

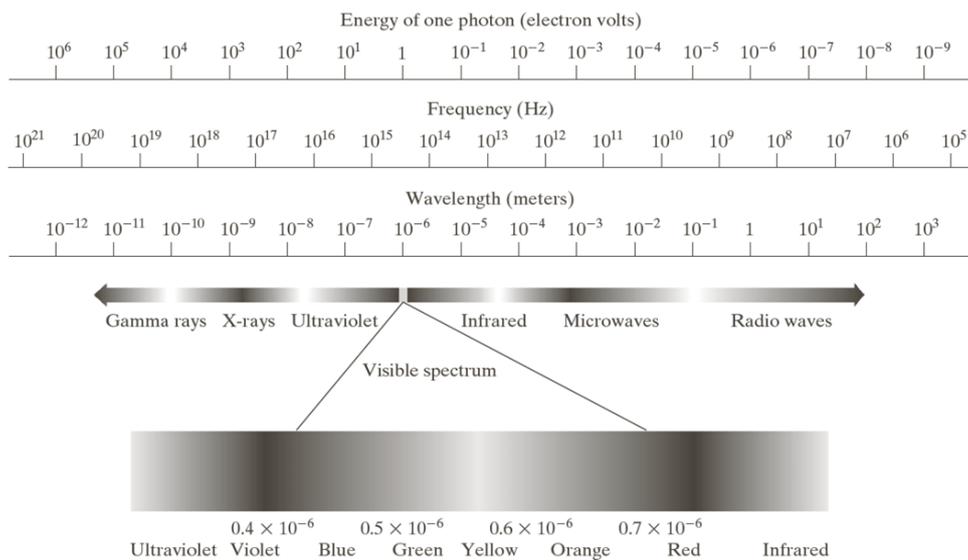
# Acquisizione e rappresentazione di immagini

Stefano Ferrari

Università degli Studi di Milano  
stefano.ferrari@unimi.it

**Elaborazione delle immagini**  
anno accademico 2009–2010

## Radiazione elettromagnetica

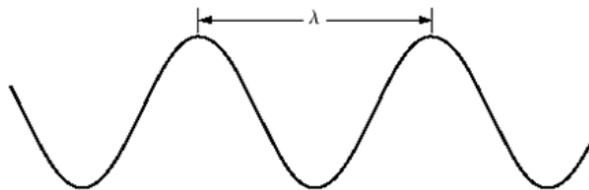


$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad E = h\nu$$

## Radiazione elettromagnetica (2)

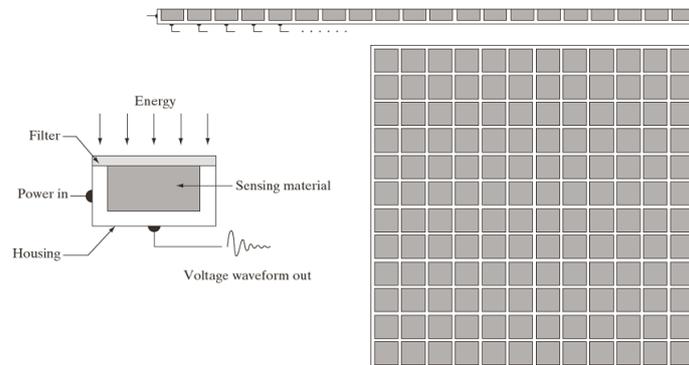
- ▶ La luce visibile è una piccola banda dello spettro.
- ▶ Così come tutte le altre bande, anche i colori non sono ben distinti, ma sfumano uno nell'altro.
- ▶ La luce composta di una banda abbastanza stretta da non contenere più di un colore viene detta *monocromatica*.
- ▶ A volte l'acquisizione viene effettuata ignorando l'informazione data dal colore (trattando lo spettro come un'unica banda).

## Radiazione elettromagnetica (3)



- ▶ La radiazione elettromagnetica può essere interpretata come:
  - ▶ onda;
  - ▶ particella senza massa (*fotone*).
- ▶ Gli oggetti si vedono se riflettono luce: solo le frequenze riflesse vengono rilevate (la lunghezza d'onda deve essere minore della dimensione dell'oggetto).
- ▶ La luce, oltre alla frequenza, si caratterizza per:
  - ▶ *radianza*: energia totale [W];
  - ▶ *luminanza*: energia percepita [lm];
  - ▶ *luminosità*: percezione soggettiva.

## Sensore



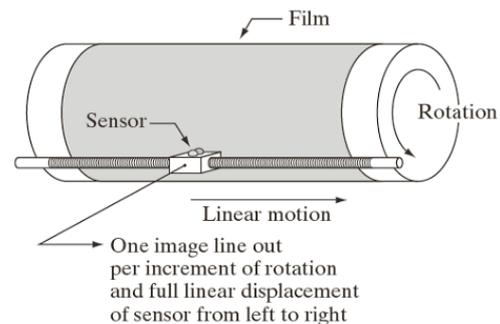
b  
a | c

- ▶ Il sensore trasduce l'energia radiante in energia elettrica, (a).
- ▶ I sensori possono essere organizzati in linea o in matrice, (b) e (c).

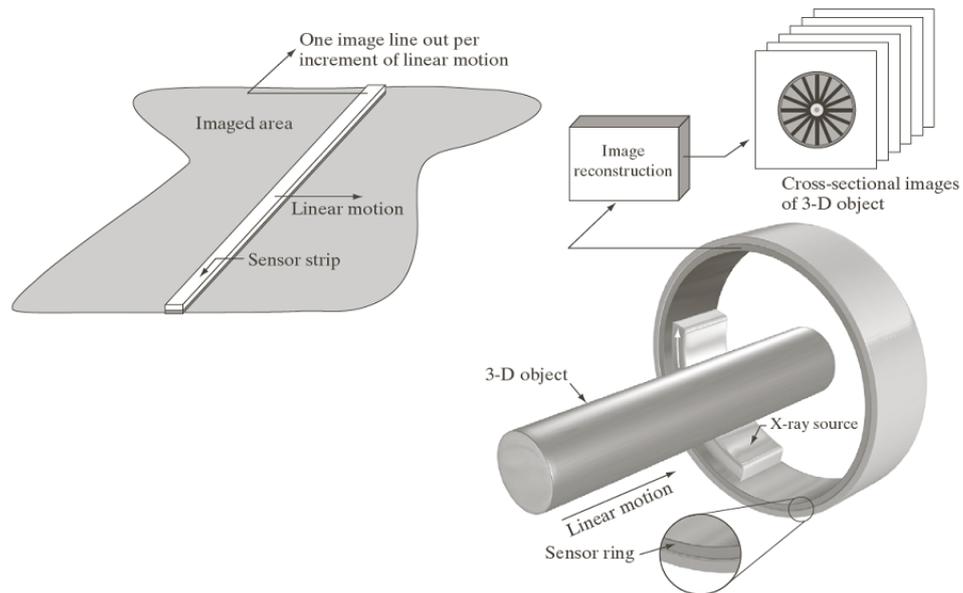
## Dispositivi di acquisizione

I sensori possono essere utilizzati in modo differente in dispositivi che scandiscono l'intera scena:

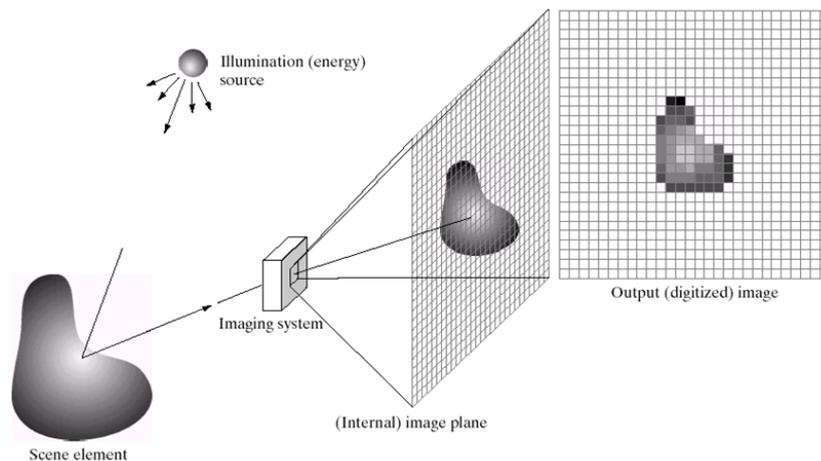
- ▶ i dispositivi a singolo sensore usano dispositivi meccanici per spostare il sensore rispetto alla scena;
- ▶ i sensori in linea possono trovare impiego sugli scanner da tavolo o su aeromobili;
- ▶ le matrici di sensori sono utilizzate nelle fotocamere o anche in apparecchiature per tomografia;
  - ▶ in quest'ultimo caso, il dato acquisito dal sensore deve essere rielaborato per fornire la sezione dell'oggetto in esame.



## Dispositivi di acquisizione (2)



## Dalla scena all'immagine



La radiazione (a) illumina l'oggetto (b). Parte della radiazione riflessa viene catturata dal sistema d'acquisizione (c). La scena viene proiettata sul piano immagine costituito dai sensori (d) e viene digitalizzata (e).

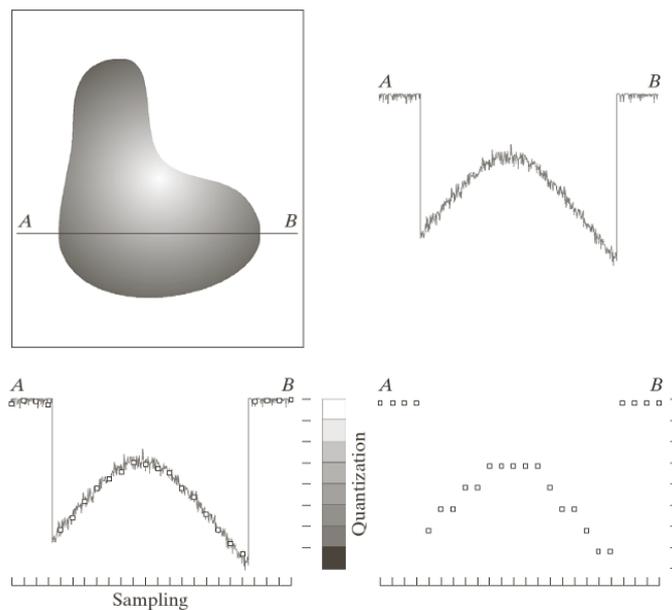
## Modello di formazione dell'immagine

- ▶ immagine:  $f(x, y)$ ,  $0 < f(x, y) < \infty$
- ▶ illuminazione:  $i(x, y)$ ,  $0 < i(x, y) < \infty$
- ▶ riflettanza:  $r(x, y)$ ,  $0 < r(x, y) < 1$ 
  - ▶ riflettanza + assorbanza + trasmittanza = 1
- ▶  $f(x, y) = i(x, y) r(x, y)$

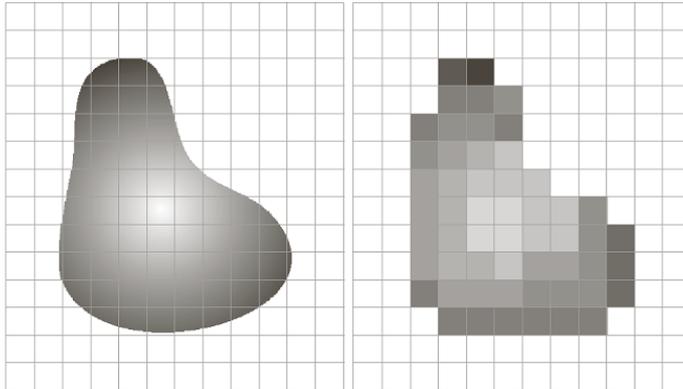
In pratica:

- ▶  $L_{\min} < f(x, y) < L_{\max}$ 
  - ▶ dove:  $L_{\min} = i_{\min} r_{\min}$  e  $L_{\max} = i_{\max} r_{\max}$
- ▶  $[L_{\min}, L_{\max}]$  è detto *scala di grigio* dell'immagine.
- ▶ Per convenzione,  $[L_{\min}, L_{\max}]$  viene scalato in  $[0, L - 1]$  ([nero, bianco]).
  - ▶ talvolta, nei calcoli, si preferisce  $[0, 1]$

## Quantizzazione



## Campionamento

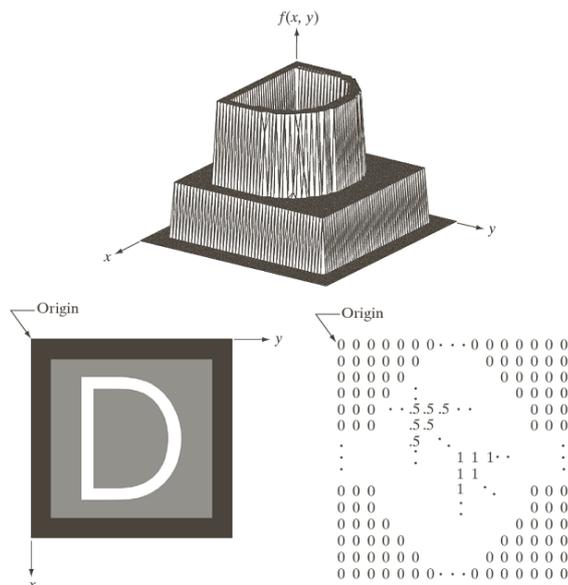


a | b

L'immagine osservata dal dispositivo di acquisizione viene proiettata sulla matrice di sensori (a) per essere campionata e quantizzata (b).

Il colore di ciascun pixel dell'immagine (b) è dato dal colore medio della corrispondente regione in (a) (campionamento), approssimato al livello di grigio più vicino tra quelli disponibili (quantizzazione).

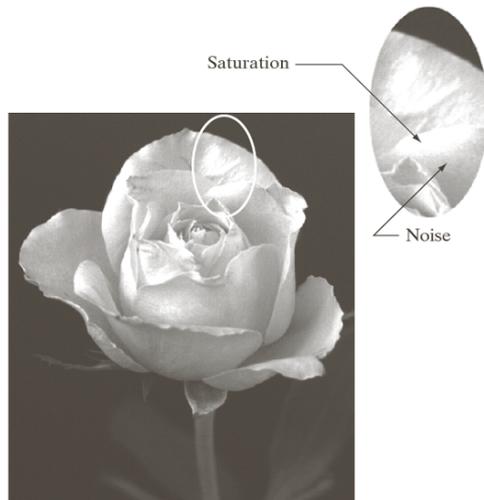
## Rappresentazione di immagini



- ▶ L'immagine  $f(x, y)$  viene rappresentata come una matrice  $M \times N$  a  $L$  valori discreti.
- ▶  $x$  viene convenzionalmente associato alle coordinate discrete  $\{0, \dots, M - 1\}$ ,  $y$  a  $\{0, \dots, N - 1\}$  e  $f(x, y)$  a  $\{0, \dots, L - 1\}$ .

- ▶ Per ragioni pratiche,  $L$  è generalmente una potenza di 2:  
 $L = 2^k$ .
- ▶ In tal modo, ogni pixel viene rappresentato usando  $k$  bit.

## Limiti del campionamento



- ▶ Il sensore effettua una misura dell'intensità luminosa.
- ▶ Come tutti gli strumenti di misura è soggetto a errore.
- ▶ La  *saturazione*  è il fenomeno per il quale tutte le intensità superiori ad una certa soglia vengono rappresentate come bianco (fondo scala).

- ▶ Il  *rumore*  è l'errore di misura del sensore. È misurabile specialmente nelle regioni in ombra, dove anziché essere nero, qualche pixel assume un valore di grigio scuro.
- ▶ L' *intervallo dinamico*  dell'immagine è il rapporto tra il valore di intensità più alto e quello più basso rappresentato.

## Numero di bit

$N/k$	1 ( $L = 2$ )	2 ( $L = 4$ )	3 ( $L = 8$ )	4 ( $L = 16$ )	5 ( $L = 32$ )	6 ( $L = 64$ )	7 ( $L = 128$ )	8 ( $L = 256$ )
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

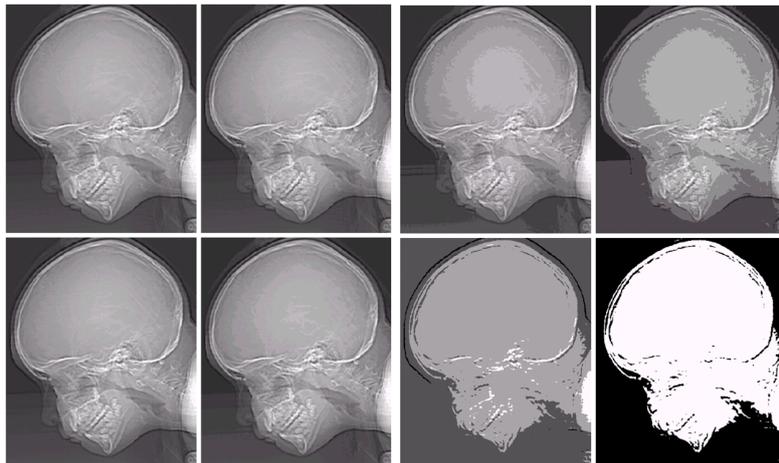
- ▶ Il numero di bit,  $b$ , necessario per rappresentare una immagine  $M \times N$  a  $L$  livelli di grigio è:  $b = MN \log_2 L$ .
- ▶ Se  $L = 2^k$ ,  $b = MNk$ .

## Risoluzione



- ▶ La risoluzione spaziale di una immagine è la dimensione del più piccolo dettaglio che si può riconoscere nell'immagine stessa.
- ▶ Molto utilizzata è la misura della risoluzione in *dpi* (*dots per inch*, punti per pollice).

## Numero di colori



- ▶ Il numero di livelli di grigio determina la risoluzione in intensità.
- ▶ Un basso numero di livelli di grigio in una regione quasi uniforme causa l'effetto detto dei *falsi contorni*.

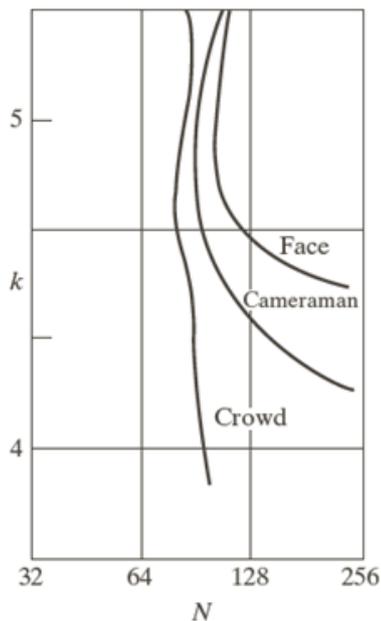
## Contenuto di una immagine



a | b | c

- ▶ Le immagini si possono classificare per la densità dei dettagli rappresentati.
- ▶ (a) basso contenuto di dettagli: molte regioni quasi uniformi.
- ▶ (b) medio contenuto di dettagli: regioni quasi uniformi e qualche dettaglio.
- ▶ (c) alto contenuto di dettagli: ad ogni (s)oggetto sono dedicati pochi pixel.

## Curva di isopreferenza



- ▶ La *curva di isopreferenza* di una immagine si costruisce chiedendo a diversi soggetti di raggruppare copie della stessa immagine (ma a differente risoluzione spaziale e di intensità) che abbiano la stessa qualità soggettiva.
- ▶ Le immagini con pochi dettagli risentono soprattutto del numero di livelli di intensità, mentre quelle con molti dettagli sono sensibili alla risoluzione spaziale.