

# Elaborazione delle Immagini

Sara Angeretti

@Sara1798

Fabio Ferrario

@fefabo

2023/2024

# Indice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Percezione, acquisizione, digitalizzazione</b>       | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Operatori Puntuali</b>                               | <b>6</b>  |
| 2.1      | Gli Operatori sulle Immagini . . . . .                  | 6         |
| 2.1.1    | Basi degli Operatori Locali . . . . .                   | 7         |
| 2.1.2    | Gli operatori Puntuali . . . . .                        | 7         |
| 2.2      | Some Basic Intensity Transformation Functions . . . . . | 9         |
| 2.2.1    | I Negativi . . . . .                                    | 9         |
| 2.2.2    | Trasformazioni Potenziali: Gamma Correction . . . . .   | 9         |
| 2.3      | L'istogramma . . . . .                                  | 10        |
| <b>3</b> | <b>Filtraggio Spaziale</b>                              | <b>11</b> |

# Il corso

Il corso di Elaborazione delle Immagini 2023-2024 è erogato dai professori **Schettini** Raimondo e **Ciocca** Gianluigi.

## Programma del corso

Durante il corso lo studente acquisirà competenze specifiche che lo porranno in grado di comprendere la catena di elaborazione, analisi e classificazione di immagini e video. Lo studente acquisirà inoltre le competenze necessarie per progettare, sviluppare ed integrare specifici moduli in sistemi applicativi complessi.

### Competenze per cui questo corso prepara: esempi

Image Recognition in the Consumer Goods and Services Industry (supported by Accenture). Per esempio, una certa marca di prodotto paga un costo aggiuntivo al proprio valore per essere venduto ad altezza occhi per 10-12 metri di scaffale, mentre il prodotto sull'ultimo scaffale ha meno costi aggiuntivi. Parole sue: ***meglio essere quello che automatizza di quello che viene automatizzato.***

## Programma Esteso

1. Cenni sulla percezione visiva, la visione umana e artificiale, il colore. Acquisizione e digitalizzazione di immagini.
2. Miglioramento delle immagini con operatori puntuali.
3. Filtraggio spaziale lineare e non-lineare.
4. Spazi colore. Elaborazione delle immagini a colori.
5. Segmentazione di immagini per regioni e per contorni.

6. Analisi tessiturale; Morfologia Matematica.
7. Descrizione e rappresentazione di immagini (regioni, contorni, approssimazione poligonale).
8. Riconoscimento, classificazione supervisionata e non supervisionata.
9. Introduzione alle reti neurali convoluzionali profonde.

## Libri di testo

- R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing, Second Edition, 2002. Prentice Hall.
- R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing, Third edition, 2008 Prentice Hall. <http://www.imageprocessingplace.com/>
- R. Gonzalez, R. Woods, Elaborazione Digitale delle Immagini, terza edizione (utile per chi ha difficoltà con l'inglese) non ha tutti i capitoli.
- R. Gonzalez, R. Woods, Digital Image Processing, forth edition, 2018 Prentice Hall.

Si sconsiglia il libro tradotto in italiano perchè mancano alcuni capitoli.

# Capitolo 1

## Percezione, acquisizione, digitalizzazione

# Capitolo 2

## Operatori Puntuali

Tutte le tecniche di Image Processing che discuteremo in questo capitolo sono implementate nel **Dominio Spaziale**, ovvero il piano contenente i **pixel** di un'immagine. Le tecniche che introdurremo operano direttamente su i pixel, a differenza dell'elaborazione nel dominio delle Frequenze, nel quale le operazioni sono effettuate sulla trasformata di Fourier di un'immagine invece che sull'immagine stessa.

**Enhancement** Anche se i metodi di Spatial Filtering e Intensity Trasformation hanno moltissime applicazioni, noi ci concentreremo sull'**Enhancement** delle immagini.

L'Enhancement è un operazione di Image Processing a basso livello possibile sia nel dominio spaziale che nel dominio delle Frequenze ed è il processo di manipolazione di un'immagine per far sì che il risultato sia migliore dell'originale per una **specifica applicazione**. Diamo enfasi alla parola *specifica*, dato che le tecniche di enhancement sono **problem oriented**.

### 2.1 Gli Operatori sulle Immagini

Nel miglioramento (enhancement) delle immagini si possono applicare diversi operatori:

- **Operatori Puntuali**, il valore di ogni pixel dell'immagine di uscita è in funzione solo del corrispondente pixel dell'immagine di ingresso.
- **Operatori Locali**, il valore di ogni pixel dell'immagine di uscita è in funzione dei valori del pixel di ingresso corrispondente e *di un suo intorno locale di pixel*.

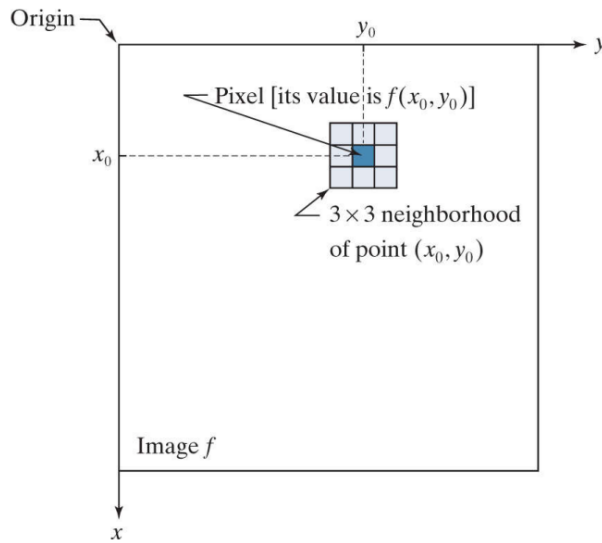
- **Operatori Globali**, i pixel dell'immagine di uscita dipendono dal valore di tutti i pixel dell'immagine di ingresso.

### 2.1.1 Basi degli Operatori Locali

I processi nel dominio spaziale che affrontiamo si basano sull'espressione:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

Dove  $f(x, y)$  è l'immagine di input,  $g(x, y)$  è l'immagine di output e  $T$  è un operatore di  $f$  definito su un *intorno* del punto  $(x, y)$ .



**FIGURE 3.1**  
A  $3 \times 3$  neighborhood about a point  $(x_0, y_0)$  in an image. The neighborhood is moved from pixel to pixel in the image to generate an output image. Recall from [Chapter 2](#) that the value of a pixel at location  $(x_0, y_0)$  is  $f(x_0, y_0)$ , the value of the image at that location.

Tipicamente l'intorno (neighborhood) è rettangolare e centrato sul pixel  $(x_0, y_0)$  ed è molto più piccolo dell'immagine, però la sua forma e dimensione *dipendono dall'applicazione*. Nota che  $T$  può anche essere applicato su una sequenza di immagini, per esempio per effettuare una somma.

### 2.1.2 Gli operatori Puntuali

L'intorno più piccolo possibile è di dimensione  $1 \times 1$ , in questo caso  $T$  considera solo il valore di  $(x, y)$ , diventando di fatto un **Operatore Puntuale** o *Intensity Transformation Function* (Manipolazioni della scala di grigio) di forma:

$$s = T(r)$$

in cui, per semplicità di notazione, usiamo  $s$  e  $r$  per denotare rispettivamente l'intensità di  $g$  (output) e  $f$  (input) di un qualunque punto  $(x, y)$ .

**Elaborazioni puntuali Omogenee** Il risultato di una elaborazione puntuale omogenea dipende solo dal valore del pixel cui è applicata, per cui tali elaborazioni vengono anche dette manipolazioni della scala di grigio (o dei colori).

Se invece il risultato dell'elaborazione dipende anche dalla posizione del pixel dell'immagine si parla di elaborazioni puntuali **non omogenee**.

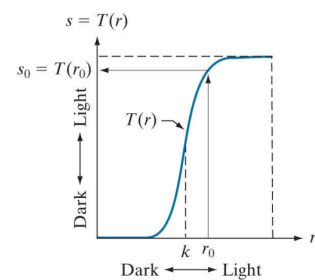
Alcune tipiche elaborazioni puntuali omogenee sono:

- Aggiunta o sottrazione di una costante a tutti i pixel.
- Inversione della scala di grigi (negativo).
- Clipping.
- Modifiche del contrasto (trasformazioni lineari e non della scala dei grigi).
- Equalizzazione dell'istogramma.
- Presentazione falso in colore.

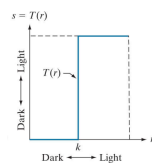
### Contrast Stretching

Un esempio di elaborazione puntuale omogenea è quello del *contrast stretching*. In questo caso  $T(r)$  prende la forma come nell'immagine.

Il risultato dell'applicazione della trasformazione ad ogni pixel in  $f$  per generare il corrispondente pixel in  $g$  sarebbe quello di produrre una **immagine di contrasto maggiore** dell'originale, scurendo i livelli di intensità sotto a  $k$  e schiarendo le intensità sopra a  $k$ .



### Thresholding o Binarizzazione



In quest'altro esempio  $T(r)$  produce un'immagine binaria, ponendo a 0 (nero) tutti i livelli sotto  $k$  e a 1 (bianco) tutti quelli sopra a  $k$ .



## 2.2 Some Basic Intensity Transformation Functions

Le funzioni di Intensity Transformation sono tra le più semplici tecniche di IP. In queste funzioni i valori di un pixel vengono prima e dopo la trasformazione, che chiamiamo rispettivamente  $r$  ed  $s$ , sono messi in relazione tramite la funzione  $T$  che mappa i valori  $r$  su quelli  $s$ .

**Look Up Tables** Siccome stiamo parlando di grandezze digitali, i valori di una Intensity Transformation Function sono generalmente mappati in una Look Up Table, che permette di associare con migliore efficienza i valori di input e output.

### 2.2.1 I Negativi

Il negativo di un'immagine con livelli di intensità nel range  $[0, L - 1]$ , con  $L$  numero di livelli (256 per una immagine in 8bit), è ottenuto usando la *Funzione di trasformazione Negativa*, che ha la forma:

$$s = L - 1 - r$$

Invertendo in valori di grigio di un'immagine digitale in questa maniera produce l'equivalente di un negativo fotografico.

### 2.2.2 Trasformazioni Potenziali: Gamma Correction

La trasformazione potenza, anche detta **Gamma Correction**, è uno degli operatori puntuali più utilizzati. Questa trasformazione è nella forma:

$$s = cr^\gamma$$

Dove  $c$  e  $\gamma$  sono costanti positive. le curve power-law con valori frazionari di  $\gamma$  mappano un range ristretto di valori scuri in ingresso in una gamma più ampia di valori in uscita, facendo l'opposto per i valori più chiari.

**In parole povere** Quando facciamo una Gamma Correction con un valore di  $\gamma < 1$ , quindi frazionario, stiamo "stretchando" gli scuri restringendo i chiari, viceversa se  $\gamma > 1$ . Se  $\gamma = 1$  invece, la funzione risultante sarà quella identità.

## 2.3 L'istogramma

L'istogramma di un'immagine è un tipo di istogramma che rappresenta in modo grafico la **distribuzione tonale** (livelli di grigio) **di un'immagine digitale** ovvero traccia il numero di pixel per ogni valore tonale.

L'analisi dell'istogramma fornisce generalmente utili informazioni sulle proprietà dell'immagine legate alle frequenze dei livelli di grigio. L'informazione spaziale è persa, quindi da un istogramma non possiamo risalire alla posizione dei pixel nell'immagine.

**Definizione Matematica** Abbiamo  $r_k$ , per  $k = 0, 1, \dots, L - 1$  che denota le intensità di un'immagine  $f(x, y)$  a  $L$ -livelli. L'istogramma **Non Normalizzato** di  $f$  è definito come:

$$h(r_k) = n_k \text{ for } k = 0, 1, \dots, L - 1$$

Dove  $n_k$  è il numero di pixel in  $f$  con intensità  $r_k$ , e la suddivisione delle scale di intensità sono chiamate Histogram Bins.

**Istogramma Normalizzato** L'istogramma normalizzato di  $f$  è definito come:

$$p(r_k) = \frac{h(r_k)}{MN} = \frac{n_k}{MN}$$

Dove  $M$  e  $N$  sono rispettivamente il numero di righe e colonne di un'immagine. L'istogramma normalizzato è come l'istogramma, ma elimina la considerazione della dimensione dell'immagine poichè la somma dei valori  $p(r_k)$  per ogni valore di  $k$  è sempre 1. In genere lavoreremo con gli istogrammi normalizzati, che chiameremo semplicemente istogrammi di immagine.

**Cosa mi dice l'istogramma normalizzato?** L'istogramma normalizzato rappresenta la *frequenza di occupazione* dei livelli ed è interpretata come *stima della probabilità di avere il valore  $k$  nell'immagine*. Gli istogrammi sono facili da computare e sono utilizzabili per rapide implementazioni hardware, rendendo le tecniche basate sugli istogrammi uno strumento molto utilizzato per l'Image Processing in Real Time.

## Capitolo 3

# Filtraggio Spaziale