari



Devo calcolare il nuovo valore del pixel rosso



Estraggo un intorno del pixel rosso



Questo è il nuovo valore



$$\text{green square} = \text{filt}(\text{hatched square with red pixel})$$

Calcolo una funzione sui pixel dell'intorno (ad esempio ne faccio la media o la mediana)

Operatori locali (filtraggio spaziale)

Occorre decidere:

- La dimensione dell'intorno: tipicamente $K \times K$, con K dispari ($3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7$)
 - Dipendentemente dal tipo di rumore può aver senso utilizzare filtri rettangolari
- La funzione con cui si calcola il nuovo valore del pixel
 - Funzioni diverse portano a risultati diversi

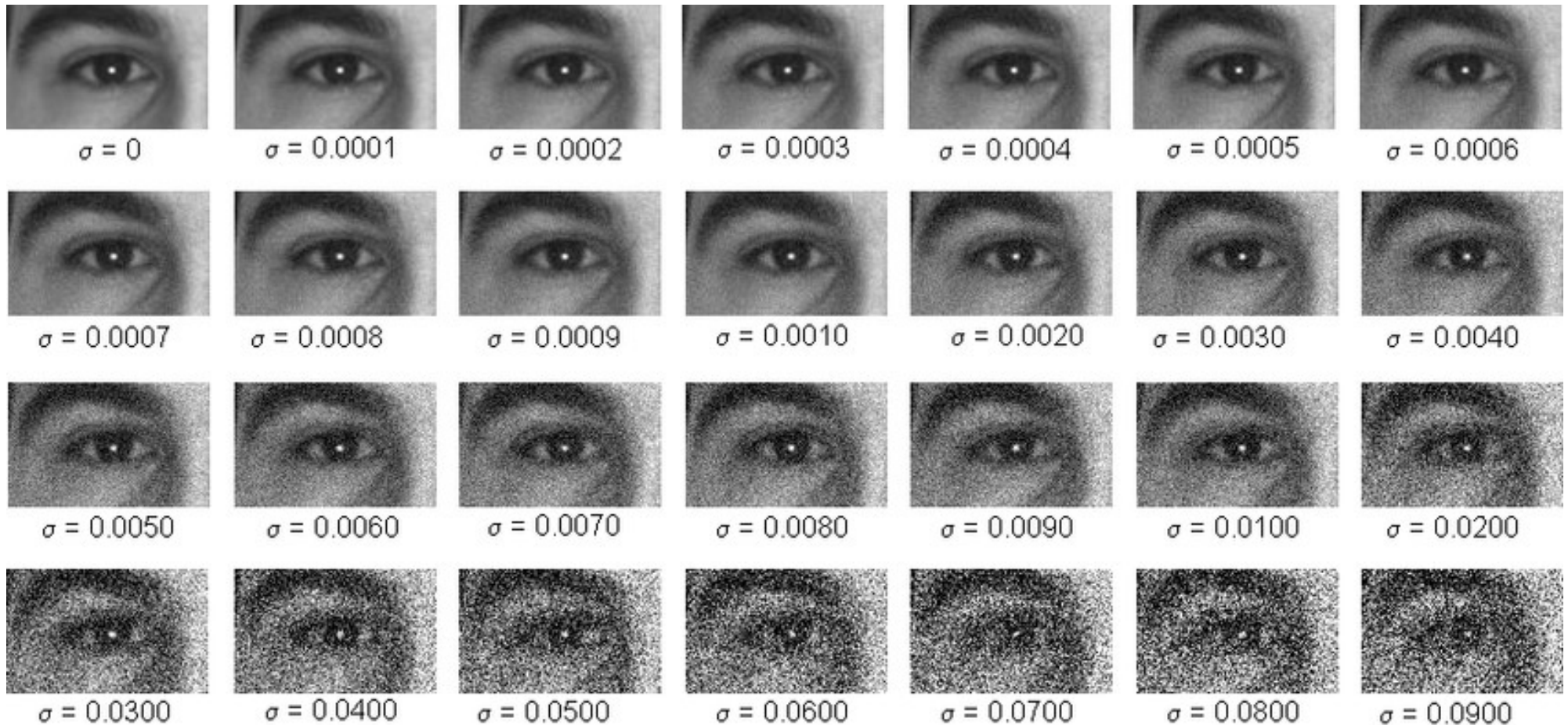
Tipologie di filtro

- Filtri per smoothing/denoising (servono per togliere rumore)
 - Filtro media
 - Filtro Gaussiano
 - Filtro mediano
- Filtri per sharpening (servono per aumentare il grado di dettaglio delle immagini)
 - Filtro laplaciano

Rumore

- I filtri di smoothing/denoising servono per togliere rumore
- Due possibili tipi di rumore:
 - Gaussiano
 - Impulsivo
- Rumore Gaussiano: all'immagine originale vengono sommati valori casuali estratti da una gaussiana di media 0 e deviazione standard sigma
 - Più è grande la deviazione standard maggiore è l'effetto del rumore

Rumore



Immagini sporcate con rumore gaussiano al variare di sigma

Rumore

- Rumore impulsivo: causato da alterazioni brusche nel segnale
- Esempio rumore “sale e pepe”: si selezionano una percentuale di pixel casuali dell’immagine, campionati in modo uniforme
 - Per ognuno di essi assegna il valore min o max con probabilita’ uniforme

Esempio di rumore
impulsivo sale e
pepe

Original Image



Image with 5% salt & pepper noise



Image with 20% salt & pepper noise



Signal to noise ratio

- Per stimare la quantità di rumore in un'immagine: signal to noise ratio (SNR)
 - versione **mean square**:

$$SNR_{ms} = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \tilde{f}(n, m)^2}{\sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M [\tilde{f}(n, m) - f(n, m)]^2}$$

- dove f è l'immagine originale, e \tilde{f} è l'immagine con rumore

Signal to noise ratio

- Versione con la varianza:

$$\text{SNR}_{\text{var}} = \frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2}$$

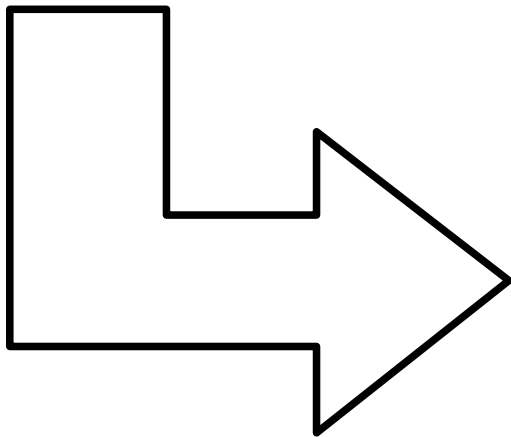
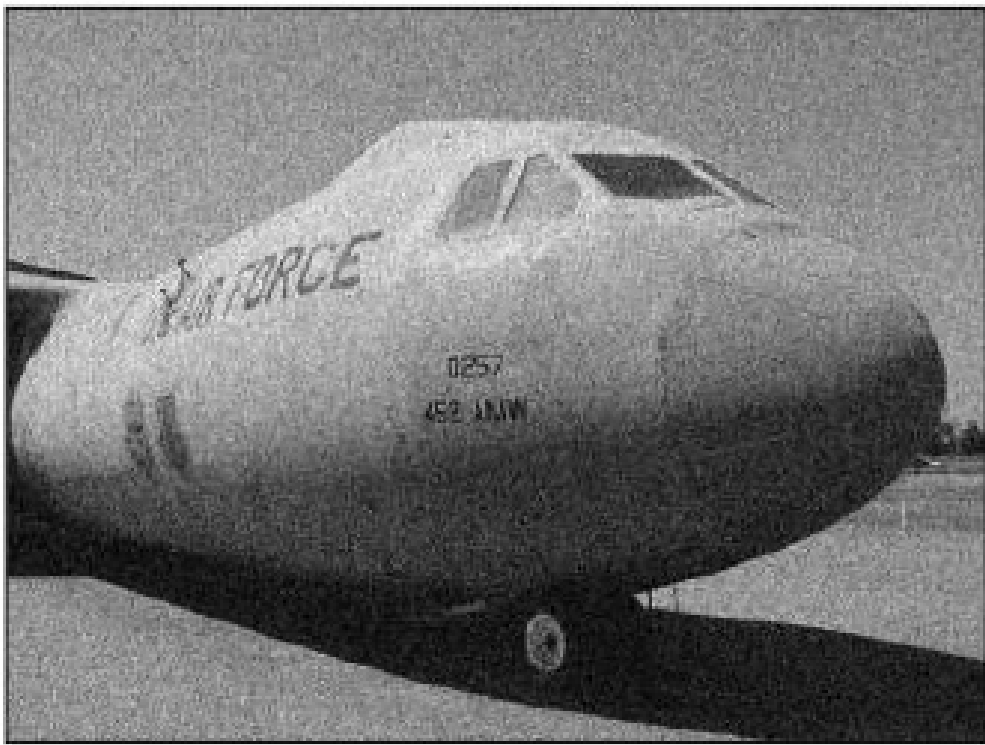
dove σ_s^2 è la deviazione standard dell'immagine senza rumore, e σ_n^2 è quella dell'immagine con il rumore

NOTA: per calcolare questo valore occorre conoscere l'immagine originale! (non disponibile, in linea di principio)

Filtro Media (Averaging filter)

- Filtraggio **lineare**: il nuovo valore del pixel è la **media** dei valori dei pixel dell'intorno
- Effetti:
 - Serve per levare rumore Gaussiano
 - L'immagine risultato non risulta più o meno scura (a meno dei bordi) ma solo più addolcita rispetto a bordi degli oggetti delle immagini
 - Maggiore è l'ampiezza K della maschera, più severo sarà l'effetto della media sulla struttura dell'immagine

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9





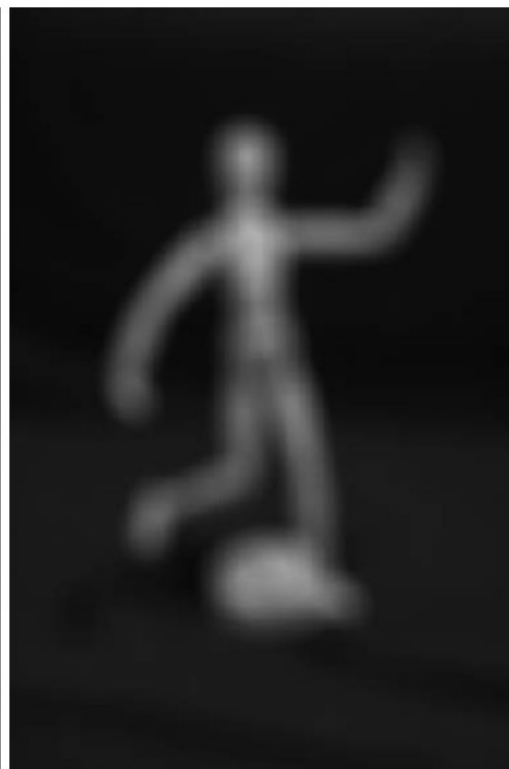
original



7×7



15×15



41×41

Filtro Gaussiano

- Filtraggio simile al filtro media (leva il rumore gaussiano)
 - il filtraggio Gaussiano è una **media pesata**, dove i pesi più vicini al centro hanno valori più alti (i valori vicini al pixel centrale “contano” di più)

$$\frac{1}{273}$$

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

Filtro Gaussiano

- Il filtraggio Gaussiano effettua uno smoothing più lieve, preservando i contorni meglio di quanto faccia il filtraggio media (ma toglie meno rumore)
- Regola che lega l'ampiezza della maschera (K) e sigma (dev. Standard del filtro):

$$K = 5 * \text{sigma}$$

Filtro Mediano

- Filtraggio **non lineare**: il nuovo valore del pixel è la **mediana** dei valori dei pixel dell'intorno
 - Mediana: si ordinano i valori dell'intorno e si prende il valore centrale
 - La mediana è una stima robusta della media
 - Serve per levare rumore impulsivo

Filtro Mediano

original



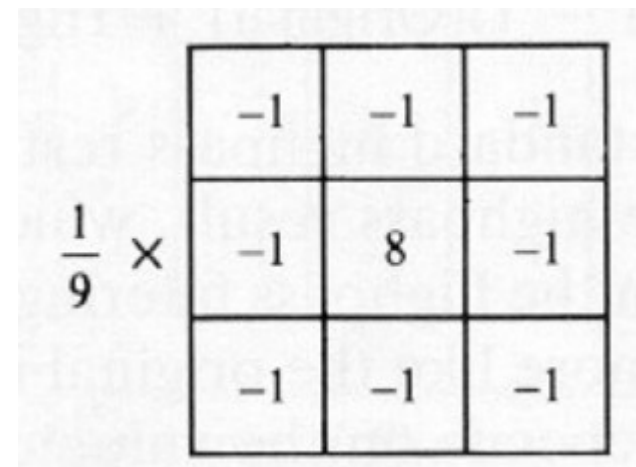
median filter



Filtro Laplaciano

- Operatore di Sharpening: i filtri di sharpening servono per evidenziare i dettagli o come post processing dopo filtri di smoothing (questo perché i filtri di smoothing eliminano i dettagli)

Filtro laplaciano: filtro lineare in cui la maschera H è caratterizzata da coefficienti di un segno vicino al centro e di segno opposto nella periferia esterna



The diagram shows a 3x3 grid representing the Laplacian filter mask. To the left of the grid is a multiplier $\frac{1}{9} \times$. The grid contains the following values:

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

Filtro Laplaciano

- Per definire il filtro Laplaciano occorre definire un parametro α il cui significato è legato all'importanza che si vuole dare agli edge:
 - verticali e orizzontali ($\alpha = 0$),
 - diagonali ($\alpha = 1$),
 - tutti gli edge ($\alpha = 0.5$)

$$h = \frac{1}{\alpha + 1} \begin{bmatrix} -\alpha & \alpha - 1 & -\alpha \\ \alpha - 1 & \alpha + 5 & \alpha - 1 \\ -\alpha & \alpha - 1 & -\alpha \end{bmatrix}$$

Filtro Laplaciano

- Per ottenere l'immagine con più dettagli si applica il *Basic highpass spatial filtering*:
 - Si somma all'immagine originale l'immagine filtrata con il laplaciano

$$g(n, m) = f(n, m) + c \cdot h * f(n, m)$$

Fattore di amplificazione

Immagine filtrata con il laplaciano

- c è un fattore di amplificazione (positivo se il valore centrale della maschera H è positivo, negativo altrimenti)

Esempi

- Esempi di operazioni locali nel file **Lezione7_EserciziPrincipali.m**
 - Calcolo SNR
 - Filtro Media
 - Filtro Gaussiano
 - Filtro Mediano
 - Filtro di Sharpening

Esercizi principali

Esercizio 1

- Applicare un filtraggio di smoothing alle immagini reali definite nello script **Lezione7_EserciziPrincipali.m**
- Variare il tipo di filtro (media, Gaussiano, mediano) e variare la dimensione della maschera
 - Per il filtro Gaussiano: fare attenzione a stimare correttamente la deviazione standard del filtro con la regola

$$K = 5 * \sigma$$

Esercizio 1

- Confrontare i risultati in modo qualitativo e rispondere, per ogni immagine, alle seguenti domande:
 - In generale, funziona meglio un filtro Media, un filtro Gaussiano o un filtro Mediana?
 - Considerando il filtro ottimale: cosa succede quando cambio la dimensione della maschera? Qual è la dimensione ottimale?

Esercizio 1

- Nota: l'obiettivo è cercare di eliminare la maggior quantità possibile di rumore cercando però di mantenere al massimo i dettagli

peppers_Noise1.png

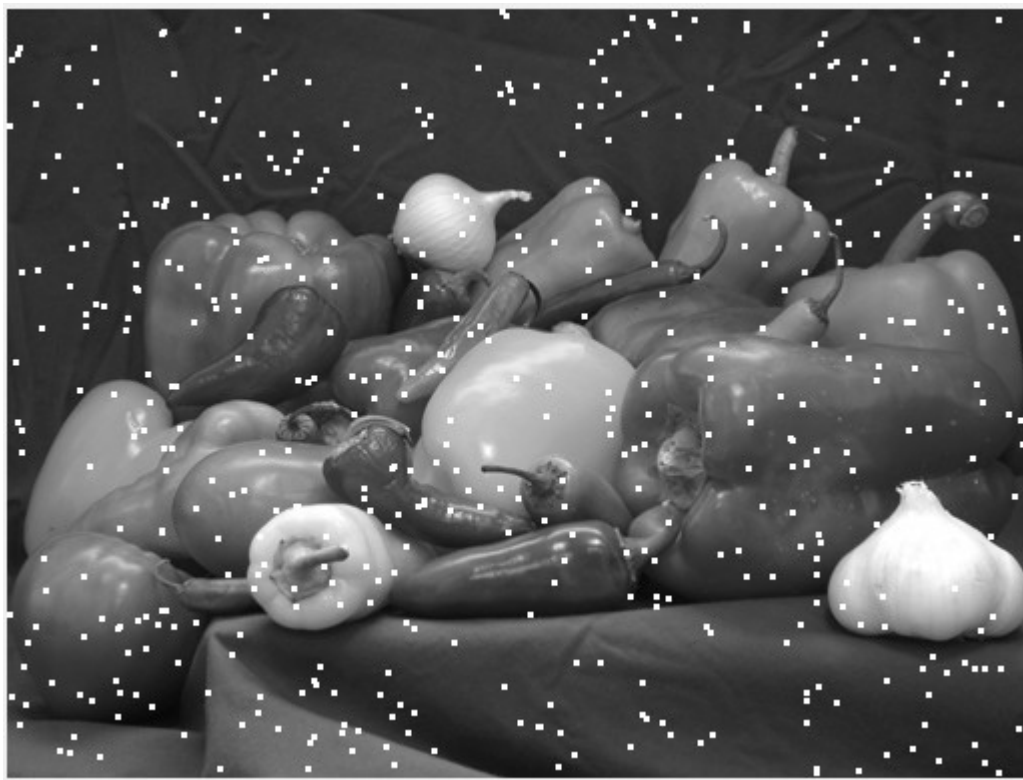


Originale

Mio miglior
risultato

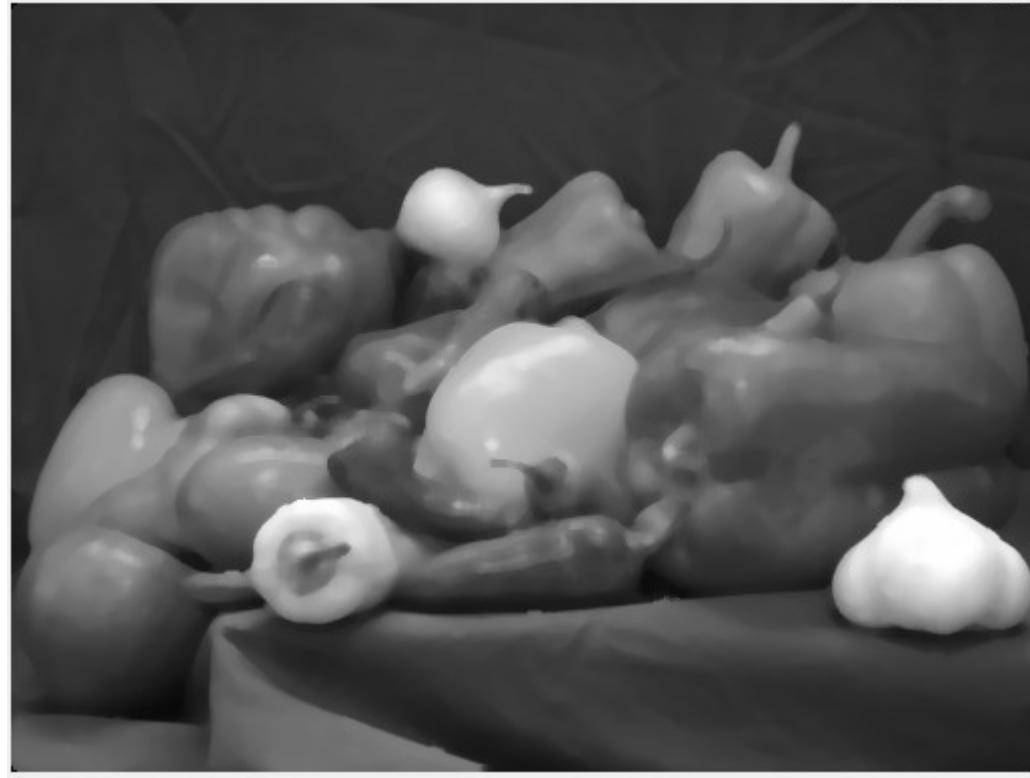


peppers_Noise2.png

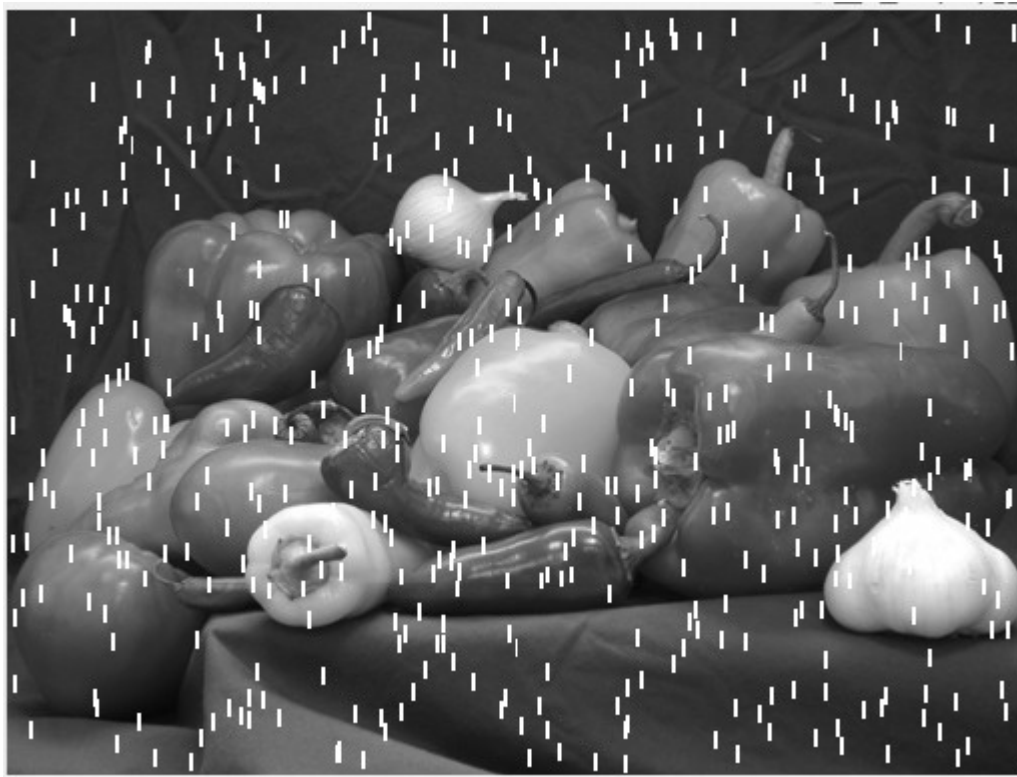


Originale

Mio miglior
risultato

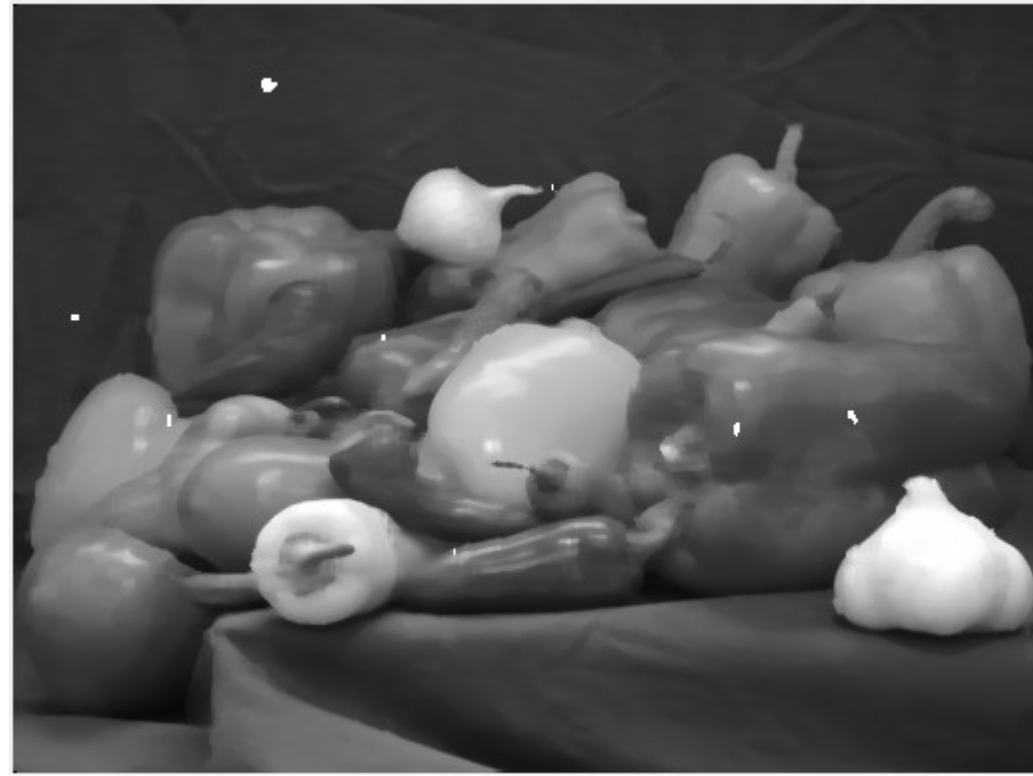


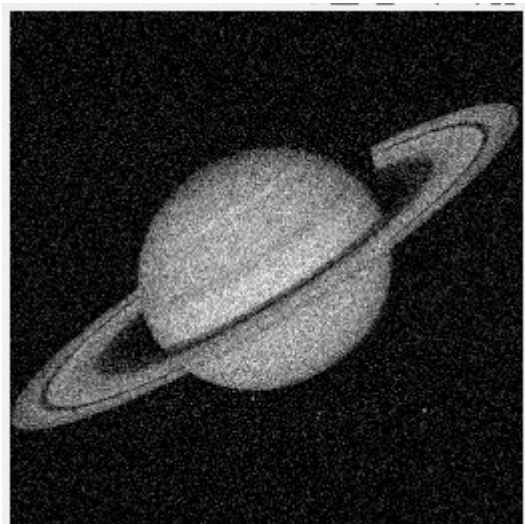
peppers_Noise3.png



Originale

Mio miglior
risultato

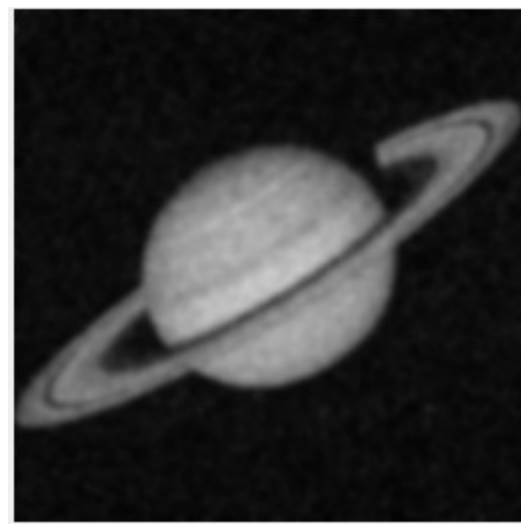




saturn2_Noise1.png



Originale



Mio miglior
risultato



saturn2_Noise2.png



Originale



Mio miglior
risultato

Esercizio 2

- Applicare il filtraggio di sharpening all'immagine "Pavone" corrotta con rumore Gaussiano
- Provare ad applicarlo direttamente all'immagine con rumore oppure dopo aver applicato un filtraggio media o gaussiano. Che differenza si nota?

Esercizi extra

Esercizio 3

- Implementare il filtraggio locale per un filtro Mediano 3x3 (senza usare `medfilt2`), e applicarla all'immagine "butterfly.jpg"
- Suggerimenti:
 - Con un doppio ciclo `for` si scorre tutta l'immagine
 - Per ogni posizione, si estrae l'intorno, si calcola il nuovo valore (la mediana) e lo si salva nella posizione corrispondente nell'immagine filtrata

Esercizio 3

- Nota Importante: occorre gestire i problemi ai bordi:
 - Usare il “padding”
 - In particolare l’opzione “replicate”: replico la prima/ultima riga/colonna, calcolo il filtraggio, rimuovo l'informazione in più

Esercizio 4

- **Caso reale:** riuscire a migliorare il più possibile la qualità della scrittura nel file “hand.tiff”, utilizzando gli strumenti visti fino ad ora
- Suggestimenti:
 - ragionare sull'istogramma
 - utilizzare sia operatori puntuali (lezione scorsa) che operatori locali (questa lezione)

Esercizio 4

[illegible]

Esercizio 5

- **Caso reale:** Trovare piu' informazioni possibili dall'immagine 'fogBN.jpg', ed in particolare rendere massimamente visibili le informazioni sulle macchine (targhe in primis) usando tutti gli strumenti visti finora.
- Alcune domande a cui rispondere: In che stato ci troviamo? Si leggono le targhe?
- Suggerimento: lavorare su parti specifiche dell'immagine (crop con la funzione **imcrop**)

Esercizio 5

