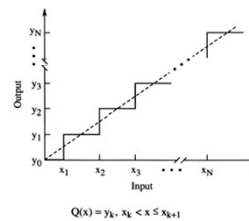


## Quantizzazione delle immagini a colori

Raimondo Schettini  
DISCo - Università di Milano Bicocca  
Raimondo.schettini@unimib.it



## Quantizzazione



Nel corso di elaborazione delle immagini (elementi) abbiamo introdotto la quantizzazione come il processo attraverso il quale una funzione continua (segnale) e' rappresentato mediante un insieme finito di valori. Se abbiamo a disposizione meno di 256 livelli (8 bit) spesso abbiamo degli artefatti.

In questa lezione per quantizzazione intendiamo il processo di riduzione del numero di colori di una immagine a 24 bit in, al massimo, 256 colori.

## Quantizzazione colore

- Come la risoluzione spaziale anche la risoluzione cromatica è un compromesso costo prestazioni.
- Non sempre è necessario avere a disposizione tutti i colori delle immagini *true-color* (24 bit per pixel, 8 per ogni canale), specie in applicazioni tipiche della grafica.
- E' possibile **risparmiare spazio** di memorizzazione e **ridurre il carico computazionale**, riducendo il numero di colori.
- Per ridurre il numero di livelli di colore:
  - si usano **meno bit** per banda (es. 5-5-5 o 5-6-5 nel caso dell'*hicolor* a 15 e 16 bit rispettivamente)
  - si usa una **look-up table** (mappa di colori): si sceglie un numero finito di colori (es. 256) memorizzati su una tabella ed il valore del pixel e' un puntatore a tale tabella che contiene terne RGB
- L'elenco dei colori disponibili è chiamato *palette*

## Quantizzazione colore

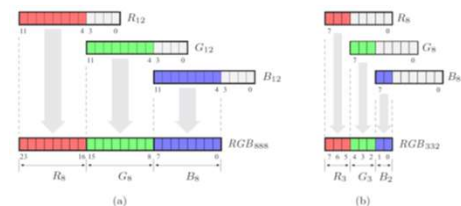
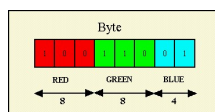


Figure 5.1 Scalar quantization of color components by truncating lower bits. Quantization of  $3 \times 12$ -bit to  $3 \times 8$ -bit colors (a). Quantization of  $3 \times 8$ -bit to 3:3:2-packed 8-bit colors (b).

## Naïve Color Quantization

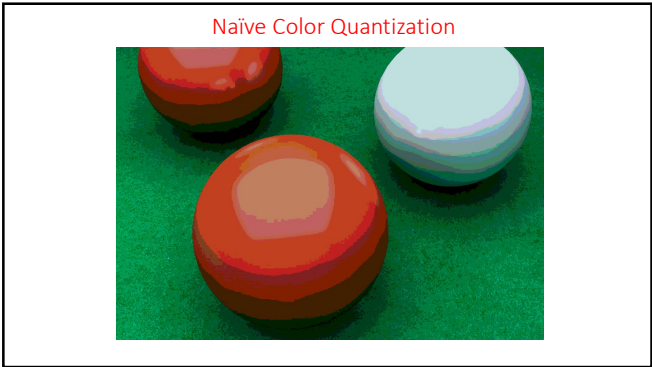


Per passare da 24 a 8 bit si usano **3 bit per il rosso, 3 per il verde e 2 per il blue** (chiameremo questa quantizzazione 3-3-2)

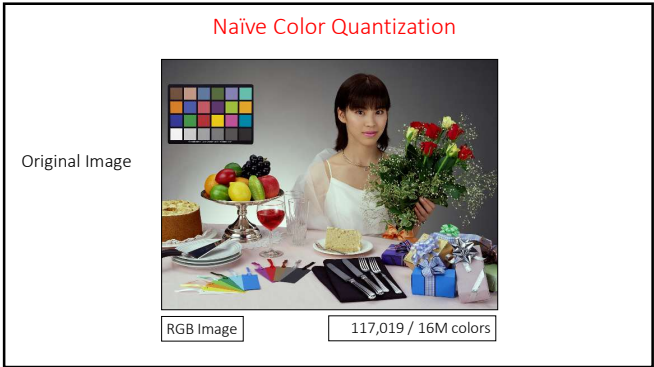


## Naïve Color Quantization

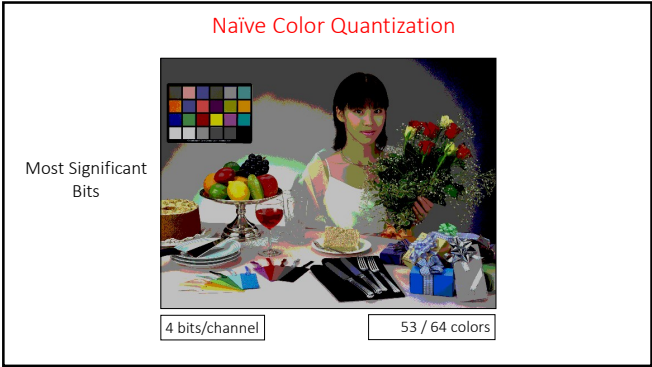




7



8



9

### Look up table

Dovrei ricordare:

255, 0, 0	255, 0, 0	0, 255, 0
255, 0, 0	255, 0, 0	0, 255, 0
0, 0, 255	255, 255, 255	255, 0, 0

Totale 27 byte = 216 bit

---

00	00	01	00 = (255, 0, 0)
00	00	01	01 = (0, 255, 0)
11	10	00	10 = (255, 255, 255)
			11 = (0, 0, 255)

Totale 12 byte + 18 bit = 114 bit

Ricordo queste "etichette" e questa tabella

La tabella che lega "etichette" con le corrispondenti componenti RGB si chiama: "tavolozza", "palette", "tabella di indicizzazione dei colori", "look up table", "LUT".

10

### Indexed Color

Color Table

0	Red
1	Green
2	Blue
3	Yellow
4	Cyan
5	Magenta
6	Black
7	White

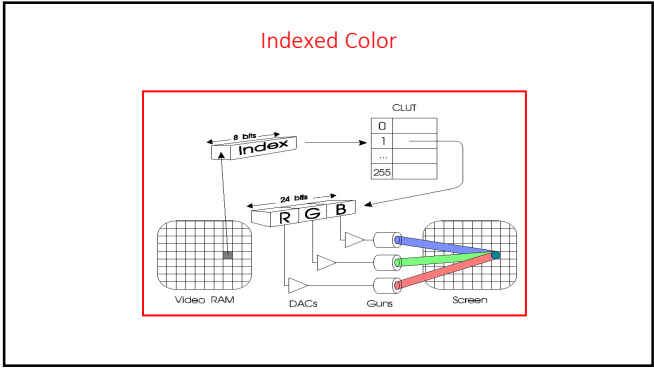
Pixel Data

4	3	0	2
1	7	4	5
3	7	6	5
2	2	1	1

Image

si sceglie un numero finito di colori (es. 256) memorizzati su una tabella ed il valore del pixel è un puntatore a tale tabella che contiene terne RGB

11



12

Indexed Color

Immagine bitmap a 256 colori

Vediamo il contenuto del rettangolo alle coordinate x=100..104, y=100..104

```

190 190 191 188 186
190 188 188 188 186
182 182 187 183 186
167 170 170 174 182
158 158 158 170 173

```

valori puntatori alla mappa RGB

Palette:

```

186 1.0000 0.6118 0.3216
187 1.0000 0.5490 0.3529
188 1.0000 0.5686 0.4000
189 1.0000 0.6353 0.3255
190 1.0000 0.6118 0.4510
191 1.0000 0.6471 0.4196

```

Valori RGB [0.0,1.0]

13

Quantizzazione spazio colore

- Nell'operazione di quantizzazione dei colori ha un ruolo fondamentale la scelta della palette
- E' possibile **utilizzare una palette standard** che contenga un sottoinsieme dei possibili colori, scelto dividendo il cubo RGB in un numero standard di passi per ogni canale.
- Questa operazione può essere fatta scegliendo un passo pari a:

$$\lceil \sqrt[3]{Elem} \rceil$$
- dove *Elem* indica il numero di elementi da inserire nella palette. E' facile verificare come nel caso di 256 elementi il numero di passi debba essere 6, che porta ad una palette di 216 elementi equispaziati, mentre i restanti possono essere scelti a piacere (ad esempio tonalità di rosa per meglio rappresentare la pelle).

14

Quantizzazione spazio colore RGB

E' possibile quindi utilizzare una palette fissa, possibilmente standard, ottenuta campionando lo spazio RGB.

Number System	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Hex	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Decimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

TABLE 6.1

Valid values of each RGB component in a safe color.

FIGURE 6.10

(a) The 216 safe RGB colors.

(b) All the grays in the 256-color RGB system (grays that are part of the safe color group are shown underlined).

15

Quantizzazione colore: safe palette

16

Quantizzazione spazio colore YIQ

Original

RGB Quantization

YIQ Quantization

17

Quantizzazione spazio colore HSV

HSV Color Space

58 / 64 colors

18

### Quantizzazione spazio colore HVS



19

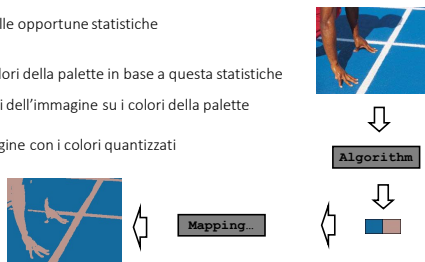
### Quantizzazione spazio colore HVS



20

### Quantizzazione di immagini a colori: palette adattative

- Si estraggono delle opportune statistiche dall'immagine
- Si definiscono i colori della palette in base a queste statistiche
- Si mappano i colori dell'immagine su i colori della palette
- Si ridisegna l'immagine con i colori quantizzati



21

### Palette adattative – Median cut

Algoritmo Median Cut Algorithm (Paul Heckbert, 1980)

- si calcola l'**istogramma tridimensionale** dei colori contenuti nell'immagine;
- si trova il minimo parallelepipedo orientato come gli assi che contenga tutti i colori
- si sceglie la direzione più lunga del box e si taglia nel punto che lascia (circa) lo stesso numero di elementi nelle due metà (taglio mediano)
- si ripete il taglio del box con più elementi (o il più grande come volume) fino a quando non si sono ottenuti tanti box quanti i colori richiesti.

I colori rappresentativi saranno dati dalla media dei colori inclusi nel box. Si assegnano i colori della palette all'immagine

Solitamente la metrica è **distanza euclidea nello spazio RGB**, che sappiamo non essere percettivamente uniforme.

22

### Palette adattative – Median cut

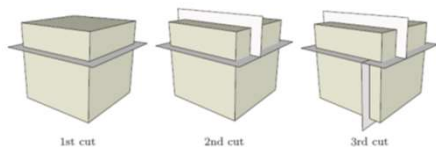
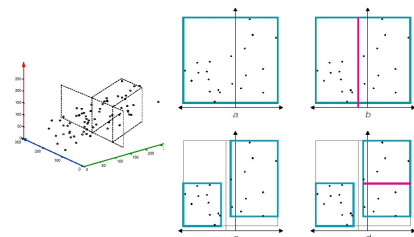


Figure 5.3 Median-cut algorithm. The RGB color space is recursively split into smaller cubes along one of the color axes.

23

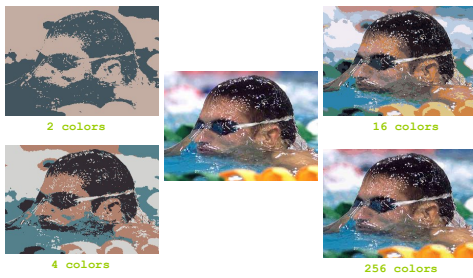
### Palette adattative – Median cut



Algoritmo Median Cut Algorithm (Paul Heckbert, 1980)

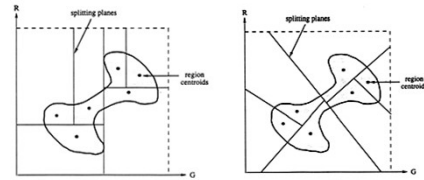
24

### Palette adattative – Median cut



25

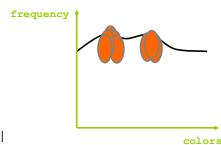
### Palette adattative – modifiche a Median cut



26

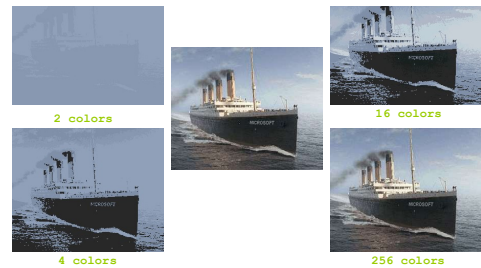
### The Popularity Algorithm

- si calcola l'istogramma (3d) dell'immagine (i colori sono visti come vettori e non come tre scalari)
- Si selezionano i colori più frequenti (definizione della palette)
- I colori dell'immagine vengono assegnati secondo il criterio di minima distanza



27

### The Popularity Algorithm



28

### The Original Diversity Algorithm

- si calcola l'istogramma (3d) dell'immagine
- Si seleziona il colore più frequente (definizione della palette)
- **Repeat**
  - Si seleziona il colore non selezionato più lontano dai colori selezionati
- **Unitil** il numero di colori massimo è raggiunto
- I colori rimanenti dell'immagine vengono assegnati secondo il criterio di minima distanza

29

### The Original Diversity Algorithm



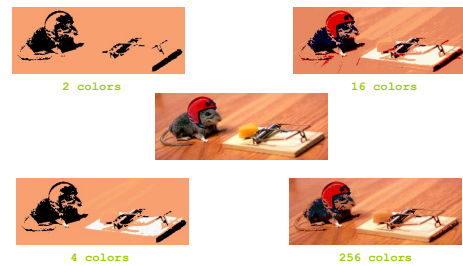
30

### The Modified Diversity Algorithm

- Run a histogram on the entire picture
- The 1st color: the most popular
- The 2nd color: the furthest away from the first color
- The 3rd through 10th colors: are picked using the normal Diversity Algorithm
- Repeat
  - (a) pick a color on popularity
  - (b) pick a color on diversity
- Until all the colors have been picked

31

### The Modified Diversity Algorithm - samples



32

### Example (24 bit color)



33

### Naïve Color Quantization



34

### The Popularity Algorithm



35

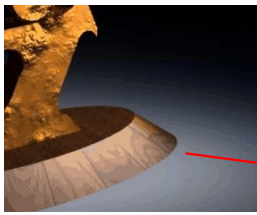
### Median Cut



36



### Mach bands



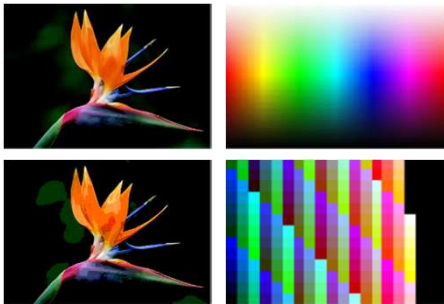
Per ridurre questo effetto sui contorni dovremmo avere più colori, ma come facciamo se non li abbiamo ?

### Quantizzazione e dithering

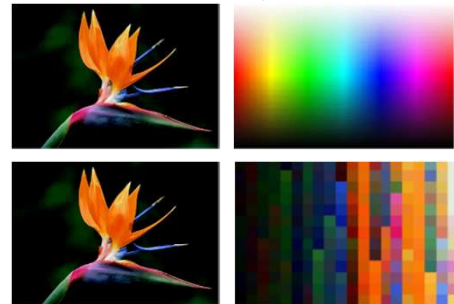


•Per limitare il fenomeno di aliasing una possibilità è il dithering

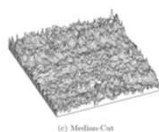
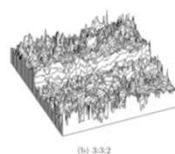
### Quantizzazione colore: palette fissa



### Quantizzazione colore: palette adattativa

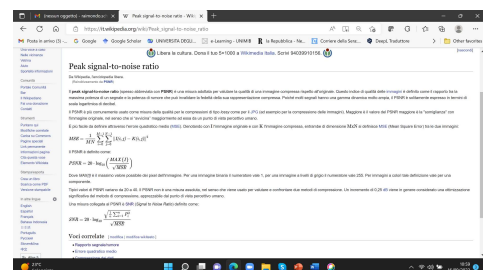


### Valutazione dei risultati- fedelta' del segnale

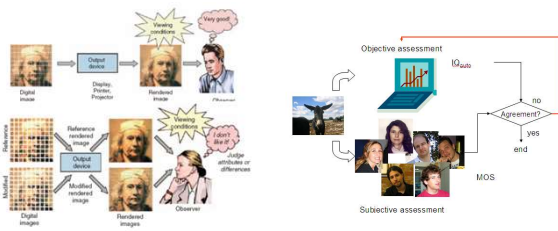


Visualizzazione degli errori dovuti alla quantizzazione con palette 3:3:2 e median cut

### Valutazione dei risultati- fedelta' del segnale

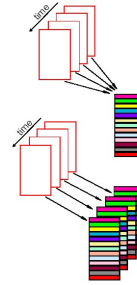


## Metriche oggettive – fedelta' percepita



Vi sono moltissimi approcci. Un approfondimento è un tipico lavoro di stage.

## Quantizzazione di sequenze video



Che metodo potremmo usare se dovessimo estendere la quantizzazione ai video?

Vi sono moltissimi approcci. Un approfondimento è un tipico lavoro di stage.