

形态学 (Morphology)

图像的形态学处理是以数学形态学为理论基础,借助数学对图像进行形态图像处理的技术。

数学形态学由一组形态学代数算子组成, **最基本的形态学代数算子包括腐蚀、膨胀、开运算、闭运算等**。通过组合应用这些算子,可以实现对图像形状、结构的分析和处理。数学形态学可以**完成图像分割、特征提取、边界检测、图像滤波、图像增强和恢复等工作**。

数学形态学 (Mathematical morphology) 是一门建立在格论和拓扑学基础之上的图像分析学科,是数学形态学图像 a 处理的基本理论。其基本的运算包括:二值腐蚀和膨胀、二值开闭运算、骨架抽取、极限腐蚀、击中击不中变换、形态学梯度、Top-hat 变换、颗粒分析、流域变换、灰值腐蚀和膨胀、灰值开闭运算、灰值形态学梯度等。

膨胀与腐蚀(Dilation 与 Erosion)。

膨胀与腐蚀能实现多种多样的功能,主要如下:

- 消除噪声
- 分割(isolate)出独立的图像元素,在图像中连接(join)相邻的元素。
- 寻找图像中的明显的极大值区域或极小值区域
- 求出图像的梯度

(-)图像的膨胀(dilate)

膨胀在数学形态学运算中的作用是扩展物体的边界点。在数字图像处理中,对于确定的结构元素,通过膨胀运算可以对于一些相临距离较短的区域进行连接。不过,图像的膨胀处理是杂点敏感的,细小的杂点通过膨胀处理往往会变得较为明显。

膨胀的原理:

在数学形态学中,设 A 为 (x,y) 平面上目标区域, S 为指定大小和形状的结构元素,定义位于坐标 (x, y) 上的结构元素 S 所标识的区域为 $S(x, y)$,那么对于 A 的膨胀结果可以表示为:

$$\{(x, y) | (x, y) \in A, S(x, y) / A \neq \phi\}$$

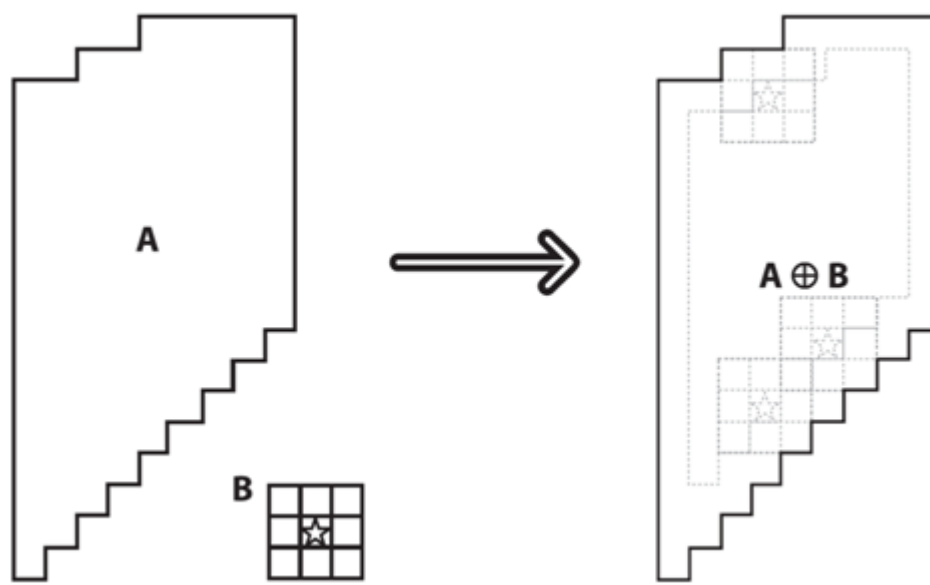
其实,膨胀就是求局部最大值的操作。

按数学方面来说,膨胀或者腐蚀操作就是将图像(或图像的一部分区域,我们称之为 A)与核(我们称之为 B)进行卷积。

核可以是任何的形状和大小,它拥有一个单独定义出来的参考点,我们称其为锚点

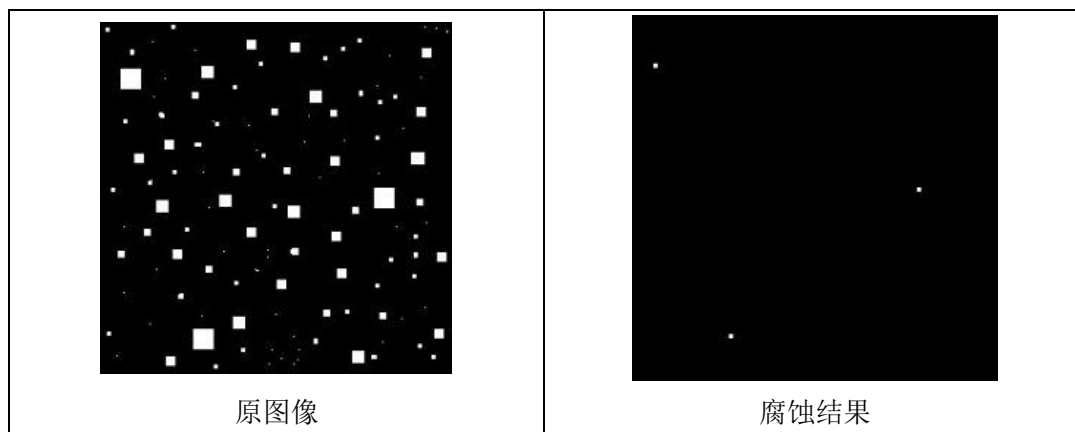
(anchorpoint)。多数情况下，核是一个小的中间带有参考点和实心正方形或者圆盘，其实，我们可以把核视为模板或者掩码。

而膨胀就是求局部最大值的操作，核 **B** 与图形卷积，即计算核 **B** 覆盖的区域的像素点的最大值，并把这个最大值赋值给参考点指定的像素。这样就会使图像中的高亮区域逐渐增长。如下图所示，这就是膨胀操作的初衷。



(二) 图像的腐蚀(Erosion)

腐蚀在数学形态学运算中的作用是**消除物体的边界点**。在数字图像处理中，对于确定的结构元素，通过腐蚀运算可以消除小于结构元素的点。同时，若一个目标区域中含有细小的连接部分，那么通过腐蚀处理可以**对区域进行分割**。



腐蚀的原理：

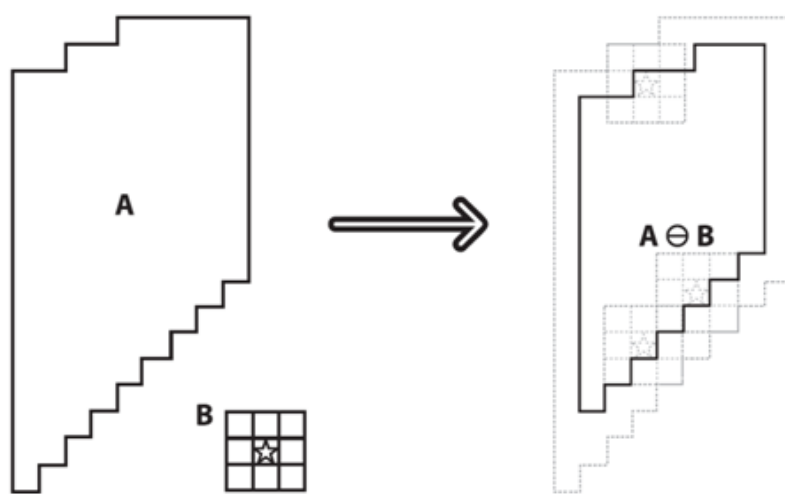
在数学形态学中，设 A 为 (x,y) 平面上目标区域， S 为指定大小和形状的结构元素，定义位于坐标 (x, y) 上的结构元素 S 所标识的区域为 $S(x, y)$ ，那么对于 A 的腐蚀结果可以表示为： $\{(x, y) | (x, y) \in A, S(x, y) \cap A = \emptyset\}$

对于相同的图像，用不同的结构元素进行腐蚀操作的结果是不同的，因此结构元素的形状和大小往往直接决定了腐蚀操作的性能和效果。

再来看一下腐蚀，大家应该知道，膨胀和腐蚀是一对好基友，是相反的一对操作，所以腐蚀就是求局部最小值的操作。

我们一般都会把腐蚀和膨胀对应起来理解和学习。下文就可以看到，两者的函数原型也是基本上一样的。

原理图：



利用基本的膨胀和腐蚀技术，来执行更加高级的形态学变换，如开闭运算、形态学梯度、“顶帽”、“黑帽”等等。

理论与概念讲解——从现象到本质

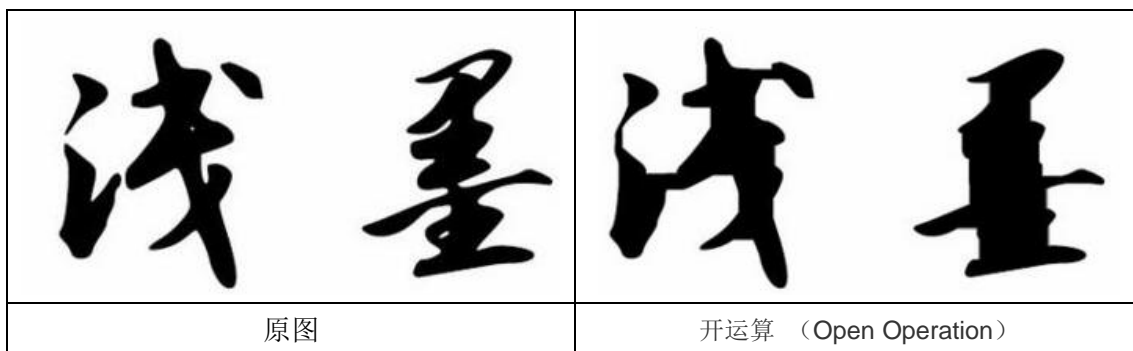
首先呢，要知道形态学的高级形态，往往都是建立在腐蚀和膨胀这两个基本操作之上的。

(三)开运算 (Opening Operation)

开运算 (Opening Operation) ，其实就是先腐蚀后膨胀的过程。 其数学表达式如下：

$$dst = open(src, element) = dilate(erode(src, element))$$

开运算可以 用来消除小物体、在纤细点处分离物体、平滑较大物体的边界的同时并不明显改变其面积。效果图是这样的：



(四)闭运算(Closing Operation)

先膨胀后腐蚀的过程称为闭运算(Closing Operation)，其数学表达式如下：

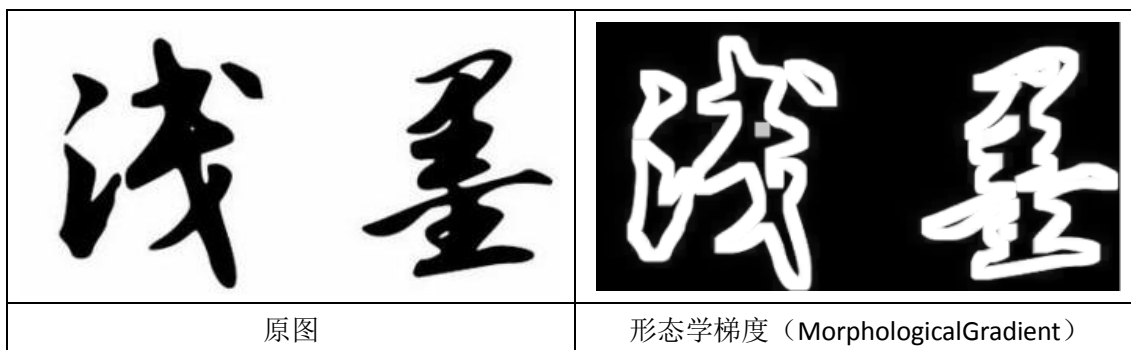
$$dst = close(src, element) = erode(dilate(src, element))$$



(五)形态学梯度 (Morphological Gradient)

形态学梯度 (Morphological Gradient) 为膨胀图与腐蚀图之差, 数学表达式如下:

$$dst = morph_grad(src, element) = dilate(src, element) - erode(src, element)$$

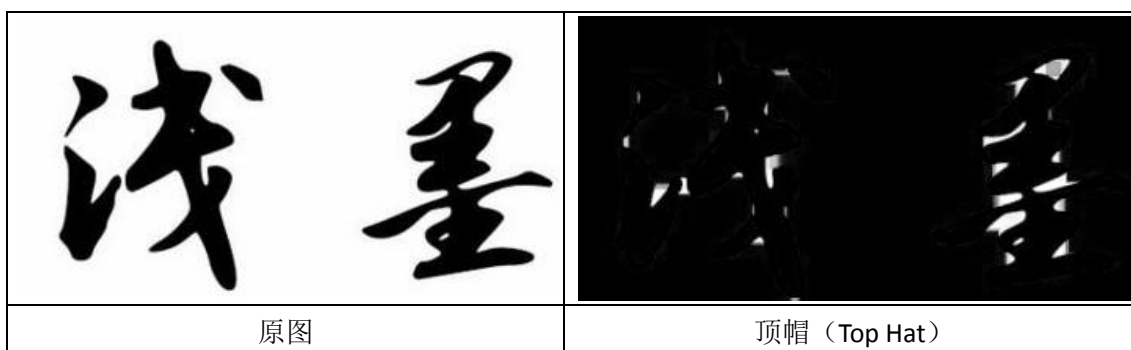


对二值图像进行这一操作可以将团块 (blob) 的边缘突出出来。我们可以用形态学梯度来保留物体的边缘轮廓, 如下所示:

(六)顶帽 (Top Hat)

顶帽运算 (Top Hat) 又常常被译为“礼帽”运算。为原图像与上文刚刚介绍的“开运算”的结果图之差, 数学表达式如下:

$$dst = tophat(src, element) = src - open(src, element)$$



因为开运算带来的结果是放大了裂缝或者局部低亮度的区域, 因此, 从原图中减去开运算后的图, 得到的效果图突出了比原图轮廓周围的区域更明亮的区域, 且这一操作和选择的核的大小相关。

顶帽运算往往用来分离比邻近点亮一些的斑块。当一幅图像具有大幅的背景的时候, 而微小物品比较有规律的情况下, 可以使用顶帽运算进行背景提取。

(七)黑帽 (Black Hat)

黑帽 (Black Hat) 运算为“闭运算”的结果图与原图像之差。数学表达式为:

$$\text{dst} = \text{blackhat}(\text{src}, \text{element}) = \text{close}(\text{src}, \text{element}) - \text{src}$$

黑帽运算后的效果图突出了比原图轮廓周围的区域更暗的区域,且这一操作和选择的核的大小相关。

所以,黑帽运算用来分离比邻近点暗一些的斑块。非常完美的轮廓效果图:

