

La visione

Stefano Ferrari

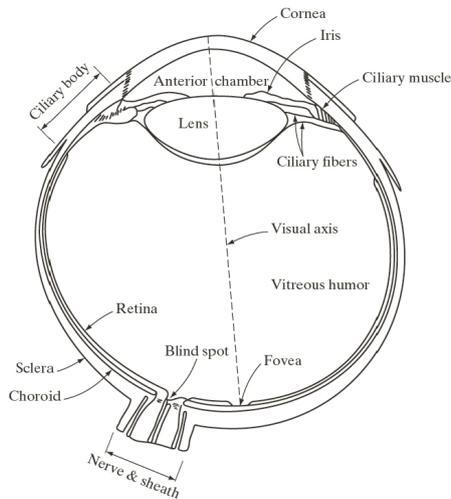
Università degli Studi di Milano
stefano.ferrari@unimi.it

Elaborazione delle immagini
anno accademico 2009–2010

Visione biologica ed elaborazione delle immagini

- ▶ La percezione visiva umana è il risultato di una sequenza di elaborazioni, spesso in concorso con altre attività percettive.
- ▶ L'elaborazione di immagini è una disciplina basata per lo più, su concetti matematici e statistici, con vincoli dovuti alla tecnologia di acquisizione.
- ▶ Lo studio della visione umana è utile per più di un motivo:
 - ▶ alcune elaborazioni hanno lo scopo di produrre materiale per la visione di un utente;
 - ▶ il funzionamento degli organi preposti alla acquisizione ed alla percezione delle immagini può essere di ispirazione per lo sviluppo di analoghi dispositivi artificiali; inoltre, le prestazioni devono essere in qualche modo confrontate;
 - ▶ sono noti alcuni apparenti malfunzionamenti degli apparati biologici che sono evitati dai dispositivi per l'elaborazione di immagini.

Occhio

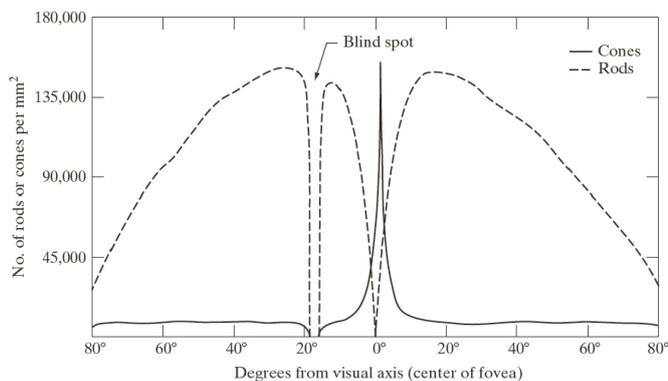


- ▶ cornea
- ▶ sclera
- ▶ pupilla
- ▶ iride
- ▶ cristallino
- ▶ coroide
- ▶ retina
- ▶ fovea
- ▶ punto cieco



Punto cieco: chiudere l'occhio sinistro, fissare la croce, avvicinarsi allo schermo quanto basta per vedere scomparire il punto.

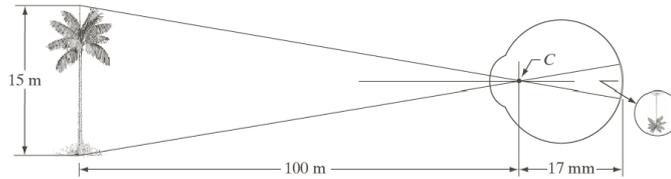
Distribuzione di recettori sulla retina



Sulla retina sono presenti due tipi di recettori:

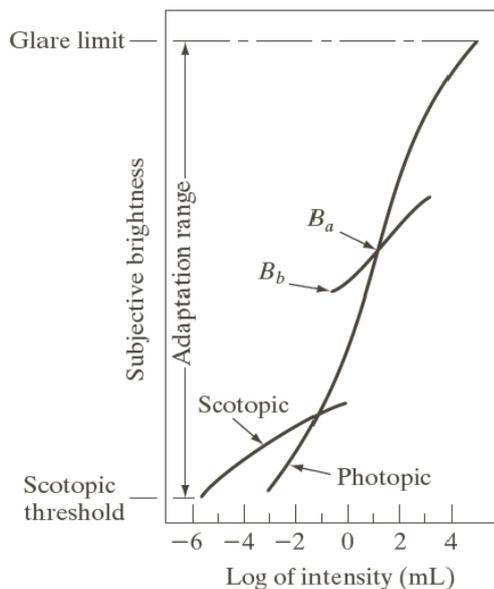
- ▶ coni;
 - ▶ bastoncelli.
- ▶ Coni:
 - ▶ circa 7 milioni;
 - ▶ percepiscono i dettagli e i rapidi cambi di immagine;
 - ▶ sensibili ai colori;
 - ▶ sensibili alle condizioni di elevata illuminazione (fotopica).
 - ▶ Bastoncelli:
 - ▶ sono circa 100 milioni;
 - ▶ forniscono una visione di insieme della scena;
 - ▶ sensibili alle condizioni di scarsa illuminazione (scotopica).

Formazione dell'immagine



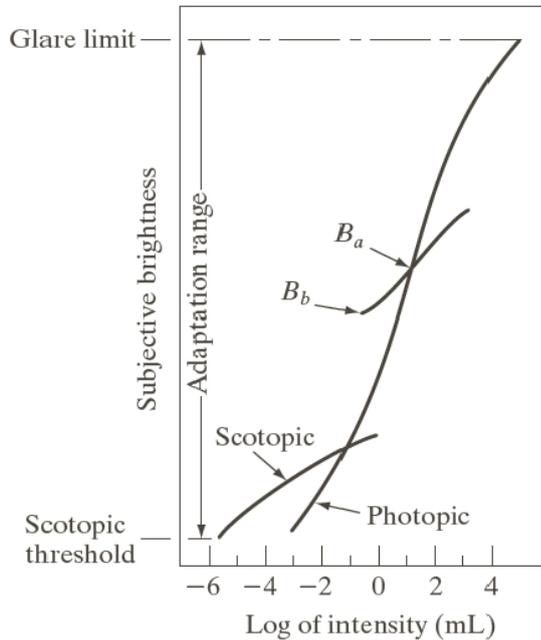
- ▶ La distanza tra centro ottico e retina non varia (circa 17 mm).
- ▶ La messa a fuoco è ottenuta deformando il cristallino (per distanze fino a tre metri).
- ▶ La dimensione di un oggetto sulla retina, dipende dalla distanza (niente zoom!).

Luminosità percepita



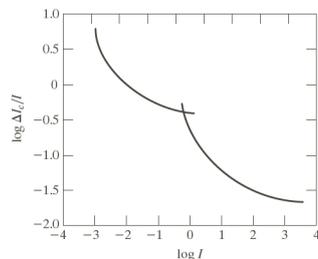
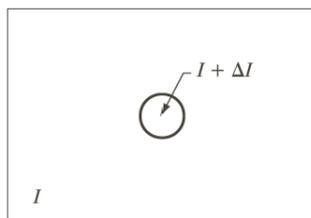
- ▶ L'intervallo di luminosità in cui l'occhio umano opera è molto ampio, dalla visione scotopica all'abbagliamento.
- ▶ Tuttavia, tale intervallo non è abbracciato contemporaneamente, ma viene percepito un sottointervallo intorno alla luminosità della scena, spostando la finestra di sensibilità quando la luminosità cambia (*adattamento alla luminosità*).

Luminosità percepita (2)



- ▶ La luminosità percepita (*luminosità soggettiva*) dipende quindi dalla luminosità ambientale, B_a .
- ▶ Al di sotto della soglia di luminosità B_b , l'occhio percepisce indistintamente nero.

Discriminazione in intensità



- ▶ Esperimento per valutare la sensibilità al cambiamento di luminosità: su uno schermo illuminato uniformemente ad una luminosità I , si proietta un punto a luminosità $I + \Delta I$.
- ▶ Via via che ΔI cresce, il punto diventa sempre più facilmente percepibile: ΔI_c indica l'incremento di luminosità necessaria perché il 50% delle volte venga percepito il punto luminoso.
- ▶ $\Delta I_c/I$ è chiamato *rapporto di Weber*.
- ▶ Un valore elevato comporta una bassa sensibilità: il punto deve essere molto più luminoso dello sfondo per poterlo discriminare.

Discriminazione in intensità (2)



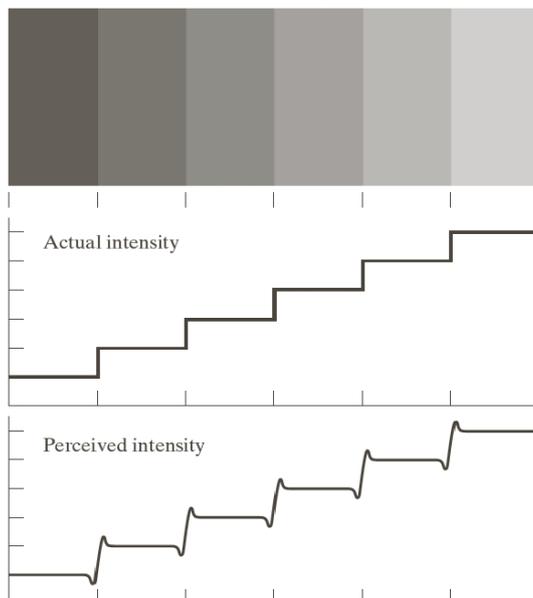
a

b

- ▶ L'occhio è in grado di distinguere poche (10–25) gradazioni di intensità rispetto all'intensità ambientale.
- ▶ Non vuol dire che tutte le immagini possano essere rappresentate con pochi toni di grigio: solo *localmente* sarebbero sufficienti, ma la luminosità varia nella scena.

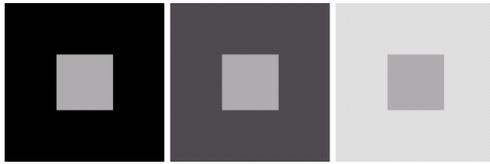
La stessa immagine a 256 (a) e 24 (b) toni di grigio. Nelle zone a lenta variazione di luminosità (cielo e nuvole) è evidente la mancanza di toni intermedi.

Intensità percepita

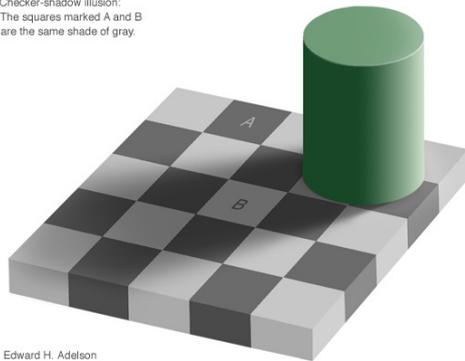


- ▶ L'intensità percepita non è una funzione solo della intensità luminosa.
- ▶ Le *bande di Mach* sono regioni ad intensità uniforme.
- ▶ Tuttavia, il bordo tra due regioni appare più scuro nella regione scura e più chiaro nella regione chiara.

Contrasto



Checker-shadow illusion:
The squares marked A and B
are the same shade of gray.

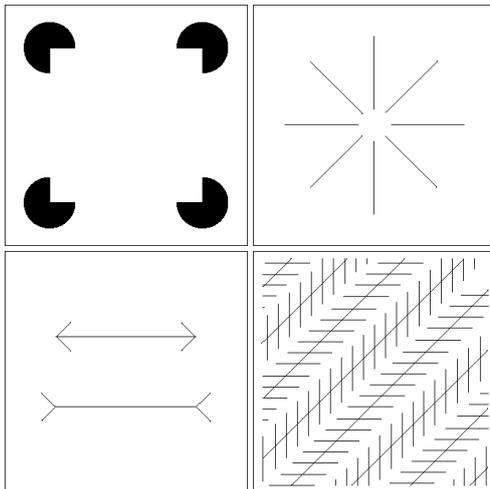


Edward H. Adelson

$$\frac{a}{b}$$

- ▶ Il fenomeno detto *contrasto simultaneo* è un altro fenomeno dal quale si evince che l'intensità percepita non è solo una funzione della luminosità.
- ▶ I riquadri interni alla figura (a) hanno la stessa intensità, ma il riquadro sullo sfondo scuro viene percepito più chiaro di quello sullo sfondo chiaro.
- ▶ Analogamente, in figura (b) sembra impossibile che l'intensità del riquadro A sia la stessa del riquadro B.

Illusioni ottiche

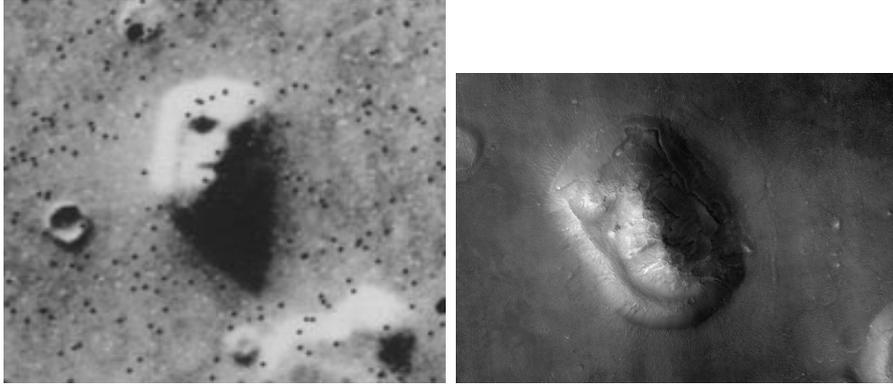


$$\begin{array}{c|c} a & b \\ \hline c & d \end{array}$$

- ▶ Le illusioni ottiche sono percezioni che non rappresentano correttamente la realtà osservata.
- ▶ Sono dovute alle particolarità del sistema visivo umano e sono un fenomeno ancora oggetto di studio.

(a) e (b) percezione di bordi inesistenti. (c) errata stima della lunghezza. (d) righe diagonali parallele percepite come sghembe.

Illusioni ottiche (2)



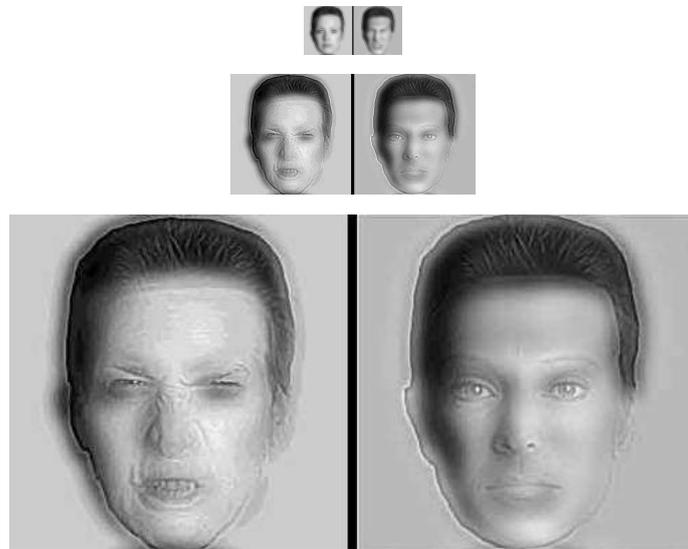
Le illusioni ottiche possono verificarsi anche a livelli di astrazione più elevati. È nota la capacità di riconoscere forme in presenza di stimoli vaghi (e.g., nuvole a forma di animali), chiamata *pareidolia*.

Illusioni ottiche (3)



Il riconoscimento di volti è una funzione che il sistema visivo umano svolge in maniera molto efficiente. Anche in condizioni di orientamento anomalo. Se si cambia qualcosa (per esempio si ruotano parti di viso)... ...l'effetto può essere sorprendente.

Illusioni ottiche (4)



L'espressione percepita dipende dalla distanza.

Si vede con il cervello

- ▶ Le illusioni ottiche sono molto variegata e comprendono sia fenomeni statici, sia dinamici.
- ▶ Una buona raccolta (con spiegazione):
 - ▶ 84 Optical Illusions & Visual Phenomena by Michael Bach, <http://www.michaelbach.de/ot>.
- ▶ I fenomeni di errata percezione sono possibili anche per gli altri sensi. A livello uditivo, per esempio, sono conosciuti il terzo suono di Tartini e i toni binaurali.