Costruzione di Interfacce

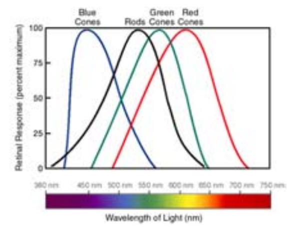
Lezione 2

Paolo Cignoni

cignoni@iei.pi.cnr.it
http://vcg.iei.pi.cnr.it/~cignoni/CI

Colore

- La luce e' una forma di radiazione elettromagnetica
- La retina umana ha tre tipi di recettori, i coni, sensibili a particolari lunghezze d'onda



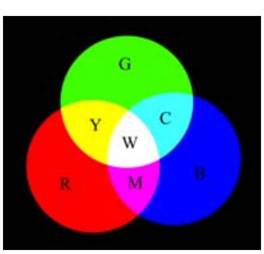
Modelli di colore

- Gli spazi colore o modelli colore sono dei sistemi particolari di coordinate che consentono di definire all'interno di un sottoinsieme di colori (detto *gamut*) un particolare elemento
- A noi interessano gli spazi: RGB (monitor, sintesi additiva), CMYK (stampe, sintesi sottrattiva), HSV (intuitivo)

RGB

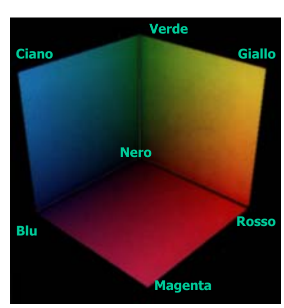
- Il gamut dei monitor a raggi catodici (CRT), è definito dalle primarie rosso, verde e blu o RGB (dall'inglese Red, Green, Blue)
- I monitor sintetizzano i colori eccitando tre tipi di fosfori (RGB), per cui un colore è ottenuto miscelando parti diverse di queste tre primarie

RGB



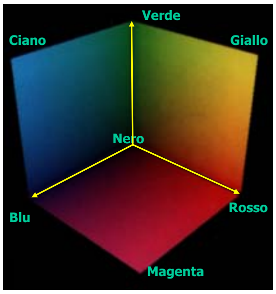
- Queste tre componenti si mescolano additivamente:
- L'area in cui si sovrappongono due componenti il colore si somma (entrambi i recettori vengono stimolati)

RGB



- La rappresentazione tipica dello spazio RGB è in forma di cubo
- Sui vertici si trovano il bianco, il nero, le primarie e i complementari

RGB

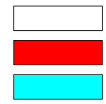


- Le tre coordinate RGB variano ciascuna da 0 (intensità minima) a 1 (intensità massima)
- Il colore nero si otterrà *spegnendo* tutti e tre i fosfori (cioè R=0, G=0, B=0),
- il colore bianco *accendendo* i fosfori al massimo (cioè R=1, G=1, B=1)

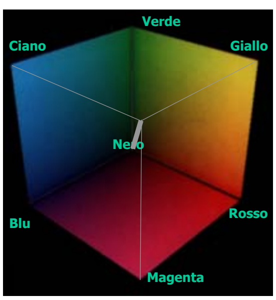
RGB

- I colori ciano, magenta e giallo sono detti complementari dei colori primari
- Ad esempio, il ciano è il complementare del rosso poiché deriva dalla sottrazione del rosso (1,0,0) dal bianco (1,1,1):

bianco (1,1,1) –
rosso (1,0,0) =
ciano (0,1,1)



RGB

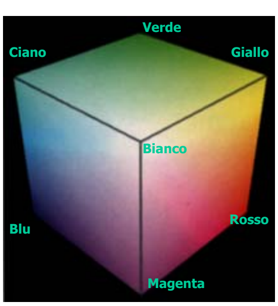


- La diagonale che unisce il nero con il bianco è detta linea dei grigi
- Infatti un grigio ha la caratteristica di avere tutte le tre componenti uguali, ad esempio, (0.5,0.5,0.5) è un grigio

CMY(K)

- Ciano, Magenta e Giallo (Cyan, Magenta, Yellow CMY) sono i colori complementari di Rosso, Verde e Blu
- Quando vengono usati come filtri per sottrarre colore dalla luce bianca, questi colori sono chiamati **primarie sottrattive**

CMY(K)



- Il modello CMY dal punto di vista geometrico è lo stesso di RGB con la differenza che, in questo caso, il bianco è l'origine (al posto del nero) e i colori sono definiti per sottrazione dalla luce bianca, anziché per addizione

CMY(K)

- Il modello CMY è usato nei dispositivi di stampa a colori (stampanti laser, *ink-jet*, a sublimazione, elettrostatiche) dove l'inchiostro colorato funziona come un filtro che sottrae alcune frequenze dal bianco del foglio

CMY(K)

- Ad esempio, un inchiostro ciano depositato su un foglio bianco riflette tutti i colori ad eccezione del rosso (in termini di primarie additive, ciano è dato da bianco – rosso o da verde + blu)
- Le aree in cui si sovrappongono ciano e magenta riflettono tutti i colori ad eccezione del rosso e del verde: quindi appaiono blu!

CMY(K)

- La relazione esistente tra CMY e RGB è definita dalle semplici formule

$$C=1-R$$
$$M=1-G$$
$$Y=1-B$$

- Usando questo modello per ottenere una superficie nera dobbiamo evitare che rifletta tutti i primari (rosso, verde e blu), dobbiamo quindi colorarla di ciano, magenta e giallo alla massima intensità

CMY(K)

- Nei dispositivi di stampa a colori si è pensato di aggiungere ai tre inchiostri CMY del vero e proprio inchiostro nero (detto colore K) per due motivi:
  - mettendo insieme C, M e Y non si ottiene un *nero puro* poiché i tre inchiostri non sono filtri perfetti
  - l'inchiostro nero costa meno di quelli colorati!

CMY(K)

- Quindi, anziché usare parti uguali di C, M e Y si usa K
- Si ha così il cosiddetto modello CMYK
- Si passa da CMY a CMYK con le formule:

$$K=\min(C,M,Y)$$
$$C'=C-K$$
$$M'=M-K$$
$$Y'=Y-K$$

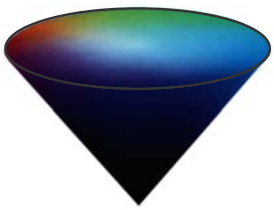
HSV

- Sia RGB che CMYK sono modelli *hardware-oriented*, destinati a semplificare la descrizione dei colore utilizzando dispositivi di visualizzazione o stampa
- Per un operatore umano non esperto selezionare un rosa, un viola o un marrone (in questi spazi) è un'impresa molto faticosa e necessita di numerosi tentativi

HSV

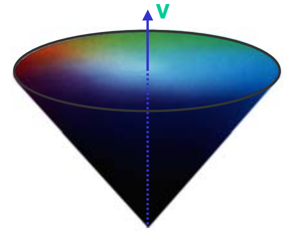
- Per questo problemi si introduce il modello HSV (Hue, Saturation, Value)
- Il modello nasce dall'idea di cercare di riprodurre il modo con cui un pittore prepara un suo colore sulla tavolozza: prende un colore puro e aggiunge del bianco per ottenere una tinta; poi aggiunge del nero per cambiare la luminosità ed ottiene un tono

HSV



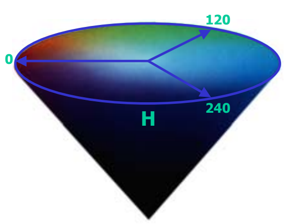
- La sua tipica rappresentazione geometrica è su un sistema di coordinate cilindriche come cono (o prisma a base esagonale) con il vertice rivolto verso il basso

HSV



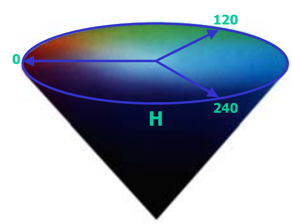
- La coordinata V (*Value*) corrisponde alla luminosità e assume valori nell'intervallo da 0 (scuro) a 1 (chiaro)
- V è rappresentata dall'asse verticale

HSV



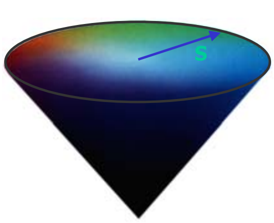
- La coordinata H (*Hue*) corrisponde al colore ed è la misura dell'angolo attorno all'asse verticale (V)
- Il rosso vale 0°, il verde vale 120° e il blu 240°

HSV



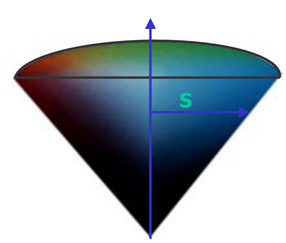
- I colori complementari sono opposti (+180°) ai primari

HSV



- La coordinata S (*Saturation*) corrisponde al livello di saturazione ed è rappresentato da un asse orizzontale avente angolo H
- S varia da 0 (bianco o completamente desaturo) a 1 (colore puro o completamente saturo)

HSV



- La coordinata S (*Saturation*) corrisponde al livello di saturazione ed è rappresentato da un asse orizzontale avente angolo H
- S varia da 0 (bianco o completamente desaturo) a 1 (colore puro o completamente saturo

Caveat

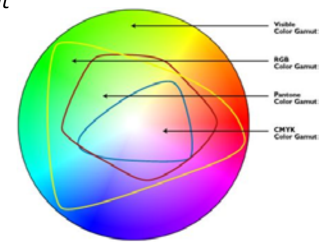
Gli spazi dei colori sono un astrazione

In realtà ci sono vari aspetti da tenere in considerazione

- I device di output non possono visualizzare tutti i colori che possiamo vedere.
- Limitazioni sull'insieme dei colori sintetizzabili
- Non linearità nel mappaggio di colori dallo spazio in cui sono definiti a quelli reali

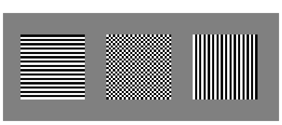
Gamut

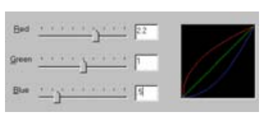
- Ogni device può sintetizzare solo un sottoinsieme dello spazio dei colori detto *gamut*



Gamma Correction

- I device fisici mappano i colori in maniera fortemente non lineare:
- in generale non e' vero che il grigio RGB (.5,.5,.5) e' luminoso la metà di (1,1,1)
- Gamma correction si mappa ogni colore (r, g, b) in ($r^\gamma, g^\gamma, b^\gamma$) dove γ è un valore nel range 0.2 ~ 4



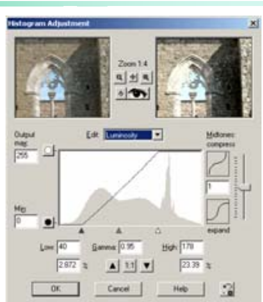


Range

- Un altro problema e' il significato di nero e bianco.
- **Nero** = assenza totale di luce.
  - In realta' se va bene significa "il colore del monitor da spento", grigio scuro o del telo del proiezione a proiettore spento.
- **Bianco**: che significa?
  - *esposizione*. Quello che si percepisce come bianco e' dipendente dall'illuminazione complessiva dell'ambiente.
    - Bianco overflow rispetto a quel che puo' percepire la nostra retina.
    - Nero underflow rispetto a quel che puo' percepire la nostra retina
  - Ovviamente tutto dipende da come e' chiusa la nostra pupilla.

Range

- 8 bit sono sufficienti per rappresentare la luminosita' una volta scelto il range
- Per rappresentare correttamente le immagini in maniera indipendente dall'esposizione occorrerebbe canali rgb in floating point.



Nozioni di geometria per la grafica

Introduzione

- Punti e vettori sono due cose diverse
- Basi e sistemi di riferimento (coordinate systems and frames)
- Coordinate omogenee
- Trasformazioni Affini

Punti e vettori

- Punto
  - Entità il cui unico attributo è la sua posizione rispetto ad un sistema di riferimento
- Vettore
  - Entità i cui attributi sono lunghezza direzione
- Spesso si visualizza un punto come un vettore dall'origine a quel punto: *pericoloso*. Sono oggetti diversi.

Spazio Vettoriale

- Spazio dove ci sono due entità
  - scalari α, β, γ
  - vettori u, v, w
- Operazioni:
  - Somma e moltiplicazione tra scalari
  - Somma vettore-vettore
  - Moltiplicazione scalare-vettore

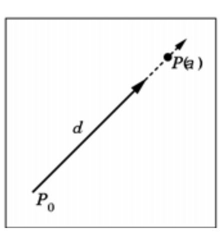
Spazio affine

- Spazio dove ci sono tre entità
  - Scalari, α, β, γ
  - vettori, u, v, w
  - punti P, Q, R
- Operazioni:
  - Quelle di uno spazio vettoriale
  - Somma punto:vettore-> punto $P = v + Q$
  - Sottrazione punto:punto -> vettore $v = P - Q$

Linea in uno spazio affine

- Rappresentazione parametrica di una linea

$$P(\alpha) = P_0 + \alpha d$$



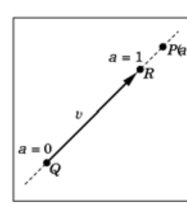
Somma Affine

- In uno spazio affine NON ci sono somma tra punti e moltiplicazione tra scalare e punto
- Somma affine

$$v = R - Q$$

$$P = Q + \alpha v$$

$$P = Q + \alpha(R - Q) = \alpha R - (1 - \alpha) Q$$



Convessità

- Somma affine

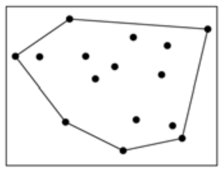
  $P = \alpha_1 Q + \alpha_2 R \qquad \alpha_1 + \alpha_2 = 1$

- Generalizzata

  $P = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \ldots + \alpha_n P_n \qquad \alpha_1 + \alpha_2 + \ldots + \alpha_n = 1$

- Inviluppo convesso, l'insieme dei punti che posso ottenere quando

  $\alpha_i \geq 0 \quad i = 1,2,\ldots,n$



Prodotto scalare

- Dot product o inner product, introduce il concetto di *misura*

  $u \cdot v = v \cdot u$

  $(\alpha u + \beta v) \cdot w = \alpha u \cdot w + \beta v \cdot w$

  $v \cdot v > 0 \Leftrightarrow v \neq 0$

- *Ortogonalità* $\quad u \cdot v = 0$
- *Magnitudo* $\quad |v| = \sqrt{v \cdot v}$
- *Distanza tra punti* $\quad |P - Q| = \sqrt{(P-Q)\cdot(P-Q)}$
- *Angolo tra vettori* $\quad u \cdot v = |u||v|\cos\theta$

Sistemi di coordinate

- In uno spazio vettoriale 3d si può rappresentare univocamente un vettore *w* in termini di tre vettori linearmente indipendenti; I tre vettori usati sono una base di quello spazio

  $\{v_1, v_2, v_3\} \qquad w = \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \alpha_3 v_3$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \qquad w = \mathbf{a}^T \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Prodotto vettore

- Dati due vettori non paralleli *u,v* trovare un vettore *w* tale che:

  $u \cdot w = v \cdot w = 0$

- Siano

  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \quad \beta_1, \beta_2, \beta_3$

- Le componenti di *u,v* in un particolare sitema di coordinate, allora in quel sistema si definisce:

$$w = u \times v = \begin{bmatrix} \alpha_2\beta_3 - \alpha_3\beta_2 \\ \alpha_3\beta_1 - \alpha_1\beta_3 \\ \alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1 \end{bmatrix}$$

Prodotto vettore

- Nota il prodotto vettore è consistente con l'orientamento della base del sistema di coordinate:
- Se siamo in un sistema right-handed allora, anche *w* segue la regola della mano destra:

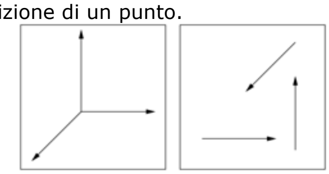
  $x \times y = z$

- Magnitudo:

$$\sin\theta = \frac{|u \times v|}{|u||v|}$$

Sistemi di riferimento

- Una base (tre vettori, linearmente indipendenti) non basta per definire la posizione di un punto.



(a) (b)

- Occorre anche un punto di riferimento, l'origine.

Sistemi di riferimento

- Un *frame* (sistema di riferimento) necessita quindi di un punto di origine P_0 e di una base. In esso si può rappresentare univocamente un punto

$$P = P_0 + \eta_1 v_1 + \eta_2 v_2 + \eta_3 v_3$$

- *Nota:* bastano tre scalari per rappresentare un punto, come per un vettore…

Cambio sistemi di coordinate 1

- In uno spazio vettoriale, date due basi.
- Esprimiamo una in termini dell'altra:

$$\{v_1, v_2, v_3\} \quad \{u_1, u_2, u_3\}$$

$$u_1 = \gamma_{11} v_1 + \gamma_{12} v_2 + \gamma_{13} v_3$$
$$u_2 = \gamma_{21} v_1 + \gamma_{22} v_2 + \gamma_{23} v_3$$
$$u_3 = \gamma_{31} v_1 + \gamma_{32} v_2 + \gamma_{33} v_3$$

- Questo definisce la matrice 3x3 M di cambiamento di base

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

Cambio sistemi di coordinate 2

- Dato un vettore w

$$w = \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \alpha_3 v_3$$

$$\mathbf{a} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \quad w = \mathbf{a}^T \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

- Ne ottengo la sua rappresentazione nell'altro sistema di coordinate usando la matrice M

$$w = \beta_1 u_1 + \beta_2 u_2 + \beta_3 u_3$$

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} \qquad \mathbf{a} = \mathbf{M}^T \mathbf{b}$$

Cambio sistemi di coordinate 3

- Nota che si sta parlando di vettori e non di punti
- Questi cambi di base lasciano l'origine immutata (cambiano vettori)
- In altre parole rappresentano solo rotazioni e scalature.
- Un cambio di sistema di riferimento coinvolge anche un cambio del punto di origine.

Riepilogo

- Punti vs Vettori
- Spazio Vettoriale vs Spazio Affine
- Sistemi di coordinate
- Cambio di base in spazi vettoriali