

機器視覺

講座集 - 04

地區

惠永林

區域和邊緣

n理想情況下，區域以閉合輪廓為界

n我們可以“填充”閉合輪廓以獲得區域

n我們可以“追蹤”區域以獲得邊緣

n不幸的是，這些程序很少產生令人滿意的結果

結果



區域和邊緣

n圖像中的區域是一組具有相似屬性的連接像素n將圖像劃分為的兩種方法

regions n

基於區域的分割n值相似度和空間

接近度n如果兩個像素具有相似的強度值

或彼此接近，則可以將它們分配給同一區域

n使用邊緣檢測的邊界估計

n根據相鄰值之間的差異找到邊
像素

n大多數邊緣檢測器僅使用強度特性

區域和邊緣

n原則上，區域分割和邊緣檢測

應該產生相同的結果n可以使用邊
界從區域獲得邊緣

下列的

n區域可以使用區域填充n從邊緣獲得（參見上一章）

Region Segmentation n 區域

分割就是分區 R_1, R_2, \dots, R_n 這樣
 $n \in$

$$R_i = \bigcup_{n=1}^N R_i$$

$$\bigcup_{j=1}^N R_j = \mathcal{A} \text{ 如果 } i \neq j$$

$$P(R_i) = \text{TRUE}$$

$P(R_i \neq R_j) = \text{FALSE}$, $i \neq j$, R_i adjacent R_j n P 是
 評估相似性的函數

區域中的像素（或同質性謂詞） n 灰度到二值圖像的
 轉換是一個簡單的分割（分成兩組）

2023 年 3 月 30 日

分割方法n閾值n關於圖像或其部

分的全局知識通

常由圖像特徵的直方圖表示

n也稱為基於直方圖的分割n基於邊緣
的n基於圖像

中的邊緣信息n使用邊緣檢測算子n基於區域的
n直接構造區域n區域生長

方法

自動閾值

n自動閾值化使用知識來選擇合適的閾值**n**對象的強度
特徵**n**對象的大小**n**對
象佔據圖像的分數**n**出現在圖像
中的不同類型對象
的數量

圖像

n自動閾值分析圖像中的灰度值分佈**n**使用灰度值的
直方圖

Thresholding

n灰度閾值化是最簡單的分割

過程**n**物

體或圖像區域的特徵在於其表面的恆定反射率**n**亮度常數
或閾值可以確定為

分割對象和背景**n**計算成本低且**速**

度快**n**閾值處理是將輸入圖像f轉換為輸出

(分割的)二值圖像g，如下所示： $(i, j) = 1 \text{ for } f(i, j) > T$

$$\text{於 } f(i, j) = 1 \text{ for } f(i, j) > T$$

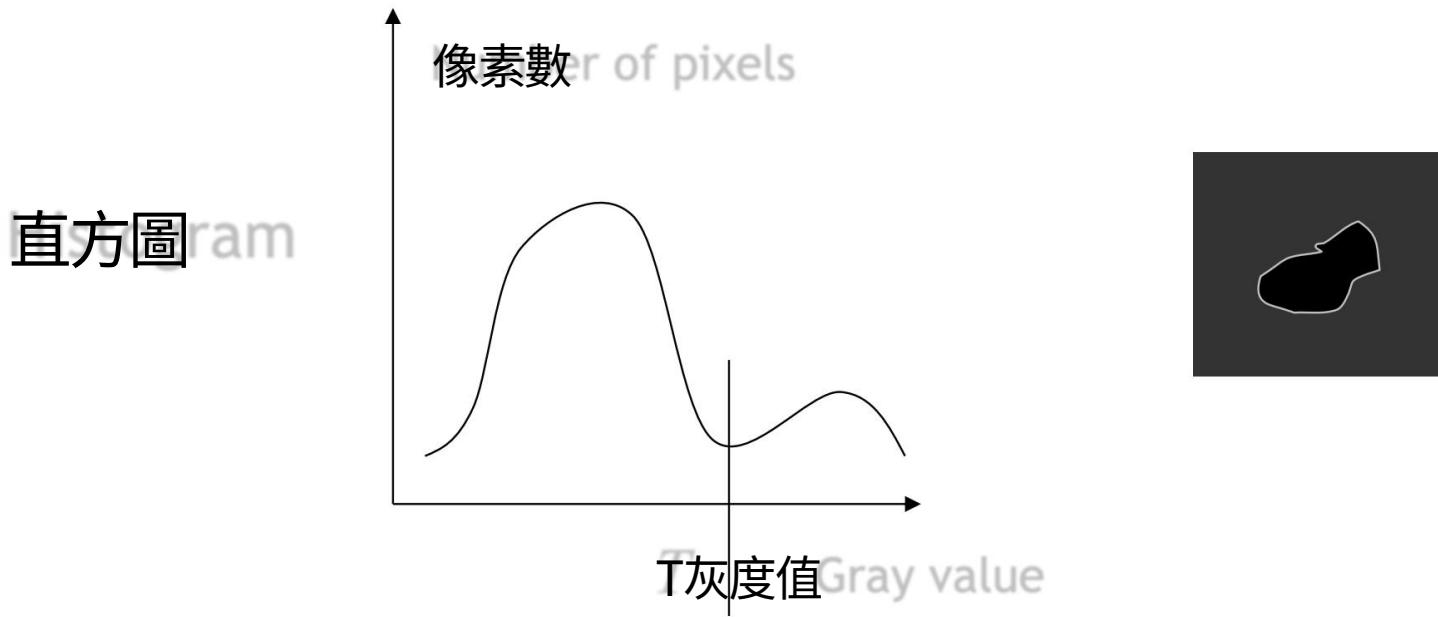
$$= 0 \text{ 其中 } T \text{ 是}$$

閾值，對於對像元素， $g(i, j) = 1$ ，對於背景元素， $g(i, j) = 0$

閾值

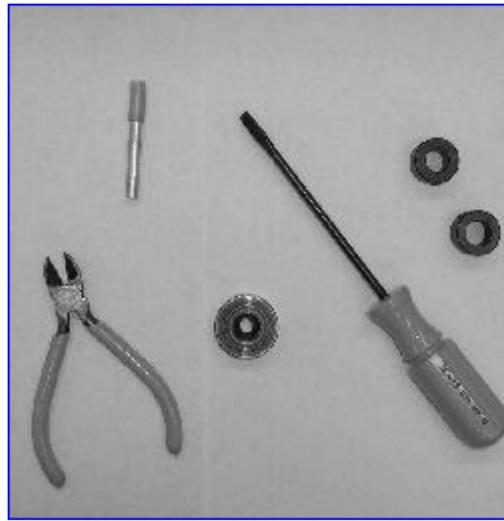
n算法 :基本閾值

搜索圖像 f 的所有像素 $f(i, j)$ 如果 $f(i, j) \geq T$ 則分割圖像的圖像元素 $g(i, j) = 1$ 是目標像素 ,否則 , 並且是背景像素

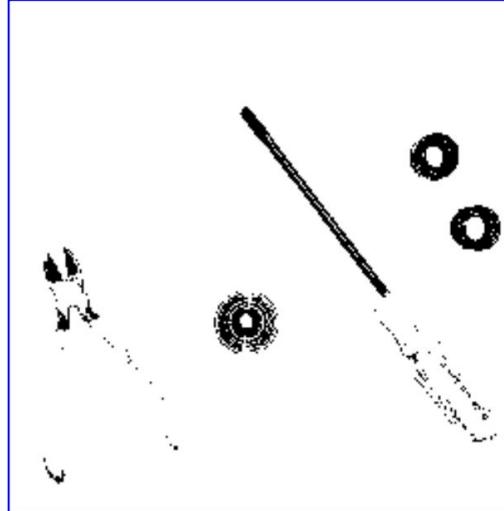


例子

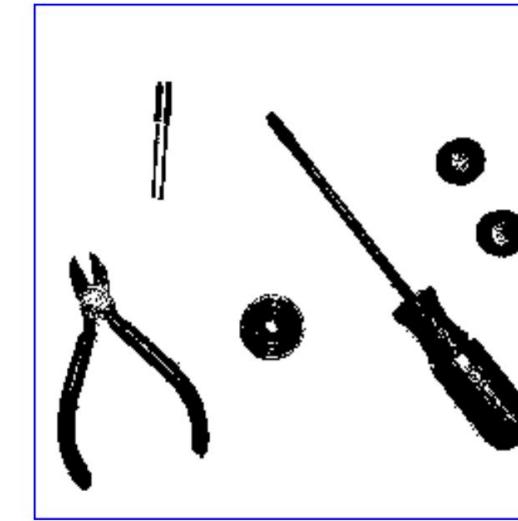
原圖



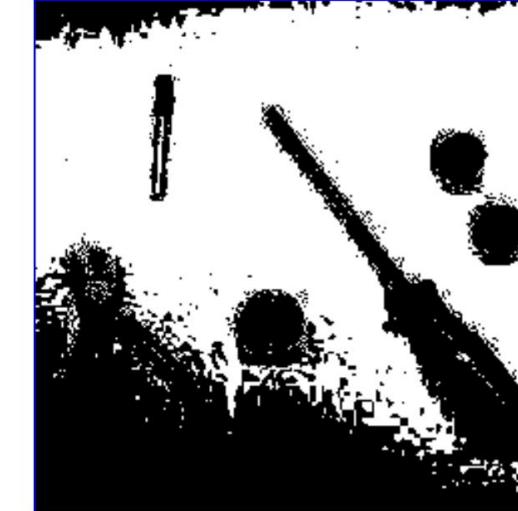
臨界點
太低



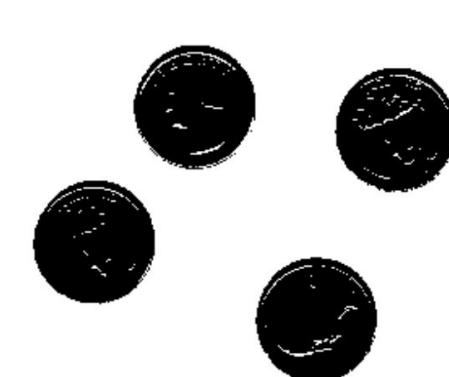
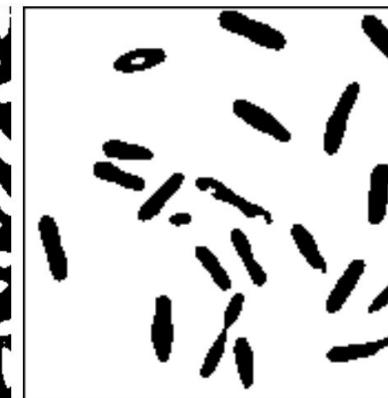
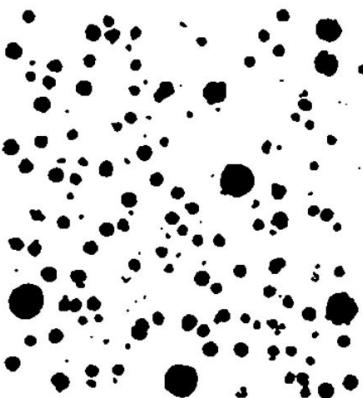
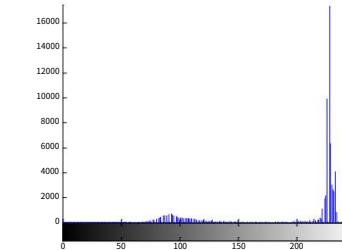
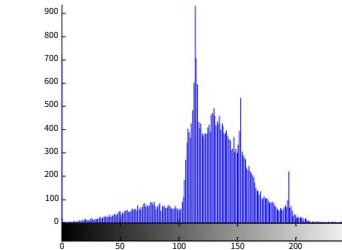
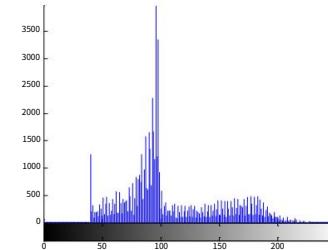
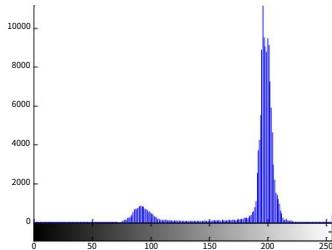
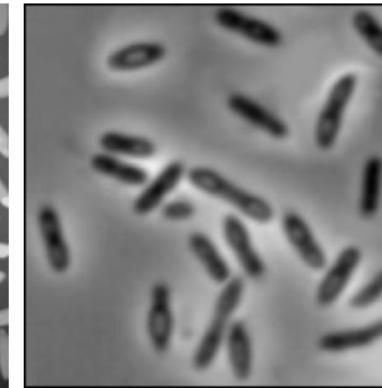
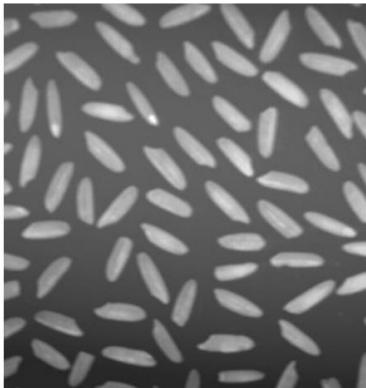
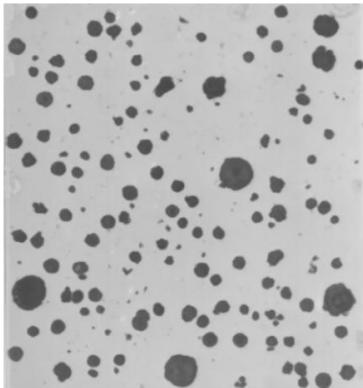
臨界點
分割



臨界點
太高



例子



如何找到閾值？

n手冊

n用戶定義閾值

n P-Tile

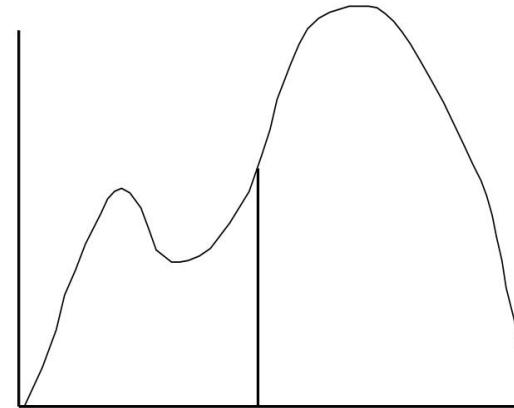
n模式

n峰值檢測

n迭代算法n其他自動方法

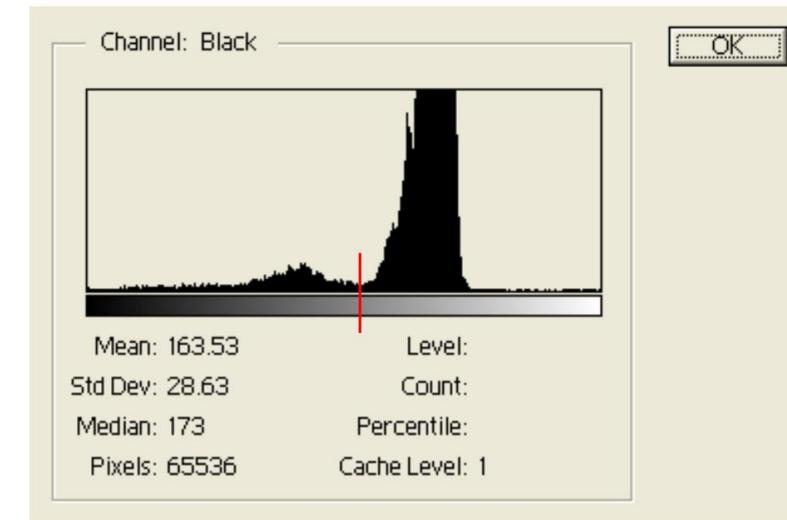
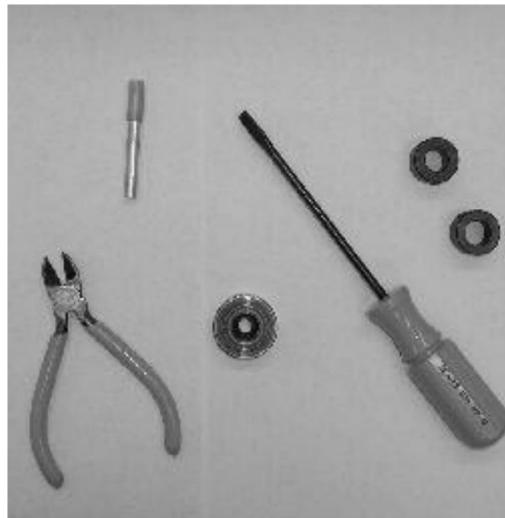
P-Tile 閾值

- n如果我們知道圖像中物體的比例（即物體的大小已知！），則對圖像進行閾值以選擇該像素比例
- n如果我們知道文本的字符覆蓋了工作表區域的 $1/p$ ，則打印的文本工作表可能是一個例子n選擇一個閾值T（基於圖像直方圖）使得圖像區域的 $1/p$ 的灰度值小於T，其餘灰度值大於T

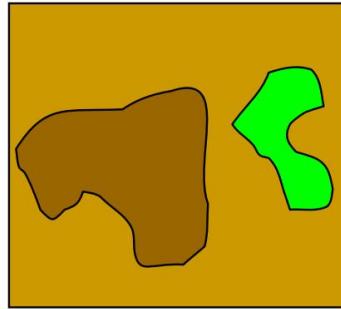


模式

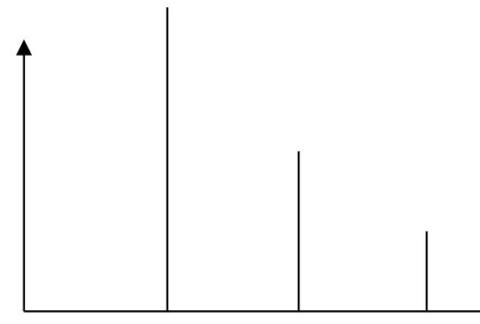
n基於直方圖形狀分析n直方圖之間的 最小閾值 山峰



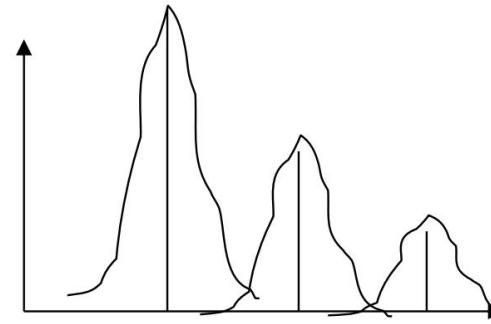
例子



理想直方圖:



米1 米2 米3 m_3



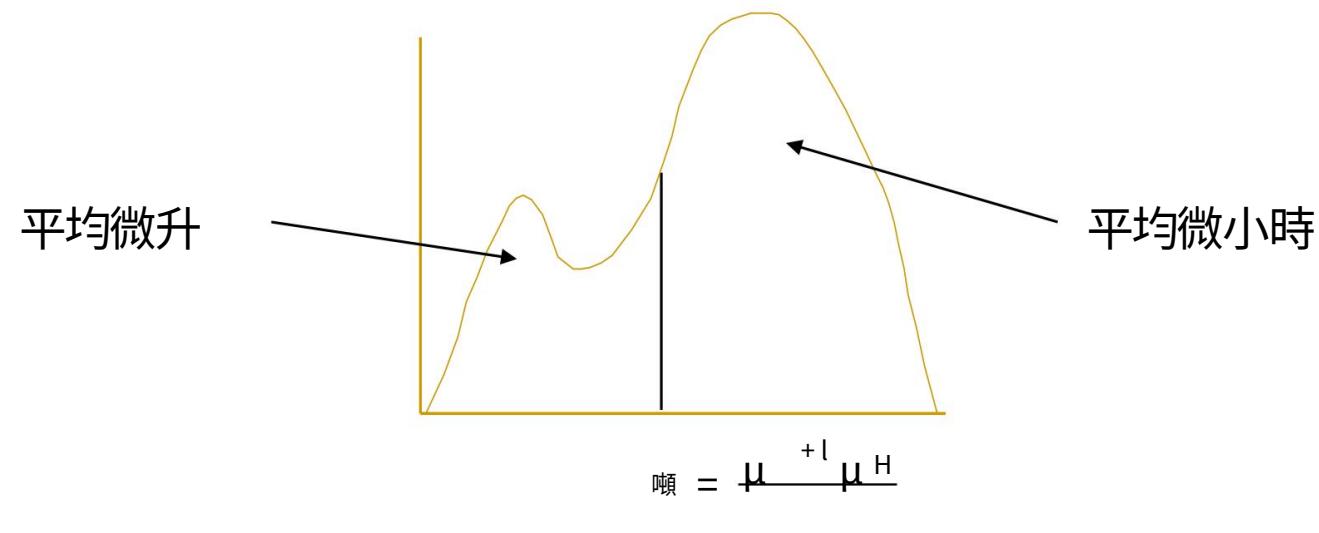
米1 米2 米3 m_3

山谷是分割區域
的好地方
Places for
thresholding to
separate regions

添加噪聲:

尋找高峰和低谷

n 找到一個閾值T使得



n 方法：

n 峰值檢測

n 迭代閾值選擇

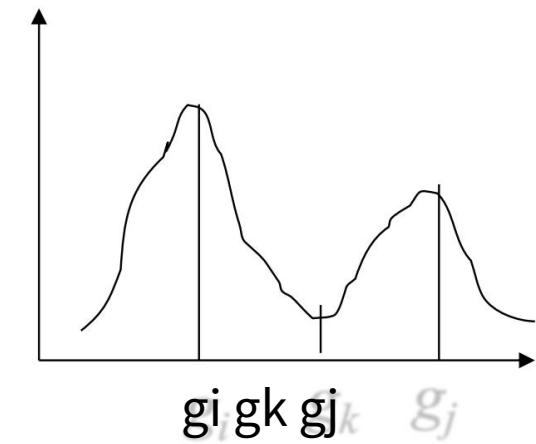
n 自適應閾值 n 可變閾值 n 雙閾值

峰度檢測算法n在直方圖中找到兩個相距最小

距離n的最高局部最大值假設它們出現在灰度值gi和gj
n找到直方圖中H之間的最低點gk

gi和gj n

求峰度，定義為 $\min(H(g_i), H(g_j))/H(g_k)$ n使用峰度最高的組合(g_i, g_j, g_k)對圖像n的閾值gk為一個很好的閾值來分離對應於gi和gj的對象



迭代閾值選擇

n迭代閾值選擇

n它從一個近似的閾值開始，然後連續細化這個估計n算法：迭代閾值

選擇

n選擇閾值T的初始估計

一個好的初始值是圖像的平均強度

n將圖像分成兩組，R1和R2，使用閾值T

n計算平均灰度值和R2 n選擇一個新的 $\mu_{1\text{個}}$ 和 $\mu_{2\text{個}}$ 分區R1
閾值T =

($\mu_1 + \mu_2$)/2 1+ n重複步驟 2-4 直到平均值 μ_1 μ_2

μ_1 和 μ_2 收斂

自適應閾值n自動閾值方案可能會

失敗，如果

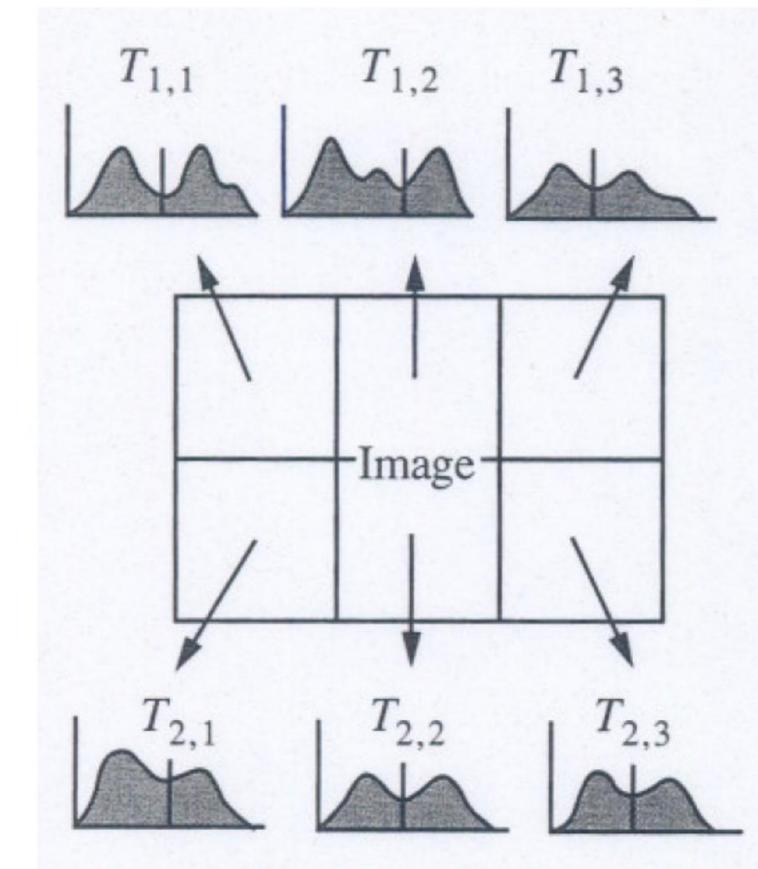
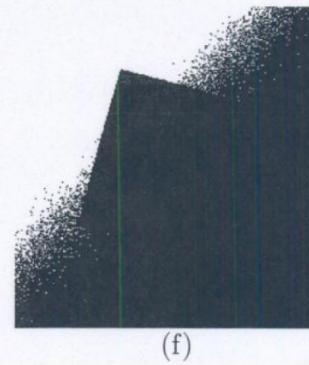
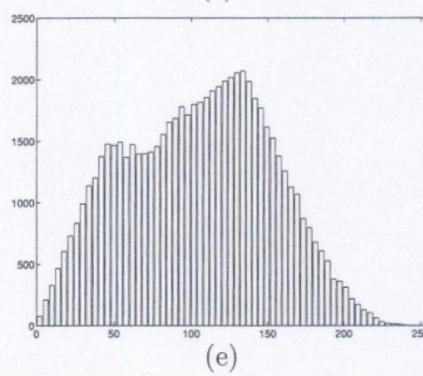
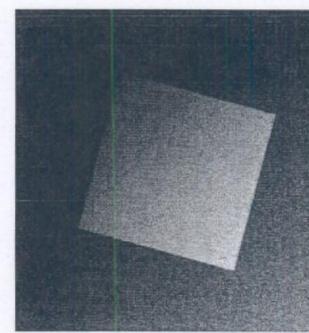
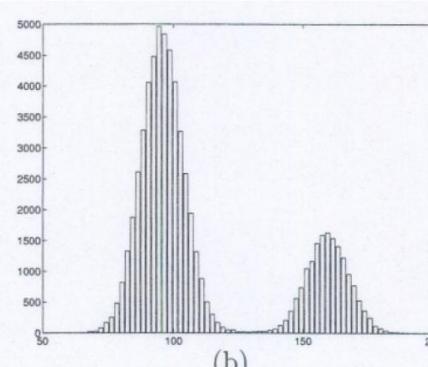
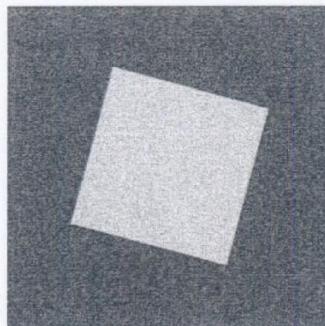
場景中的光照不均勻n相同的閾值

可能無法在整個圖像中使用n解決方案：

n將圖像劃分為子圖像n根據其特徵為
每個子圖像選擇（不同的）閾值
直方圖

n最後的分割是那些區域的聯合
子圖像

自適應閾值



可變閾值

n也用於處理光照不均

n近似圖像的 (新)強度值

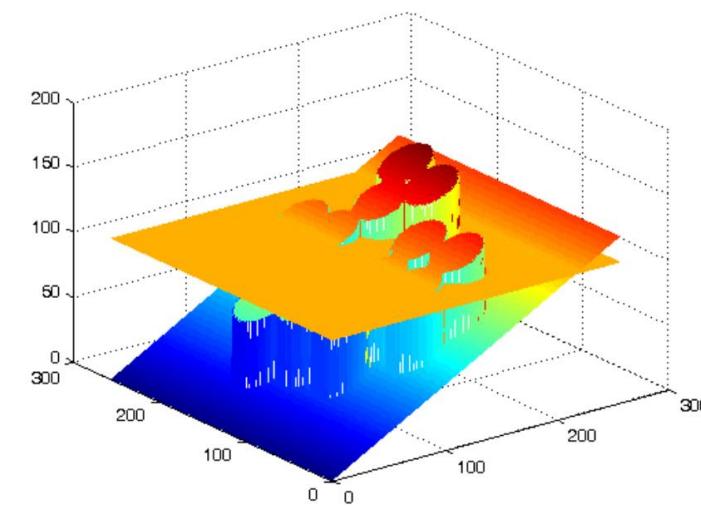
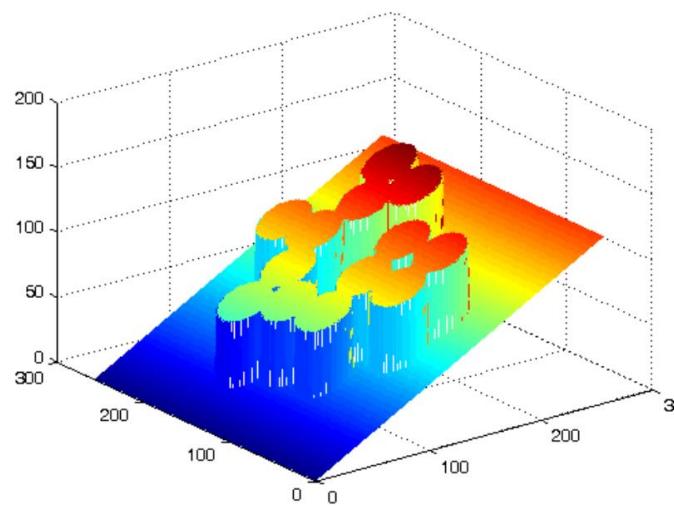
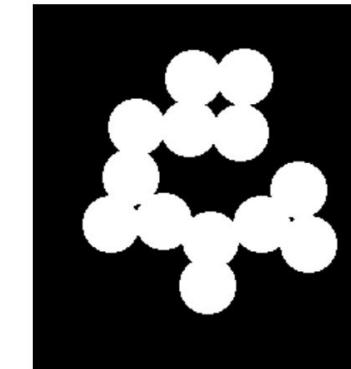
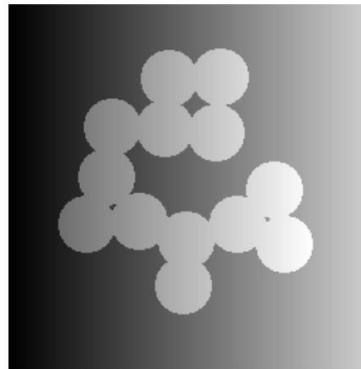
通過一個簡單的函數，比如一個平面

n函數擬合在很大程度上是由背景n的灰度值決定的，然後根據

擬合函數

n也稱為背景歸一化

例子

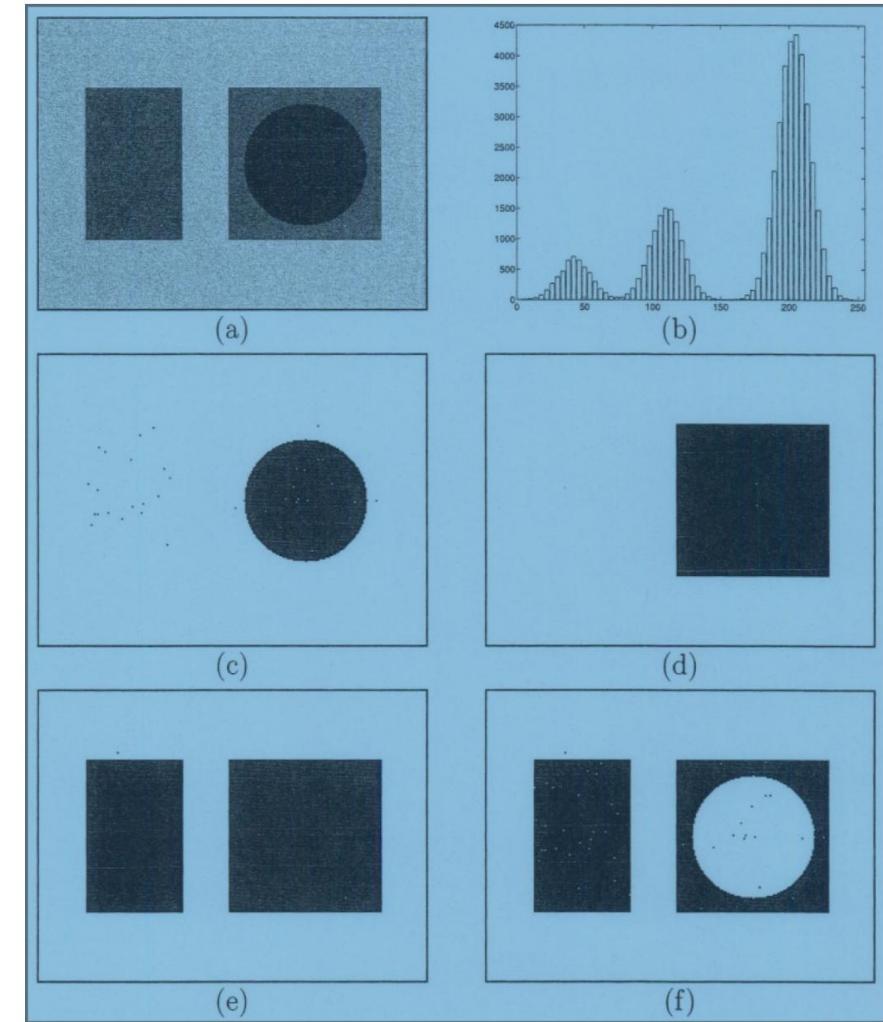


雙閾值

n分割位於另一個對象區域內的對象區域

n使用保守的
閾值獲取對象的核心，
然後增長對象區域

n使用第二個閾值來分割對象和背景區域



Double Thresholding n Double

Thresholding for Region Growing n 選擇兩個閾值 T_1 和 T_2

n 將圖像劃分為三個區域：

n R_1 :所有灰度值低於 T_1 的像素

n R_2 :所有灰度值介於 T_1 和 T_2 之間的像素

n R_3 :所有灰度值高於 T_2 的像素

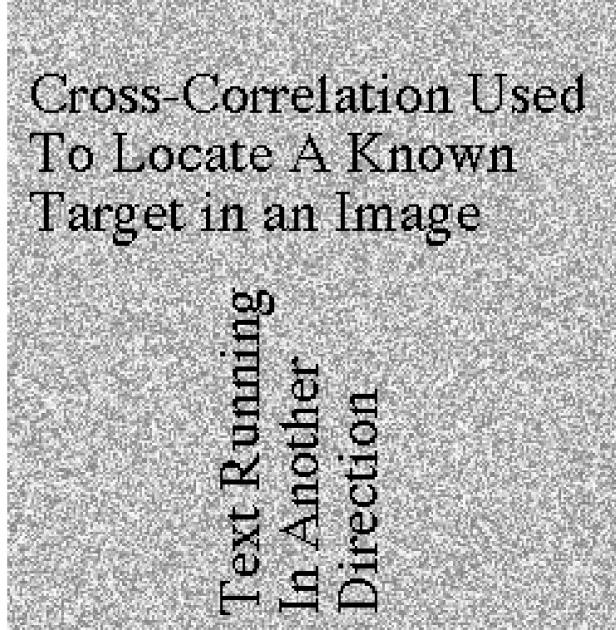
n 訪問分配給區域 R_2 的每個像素

如果像素在區域 R_1 中有一個鄰居，則將像素重新分配到區域 R_1

n 重複步驟 3 直到沒有像素被重新分配

n 將區域 R_2 中剩餘的任何像素重新分配到區域 R_3

示例 應用程序



Cross-Correlation Used
To Locate A Known
Target in an Image

Cross-Correlation Used
To Locate A Known
Target in an Image

Cross-Correlation Used
To Locate A Known
Target in an Image

直方圖方法的局限性

n最基本限制

n 使用全局信息 n 忽略像素
之间的空间关系

n 使用不包含空间信息的直方图 n 不同的模式可能具有相
同的直方图！

n 其他限制

n 恒定照明

Region Representation n

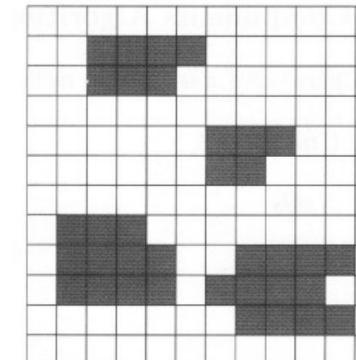
區域表示的分類

n 數組表示 n 層次表示 n
符號表示

n 數組表示

n 使用與原始圖像相同大小的數組，其中的條目指示像素所屬的區域 n 如果數組的元素具有值 a，則

圖像中對應的像素屬於區域 a n 對於二值圖像 n 0 : 背景
n 1 : 前景



1	1	1	1
1	1	1	
2	2	2	
2	2		
3	3	3	
3	3	3	4
3	3	3	4
3	3	3	4
4	4	4	4

分層表示

n一幅圖像可以用不同的分辨率表示n較低的分辨率 :陣列尺寸小 ,數據丟失n較低的分辨率 :較少的內存和計算要求

n圖像的分層表示允許以多種分辨率表示n首先在低分辨率下計算圖像的屬性n在較高分辨率下對選定區域執行附加計算n兩種不同的表示n “金字塔”和 “四叉樹”

金字塔ⁿ

圖像金字塔是圖像表示的集合。這個名子來自視覺類比。金字塔的每一層都是前一層寬度和高度的一半（稱為粗尺度版本）。

n 一個金字塔是通過在每一層之上堆疊層而製成的
其他

n 如果圖像維度是兩個的幕，金字塔是最方便的。 n 普通圖像金字塔 n 高斯金字塔（Gaussian

* Gaussian = Gaussian) n 拉普拉斯金字塔

2023 年 4 月 6 日

n HW #2 今天到期

n HW #3 將在下週四（晚一周） n 4 月 20 日期中考試

高斯金字塔

n 在高斯金字塔中，每一層都由對稱高斯核平滑並重新採樣以獲得下一層 n 令 S^- 表示圖像的下採樣，

$P(I)_n$ 表示金字塔 $P(I)$ 的第 n 層，然後

$$\text{圓周率}(\text{高斯})_{1+n} \text{ 神祕}(P(I)(\text{秒})) \text{ 高斯}(())_n =^{-\text{秒}} \text{ 高斯}^n$$

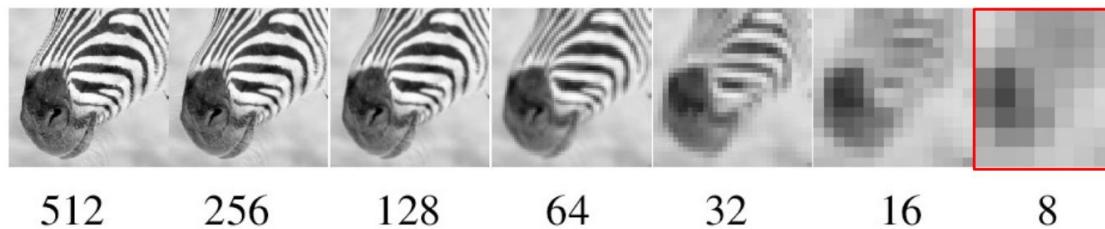
$$\text{我}(\text{高斯})_{1+n} = \text{我}(\text{高斯})$$

高斯金字塔

n高斯金字塔是一組濾波器（平滑濾波器）進行圖像分析的一個例子n它是一種高度冗餘的表示，因為每一層都是前一層的低通濾波版本。我們多次表示最低空間頻率。

n高斯層是對下一個更精細尺度層外觀的預測。

高斯金字塔



拉普拉斯金字塔

n 高斯金字塔的粗糙層預測下一個更精細層的出現 n 拉普拉斯金字塔的最粗糙尺度層與高斯金字塔的最粗糙尺度相同 n LP 的每個更精細尺度層都是不同的

在 GP 的一層和通過對 GP 的下一個最粗糙層上採樣獲得的預測之間

$$P_{\text{拉普拉斯算子}} \text{ 我}(\cdot) = \text{高斯 } m$$

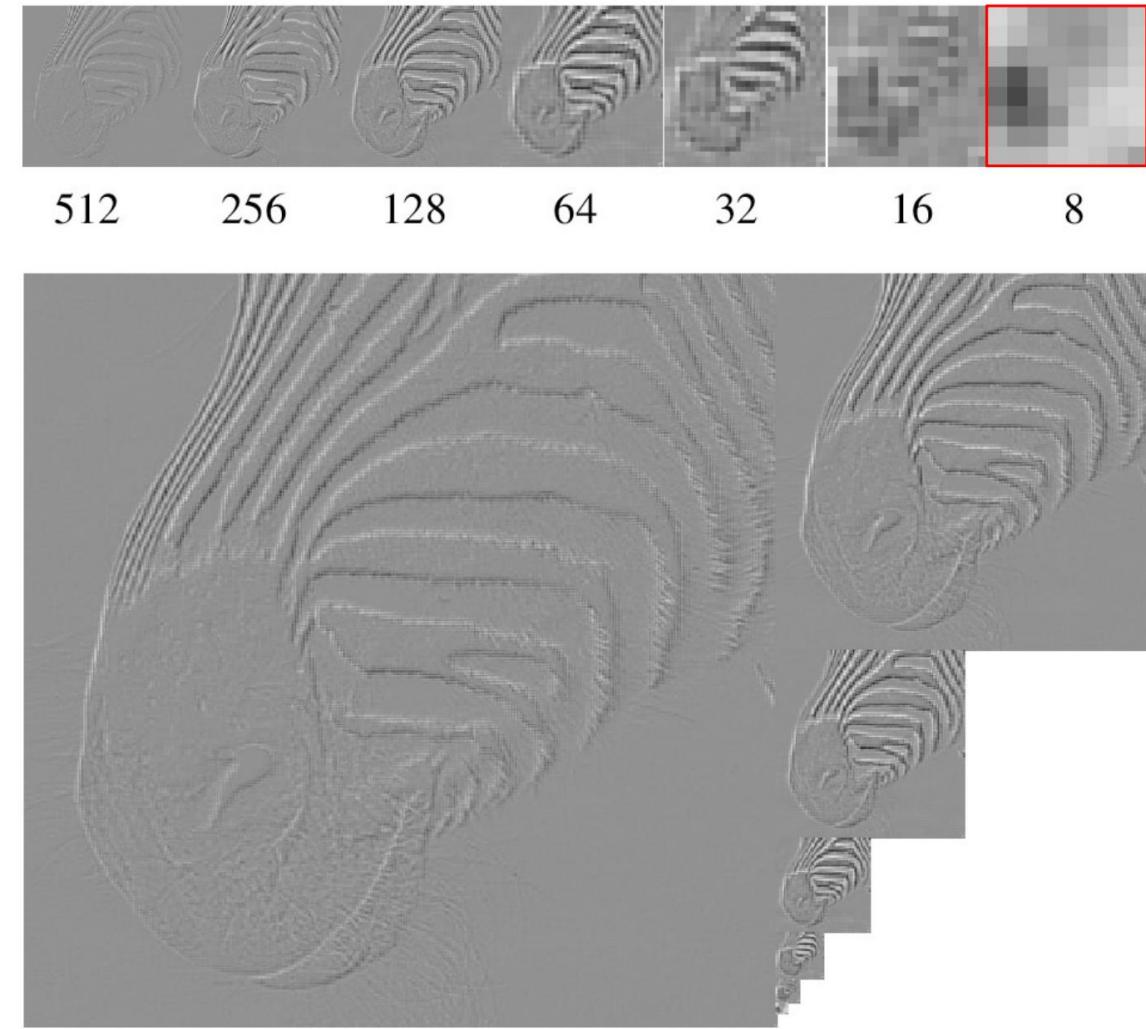
$$P_{\text{拉普拉斯算子}} \text{ 我}_{k+1}(\cdot) = \text{高斯}_{k+1}$$

拉普拉斯金字塔

拉普拉斯金字塔的每一層都可以被認為是帶通濾波器的響應減去低空間頻率 LP 可以用作有效的圖像壓縮方案金字塔的不同層次代表不同的空間頻率

拉普拉斯金字塔

n每層對應帶
通濾波器的輸
出n條紋在特定
尺度下給出更強
的響應



四叉樹

n四叉樹n節

點有 4 個孩子的樹

n通過遞歸拆分圖像得到n構建四叉樹：

n節點代表區域n

每拆分一個區域，其節

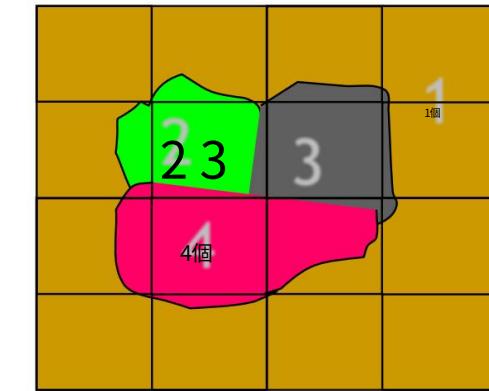
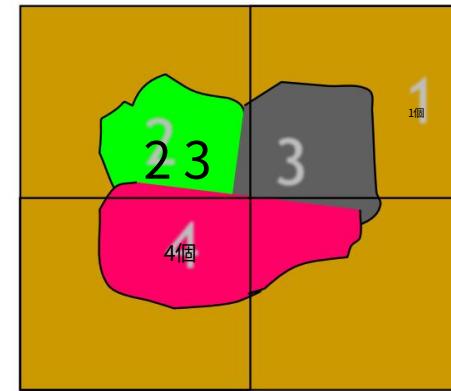
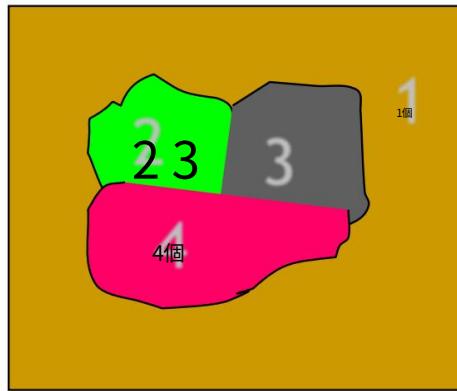
點生出4

孩子們

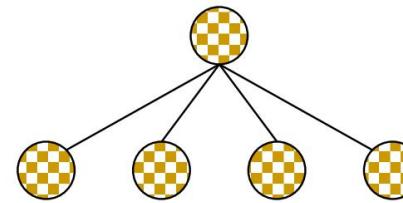
n葉子是統一區域的節點n合併： n可以合併 “相

似”的兄弟姐妹

四叉樹表示

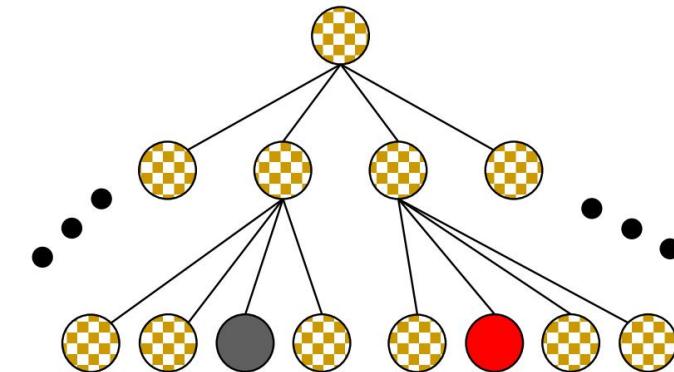


不統一
non-uniform



不統一
non-uniform

1	2
3	4

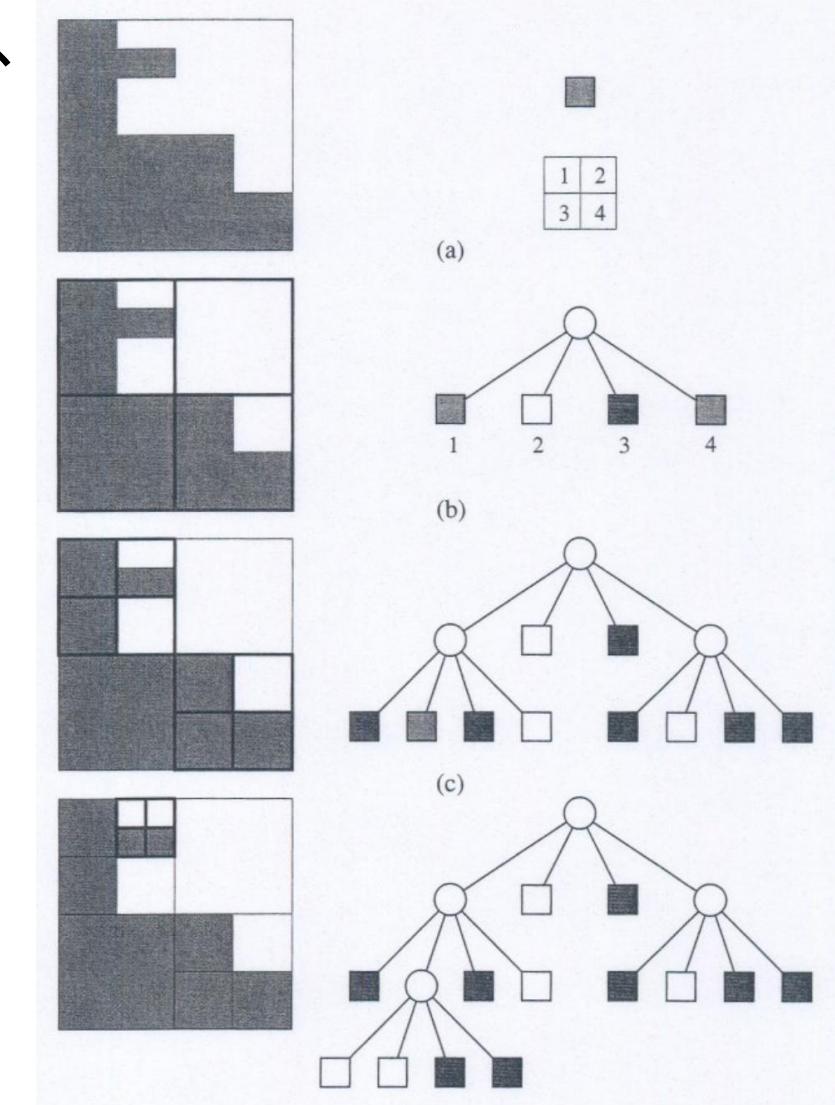


制服
uniform

“二進製圖像”的四叉樹

n包含三種類型的節點：n白色、黑色和灰色n圖像中的一個區域被分成四個相同大小的子區域

n如果該區域中的所有點都黑色或白色 不再分裂n如果該區域同時包含黑色和白色，稱為灰色區域 需要進一步分裂n分裂過程繼續，直到沒有灰色區域



符號表示

n一個區域可以用符號表示

特徵

n外接矩形n質心

n時刻

n歐拉數

n其他非符號表示

n強度的均值和方差

Split and Merge n

在初始的基於強度的區域分割之後，需要對區域進行細化和改造n為什麼？n簡單的強度算

法通常會導致太多區域n由於n高頻噪

聲n區域之間的逐漸過渡n

方法：n交互或自動n可能使用領域和/或圖像處理知識

拆分和合併n所

有像素屬於區域n對

象n部

分對象n

背景

n自動細化是使用拆分和合併操作的組合來完成的n消除錯誤的邊界和虛假區域

合併屬於同一對象的相鄰區域n通過分割包含不同對象部分的區域來添加缺失的邊界

區域合併n合併相鄰的相

似區域n “相似”是什麼意思？ n示
例： n 個 “相似”平均值： $|mi$

$$- |mj| < T_n$$

灰度值的 “小”分佈： $|g_{max} -$

$$|g_{min}| < T_q \quad g_{max} = \max\{g(x,y) \mid (x,y)$$

$$\in R_i \in R_j \} \quad g_{min} =$$

$$\min\{g(x,y) \mid (x,y) \in R_i \in$$

$R_j \}$ n其他 “相似性”：

n亮度、統計特性（均值、方差）、顏色、紋理、直方圖形
狀等。 n注： n A

與B相

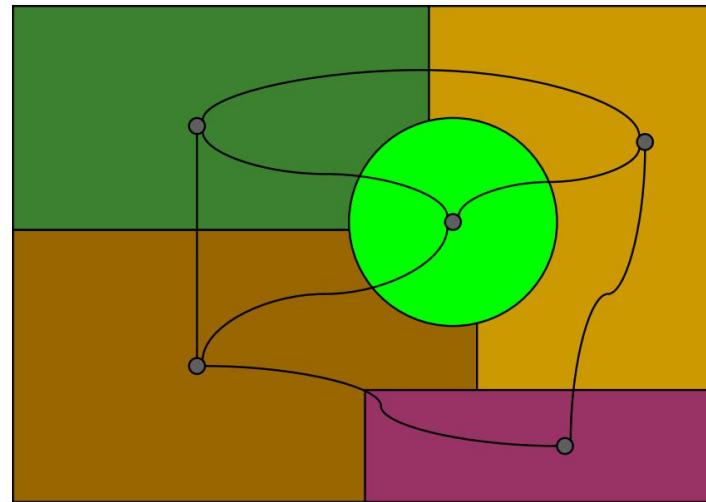
似， B與C相似並不意味著A與C相似

n類似於某些人類行為！！！

區域鄰接圖 (RAG)

n個區域 (RAG) 用於表示圖像中的區域和它們之間的關係

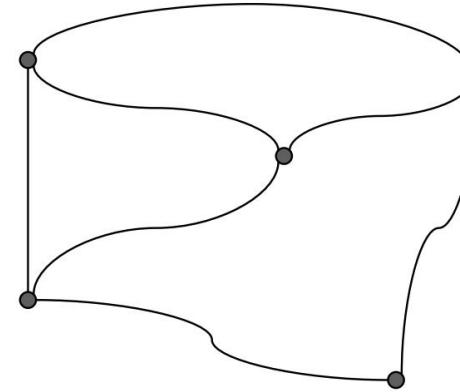
n個節點用來表示區域，節點之間的弧表示區域之間的共同邊界



區域鄰接圖 (RAG)

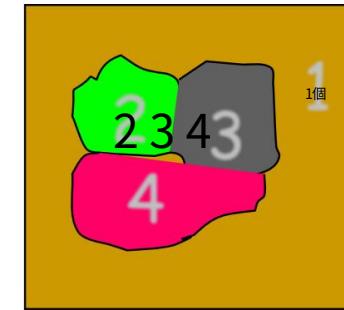
n個節點用來表示區域，節點之間的弧表示區域之間的關係。

n個節點用來表示區域，節點之間的弧表示區域之間的共同邊界



區域合併算法

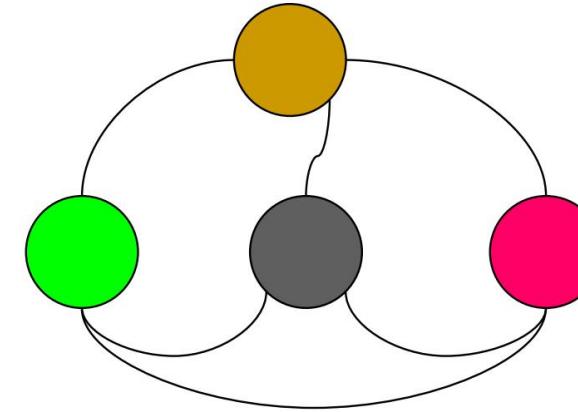
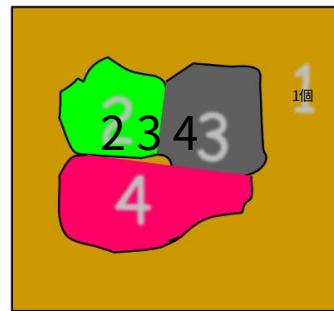
n從圖像中的初始區域使用閾值處理（在n × n區域或手動選擇），然後進行組件標記



區域合併算法

n為圖像準備RAG n區域是節點

n鄰接關係是鏈接



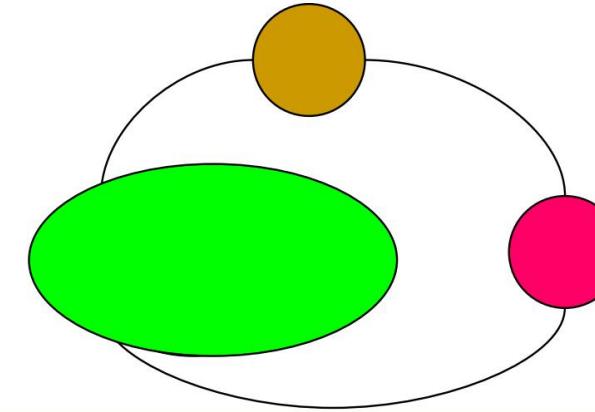
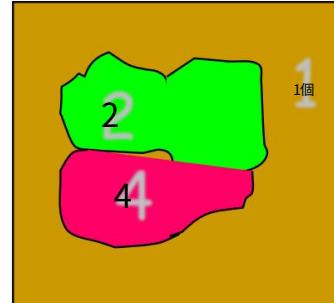
區域合併算法

n對於圖像中的每個區域： n考慮其相鄰區域並測試它們是否相似的

n比較它們的平均強度n統計特徵
(相似的強度值統計分佈)

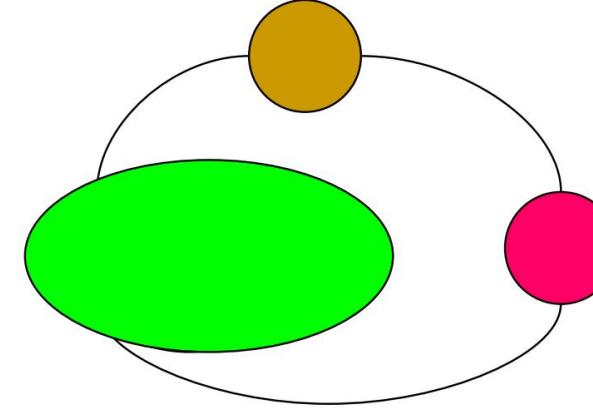
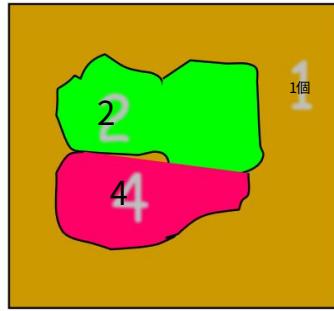
n去除弱邊緣 (區域之間的共同邊界)

n如果相似則合併 ,修改RAG



區域合併算法

n重複上一步，直到沒有區域被合併



使用相似性度量

n比較平均強度（零階模型）

n如果平均強度的差異不超過某個預定值，則認為這些區域相似

n比較表面擬合（高階模型） n將區域建模為多項

式表面n（例如，考慮漸進的強度變化）

n計算擬合誤差n如果減少擬合誤差則合併區域

使用統計數據

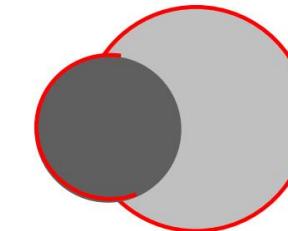
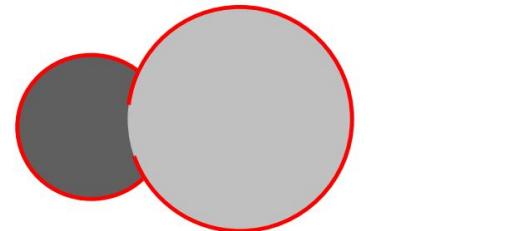
n從概率分佈中提取模型像素n不同的區域具有不同的分佈n假設圖像中的區域具有恆定的灰度

被統計獨立的、加性的、零均值高斯噪聲破壞的值

n合併區域，如果它們的像素來自相同的分佈

通過刪除弱邊合併

如果兩個區域之間的邊界較弱，則可以將其去除並獲得一個大區域。“弱邊緣”可以指定為強度特徵公共邊界的長度。如果邊界較弱，生成的邊界不會太快地改變灰度值。



區域分裂

n如果一個區域的某些屬性不是常數，則該區域應該被分割n算法：區域

分割

n從圖像中的初始區域n對於圖像中的每個區域，遞歸地執行以下步驟：

n計算區域灰度值的方差n如果方差高於閾值，則沿適當的界限

n區域分裂一般比區域合併更難

拆分與合併

n拆分和合併經常一起使用**n**根據謂詞 H ，一個區域中的所有像素都是同質的，即 $H(R)$

n假設圖像被劃分為一組區域

$\{R_i\}$ 和

n

$R \in \{R_i\}$ $(R) = \text{真的}$ $(R) = \text{錯誤的}$

我 =

拆分和合併算法

n從整個圖像作為單個區域開始n選擇一個區域

R

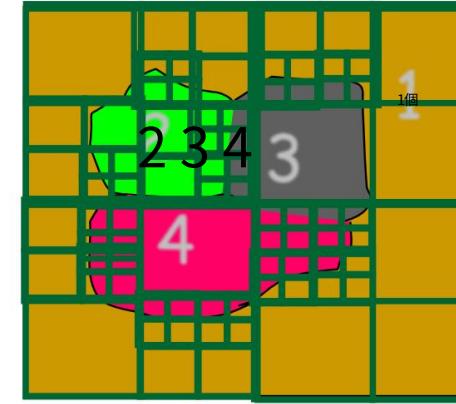
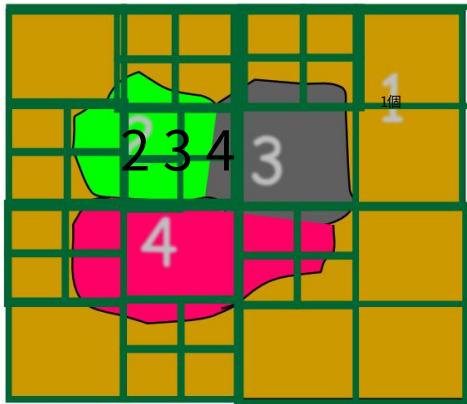
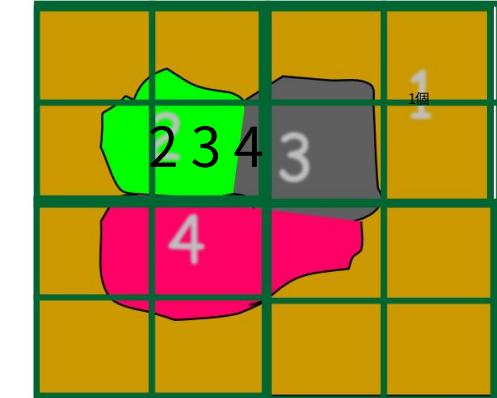
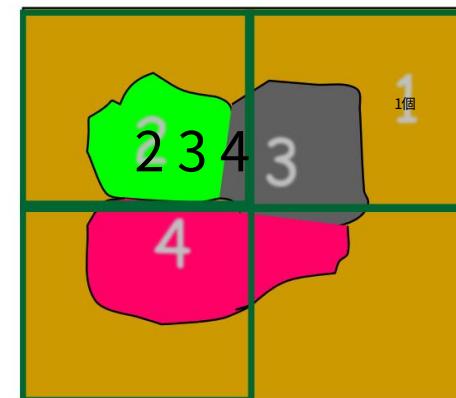
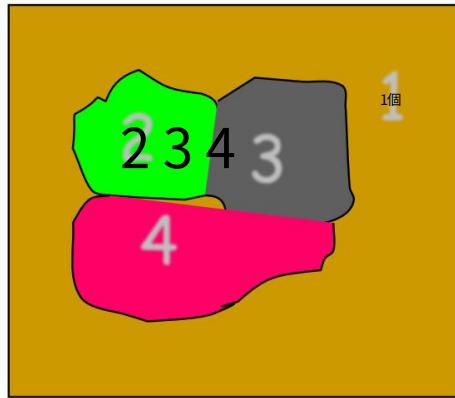
n如果R為假，則將該區域拆分為四個子區域n考慮任意兩個或多個相鄰的子區域，

R₁, R₂, …, R_n,圖像中È R_n)為真，將n

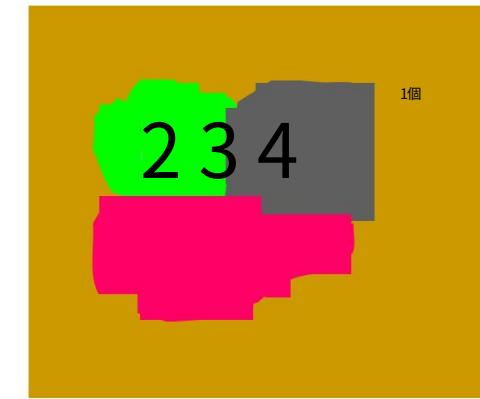
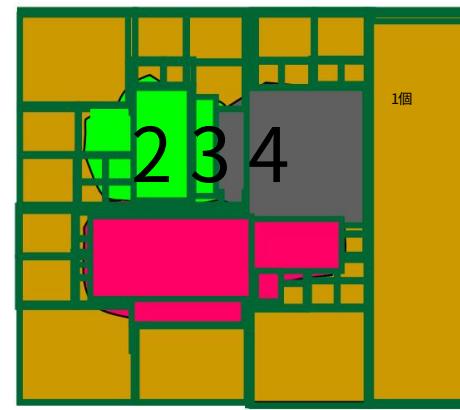
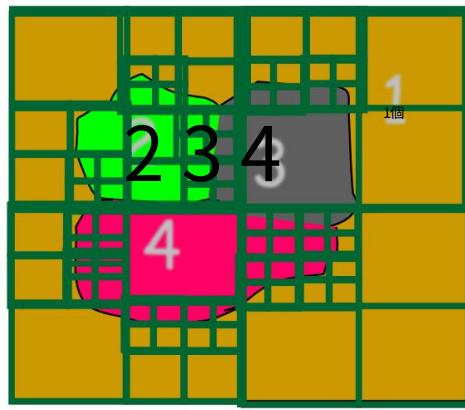
n如果H(R₁ È R₂ È 單……個區域合併成
個區域

n重複這些步驟直到不再發生分裂或合併

分裂



合併



2023 年 4 月 11 日

n 下週四期中考試 (4/20) n 下週二不上課
(4/18)

Region Growing n

一組算法，將具有相似屬性的像素分組在一起
n基本思想是

從一個種子像素開始增長n在一個標記

像素處，檢查它的鄰居n如果它
的鄰居的屬性與標記像素的屬性相似，標
記鄰居n重複直到沒
有可以標記的像素

n一個簡單的例

子n一個像素的屬性是它的像素值n兩
個像素之間的差異給出的相似性

價值觀

n如果差異小於閾值，則它們相似n否則它們不相似

區域種植

n 算法：

n 生成初始種子

n 選擇一個區域 n 向區

域添加像素 n 如果增長停止，

返回步驟 2

n 高效實現 n 基於圖形中的掃描線算法 n 每

次我們標記一條線而不是像素 n 這個過程比遞歸更有效

版本

分水嶺分割

n比較地理分水嶺

n將景觀劃分為集水盆地

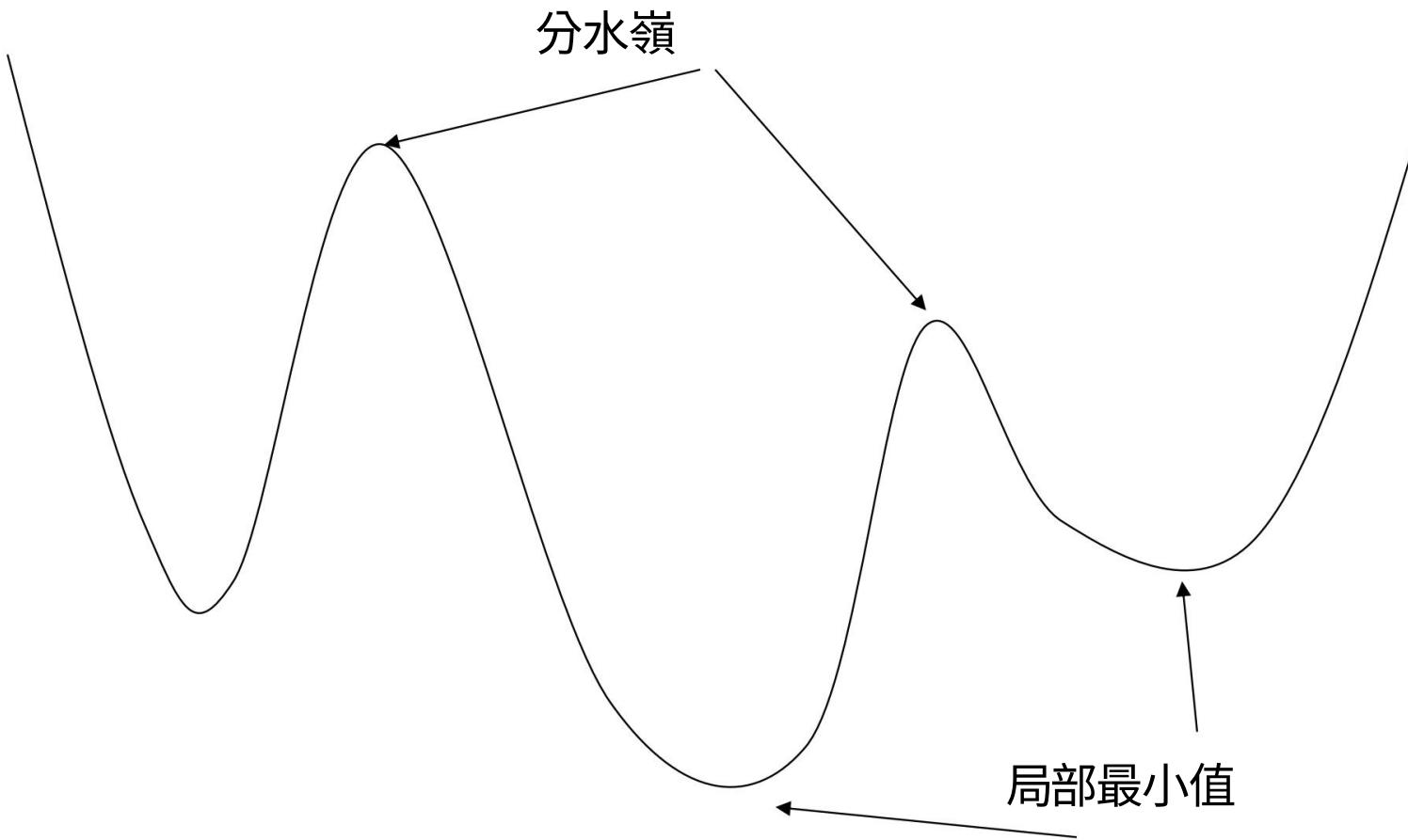
n邊對應於分水嶺n算法：n定位局部最小值

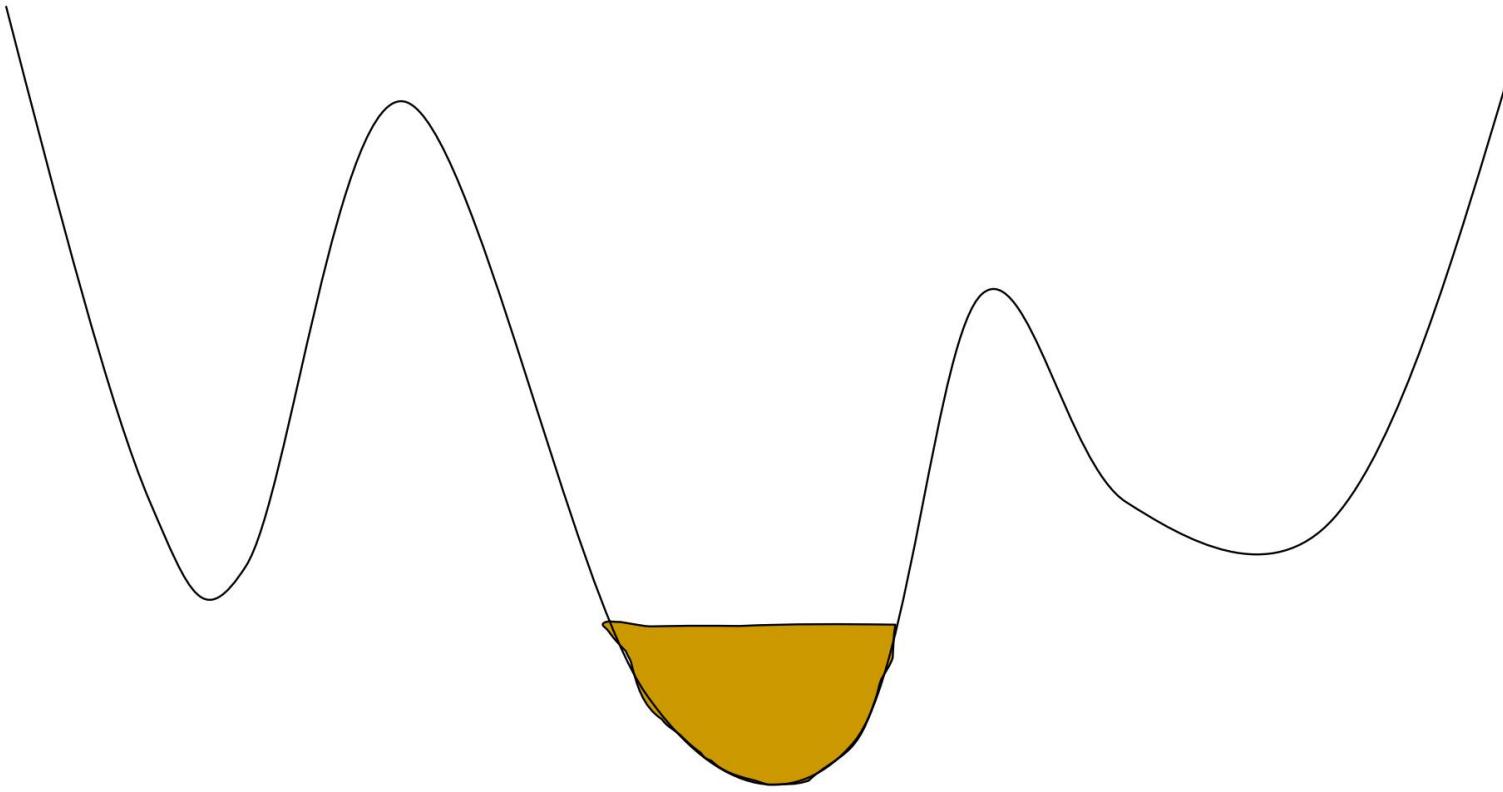
n來自這些點的洪水圖像n當兩次洪水相遇時

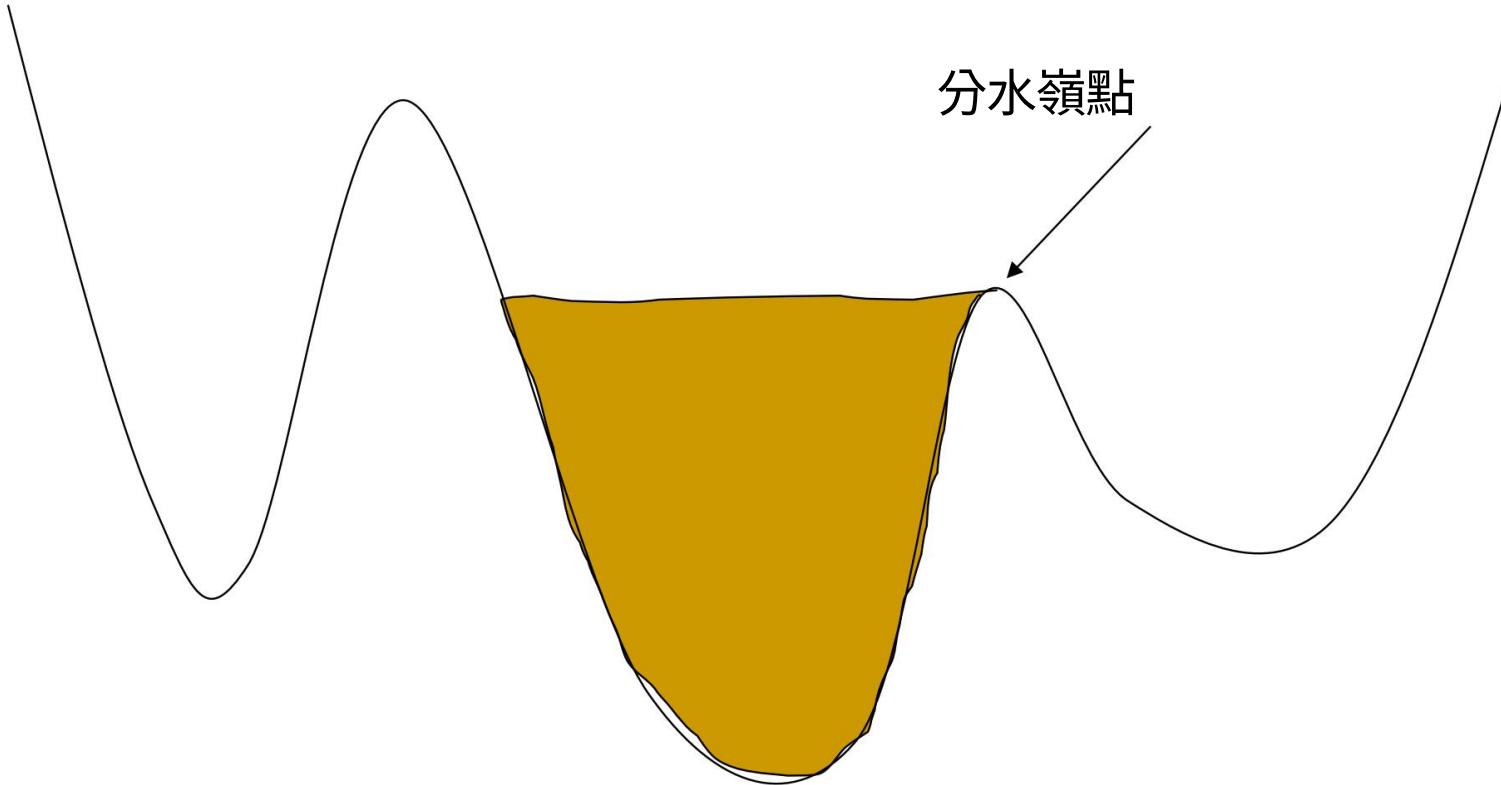
n識別分水嶺像素n建造水壩

n繼續氾濫

例子

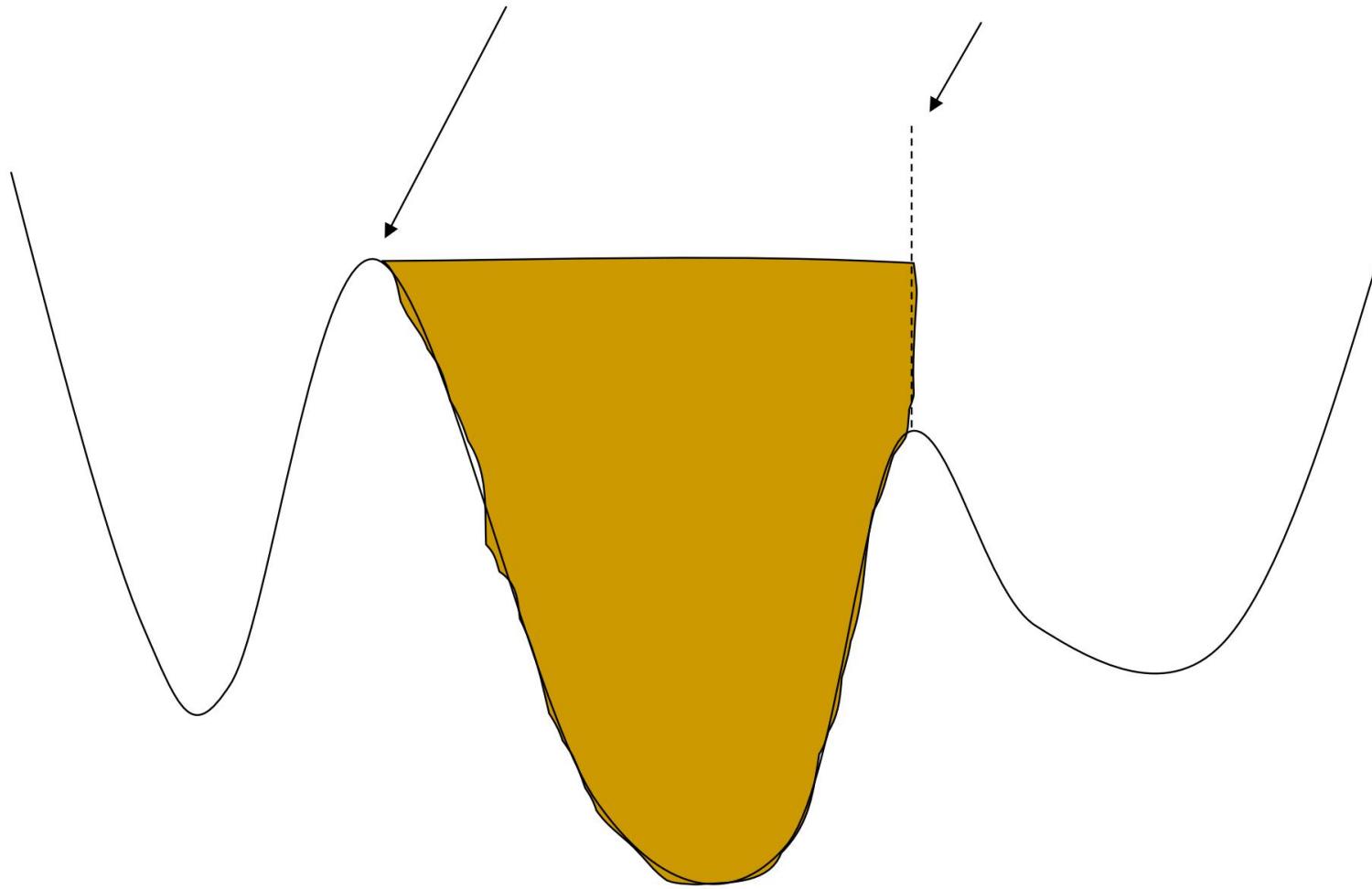




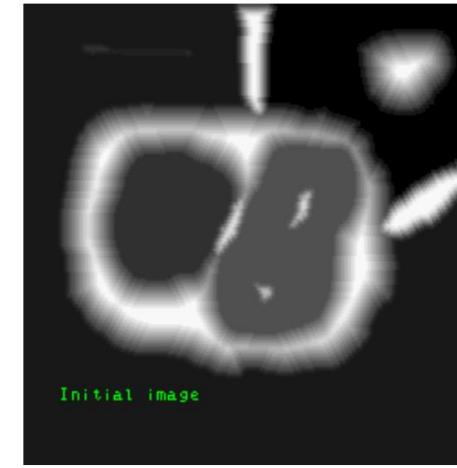
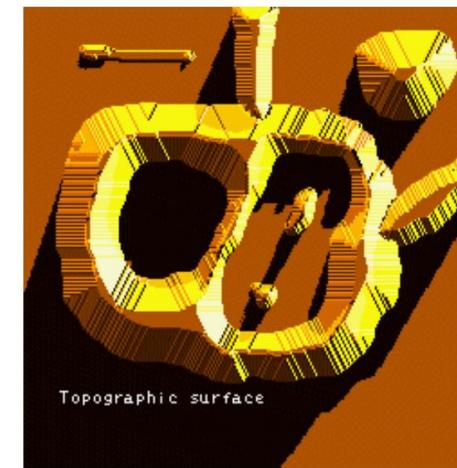
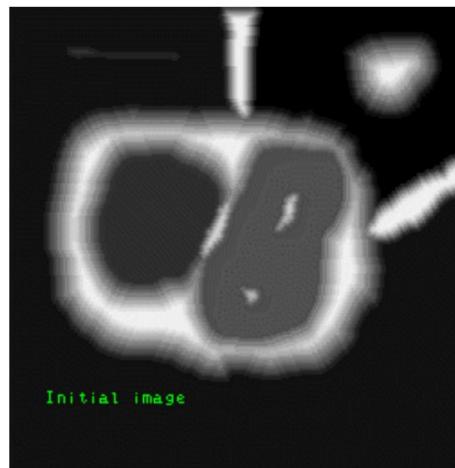


分水嶺點

壩



例子



標記控制的分水嶺



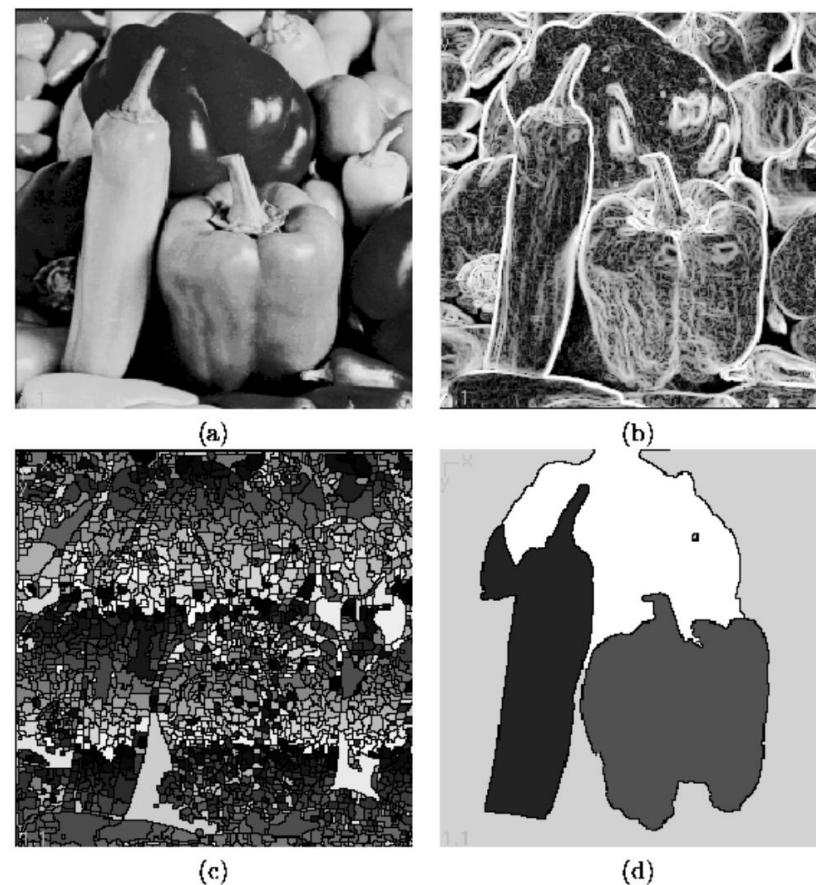


Figure 5.51: *Watershed segmentation: (a) original; (b) gradient image, 3×3 Sobel edge detection, histogram equalized; (c) raw watershed segmentation; (d) watershed segmentation using region markers to control oversegmentation. Courtesy W. Higgins, Penn State University.*