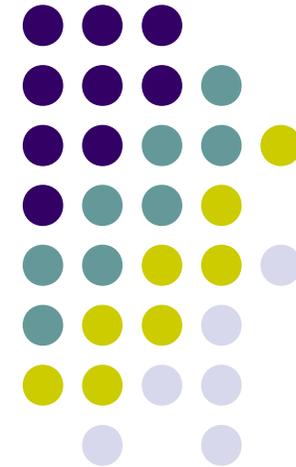


# Operazioni sulle immagini digitali

Categorie di operatori  
L'istogramma dei livelli di grigio  
Trasformazioni puntuali  
Equalizzazione



# Operazioni su immagini digitali



I tipi di operazioni che si possono realizzare per trasformare un'immagine in ingresso  $a[M,N]$  in un'immagine di uscita  $b[M,N]$  possono essere classificate in tre categorie:

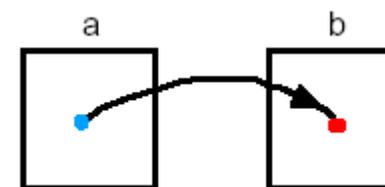
- **Operatori puntuali**
- **Operatori locali**
- **Operatori globali**

# Operazioni su immagini digitali



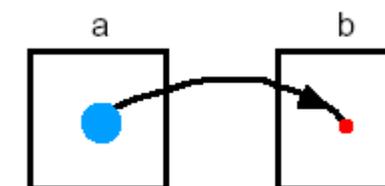
- Operatori puntuali

il valore di uscita nel punto  $(i,j)$  dipende solo dal valore di ingresso nel punto  $(i,j)$



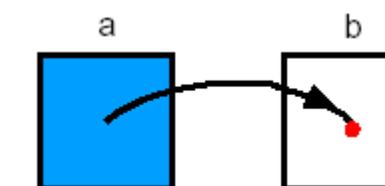
- Operatori locali

il valore di uscita nel punto  $(i,j)$  dipende solo dai valori di ingresso in un vicinato del punto  $(i,j)$



- Operatori globali

il valore di uscita nel punto  $(i,j)$  dipende da tutti i valori dell'immagine di ingresso



# Istogramma di un'immagine digitale



- Consideriamo un'immagine digitale  $f(i,j)$  con livelli di intensità nell'intervallo  $[0, L-1]$ , dove  $k$  è un generico valore in tale intervallo.
- L'istogramma dell'immagine è una funzione discreta:

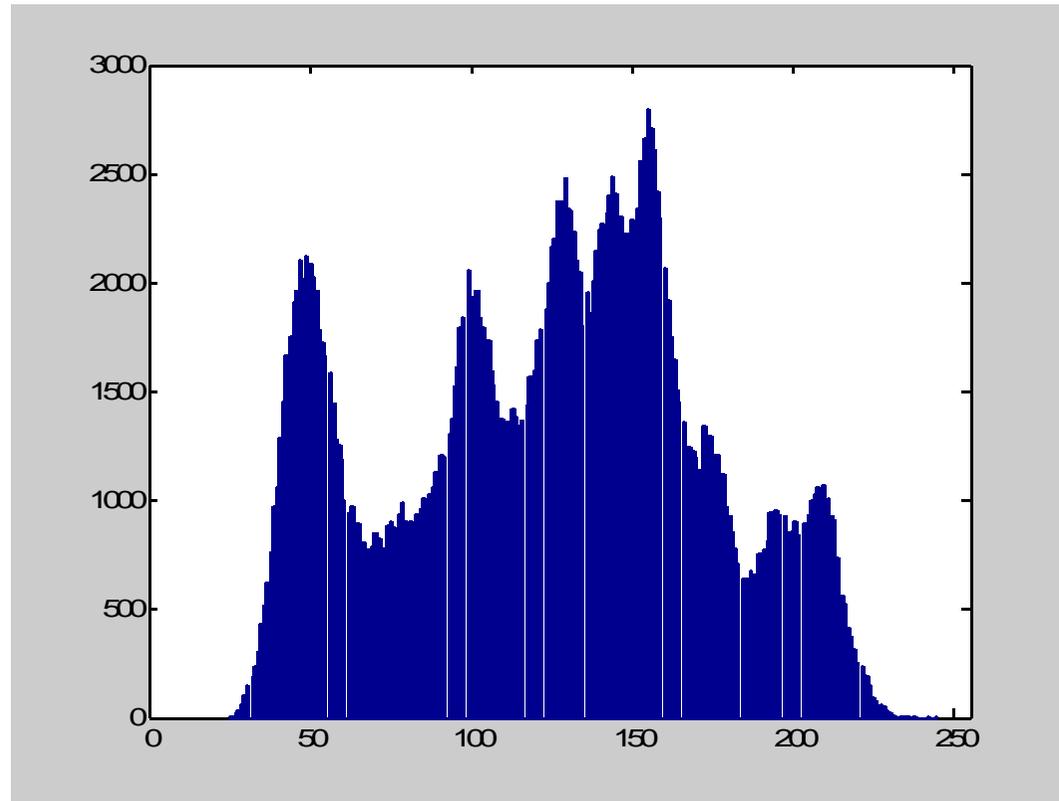
$$h(k) = |\{(i, j) \mid f(i, j) = k\}| \quad (\text{numero dei punti in cui } f(i,j)=k)$$

per cui si ha:

$$\sum_{k=0}^{L-1} h(k) = M \cdot N$$

- L'istogramma è utile per comprendere in maniera immediata le caratteristiche dell'immagine e individuare eventuali modifiche che possano migliorare la sua qualità.

# L'istogramma dei livelli di grigio

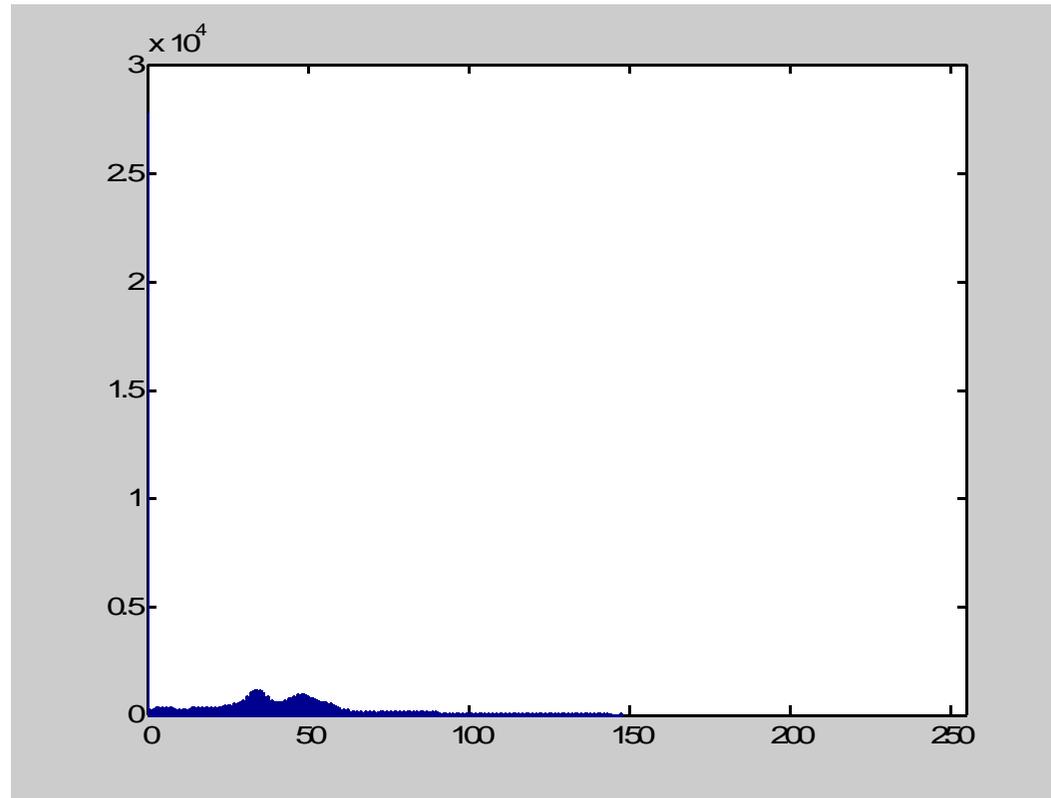


F. Tortorella

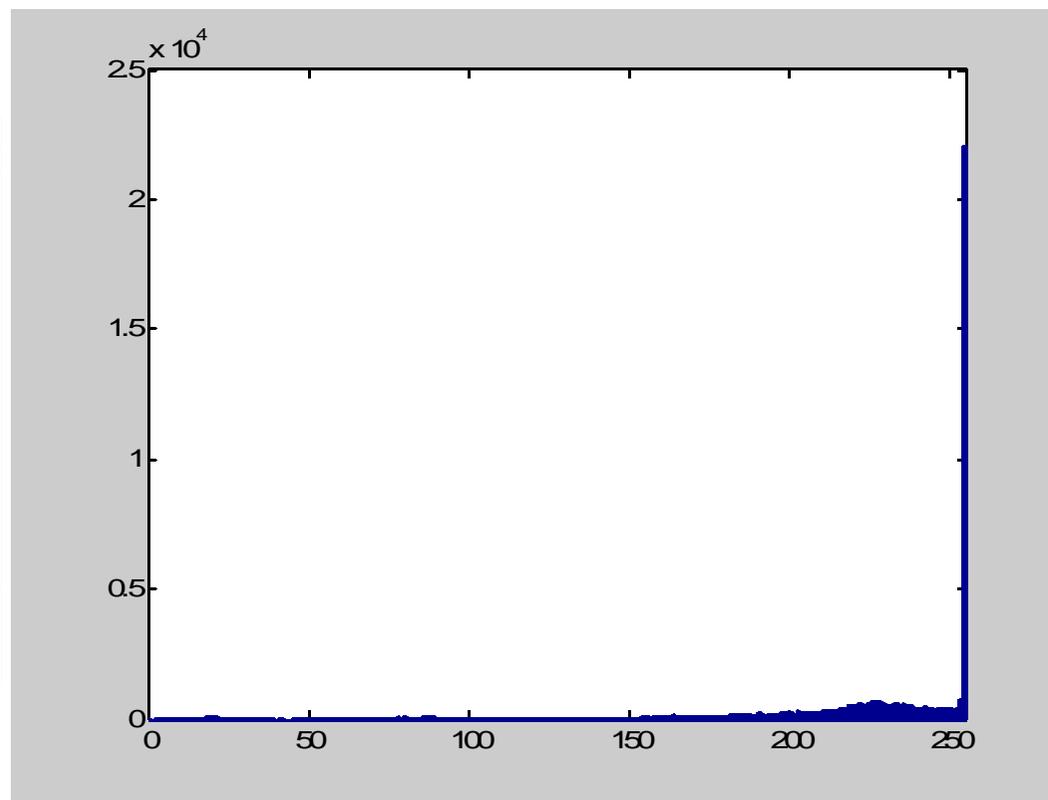
EIID 2012/2013

Università degli Studi  
di Cassino e del L.M.

# L'istogramma dei livelli di grigio



# L'istogramma dei livelli di grigio

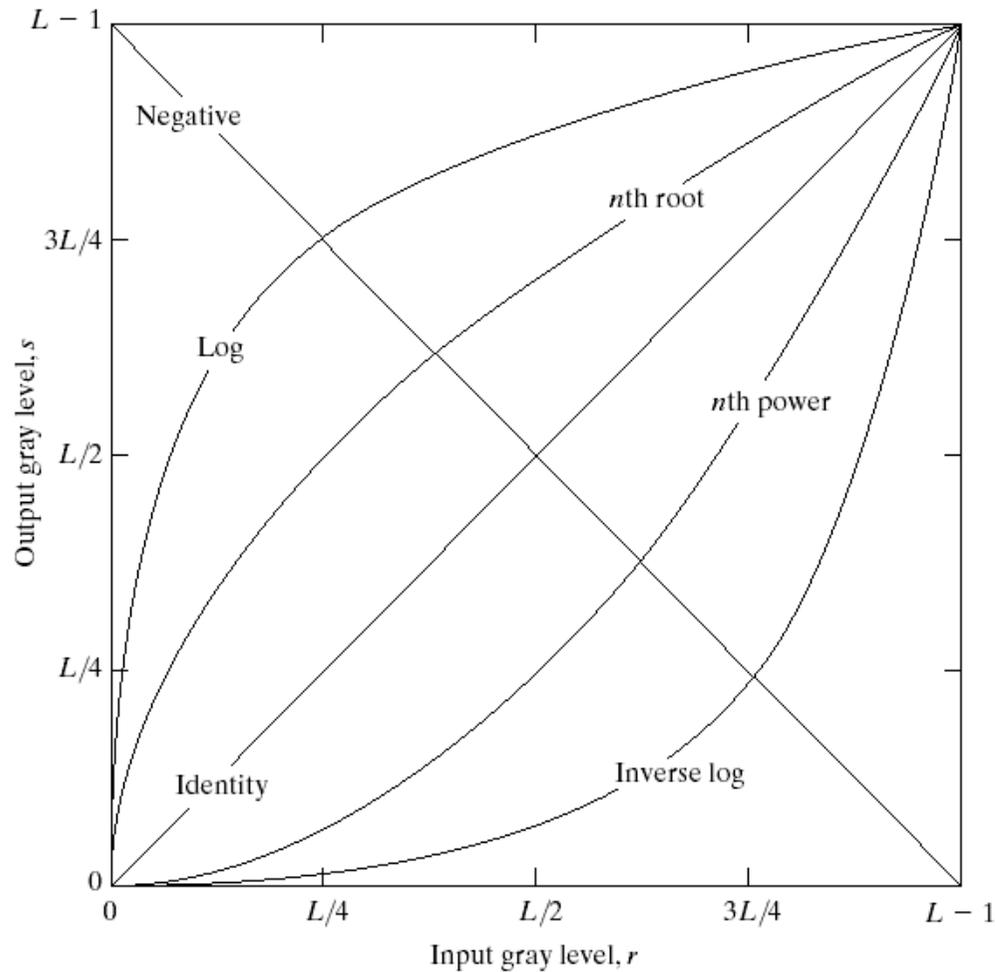


# Trasformazioni puntuali basate sull'istogramma



- Sono trasformazioni tipicamente orientate al miglioramento della qualità dell'immagine (*image enhancement*).
- Generalmente si realizzano tramite una funzione  $y=y(x)$ , che ad un livello di grigio  $x$  dell'immagine in ingresso, fa corrispondere il valore  $y$  per l'immagine in uscita.
- La trasformazione si può realizzare tramite delle *Look-up Table* (LUT) che permettono un'implementazione hardware efficiente della trasformazione.

# Trasformazioni di base



- Inversione dei livelli di grigio
- Compressione logaritmica
- Compressione potenza

# Inversione dei livelli di grigio



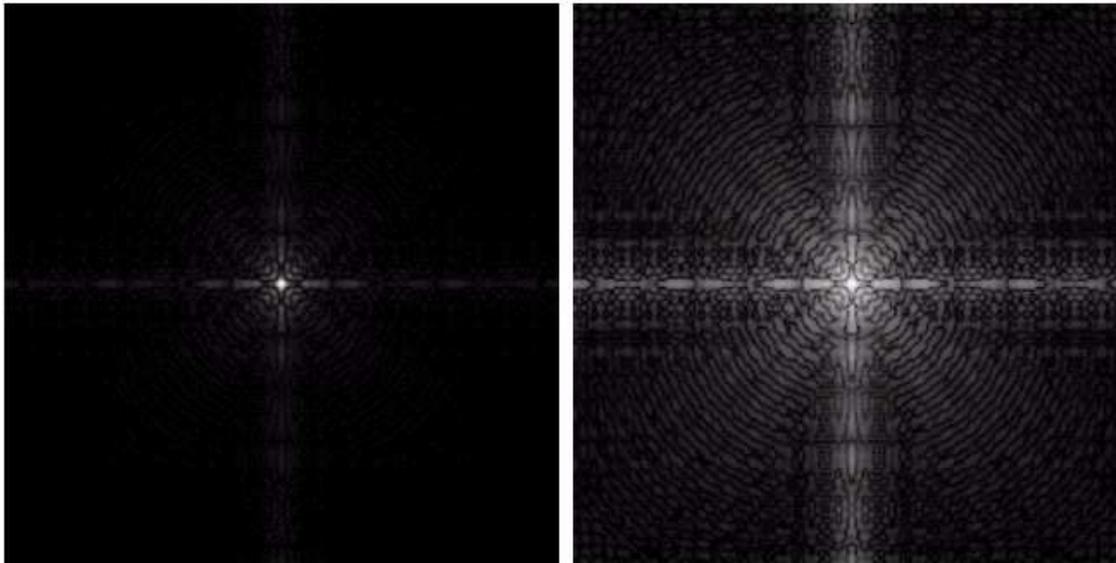
- Semplice trasformazione del tipo  $y(x)=255-x$
- Fornisce la “negativa” dell’immagine originale



# Compressione logaritmica



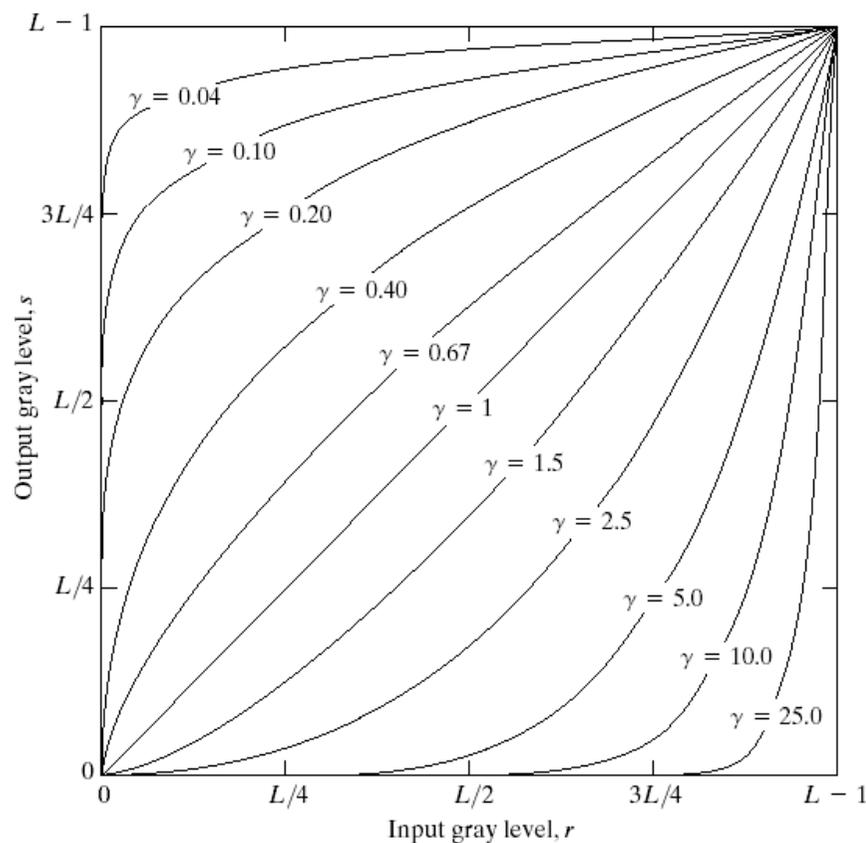
- Trasformazione del tipo  $y(x) = c \log(1+x)$
- Espande i livelli di grigio bassi in un intervallo più ampio, comprimendo i livelli di grigio più alti
- L'inverso del logaritmo opera al contrario



# Compressione potenza



- Trasformazione del tipo  $y(x) = c x^\gamma$  simile alla compressione logaritmica, ma più flessibile in quanto  $\gamma$  può assumere un vasto range di valori



# Compressione potenza



originale



$\gamma = 3.0$



$\gamma = 4.0$



$\gamma = 5.0$



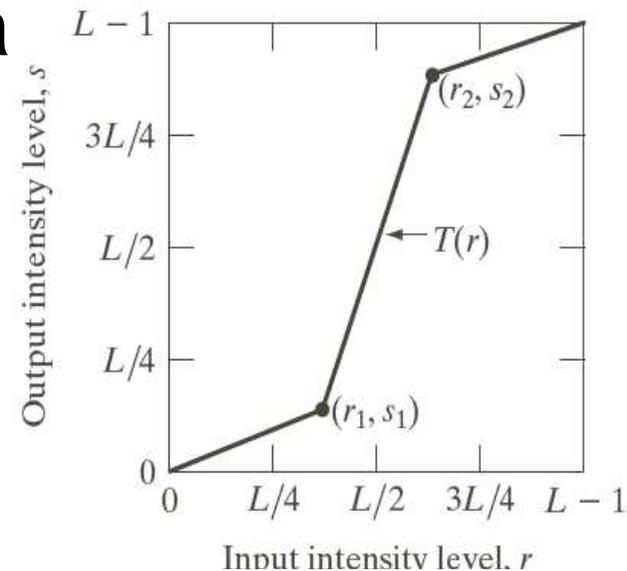
F. Tortore

Università degli Studi  
di Cassino e del L.M.

# Espansione di contrasto (contrast stretching)



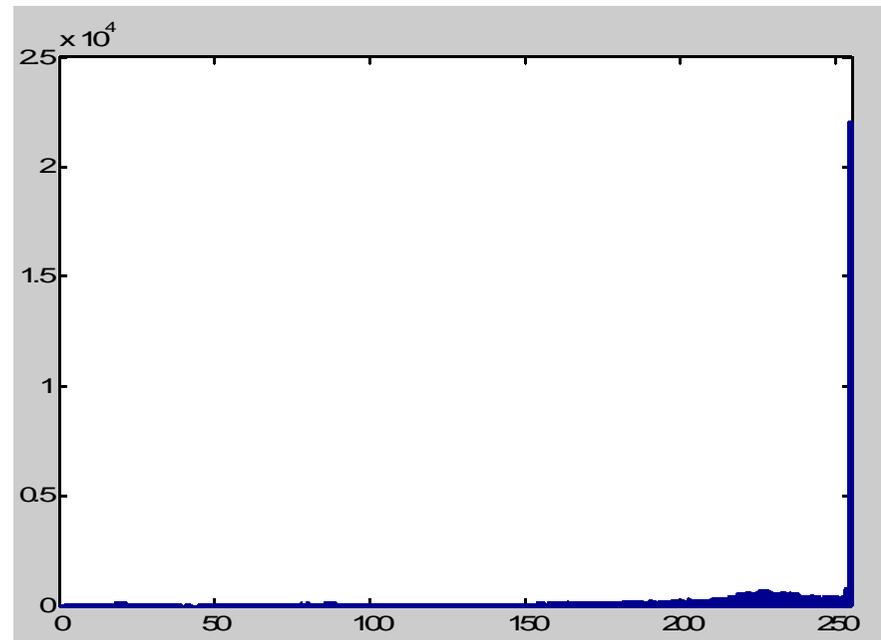
- Si realizza per aumentare la dinamica di un'immagine il cui istogramma è concentrato in un intervallo limitato dei valori possibili
- Si impiega tipicamente una lineare a tratti del tipo:



# Espansione di contrasto (contrast stretching)



In alcuni casi è opportuno fare un taglio (clipping) di un intervallo di intensità, in quanto non significativo



F. Tortorella

EIID 2012/2013

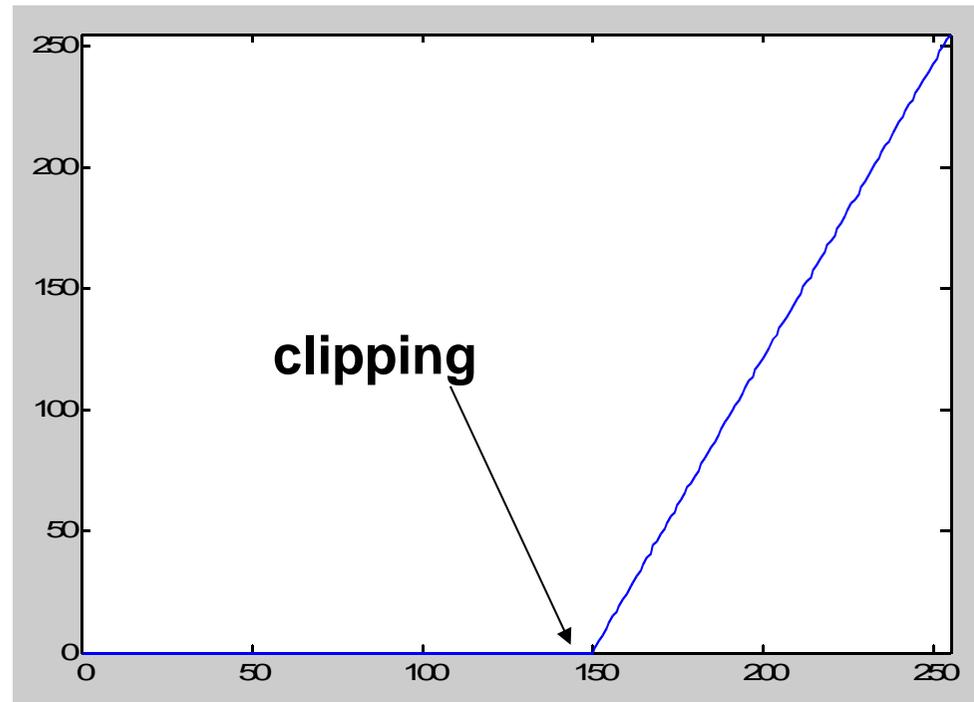
Università degli Studi  
di Cassino e del L.M.

# Espansione di contrasto (contrast stretching)

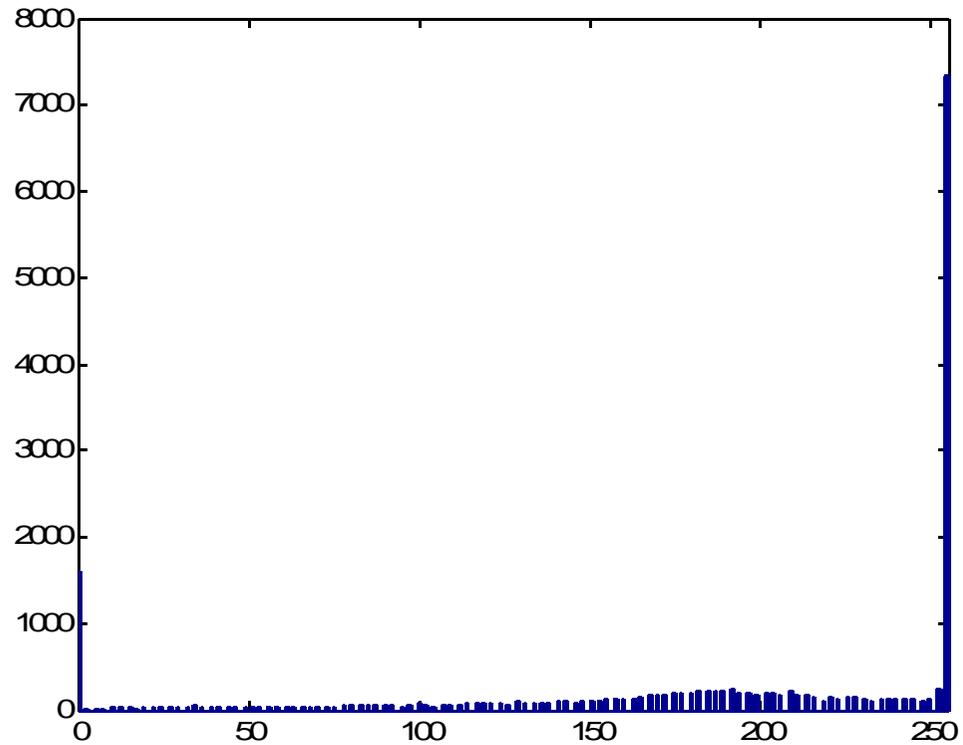


La trasformazione corrispondente impone una soglia minima:

$$y(x) = \begin{cases} 0 & x < 150 \\ \frac{255 \cdot (x - 150)}{105} & x \geq 150 \end{cases}$$



# Espansione di contrasto (contrast stretching)

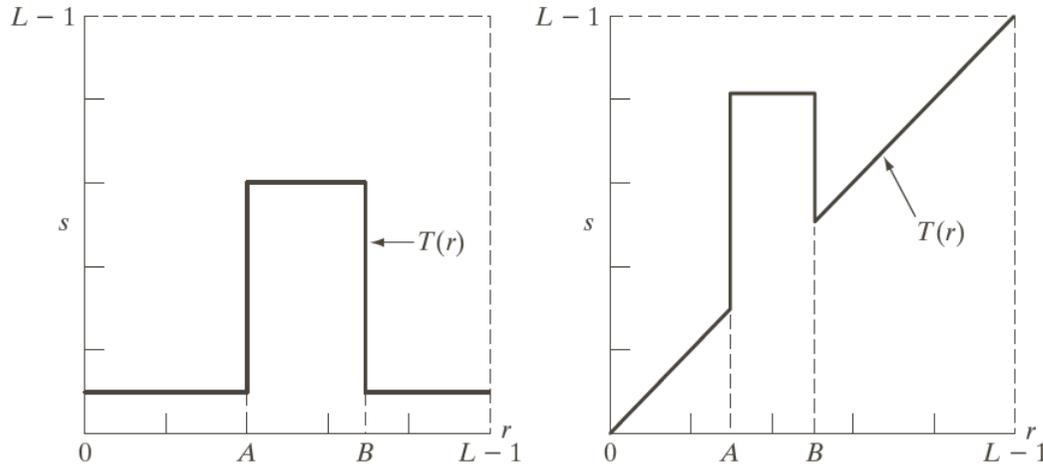


# Partizione per livello di intensità (intensity level slicing)



- In alcuni casi può essere utile evidenziare un particolare intervallo di intensità, che corrisponde a determinate regioni dell'immagine.
- Due possibili tecniche:
  - si evidenziano i punti appartenenti all'intervallo e si “cancellano” gli altri (es. bianco/nero)
  - si evidenziano i punti appartenenti all'intervallo (es. bianco) lasciando inalterati gli altri

# Partizione per livello di intensità (intensity level slicing)



Selezione della parte alta  
dell'intervallo di intensità

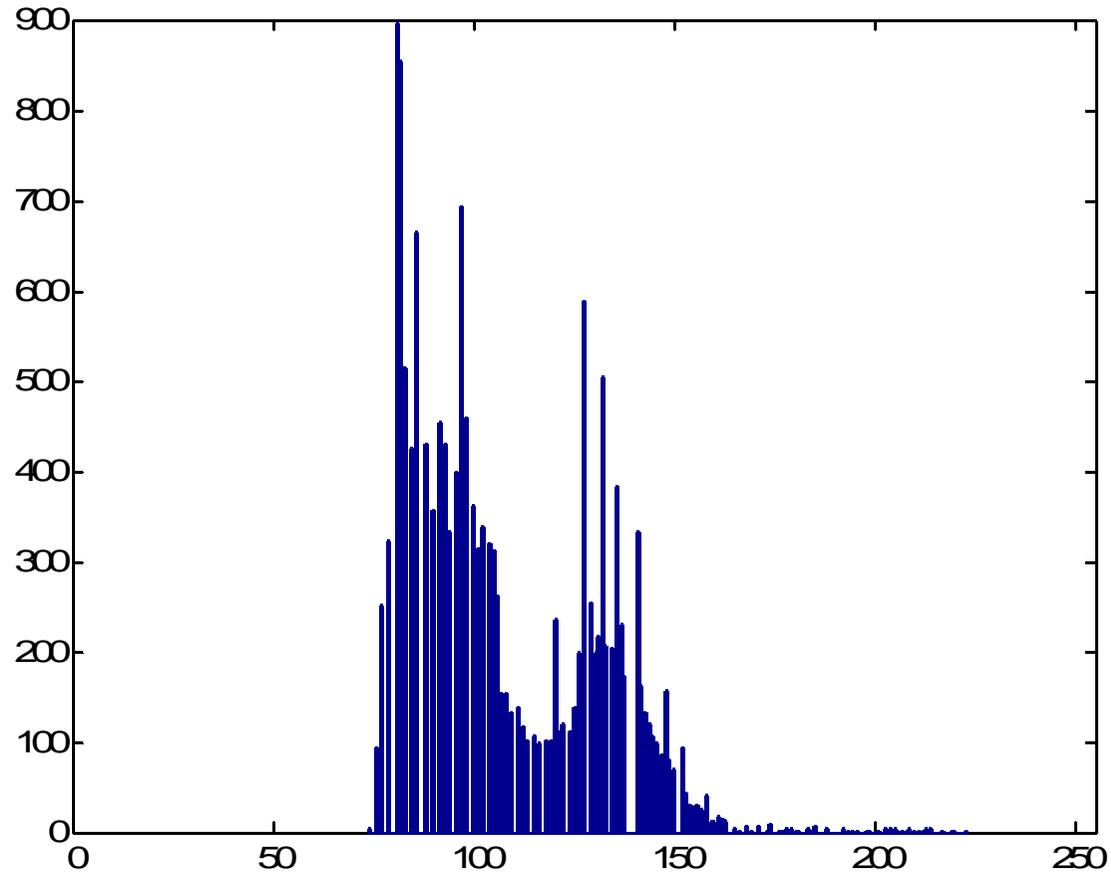


# Equalizzazione dell'istogramma



- Abbiamo visto che le immagini a debole contrasto hanno un istogramma concentrato in una parte dell'insieme dei livelli di grigio possibili.
- Al contrario, le immagini che tendono ad occupare in maniera uniforme l'intera gamma di livelli di grigio hanno, in generale, un'apparenza di contrasto elevato.

# Equalizzazione dell'istogramma

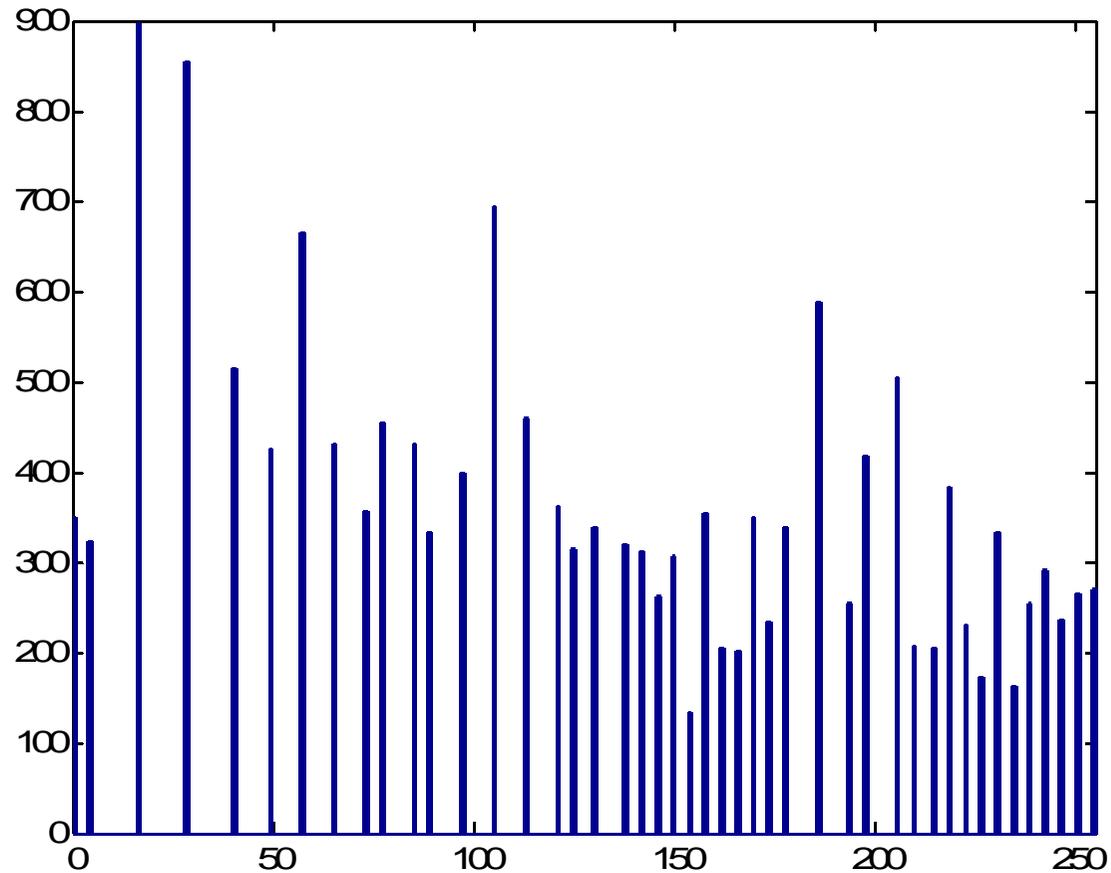


# Equalizzazione dell'istogramma



- E' una tecnica che mira a modificare la forma dell'istogramma redistribuendo i valori dei livelli di grigio in modo che l'istogramma sia quanto più uniforme possibile.
- L'obiettivo è quello di migliorare l'immagine a debole contrasto.
- L'equalizzazione è una tecnica *automatica*, che non richiede, cioè, alcuna scelta da parte dell'utente.

# Equalizzazione dell'istogramma

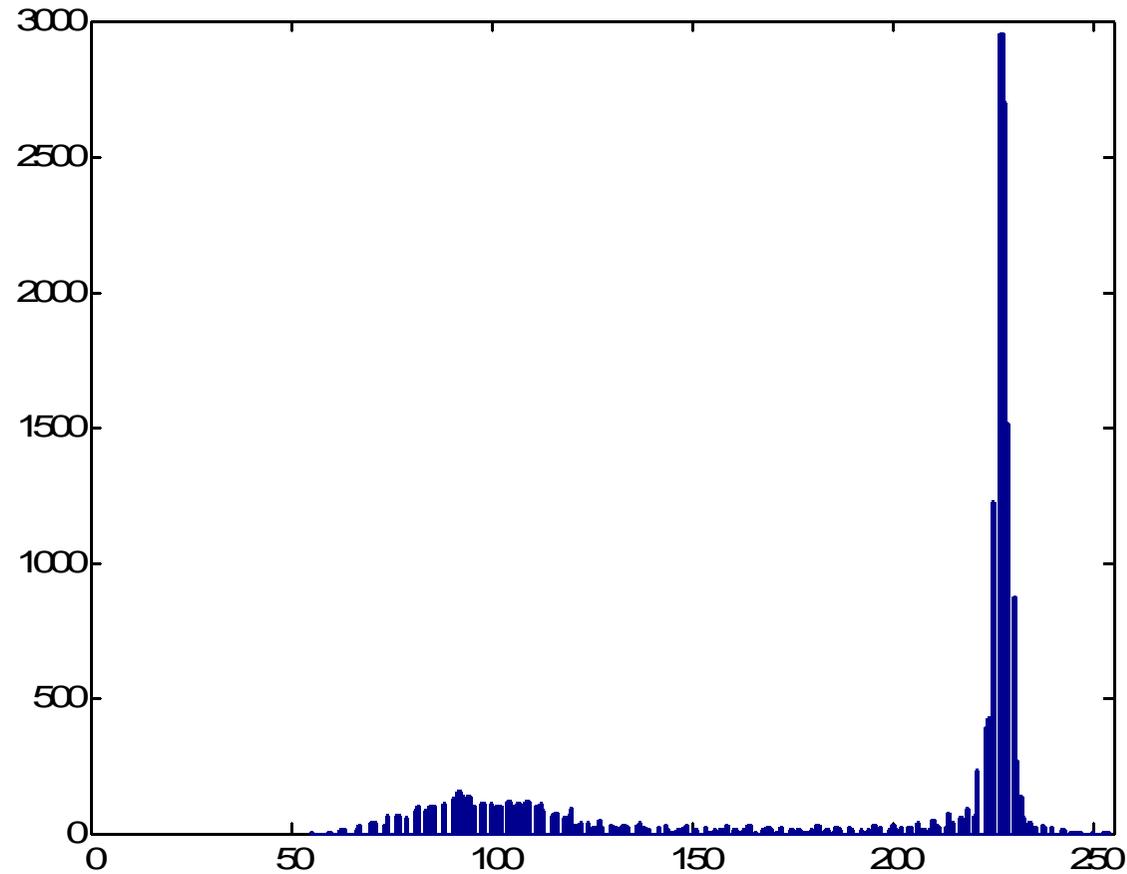


# Equalizzare sempre ?

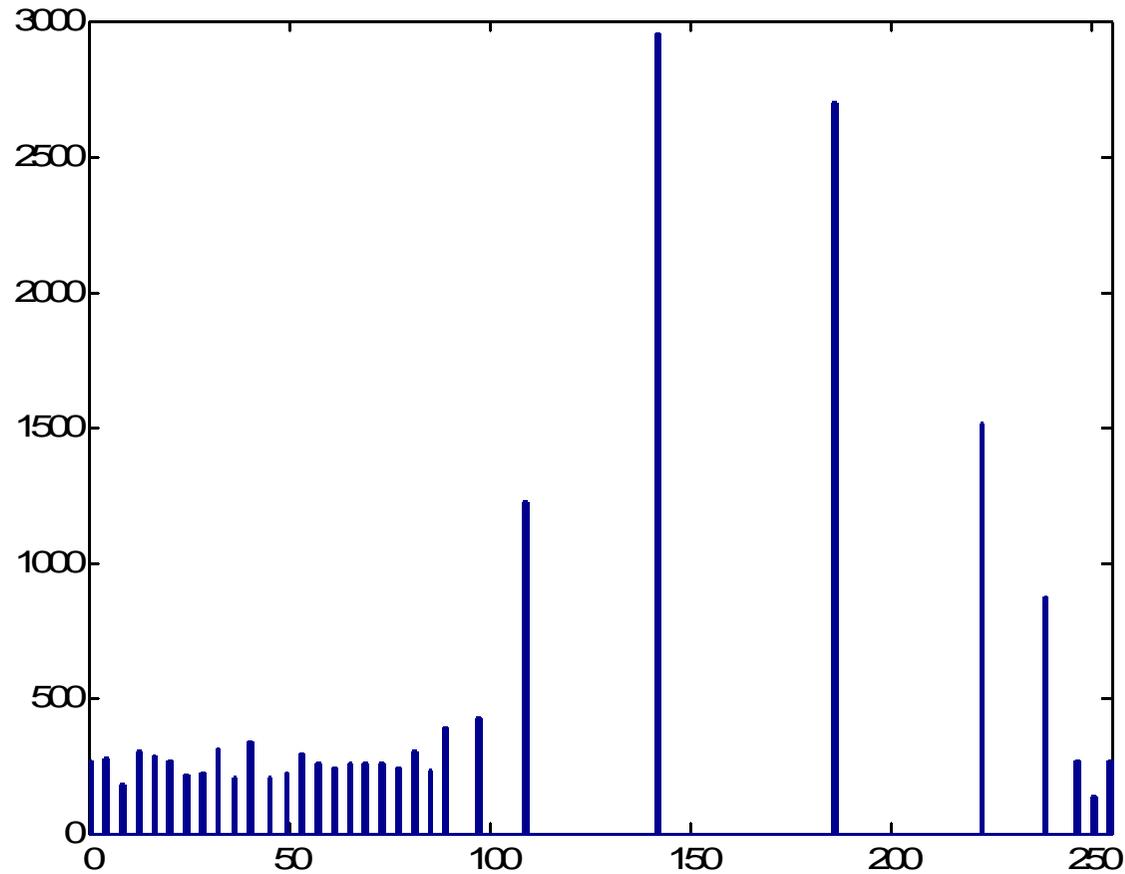
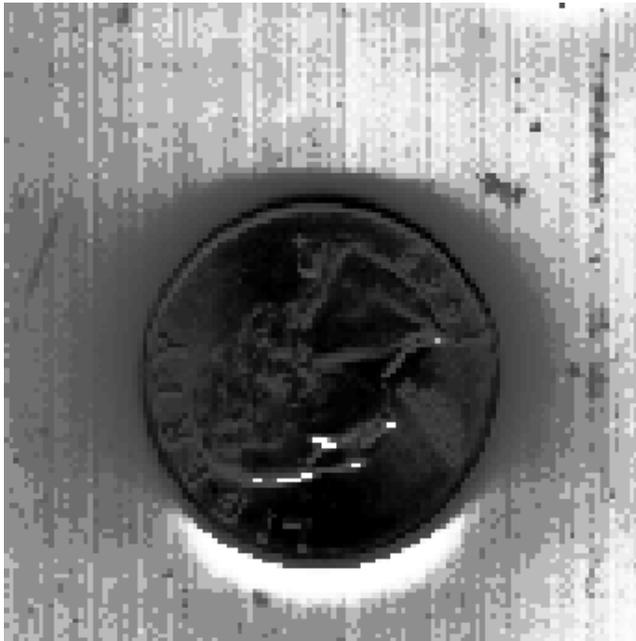


- Tuttavia, un'equalizzazione non porta necessariamente ad un miglioramento dell'immagine, perché non è sempre vero che la distribuzione uniforme sia la soluzione migliore.
- Per esempio, l'equalizzazione non produce buoni risultati con immagini che presentano due livelli di grigio predominanti (istogramma bimodale) legati (per esempio) alla presenza di un oggetto su uno sfondo.

# Equalizzazione dell'istogramma



# Equalizzazione dell'istogramma



F. Tortorella

EIID 2012/2013

Università degli Studi  
di Cassino e del L.M.

# Algoritmo per l'equalizzazione



- Supponiamo inizialmente di lavorare nel continuo e sia  $h(x)$  l'istogramma dell'immagine di partenza.
- Per realizzare l'equalizzazione è necessaria una trasformazione  $y=y(x)$  tale che l'istogramma  $g(y)$  dell'immagine trasformata sia costante  $g(y)=C$ .

# Algoritmo per l'equalizzazione



- Se si impone la condizione che aree elementari dell'istogramma originale si trasformano in aree corrispondenti dell'istogramma modificato, si ha:

$$h(x) dx = g(y) dy = C dy$$

- Per conservare l'ordine dei livelli nella scala dei grigi, si ha inoltre:

$$x_1 < x_2 \rightarrow y(x_1) < y(x_2)$$

la trasformazione deve cioè essere monotona.

# Algoritmo per l'equalizzazione



Possiamo allora ricavare la  $y(x)$ :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{C} h(x) \quad \Longrightarrow \quad y(x) = \frac{1}{C} \int_0^x h(x) dx$$

Nel discreto la trasformazione diventa:

$$y(x) = \frac{1}{C} \sum_{k=0}^x H(k) = \frac{256}{M \cdot N} \sum_{k=0}^x H(k) = \frac{256}{\sum_{k=0}^{255} H(k)} \sum_{k=0}^x H(k)$$

dove  $C$  è definita notando che  $\sum_{i=0}^{255} C = 256 \cdot C = M \cdot N$

# Algoritmo per l'equalizzazione



- Per equalizzare un'immagine i passi sono quindi:

1. valutare l'istogramma  $H(k)$

1. calcolare la 
$$y(x) = \frac{256}{\sum_{k=0}^{255} H(k)} \sum_{k=0}^x H(k)$$

1. eseguire la trasformazione tramite la  $y(x)$

# Statistiche dei livelli di intensità



- Sebbene non siano strettamente legate ad operazioni di trasformazione è utile calcolare statistiche dell'immagine
- Intensità media dell'immagine:

$$m = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i,j)$$

- Deviazione standard (che cosa indica ?)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i,j) - m]^2}$$



# Statistiche locali

- A volte è opportuno calcolare tali statistiche localmente.
- Intensità media in una regione:

$$m_{a,b} = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=a}^{a+\Delta} \sum_{j=b}^{b+\Delta} f(i,j)$$

- Deviazione standard in una regione:

$$\sigma_{a,b} = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=a}^{a+\Delta} \sum_{j=b}^{b+\Delta} [f(i,j) - m_{a,b}]^2}$$

# Statistiche locali

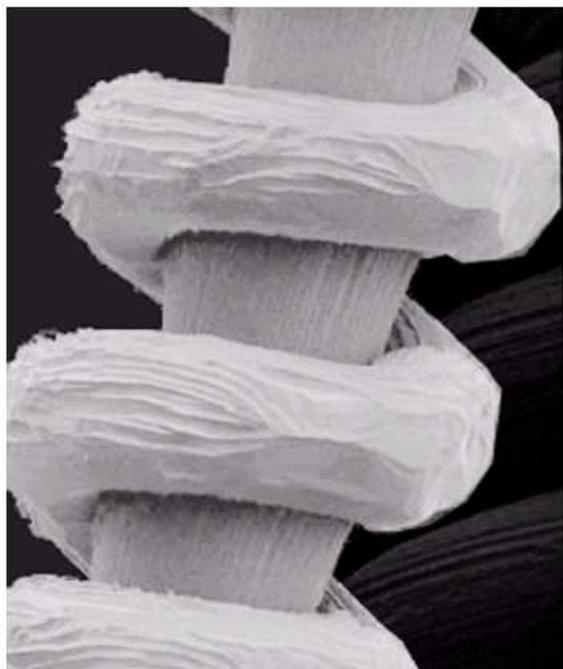
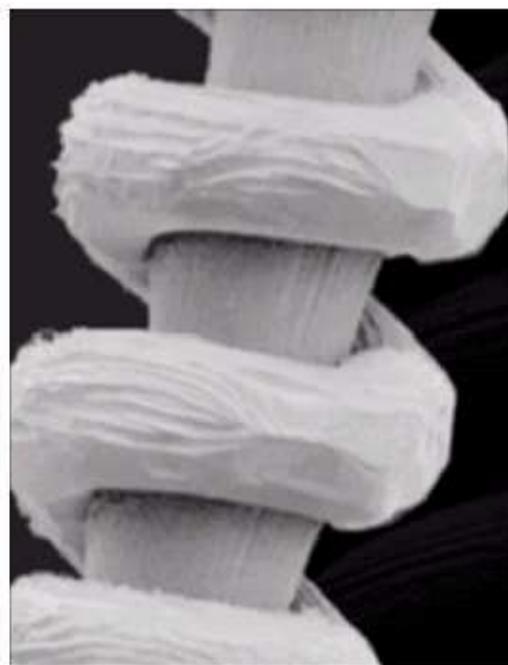
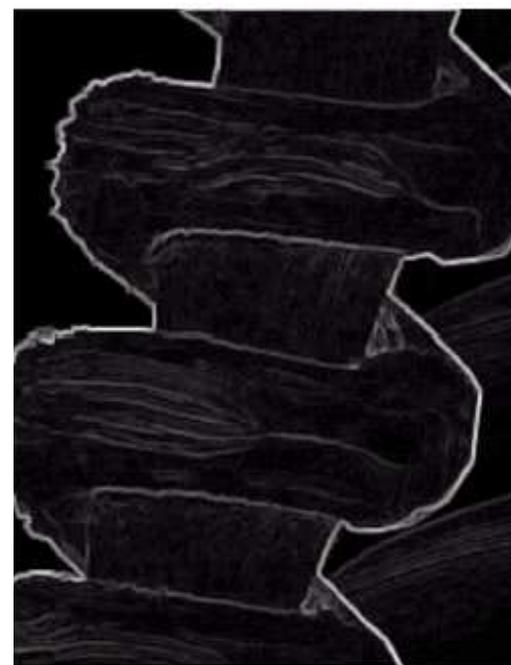


Immagine originale



Media locale



Dev. Standard locale

F. Tortorella

EIID 2012/2013

Università degli Studi  
di Cassino e del L.M.

# Calcolo delle statistiche tramite istogramma



- Se è disponibile l'istogramma, è possibile calcolare in maniera più efficiente le varie statistiche
- Intensità media

$$m = \sum_{k=0}^{L-1} k \cdot p(k) \quad \text{dove} \quad p(k) = \frac{h(k)}{M \cdot N}$$

- Deviazione standard

$$\sigma = \sqrt{\sum_{k=0}^{L-1} (k - m)^2 \cdot p(k)}$$