

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:

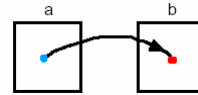
- **Operatori puntuali**
- **Operatori locali**
- **Operatori globali**

Operazioni su immagini digitali



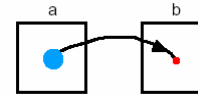
- Operatori puntuali

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



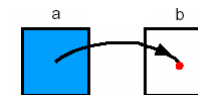
- Operatori locali

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



L'istogramma dei livelli di grigio



- Per ogni livello di grigio, riporta il numero di pixel aventi quel valore.
- L'istogramma di un'immagine $a[M,N]$ è quindi una funzione:

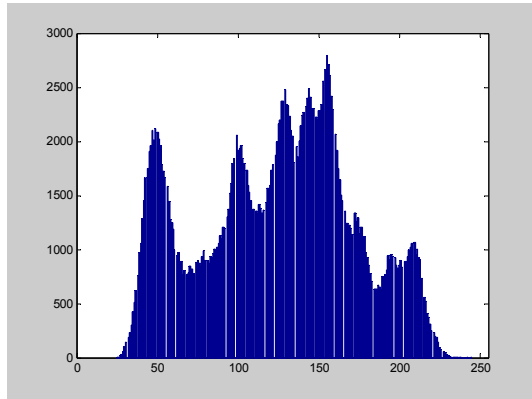
$$H(k) = \#\{a(i,j) : a(i,j) = k\} \quad k=0, \dots, 2^b-1$$

per cui si ha:

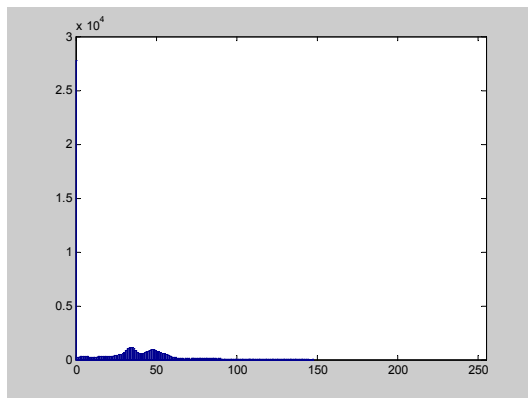
$$\sum_{k=0}^{2^b-1} H(k) = M \cdot N$$

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

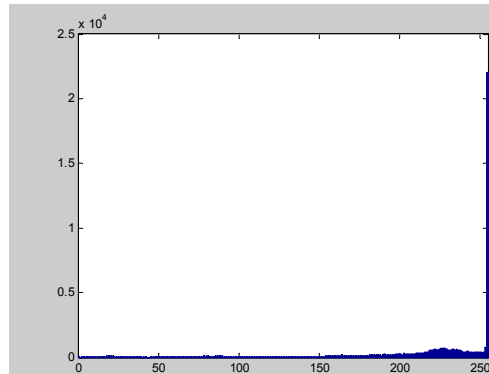
L'istogramma dei livelli di grigio



L'istogramma dei livelli di grigio



L'istogramma dei livelli di grigio



Trasformazioni puntuali basate sull'istogramma

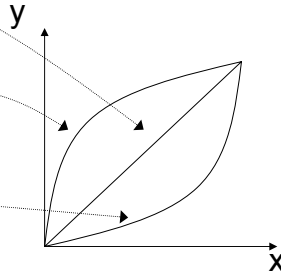


- Sono trasformazioni tipicamente orientate al miglioramento della qualità dell'immagine (*image enhancement*).
- Generalmente si realizzano tramite una funzione $y=y(x)$, che ad un livello di grigio x dell'immagine in ingresso, fa corrispondere il valore y per l'immagine in uscita.
- La trasformazione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

Esempi di trasformazione



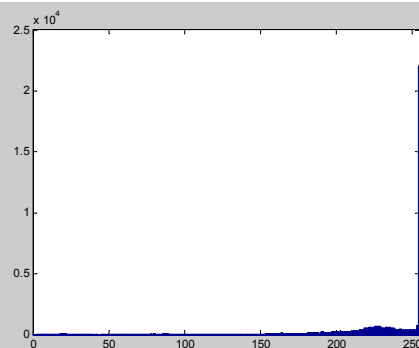
- $y(x)=x$
- $y(x)=\sqrt{255 \cdot x}$
- $y(x)=\frac{x^2}{255}$
- $y(x)=255-x$
- In generale la forma della $y(x)$ si definisce sulla base della forma dell'istogramma.



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

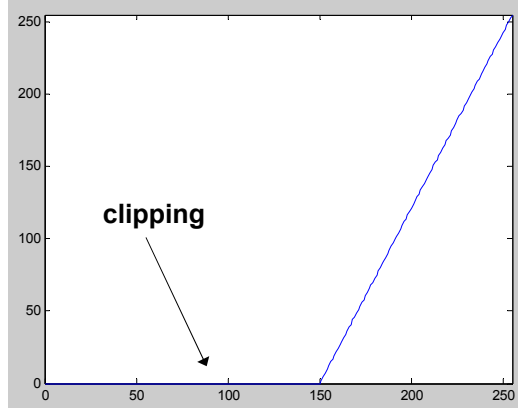


Espansione di contrasto (contrast stretching)

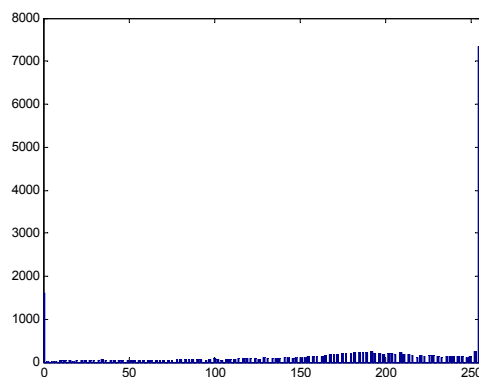


In questo caso, si può considerare una trasformazione del tipo:

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



Espansione di contrasto (contrast stretching)

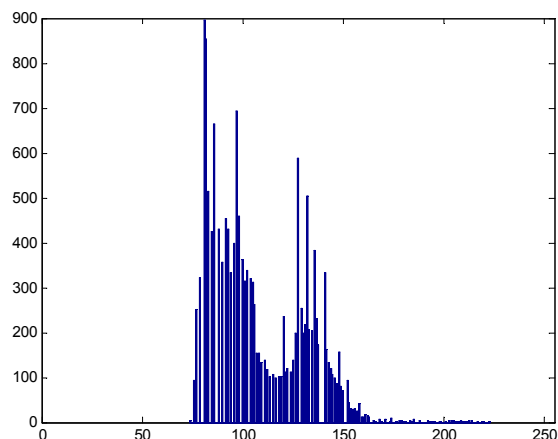


Equalizzazione dell'istogramma

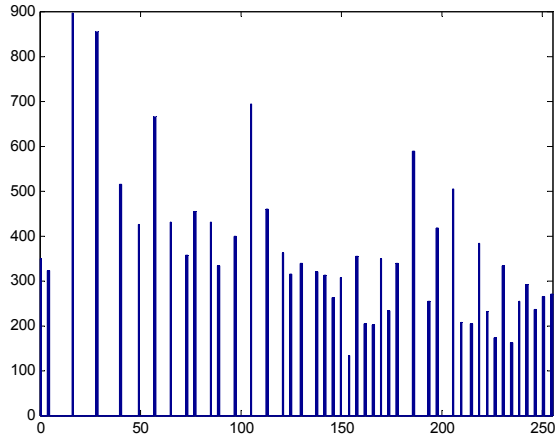


- E' una tecnica che mira a modificare la forma dell'istogramma redistribuendo i valori dei livelli di grigio in modo che l'istogramma sia quanto più uniforme possibile.
- L'obiettivo è quello di migliorare l'immagine a debole contrasto.
- Tuttavia, un'equalizzazione non porta necessariamente ad un miglioramento dell'immagine (Es. immagine con istogramma bimodale).

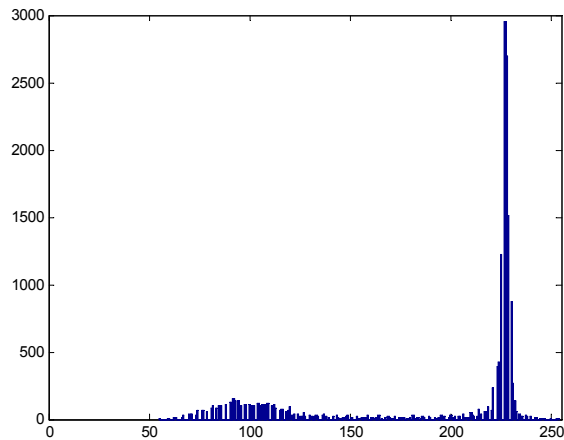
Equalizzazione dell'istogramma



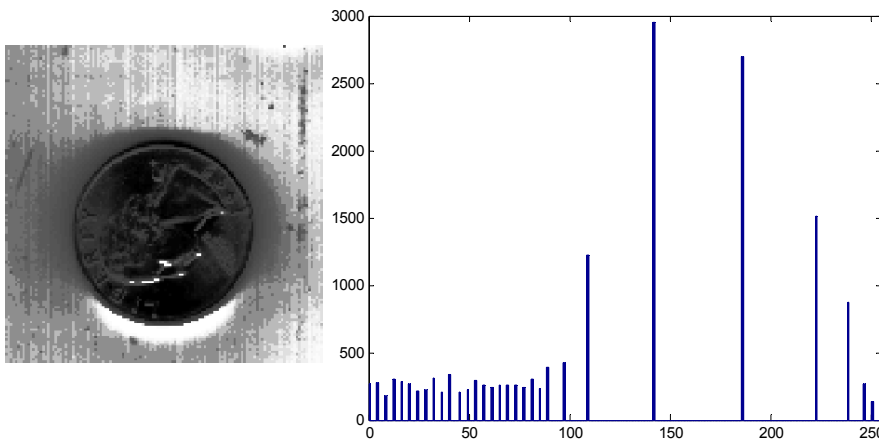
Equalizzazione dell'istogramma



Equalizzazione dell'istogramma



Equalizzazione dell'istogramma



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 x:

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

- 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 $y(x)$