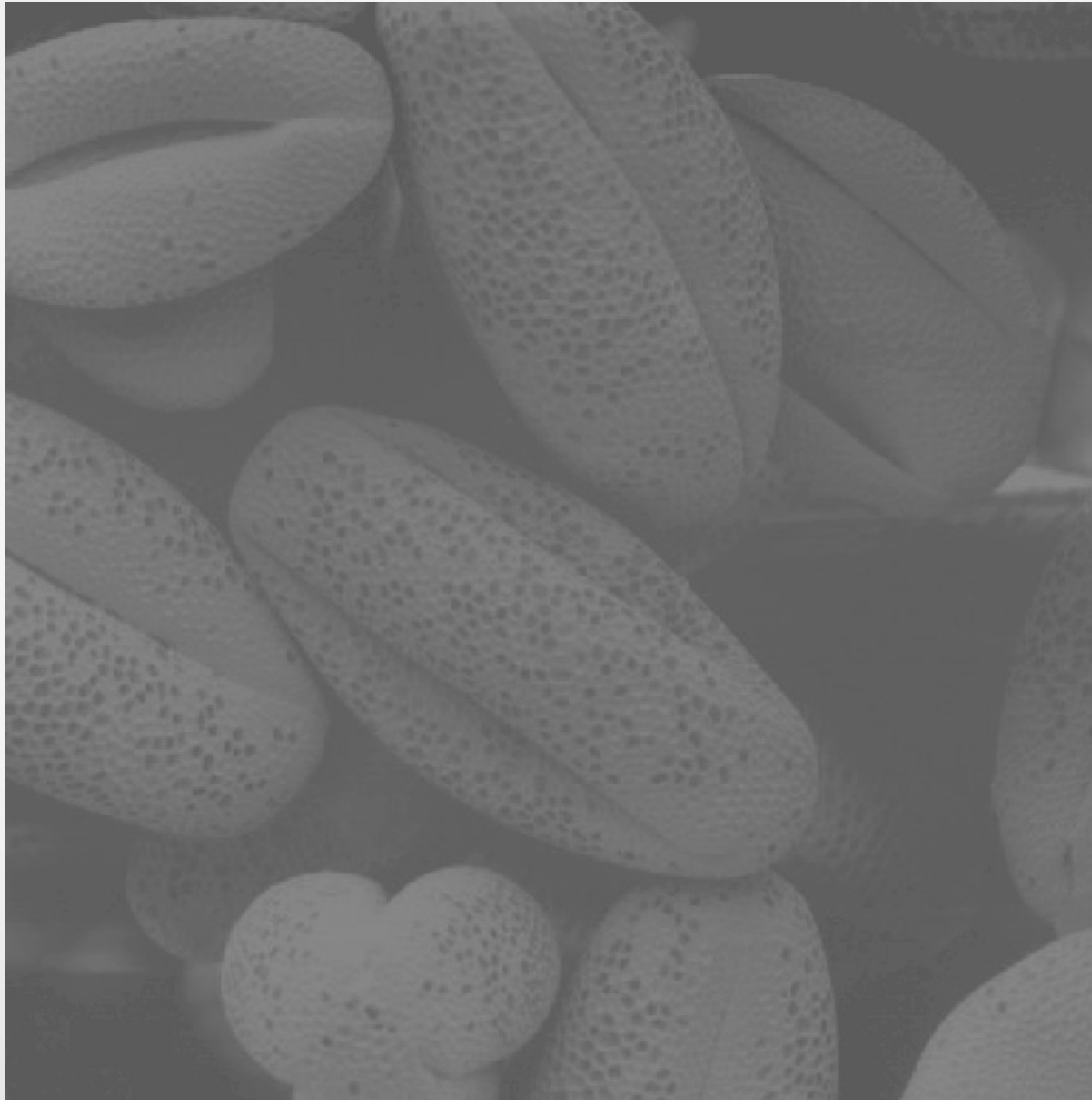


Imaging in Biologia e Medicina

Istogramma di un'immagine

Istogramma dell'Immagine



Istogramma di un'immagine

- Istogramma della distribuzione dei valori di luminosità
- Primo strumento di analisi di un'immagine
- Mostra quante volte un valore di intensità ricorre all'interno di una data immagine
- Distribuzione di frequenza dei valori di intensità all'interno di un'immagine
 - Gli assi dell'istogramma di un'immagine:
 - Asse orizzontale: livelli di intensità. Solitamente tra 0 e 255, per immagine con bit depth > 8 si definiscono 256 possibili intervalli di valori
 - Asse verticale: indica il numero di pixel che nell'immagine hanno un determinato valore di intensità.

Istogramma

- Cosa dice un istogramma

- Visualizza le caratteristiche generali di esposizione di immagini fotografiche
- Permette di quantificare il **contrasto** dell'immagine e a determinarne i margini di miglioramento
- Permette di determinare la **dinamica** dell'immagine

Istogramma

- Calcolo dell'istogramma

- Concettualmente è un'operazione banale
- Esempio con una matrice di piccole dimensioni (6x6) per pixel codificati su 4 bit (valori compresi nell'intervallo [0...15])

1	4	7	12	11	1
3	11	12	15	10	8
9	12	13	14	12	9
8	10	15	11	8	3
3	9	12	10	7	2
1	0	9	6	5	0

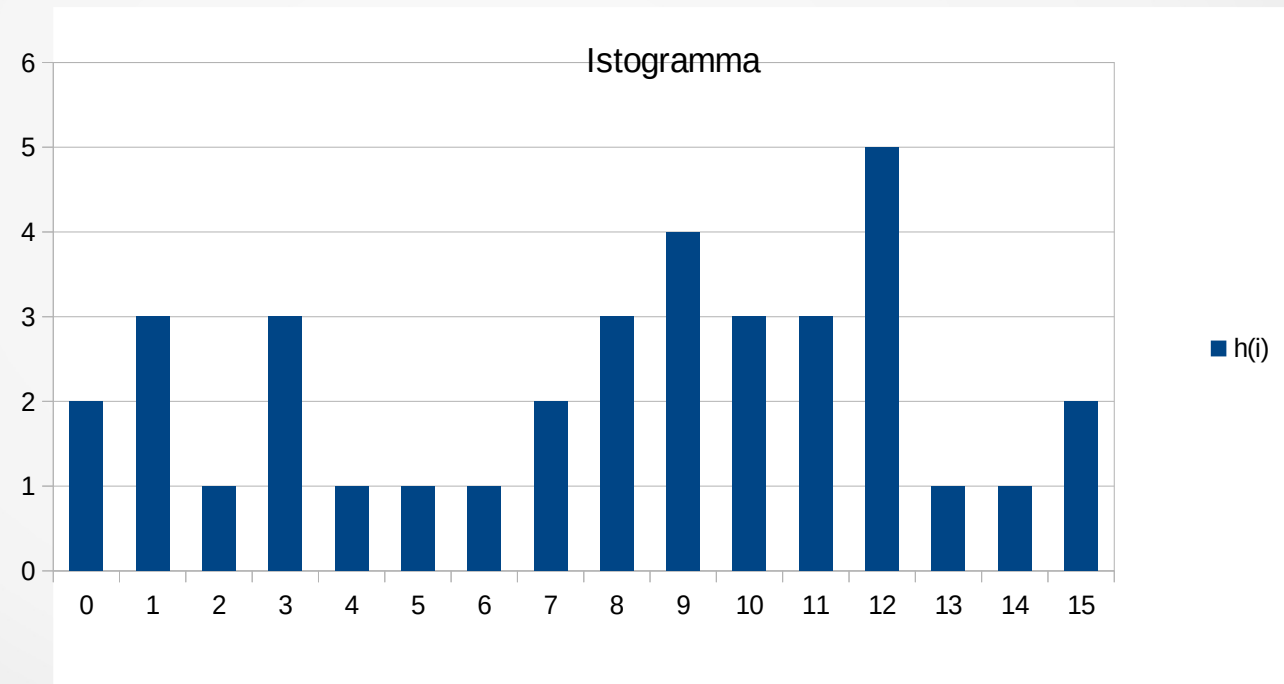
Istogramma

Contando le ricorrenze dei valori si costruisce la tabella e il relativo diagramma

<u>i</u>	<u>h(i)</u>
0	2
1	3
2	1
3	3
4	1
5	1
6	1
7	2
8	3
9	4
10	3
11	3
12	5
13	1
14	1
15	2

Somma h(i)

36

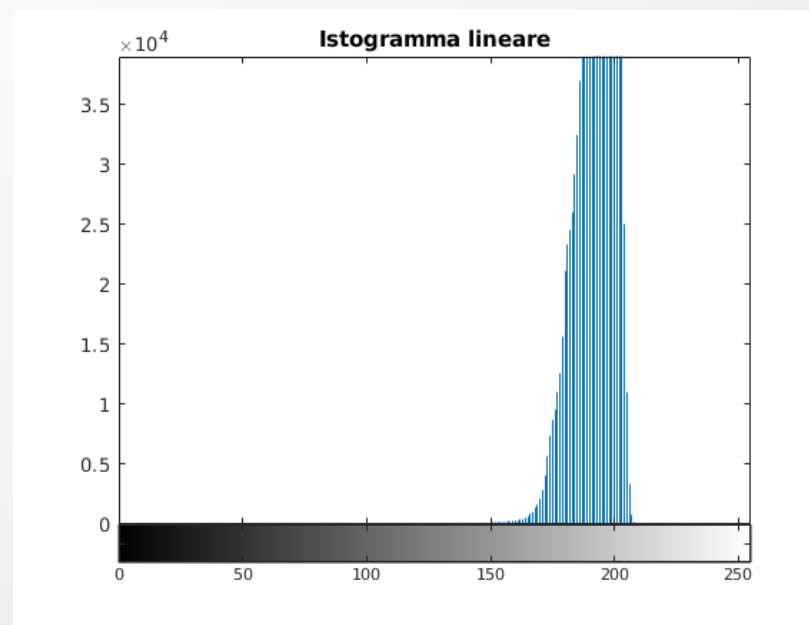
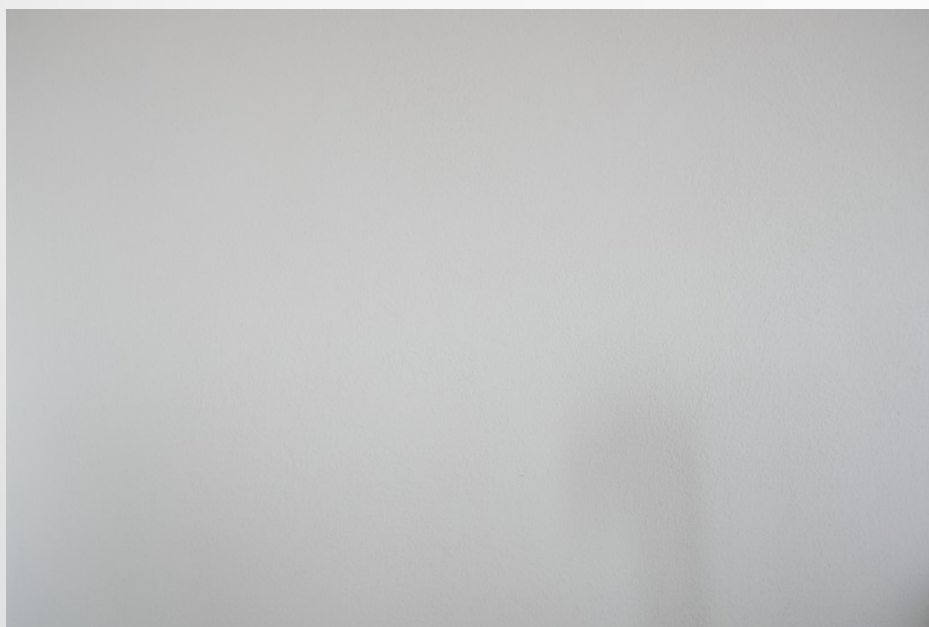


Istogramma

- Interpretazione dell'istogramma di un immagine reale
 - Regioni omogenee di un immagine concorrono all'istogramma con distribuzioni di valori che hanno apparenza simile a quella delle distribuzioni di probabilità di una variabile casuale
 - Ogni distribuzione è localizzata intorno ad un valore caratteristico di intensità luminosa
 - I fenomeni che concorrono a generare “rumore” (e quindi variabilità) sono molteplici e sono legati ad ogni stadio della formazione di un'immagine. Soprattutto due fattori sono importanti
 - La variabilità intrinseca all'interno di una regione sorgente anche apparentemente uniforme
 - Variabilità strutturare o fluttuazioni che avvengono all'interno stesso dei sistemi a semiconduttore tipo CCD dove il meccanismo di assorbimento della luce e conseguente rilascio di elettroni è soggetto a fluttuazioni anche di natura quantistica

Istogramma

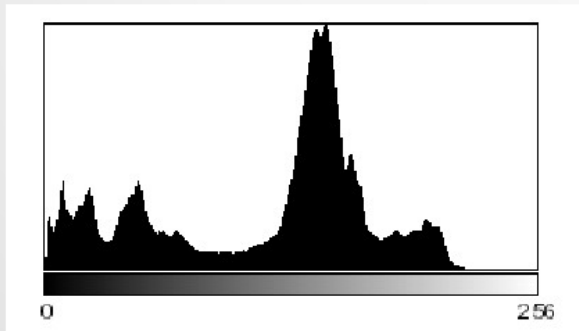
- A sinistra un'immagine apparentemente “semplice” di una sorgente uniforme: la fotografia di un muro bianco (a parte l'ombra del fotografo in basso a destra)
- Sarebbe legittimo aspettarsi un istogramma “stretto” di valori tutti concentrati attorno ad un valore medio “caratteristico” della superficie. Tuttavia la variabilità disperde intorno ad un valore di grigio predominante
- Si noti la barra sinottica lungo l'asse orizzontale che permette di collegare un livello di grigio con un valore misurato di intensità



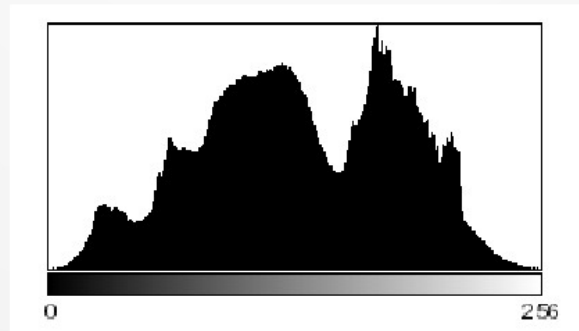
Istogramma di un'immagine

- Dalla definizione di istogramma si comprende che la somma di tutte le ricorrenze (i valori dei punti rispetto all'asse verticale) è $N \times M =$ numero di pixel dell'immagine
- Se restringo la somma ad un intervallo $[a,b]$ di valori di intensità la somma delle ricorrenze nell'intervallo è il numero dei pixel che hanno assunto un valore intensità compresa all'interno di quell'intervallo

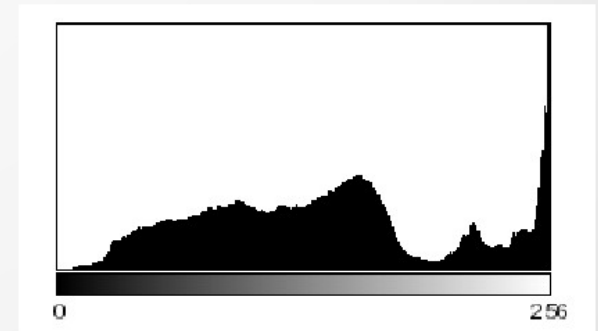
Istogrammi di immagini grayscale



(a)



(b)



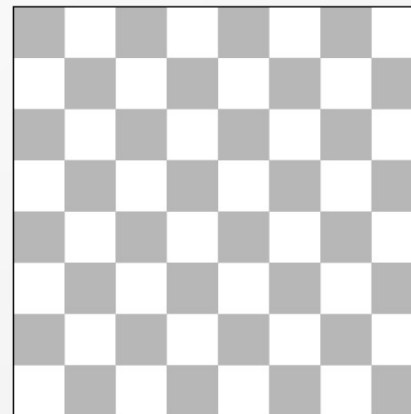
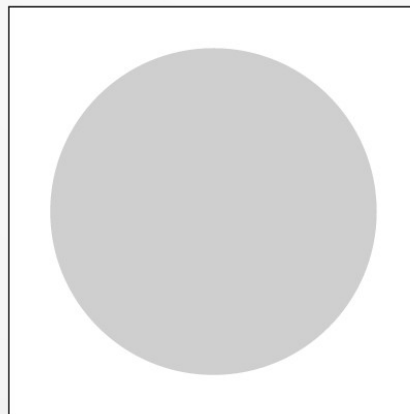
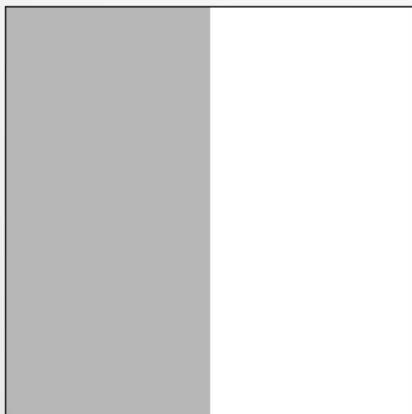
(c)

Istogramma

- La slide mostra 3 immagini e i relativi istogrammi
 - La prima fotografia a sinistra ha regioni di luminosità relativamente grandi e uniformi per le quali è possibile fare qualche associazione rispetto alle distribuzioni visibili nell'istogramma. Un parziale addensamento di pixel nei valori vicini allo zero suggerisce che ci sono una o più regioni dell'immagine sottoesposte.
 - La seconda non ha grandi regioni uniformi, con conseguente dispersione dei valori in tutto il range di intensità luminosa. Le code regolari dell'istogramma suggeriscono una corretta esposizione
 - La terza mostra un accumulo di punti sul valore di intensità più alto. Questi conteggi sono da attribuire alla regione superiore a destra dell'immagine e non hanno una distribuzione allargata, ma non perché una variabilità non esistesse alla fonte. Il motivo sta nella sovraesposizione dei pixel che ha provocato la saturazione degli elementi fotosensibili della fotocamera ai quali il convertitore A/D non ha potuto che assegnare il valore più alto.

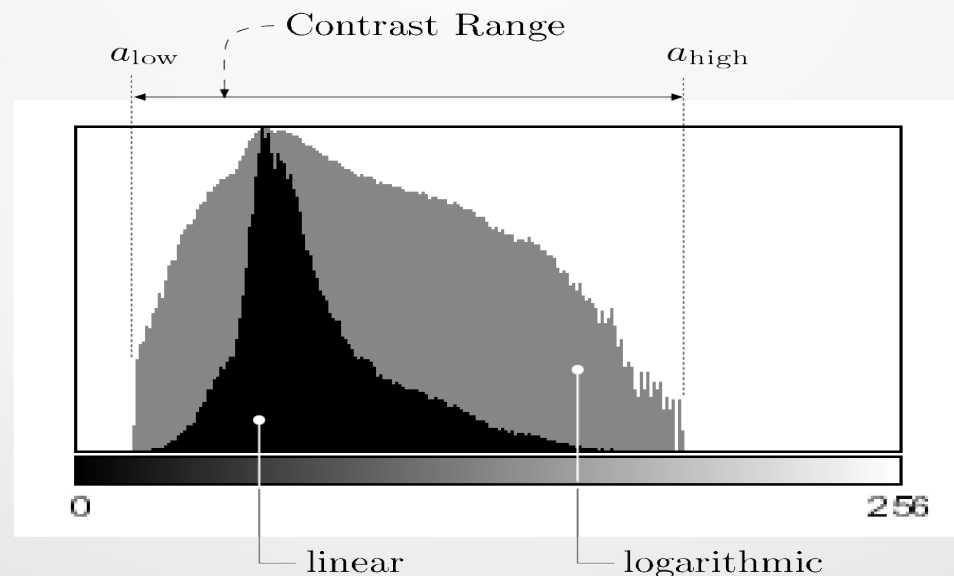
Istogramma

- Pur essendo sempre definito per ogni immagine l'istogramma non è l'equivalente di un'impronta digitale di un'immagine (il suo calcolo non è una sorta di *hash function*)
 - Immagini completamente diverse possono avere istogrammi identici (vedremo trasformazioni delle immagini che cercano di modificarle in modo che abbiano istogrammi simili)
 - Si può costruire ad arte immagini con identico istogramma
 - Tuttavia per immagini acquisite da una fotocamera e non manipolate in generale è improbabile che questo accada

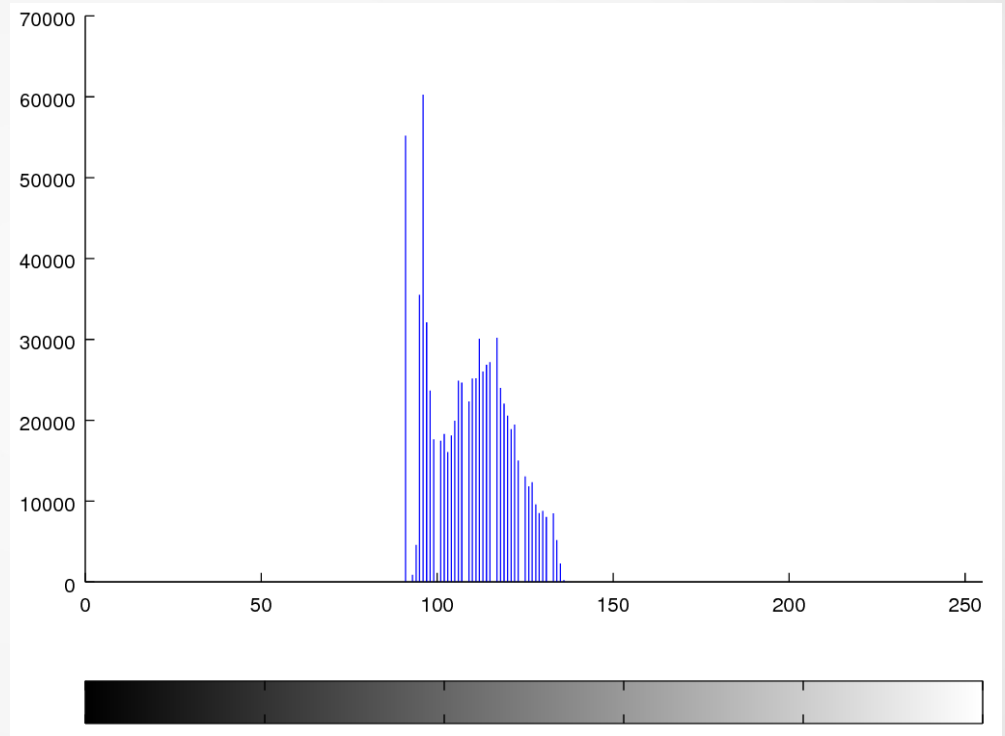
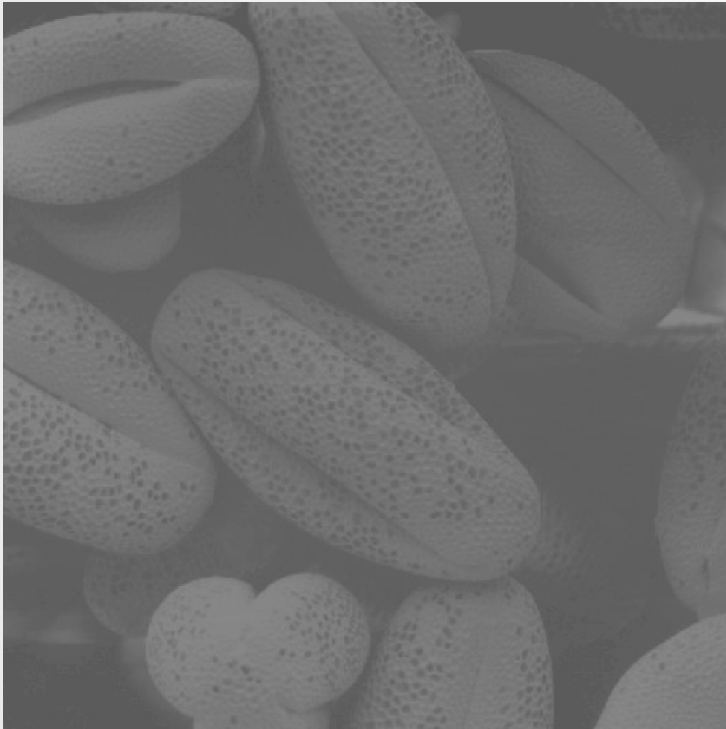


Contrasto

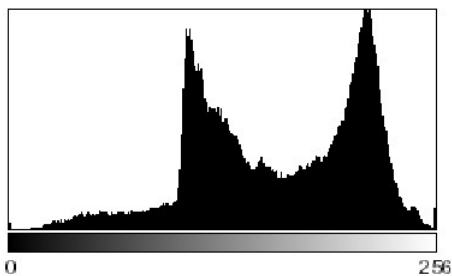
- Un dato che si ricava dall'istogramma è quantificazione del contrasto di un'immagine.
 - Range di valori usato nell'immagine
 - Differenza tra valore massimo e valore minimo dei valori di intensità luminosa presenti nell'immagine
 - Nell'istogramma mostrato a_{low} e a_{high} sono i valori di intensità rispettivamente più basso e più alto presenti nell'immagine da cui l'istogramma è stato calcolato. Infatti non ci sono pixel per valori di intensità negli intervalli $[0, a_{low}]$ e $[a_{high}, 255]$
 - Questo istogramma è stato generato con ImageJ che sceglie di avere come valore estremo 256, che però non viene mai raggiunto in un immagine a 8 bit



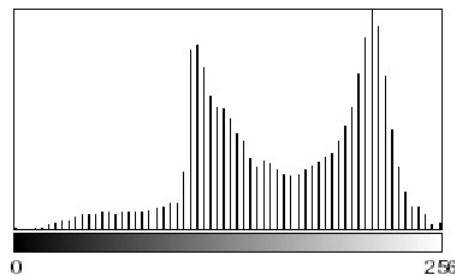
Contrasto



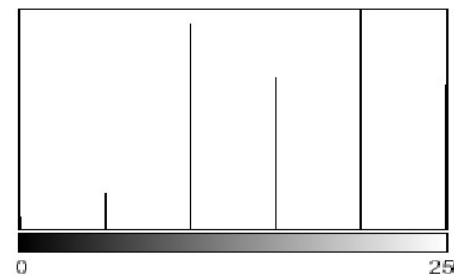
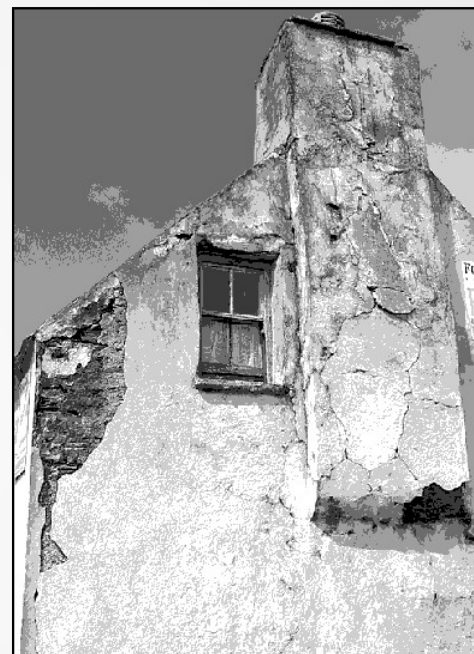
Dinamica



(a)



(b)



(c)

Numero di livelli di luminosità distinti presenti in un'immagine 15

Istogramma e Dinamica

- Dinamica di un immagine
 - La dinamica di un'immagine è data dal numero di valori di pixel distinti usati nell'immagine
 - Maggiore è la dinamica allora maggiore...
 - La capacità di risoluzione di differenze piccole
 - La capacità di miglioramento della qualità in caso di difetti di esposizione o mancanza di contrasto
 - La possibilità di preservare qualità dell'immagine anche dopo compressione o altre elaborazioni

Istogramma

- Contrasto vs. Dinamica
 - Il contrasto può essere modificato alterando opportunamente i valori dei pixel
 - Il miglioramento della dinamica richiede tecniche di manipolazione che introducono 'nuovi' valori di pixel
 - E.g: La dinamica viene modificata da algoritmi di modifica della dimensione dell'immagine che generano nuovi pixel con valori di intensità calcolati con algoritmi di interpolazione

Interpolazione

- Si cerca di stimare i valori 'mancanti' tra posizioni adiacenti
- Si devono fare assunzioni sull'andamento dei valori (luminosità)

• Funzione bilineare: $v(x, y) = ax + by + cxy + d$

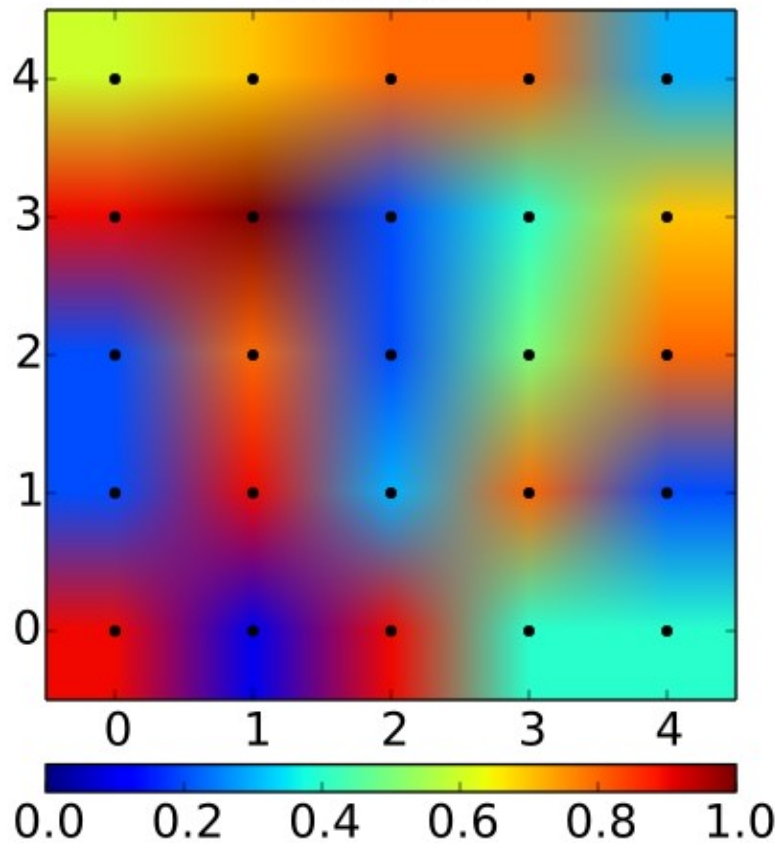
• Funzione bicubica:

$$v(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

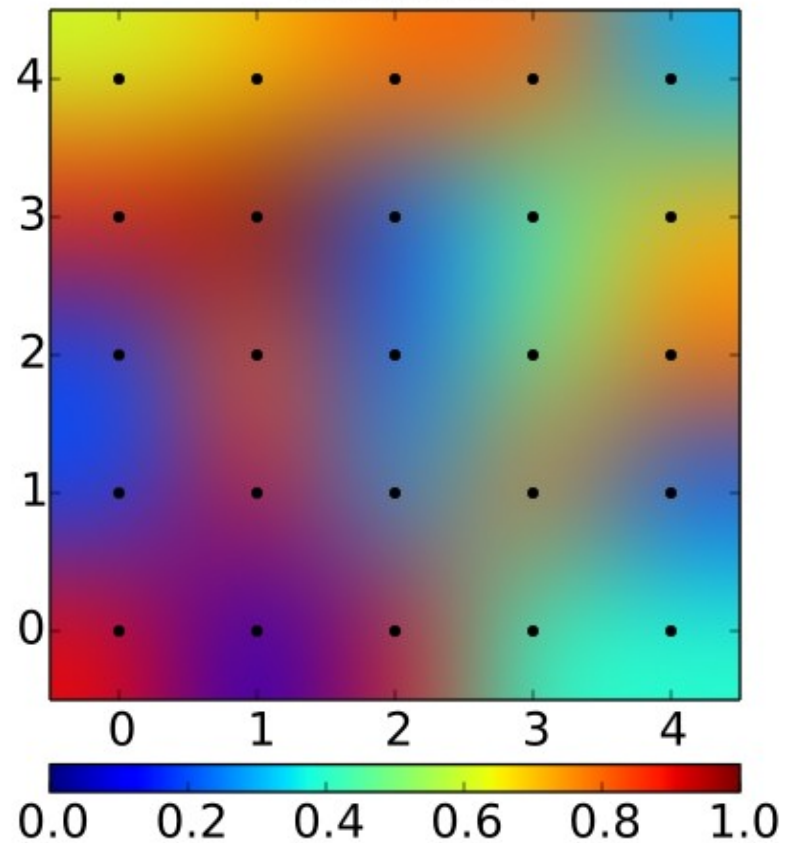
• Altri metodi usano analisi nello *spazio delle frequenze*

Esempi di Algoritmi di Interpolazione

bilinear



bicubic

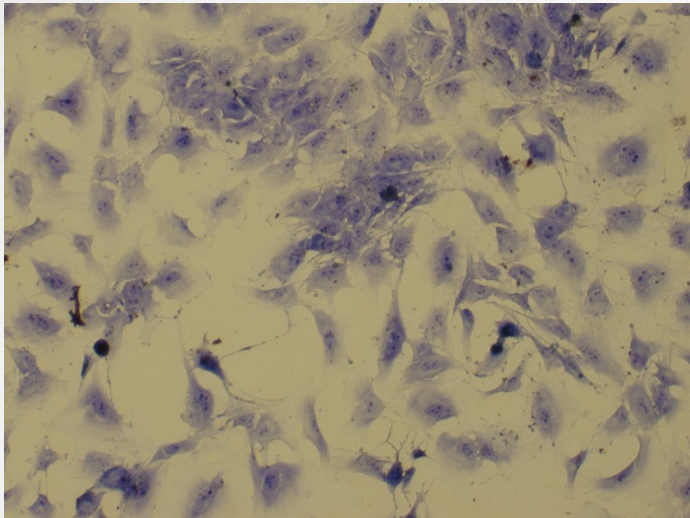


Istogramma di un'immagine RGB

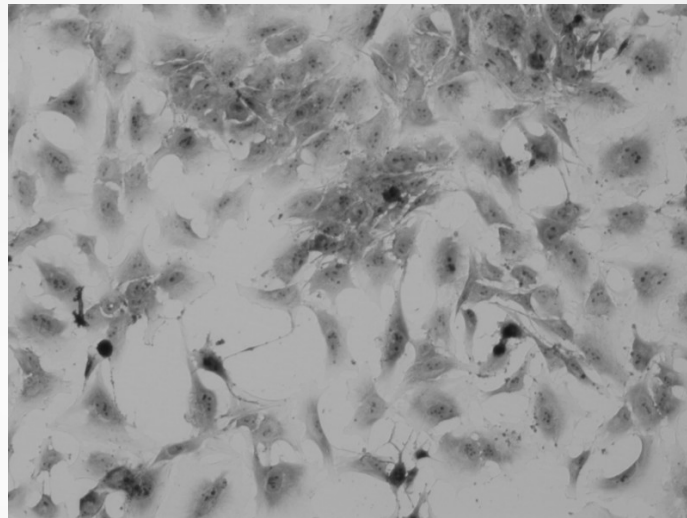
- Dato che un'immagine RGB è la composizione secondo il modello additivo di 3 immagini si deve dare un senso all'idea di istogramma di un'immagine a colori
- Nella slide successiva è mostrata una foto presa al microscopio di una cultura di cellule e le 3 immagini grayscale che costituiscono la 3 componenti di base dei colori presenti
- L'istogramma calcolato con Matlab dell'immagine a colori (quadrante corrispondente in alto a sinistra) viene quindi confrontato con quelli delle 3 componenti prese singolarmente

Istogramma di un'immagine RGB

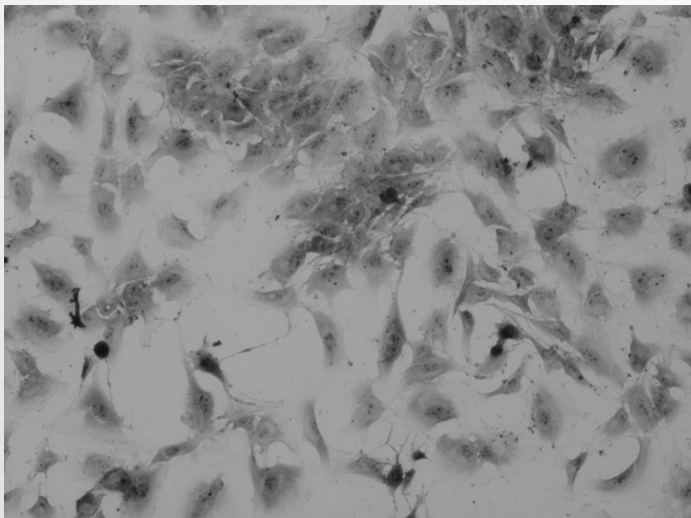
Originale



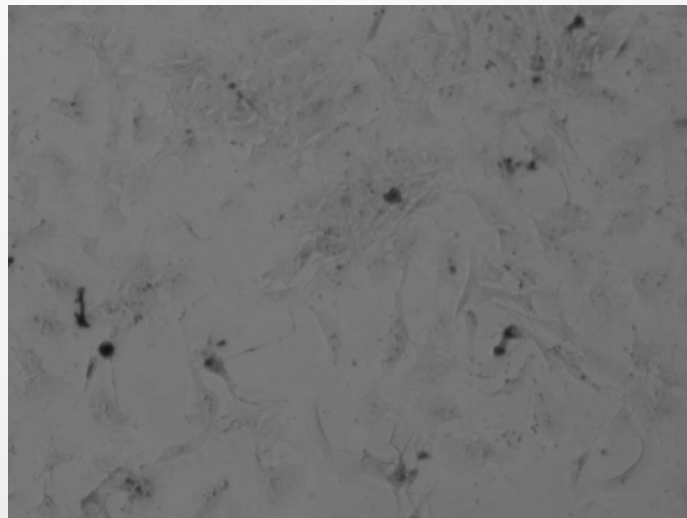
Rosso



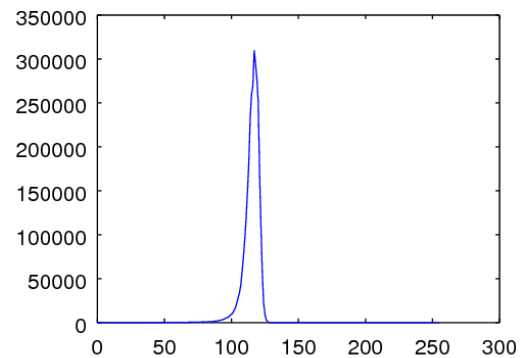
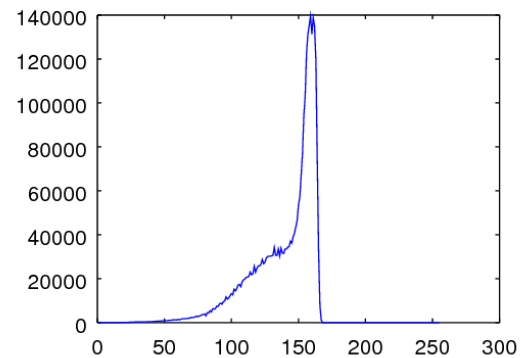
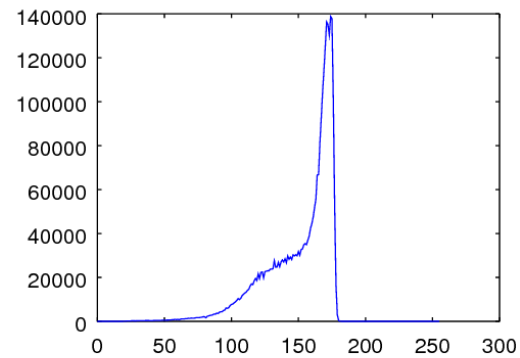
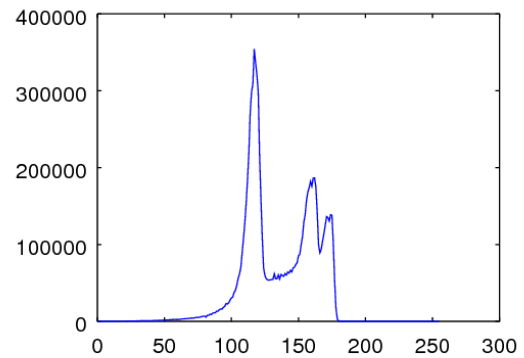
Verde



Blu



Analisi dell'Istogramma



Istogramma di un'immagine RGB

- Esiste un chiaro legame e sono evidenti le 3 componenti per i valori dove le altre due contribuiscono meno. Tuttavia si deve definire come i colori si devono combinare insieme per i valori di intensità comuni per generare un'intensità luminosa del colore.
- Questa conversione è costruita dalla formula che collega i colori alla loro luminosità apparente Y . I valori dei coefficienti sono stati determinati su base fenomenologica e riflettono la percezione della luminanza di un colore così come percepita da un "osservatore medio"
- Tramite questa formula un'immagine RGB viene convertita in un'immagine grayscale

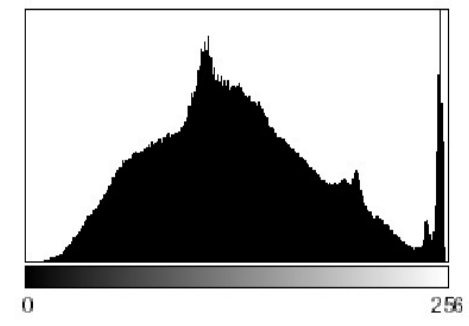
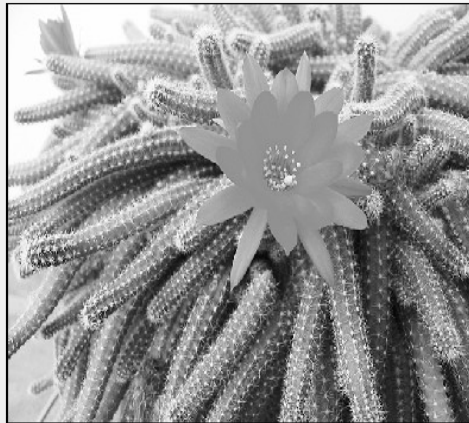
$$Y = 0.2115 * R + 0.7154 * G + 0.0721 * B$$

Alterazioni dell'Istogramma

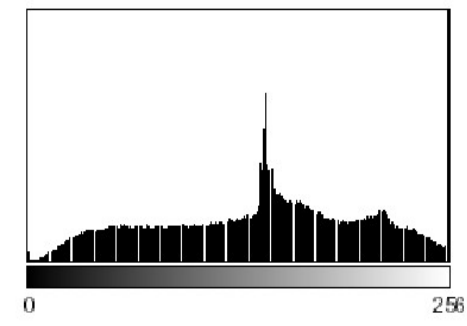
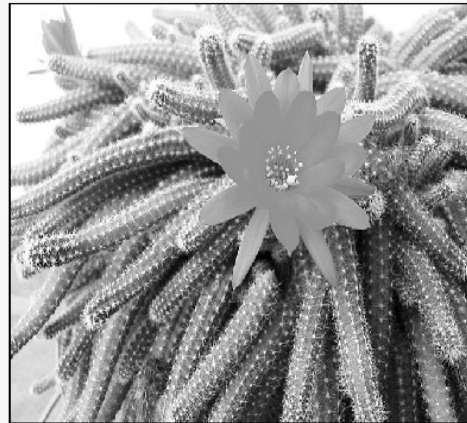
- L'istogramma è un metodo semplice per rivelare alterazioni dovute a manipolazioni intervenute
 - L'istogramma di un'immagine non modificata ha tipicamente una struttura dove diverse regioni contribuiscono all'istogramma con distribuzioni di valori
 - Determinate trasformazioni (un esempio la compressione *lossy* o la modifica del contrasto) alterano l'istogramma

Alterazioni dell'Istogramma

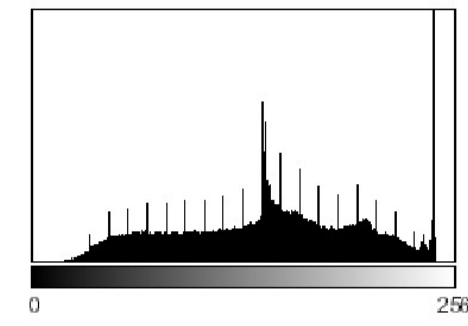
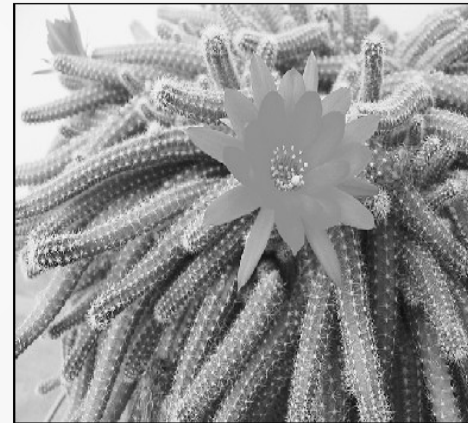
- Effetto dell'espansione/riduzione del contrasto



(a)



(b)



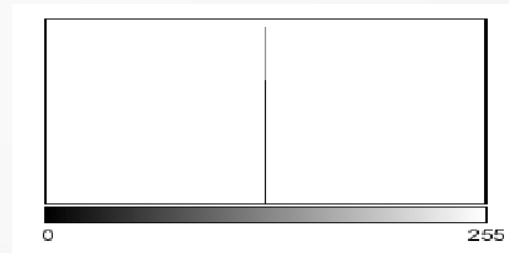
(c)

Alterazioni dell'Istogramma

- Alterazione dovute a compressione
 - Esempio: immagine 'semplice' alterata dalla compressione interna al formato JPEG



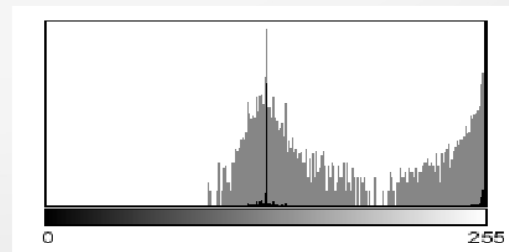
(a)



(b)



(c)



(d)

Alterazioni dell'Istogramma

- Alterazioni legate alla compressione
 - Esempio: immagine compressa dopo essere stata salvata in un file GIF
 - Nel diagramma **c** parte della dinamica è recuperata con un'operazione di riduzione della modifica della dimensione attraverso l'interpolazione dei valori

