

第九章 形态学图像处理

本章主要参考盛斌副教授的幻灯片，少量参考书中内容。

形态学：是生物学的一个分支，常用来处理动物和植物的形状和结构；

数学形态学：是分析几何形状和结构的数学方法，它建立在集合代数的基础上，使用集合论方法定量描述集合结构的学科。

- 数学形态学是一门建立在严格数学理论基础上的科学；
- 数学形态学包括一组基本的形态学运算符：服饰、膨胀、开、闭等；
- 形态学的理论基础是集合论。

基本概念

- 形态学：从图像出发，研究数字图像中物体目标的结构及拓扑关系；
- 结构元素：任意大小，包含任意0、1组合的一个区域，在结构元素上可指定任意一点为原点。
- 形态学图像处理：结构元素与图像进行逻辑运算，产生新的图像的图像处理方法；
- 结构元素与图像的作用：类似于卷积，但用逻辑运算代替乘加运算。逻辑运算的结果保存在输出图像对应点的位置。如图 90 所示。
- 形态学处理的效果取决于：结构单元的大小、内容、逻辑运算的性质。
- 集合概念上的二值图像：二值图像 B 和结构元素 S 是定义在笛卡尔网格上的集合，网格中值为 1 的点是集合的元素。当结构元素上的原点移动到 (x, y) 时，记为 S_{xy} 。当结构元素为 3×3 且全都为 1 时，决定输出结果的为逻辑运算。

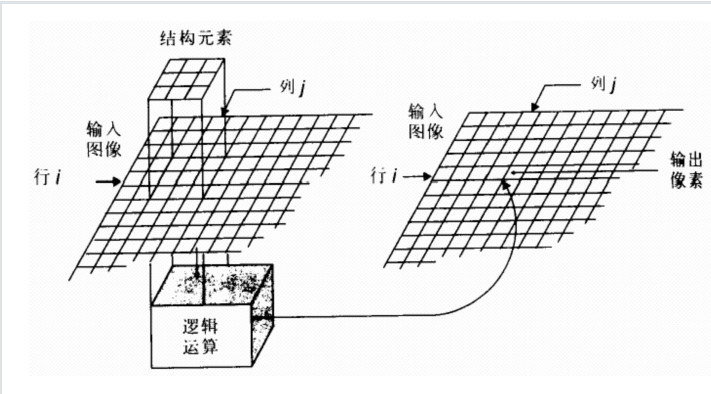


图 90

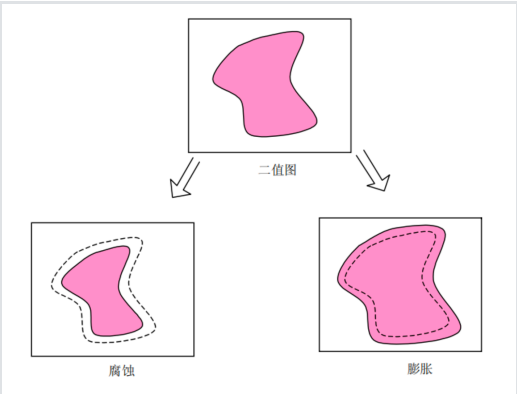


图 91

腐蚀：定义 $E = B \ominus S = \{(x, y) \mid S_{x,y} \subseteq B\}$ 为腐蚀，如图 91 所示。

- 当结构元素 S 的原点移动到 (x, y) 位置，如果 S 完全包含在 B 中，则心图像该点为 1，否则该点为 0。
- 算法：用结构元素扫描图像每一个像素，并用结构元素与其覆盖的二值图像做“与”操作；如果均为 1，则该像素为 1，否则为 0。
- 作用：
 - 用 3×3 的设计过的结构元素时，可以使物体的边界沿周边减少一个像素；
 - 可以去掉小于结构元素的物体，选择不同大小的结构元素，可以去掉大小不同的物体；
 - 如果两物体之间有细小的连通，当结构元素足够大时，可以将两个物体分开；

- 可以将粘连在一起的不同目标物分离；
- 可以滤掉小的颗粒噪声；
- 不同的结构元素可以导致不同的结果。

膨胀：定义 $D = B \oplus S = \{(x, y) \mid S_{x,y} \cap B \neq \emptyset\}$ ，如图 91 所示。

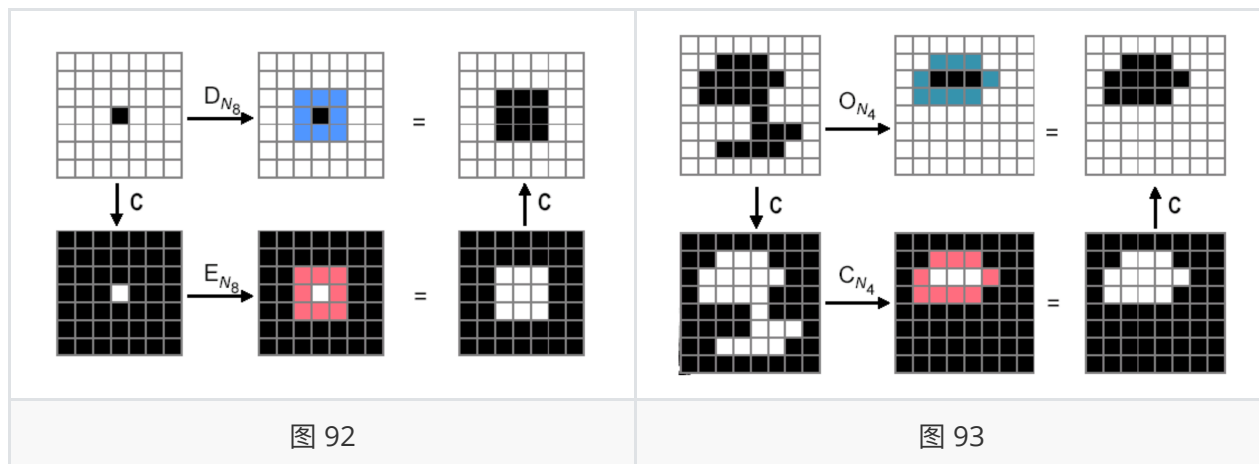
- 当结构元素 S 的原点移动到 (x, y) 位置，如果 S 与 B 有任何一点同时为 1，则新图像上相应点为 1；否则（完全没有相交）则为 0。
- 算法：用结构元素扫描图像每一个像素，并用结构元素与其覆盖的二值图像做“与”操作；如果均为 0，则该像素为 0，否则为 1。
- 作用：
 - 用 3×3 的设计过的结构元素时，可以使物体的边界沿周边增加一个像素；
 - 可以把图像周围的背景点合并到物体中；
 - 如果两个物体的距离比较近，通过膨胀可能连通在一起；
 - 对于填补图像分割后物体中的空洞十分有用；
 - 可以将断裂开的目标物合成一个整体；
 - 可以填补图像上物体中的细小空洞；
 - 不同的结构元素可以导致不同的结果。

膨胀与腐蚀的性质

- 代数性质
 - 交换律 $A \oplus B = B \oplus A$ ；
 - 结合律 $A \oplus (B \oplus C) = (A \oplus B) \oplus C$ ； $A \ominus (B \oplus C) = (A \ominus B) \ominus C$ ；
 - 标量分配率： $t(A \oplus B) = tA \oplus tB$ ；
- 平移不变性：对图像平移再算子操作等于对图像算子操作再平移，即 $(A + x) \oplus B = (A \oplus B) + x$ ， $(A + x) \ominus B = (A \ominus B) + x$ 。
- 腐蚀与膨胀具有对偶性，如图 92 所示。
- 腐蚀与膨胀的通病——改变了原目标物的大小。

开运算：先腐蚀，再膨胀。 $B \circ S = (B \ominus S) \oplus S$ ；用来消除细小对象，并且在细小粘连处分离对象；同时在不改变形状的前提下，平滑对象的边缘。

闭运算：先膨胀，再腐蚀。 $B \bullet S = (B \oplus S) \ominus S$ ；与开运算对偶，如图 93 所示。



细化：在不破坏连通性的前提下，细化图像。

- 算法实现：做腐蚀操作，但不立刻删除像素，只打标记；将不破坏连通性的标记点删除；重复执行产生细化结果。

粗化：在不合并对象前提下，粗化图像。

- 算法实现：做膨胀操作，但不立刻添加像素，只打标记；将不产生对象合并的标记点添加进来；重复执行产生粗化结果；
- 粗化和细化具有对偶性。
- 或将图像求反后执行细化，结果再求反。

形态学图像处理应用：

- 形态学滤波（用膨胀/腐蚀等操作消除噪声）；
- 边界提取（如将腐蚀的结果与原图异或得到边界）；

灰度图像的形态学理解

- 严格意义上形态学仅处理二值图像，在二值图像形态学处理技术的基础上扩充形成灰度图像的形态学处理；
- 二值图像形态学为灰度图像形态学的一种特例；
- 处理策略：
 - 将灰度图像分解为一系列二值图像（如比特平面）；
 - 相邻像素的极值法。
- 灰度图像形态学处理的特征：
 - 如果所有结构元素为正，膨胀使图像变亮，腐蚀使图像变暗；
 - 通过选择结构单元的值域形状，膨胀使黑色细节减少或去除；腐蚀使亮细节减弱或去除；
 - 开运算常用于去除小的亮点，闭运算常用于去除小的暗点。