

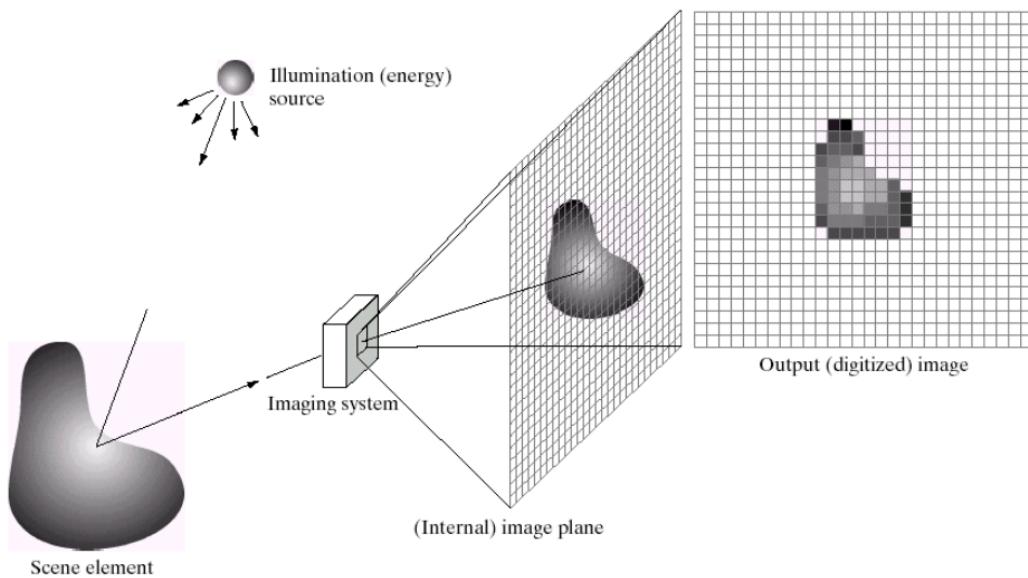
# Lezione 3 - Fondamenti di immagini digitali - 14/10/2024

prima parte sul tablet

## Digital image fundamentals

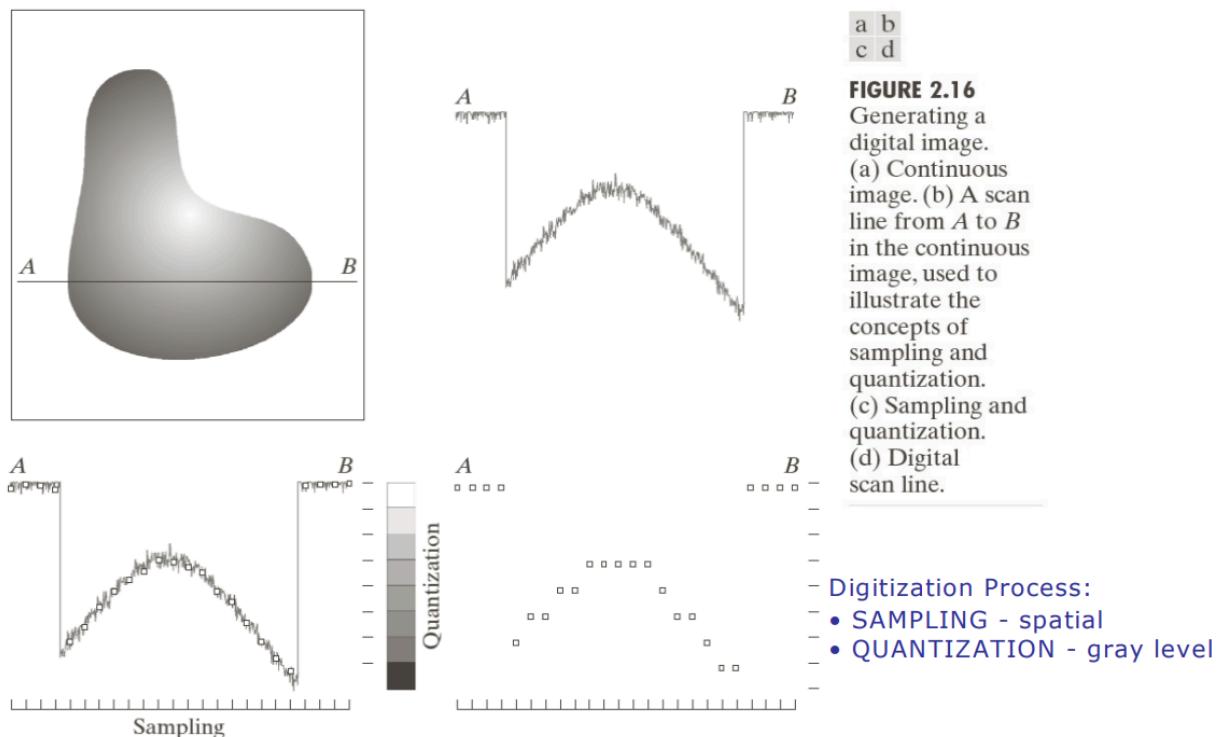
L'**imaging system** è la lente della fotocamera. Per catturare l'immagine abbiamo bisogno della luce riflessa dell'oggetto, che entra nell'imaging system. L'**image plane** è un'area piatta con elementi fotosensibili. Quindi la luce entra come un'informazione continua e colpisce l'image plane che performa un **sampling** dell'informazione. Poi per ciascun pixel abbiamo un numero di bit limitato (per esempio 8 bit) per registrare la sfumatura del colore.

Ciascun pixel dell'immagine di output contiene informazione o non la contiene, non ci sono via di mezzo dove mezzo pixel è pieno.



Abbiamo un'immagine grayscale, quando riceviamo molta luce abbiamo colori più chiari, se abbiamo poca luce abbiamo colori scuri. Nella funzione possiamo vedere proprio quanta luce sta arrivando, in quella linea da A a B.

Viene quindi applicato il **sampling** (spaziale) (era temporale nei segnali audio), che registra ciascuna posizione ad ogni intervallo, non c'è informazione nel mezzo di due samples. Poi per ciascun sample viene registrato il valore in quel punto, in base al valore più vicino tra quelli possibili (**quantizzazione**, gray level).



Un'**immagine** è una funzione di intensità di luce a 2 dimensione  $f(x, y)$  dove x e y sono coordinate spaziali, e f in (x,y) rappresenta la luminosità dell'immagine in quel punto.

Un'**immagine digitale** è la rappresentazione di un'immagine continua  $f(x, y)$  in un array di 2 dimensioni, di samples discreti. L'ampiezza di ciascun sample... DA COMPLETARE

- **Image Gray-Level** -
  - The relative intensity at each unit area.
  - Between the lowest intensity (Black value) and the highest intensity (White value).
  - Typical: In the range of [0,1] or [0,255]
- **Image Intensity** -
  - Light energy emitted from a unit area in the image.
  - Device dependence.
- **Image Brightness** -
  - The subjective appearance of a unit area in the image.
  - Context dependence.
  - Subjective.

Nel range [0-1] avremo valori con la virgola, ma sono comunque valori discreti, non c'è nulla tra 2.

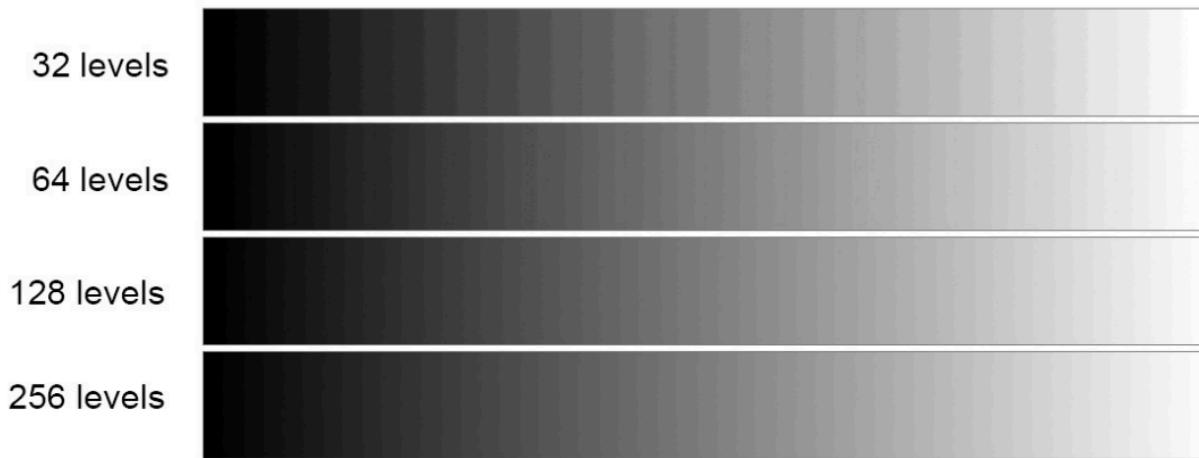
- **Luminance** is defined by CIE as the incident light power weighted by a spectral sensitivity function. Such a function is called *luminous efficiency* and is defined numerically for the standard observer.
- Luminance measures a power and thus should be expressed, for example, in  $\text{cd/m}^2$ . In practice it is normalized with respect to the power of a *white reference*  $Y_0$ , and thus have often values between 0 and 1.
- Two objects with equal luminance can have different brightness, i.e. are perceived differently by the eye, e.g. depending on their surround.



- **Lightness** is the brightness of an area judged relative to the brightness of a similarly illuminated area that appears to be white or highly transmitting.

I due rettangoli grigi hanno la stessa luminanza, ma hanno una brightness diversa perchè vengono percepiti in modo diverso per colpa del colore nel loro contorno, anche se il colore dei rettangoli è lo stesso.

Cosa succede se cambiamo il numero di bits di quantizzazione?



- Contouring is most visible for a ramp.
- Digital images typically are quantized to 256 gray levels.
- bit depth : number of bits/pixel
- $N$  bit/pixel :  $2^N - 1$  shades of gray (typically  $N=8$ )

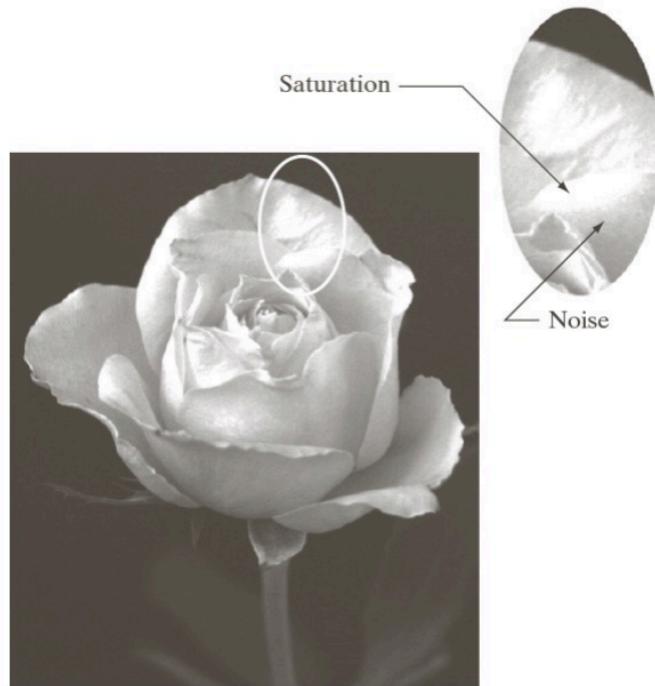
Con 32 levels possiamo vedere il "**contouring**", ovvero la differenza tra i livelli, si può vedere dove un colore finisce e l'altro inizia. Ciascuno di quei colori (rettangoli) hanno lo stesso colore nell'intero rettangolo, ma se andiamo a comparare un quadrato con quello di fianco, sembra che ci sia sul limite una linea più chiara, che diventi più chiaro prima di diventare più scuro nel prossimo rettangolo. Questo è un effetto di percezione.

Aumentando i livelli, si va a ridurre l'effetto di contouring (**contornatura**), non si vedranno gli steps da un colore al prossimo.

Con  $N$  bit/pixel abbiamo .. formula magari scrivila al posto di mettere l'immagine

---

La **saturazione** se l'immagine è in bianco/nero, è relativa al segnale. In alcune aree dell'immagine, ci sono dei pixels completamente bianchi, che nel segnale originale vorrebbero essere ancora più bianchi, ma non possiamo perché abbiamo bits limitati per esempio nella quantizzazione. Quindi quest'informazione viene persa e questa parte dell'immagine viene vista come una macchia bianca. Quindi il segnale si è saturato.



Il **noise** arriva dal fatto che la rosa è smooth, però vediamo alcuni pixels vicini che hanno valori più chiari, poi più scuri, poi più chiari... non è smooth. Questa deriva dal sensore che ha catturato l'immagine.

---

Quando abbiamo un'immagine che ha una grandezza in pixel, se andiamo a stamparla possiamo scegliere quanti **dpi (dots per inch)** stampare. Con dpi bassi avremo un'immagine di dimensione fisica grande, mentre con dpi alti avremo un'immagine piccola. La differenza quindi sta nella qualità relativa alla dimensione.



La **risoluzione del sensore (CCD)** è misurata in **DPI (dots per inch)**, è quindi una dimensione fisica, è il numero di punti individuali che possono essere piazzati nello spazio di un pollice (2.54cm) nel sensore.

La **risoluzione dell'immagine** è misurata nella grandezza dell'immagine a livello di pixels per asse.

La **risoluzione spaziale** è misurata in **PPI** (pixels per inch).

La **risoluzione spettrale** è la larghezza di banda di ciascun componente spettrale dell'immagine. Nel caso di immagini a colori abbiamo 3 componenti RGB. Abbiamo anche immagini multispettrali che possono avere più componenti.

La **risoluzione radiometrica** è misurata in **bpp** (bits per pixel). Nel caso di immagini in scala di grigi possiamo avere per esempio 8, 12, 26 bpp. Nelle immagini a colori possiamo avere per esempio 24bpp ovvero 8bpp per channel.

La **risoluzione temporale** è usata nei video, ed è il numero di frames al secondo (di solito 25Hz, ovvero 25 frames/sec)

---

Un'informazione importante nelle immagini è il **formato** in cui viene salvata. Possono essere divisi in 2 categorie, in base a se perdiamo informazioni nell'encoding oppure no. Quindi se per esempio abbiamo un'immagine come un x-ray avremo immagini lossless perché ogni dettaglio è importante. Invece nelle normali immagini alcune informazioni sono perse, per salvare spazio (lossy).

### Many image formats (about 40)

- BMP, lossless
- TIFF, lossless/lossy
- GIF (Graphics Interchange Format)
  - Lossless, 256 colors, copyright protected
- JPEG (Joint Photographic Expert Group)
  - Lossless and lossy compression
  - 8 bits per color (red, green, blue) for a 24-bit total
- PNG (Portable Network Graphics)
  - Freeware
  - supports true color (16 million colors)

---

Questo è come l'immagine (in scala di grigi) è salvata, in ogni punto abbiamo il livello di luce. L'origine è nell'angolo in alto a sinistra.

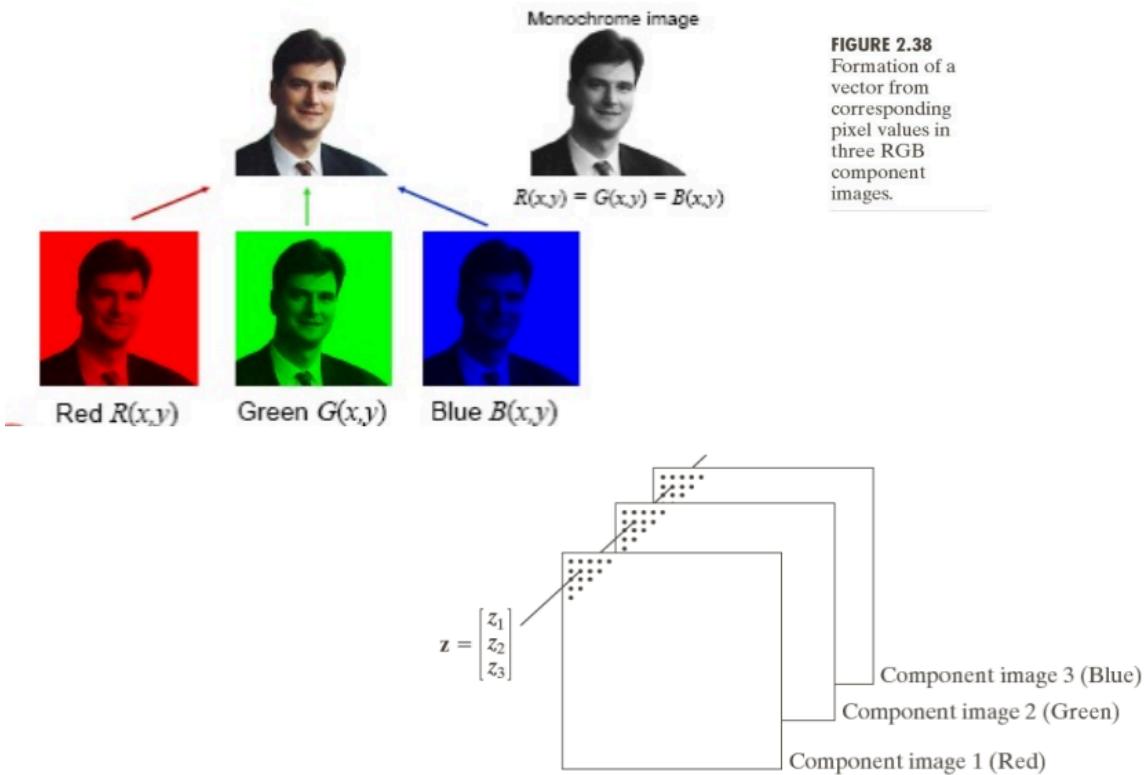
$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(1,0) & \cdots & f(N-1,0) \\ f(0,1) & f(1,1) & \cdots & f(N-1,1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(0,L-1) & f(1,L-1) & \cdots & f(N-1,L-1) \end{bmatrix}$$

$\xrightarrow{x}$

$\downarrow y$

- The pixels  $f(x,y)$  are sorted into the matrix in “natural” order, with  $x$  corresponding to the column and  $y$  to the row index. This results in  $f(x,y) = f_{yx}$ , where  $f_{yx}$  denotes an individual element in common matrix notation.
- For a color image,  $\mathbf{f}$  might be one of the components.

Nel caso di immagini a colori avremo 3 piani sovrapposti, quindi in ogni posizione avremo un array lungo 3, che contiene la quantità di rosso, verde e blu. Ogni canale è salvato come un’immagine in scala di grigi, che ci dice quanto rosso, verde e blu c’è, quindi le 3 immagini delle slides non sono una rappresentazione accurata. Quando la quantità dei 3 colori è la stessa, abbiamo un livello di grigio.



**FIGURE 2.38**  
Formation of a vector from corresponding pixel values in three RGB component images.