

Report of Homework 5,DIP 2024

PB22061259,刘沛

Introduction

这次的作业是使用形态学操作来完成图像处理。

Method：二值图像

1.Erosion

一个待腐蚀的二值图像A， 以及一个腐蚀核Kernal： B。

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

也相当于用腐蚀核Kernal遍历图像A的所有像素点， 如果该像素点与腐蚀核Kernal的对应位置的像素点都相同， 则该像素点保持不变， 否则该像素点被置为0。

注意卷积核kernel

```
0  1
1  1
```

左上角为0代表这个像素位置可有可无不影响， 也就是说， 图像A中保留的是

```
0  1
1  1
```

或者

```
1  1
1  1
```

为了降低时间复杂度，可以利用库函数中的**卷积**操作， 将腐蚀核Kernal与图像A卷积， 得到的结果为convolved_image。而convolved_image[i,j]中的值是以img[i,j]为中心的区域region与kernel进行卷积的结果， 如果convolved_image[i,j] = sum(kernel)*255,则说明region满足覆盖条件， 置1， 否则置为0。

2.Dilation

一个待膨胀的二值图像A， 以及一个膨胀核Kernal： B。

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

相同的道理， 只不过是region与kernel有交集， 则该region被置1， 否则被置为0。

考虑**卷积**操作:则convolved_image[i,j] >0,当且仅当region与kernel有交集， 置1， 否则置0。

3.Opening

先腐蚀再膨胀，得到的结果为A_open。

$$A_{open} = A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

4.Closing

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B$$

先膨胀再腐蚀，得到的结果为A_close。

膨胀形态学重建

$$R_G^D(F) = D_G^{(k)}(F)$$

来自标记图像F对模板图像G的膨胀形态学重建表示为RGD
于G的测地膨胀，反复迭代直至达到稳定状态。

算法：

1. 定义模板G（也被记为target）的膨胀核kernel
2. 定义初始标记图像F(也被记为input)
3. 重复执行以下步骤直至收敛：
 - a. 对F进行膨胀操作，得到F_new
 - b.对F_new和G取与，得到reconstruction
 - c.检查F和reconstruction是否相等，如果相等，则停止迭代；否则更新F为reconstruction
4. 输出F_new

重建开操作

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

以输入图像F为模板，对F的腐蚀结果进行膨胀重建操作，得到的结果为 $O_R^{(n)}(F)$ 。

注意，这里的**腐蚀kernel与膨胀kernel不一样**，其中的n待实验探索。

孔洞填充

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

其中：

I是孔洞待填充的输入图像；

I^c 为I的全部取反图像（0变255，255变0）也被记为Mask；

F为除了在该图像的边界位置为1-I之外，在其他位置均为0的标记图像Marker

边界清除

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

其中：

I 是输入图像；

F 为标记图像Marker，保留输入图像的边界区域，其余区域为0；这个边界是自定义的，不一定是一行一列像素；

X 为边界清除后的图像。

Method：灰度图像

1.Erosion

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

类似二值图像的腐蚀操作，只不过对于灰度图像来说，保留的是kernel覆盖图像A的region中最小的灰度值。

2.Dilation

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

类似二值图像的膨胀操作，只不过对于灰度图像来说，保留的是kernel覆盖图像A的region中最大的灰度值。

以上，由于我选择用for循环遍历整个图像进行腐蚀/膨胀操作，因此时间复杂度为 $O(n^3)$ 以上，暂时没有想到用什么方法来降低时间复杂度。

顶帽变化纠正阴影

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

顶帽变换的一个重要用途是校正不均匀光照的影响，经过顶帽变换的图像，可以去除因为不均匀光照而产生的阴影。

粒度测定

对于开运算得到的每一幅图像，我们计算像素之和，这个和值我们称为表面区域。

而每一次开运算所用的kernel，是一个半径为 r 的圆盘 $se[r]$ 。则表面区域SurfaceArea $[r]$ 的大小为经过开运算得到的图像的像素之和：open_img $[r].sum()$ 。

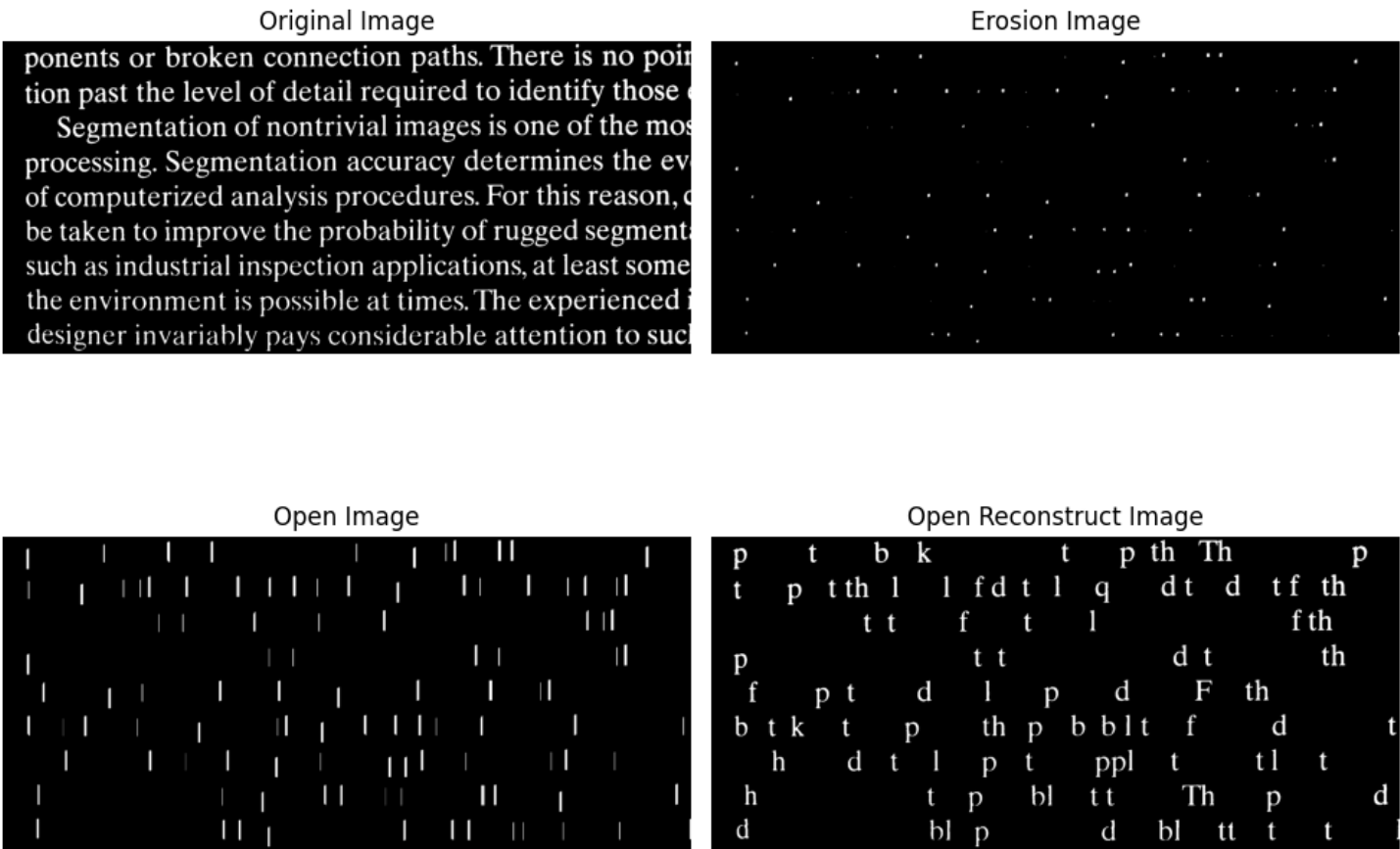
表面区域，它随结构元大小的增大而减小，因为开运算会减小甚至抹除图像中的区域小于核 $se[r]$ 的亮特征。所以，在 $se[r]$ 刚好跨越图像中的圆粒大小的时候，表面区域SurfaceArea $[r]$ 的变化值最大。

形态学梯度与纹理分割

$g = (f \oplus b) - (f \ominus b)$,得到图像的梯度边界。

Result

1.长字符提取:



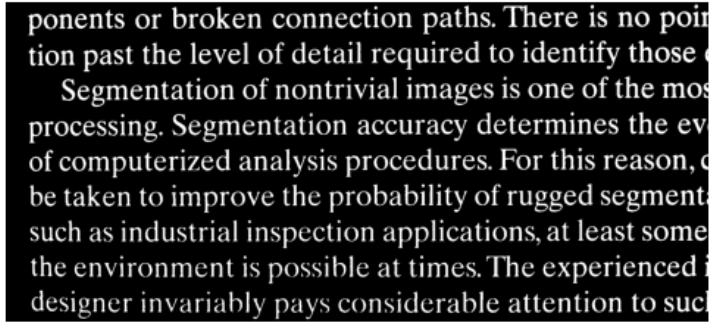
首先，右上角的图像是对文字图用一个51×1的长条状的卷积核进行腐蚀的结果，白点的位置代表该处存在长条状的结构。

其次，左下角的图像是用51×1的长条状的卷积核对右上角的图像进行膨胀的结果，将长条恢复在了图像当中。

最后，右下角的图像是对于右上角的腐蚀图，用一个新的卷积核（3×3）进行开重建的结果，可以看到，开运算的结果保存了原图当中的拥有长条状结构的字符。

孔洞填充与边界清除:

Original Image



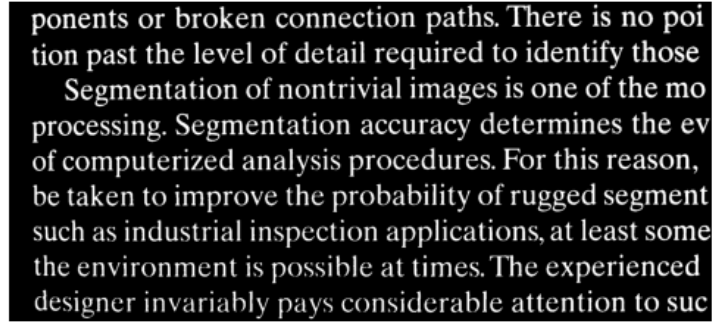
Hole-filled Image



Marker Image



Edge Cleaned Image



注意到，在边界清除的过程中，这里对于边界Marker的设计：

保留原图像右侧边界的5列像素，如左下角图所示

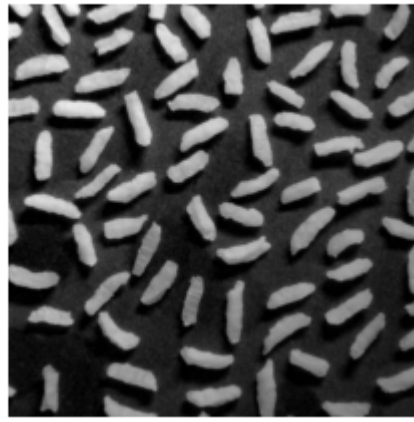
边界清除的结果，可以看到，处理后的图像右侧那些本来不完整的字母被清楚了，留下来的只有完整的字母。

顶帽变化纠正阴影：

Binary Image



Tophat Image



Opening Image



Thresholded Tophat Image



顶帽变换的一个重要用途是校正不均匀光照的影响，经过顶帽变换的图像，可以去除因为不均匀光照而产生的阴影。

原图里面右下角的光照比左上角会弱一些，用全局阈值的方法进行二值化的时候，右下角由于比较暗，所以很容易被归为背景，但是事实上我们知道，右下角图像有明显的前景背景区分。

经过顶帽变换，图像的光照条件变得比较均匀，再用相同的方法进行二值化的结果，在图像右下角部分前景背景的分割效果明显较好。

粒度测定：

对于开运算得到的每一幅图像，我们计算像素之和，这个和值我们称为表面区域。

而每一次开运算所用的kernel，是一个半径为 r 的圆盘 $se[r]$ 。则表面区域 $SurfaceArea[r]$ 的大小为经过开运算得到的图像的像素之和 $open_img[r].sum()$ 。

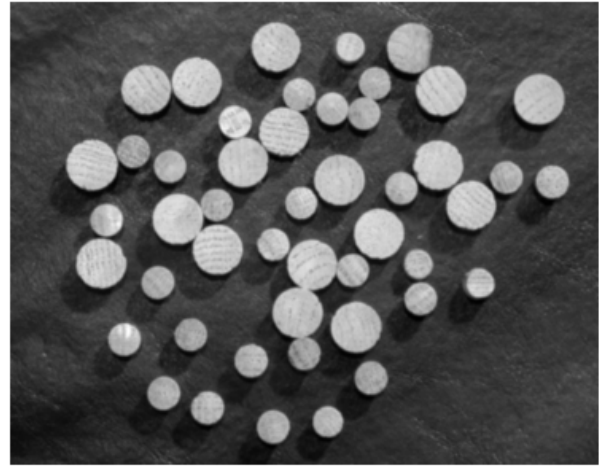
表面区域，它随结构元大小的增大而减小，因为开运算会减小图像中的区域小于核 $se[r]$ 的亮特征。所以，在 $se[r]$ 刚好跨越图像中的圆粒大小的时候，表面区域 $SurfaceArea[r]$ 的变化值最大。

我们做出 $SurfaceArea[r]$ 的差分图像 $\Delta SurfaceArea$ ，变化值大的位置，说明核 $se[r]$ 与圆粒的大小差不多。

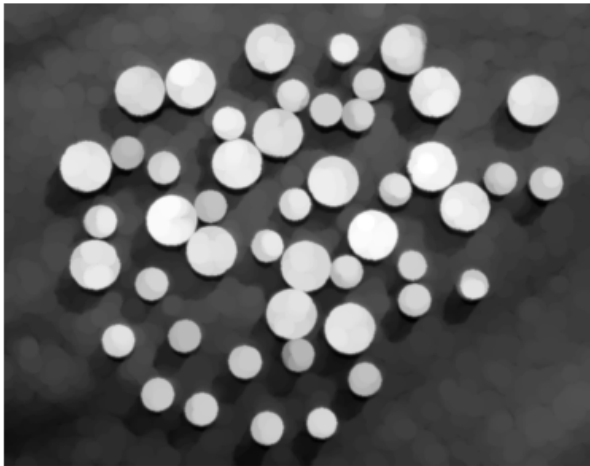
Original Image



Smoothed Image



Opening with Radius 10



Opening with Radius 20



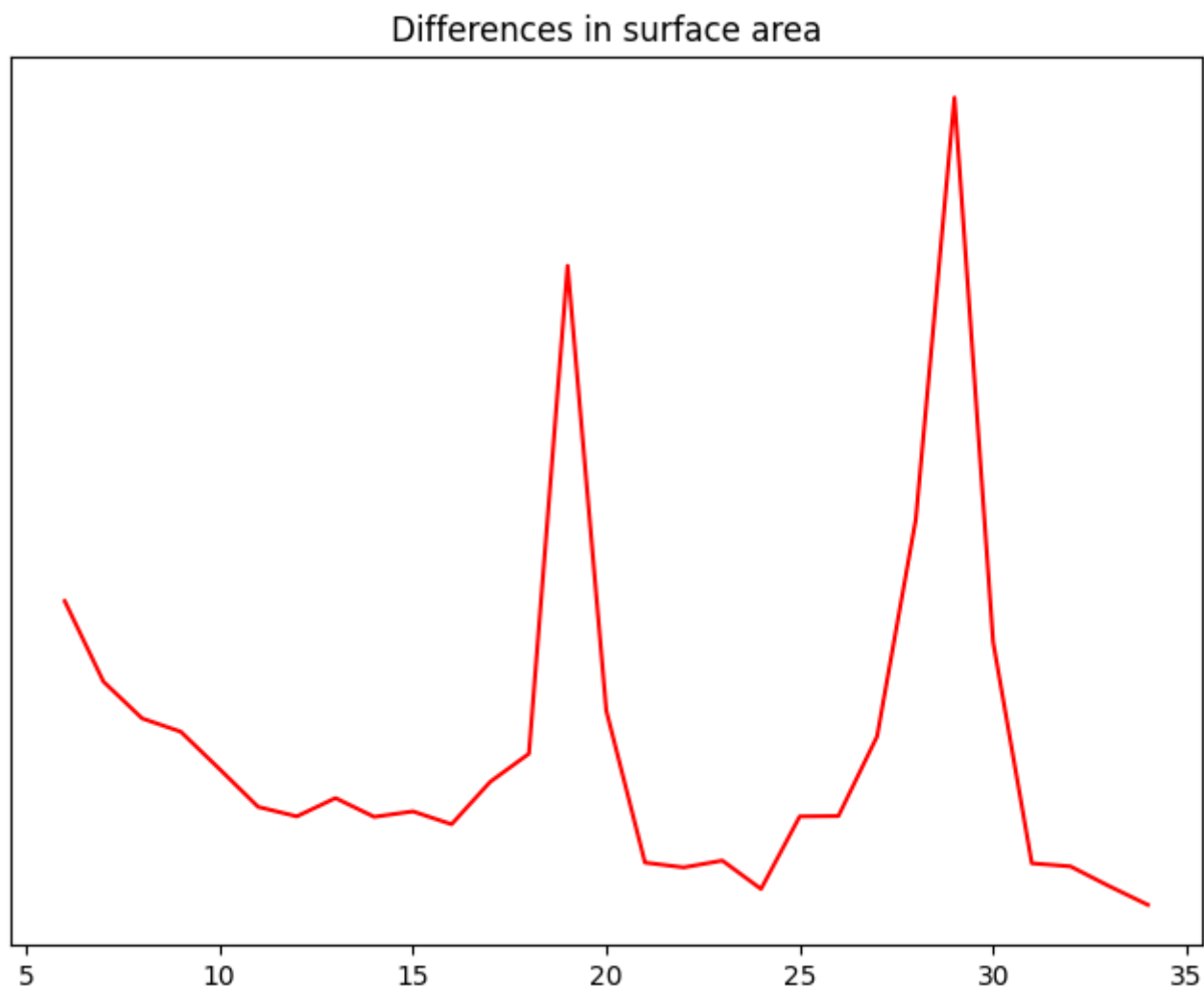
Opening with Radius 25



Opening with Radius 30



$r = 10$ 的时候，小粒子和大粒子都还比较亮，当 r 增加到20的时候，小粒子已经完全变灰；
 $r = 25$ 的时候，还不到大粒子的大小，所以，我们可以认为，在这个范围内，表面区域SurfaceArea[25]和 $r=20$ 的时候差不多。
 $r = 30$ 的时候，大粒子也已经变灰。



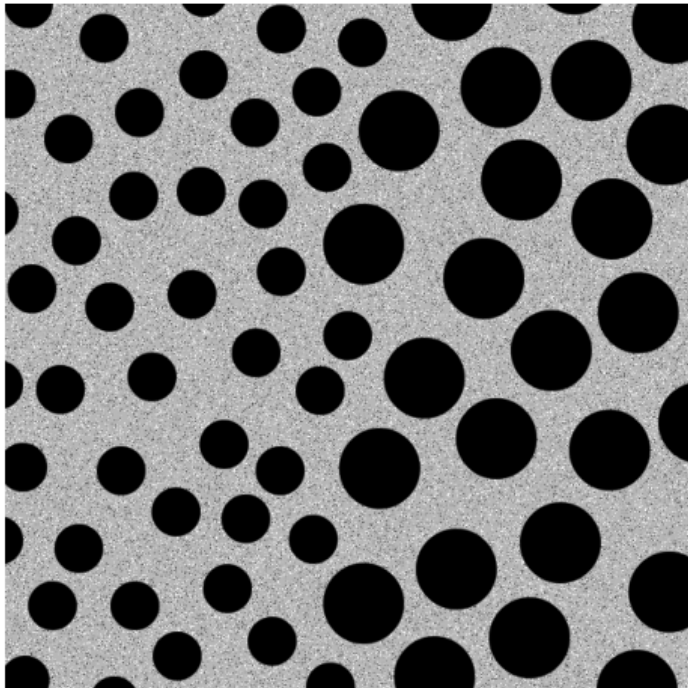
可以看出，在这次实验当中，两个高峰，可以猜测，原图像当中有两种大小的圆粒。

纹理分割：

对于闭操作，可以去除图像中大小较小的纹理。

下图中右上角的图像，只保留了较大的圆圈。

Original Image



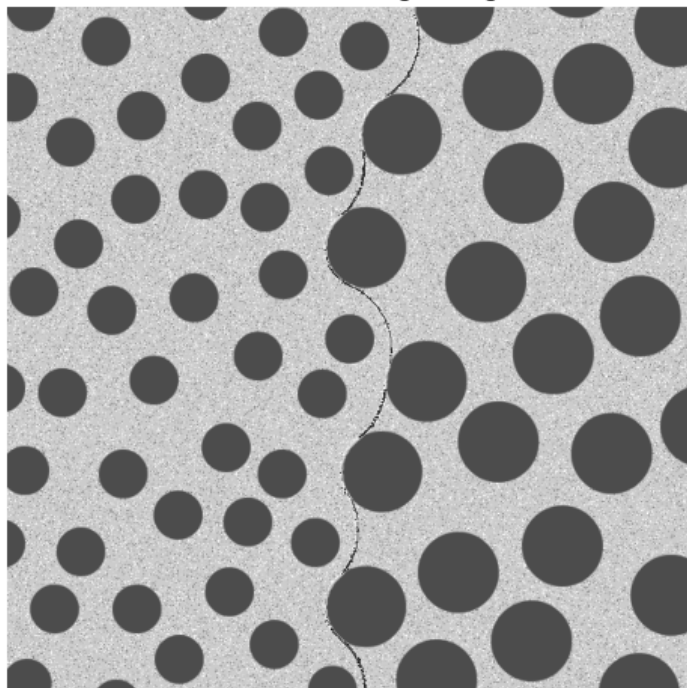
Closed Image



Opened and Closed Image



With Gradient Edge Image



而用一个更大的核对closed_img进行开操作,可以把这些大圈圈之间的缝隙给连接上, 于是整个图像就被分开成为了两部分: 较大的圆圈区域和较小的圆圈区域。

再对这个已经完成区域分割的图像, 进行梯度形态学操作, 可以得到两个区域的分割线, 也就是边间。右下角的图为加上边界的结果, 可以看到, 边界线条完美的分割了两个区域。

Remarks

1.卷积核的选择：

在二值图像的膨胀和腐蚀函数的书写的时候，由于我运用了卷积的操作，区域region与kernel进行卷积，得到的结果很有可能大于255。但是我的kernel在定义的时候，选择了uint8类型，因此，卷积的结果被限制在了255以下，于是整个逻辑被破坏。后来，将kernel的类型改为int32，就可以解决这个问题。

2.边界的定义：

在**孔洞填充**和**边界清除**的过程中，都涉及到Marker的定义。而Marker 的定义，又会牵扯到图像"边界"的理解？什么是图像的边界呢？是一行一列像素就可以充当边界吗？

书上的例子，给出的边界清除的Marker，很明显是保留了右侧不止一列像素



于是，我在实验当中选择保留右侧5列像素作为边界Marker，这样，边界清除的结果，就保留了右侧完整的字母。

但是实际上，我在实验中尝试保留一列的时候，也可以实现一样的结果。

Original Image

ponents or broken connection paths. There is no position past the level of detail required to identify those components.

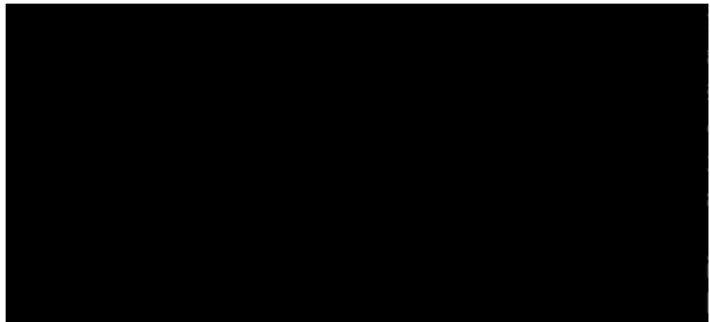
Segmentation of nontrivial images is one of the most difficult tasks in image processing. Segmentation accuracy determines the effectiveness of computerized analysis procedures. For this reason, considerable effort must be taken to improve the probability of rugged segmentation. This is especially true in such applications as industrial inspection applications, at least some of which are possible at times. The experienced image designer invariably pays considerable attention to such

Hole-filled Image

ponents or broken connection paths. There is no position past the level of detail required to identify those components.

Segmentation of nontrivial images is one of the most difficult tasks in image processing. Segmentation accuracy determines the effectiveness of computerized analysis procedures. For this reason, considerable effort must be taken to improve the probability of rugged segmentation. This is especially true in such applications as industrial inspection applications, at least some of which are possible at times. The experienced image designer invariably pays considerable attention to such

Marker Image



Edge Cleaned Image

ponents or broken connection paths. There is no position past the level of detail required to identify those components.

Segmentation of nontrivial images is one of the most difficult tasks in image processing. Segmentation accuracy determines the effectiveness of computerized analysis procedures. For this reason, considerable effort must be taken to improve the probability of rugged segmentation. This is especially true in such applications as industrial inspection applications, at least some of which are possible at times. The experienced image designer invariably pays considerable attention to such

这次的Marker里面，几乎看不见任何白色像素，但是结果却也成功的清除了边缘不完整的字母。