

Elaborazione e Analisi delle Immagini

Giuseppe Bellisano

30 novembre 2016

Indice

1	Image segmentation	2
1.1	Cosa è l'immagine segmentation?	2
1.2	Quanti tipi di segmentazione abbiamo?	2
1.3	In quali campi viene utilizzata la segmentazione?	2
1.4	Quali sono i metodi utilizzati per la segmentazione?	3
1.5	Cosa si intende con Approccio Globale: Gray level thresholding?	3
1.6	Quale è l'idea alla base del gray level thresholding con due elementi (mode) da separare?	3
1.7	Quale è l'idea alla base del gray level thresholding con tre elementi (mode) da separare?	4
1.8	Nel gray level thresholding quanti e quali tipi di soglia possiamo avere?	4
1.9	Il thresholding applicato ad immagini con rumore e variazioni di luminosità: cosa cambia?	4
1.10	Cosa è il single global threshold e quando si applica?	4
1.11	Quali sono le caratteristiche del single global threshold?	5
1.12	Qual è l'algoritmo Matlab per il global thresholding?	5
1.13	Cosa è l'Optimum global thresholding o metodo Otsu?	6
1.14	Come funziona il metodo Otsu?	6
1.15	Spiegare le sogliature multiple	8
1.16	Illustra il metodo Otsu in Matlab	8
1.17	Tecniche per migliorare il global thresholding	9
2	Image processing con Matlab	10
2.1	Ridimensionamento	10
2.2	Trasformazioni geometriche	10
2.3	Rumore	11
2.4	Smoothing con thresholding	11

Capitolo 1

Image segmentation

1.1 Cosa è l'image segmentation?

La segmentazione è uno dei passi più importanti nell'analisi delle immagini processate

Il suo scopo è quello di **dividere** l'immagine in parti che hanno una forte correlazione con oggetti o aree che si trovano nel mondo reale.

1.2 Quanti tipi di segmentazione abbiamo?

Abbiamo due tipi di segmentazione:

1. **Segmentazione Completa** in cui le regioni corrispondono direttamente con gli oggetti dell'immagine in ingresso. In pratica ogni elemento dell'immagine viene riconosciuto e isolato. Per ottenere questo risultato è necessario avere informazioni di processing di alto livello (high level processing) da utilizzare per comprendere il dominio del problema da risolvere (che ci permette di riconoscere gli oggetti/regioni)
2. **Segmentazione Parziale** in cui le regioni/segmenti di immagini non corrispondono direttamente con gli oggetti reali rappresentati nell'immagine. In questo caso l'immagine è divisa in regioni omogenee secondo una determinata proprietà scelta (colore, texture, riflettività).

La segmentazione parziale è seguita da un ulteriori processi sino ad arrivare all'immagine finale di segmentazione che può essere trovata grazie all'aiuto di informazioni di alto livello.

1.3 In quali campi viene utilizzata la segmentazione?

Ecco alcune delle problematiche più comuni che possono essere risolte con la segmentazione:

- ottenere dati da immagini ambigue

- rumore nelle informazioni
- ottenere oggetti con discreto contrasto su di uno sfondo uniforme
- semplici lavori di raggruppamento come cellule del sangue, caratteri stampati

In generale è difficile ottenere una corretta e completa segmentazione; per questo spesso si utilizza una segmentazione parziale come input in un processo di alto livello.

1.4 Quali sono i metodi utilizzati per la segmentazione?

- Thresholding (Approccio Globale) che si basa sull'istogramma di alcune caratteristiche dell'immagine come il **gray level thresholding** o **soglia del livello di grigio**. Si ricercano i toni soglia che separano oggetti differenti nell'immagine. E' il metodo più semplice e veloce
- Segmentazione basata sugli Edge in cui si cercano i contorni degli oggetti basandosi sulla discontinuità dei toni, cioè sugli edge
- Segmentazione basata sulle Regioni in cui si ricercano le regioni, cioè degli oggetti uniformi secondo un certo criterio (stesso tono di grigio, o tono di grigio che si differenzia al massimo di una certa soglia)
 - region growing
 - region splitting and merging

1.5 Cosa si intende con Approccio Globale: Gray level thresholding?

E' il sistema più semplice a livello concettuale di segmentazione e per questo è anche il sistema più efficiente computazionalmente e veloce.

Esso viene applicato alle immagini che contengono regioni o oggetti con un costante livello di riflettività o assorbimento di luce. Si sfrutta questa caratteristica per partizionare l'immagine grazie ai valori di intensità e/o alle proprietà di questi valori.

1.6 Quale è l'idea alla base del gray level thresholding con due elementi (mode) da separare?

1. Si supponga di avere un istogramma di intensità di una immagine $f(x,y)$ che è composta da un oggetto bianco (level 255) e di uno sfondo scuro (level 0) e che si voglia estrarre l'oggetto dallo sfondo.

2. Inizialmente si seleziona una soglia T con cui si ottiene l'immagine segmentata $g(x, y)$:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se } f(x, y) > T \\ 0 & \text{se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

3. Se il valore di intensità dell'immagine è superiore a quello della soglia, si assegna a $g(x, y)$ il valore 1, altrimenti 0

1.7 Quale è l'idea alla base del gray level thresholding con tre elementi (mode) da separare?

- Maggiore è il numero di elementi (mode), più complessa sarà la segmentazione. Esaminiamo il caso di una immagine con due oggetti chiari posti su uno sfondo scuro.
- L'immagine segmentata risultante $g(x, y)$ sarà:

$$g(x, y) = \begin{cases} a & \text{se } f(x, y) > T_2 \\ b & \text{se } T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ c & \text{se } f(x, y) \leq T_1 \end{cases}$$

dove a , b , c sono tre diversi valori di intensità e T_1 e T_2 sono due differenti valori di soglia.

1.8 Nel gray level thresholding quanti e quali tipi di soglia possiamo avere?

Possiamo avere due tipi di soglia:

1. Soglia Globale
2. Soglia Variabile, che si divide in soglia locale o regionale

1.9 Il thresholding applicato ad immagini con rumore e variazioni di luminosità: cosa cambia?

Esaminando l'istogramma dell'immagine si nota che questo subisce delle variazioni a seconda che l'immagine si affetta da rumore o una intensità variabile.

1.10 Cosa è il single global threshold e quando si applica?

Il single global threshold si applica a quelle immagini in cui l'intensità degli oggetti e dello sfondo rende questi facilmente distinti. L'algoritmo che si applica all'intera immagine si basa sui seguenti passi:

1. Si seleziona una soglia T
2. Si effettua la segmentazione dell'immagine usando la soglia T producendo due gruppi di pixel:
 - G_1 dato da tutti i pixel che hanno una intensità $\geq T$
 - G_2 dato da tutti i pixel che hanno una intensità $< T$
3. Si calcolano i valori di **intensità medi** m_1 e m_2 rispettivamente per i gruppi di pixel G_1 e G_2
4. Si determina un nuovo livello di soglia T secondo la formula:

$$T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$$

5. Si ripetono i passi dal 2 al 4 sino a quando la differenza tra i valori di T (delle successive iterazioni) è più piccolo rispetto al valore predefinito T_0

1.11 Quali sono le caratteristiche del single global threshold?

- E' un algoritmo semplice.
- Funziona bene nei casi in cui l'istogramma dell'immagine presenta delle campane (le mode) corrispondenti agli oggetti e allo sfondo separate da una valle.
- Il valore di soglia iniziale deve essere maggiore rispetto al minimo valore di intensità e minore rispetto al massimo valore di intensità nell'immagine.

1.12 Qual è l'algoritmo Matlab per il global thresholding?

Indicando con:

- f per l'immagine di input
- g per l'immagine di output
- T per la soglia

```

1 function [g]=iter_thresh(f)
2 T = 0.5 * (double(min(f(:)))+ double(max(f(:))));
3 flag = false;
4 while ~flag
5     g = f >= T;
6     Tnext = 0.5 * (mean(f(g)) + mean(f(~g)));
7     flag = abs (T - Tnext) < 0.5;
8     T = Tnext;
9 end

```

1.13 Cosa è l'Optimum global thresholding o metodo Otsu?

Meglio conosciuto come Metodo Otsu è un è un metodo di sogliatura automatica dell'istogramma nelle immagini digitali.

Viene definito come "ottimo" perché **massimizza la varianza tra le classi**. Un algoritmo di sogliatura (threshold) che fornisce la migliore separazione tra le classi in termini dei loro valori di intensità è il miglior threshold.

1.14 Come funziona il metodo Otsu?

- Si considerino:
 - $\{0, 1, 2, \dots, L-1\}$ siano gli L distinti livelli di intensità in una immagine
 - $M \times N$ sia la dimensione dell'immagine di M righe X N colonne
 - n_i indica il numero di pixel con intensità i
 - $MN = n_0 + n_1 + n_2 + \dots + n_{L-1}$
- l'istogramma normalizzato ha componenti $p_i = \frac{n_i}{MN}$ da cui segue:

$$\sum_{i=0}^{L-1} p_i = 1 \quad p_i \geq 0$$

- Selezionando e utilizzando una soglia $T(k) = k$ con $0 < k < L - 1$ con l-immagine di input, si ottengono le due classi C_1 e C_2 dove:
 - C_1 è la classe di tutti i pixel con valori di intensità compresi nel range $[0, k]$
 - C_2 è la classe di tutti i pixel con valori di intensità compresi nel range $[k + 1, L - 1]$
- Usando questa soglia, si può calcolare la *probabilità* $P_1(k)$ che un pixel appartenga alla classe C_1 :

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i$$

- La *probabilità* che il pixel invece appartenga alla classe C_2 è data da:

$$P_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} p_i = 1 - P_1(k)$$

- Il valore di *intensità medio* di tutti i pixel della classe C_1 è:

$$m_1(k) = \sum_{i=0}^k iP\left(\frac{i}{C_1}\right) = \sum_{i=0}^k iP\left(\frac{C_1}{i}\right) \frac{P(i)}{P(C_1)} = \frac{1}{P_1(k)} \sum_{i=0}^k ip_i$$

- Il valore di *intensità medio* di tutti i pixel della classe C_2 è invece:

$$m_2(k) = \sum_{i=k+1}^{L-1} iP\left(\frac{i}{C_2}\right) = \frac{1}{P_2(k)} \sum_{i=k+1}^{L-1} ip_i$$

- La *media complessiva* sino al livello k è data da:

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i$$

- Invece l'*intensità media* dell'intera immagine (**la media globale**) è data da:

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$$

- Inoltre valgono le seguenti:

$$P_1 m_1 + P_2 m_2 = m_G$$

$$P_1 + P_2 = 1$$

- Per valutare la bontà della soglia al livello k si usa la *metrica normalizzata*:

$$\eta = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_G^2}$$

- dove σ_G^2 è la **varianza globale** ed è *costante*:

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - m_G)^2 p_i$$

- dove σ_B^2 è la **varianza tra le classi** che indica la misura della *separabilità* tra le classi:

$$\sigma_B^2 = P_1(m_1 - m_G)^2 + P_2(m_2 - m_G)^2 = P_1 P_2 (m_1 - m_2)^2 = \frac{(m_G P_1 - m)^2}{P_1(1 - P_1)}$$

- (The farther the two means m_1 and m_2 are from each other the larger will be.)
- Poiché σ_G^2 è una costante ne consegue che η è una *misura della separabilità*. Inoltre massimizzare questa metrica, è identico a massimizzare σ_B^2
- l'obiettivo principale è determinare il valore k di soglia che massimizza la varianza di classe.
- Introducendo nuovamente k si ha:

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_G^2}$$

e

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_g P_1(k - m(k))]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]}$$

- La **soglia ottimale** è il valore k^* che massimizza $\sigma_B^2(k)$:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{0 \leq k \leq L-1} \sigma_B^2(k)$$

- Per trovare K^* si deve valutare questa equazione per tutti i valori interi di k e scegliere il valore che produce il massimo $\sigma_B^2(k)$
- Se il massimo esiste *per più di un valore di k* è consuetudine mediare i diversi valori di k per cui $\sigma_B^2(k)$ è massima.
- La metrica normalizzata η valutata per il valore di soglia ottimale $\eta(k^*)$ può essere utilizzata per ottenere una stima quantitativa della separabilità delle classi, che a sua volta fornisce un'idea della facilità di sogliatura di una data immagine. Il suo valore oscilla tra 0 e 1:
 - il valore più basso è ottenibile solo da immagini con un singolo livello di intensità costante
 - Il limite superiore invece è ottenibile solo dalle immagini 2-valori con intensità uguali a 0 e $L - 1$

1.15 Spiegare le sogliature multiple

Il metodo di Otsu può essere esteso ad un numero arbitrario di soglie in modo da valutare un diverso numero di classi.

Generalmente i metodi che utilizzano più di due soglie vengono risolte con più valori di intensità (colore).

Un altro metodo è quello di suddividere l'immagine in *rettangoli sovrapposti*

- questo sistema viene utilizzato per compensare i casi di illuminazione non uniforme
- i rettangoli vengono scelti di piccole dimensioni in modo che l'illuminazione da essi coperta, sia uniforme

1.16 Illustra il metodo Otsu in Matlab

La funzione *graythresh* di Matlab permette di calcolare una soglia utilizzando il metodo di Otsu.

1.17 Tecniche per migliorare il global thresholding

- Applicare lo smoothing all'immagine prima del thresholding: è una tecnica che si applica quando il rumore non può essere ridotto e come metodo di sogliatura si seleziona il global thresholding. Di seguito un esempio di codice Matlab.

```
1 f=imread('large_septagon_gaussian_noise_mean_0_std_50_added.  
   tif');  
   figure , imshow(f);  
3 figure , imhist(f);  
   T=graythresh(f);  
5 T=T*255  
   g=f>=T;  
7 figure , imshow(g);  
   filt=fspecial('average', [5 5]);  
9 ff=imfilter(f, filt);  
   figure , imshow(ff);  
11 figure , imhist(ff);  
   ylim([0 16000])  
13 T1=graythresh(ff);  
   T1=T1*255  
15 g1=ff>=T1;  
   figure , imshow(g1);
```

- Thresholding variabile attraverso il partizionamento dell'immagine. Di seguito un esempio di codice Matlab.

Capitolo 2

Image processing con Matlab

2.1 Ridimensionamento

comando: `imresize`

possibili domande:

- Leggere un'immagine e rimpicciolirla o farne lo zoom di un valore intero
- Leggere un'immagine e rimpicciolirla o farne lo zoom di un valore decimale con interpolazione lineare

2.2 Trasformazioni geometriche

In Matlab è possibile effettuare una trasformazione geometrica affine specificando la matrice di trasformazione T attraverso il comando *maketform*. Per effettuare la trasformazione si usa il comando *imtransform*.

comando: `maketform`, `imtransform`, `imrotate`, `impixelinfo` (`pixval`),

possibili domande:

- Effettuare la rotazione di un'immagine qualsiasi
- Confrontare il risultato con quello ottenuto mediante la funzione *imrotate*
- Leggere l'immagine di 'lena' e realizzare l'ingrandimento di una zona dell'immagine usando la matrice di trasformazione T la sezione da ingrandire è intorno all'occhio di lena. Per individuare la sezione e, quindi, avere informazioni sulla posizione dei pixel potete usare il comando *impixelinfo* o *pixval* (in base alla versione di Matlab più o meno recente).
- Fare degli esperimenti modificando il tipo di interpolazione e notate l'effetto di blocchettatura causa
- La combinazione di diverse trasformazioni affini è ancora una trasformazione affine, che può essere ottenuta tramite il prodotto (matriciale) delle matrici che le definiscono.

- Scrivere una funzione dal prototipo `function g=rot_dist(f, alfa, c)` per realizzare prima una rotazione e poi una distorsione verticale.
- Creare l'immagine di ingresso usando il seguente comando `f = checkerboard(40);` in modo da generare una scacchiera su cui le modifiche risultano essere più facilmente visibili.

2.3 Rumore

- Aggiungere del rumore gaussiano bianco ad un immagine `f` con il comando `noisy = f + n` con `n = d*randn(size(f))` dove **d** è la **deviazione standard del rumore**.
- Rimuovere il rumore dall'immagine con i filtri a media mobile (al variare della dimensione della finestra).
- Valutare l'efficacia del filtraggio sia visivamente sia calcolando l'errore quadratico medio tra `f` e l'immagine "ripulita".
- L'errore quadratico medio rappresenta una misura quantitativa per stabilire quanto l'immagine elaborata sia simile all'originale.
- L'MSE (Mean Squared Error) tra due immagini si definisce come:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} |f(m, n) - g(m, n)|^2$$

2.4 Smoothing con thresholding

- Consideriamo l'immagine 'telescopio.jpg', proveniente dal telescopio Hubble, in orbita intorno alla terra. Rilevare gli oggetti grandi realizzando le seguenti operazioni:
 - Visualizzare l'immagine
 - Applicare il filtro che effettua la media aritmetica su una finestra di dimensioni 15x15 e visualizzare il risultato
 - Applicare un'operazione a soglia per eliminare gli oggetti piccoli (considerare una soglia pari al 25 per cento del valore massimo presente nell'immagine filtrata)
 - Visualizzare il risultato dell'elaborazione

Indice analitico

Image segmentation, 1

Otsu, 5, 8

Glossario

trasformazione geometrica affine Esempi di affinità sono rotazioni, omote-
tie, traslazioni, rototraslazioni, riflessioni. Le affinità non sono necessaria-
mente isometrie, non preservano cioè angoli e distanze, mentre mantengono
sempre il parallelismo tra le rette..