

数字图像处理作业五

夏厚 PB18051031

2021 年 5 月 15 日

1 实验原理

1.1 重建开操作

在形态学开操作中，腐蚀会删除小的物体，而后续的膨胀会试图恢复遗留物体的形状。然而，这种恢复的准确性高度依赖于物体的形状和所用结构元的相似性。重建开操作可以正确的恢复腐蚀之后所保留图像的形状。图像 F 的大小为 n 的重建开操作定义如下：

$$O_R^{(n)}(F) = R_F^D[(F \ominus nB)]$$

式中， $(F \ominus nB)$ 表示 B 对 F 的 n 次腐蚀。

1.2 填充孔洞

这里的孔洞填充是基于形态学重建的全自动化过程。令 $I(x, y)$ 代表一幅二值图像，并假定我们形成了一幅标记图像 F ，除了在图像边界位置为 1-I 之外，在其他位置均为 0，即

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 - I(x, y), & (x, y) \text{ 在 } I \text{ 的边界上} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

则

$$H = [R_{I^c}^D(F)]^c$$

是一幅等于 I 且所有孔洞被填充的二值图像。

1.3 边界清除

基于形态学重建的边界清除过程。该应用中原图作为模板，标记推向为

$$F(x, y) = \begin{cases} I(x, y), & (x, y) \text{ 在 } I \text{ 的边界上} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

边界清除首先计算形态学重建 $R_I^D(F)$ ，将接触到边界的物体重建，然后用原图减去接触边界的物体实现边界清除。

$$X = I - R_I^D(F)$$

1.4 顶帽变换

图像的相减与开操作相结合，可以产生所谓的顶帽变换。灰度级图像 f 的顶帽变换定义建立在灰度级形态学的基础上。其中结构元素 b 对一幅图像 f 在位置 (x, y) 处的腐蚀如下：

$$[f \ominus b](x, y) = \min_{(s, t) \in b} f(x + s, y + t)$$

可以看到，灰度级图像的腐蚀相当于最小滤波。

类似的，有膨胀的定义如下：

$$[f \oplus b](x, y) = \max_{(s, t) \in b} f(x - s, y - t)$$

同样，灰度级图像的膨胀相当于最大滤波。

顶帽变换定义为 f 减去其开操作：

$$T_{hat}(f) = f - (f \circ b)$$

1.5 粒度测定

在图像处理方面，粒度测定属于判断图像中颗粒的尺寸分布的领域。一般来说，对于图像中物体分离比较困难，使得对于识别单个颗粒来计数很困难。形态学可以间接用于估计颗粒的尺寸分布，而不需要识别图像中每个颗粒。

该方法使用逐渐增大的结构元对图像执行开操作。对于每次开操作，计算该开操作中像素值的和。该和称为“表面区域”，它随着结构元的增大而

减小。因为开操作会降低亮特征的灰度。从不同结构元半径下表面区域半径的变化，就能得出图像中主要颗粒的大小分布。开操作定义为：

$$f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$$

闭操作定义为：

$$f \bullet b = (f \oplus b) \ominus b$$

1.6 纹理分割

将一幅图像分为区域的处理就是分割。纹理分割是以纹理内容为基础找到两个区域的边界。形态学梯度

$$g = (f \oplus b) - (f \ominus b)$$

2 实验内容

本次实验代码较多，就没有在实验报告中附加代码，源代码见.m 文件。

2.1 长字符提取

原图为大小 918×2018 像素的文本图像。长的字符近似平均高度是 51 像素。所以使用大小为 51×1 像素的结构元对图像进行腐蚀、膨胀和测地膨胀，完成重建开操作，从而实现长字符的提取。图 1 为复现教材 9.29 的结果。

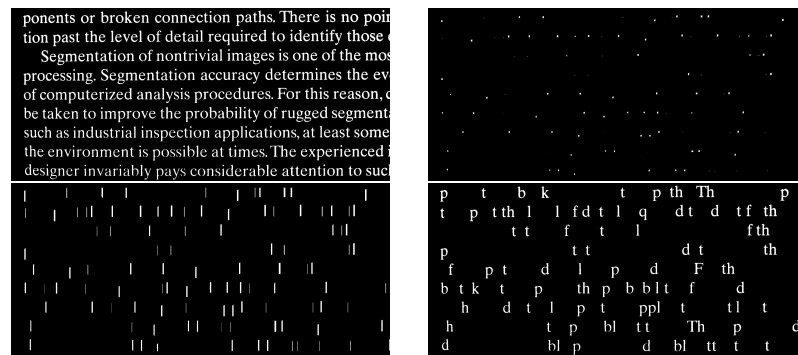


图 1：分别为原图、腐蚀后图像、膨胀后图像、重建开操作的结果

2.2 孔洞填充

对大小为 918×2018 像素的文本图像，取其补集。即将 I 中的前景像素（1 值）设置为背景（0 值）像素，反之亦然，该操作建立了围绕孔洞的一面像素为 0 的“墙”。根据实验原理所述，求得标记图像，对标记图像以 I^c 为模板进行测地膨胀，并取反得到孔洞填充的结果。

因为膨胀由边界开始要实现覆盖全图，所以此处的膨胀次数较大。由于以 I^c 为模板，所以孔洞内部包括围绕孔洞的“墙”都会被保存。复现 9.31 结果如图 2。

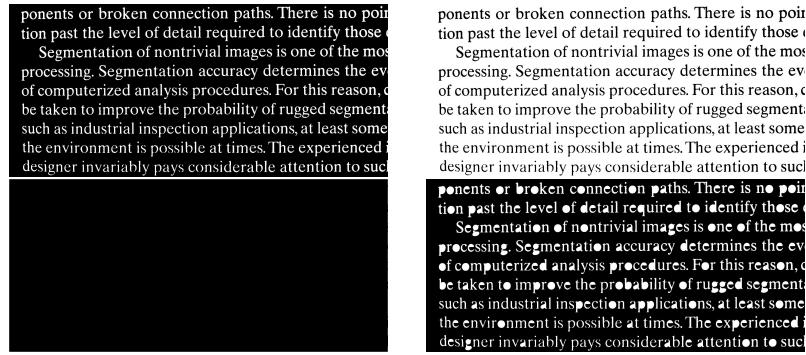


图 2：分别为原图、模板、标记图像、孔洞填充的结果

2.3 边界清除

再次考虑文本图像，使用元素均为 1 的 3×3 的结构元得到重建 $R_I^D(F)$ 。复现 9.32 结果如图 3。

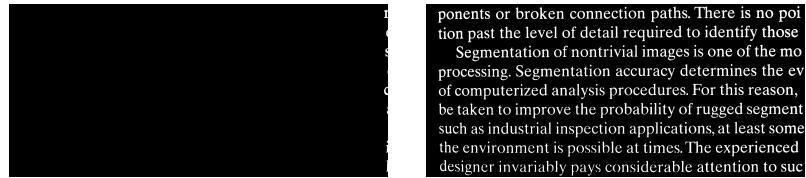


图 3：标记图像、边界清除的结果

2.4 顶帽变换纠正阴影

使用原图为 600×600 的米粒图像。该图像在非均匀光照下得到，右下角处的暗色区域光照不足。这使得直接对该图像进行阈值变换右下角的信息将会丢失，并且左上角的背景部分被错误的分类。使用半径为 40 的圆盘结构元对图像进行开操作。这个结构元大到不会拟合任何物体。这样的话，这些物体被消除了，仅留下一个近似的背景，该背景即包含了光照不均的成分。通过原图像减去该图像，背景便会变得均匀。这就足以得到正确分割的结果。9.40 的复现结果如图 4。

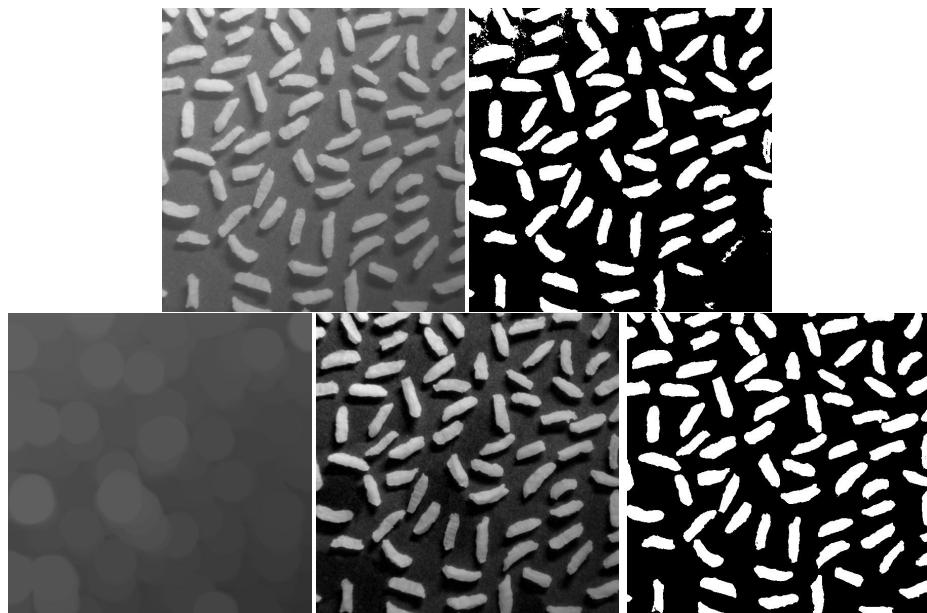


图 4: 分别为原图、阈值处理后的图像、进行开操作的图像、顶帽变换的图像、顶帽变换后阈值处理的图像

2.5 自动检测图像中规则圆形颗粒尺寸

使用的原图有两种不同大小的木钉图像。首先对图像进行平滑，再在平滑图像基础上，使用不同半径的圆盘结构元执行开操作，并计算半径变化时表面区域的差值。9.41 复现的结果如图 5。

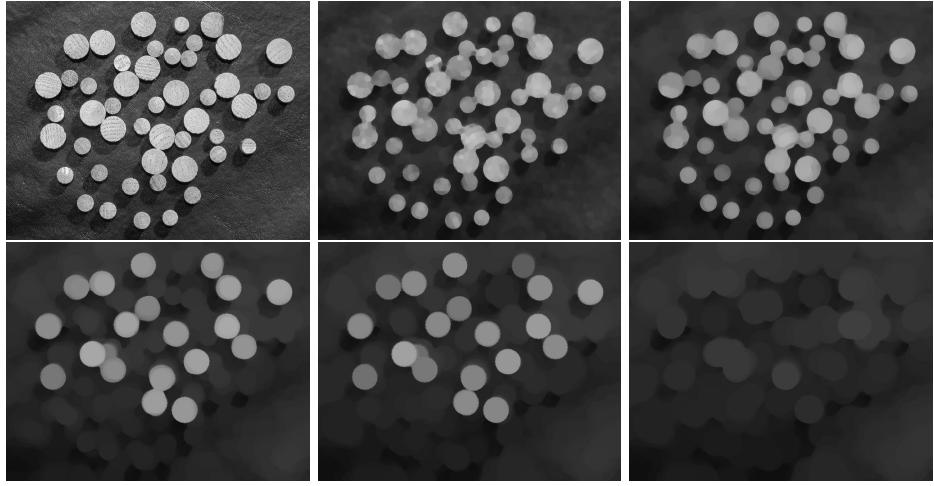


图 5: 分别为大小为 531×675 的原图、平滑处理后的图像、结构元半径为 10、20、25 和 30 执行开操作后的图像

2.6 纹理分割

原图是一张在亮背景上添加了暗斑点的噪声图像。该图像有两个纹理区域: 右边大斑点组成的区域和左边小斑点组成的区域。感兴趣的部分比背景暗, 我们知道, 如果使用一个比小斑点大的结构元对图像做闭操作, 这些斑点将会被删除。再使用尺寸大于大斑点间间隔的结构元对图像执行开操作, 斑点间的亮间隔将会被删除。

对大小为 600×600 的图像, 使用半径为 30 的机构元执行闭操作, 再用半径为 60 的结构元执行开操作。对所得图像使用 3×3 的结构元执行形态学梯度操作。将边界加到原图上, 可以看到纹理分割的结果。9.43 的复现结果如图 6。

3 总结

- 实验内容填充孔洞部分

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 - I(x, y), & (x, y) \text{ 在 } I \text{ 的边界上} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

由于教材前面提到的边界是图像中物体的边界, 一开始将这里的边界理解为了图像中物体的边界, 导致这部分浪费了较多时间。查阅资料

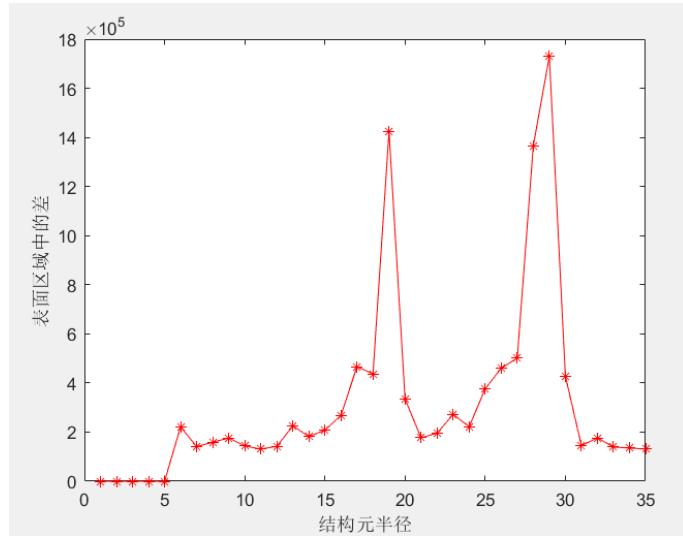


图 6: 表面区域的差, 两个峰值表明存在两个主要的颗粒尺寸

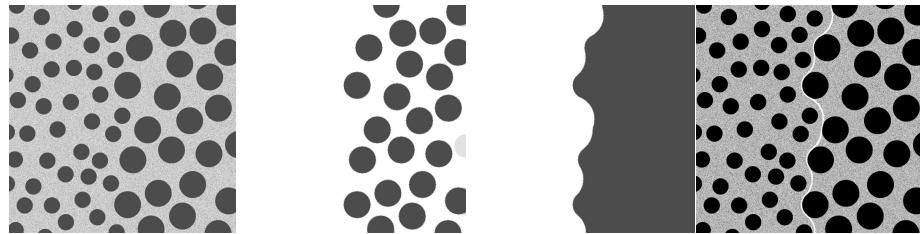


图 7: 两种斑点组成的原图、闭操作删除小斑点、开操作删除大斑点间间隔、
边界叠加到原图上后的结果

发现边界指的是图像的边界后, 对填充孔洞理解更加深入了。同时由于一开始的错误理解, 中间做了边界提取一部分内容, 对于边界提取理解也更深刻了。有得有失吧。

- 进行前面两个实验内容时, 没意识到后面内容将会持续用到如腐蚀、膨胀等操作, 所以未把其独立成函数。后面才逐渐尽量标准 I/O, 并独立为函数。