

Introduzione segmentazione Etichettamento componenti connesse

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



1

I docenti per lezioni ed esercitazioni si avvalgono di slide. Le slide superano abbondantemente il migliaio. Sono state fatte, rifatte, perfezionate negli anni, ma per quanto possano essere ben fatte non saranno mai, da sole, un esaustivo supporto per lo studio. Per comprendere gli argomenti si suggerisce caldamente di seguire attivamente il corso e di prendere appunti. Per lo studio a casa si suggerisce di usare le slide e gli appunti come indice agli argomenti da studiare sul libro, o sui libri a disposizione. Da quest'anno le slide verranno rese disponibili PRIMA delle lezioni.

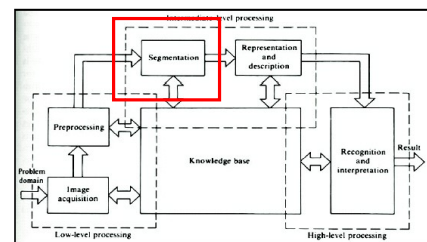
Le slide sono rese disponibili in formato elettronico e sono per uso personale.

2

Introduzione alla segmentazione di immagini

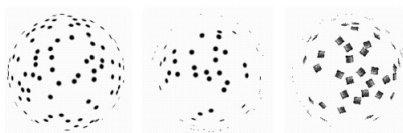
3

Elaborazione delle immagini



4

Segmentazione



Quali primitive visuali sono usate nella visione umana ?
Teoria della Gestalt

5

Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



6

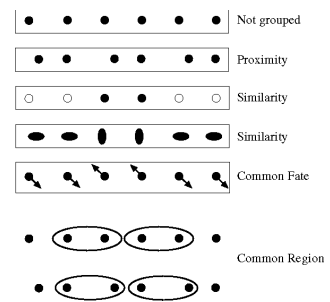
Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)

Le parti di un insieme percettivo vengono raccolte in unità conformi

- Legge della vicinanza
- Legge della somiglianza
- Legge della chiusura
- Legge della "curva buona"
- Legge della "buona forma"
- Legge dell'esperienza

7

Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



8

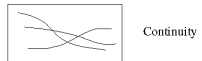
Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



Parallelism



Symmetry



Continuity

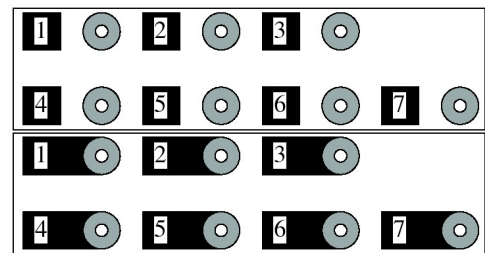


Closure

Quelle parti di una figura che vanno nella stessa direzione o che formano una "curva buona" si costituiscono in unità più facilmente delle altre

9

Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



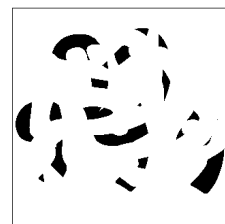
10

Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



11

Le leggi della gestalt - (M.Wertheimer, 1923)



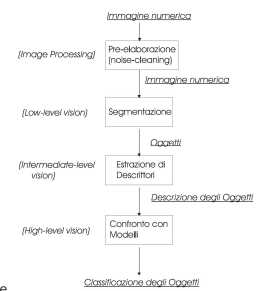
12

Le leggi della gestalt - (M. Wertheimer, 1923)



13

Le leggi della gestalt - (M. Wertheimer, 1923)



Supponiamo che l'obiettivo il riconoscimento
AUTOMATICO degli oggetti presenti nell'immagine.

14

Segmentazione di immagini

La **segmentazione** consiste nel *partizionare l'immagine in insieme di punti omogenei rispetto ad una data caratteristica pittorica*. Lo scopo finale è di separare oggetti dallo sfondo e di distinguere *oggetti* tra loro in base a tali caratteristiche visuali.

La **segmentazione** delle immagini è uno dei passi più importanti dell'elaborazione di immagini ed e' il processo indispensabile dell'analisi di immagini.

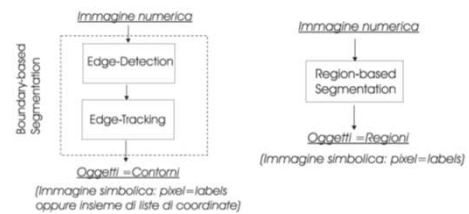
Due i principali approcci:

- segmentazione per contorni
- segmentazione per regioni

Moltissime le tecniche (tenendo anche conto delle moltissime tipologie di immagini e dei diversi domini applicativi)

15

Segmentazione di immagini



16

Segmentazione di immagini

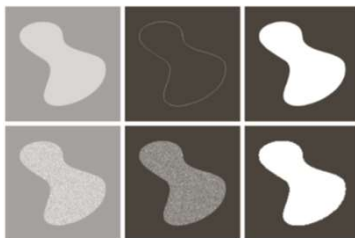
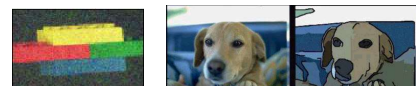


FIGURE 10.1 (a) Image containing a region of constant intensity (b) Image showing the boundary of the inner region, obtained from intensity discontinuities (c) Result of segmenting the image into two regions, (d) Image containing a textured region, (e) Result of edge computations. Note the large number of small edges that are connected to the original boundary, making it difficult to find a unique boundary using only edge information. (f) Result of segmentation based on region properties.

17

Segmentazione di immagini per regioni



Regione = oggetto o parte di un oggetto

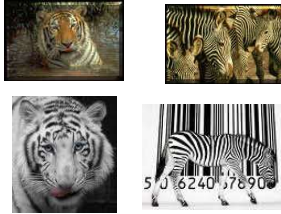
Per individuare le regioni posso lavorare solo nel dominio delle caratteristiche (livello di grigio, colore, ...) o nel dominio spaziale (coordinate spaziali + livello di grigio, colore,...)

Potrebbe essere fondamentale, per una segmentazione sensata in relazione ad un certo problema, tenere conto anche della forma delle regioni che si devono ottenere.

18

Segmentazione di immagini per regioni

La scelta delle proprietà da utilizzare per la segmentazione è legata non solo al problema in esame, ma anche alla natura dei dati a disposizione: colore, intensità, tessitura e altre proprietà spaziali possono di norma essere utilizzate.



19

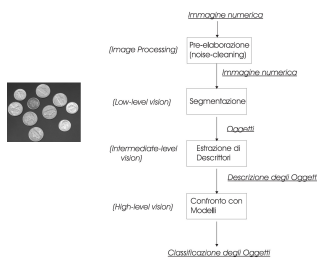
Segmentazione di immagini per regioni

Data una immagine I ed un predicato P (criterio di omogeneità) segmentare una immagine significa trovare una partizione S di I in un insieme di regioni R_1, \dots, R_N tale che:

$$\begin{aligned} \bigcup_k R_k &= I \\ R_k \cap R_h &= \emptyset \quad \forall k \neq h \\ \text{Il Predicato } P &\text{ deve essere tale che :} \\ P(R_k) &= \text{vero} \quad \forall k \\ P(R_k \cup R_h) &= \text{falso} \quad \forall k \neq h \quad \text{con } R_k \text{ adiacente } R_h \end{aligned}$$

20

Labeling delle componenti connesse

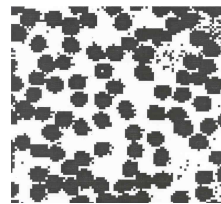


*Come faccio a sapere che un pixel
chiaro appartiene ad una moneta
e non ad un'altra ?
Quante monete ci sono ?*

Il labeling delle componenti connesse di un'immagine binaria è una operazione mediante cui le diverse regioni presenti nella scena vengono individuate ed a ciascuno di esse viene associata un'etichetta "simbolica" univoca. Il processo può essere generalizzato al caso in cui l'immagine non sia binaria.

21

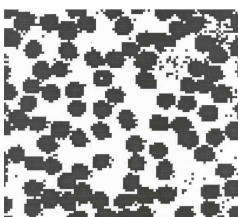
Esempio: conteggio dei globuli rossi



- Molti globuli sono regioni separate
- Molti regioni si sovrappongono !
- Vi è del rumore sale e pepe (dopo la sogliaatura)
- Come faccio a sapere se un pixel è di rumore?
- Quanti regioni sono presenti nell'immagine?
- Quante regioni sono, con ragionevole certezza, globuli rossi ?

22

Esempio: conteggio dei globuli rossi



Object	Area	Centroid	Bounding Box	
1	383	(8.8 , 20)	[1 22 1 39]	
2	83	(5.8 , 50)	[1 11 42 55]	
3	11	(1.5 , 57)	[1 2 55 60]	
4	1	(1 , 62)	[1 1 62 62]	
5	1048	(19 , 75)	[1 40 35 100]	goba
32	45	(43 , 32)	[40 46 28 35]	cell
33	11	(44 , 1e+02)	[41 47 98 100]	
34	52	(45 , 87)	[42 48 83 91]	cell
35	54	(48 , 53)	[44 52 49 57]	cell
60	44	(88 , 78)	[85 90 74 82]	
61	1	(85 , 94)	[85 85 94 94]	
62	8	(90 , 2.5)	[89 90 1 4]	
63	1	(90 , 6)	[90 90 6 6]	

23

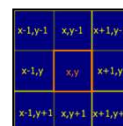
Relazioni fra pixel - vicinato

- Dato un pixel di coordinate (x, y) , i quattro vicini (in orizzontale e verticale) hanno coordinate: $(x+1, y)$, $(x-1, y)$, $(x, y+1)$, $(x, y-1)$

- Essi costituiscono l'insieme $N_d(p)$ dei vicini (4 neighbors) di P

- Dato un pixel di coordinate (x, y) , i quattro vicini (in diagonale) hanno coordinate: $(x+1, y+1)$, $(x-1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x+1, y-1)$

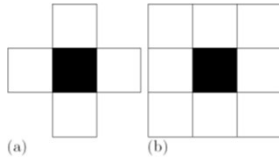
- Essi costituiscono l'insieme $N_D(p)$ dei vicini (D neighbors) di P



L'insieme degli 8-vicini di p è dato da $N_d(p) \cup N_D(p)$

24

Relazioni fra pixel - vicinato



Vicinanza tra pixel: (a) 4-vicinanza e (b) 8-vicinanza.

25

Relazioni fra pixel: 4- 8- connessione

Due pixel sono connessi se, oltre ad essere tra loro in relazione di adiacenza spaziale, i loro livelli di grigio soddisfano uno specifico criterio di similarità, per esempio sono uguali o hanno valore di grigio in un certo intervallo V (solitamente trattiamo immagini binarie, ma questa definizione è più generale)

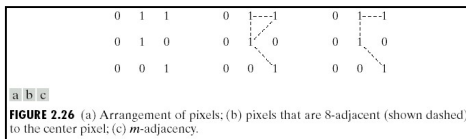
– 4-connettività: due pixel p e q con valori di grigio in V si dicono 4-connessi se q è nel set $N_4(p)$

– 8-connettività: due pixel p e q con valori di grigio in V si dicono 8 connessi se q è nel set $N_8(p)$

26

Relazioni fra pixel: m connessione

m -connettività: due pixel p e q con valori di grigio in V si dicono m -connessi se q è nel set $N_4(p)$, oppure q è nel set $N_8(p)$, e risulta vuoto l'insieme dei pixel 4-vicini sia di p che di q : $N_4(p) \cap N_4(q) = \emptyset$

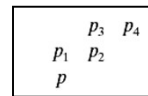


27

Relazioni fra pixel: m-connessione

Le distanze D_8 e D_4 fra due pixel sono indipendenti dalla connessione spaziale che esiste fra questi poiché coinvolge solamente le coordinate dei pixel.

Adottando la m -adiacenza, la distanza D_m fra due pixel è data dalla lunghezza del minimo percorso che le connette, quindi dipende non solo dalle coordinate dei pixel in oggetto, ma anche dal loro vicinato.



Quando vale D_m fra p e p_4 se:

- p_1 e p_3 sono uguali a zero?
- solo p_3 è uguale a zero?
- solo p_1 è uguale a zero?
- p_1 e p_3 sono uguali a uno?

28

Relazioni fra pixel- distanze

- dati i pixel p , q e z , di coordinate (x,y) , (s,t) , e (v,w) , D e' una distanza se e solo se:

- (a) $D(p,q) \geq 0$ ($D(p,q) = 0$ iff $p = q$),
- (b) $D(p,q) = D(q,p)$, and
- (c) $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$.

- Distanza Euclidea:

$$D_e(p,q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{\frac{1}{2}}$$

La distanza Euclidea è una misura semplice dal punto di vista intuitivo, ma dal punto di vista computazionale risulta onerosa a causa dell'operatore di radice e dei valori non interi

29

Relazioni fra pixel - distanze

- distanza city-block il numero minimo di passi in una griglia per raggiungere un pixel a partire da un altro. (x,y) , e (s,t) sono le coordinate dei pixel considerati.

$$D_4(p,q) = |x-s| + |y-t|$$

$$D_8(p,q) = \max(|x-s|, |y-t|)$$



Le distanze D_4 e D_8 sono misure convenienti rispetto alla distanza Euclidea per la loro semplicità computazionale. - Distanza D_8 chiamata anche chess-board (il numero di mosse del re a scacchi). Un aggregato di pixel che si trova entro una distanza r (ogni pixel $\leq r$) e' chiamato disco di raggio r . La forma geometrica di tale disco dipende dalla metrica utilizzata per la misura della distanza.

30

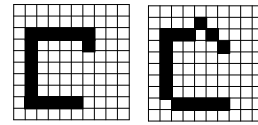
Componenti connesse (regioni)

Dal concetto di connessione fra pixel è possibile definire:

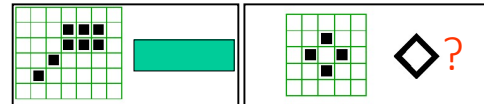
- 1) percorso fra due pixel P_1 e P_2 : sequenza di pixel, ognuno vicino del precedente che conduce da P_1 e P_2 .
- 2) Due pixel sono connessi se esiste un percorso che li collega valgono le seguenti proprietà:
 1. Riflessività: il pixel P è connesso a P .
 2. Commutatività: se P è connesso a Q segue che Q è connesso a P .
 3. Transitività: se P è connesso a Q e Q è connesso a R , consegue che anche P è connesso ad R .
- 3) **regione (o componente connessa)**: insieme di pixel per ogni coppia è connessa, ovvero esiste un percorso che li connette.

31

Componenti connesse



Quante regioni 4-connesse ci sono nelle due immagini?
Quante regioni 8-connesse?



32

Componenti connesse



Quante regioni di sfondo 4-connesse ci sono nelle due immagini? Quante regioni di sfondo 8-connesse?

- Non sempre una curva chiusa divide l'immagine in due parti. Si verifica un'ambiguità di appartenenza di pixel
- Soluzione per le immagini binarie: 8-vicinanza per gli oggetti, 4-vicinanza per lo sfondo (o viceversa).

33

Componenti connesse

- servendosi del concetto di connessione fra pixel è possibile definire:

- 1) **percorso** fra due pixel P_1 e P_2 : sequenza di pixel, ognuno vicino del precedente che conduce da P_1 e P_2 .
- 2) **regione (o componente) connessa**: insieme di pixel per ogni coppia dei quali esiste una sequenza (path) che li connette.
- 3) **pixel di contorno una regione**: pixel di una regione che hanno almeno un vicino che non appartiene alla regione.

34

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse

Permette di distinguere tra loro le componenti connesse attribuendo ai pixel di ciascuna una "etichetta" (label) univoca. Questo consente di eseguire successive operazioni trattando le componenti connesse in modo selettivo.

Si scandisce l'immagine e per ogni pixel da etichettare:

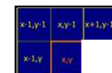
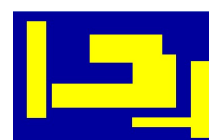
- se è connesso con uno già etichettato, condivide l'etichetta
- altrimenti, si crea una nuova etichetta

Si definiscono delle classi di equivalenza

Si effettua una seconda scansione, in cui ogni etichetta è sostituita da quella della sua classe di equivalenza

35

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse



Maschera usata per il labeling

Immagine di input

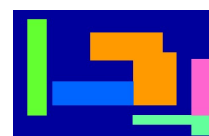
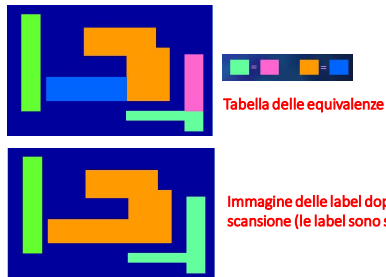


Immagine delle label dopo la prima scansione

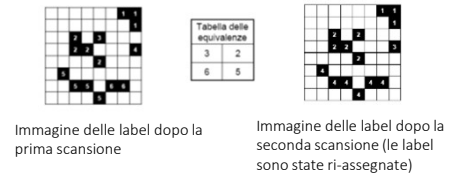
36

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse



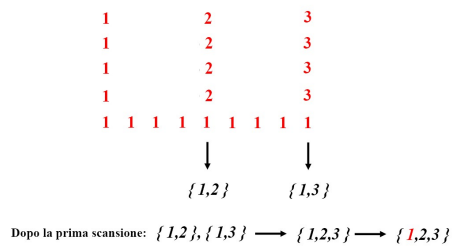
37

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse



38

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse



39

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse

- Durante la prima scansione sono assegnate label temporanee a tutti i pixel etichettati come oggetto in funzione delle label dei vicini già visitati (secondo l'ordine di scansione prescelto).
- Dopo la prima scansione, oggetti distinti sono stati certamente etichettati con label differenti, ma anche parti di uno stesso oggetto possono aver ricevuto label differenti.
- La seconda scansione consente di assegnare una label definitiva univoca alle parti di uno stesso oggetto aventi label temporanee differenti.
- Fra la prima e la seconda scansione è quindi necessario individuare le label temporanee equivalenti ed assegnare a ciascuna classe di equivalenza una label definitiva univoca.

40

Background e foreground

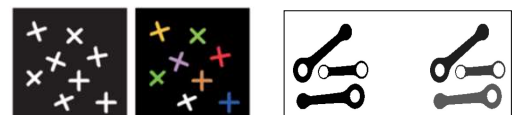
- Supponiamo che una immagine contenga K regioni connesse, nessuna delle quali tocchi il bordo. Sia R_U unione delle regioni, il complemento di R_U , indicato con $(R_U)^c$ e' detto **background**.
- R_U e' chiamato **foreground**.



41

Etichettamento (labeling) delle componenti connesse

Due esempi di labeling delle componenti connesse (con visualizzazione delle etichette rispettivamente mediante scala di grigi e colori):




- Come faccio a sapere che un pixel chiaro appartiene ad una croce e non ad un'altra?
- Quante croci ci sono?
- Quale e' il pezzo piu' grande?
- Quanti pezzi ci sono che hanno un solo buco?

42

Esempio: pacmen

Results on Coloring Pacmen



Object	Area	Centroid	Bounding Box
1	353	(8.8 , 20)	[1 22 1 33]
2	83	(5.8 , 50)	[1 11 42 55]
3	11	(1.5 , 57)	[1 2 55 60]
4	1	(1 , 62)	[1 1 62 62]
5	1048	(19 , 78)	[1 40 35 100]
32	45	(43 , 32)	[40 46 28 35]
33	11	(44 , 1e+02)	[51 47 98 100]
34	62	(45 , 87)	[42 48 83 91]
35	54	(48 , 53)	[44 52 49 57]
60	44	(88 , 78)	[85 90 74 82]
61	1	(85 , 94)	[85 85 94 94]
62	8	(90 , 2.5)	[89 90 1 4]
63	1	(90 , 6)	[90 90 6 6]

44

Relazioni fra pixel-distanze

- dati i pixel $p, q \in Z$, di coordinate (x, y) , (s, t) , e (v, w) , D e' una distanza se e solo se:

(a) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ iff $p = q$),
 (b) $D(p, q) = D(q, p)$, and
 (c) $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$.

- Distanza Euclidea:

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}$$

La distanza Euclidea e' una misura semplice dal punto di vista intuitivo, ma dal punto di vista computazionale risulta onerosa a causa dell'operatore di radice e dei valori non interi

- distanza city-block il numero minimo di passi in una griglia per raggiungere un pixel a partire da un altro

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|.$$

- distanza D_8 o chess-board (il numero di mosse del re a scacchi)


$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|).$$

Le distanze D_4 e D_8 sono misure convenienti rispetto alla distanza Euclidea per la loro semplicità computazionale. Un aggregato di pixel che si trova entro una distanza r (ogni pixel s) e' chiamato disco di raggio r .

La forma geometrica di tale disco dipende dalla metrica utilizzata per la misura della distanza.

46

[Accedi](#) non effettuato | [disconnetti](#) | [notifiche](#) | [registrati](#) | [entra](#)



WIKIPEDIA

l'enciclopedia libera

Voi • [Discussioni](#)

[Lega](#) • [Modifica](#) • [Modifica wikitesto](#) • [Consegna](#) • [Cerca su Wikipedia](#)

Etichettamento di componenti connesse

da Wikispaces, Visualizzazione lista

Etichettamento di componenti connesse, o **labelling delle componenti connesse**, è un'algoritmo algoritmico della teoria dei grafi, nella quale sottoinsiemi di componenti connesse vengono etichettate in modo unico sulla base di dati ausiliari. Non va confusa con la segmentazione di immagini. L'etichettamento di componenti connesse è il più in generale algoritmo per rilevare regioni connesse in immagini digitali binarie, sebbene si prenda anche ad estensione di immagini a colori e con dati ad alta dimensionalità.

La formula di etichettamento di componenti connesse è correlata con il riconoscimento dei segni.

Algoritmo a due passi

[[modifica](#)] [[modifica wikitesto](#)] [[stampa](#)]

Lo **pseudocodice** è il seguente:

```

algoritmo per pass(data)
    labeled ← {}
    label ← 1 // struttura with dimensioni di data, initialized with the value of background
    for pixel in data
        for row in data
            if data[row][column] != not background
                neighbors ← connected elements with the current element's value
                if not labeled && row < column
                    
```



[Main page](#)
[Contents](#)
[Current events](#)
[Random article](#)
[About Wikipedia](#)
[Contact us](#)
[Donate](#)

[Contribute](#)

[Help](#)
[Learn to edit](#)
[Recent changes](#)
[Community portal](#)

[Tools](#)

[What links here](#)
[Related changes](#)

[Special pages](#)

You are logged in as [Talk](#) · [Contributions](#) · [Create account](#) · [Log In](#)

[Read](#)
[Edit](#)
[View history](#)

Connected-component labeling

From Wikipedia, the free encyclopedia

In computer vision, **connected-component labeling (CCL)**, **connected-component analysis (CCA)**, **blob extraction**, **region labeling**, **blob discovery**, or **region extraction** is an algorithmic application of graph theory where subsets of connected components are uniquely labeled based on a given heuristic. Connected-component labeling is not to be confused with segmentation.

Connected-component labeling is used in computer vision to detect connected regions in binary digital images, although color images and data with higher dimensionality can also be processed.^[P] When integrated into an image recognition system or human-computer interaction interface, connected component labeling can operate on a variety of information.^[P] Blob extraction is generally performed on the resulting binary image from a thresholding step, but it can be applicable to grayscale and color images as well. Blobs may be counted, filtered, and tracked.

Blob extraction is related to but distinct from blob detection.

Contents [hide]

- 1 Overview
- 2 Definition
- 3 Algorithms
 - 3.1 One component at a time
 - 3.2 Templates
- 4 Graphical example of two-pass algorithm

[illegible]

48