

# Elaborazione di Segnali e Immagini (ESI) LABORATORIO

## *Lezione 6*

**Manuele Bicego**

Corso di Laurea in Informatica

Dipartimento di Informatica - Università di Verona

# Filtraggi nel dominio spaziale: operatori puntuali (pixel-wise)

# Operatori puntuali (pixel wise)

- Operatori puntuali: si dice operatore puntuale, un operatore che, preso in input il valore di un pixel, ne restituisce uno cambiato, il quale dipende esclusivamente dal valore del pixel in ingresso.

# Operatori puntuali (pixel wise)

- Tipicamente sono utilizzati per il “rinforzo”: si mira ad elaborare una immagine in modo che il risultato sia *più adatto al compito in esame*
- Rappresentano euristiche progettate per manipolare l’immagine e renderla di “qualità migliore”
  - Problema: la definizione di “qualità” è soggettiva e dipende dal problema (non esiste un modo univoco per determinare la qualità di un’immagine)

# Operatori puntuali (pixel wise)



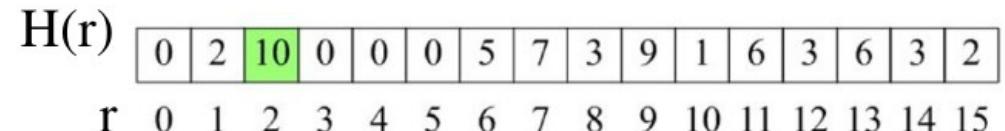
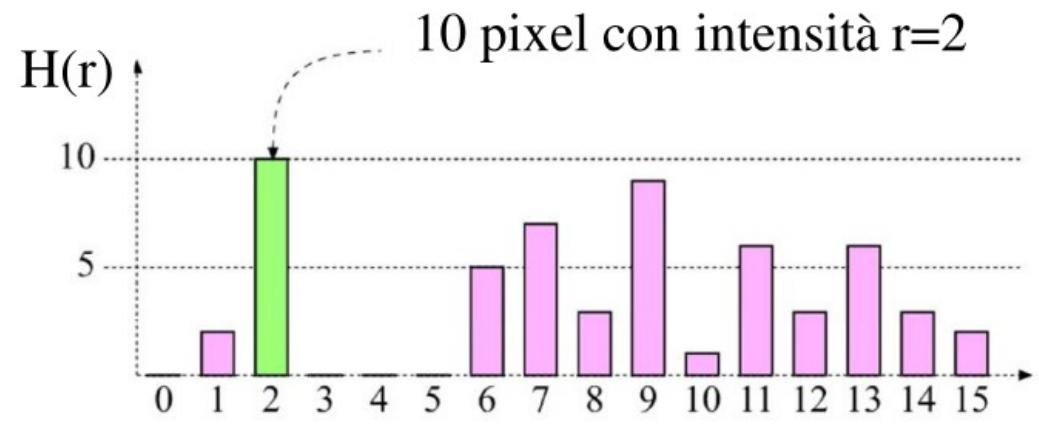
Quale delle due versioni è di più alta qualità?

- Quella di sinistra è più verosimile, ma ha pochi dettagli
- Quella di destra non è verosimile, ma ha tanti dettagli

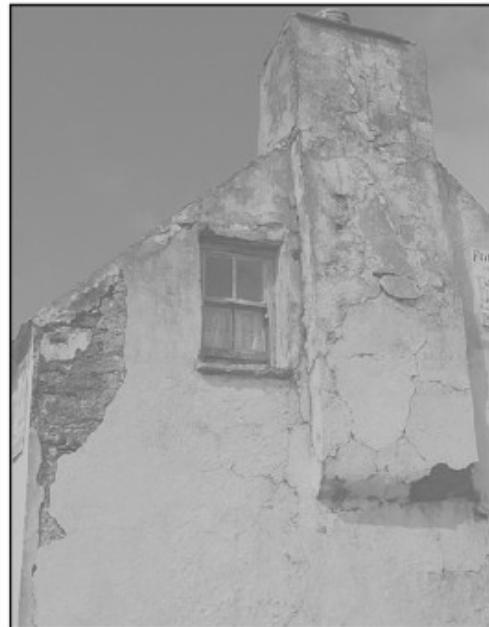
# Operatori puntuali (pixel wise)

- Gli operatori puntuali servono principalmente per variare il contrasto (estensione dei livelli di grigio in un'immagine)
- Strumento fondamentale: istogramma

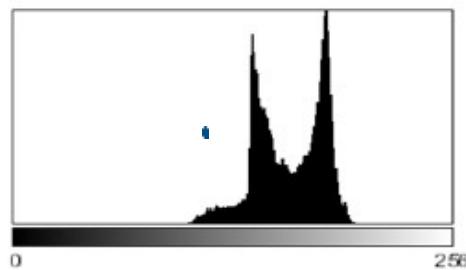
Per ogni livello di grigio, riporta il numero di pixel nell'immagine che hanno quel livello di grigio.



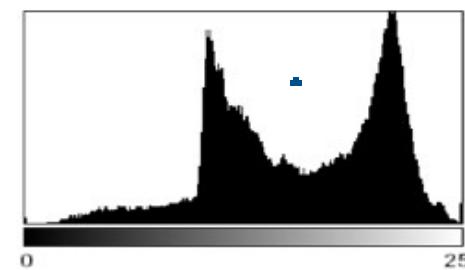
# Operatori puntuali (pixel wise)



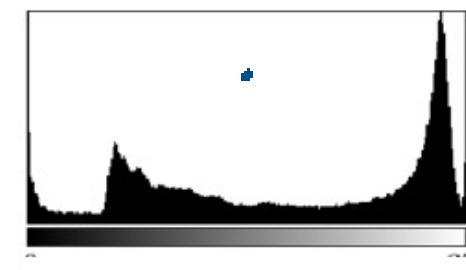
immagine



basso  
contrasto



contrasto di  
acquisizione



istogramma

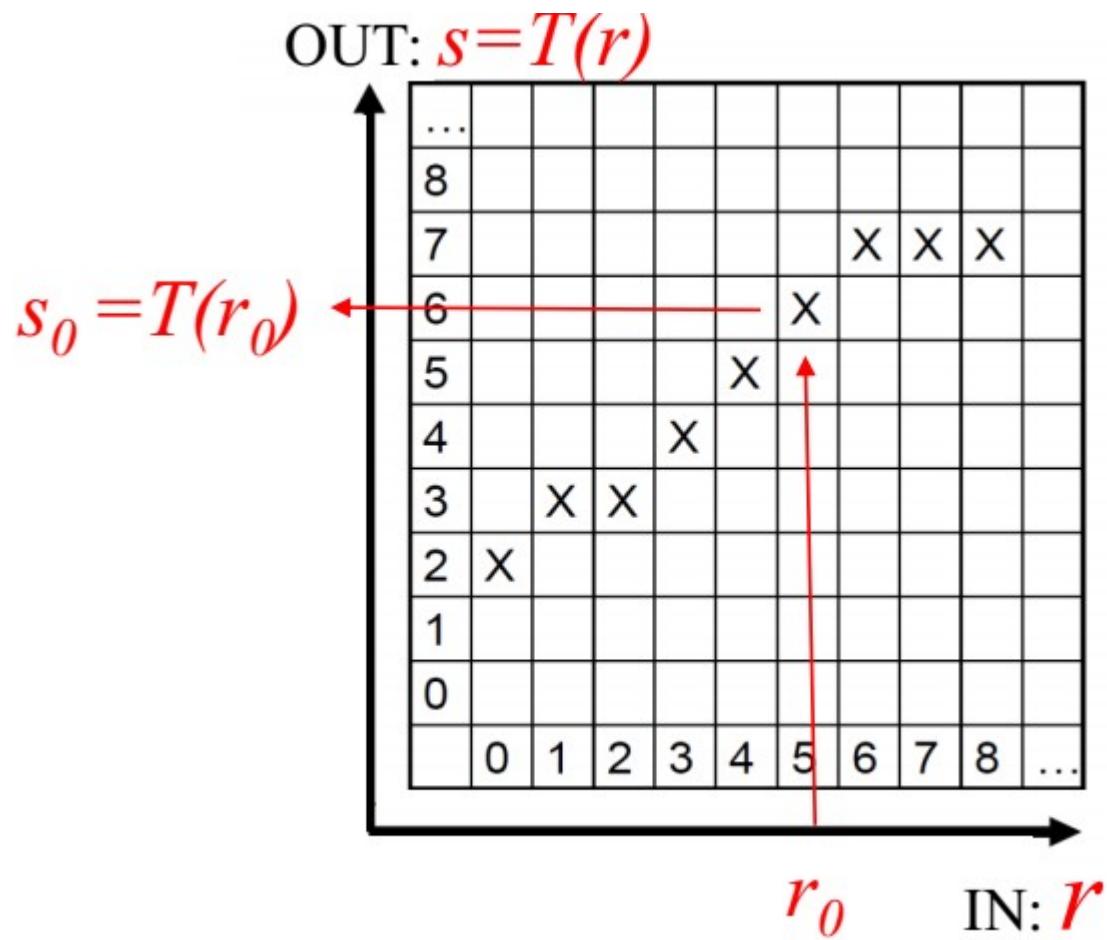
alto contrasto

# Operatori puntuali (pixel wise)

- Un operatore puntuale lavora pixel per pixel, e può essere rappresentato da una lookup table (LUT):
  - Una funzione  $s = T(r)$  che dice, per ogni livello di grigio  $r$ , come trasformarlo in un output  $s$

Input	$r$	0	1	2	3	4	5	6	...
output	$s$	$T(0)$	$T(1)$	$T(2)$	$T(3)$	$T(4)$	$T(5)$	$T(6)$	...

- Se in un pixel dell'immagine ho il livello di grigio “3”, allora lo sostituisco con “ $T(3)$ ”
- Devo farlo per tutti i pixel dell'immagine



Per definire un'operazione puntuale basta definire la Look Up Table!

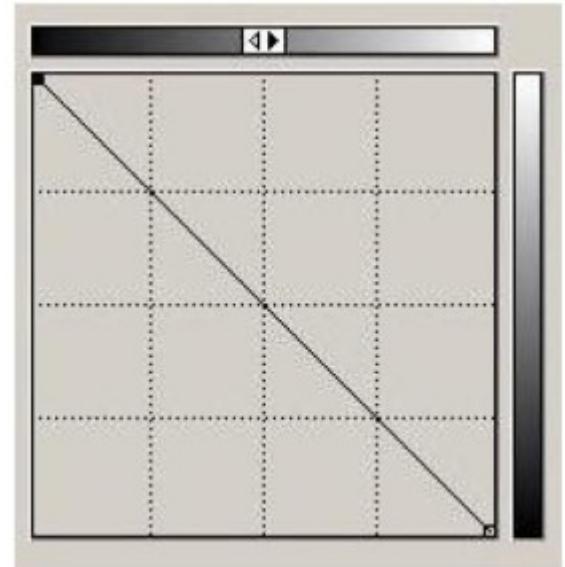
# Operatori puntuali (pixel wise)

- Operatori puntuali:
  - Negativo
  - Clamping
  - Stretching/Shrinking
  - Trasformazione non lineare
  - Binarizzazione

# Negativo

- Negativo per livelli di grigio:

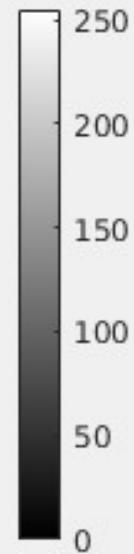
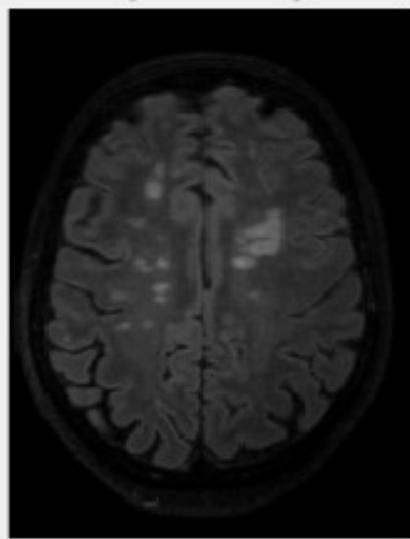
$$S = T(r) = 255 - r$$



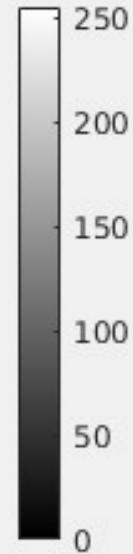
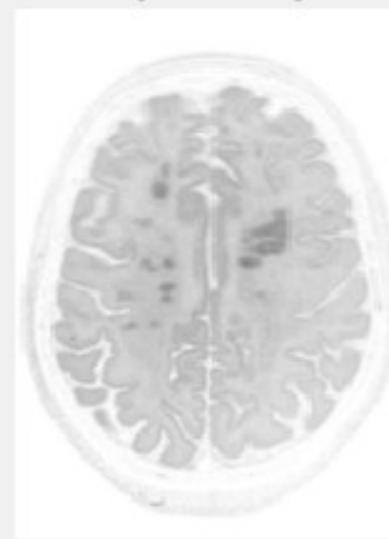
Look-up table

- Viene utilizzata quando si hanno dettagli grigi immersi in zone nere che si vogliono evidenziare (percettivamente è meglio avere dettagli scuri su regioni chiare)

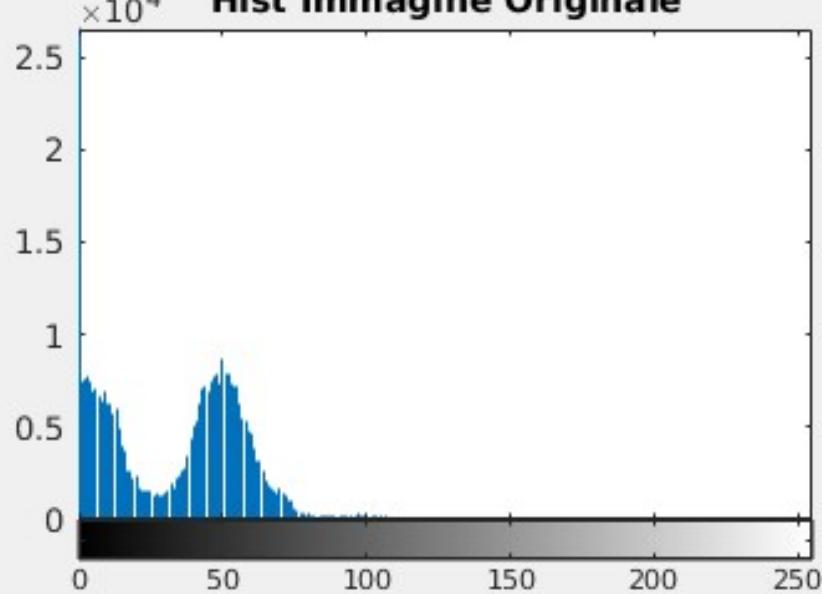
**Immagine Originale**



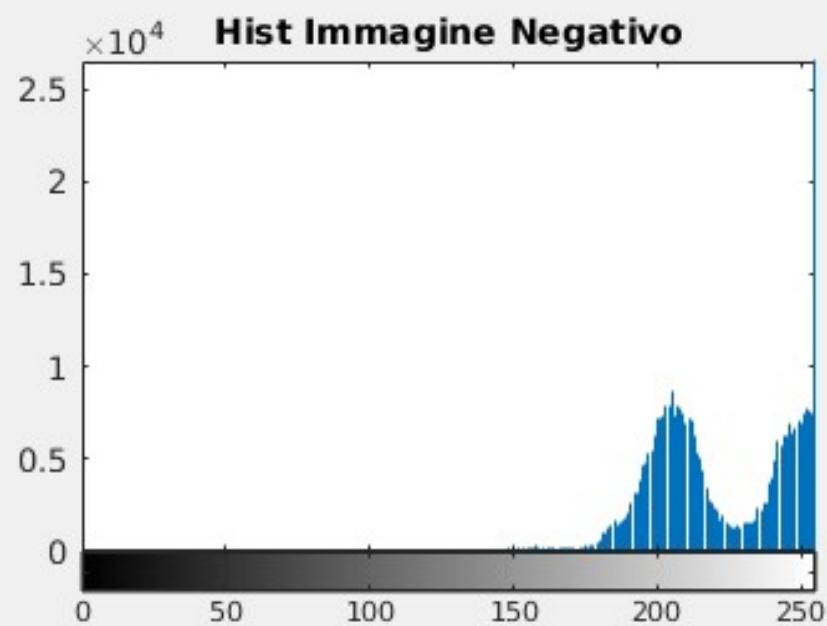
**Immagine Negativo**



**Hist Immagine Originale**



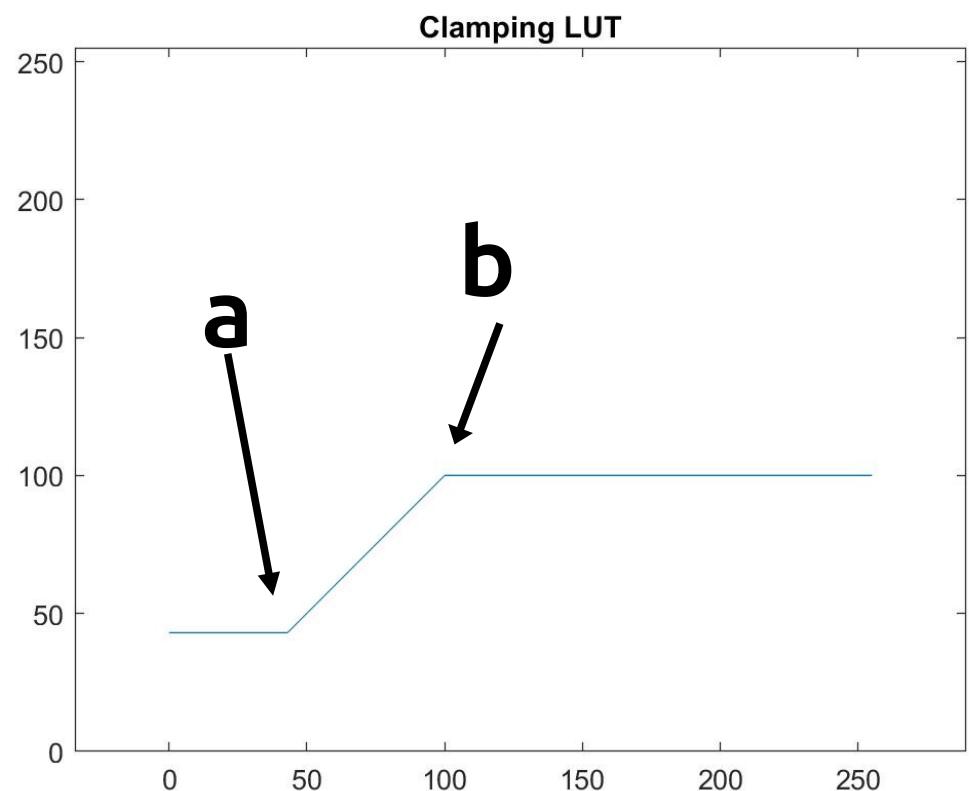
**Hist Immagine Negativo**



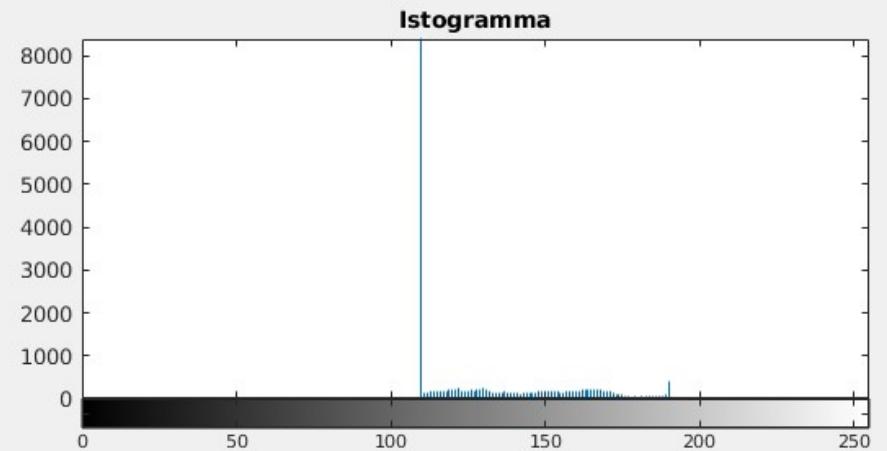
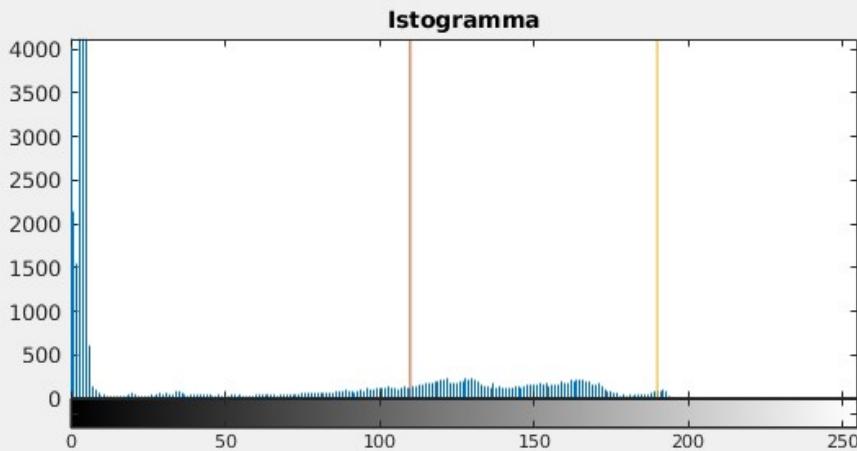
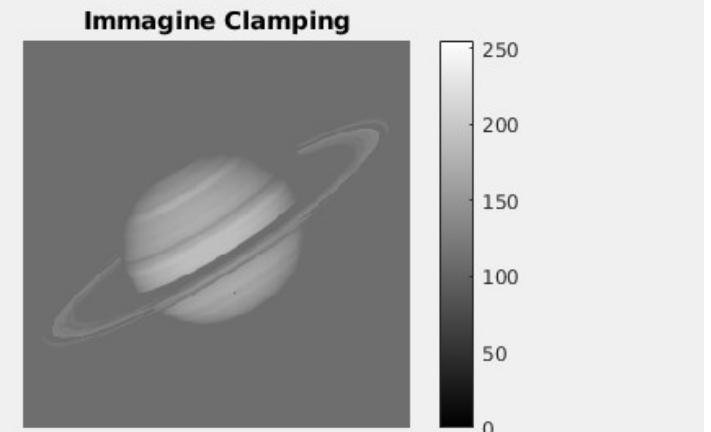
# Clamping

- Limita le intensità ad un range definito  $[a,b]$

$$s = T(r) = \begin{cases} a & \text{se } r < a \\ r & \text{se } a \leq r \leq b \\ b & \text{se } r > b \end{cases}$$



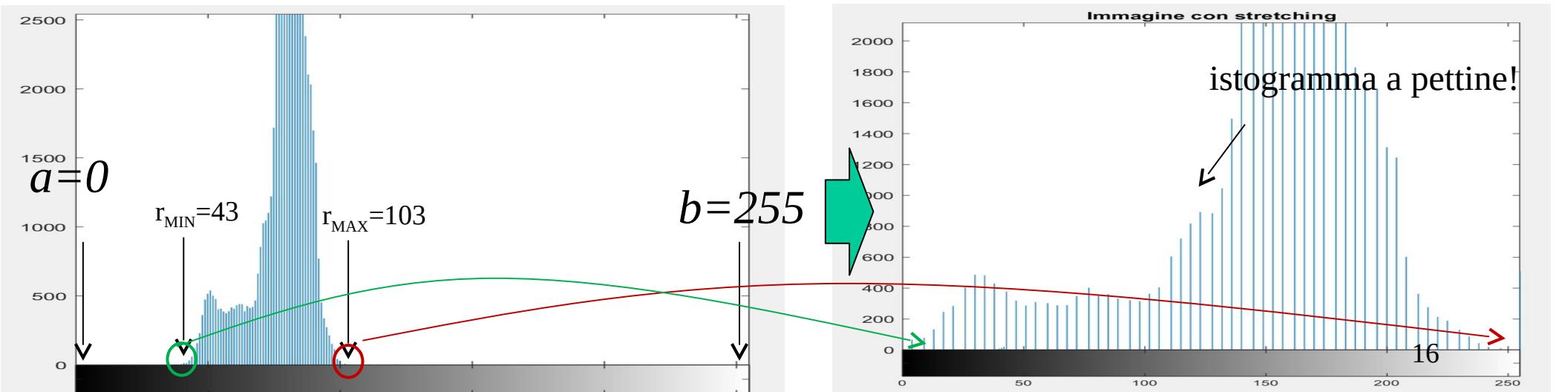
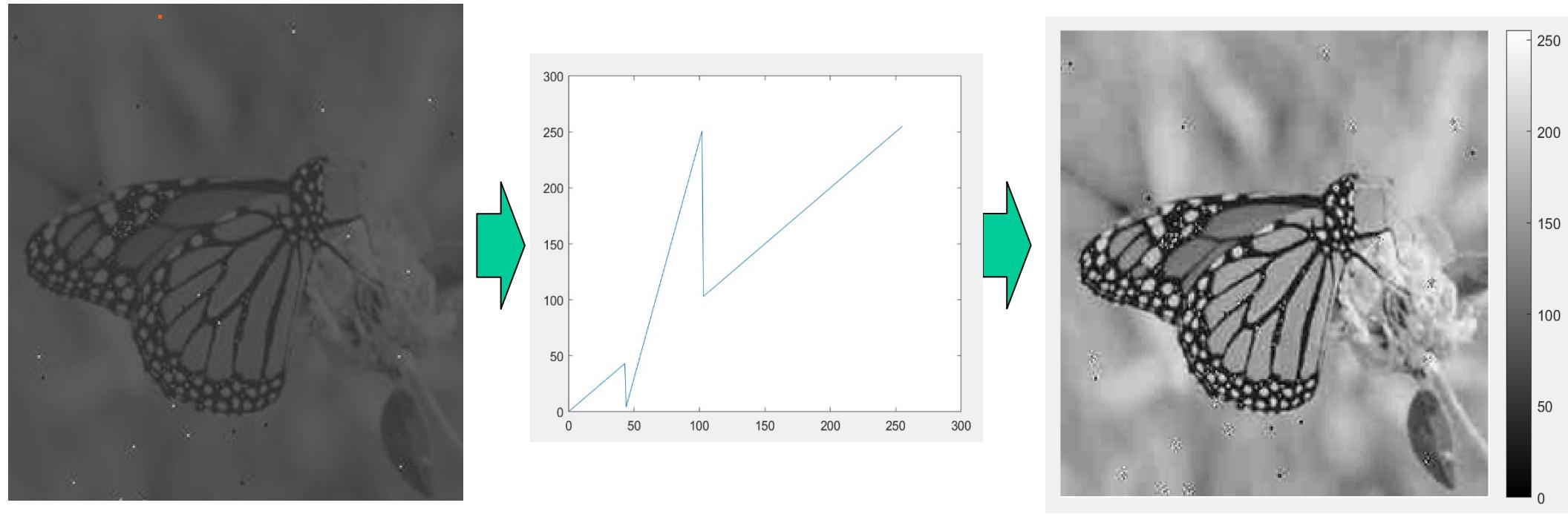
Serve nel caso in cui ci siano dei pixel di rumore molto chiari o molto scuri che voglio mascherare  
(sostituendovi un altro valore)



# Stretching/Shrinking

- Stira/comprime le intensità di un range  $[r_{min}, r_{max}]$  ad un range definito  $[a, b]$ 
  - In generale per migliorare il contrasto, ampliando / riducendo lo spettro dei livelli di grigio

$$s = T(r) = \begin{cases} r & \text{se } r < r_{min} \\ \left[ \frac{r - r_{min}}{r_{max} - r_{min}} \right] [b - a] + a & \text{se } r_{min} \leq r \leq r_{max} \\ r & \text{se } r > r_{max} \end{cases}$$



# Trasformazione non lineare

- Si usa per effettuare una trasformazione non uniforme che agisca differentemente sui livelli di grigio.
  - Viene usata quando si vogliono mappare fasce strette di valori dell'immagine originale in fasce più ampie, aumentandone così il range del contrasto, rendendo inoltre l'interpretazione umana più informativa

# Trasformazione non lineare

- Immagine sottoesposta = i particolari interessanti sono poco evidenti e concentrati nelle zone scure; in tal caso possiamo espandere la dinamica associata ai livelli scuri e comprimere quella dei livelli chiari;
- Immagine sovraesposta = i particolari interessanti sono poco evidenti e concentrati nelle zone chiare; in tal caso possiamo espandere la dinamica associata ai livelli chiari e comprimere quella dei livelli scuri.

# Trasformazione non lineare

- Trasformazione potenza

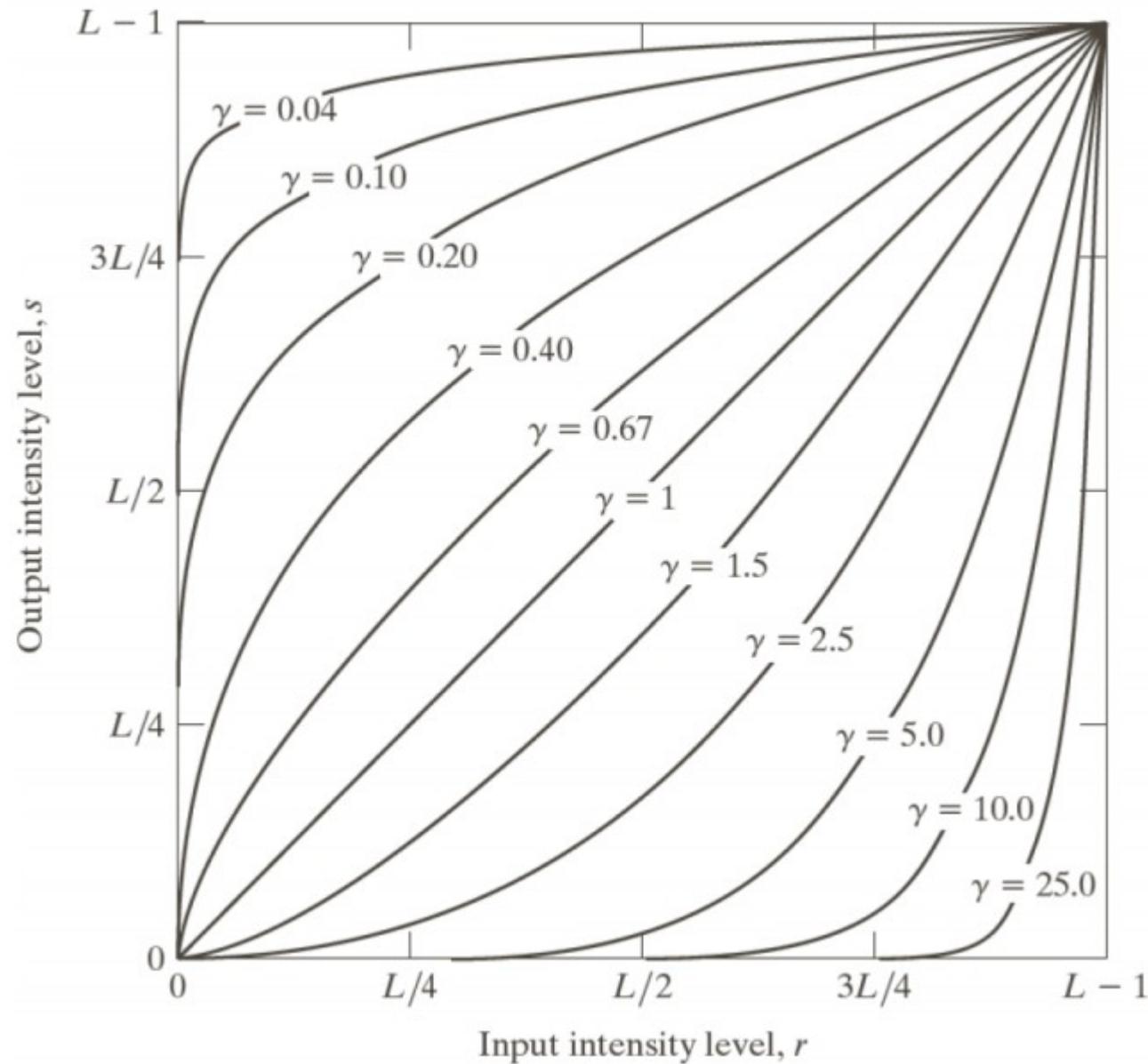
$$s = T(r) = cr^\gamma$$

- dove  $c, \gamma > 0$ 
  - $c$  è scelta *in dipendenza da*  $\gamma$  in modo da normalizzare i valori di  $s$  nell'intervallo [MIN,MAX]
  - In pratica:

$$\tilde{s} = r^\gamma$$

$$s = T(r) = \left[ \frac{\tilde{s} - \tilde{s}_{min}}{\tilde{s}_{max} - \tilde{s}_{min}} \right] [MAX - MIN] + MIN$$

# Trasformazione non lineare



# Trasformazione non lineare

Scelta  $\gamma$ :

- $\gamma < 1$ : espansione bassi valori di  $r$ , compressione per alti valori di  $r$ : i dettagli sono nei livelli di grigio scuri
  - Si vuole aumentare il range dei pixel scuri, ottenendo un generale schiarimento dell'immagine



# Trasformazione non lineare

- Scelta  $\gamma$ :
  - $\gamma > 1$ : compressione bassi valori di  $r$ , espansione per alti valori di  $r$ : i dettagli sono nei livelli di grigio chiari:
    - Si vuole aumentare il range dei pixel chiari, ottenendo un generale oscuramento dell'immagine



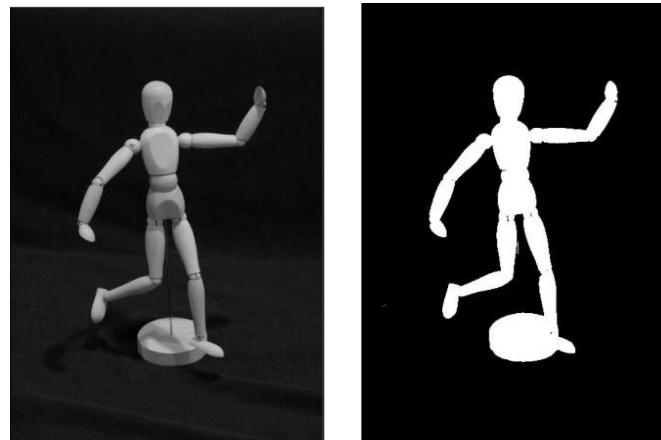
Originale



$\gamma = 3$

# Binarizzazione

- Produce una immagine che ha solo due livelli: nero e bianco.
- Si ottiene scegliendo una soglia  $T$  e mettendo a nero tutti i pixel il cui valore è minore a  $T$  e a bianco tutti gli altri.
- La binarizzazione serve di solito per discriminare un oggetto dalla scena: la difficoltà risiede nel saper scegliere la soglia  $T$  più ragionevole



# Esempi

- Esempi di operazioni puntuali nel file  
**Lezione6\_EserciziPrincipali.m**

# Esercizi principali

# Esercizio 1

- Implementare l'operazione puntuale di stretching/shrinking e applicarla all'immagine "**fog.png**"
  - caricare l'immagine "**fog.png**" (auto nella nebbia)
  - visualizzare l'immagine e il corrispondente istogramma
  - individuare i limiti **rmin**, **rmax** per l'operazione di stretching/shrinking
  - costruire la LUT (Look Up Table) per l'operazione di stretching/shrinking

# Esercizio 1

- applicare la LUT all'immagine originale e visualizzare il risultato ottenuto: come cambia? Si riescono a visualizzare meglio i numeri della targa?
- visualizzare l'istogramma dell'immagine risultato: come cambia rispetto all'istogramma dell'immagine originale?

Nota: **non** utilizzare il comando matlab  
**“imadjust”**

# Esercizio 1

Suggerimenti:

- Fare attenzione che in matlab gli array partono da 1, mentre i livelli di grigio vanno da 0 a 255 (La LUT è un array con elementi in posizione da 1 a 256 ma con valori da 0 a 255).
- Attenzione al tipo:
  - Le immagini sono uint8, occorre trasformarle in double prima di fare operazioni matematiche, altrimenti le operazioni sono fra interi

# Problema

```
K>> double(10)/double(3)
```

```
ans =
```

```
3.3333
```

```
K>> uint8(10)/uint8(3)
```

```
ans =
```

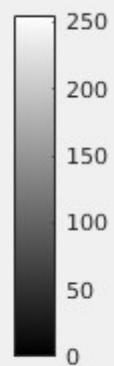
uint8

```
3
```

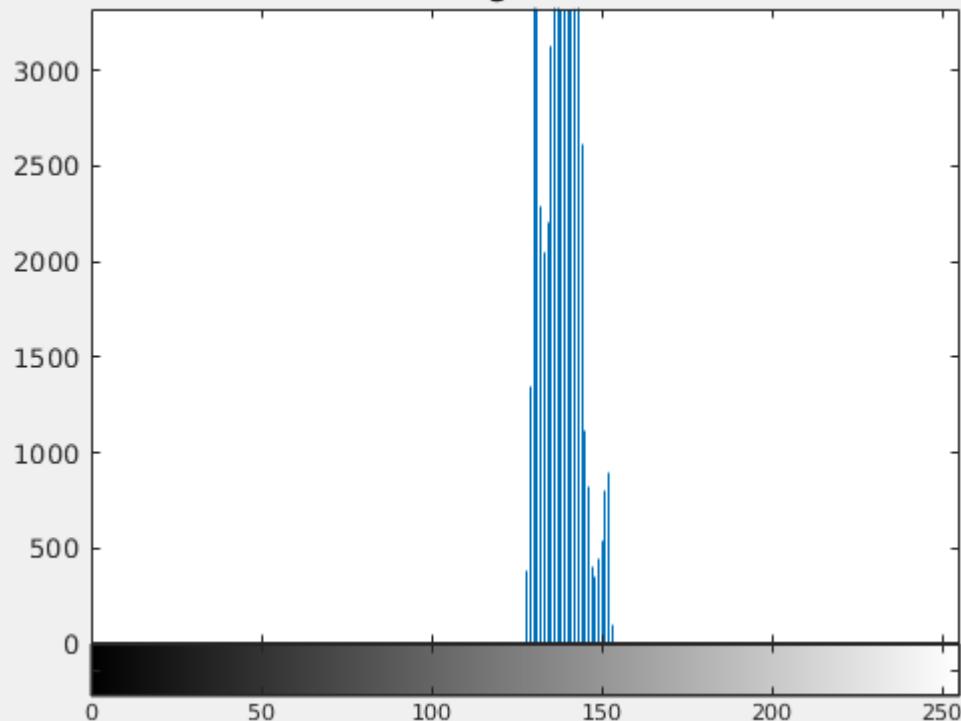
## Soluzione

```
% casting a double in modo che le  
% operazioni funzionino  
img = double(img);  
  
% operazioni su img, otteniamo newimg  
% ...  
% ...  
  
% casting a uint8 per avere di nuovo  
% un'immagine  
newimg = uint8(newimg);
```

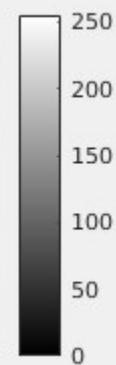
**Immagine originale**



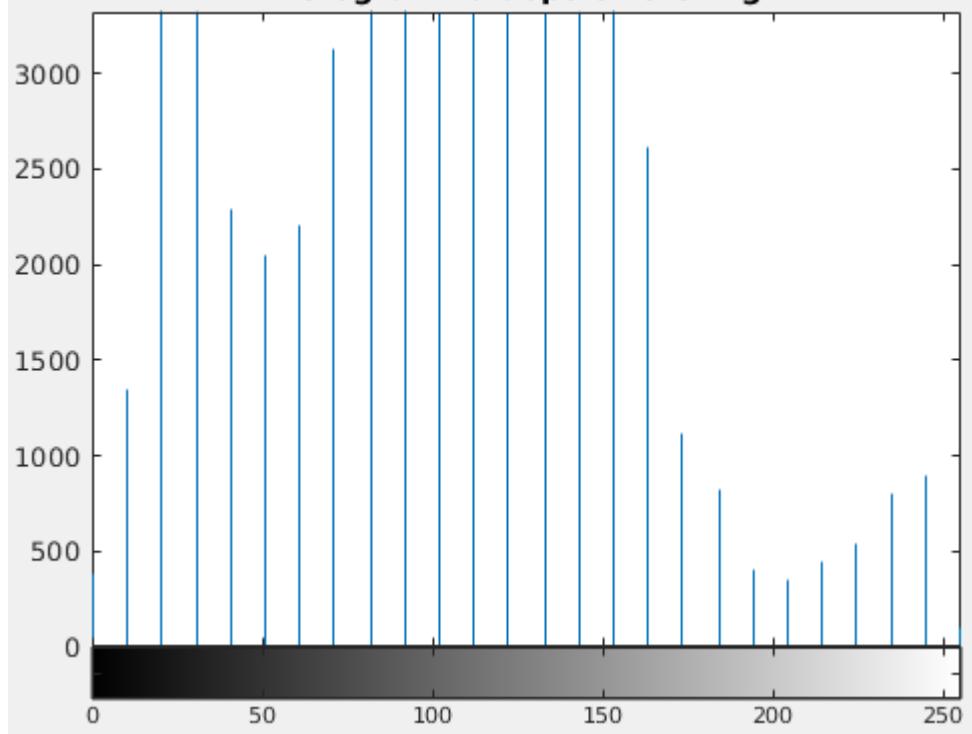
**Istogramma**



**Immagine con stretching**



**Istogramma dopo stretching**



# Esercizio 2

- Caricare l'immagine '**noisy.png**'
- Visualizzare l'immagine e il relativo istogramma
- Cercare di migliorare l'immagine riducendo il rumore con un'operazione puntuale: qual'è l'operazione più adatta?

# Esercizio 2

**Immagine originale**



# **Esercizi extra**

# Esercizio 3

- Provare a recuperare dettagli non visibili presenti nell'immagine '**xray.png**'
  - '**xray.png**' rappresenta un'immagine ai raggi X per la valutazione di tumori ai polmoni.
  - Un'ulteriore analisi senza aggiungere altre radiazioni vorrebbe controllare i dischi vertebrali, in particolare il loro aspetto.
  - Provare ad applicare una operazione puntuale per evidenziare le suddivisioni orizzontali della spina vertebrale. Che operazione dobbiamo applicare?

# Esercizio 3: risultato

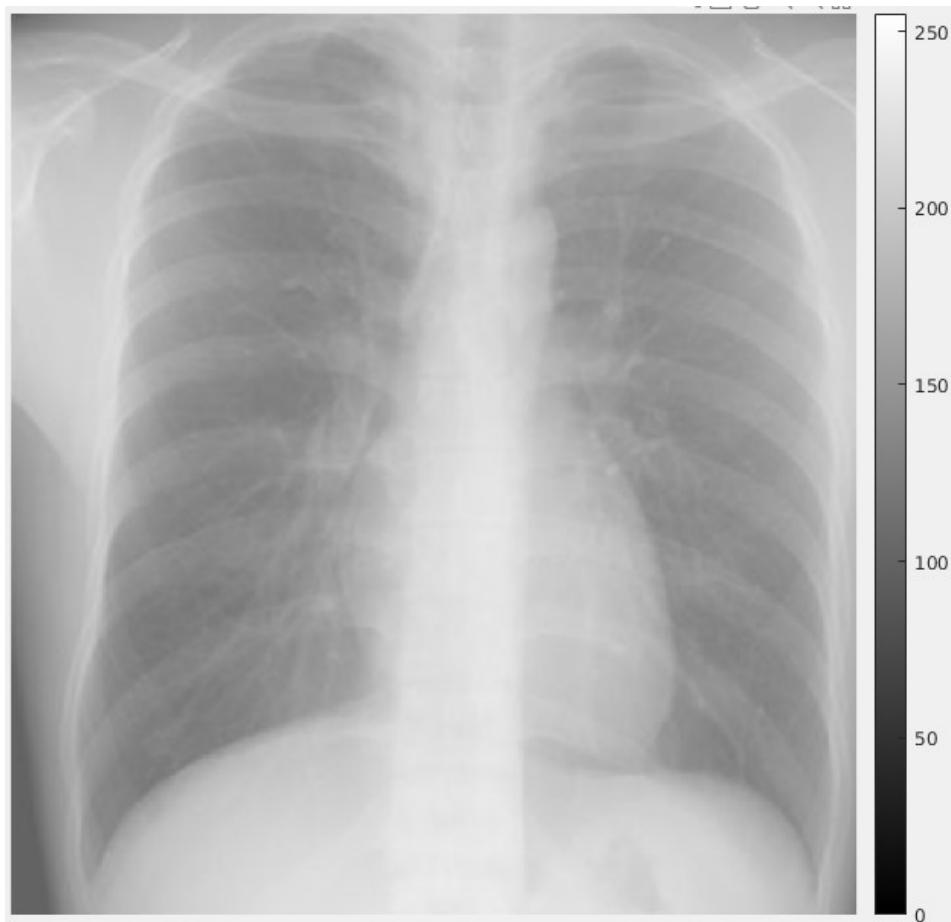


Immagine originale

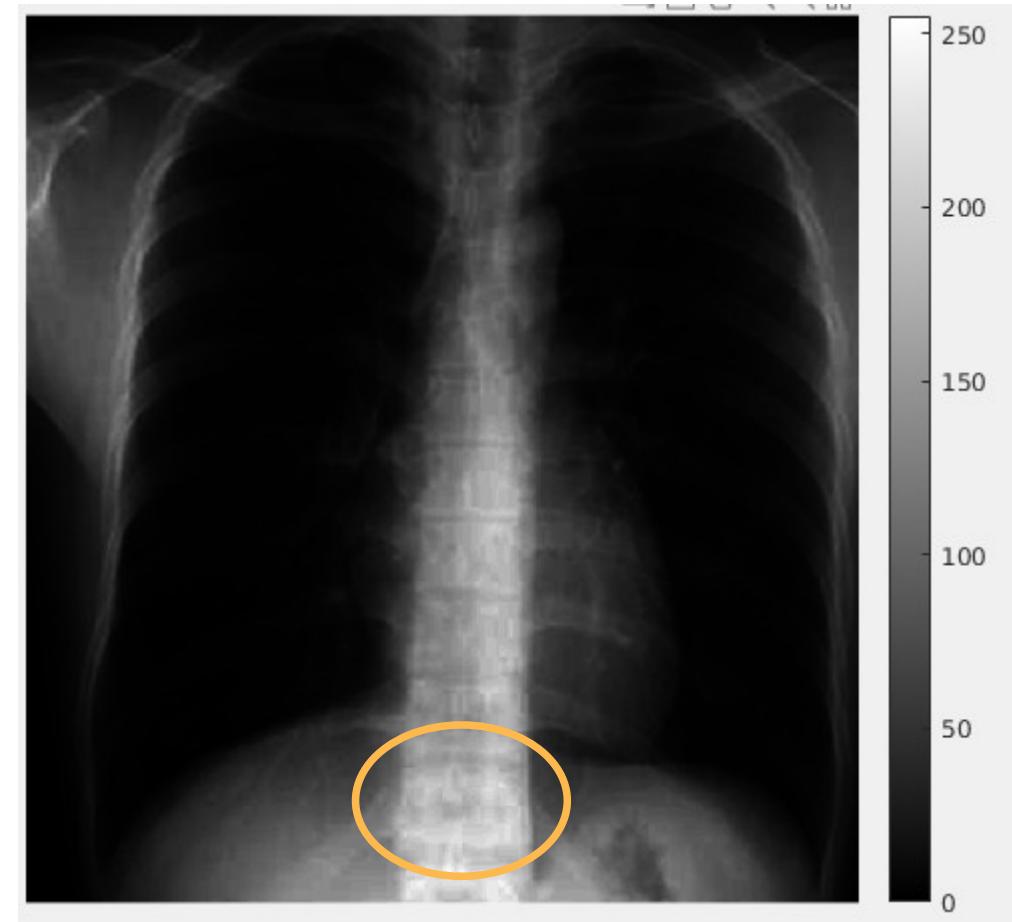


Immagine elaborata: si vedono i dischi vertebrali

# Esercizio 4

- Provare a segmentare l'oggetto dallo sfondo nelle immagini definite nel file  
**Lezione6\_EserciziExtra.m**
  - Applicare l'algoritmo di binarizzazione: utilizzare sia soglie settate a mano che la soglia ottimale determinata da Matlab (metodo di Otsu)
  - Vedere l'effetto della segmentazione oggetto/sfondo al variare delle soglie

**T = graythresh(I) -> ritorna la soglia ottimale per la binarizzazione (si veda help graythresh)**

# Esercizio 5

- Studiare il metodo di binarizzazione di Otsu (descritto nel pdf “OtsuMethod.pdf”, **non** sarà parte dell'esame) e implementarlo a mano
  - L'algoritmo è a pagina 751
- Applicarlo all'immagine '**moon.tif**' e confrontare la soglia ottenuta con quella identificata automaticamente da MATLAB con il comando "**graythresh**"

# Altri esempi da guardare

- Nel file **Lezione6\_EserciziExtra.m** sono presenti ulteriori esercizi (già svolti) per approfondire l'argomento:
  - Esempio 1 --- Thresholding & Sostituzione Background
  - Esempio 2 --- Equalizzazione istogramma
  - Esempio 3 --- Operatori puntuali per immagini RGB
- Nota: **Equalizzazione**: operazione che cerca di rendere l'istogramma il più “piatto” possibile