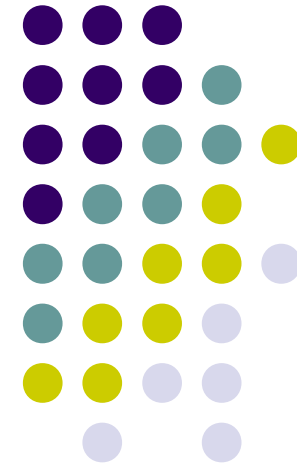


Operazioni sulle immagini digitali

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:

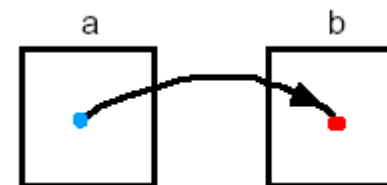
- **Operatori puntuali**
- **Operatori locali**
- **Operatori globali**

Operazioni su immagini digitali



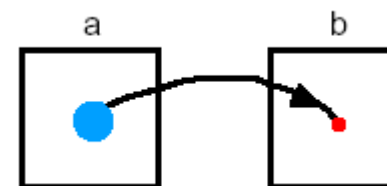
- Operatori puntuali

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



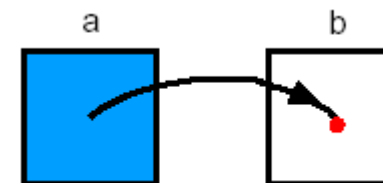
- Operatori locali

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



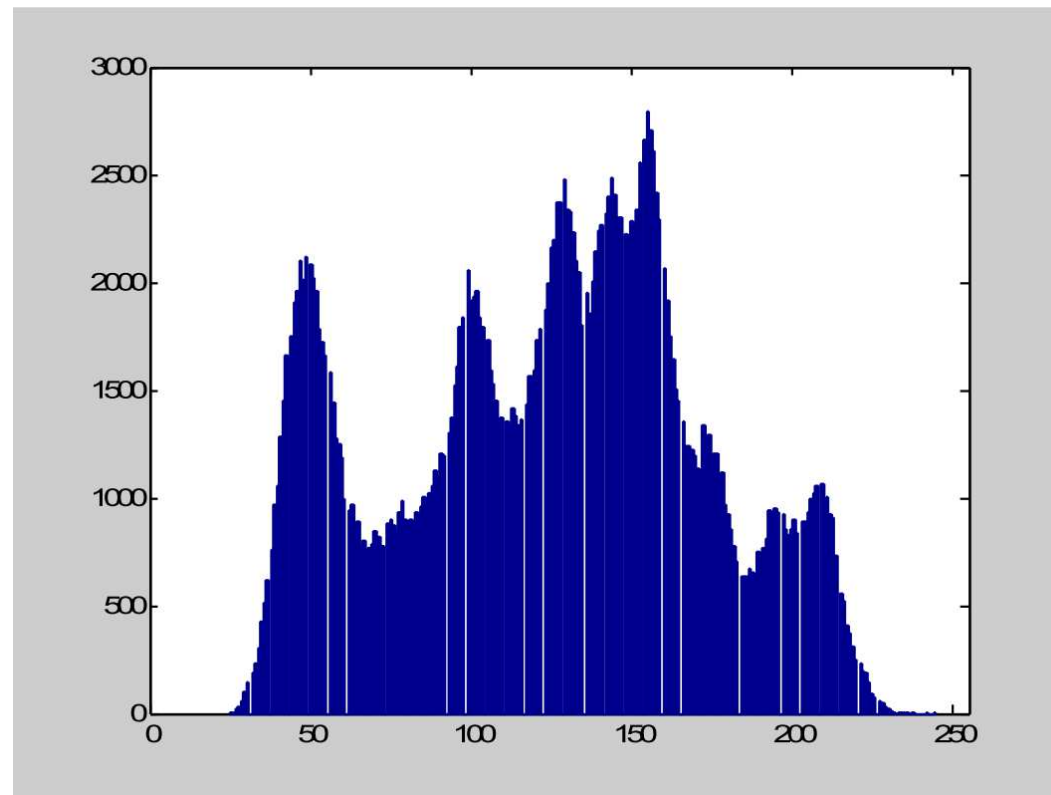
- Consideriamo un'immagine digitale $f(i,j)$ con livelli di intensità nell'intervallo $[0, L-1]$, dove k è un generico valore in tale intervallo.
- L'istogramma dell'immagine è una funzione discreta:

$$h(k) = |\{(i,j) | f(i,j) = k\}|$$
 (numero dei punti in cui $f(i,j)=k$)
per cui si ha:

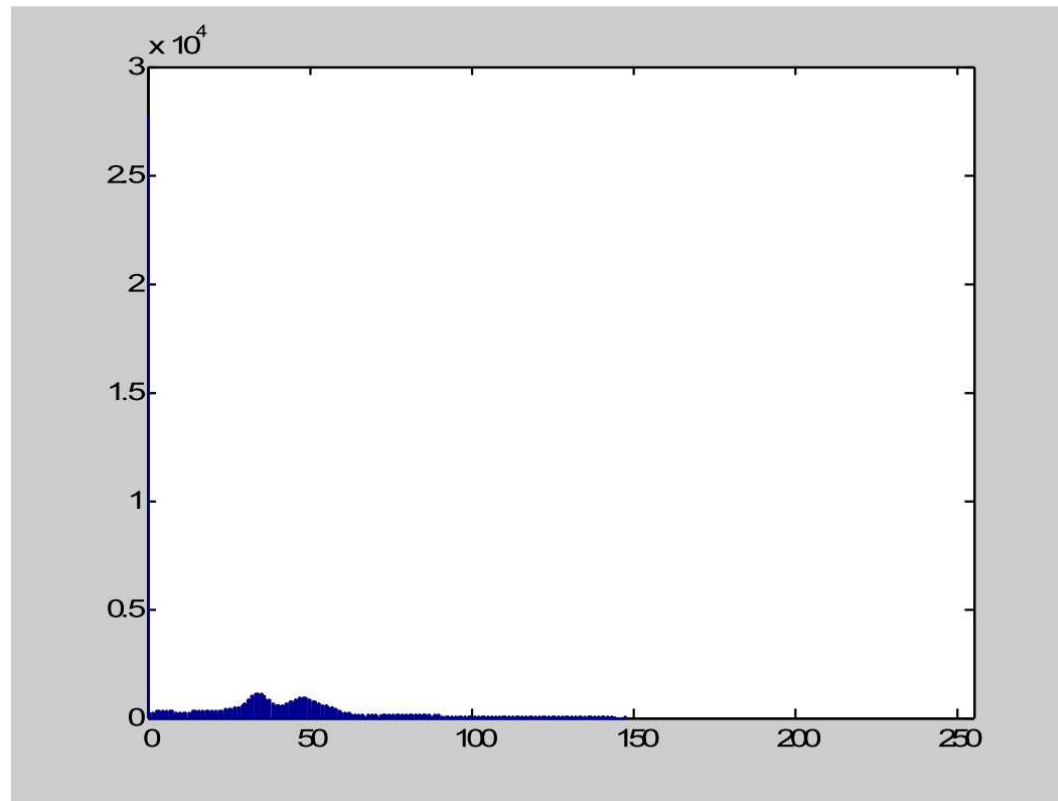
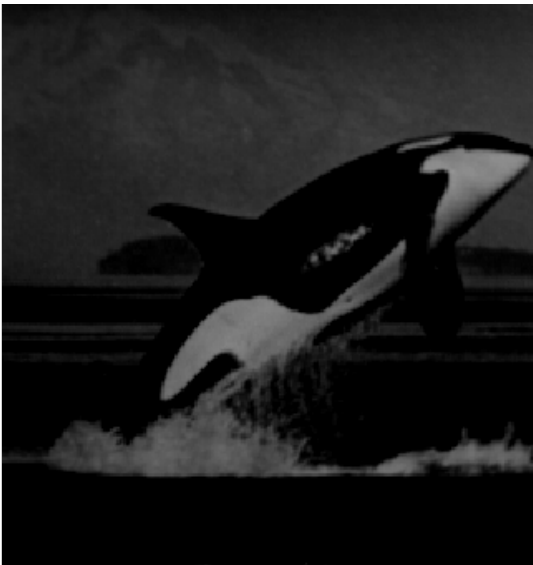
$$\sum_{k=0}^{L-1} h(k) = M \cdot N$$

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

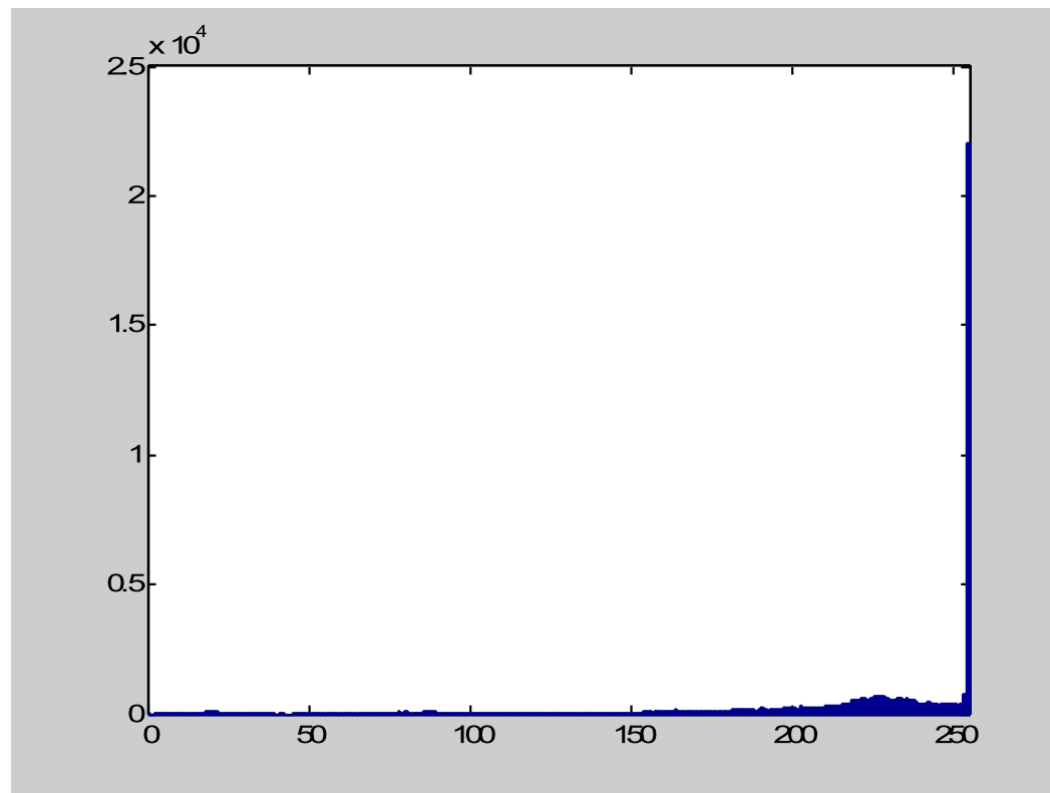
L'istogramma dei livelli di grigio



L'istogramma dei livelli di grigio



L'istogramma dei livelli di grigio

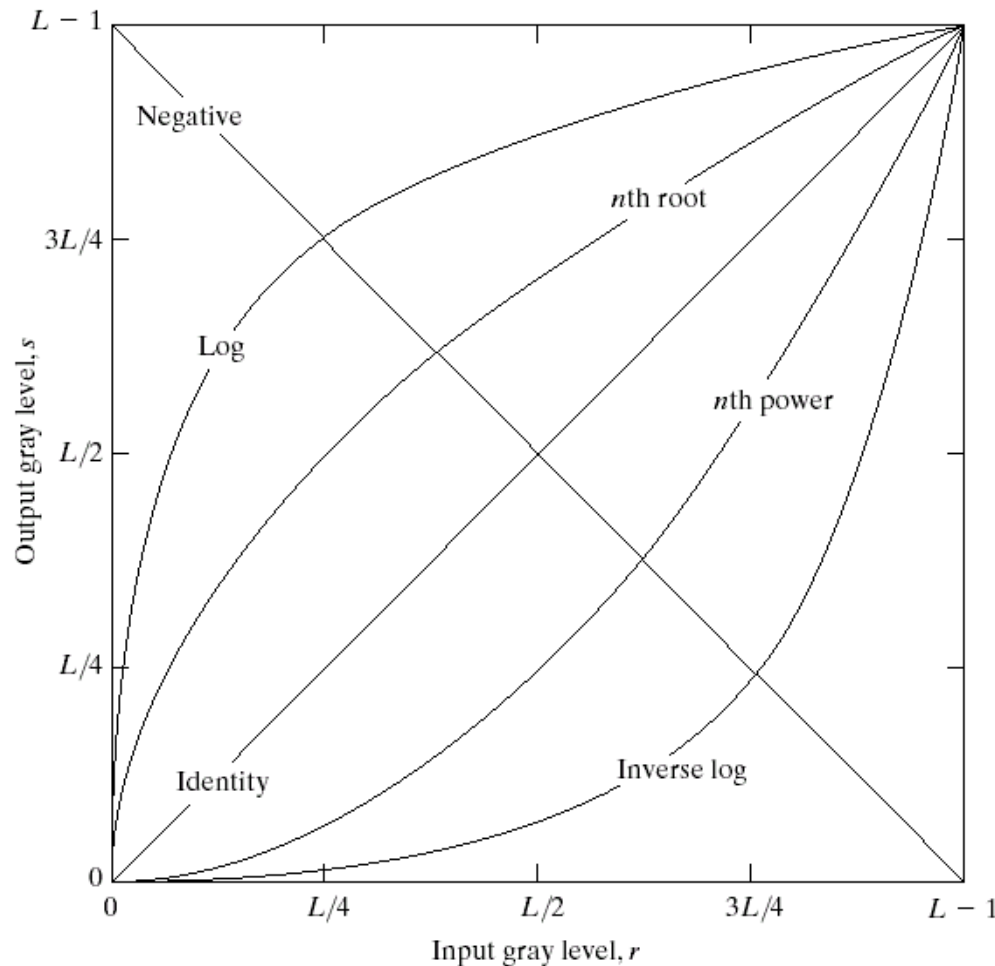
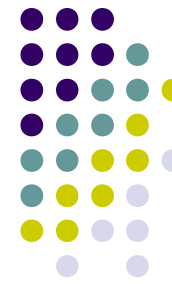


Trasformazioni puntuali basate sull'istogramma



- 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



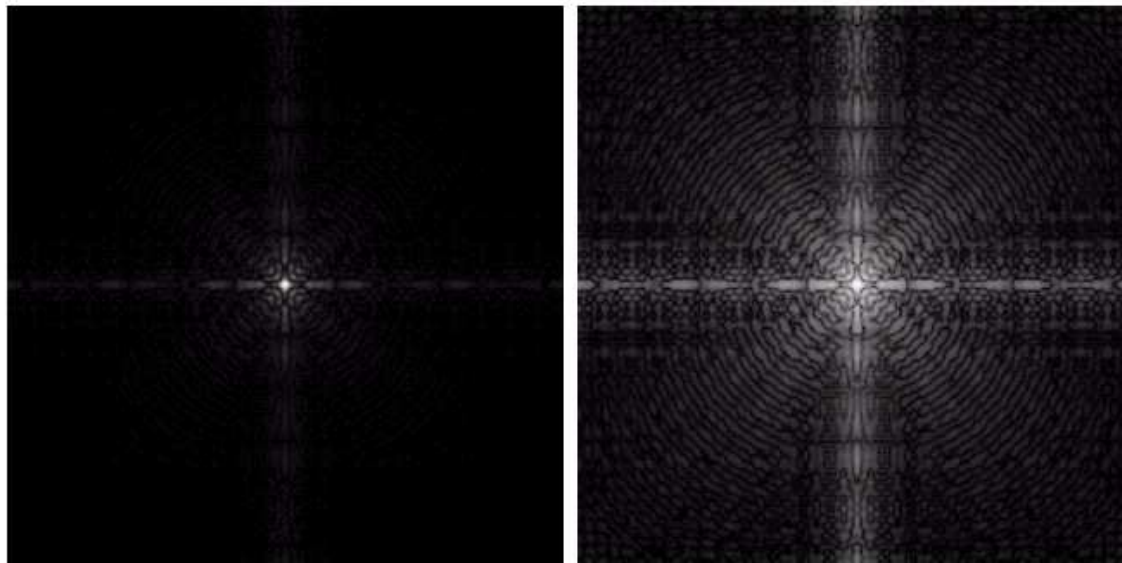
- Semplice trasformazione del tipo $y(x)=255-x$
- Fornisce la “negativa” dell’immagine originale



Compressione logaritmica



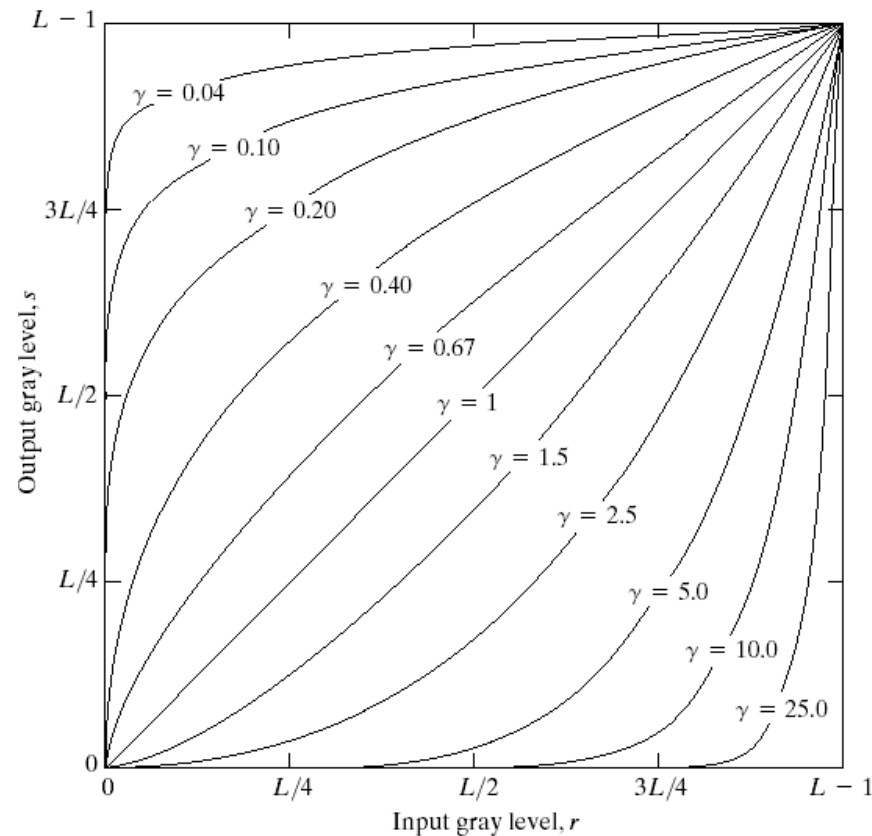
- Trasformazione del tipo $y(x) = c \log(1+x)$
- Espande i livelli di grigio bassi in un intervallo più ampio, comprimendo i livelli di grigio più alti
- L'inverso del logaritmo opera al contrario



Compressione potenza



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



Compressione potenza



originale



$\gamma = 3.0$



$\gamma = 4.0$



$\gamma = 5.0$



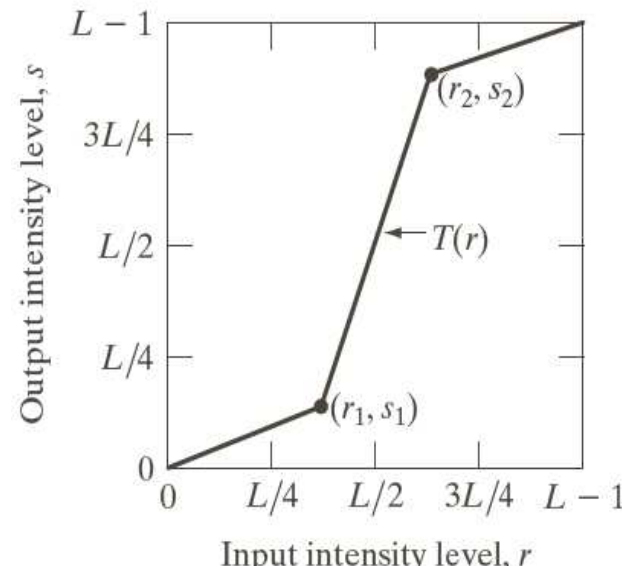
F.Tortore

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Espansione di contrasto (contrast stretching)



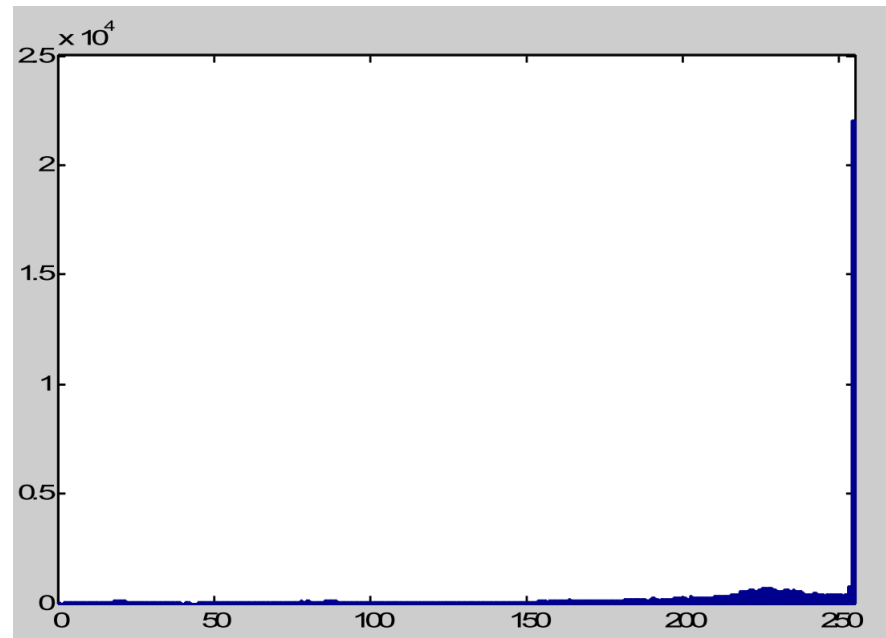
- Si realizza per aumentare la dinamica di un'immagine il cui istogramma è concentrato in un intervallo limitato dei valori possibili
- Si impiega tipicamente una trasformazione lineare a tratti del tipo:



Espansione di contrasto (contrast stretching)



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

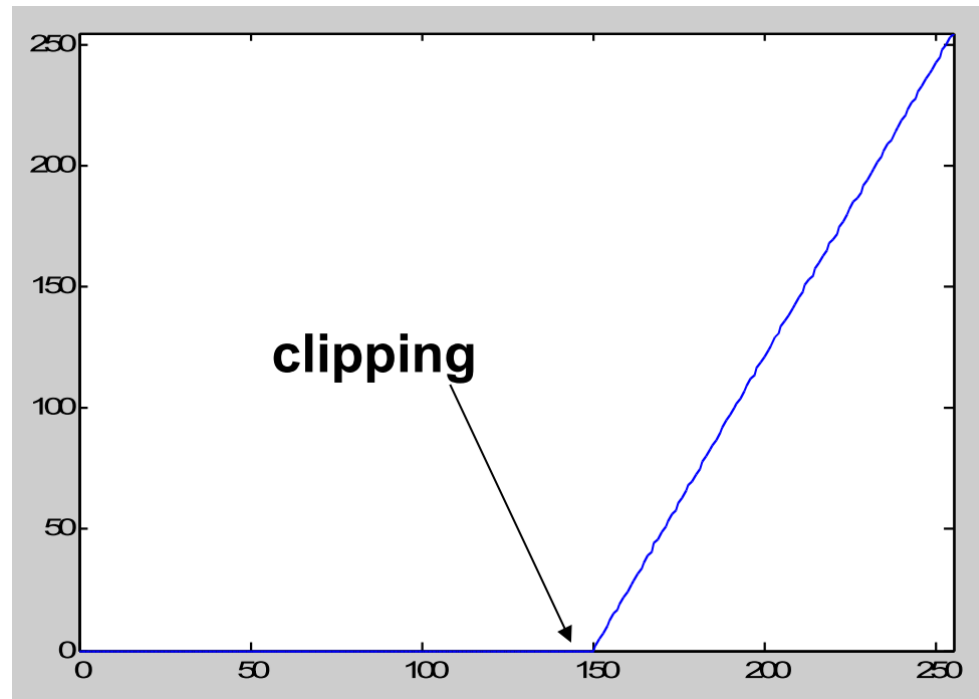


Espansione di contrasto (contrast stretching)

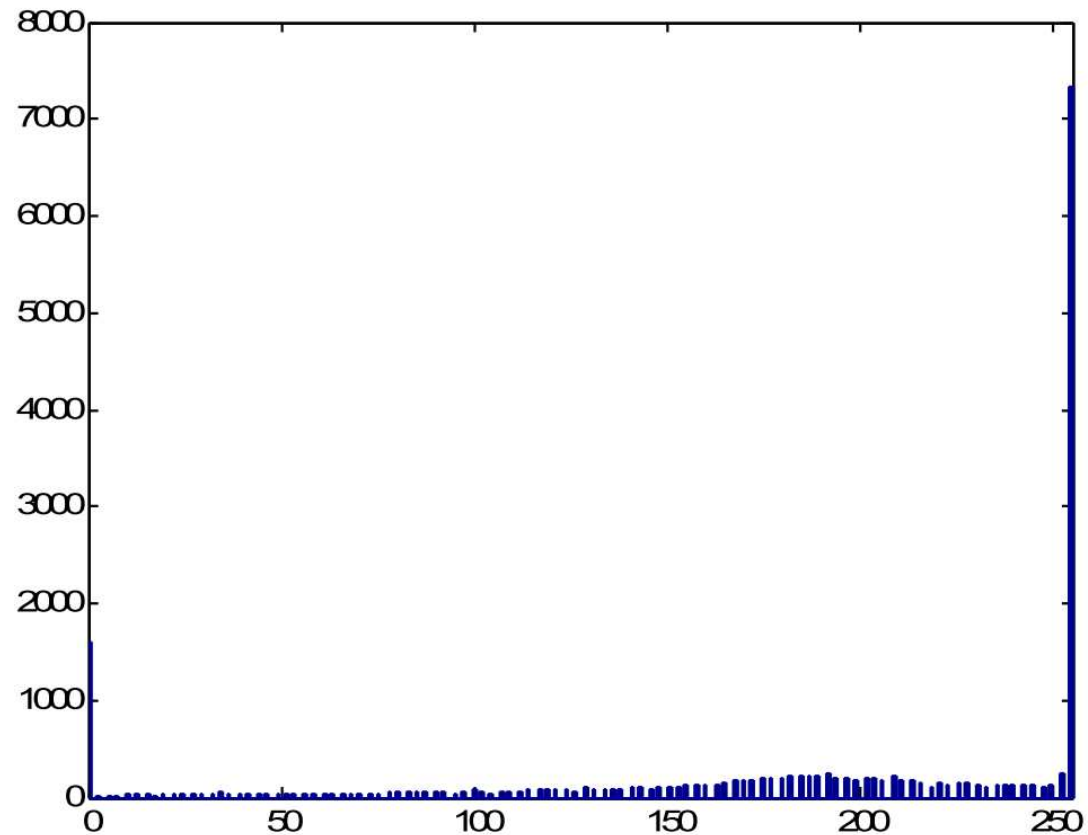


La trasformazione corrispondente impone una soglia minima:

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



Espansione di contrasto (contrast stretching)

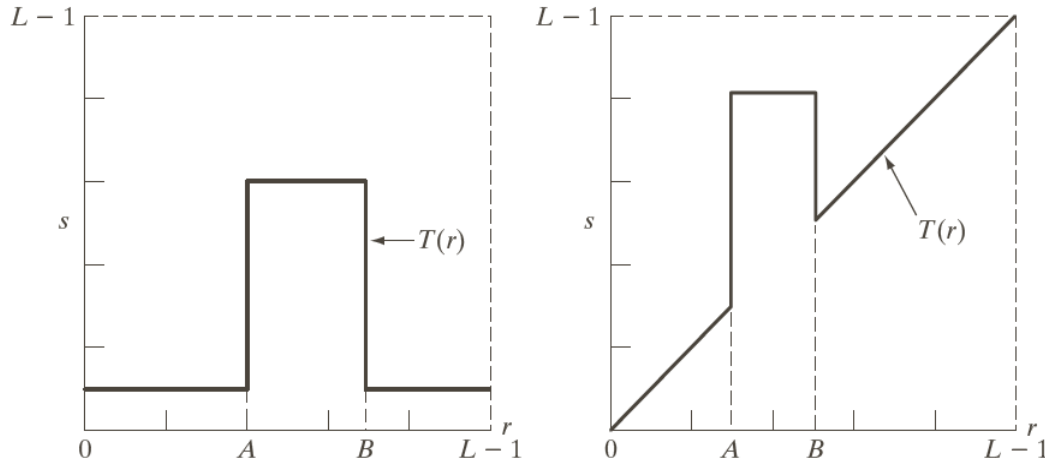


Partizione per livello di intensità (intensity level slicing)

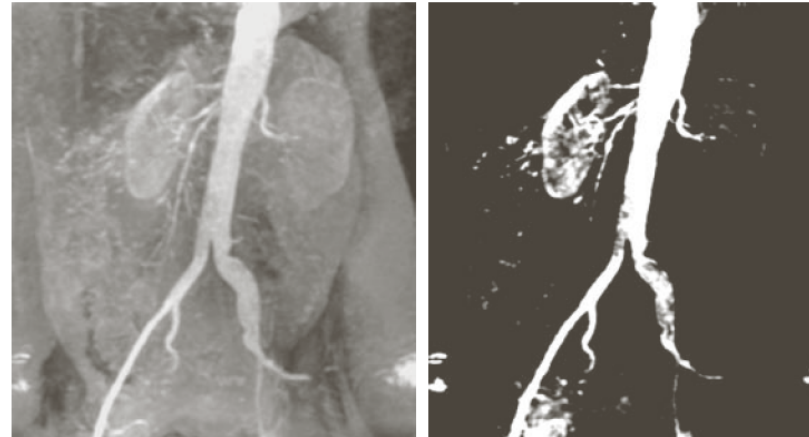


- In alcuni casi può essere utile evidenziare un particolare intervallo di intensità, che corrisponde a determinate regioni dell'immagine.
- Due possibili tecniche:
 - si evidenziano i punti appartenenti all'intervallo e si “cancellano” gli altri (es. bianco/nero)
 - si evidenziano i punti appartenenti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

Partizione per livello di intensità (intensity level slicing)



Selezione della parte alta
dell'intervallo di intensità

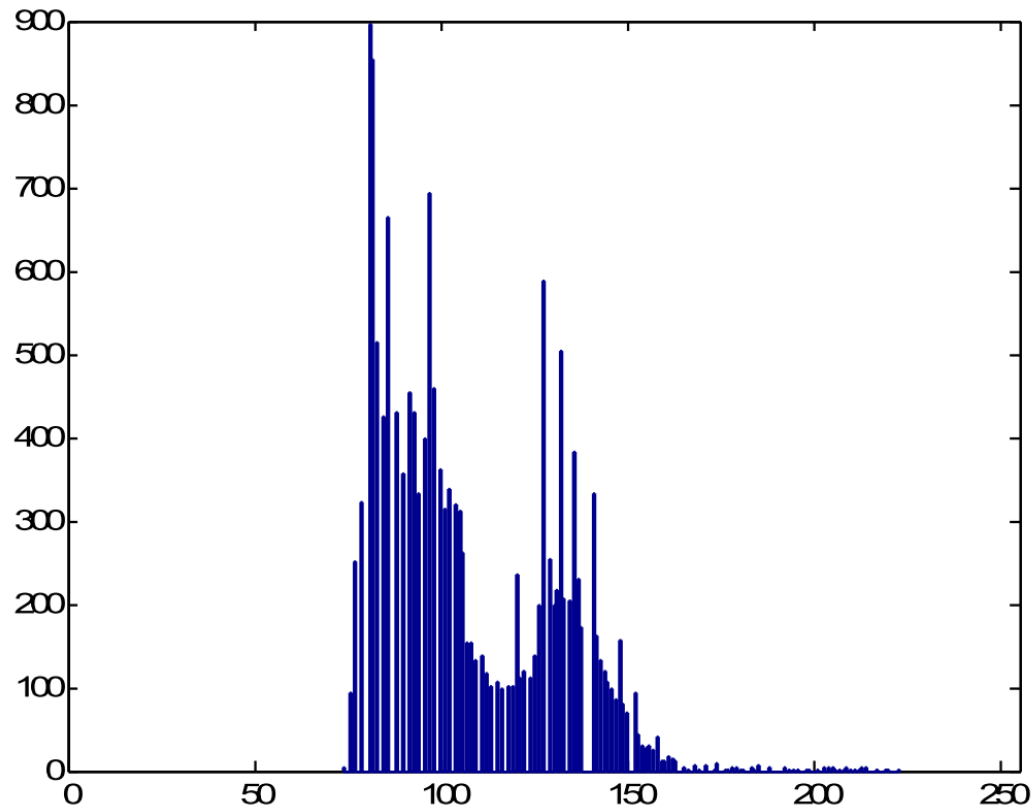


Equalizzazione dell'istogramma



- 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

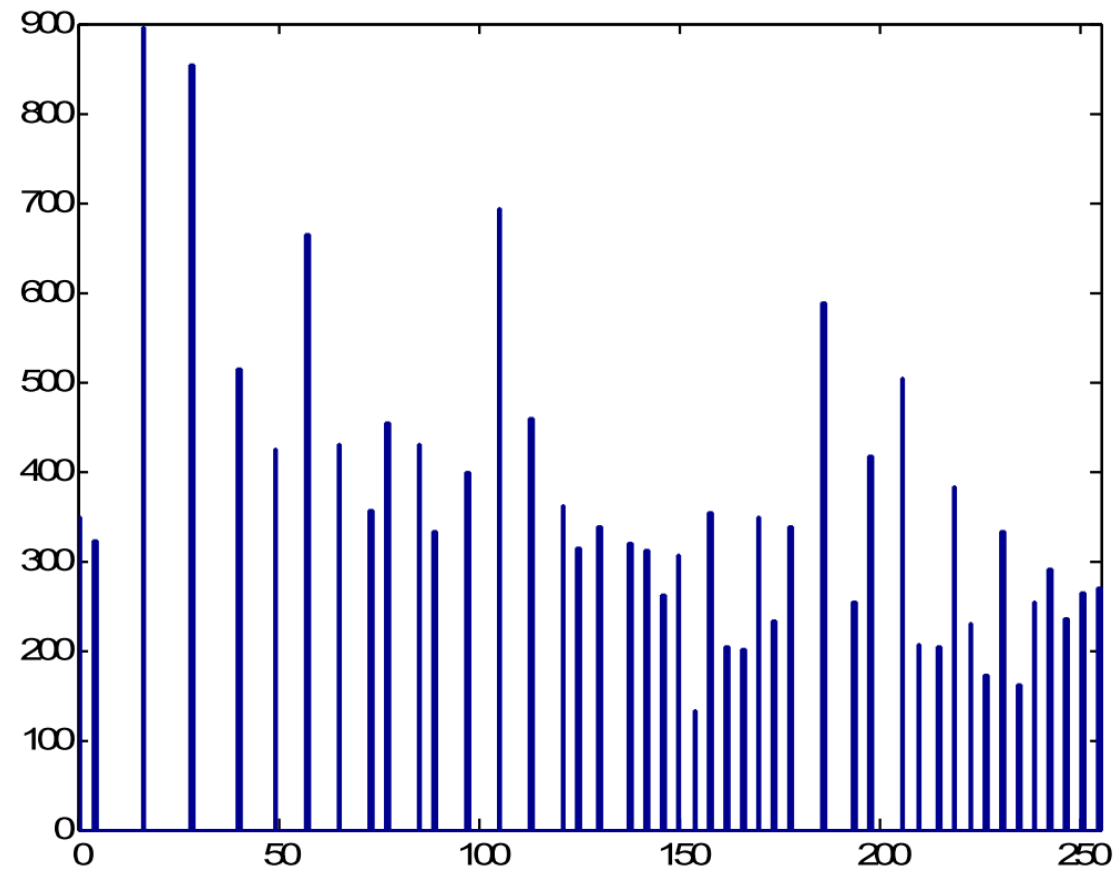


Equalizzazione dell'istogramma



- 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

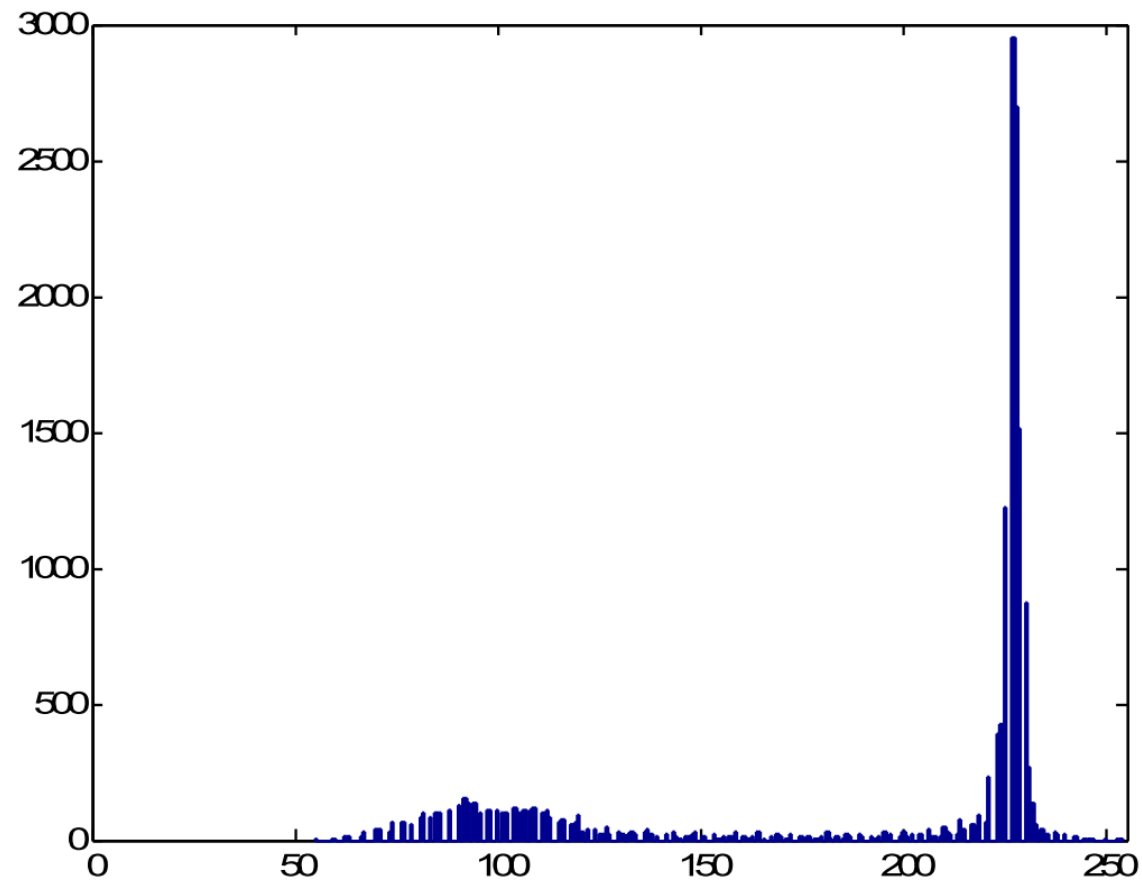




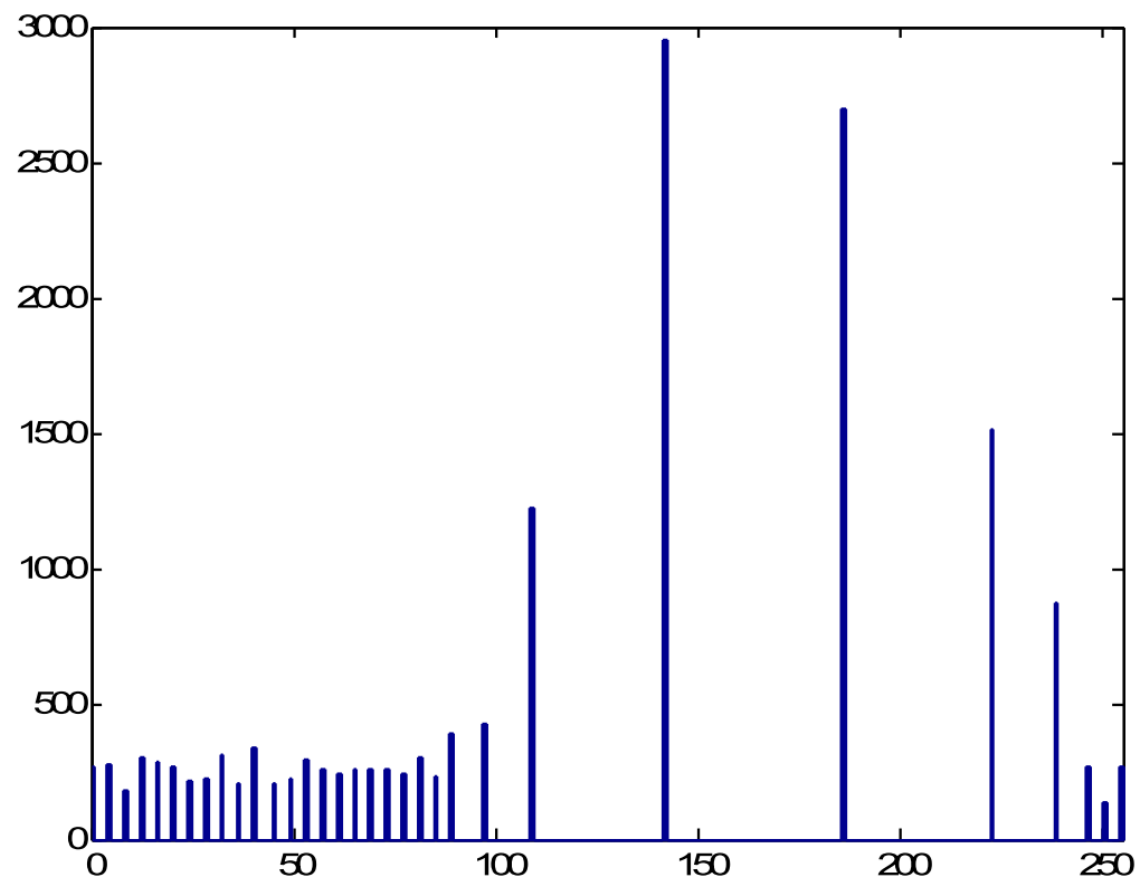
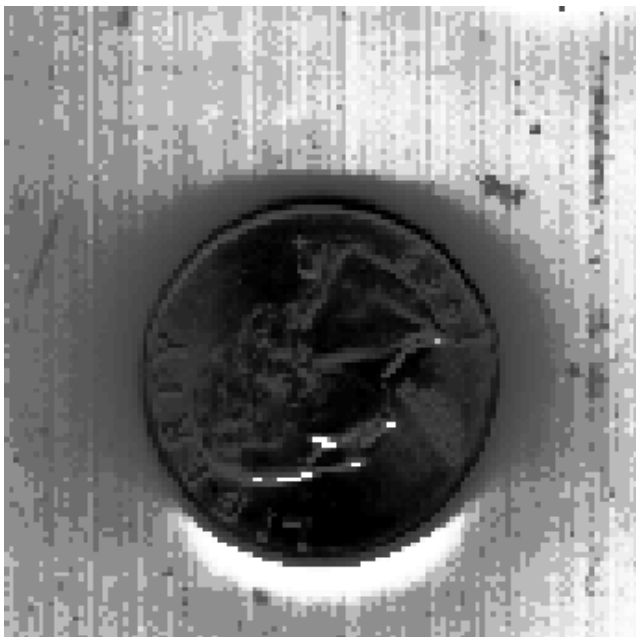
Equalizzare sempre ?

- 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 2013/2014

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:

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

- 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 $H(k)$

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

3. 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

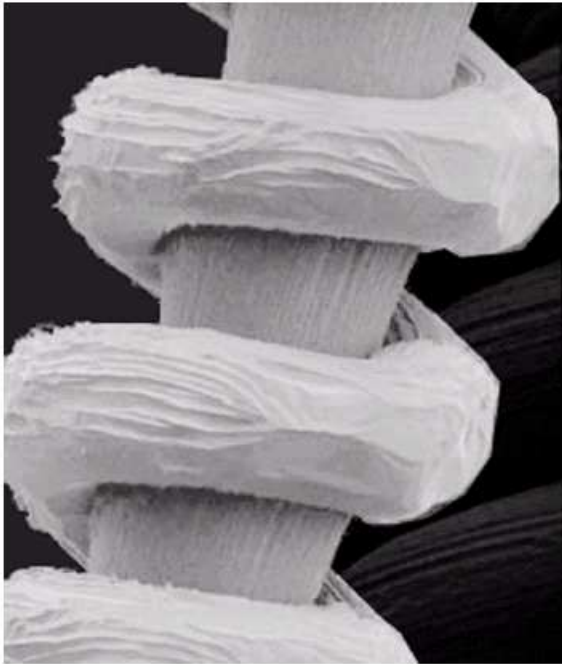
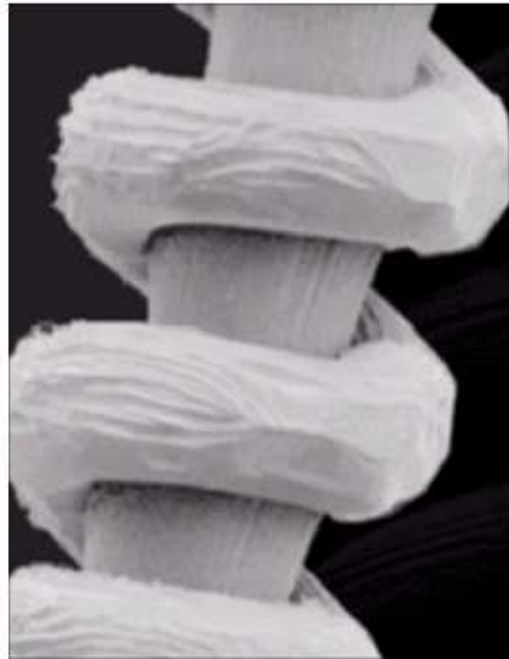
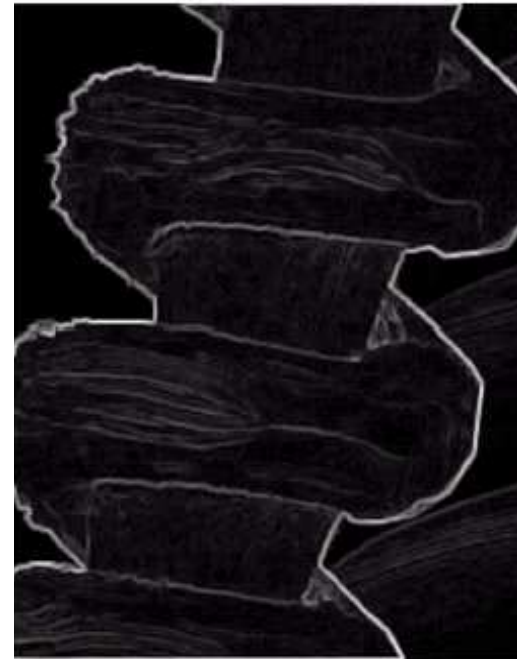


Immagine originale



Media locale



Dev. Standard locale

F.Tortorella

EIID 2013/2014

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

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