

Template matching



Il problema del riconoscimento



- Nel contesto dell'interpretazione delle immagini, l'obiettivo centrale è quello di riconoscere gli oggetti presenti all'interno di un'immagine.
- “Riconoscere” un oggetto significa verificare che nell'immagine è presente un'istanza dell'oggetto di cui è memorizzata una rappresentazione.

Un primo approccio: il template matching



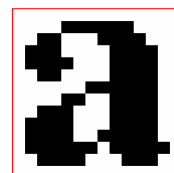
- Il primo e più semplice approccio al problema del riconoscimento nel caso delle immagini è quello di confrontare direttamente l'immagine dell'oggetto cercato con l'immagine in esame.
- Questo tipo di approccio si definisce *template matching*. Si basa sulla misura della similarità esistente tra il prototipo dell'oggetto da riconoscere (*template*) e (una parte dell') immagine.

Esempio: riconoscimento della lettera 'a' in un testo



**Nel mezzo del cammin di nostra vita
mi ritrovai in una selva oscura**

Bisogna riconoscere le istanze
della lettera 'a', di cui si ha a
disposizione un template



Realizzazione del template matching



- Siccome non si conoscono a priori le regioni in cui l'istanza può presentarsi, è necessario confrontare il template con tutte le sottoparti dell'immagine che hanno le stesse dimensioni del template.
- A questo scopo, il template viene fatto scorrere sequenzialmente sull'intera immagine, valutando per ogni possibile posizione la similarità tra il template e la regione dell'immagine.

Realizzazione del template matching

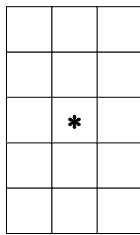


- Si definisca $T(x,y)$ il template con $(x,y) \in D_T$.
 D_T è il dominio di definizione del template.
- Se $I(i,j)$ è l'immagine in esame di dimensioni $NR \times NC$, T è confrontato con tutte le regioni $I(u+x, v+y)$ con $(x,y) \in D_T$ tali che:

$$1 \leq u+x \leq NR$$

$$1 \leq v+y \leq NC$$

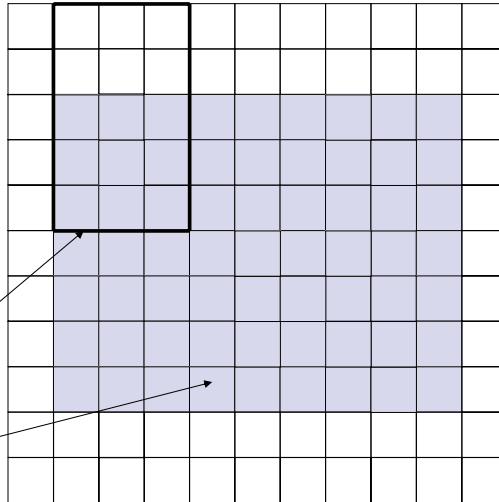
Realizzazione del template matching



T

$I(3+x, 2+y)$

Area
dell'immagine
su cui scorre il
centro di T



Confronto template-immagine



- Per ogni shift (u, v) del template sull'immagine si confronta il template e la regione corrente dell'immagine.
- Per il confronto sono possibili diverse misure di dissimilarità:

- $\max_{D_T} |T(x, y) - I(u + x, v + y)|$

- $\sum_{(u, v) \in D_T} |T(x, y) - I(u + x, v + y)|$

- $\sum_{(u, v) \in D_T} |T(x, y) - I(u + x, v + y)|^2$



Confronto template-immagine

- Se si utilizza l'ultima espressione, si può ottenere un'importante misura della similarità osservando che:

$$\sum_{(u,v) \in D_T} |T(x,y) - I(u+x, v+y)|^2 =$$
$$\sum_{(u,v) \in D_T} T(x,y)^2 + \sum_{(u,v) \in D_T} I(u+x, v+y)^2 - 2 \sum_{(u,v) \in D_T} T(x,y)I(u+x, v+y)$$

- Quindi si ha la massima similarità quando si hanno alti valori per

$$\sum_{(u,v) \in D_T} T(x,y)I(u+x, v+y)$$

La mutua correlazione

- Il termine $C_{TI}(u,v) = \sum_{(u,v) \in D_T} T(x,y)I(u+x, v+y)$

si definisce *mutua correlazione* tra T ed I.

- In effetti, una misura più corretta della similarità è data dalla *mutua correlazione normalizzata*:

$$\frac{\sum_{(u,v) \in D_T} T(x,y)I(u+x, v+y)}{\sqrt{\sum_{(u,v) \in D_T} I(u+x, v+y)^2}}$$



Altre misure della similarità

- Una misura più efficiente si può ottenere considerando per la correlazione una versione modificata del template T'

$$T'(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{se } T(x,y) = 1 \\ -1 & \text{se } T(x,y) = 0 \end{cases}$$

- In questo caso la correlazione raggiunge il massimo valore quando $T(x,y)$ e $I(u+x,v+y)$ combaciano perfettamente.



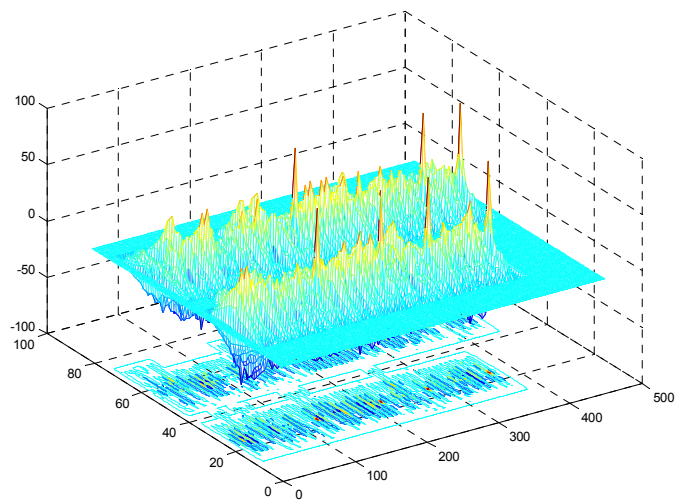
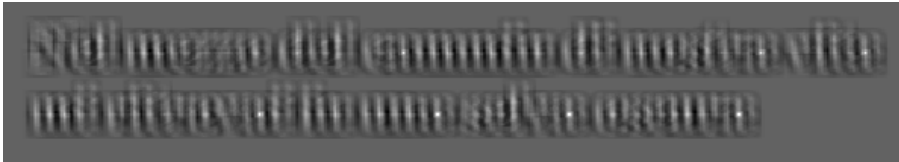
Template modificato

```
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
1  1  1  1 -1 -1 -1 -1 -1 -1  1  1
1  1 -1 -1  1  1  1 -1 -1 -1 -1  1
1 -1 -1 -1  1  1  1  1 -1 -1 -1 -1
1 -1 -1 -1 -1  1  1  1 -1 -1 -1 -1
1  1  1  1  1  1  1 -1 -1 -1 -1 -1
1  1  1  1 -1 -1  1  1 -1 -1 -1 -1
1  1 -1 -1 -1  1  1  1 -1 -1 -1 -1
1 -1 -1 -1 -1  1  1 -1 -1 -1 -1 -1
1 -1 -1 -1 -1 -1 -1  1 -1 -1 -1 -1
1  1 -1 -1 -1 -1  1  1  1 -1 -1 -1
1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1  1
```

Esempio



**Nel mezzo del cammin di nostra vita
mi ritrovai in una selva oscura**



Problemi del template matching



- scale dependent
- rotation dependent
- non robusto al rumore ed alle variazioni delle istanze
- come si definisce il template ?
 - a mano
 - automaticamente
- come si valuta la soglia ?