

Laboratory of image processing for computer vision

Nicola Ferru

6 luglio 2024

Indice

1	Introduzione	2
1.1	Argomenti	2
1.2	Cosa bisogna sapere sulla rappresentazione raster delle immagini	2
1.2.1	I pixel	3
1.2.2	La scalabilità di una immagine	3
1.3	Pareidolia e illusioni visive	4
1.4	Ambiti in cui può essere utilizzata l'elaborazione digitale delle immagini?	4
2	Proprietà delle immagini digitali	5
2.1	Creazione di una immagine digitale	5
2.1.1	Tipo di immagine	5
2.1.2	Rappresentazione di immagine	6
2.2	Strutture dati	6
2.2.1	Matrice	6
2.2.2	Vettore	6
2.2.3	Topologie	7
2.2.4	Gerarchico	7
2.2.5	Piramidale (pyramids)	8
2.2.6	Histogram (Istogramma)	9

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Argomenti

Prendendo un'immagine come una funzione $f(x, y)$, quindi sul fronte di sviluppo sarà possibile costruire funzioni e soluzioni per poter lavorare sulle stesse.

1.2 Cosa bisogna sapere sulla rappresentazione raster delle immagini

Le immagini raster o a rappresentazioni di pixel, sono la tipologia di immagine più utilizzate per la rappresentazione e l'elaborazione grafica, visto che comunque nel contesto comune si rappresentano delle situazioni più o meno complesse tipicamente di applicazione reale. Per rendere efficiente la matrice si usano due sistemi:

- **RGB:** Red, Green, Blue (*Rosso*, *Verde* e *blue*), con questo sistema è possibile costruire qualunque gradiente colore in modo estremamente preciso (valori compreso tra 0 e 255 per tre valori¹);
- **Graylevel:** a Gradienti di grigio (valore compreso tra 0 a 255 da nero a bianco).

Colori RGB

Colore	R	G	B
Nero	0	0	0
Bianco	255	255	255
Rosso	255	0	0
Giallo	255	255	0
Grigio	127	127	127

Tabella 1.1: Colori RGB

E visto che si tratta di un sistema di rappresentazione a 8 bit per 3 colonne, quindi:

$$2^{3 \cdot 8} = 2^{24} = 16.777.216 \text{ colori}$$

Una gamma cromatica abbastanza sostanziosa da poter rappresentare in modo sufficientemente fedele qualunque oggetto reale.

¹Un sistema di rappresentazione dei colori ad 8bit

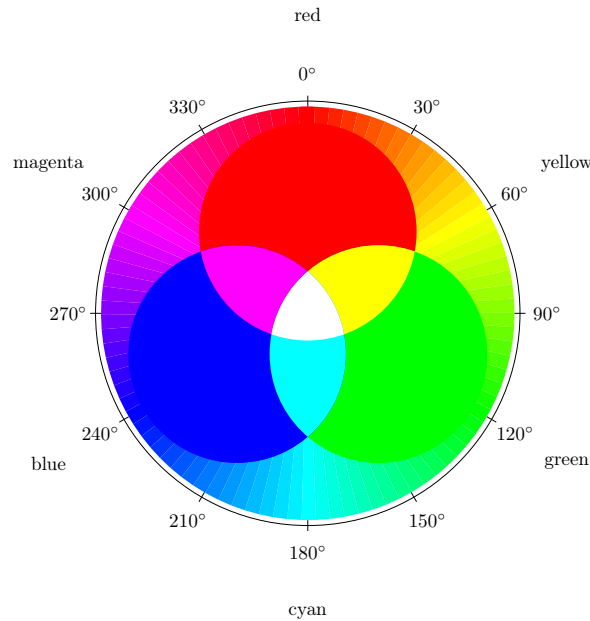


Figura 1.1: Scala di colori RGB

Altri per rappresentare il colore

Oltre al sistema di rappresentazione del colore RGB esistono altri sistemi di codifica, tra i quali:

- **HSL**: Hue, Saturazione, Luce;
- **HSV**: Hue, Saturazione, Valore;
- **CMYK**: Ciano, Magenta, Giallo, Nero (*Sistema di stampa*).

Nota 1 Nel caso del sistema CMYK quando tutti i colori vengono sommati si ottiene il nero, questo fu fatto per un'ottica produttiva delle stampanti, la scelta di colori ciano, magenta e giallo insieme fanno il nero, motivo per la quale molti fotocopiatori riescono a lavorare anche con il toner nero quasi esaurito.

1.2.1 I pixel

I *pixel* sono il sistema di rappresentazione dell'immagine, rappresentano l'informazione unitaria, infatti, all'interno del singolo pixel può esser contenuto solo un valore (**un colore**), essendo quadrati per poter rappresentare un'immagine che presenta delle forme stondate con una buona qualità sarà necessaria una matrice di una dimensione abbondante.

1.2.2 La scalabilità di una immagine

Uno dei punti che bisogna sempre considerare è proprio la scala e la scalabilità di una immagine, infatti, non esiste una dimensione² corretta per ogni situazione, infatti, dipende tutto dal caso di utilizzo, non a caso è necessaria fare una valutazione e considerare diversi fattori:

- **Dimensione**: il numero di pixel necessari a comporre l'immagine, ad esempio un'icona $64 \times 64 \text{px}$ oppure $128 \times 128 \text{px}$ è perfetta per l'utilizzo desktop, ma magari non è idonea per una esposizione fotografica o per un'analisi biometrica³.
- **Peso**: Il peso dell'immagine è significativa pensando all'ambito, il fatto stesso che l'immagine abbia un canale alpha o meno cambia il peso nella codifica, assieme al numero di livelli che la compongono.

²Dimensione della matrice di pixel

³un lettore di impronte digitali sta sul $500 \times 250 \text{px}$, ovviamente dipende dalla tipologia di sensore

- **Gamma cromatica:** La gamma cromatica è la fedeltà nella trasposizione dei colori che un formato riesce ad avere rispetto al caso reale e dipende anche dalla paletta cromatica che la codifica di suddetto formato possiede. Questo parametro è utile soprattutto nel settore fotografico e anche per tutti quei casi in cui è necessario un alto livello di dettaglio.

Nota 2 *La questione della gamma cromatica dipende tanto dal formato, infatti, a lato informatico esistono diversi formati per la rappresentazione delle immagini, non compressi (**raw**) a quelli compressi (**quelli Lossy e quelli Lossless**).*

Lossy *Il contesto di utilizzo in cui la fedeltà e qualità della rappresentazione non è il punto saliente. Tipicamente cerca di rimuovere con criterio alcune sfumature cromatiche che l'occhio umano in primo acchito non nota. (Utile per la condivisione online)*

Lossless *Anche se compresso cerca di mantenere il più possibile la qualità e fedeltà all'immagine non compressa. (Utile anche in contesti di editing fotografico)*

Sapendo questo sarà già possibile muoversi al meglio in questo mondo.

1.3 Pareidolia e illusioni visive

Per pareidolia o illusione subconscia, intendiamo il modo in cui il nostro cervello identifichi all'interno di un oggetto, un'immagine o altro, un volto o una forma familiare, questo perché il cervello umano è pensato per identificare quello che è familiare per una questione pratica ed evolutiva.

1.4 Ambiti in cui può essere utilizzata l'elaborazione digitale delle immagini?

Quello dell'elaborazione digitale delle immagini può essere utilizzato in tantissimi settori diversi, da quello biomedico a quello aeronautico e aerospaziale, all'automotive, etc. Per questi motivi è sempre più centrale nel mondo ingegneristico e militare l'adozione di tali sistemi. Ma facendo un esempio concreto, un sensore di frenata che riconosca il pedone e consenta una frenata più efficace, in anticipo rispetto ai comuni riflessi umani.

Capitolo 2

Proprietà delle immagini digitali

L'immagine digitale è un metodo per rappresentare di un qualcosa di reale, e va a rappresentarlo con una matrice di pixel.

2.1 Creazione di una immagine digitale

Sampling il processo che consiste nella downscaling dell'immagine o nella rimozione di pixel (*pratica che fa perdere delle info*);

- *Lineare*: va a scalare tutta l'area dell'immagine in modo lineare e uniforme.
- *Adattivo*: va a fare uno sampling in base all'importanza delle aree.

Quantizzazione il processo che che va a modificare la profondità del colore

- Viene utilizzato per l'analisi dell'immagine e anche per le immagini personali.
- Problemi da risolvere: Memorizzazione e trasferimento.

E su questi principi sono la base dell'elaborazione dell'immagine digitale e del campionamento.

2.1.1 Tipo di immagine

- Numero di livello di intensità;
- Numero di piani dell'immagine:
 - Immagine binaria: è un immagine composta unicamente da bianco e nero;
 - A livelli di grigio: è un'immagine che funziona a sfumature di grigio;
 - A colori: sono composte da sfumature RGB che vanno da 0 a 255 per creare una paletta cromatica accettabile (1.2).

Per generare le tipologie di immagini si utilizzano dei canali:

Tipologie	Numero di canali	Dimensione
bianco e nero	1	(1bit)
Immagini a livelli di grigio	1	(8bit)
Immagini a colori	3	(8bit)

Tabella 2.1: Numero di canali per le tipologie di immagine

2.1.2 Rappresentazione di immagine

- **Iconic Images:** Immagini che contengono i dati originali con l'intensità dei singoli pixel;
- **Segmented images:** Immagini in cui i pixel sono divisi in gruppi in base all'appartenenza o meno agli oggetti;
- **Geometric representations:** conoscenza attuale delle forme;
- **Relational models:** presentare la conoscenza sugli oggetti e sulle relazioni con altri oggetti nell'immagine.

2.2 Strutture dati

Le strutture dati, sono le entità matematiche che consentono di raggruppare più di un valore all'interno dello stesso insieme, per poter più facilmente gestire, ordinare, ed elaborare il contenuto. Cosa non possibile con variabili primitive¹.

2.2.1 Matrice

- La struttura dati più comune per rappresentare le immagini;
- Gli elementi dell'array sono numeri interi;
- Le caratteristiche spaziali sono implicitamente disponibili.

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

(2.1)

2.2.2 Vettore

- Molto comune per estrarre e archiviare informazioni dall'immagine;
- Gli esempi di array sono in genere numeri interi;
- Anche in questo caso il suo contenuto è accessibile attraverso informazioni implicite;
- Gli array non sono altro che array bidimensionali.

0	1	2	3	4
2	2	1	1	4

(2.2)

Nota 3 A lato logico all'interno di quasi tutti i linguaggi di programmazione, sia i vettori che le matrici fanno parte dello stesso tipo di struttura dati, i così detti Array, che possono avere N dimensioni. Tipicamente per scorrere suddette strutture si utilizzano delle variabili definite "contatori", indicate con le lettere: i, j, k, h assegnate per comodità visto che stanno in un'area della tastiera vicina al posizionamento delle mani.

¹È una variabile che può contenere solo una tipologia singolarmente, da esse si possono creare le così dette struct e anche delle strutture dati.

2.2.3 Topologie

Sono una categoria di strutture dati che possono servire ad indicare logicamente le relazioni. Esse vengono utilizzate anche nel ambito del processing delle immagini per distrivere le singole relazioni, ne esistono di diversa tipologie:

- Grafo: tipologia ad albero utilizzato in tutto quello che prevede stati o connessioni;
- Insiemi: permettono di stabilire appartenenze a ordini gerarchici.

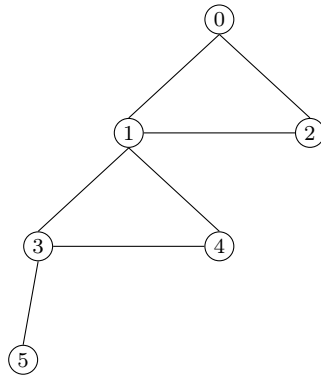


Figura 2.1: Grafo

Mentre, nel caso dell'insieme la situazione è la seguente:

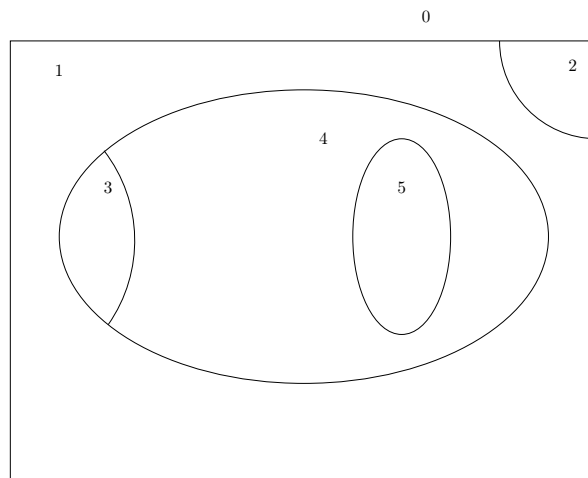


Figura 2.2: Insieme

Nota 4 *In entrambi i casi, la situazione è molto leggibile e si capisce anche la relazione in base al livello oppure al sotto insieme a cui il valore appartiene.*

2.2.4 Gerarchico

- Sono nati per alleggerire il calcolo di operazioni molto complesse, ad esempio suddividendo i calcoli tra più computer;
- Dividendo l'immagine in blocchi
- Spesso non è così semplice dividere i compiti tra più computer
- Le informazioni presenti in un blocco possono essere utili per elaborare quello adiacente
- Non tutti i blocchi immagine devono essere elaborati allo stesso modo

2.2.5 Piramidale (pyramids)

M-pyramids

- Sono una sequenza di immagini con risoluzioni diverse;
- Utilizzato quando è necessario lavorare con risoluzioni diverse contemporaneamente
- Ovviamente un array di grado inferiore contiene 4 volte meno dati e può essere elaborato circa 4 volte più velocemente

Ed esempio, è possibile vedere come nella matrice I_3 sia una matrice 8x8, mentre, la matrice I_2 è una matrice 4x4, nella matrice I_1 è un 2x2 e I_0 è una cella singola.

$$I_3 = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 8 & 0 & 0 & 2 & 6 & 3 \\ 3 & 0 & 0 & 1 & 1 & 3 & 6 & 4 \\ 2 & 2 & 0 & 1 & 1 & 4 & 6 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 1 & 1 & 2 & 6 & 3 \\ 4 & 3 & 1 & 1 & 2 & 3 & 6 & 3 \\ 4 & 4 & 2 & 1 & 2 & 4 & 7 & 5 \\ 5 & 4 & 2 & 1 & 1 & 4 & 7 & 5 \\ 5 & 5 & 1 & 0 & 0 & 2 & 7 & 5 \end{pmatrix} \quad I_2 = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 & 5 \\ 2 & 1 & 2 & 5 \\ 4 & 1 & 3 & 5 \\ 5 & 1 & 2 & 6 \end{pmatrix} \quad I_1 = \begin{pmatrix} 2 & 4 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \quad I_0 = (3) \quad (2.3)$$

Nota 5 Il rapporto tra un immagine e l'altra è un rapporto ad esponenziale di con base 2, infatti I_3 è un 2^3 , mentre, I_0 è un 2^0 .

T-Pyramid

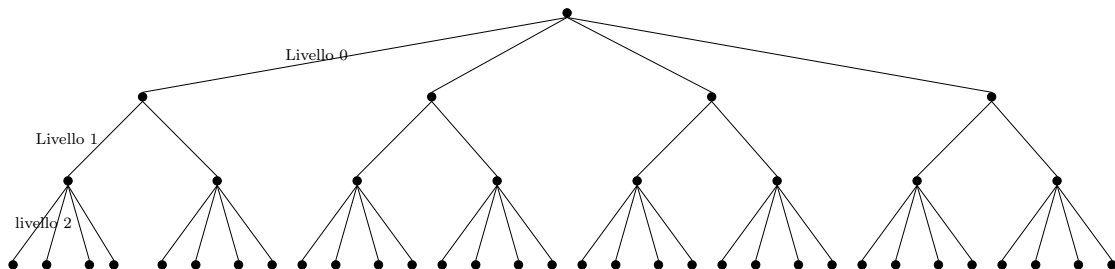


Figura 2.3: Esempio di albero piramidale

Da questo grafico è possibile dedurre che:

- Viene utilizzato per dividere gerarchicamente l'immagine in regioni adiacenti;
- Queste regioni possono essere rappresentate da un albero;
- Ogni nodo di questo albero ha 4 figli.

Quad-tree

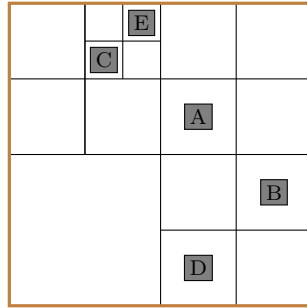


Figura 2.4: Quad-tree

In questo modello partiamo da una rappresentazione inscritta in un quadrato, che contiene al suo interno determinati valori, più il valore è contenuto all'interno di un sotto quadrato più sarà in un livello superiore².

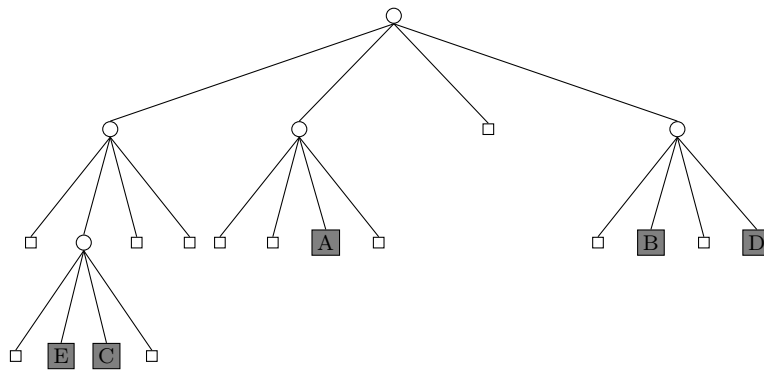


Figura 2.5: Quad-tree

- Deriva da una modifica della T-pyramid
- Non crea figli per ogni nodo ma solo quando i figli sono diversi

2.2.6 Histogram (Istogramma)

L'istogramma nel processo di elaborazione dell'immagine, viene utilizzato per verificare la presenza delle corrispettive tonalità di colore e anche la sua frequenza o di scale di grigio in base alla situazione. Un altro caso di utilizzo è la verifica del contrasto³ di una immagine. Ad esempio, prendendo la foto di un gatto:



Figura 2.6: Gatto

Il suo istogramma sarà composto, nel seguente modo, ricordando che la gamma dei colori va da 0 a 255 come espresso in (1.2), la scala del grafico sarà proprio quella.

²Gli alberi si leggono dall'alto verso il basso, quindi il livello sarà più alto più sarà in basso.

³Il contrasto è la differenza tra una porzione d'immagine e il suo sfondo, più esso è alto maggiore la parte in questione sarà risaltata

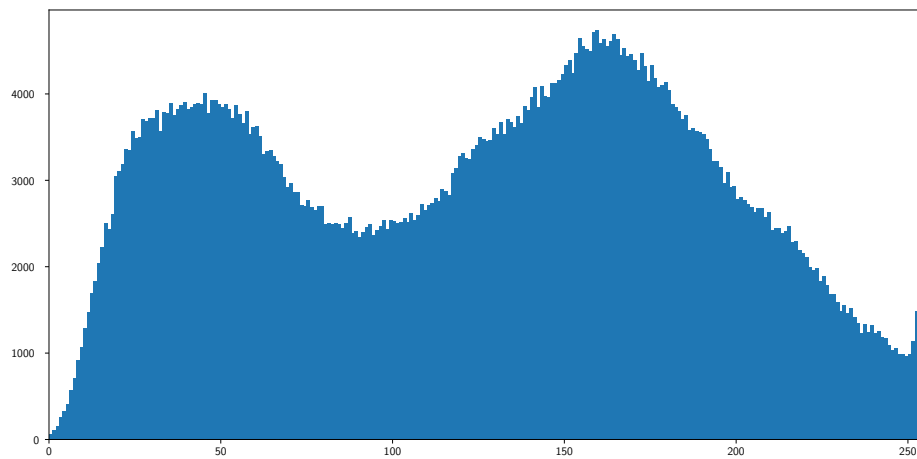


Figura 2.7: Istogramma del immagine Gatto

In questo caso il massimo picco viene raggiunto tra i 150 e i 200, per comprendere di che colori si tratta basta guardare la figura 1.1, in cui si vede chiaramente che in questa immagine sono presente molto verde e blu.