

Università degli studi di Milano
Corso: Principi e modelli della percezione

Simulazione e mitigazione degli effetti del daltonismo

Presentazione a cura di Emilio Rovaris & Elia Ferri

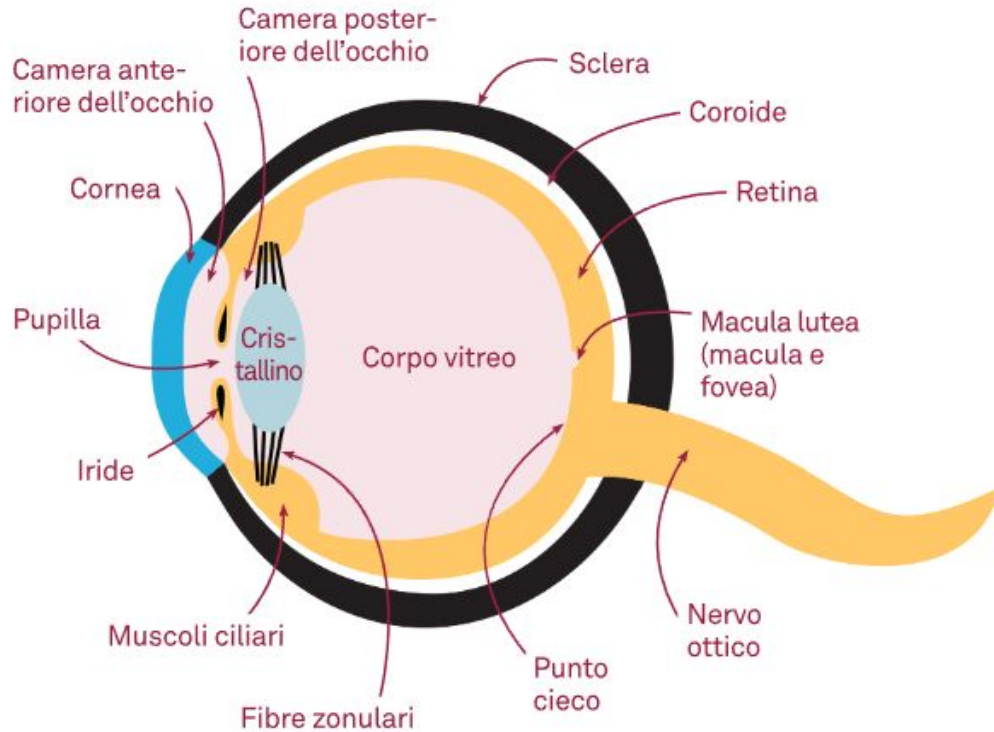


Indice:

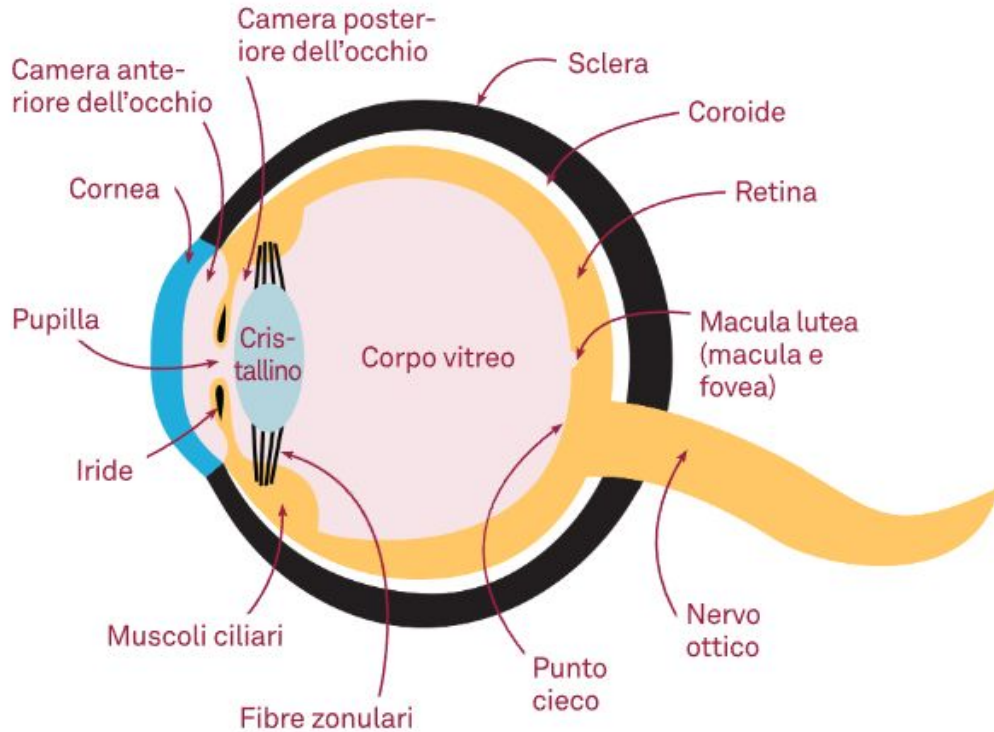
1. Come funziona un occhio sano
2. Il daltonismo
3. Emulare gli effetti del daltonismo
4. Rendere più accessibili i media digitali
5. Esempi pratici

1. Come funziona un occhio sano?





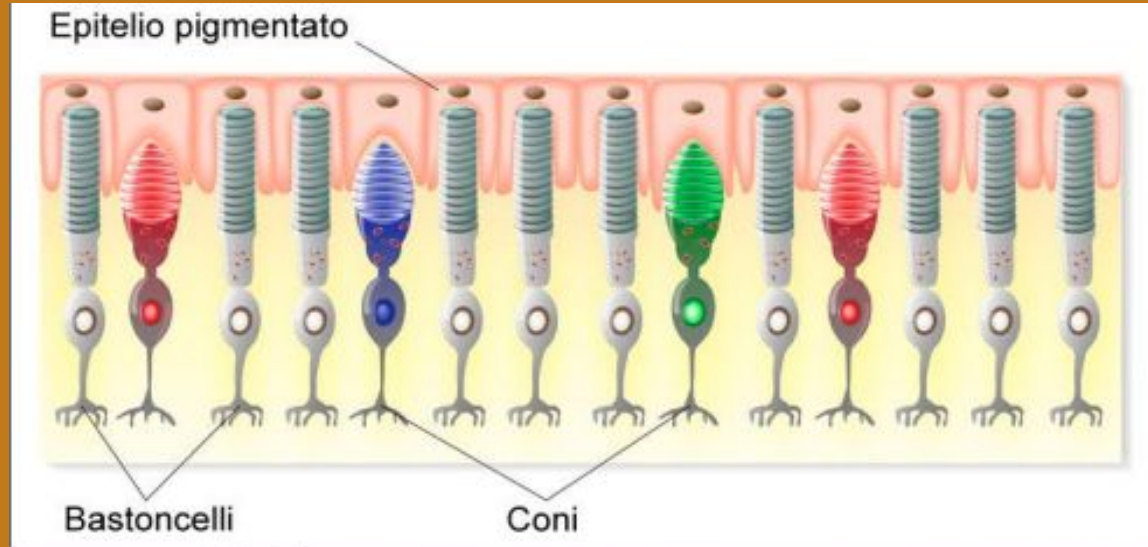
L'occhio ci permette di costruire le immagini catturando gli **stimoli luminosi**, che vengono prima filtrati e regolati tramite la **cornea e l'iride**, per poi essere canalizzati dal cristallino e "proiettati" sulla **retina**. All'interno della retina troviamo lo **strato nervoso**, che converte gli stimoli luminosi in impulsi, e li trasmette al cervello attraverso il nervo ottico



Andremo quindi a concentrarci sulla **retina**, la tonaca più interna, costituita da due strati:

- Lo strato pigmentato: una pellicola di cellule epiteliali contenenti melanina.
- Lo strato nervoso che contiene a sua volta tre strati:
 - **Strato dei fotorecettori** (coni e bastoncelli), cellule specializzate che convertono i raggi luminosi in impulsi nervosi che vengono trasferiti ai neuroni.
 - Strato delle cellule bipolari.
 - Strato delle cellule gangliari (collegano i fotorecettori ai neuroni).

Fotorecettori



Bastoncelli: (120 milioni per occhio) sono responsabili della visione notturna, consentono di distinguere le sfumature del grigio e di vedere in condizioni di luce debole (**visione scotopica**)

Coni: (6 milioni per occhio) si occupano della visione a colori (**visione fotopica**).

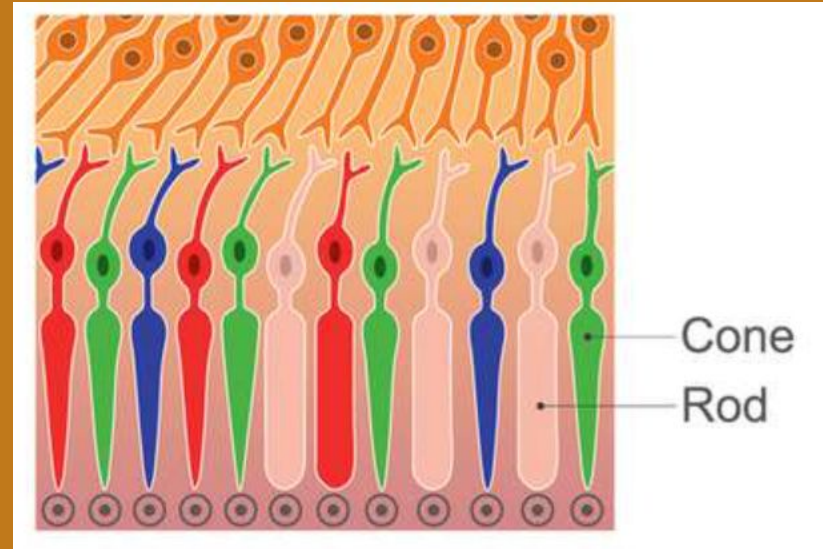
Troviamo 3 tipi di coni: rossi, verdi e blu; la percezione di tutti gli altri 7 milioni di colori è data dalla stimolazione combinata dei tre tipi di coni.



2. Il daltonismo

Cos'è il daltonismo?

Il daltonismo, o **discromatopsia**, è un difetto della vista caratterizzato dalla percezione distorta di alcune bande di colore. Ne esistono vari tipi e sono dovuti principalmente alla mancanza o alterazione di uno o due gruppi di coni. Questo causa l'incapacità totale o parziale da parte di alcune persone di riconoscere certe tonalità di colore.

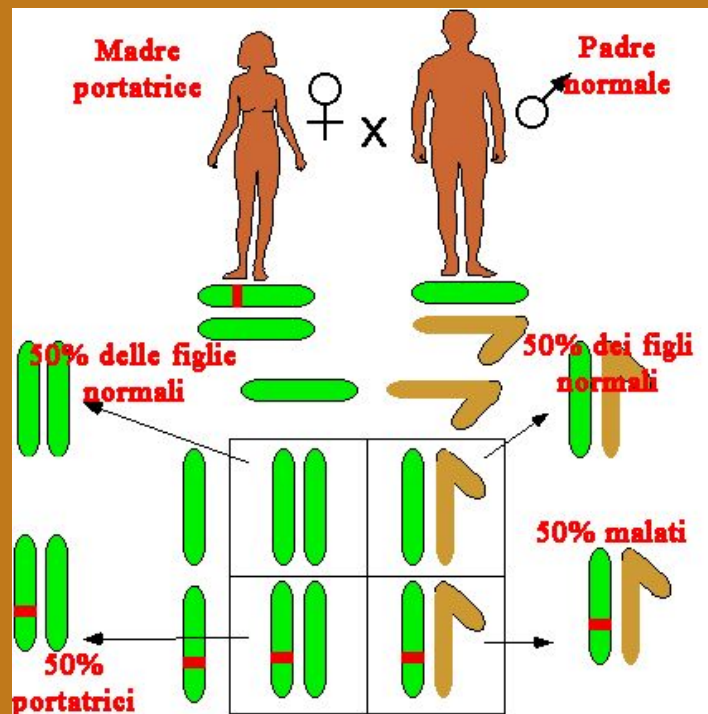


Quali sono le cause?

Solitamente le cause sono **genetiche**, derivanti da mutazioni di geni che codificano i coni **rossi e verdi**, colpiscono prevalentemente i maschi, essendo la trasmissione recessiva legata al cromosoma X.

Il daltonismo "acquisito" può essere provocato da:

- Danneggiamento della retina, del nervo ottico o di determinate aree della corteccia cerebrale.
- Malattie dell'occhio, che possono provocare un deficit del senso cromatico



Diffusione

Si stima che nel mondo **1 uomo su 12** sia affetto da daltonismo (circa 8%)

Si stima che nel mondo **1 donna su 200** sia affetto da daltonismo (circa 0.5%)

350 milioni di persone affette da daltonismo nel mondo

2,2 - 2,5 milioni di daltonici in Italia

Color blindness prevalence



Strumenti per la diagnosi

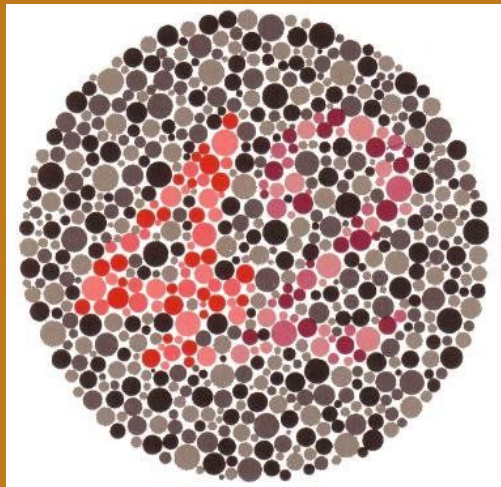
Il **test di Ishihara**, ad ora il più utilizzato per la diagnosi delle varie forme di daltonismo, ha origine nel 1917 e deve il nome al suo ideatore, il Dr Shinobu Ishihara.

Il test si compone di varie **tavole** contenenti puntini di vario colore che formano numeri o simboli visibili solo da persone affette da daltonismo o vice versa

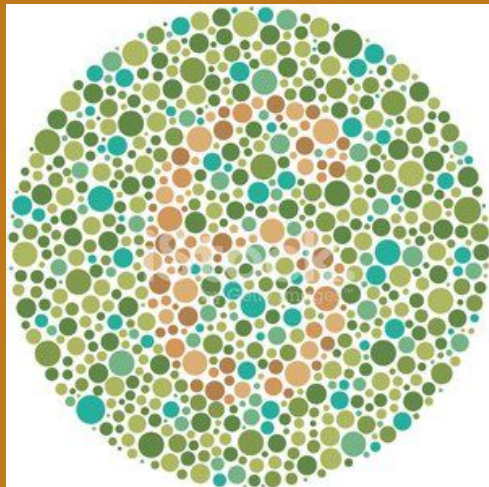
Per ottenere i risultati più accurati, è necessario una fonte di luce intorno a 6000–7000 K di Temperatura di colore (ideale: 6500 K)



Tavole di Ishihara



Tavole di fuga: solo le persone con una normale visione dei colori possono riconoscere la figura.



Tavole di trasformazione: gli individui con un difetto della visione dei colori dovrebbero vedere una figura diversa.

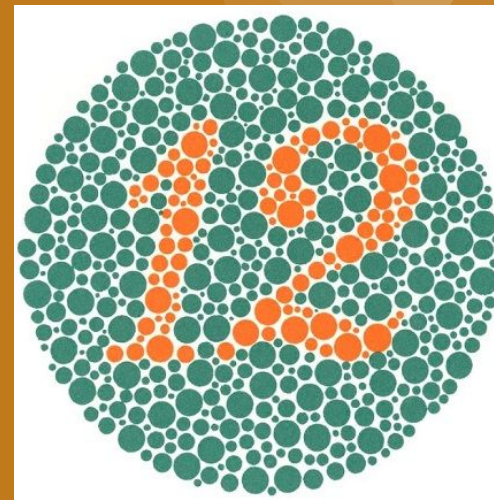
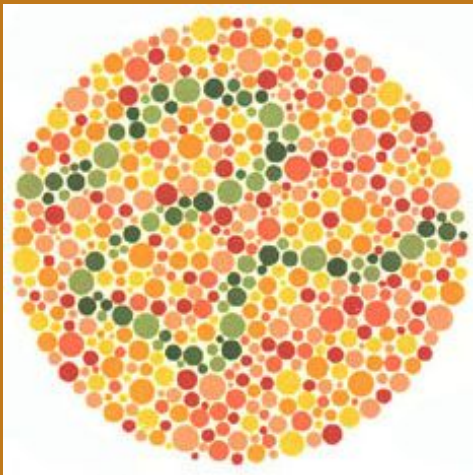
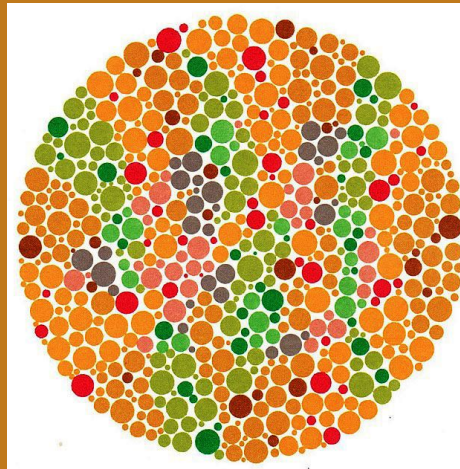


Tavola dimostrativa: progettata per essere visibile da tutte le persone, normali o con deficit della visione dei colori.

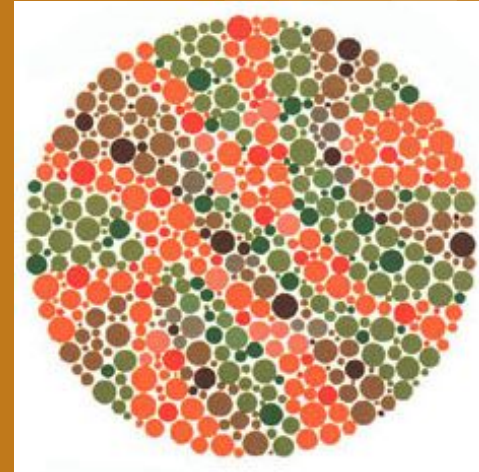
Tavole di Ishihara



Tavole di tracciamento: invece di leggere un numero, ai soggetti viene chiesto di tracciare una linea visibile attraverso la targa.



Tavole con cifre nascoste: solo le persone con difetti di visione dei colori possono riconoscere la figura.



Tavole diagnostiche: destinate a determinare il tipo di difetto della visione dei colori (protanopia o deuteranopia) e la sua gravità.

Test di attitudine visiva di Farnsworth - Munsell

D-15

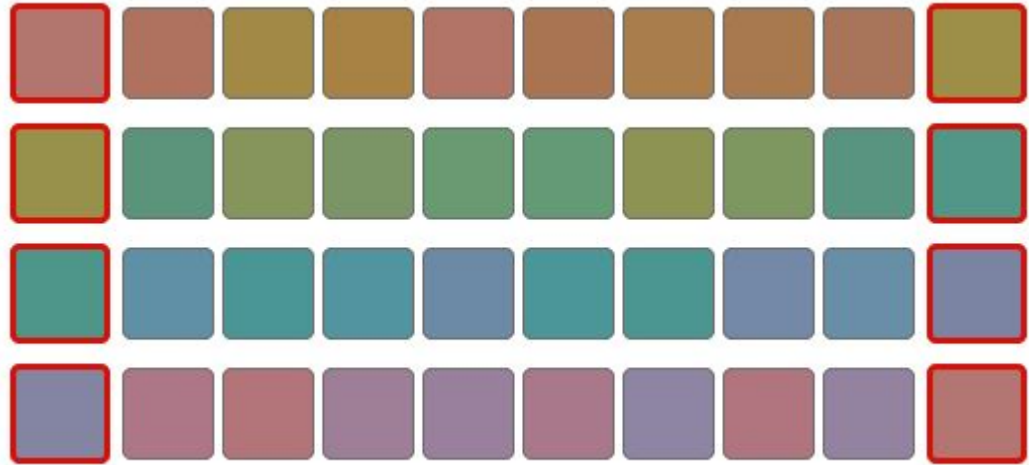
Viene richiesto al paziente di ordinare una palette di 15 colori in modo corretto, partendo da un colore di riferimento.



Test di attitudine visiva di Farnsworth-Munsell

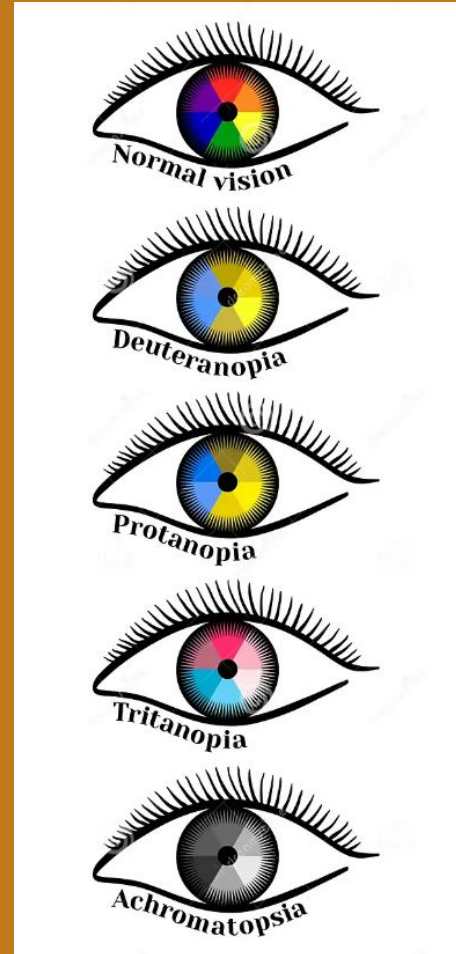
100 Hue

Il test consiste di quattro vassoi contenenti complessivamente 85 cappucci di riferimenti cromatici rimovibili (con variazione progressiva della tonalità) che abbracciano l'intero spettro visibile. L'attitudine visiva al colore è misurata mediante la capacità della persona che effettua il test a posizionare i cappucci colorati in base all'ordine delle tonalità.



Quali tipi di daltonismo esistono?

Le alterazioni della visione dei colori sono divise in **acromatopsia** e **discromatopsie** e possono essere **monolaterali** o **bilaterali**.



Acromatopsia

L'acromatopsia è un raro difetto genetico della vista. Le sue manifestazioni caratteristiche sono:

- Ridotta acuità visiva (incapacità di distinguere i dettagli a distanza)
- Nistagmo - movimenti involontari degli occhi
- Fotofobia - avversione per la luce
- Poca o nessuna percezione dei colori



Discromatopsie

Nel caso in cui i tutti i colori sono visibili ma sono presenti dei deficit si parla di persone **Tricromati anomali** e sono:

Queste si possono distinguere in:

- **Protanomalia** (difficoltà nel distinguere il rosso)
- **Deuteranomalia** (difficoltà nel distinguere il verde).
- **Tritanomalia** (difficoltà nel distinguere il blu-giallo).



VISIONE NORMALE



DEUTERANOMALIA



PROTANOMALIA

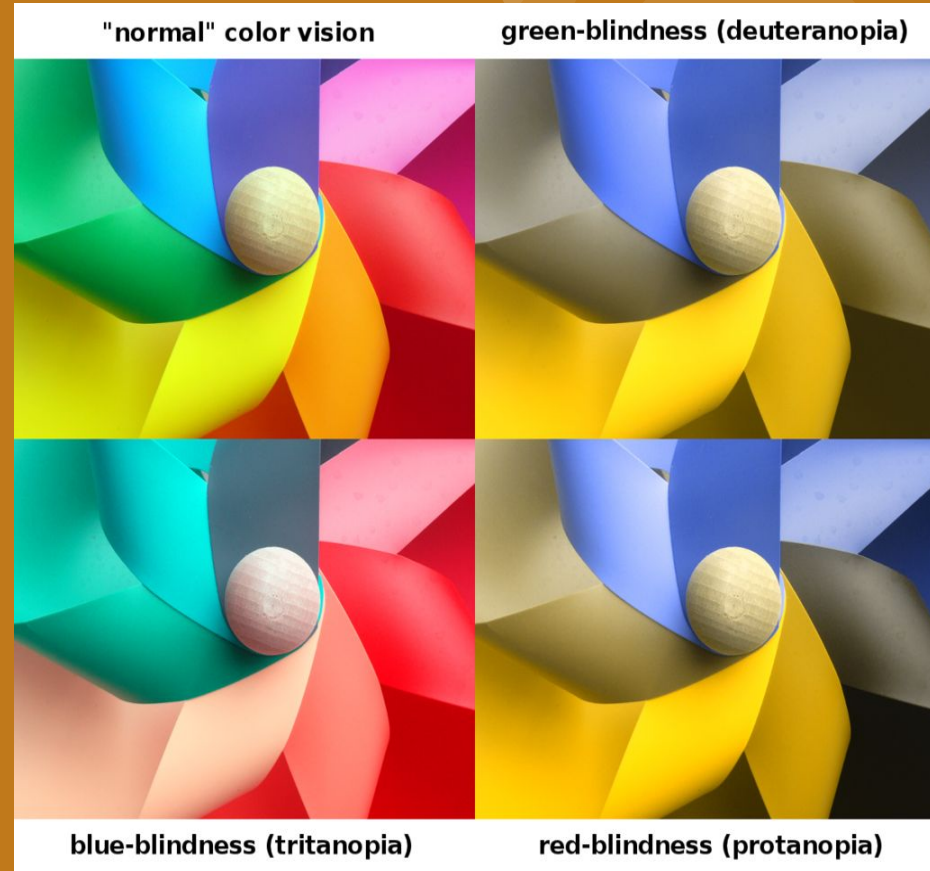


TRITANOMALIA

Discromatopsie

Nel caso in cui sia completamente assente la funzione di uno specifico gruppo di coni si parlerà di **Dicromatismo**, che si distinguono in:

- **Protanopia** (cecità al rosso)
- **Deuteranopia** (cecità al verde)
- **Tritanopia** (cecità al blu-giallo)



Esiste una cura?



La terapia è puramente **sintomatica** e rappresentata dall'uso di filtri medicali, **lenti colorate** che hanno la funzione di abbattere o amplificare le diverse lunghezze d'onda al fine di stimolare o sopprimere determinati gruppi di coni.



3. Algoritmi per la simulazione e l'assistenza

Algoritmi esistenti

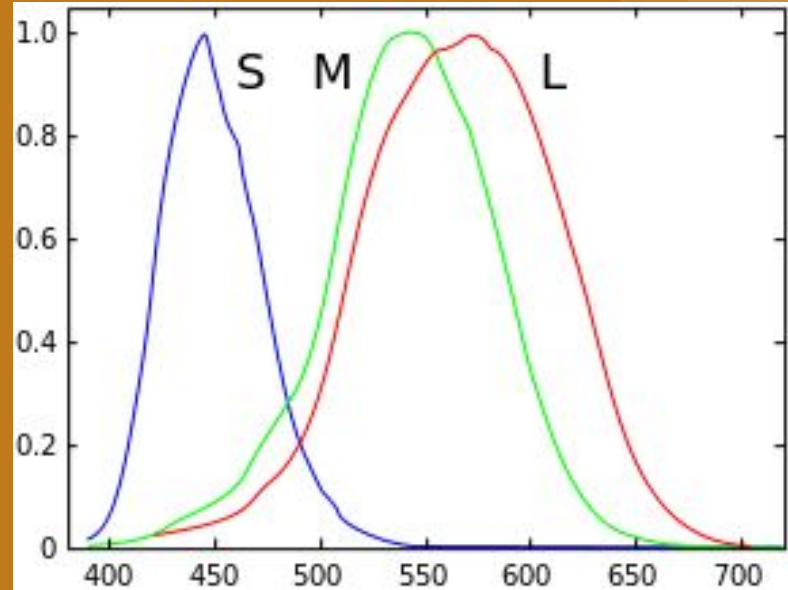
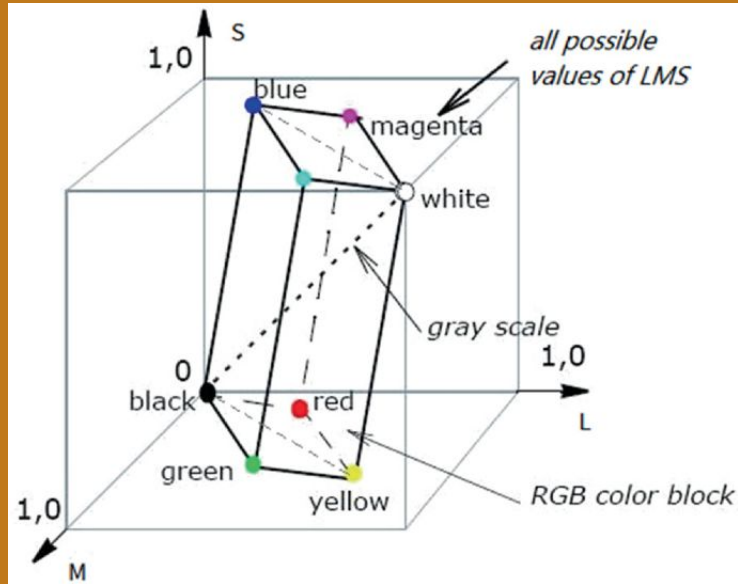
- **HCIRN Color Blind Simulation Function** - Lavora nello spazio CIE XYZ (basato su un modello teorico, ma senza validazione pratica, poco efficiente)
- **Color-Matrix** - Adatta in modo sperimentale la funzione HCIRN per lavorare solo tra matrici RGB (poco utilizzabile in quanto eccessivamente semplificato)
- **Machado, Oliveira, & Fernandes, 2009** - Si ispira a Brettel e Mollon 1997, ancora non ottimo per tritanopia (non aggiornato allo standard sRGB)
- **Brettel & Mollon 1997 / Viénot, Brettel & Mollon 1999** - Molto buono per protanopia e deuteranopia, non tanto per tritanopia (probabilmente il migliore)



Viénot, Brettel & Mollon

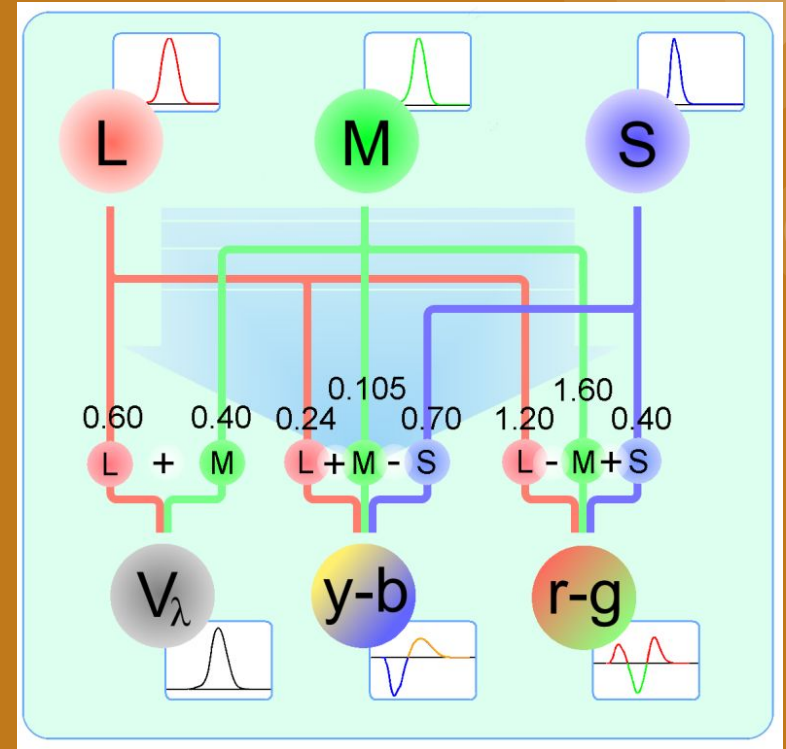
1999

1. Conversione dell'immagine da RGB a LMS



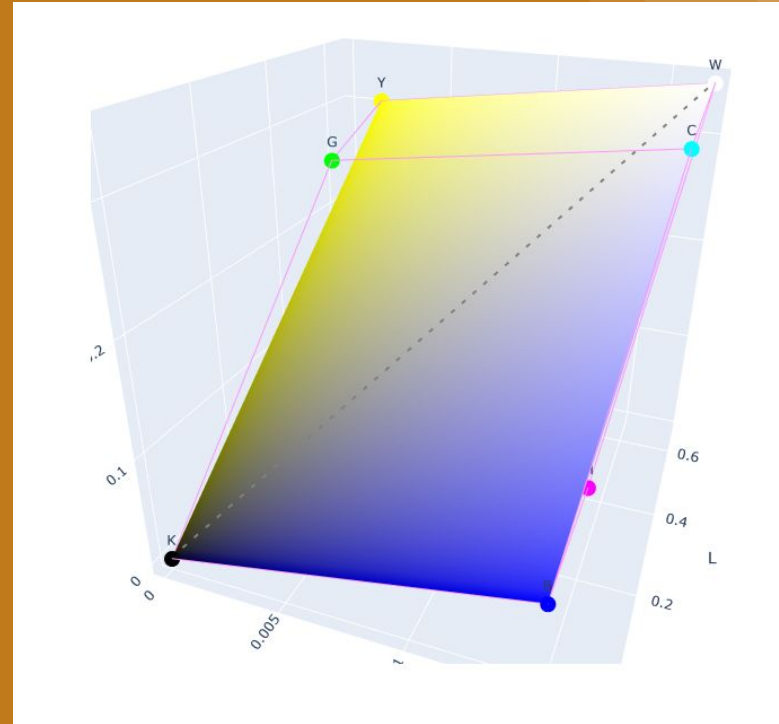
1. Conversione dell'immagine da RGB a LMS

La conversione risulta immediata grazie a una matrice precalcolata che ci permette di effettuare la conversione da RGB a LMS tramite una **moltiplicazione tra matrici**. I valori di questa matrice sono definiti nel paper di Viénot, Brettel & Mollon 1999



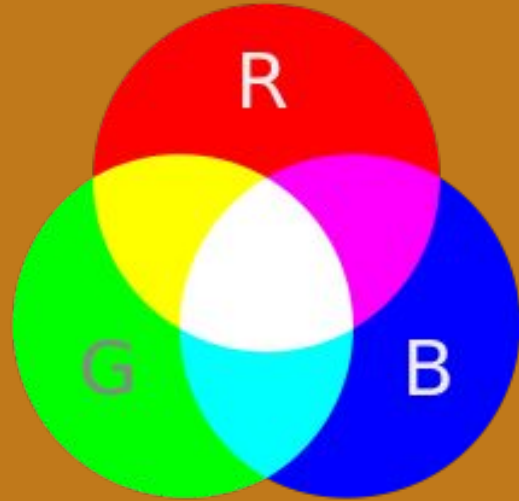
2. Simulazione dello spazio difettoso L'M'S'

Per simulare gli effetti della discromatopsia sono state precalcolate **tre matrici di conversione**. Moltiplicando una matrice di conversione con quella della nostra immagine in formato LMS otterremo una matrice che simula la visione di un occhio affetto da discromatopsia



3. Riconversione da L'M'S' a R'G'B'

Come per la conversione da RGB a LMS utilizziamo l'inverso della matrice di conversione utilizzata al punto 1 per calcolare la nuova immagine in formato RGB



Abbiamo così ottenuto una simulazione approssimata di ciò che vede una persona affetta da discromatopsia



Immagine originale



Simulazione di protanopia

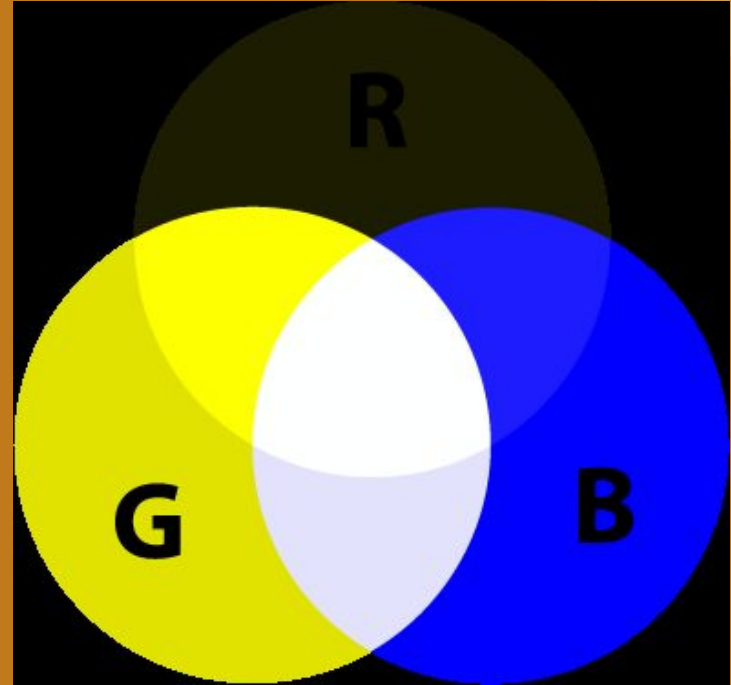


4 . Correzione della Discromatopsia

Error Matrix

Partendo dallo spettro R'G'B' (RGB alterato da una forma di discromatopsia)

Andiamo a calcolare una **ERROR MATRIX**, ovvero una matrice che mostra tutti i colori non visibili a una persona daltonica

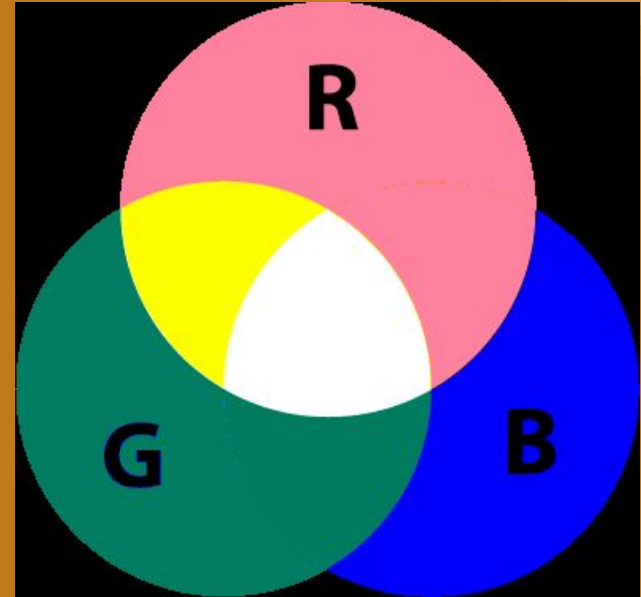


Spettro non visibile protanopia

Interpolazione

A questo spettro NON VISIBILE viene quindi applicata una trasformazione lineare per distribuire i colori, ora simili tra loro, in un range di sfumature più facilmente distinguibili da una persona daltonica

Successivamente sovrapponiamo l'immagine originale alla nuova error matrix per ottenere il risultato finale



Error Matrix Protanopia

Risultati



Immagine originale



Daltonize Protanopia

Risultati



Immagine originale



Daltonize Deuteranopia

Risultati



Immagine originale



Daltonize Tritanopia

**Grazie per
l'attenzione**

