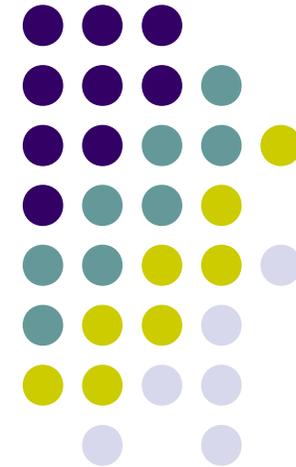


Segmentazione tramite Watershed

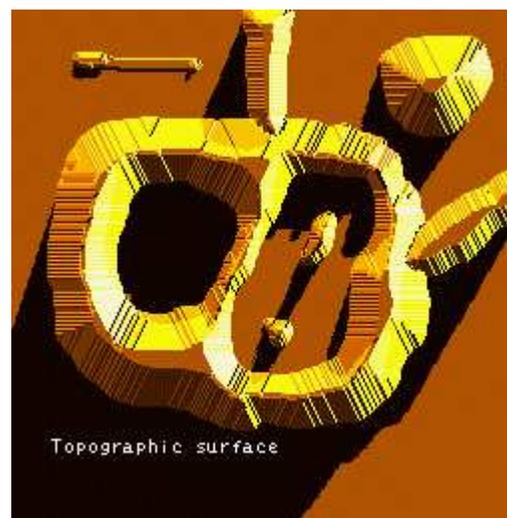
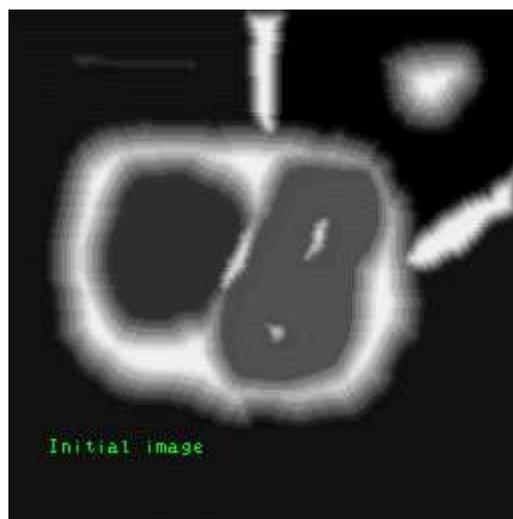
La trasformata Watershed
Marker-controlled Watershed





Watershed morfologica

- E' una tecnica di morfologia matematica.
- E' basata sul principio che ogni immagine in scala di grigio può essere considerata come una *superficie topografica* (una superficie tridimensionale definita sul piano dell'immagine ed avente l'intensità luminosa come terza dimensione).



F. Tortorella

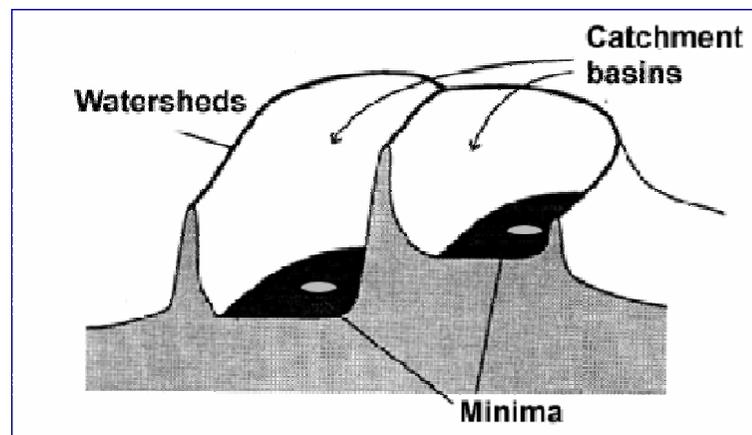
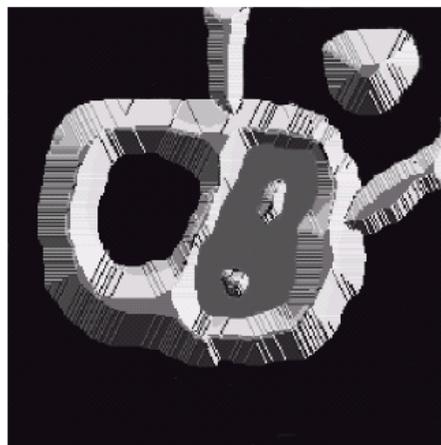
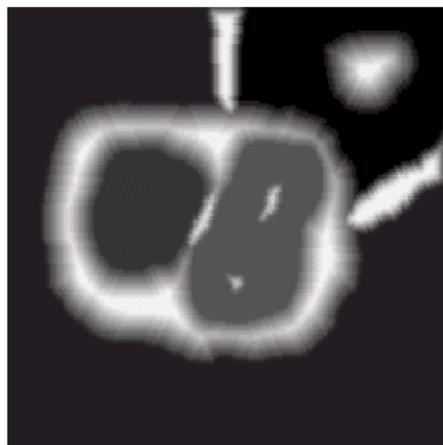
EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Watershed morfologica



- In tale interpretazione si identificano tre tipi di punti:
 - Punti appartenenti ad una regione di minimo
 - Punti in cui una goccia d'acqua scorrerebbe verso uno di tali minimi (bacino di raccolta, catchment basin o watershed)
 - Punti in cui l'acqua potrebbe scendere verso più di un minimo con uguale probabilità (linee di separazione, linee di watershed o watershed lines)



F. Tortorella

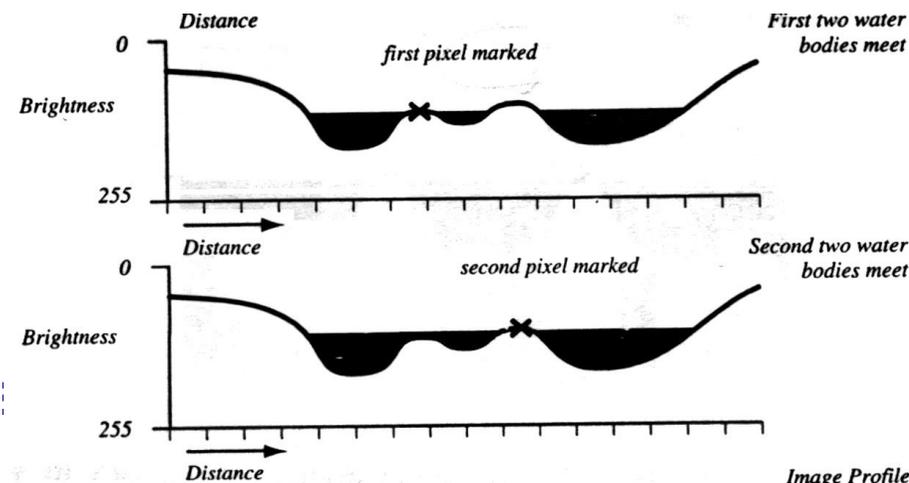
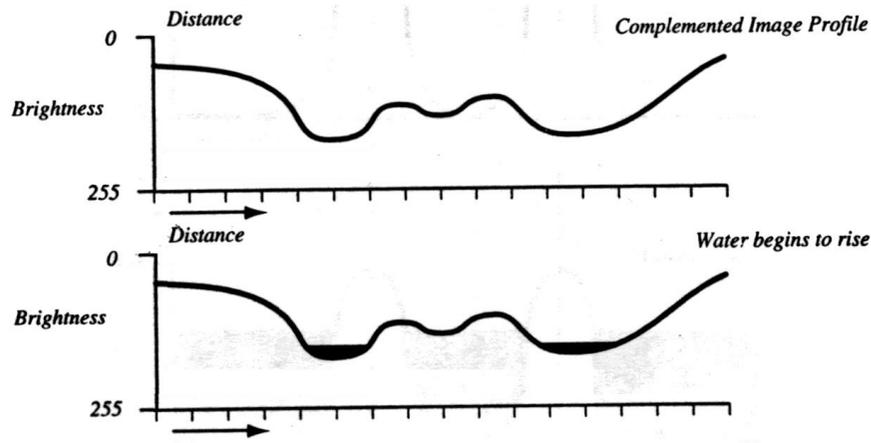
EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

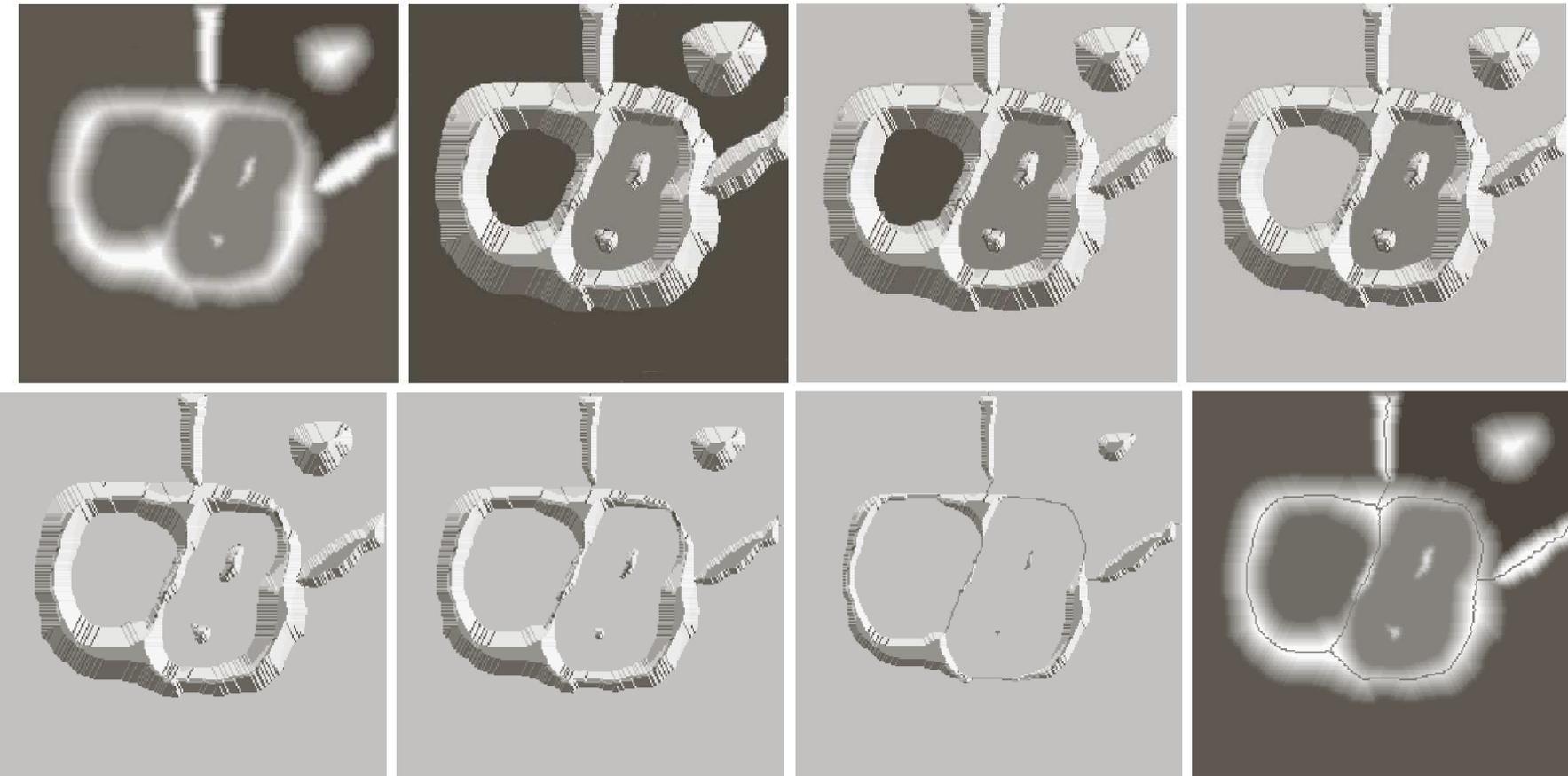
Segmentazione tramite watershed



- L'obiettivo è quello di individuare le linee di watershed sull'immagine.
- L'idea è semplice:
 - Supponiamo che ogni regione di minimo sia perforata e che l'intera topografia sia riempita facendo fluire l'acqua dal basso a velocità costante
 - Quando la salita dell'acqua sta per unire due distinti bacini adiacenti si costruisce una diga per evitare la fusione. L'insieme finale di tali dighe costituisce le linee di watershed.



Fasi dell'allagamento (flooding)



F. Tortorella

EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Trasformata Watershed: linee essenziali



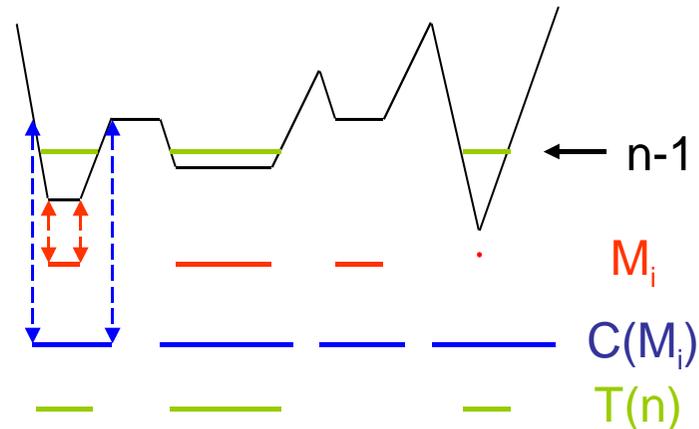
1. Vengono individuati tutti i pixel a valore minimo di luminosità: costituiscono le regioni iniziali
2. Per ogni livello di luminosità k a partire dal minimo:
 1. Per ogni gruppo di pixel di livello k :
 1. IF adiacenti ad una sola regione già esistente si aggregano a quella regione
 2. ELSEIF adiacenti a due regioni già esistenti si costruisce una diga
 3. ELSE costituiscono una nuova regione

Trasformata Watershed:

definizioni

- Sia $g(x,y)$ l'immagine originale.
- Siano M_1, \dots, M_R le coordinate delle regioni di minimo dell'immagine.
- Sia $C(M_i)$ l'insieme delle coordinate dei punti appartenenti al bacino di raccolta associato con la regione di minimo M_i
- Sia $T[n]$ l'insieme delle coordinate (s,t) dove $g(s,t) < n$.

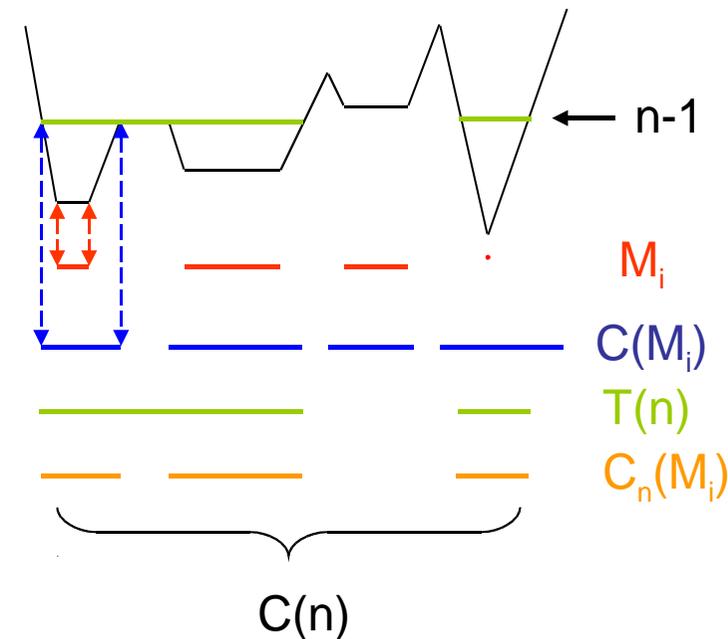
$$T[n] = \{(s,t) \mid g(s,t) < n\}$$



Algoritmo per la Trasformata Watershed



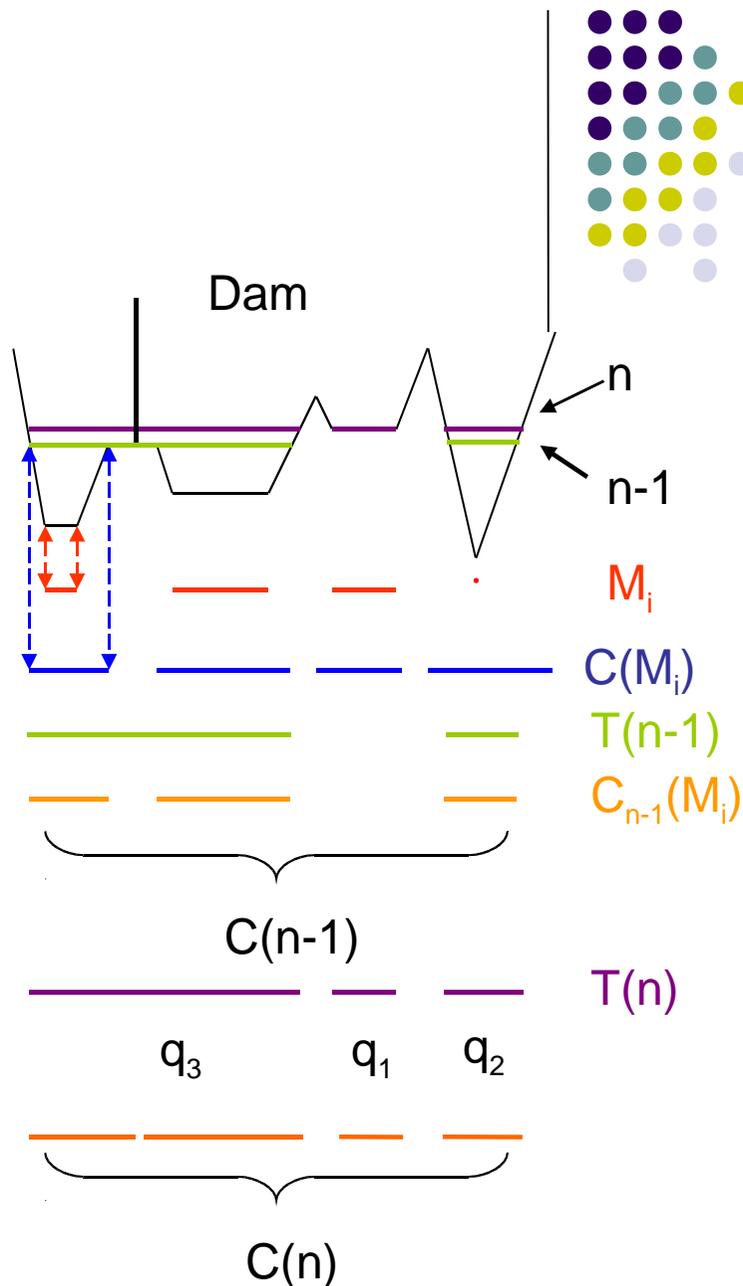
- La superficie topografica viene sommersa con incrementi unitari del livello da $n=\min+1$ fino a $n=\max+1$.
- Sia $C_n(M_i)$ l'insieme delle coordinate dei punti appartenenti al bacino di raccolta associato con la regione di minimo M_i che sono sommersi al passo n .
- $C_n(M_i)$ è una componente connessa che può essere espressa come $C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n]$.
- Sia $C[n]$ l'unione di tutti i bacini sommersi al passo n :



$$C[n] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i) \longrightarrow C[\max+1] = \bigcup_{i=1}^R C(M_i)$$

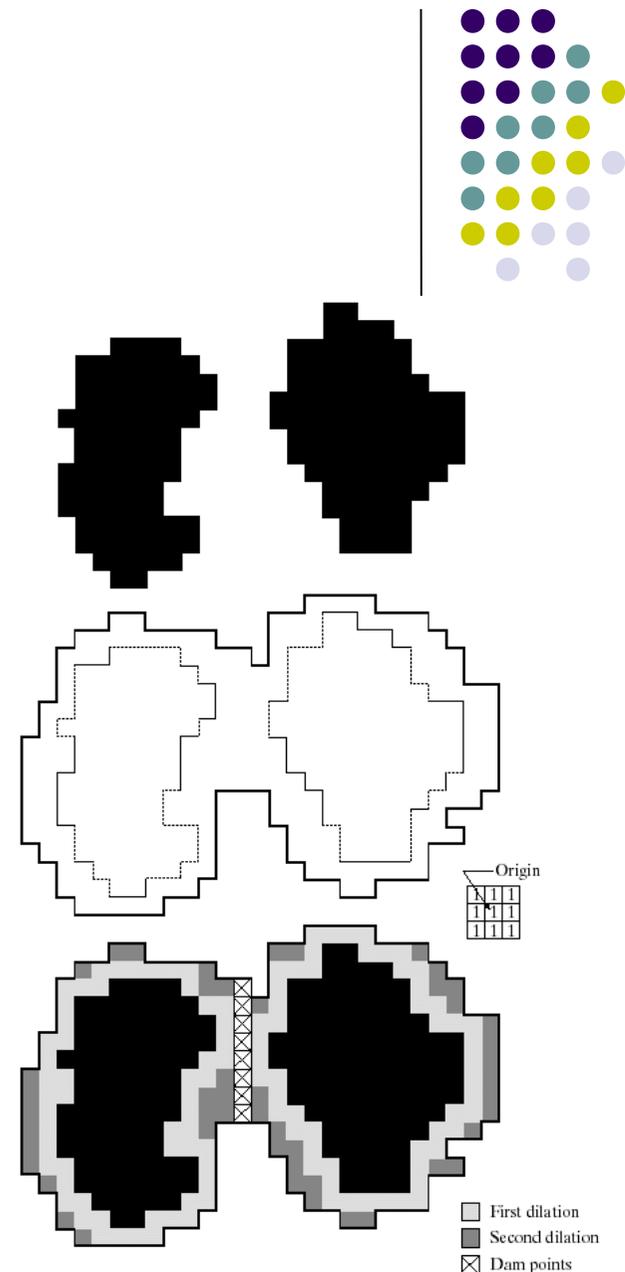
Algoritmo per la WT

- Inizializzazione: $C[\min+1]=T[\min+1]$.
- Costruisce $C[n]$ a partire da $C[n-1]$.
Per ogni componente connessa q in $T[n]$ ci possono essere tre possibilità.
- $q \cap C[n-1]$ è vuoto (q_1): q è unito a $C[n-1]$ per formare $C[n]$ (nuova regione)
- $q \cap C[n-1]$ contiene una componente connessa di $C[n-1]$ (q_2): q è unito a $C[n-1]$ per formare $C[n]$ (bacino presente)
- $q \cap C[n-1]$ contiene più componenti connesse di $C[n-1]$ (q_3): q appartiene ad una cresta che divide due bacini. Viene costruita una diga.
- Ripete finché $n=\max+1$.



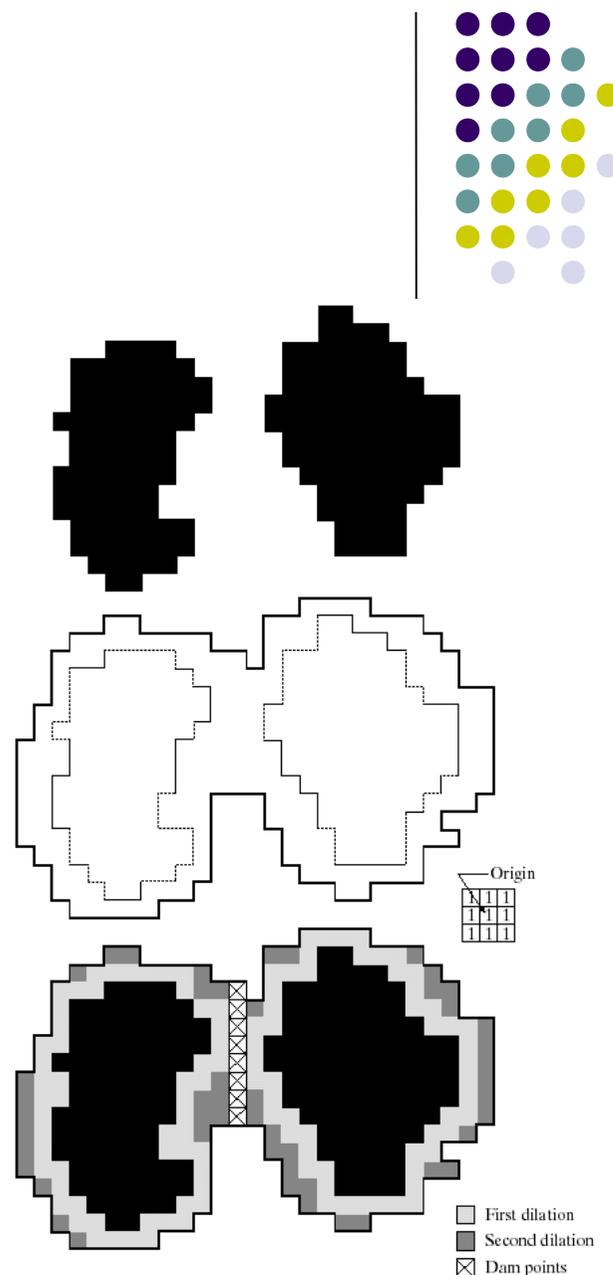
Costruzione della diga

- Al passo $n-1$, sono presenti due componenti connesse che si fondono in una sola (sia q) al passo n .
 - Al passo n i due bacini si sono uniti
 - E' necessario separare con una diga le due componenti
- Si applicano successive dilatazioni a $C_{n-1}(M_1)$ e $C_{n-1}(M_2)$ tramite lo S.E. 3×3 con la condizione che ciascuna dilatazione sia limitata entro q .



Costruzione della diga

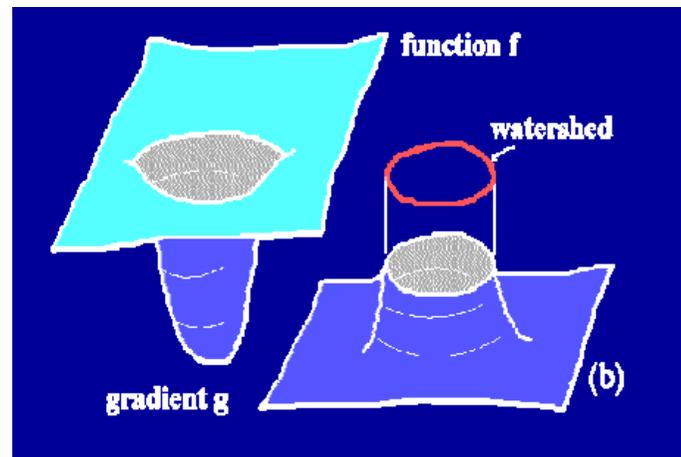
- La diga è costituita da quei punti su cui “si incontrano” le dilatazioni che provengono dalle componenti connesse.
 - Formano un path connesso di spessore unitario
- Ad ogni pixel del path viene assegnato un livello di grigio maggiore del massimo livello nell’immagine (di solito $\max+1$)



Uso della trasformata Watershed



- La trasformata Watershed si applica alla segmentazione di regioni che si distinguono tramite i livelli di grigio che comprendono.
- In questo caso, si considera il gradiente dell'immagine originale che fornisce informazioni sulla disposizione dei bordi.

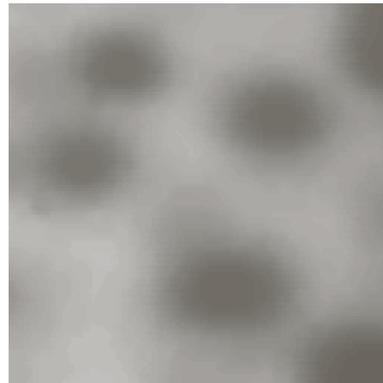


Uso della trasformata Watershed

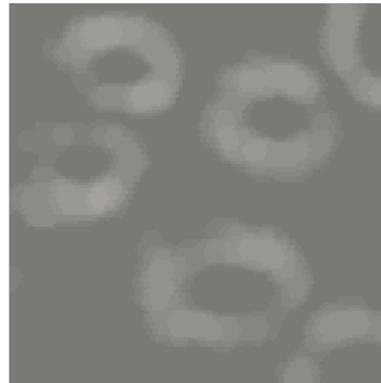


Sembra funzionare ...

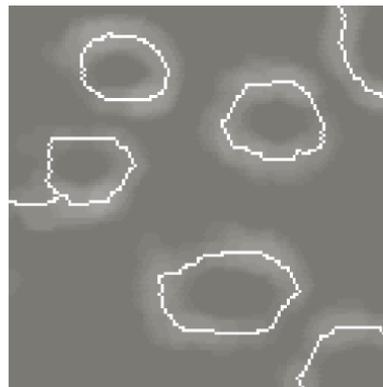
Immagine
originale



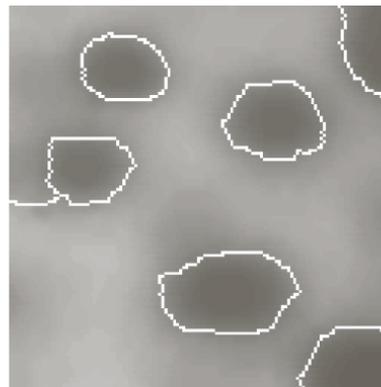
Gradiente



Watershed sul
gradiente



Watershed
sovrapposta
all'immagine

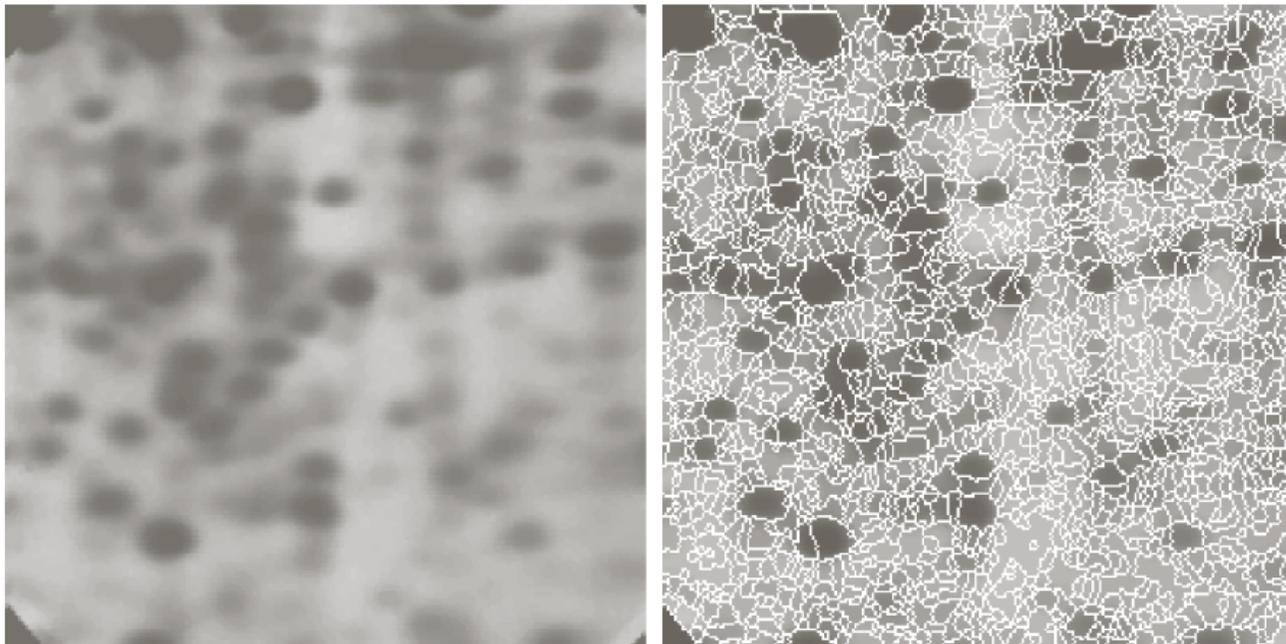


I bacini corrispondono a regioni in scala di grigio omogenee nell'immagine.

Uso della trasformata Watershed



Problema dell'*oversegmentation*



Problema dell' oversegmentation



- La segmentazione eccessiva è dovuta al fatto che ogni minimo regionale diventa il centro di un bacino.
- Non tutti i minimi regionali, però, sono della stessa importanza: alcuni di loro sono prodotti dal rumore o da dettagli dell'immagine non significativi.

Problema dell'oversegmentation



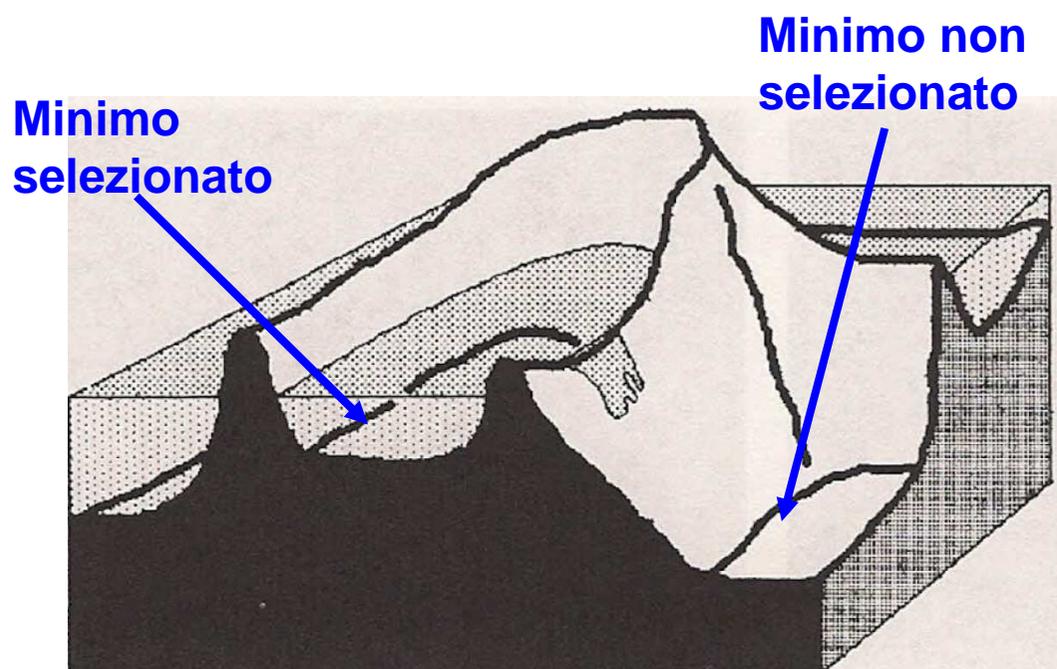
- Per evitare questo effetto, sono necessarie ulteriori informazioni.
- Supponiamo di poter stimare prima dell'immersione quali minimi appartengano agli oggetti e quali al background.
- In tal caso potremmo “bucare” solo questi minimi e poi cominciare l'immersione.
- Il resto dell'algoritmo rimane invece invariato.

Marker-controlled Watershed



- I bacini di raccolta che corrispondono a minimi non selezionati vengono riempiti per tracimazione dei bacini vicini e non vengono costruite dighe.

Le dighe costruite solo tra bacini corrispondenti a minimi selezionati (markers).

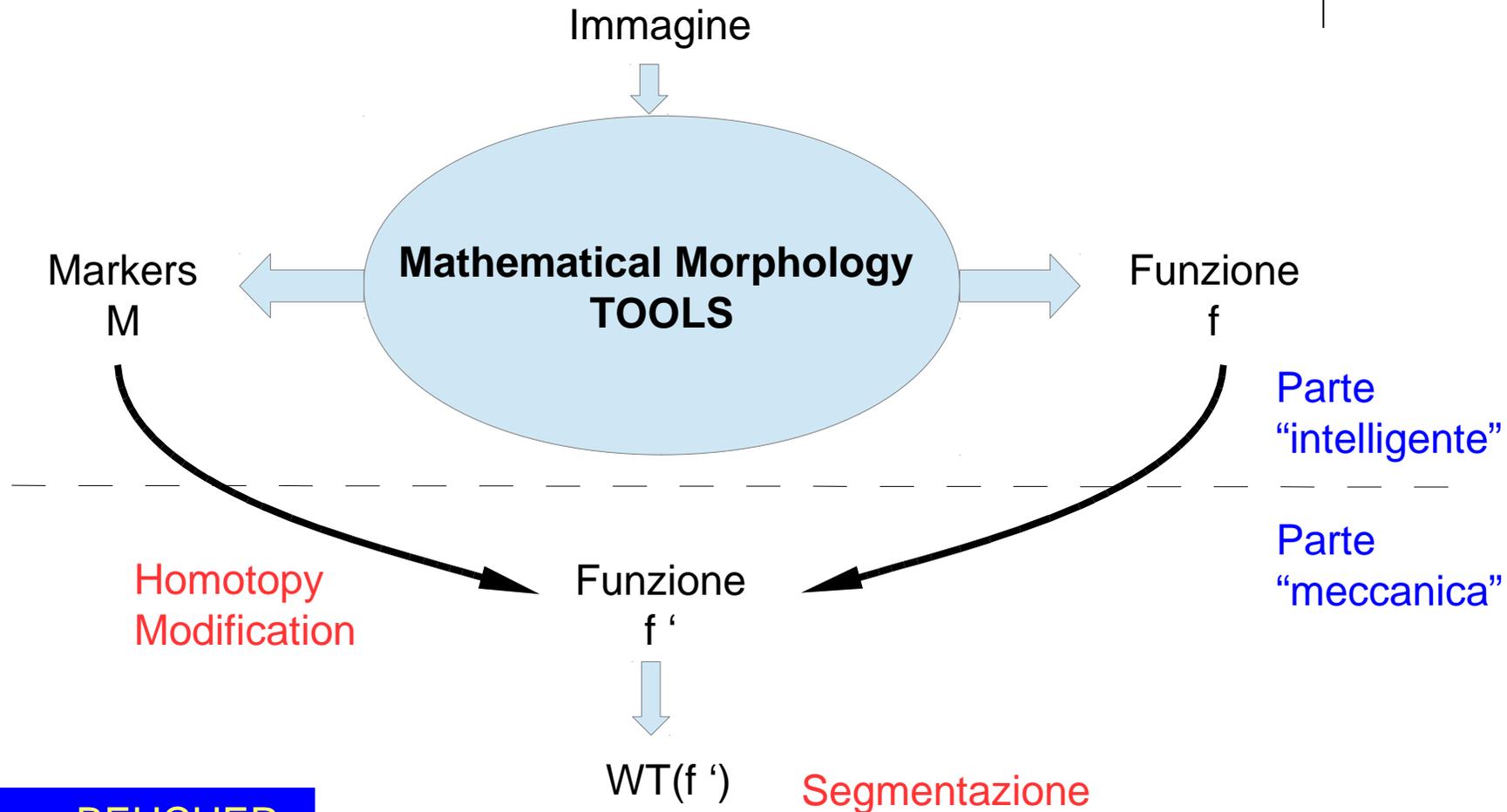


Segmentazione basata su watershed.



- I minimi scelti vengono definiti *marker*.
- Possono essere individuati a mano oppure in maniera automatica.
- Insieme ai marker, va scelta anche una trasformazione opportuna dell'immagine di partenza cui applicare l'algoritmo di watershed.
- Quindi la segmentazione è di fatto un processo a più passi

Il paradigma della segmentazione basato su WT



© Serge BEUCHER

F. Tortorella

EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Definizione della funzione criterio e dei marker

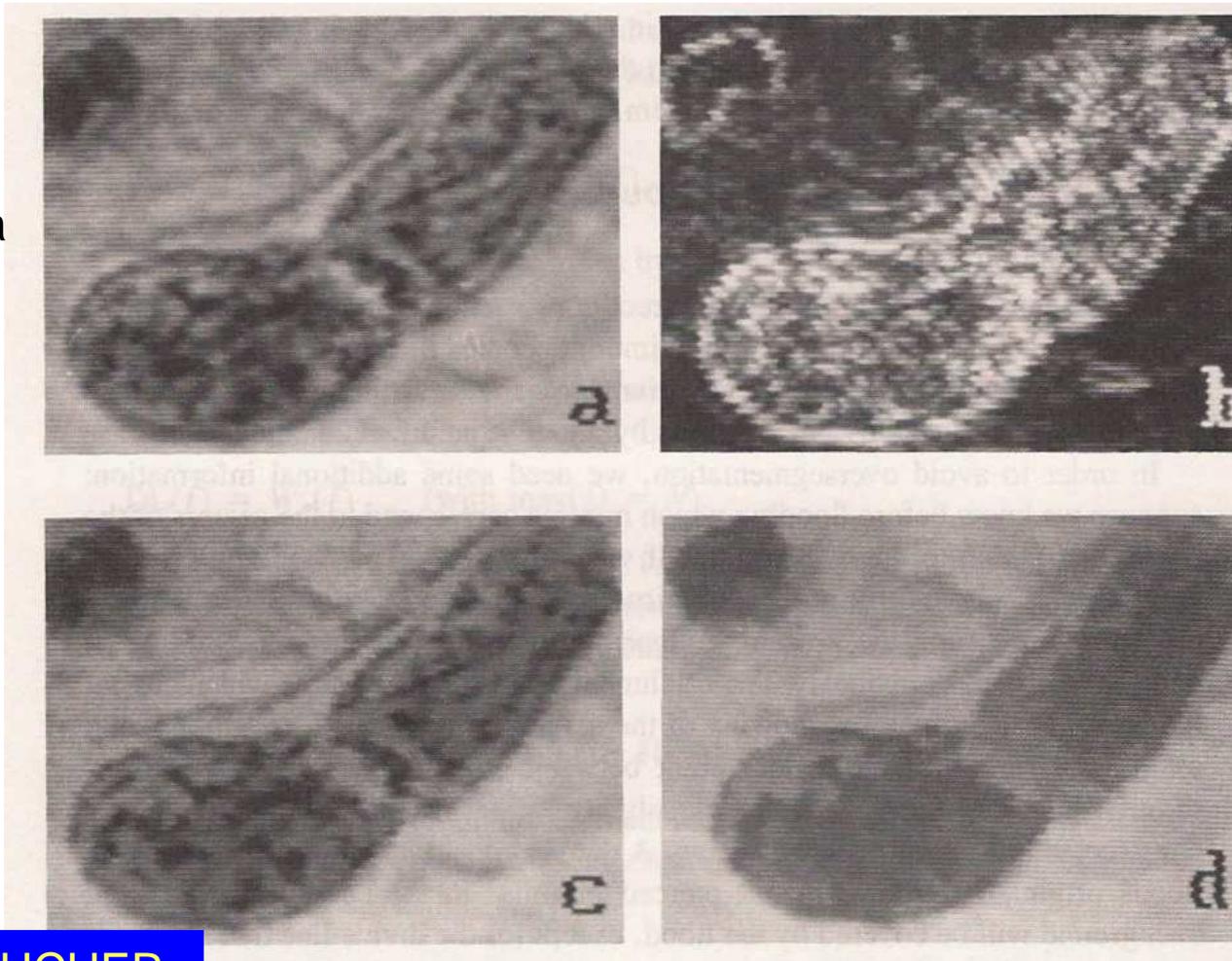


- La funzione f definisce il criterio che sarà usato per la segmentazione e sulla quale sarà applicata la trasformata watershed.
- I marker indicano le regioni e gli oggetti da estrarre nell'immagine.
- Nel caso di immagini in scala di grigio, si usano tipicamente criteri basati sul contrasto e quindi si definiranno funzioni che valutano le differenze tra pixel/regioni adiacenti quali:
 - Gradiente
 - Trasformata top-hat
- I marker sono costruiti in diversi modi. Spesso sono ottenuti dagli estremi (minimi o massimi) delle funzioni criterio o tramite approcci più sofisticati che impiegano tool morfologici (quali filtri o operatori geodetici).

Esempio: segmentazione di due nuclei



Immagine
di partenza



gradiente

opening

closing
(ASF)

© Serge BEUCHER

F. Tortorella

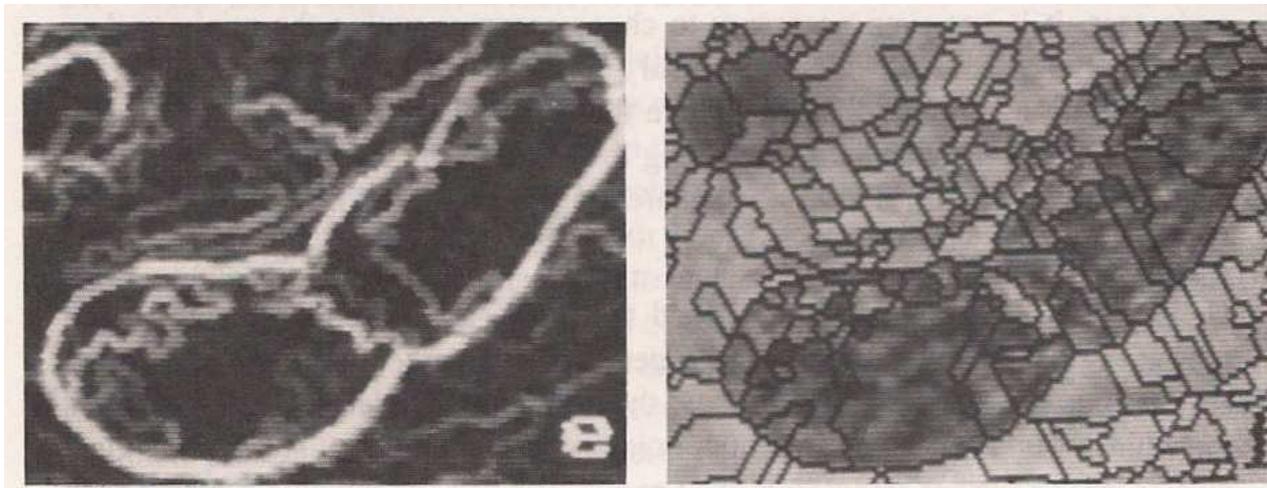
EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Esempio: segmentazione di due nuclei

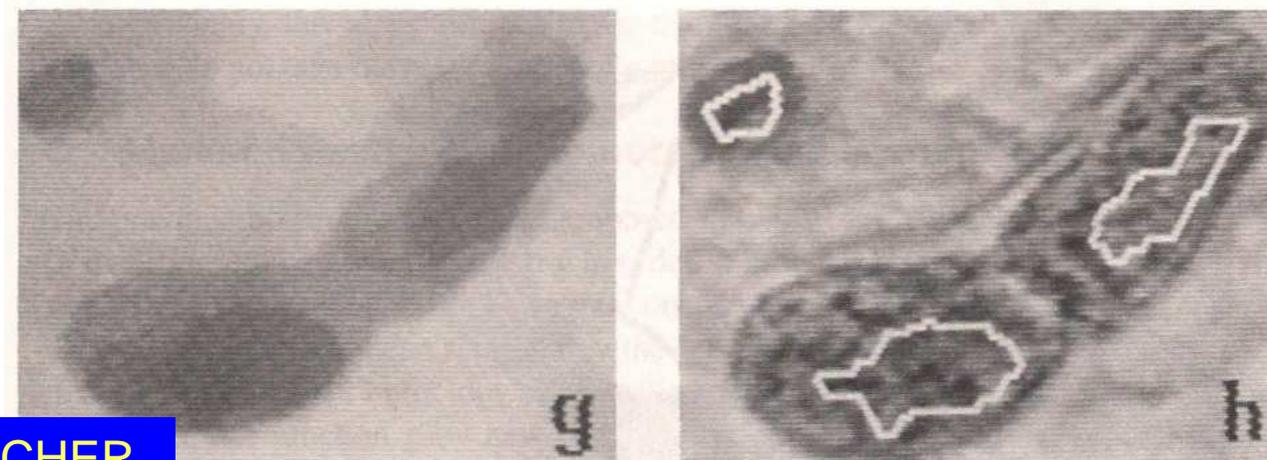


Gradiente
dell'immagine
filtrata



Watershed

Dilatazione+
closing
dell'immagine
filtrata



Trasformata
BTH

↓
Markers
interni

© Serge BEUCHER

F. Tortorella

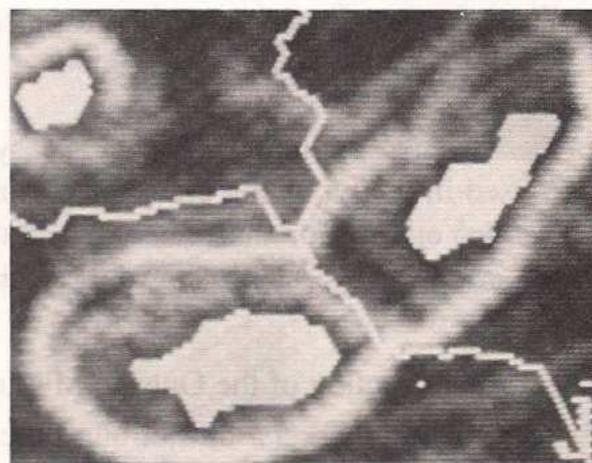
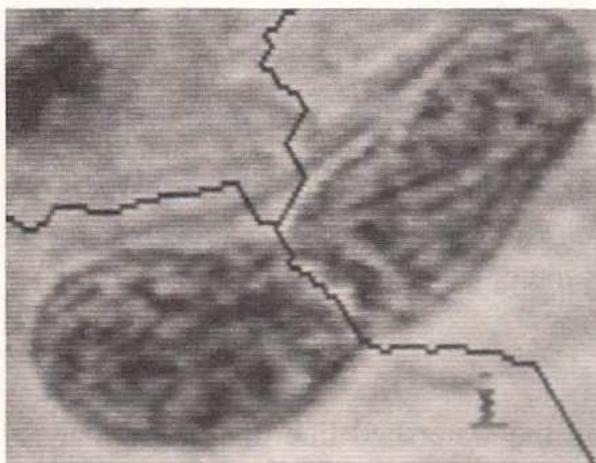
EIID 2012/2013

Università degli Studi
di Cassino e del L.M.

Esempio: segmentazione di due nuclei

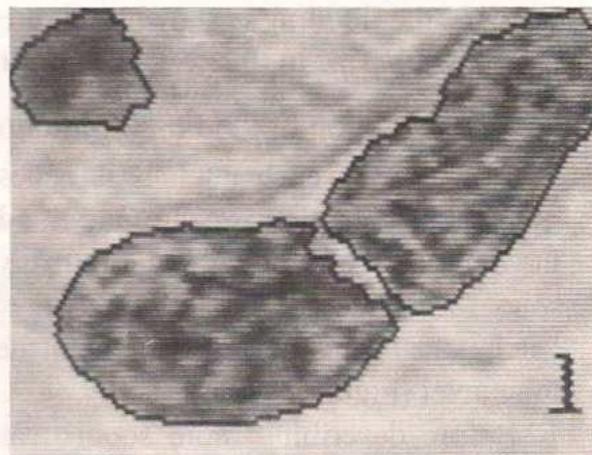
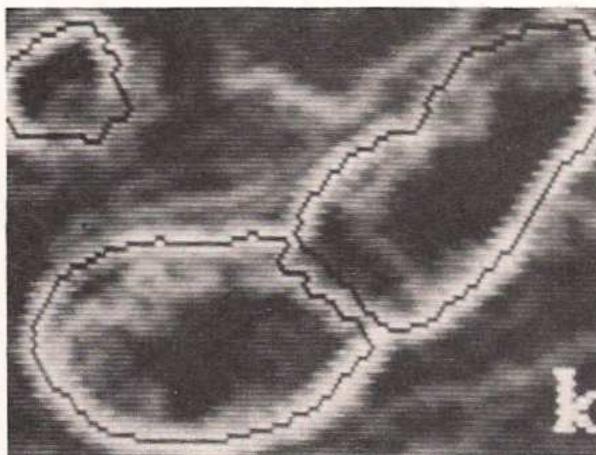


Watershed a partire dai marker interni
↓
Marker esterni



Marker interni
+
marker esterni sul gradiente

Watershed sul gradiente



Contorni sull'immagine

Definizione della funzione criterio e dei marker



- In altri casi (immagini con oggetti ben distinti dallo sfondo, ma eventualmente sovrapposti) non si utilizza un criterio basato sul contrasto, ma sulle caratteristiche della forma.
- Esempio: funzione distanza

Esempio: separazione di chicchi di caffè

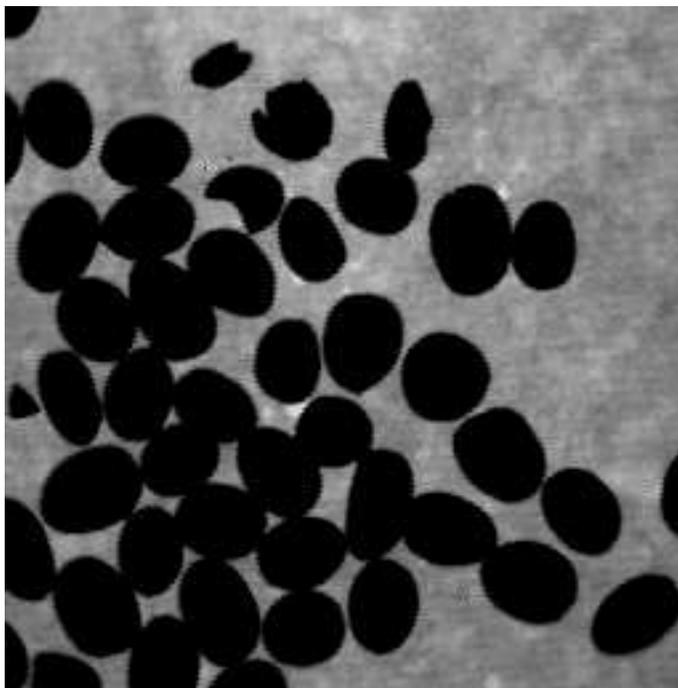
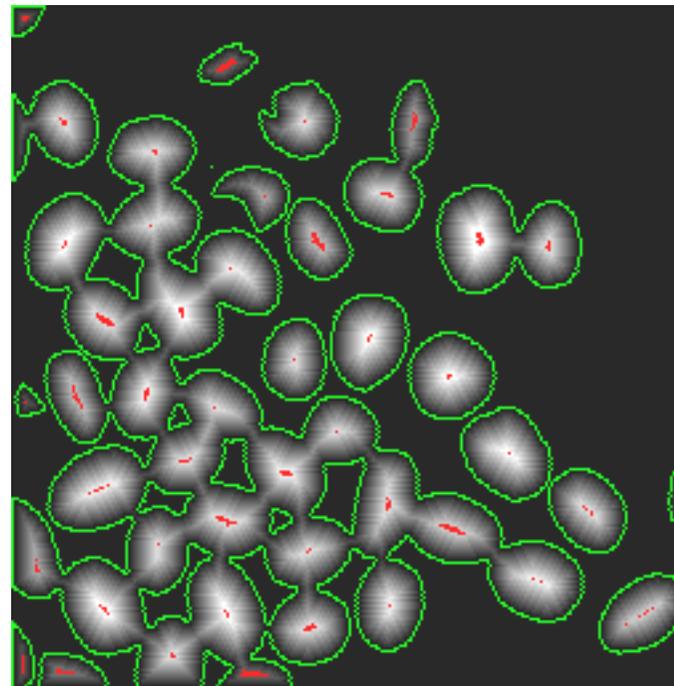
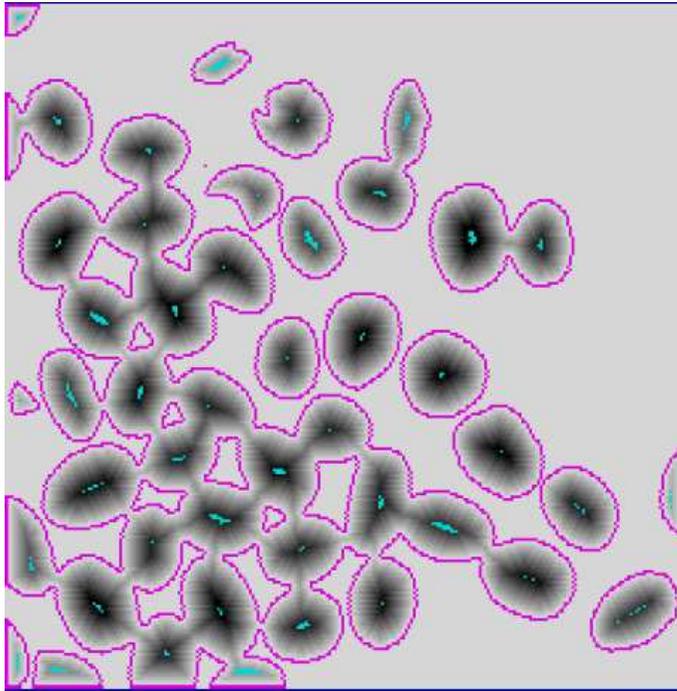


Immagine originale



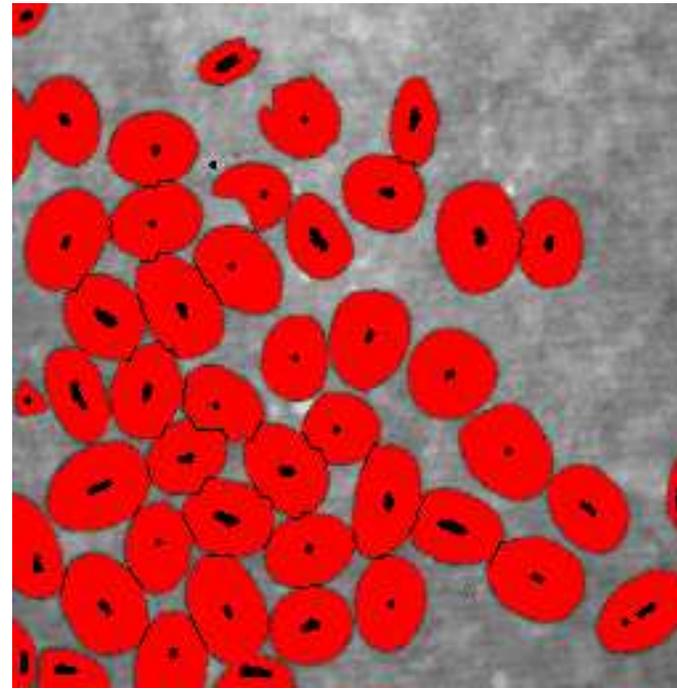
Funzione distanza
massimi \rightarrow marker interni

Esempio: segmentazione di chicchi di caffè



Marker-controlled watershed sull'inversa della funzione distanza
→ Marker esterni

F. Tortorella



Marker-controlled watershed sull'inversa della funzione distanza
(Marker interni + esterni)

EIID 2012/2013

**Università degli Studi
di Cassino e del L.M.**