

数字图像处理

大作业 2

班级：自 71

姓名：屈晨迪

学号：2017010928

1 需求分析

对于指纹的特征提取包含几个步骤，脊线增强、脊线分割、脊线细化、细节点检测和细节点验证，本次大作业需要针对已经增强的指纹图片进行后续几个步骤，通过多种形态学算法进行分割、细化、细化后处理，找到其中的端点和分叉点，而指纹周边的伪细节点需要被去除。

本次作业有两张图片需要进行处理，如图 2 所示，分别称为图片 1 和图片 2。

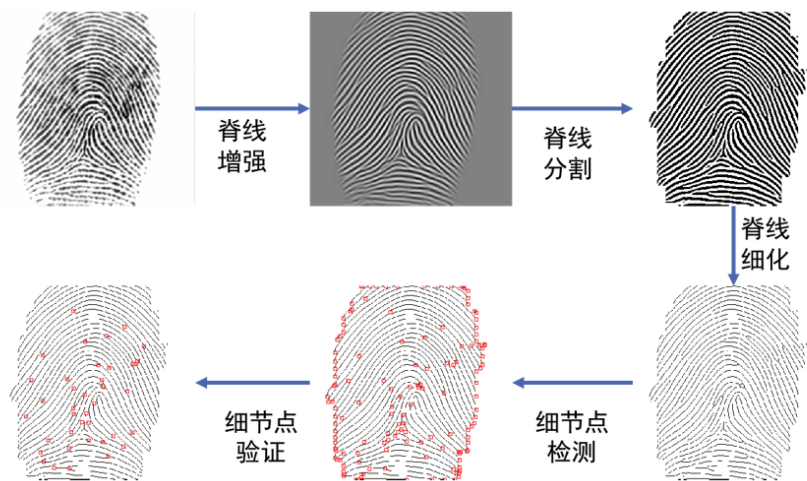
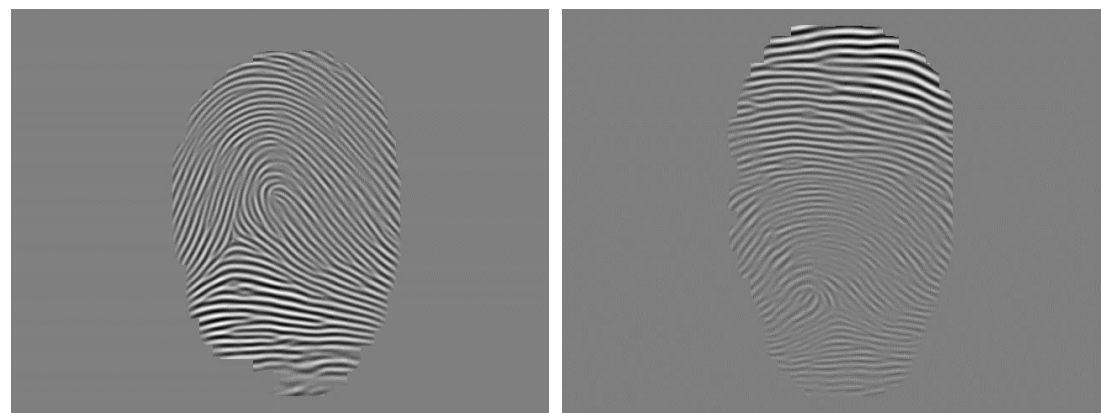


图 1 指纹特征提取步骤



(a)图片 1

(b)图片 2

图 2 两张待处理指纹

2 算法设计

2.1 脊线分割

脊线分割的目的是使增强后的指纹图像脊线更加清晰、饱满、平滑。首先使用函数 *imbinarize* 对图像进行二值化处理。选择参数 0.5，图片 1 能得到较好的二值化效果，而图片 2 会出现指纹背景与脊线同色的情况，影响之后的细化操作，因此需要先通过灰度值范围将底色去除，再进行二值化，会呈现较好的效果。

之后的形态学处理使用 $imopen(I, se)$ 函数做开运算，其中运算结构 se 为边长为 2 个像素的正方形，开运算能够对指纹轮廓进行一定程度的平滑，连接一些在二值化之后出现的脊线断裂¹；对于图像中的孤岛，使用函数 $bwareaopen$ ，去除一定像素大小以内的连通域，可以对原始图片和反色图片各做一次，分别去除脊线空洞和白背景上的孤岛。

2.2 脊线细化

使用函数 $bwmorph(I, 'thin', N)$ 对指纹进行细化，其中 N 为细化操作的次数，可以设为 inf ，即细化至图像不变化为止。

脊线细化后可能出现脊线断裂、桥接、短线或毛刺等问题，如图 3 所示。由于在 2.1 中去除了背景中孤岛，细化后未产生短线。对于不希望的桥接，可以通过 $bwhitmiss(I, B1, B2)$ 函数，对指纹图片进行“击中与否”变换，其中 $B1$ 是感兴趣的结构体， $B2$ 是其互补结构，在本例中，即桥接部分主要形状， $Hit or miss$ 返回的是图中相同结构体的中心点，之后再手动改变周围像素值，实现去除桥接的目的。脊线的断裂可以通过 $imerode$ 做腐蚀²实现，腐蚀后的图像脊线会加粗，再细化即可。

对于脊线上的毛刺，需要进行剪枝，借鉴老师的示例程序编写剪枝算法 $pruning$ ，可以设定剪枝长度（剪枝次数） n ，首先定义一些毛刺结构，使用 $bwhitmiss$ 寻找具有相同结构的毛刺，找到毛刺位置后对获得的 $hit or miss$ 图片做膨胀，从而在原图上去除这些毛刺，也能使脊线更加平滑。

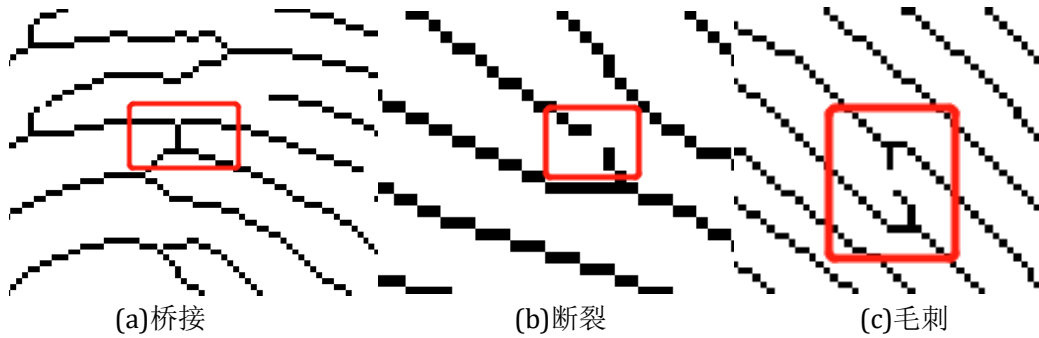


图 3 细化后图片待处理问题

2.3 细节点检测

指纹细节包括端点和分叉点，对于两种类型细节点的寻找可以通过下述算法统一实现。对于像素点 P ，其类型由交叉数 $cn(p)$ 决定。

$$cn(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^7 |f(p_{(i+1) \bmod 8}) - f(p_i)|$$

其中 $f(p_i)$ 表示 p_i 处的像素值，如图 4 所示，遍历图像，对每个脊线像素的 8 邻域像素做计算，端点和交叉点的对于特征图如图 4(b)(d)，端点的 $cn(p) = 1$ ，交叉点 $cn(p) = 3$ ，其他的 $cn(p)$ 值忽视。

程序中找到的端点用绿色框标记，交叉点用红色方框标记。

¹ 开运算针对图片中的白色底色进行操作，因此可以连接灰度值为 0 的黑色脊线部分

² 与脚注 1 同理， $imerode$ 对白色背景做腐蚀，可以连接断裂脊线

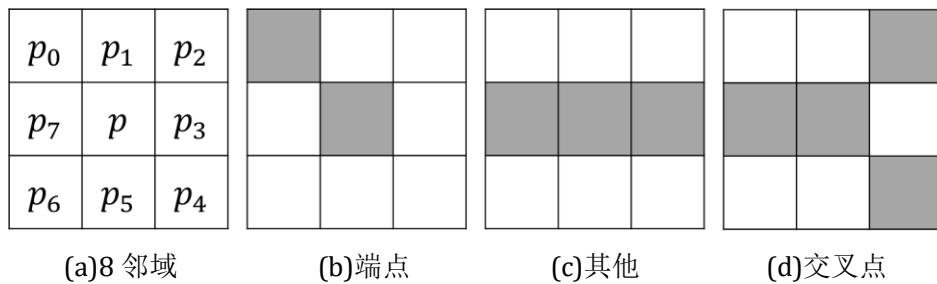


图 4 像素 8 邻域特征与细节点类型

2.4 伪细节点去除

本次作业中，定义指纹边缘端点为找到的伪细节点，因此去除边缘点需要确定边缘。使用`nlfilter`计算全图 3*3 的局部方差³，非指纹区域值为 0，通过此法可以大致画出边缘形状，如图 5，在此范围内的细节端点统一被去除。

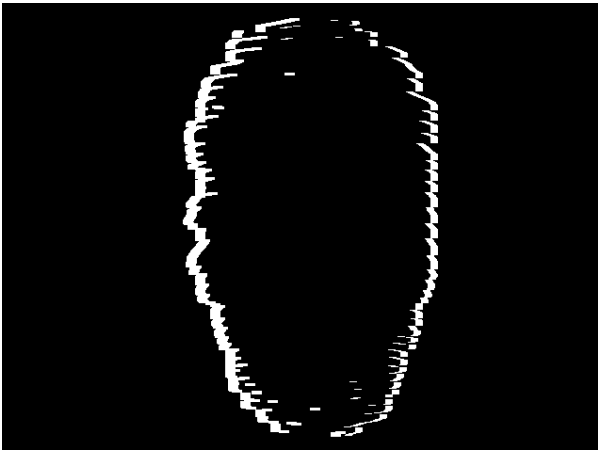


图 5 找到的指纹边缘

3 实验结果

3.1 图片 1 输出

³ 该算法效率较低，可以使用小作业中实现的积分图方法计算局部方差，速度较快



(a) 二值化



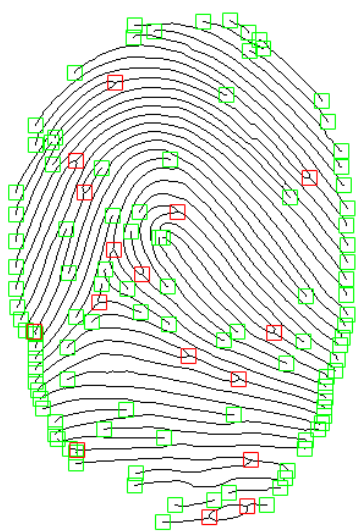
(b) 形态学处理



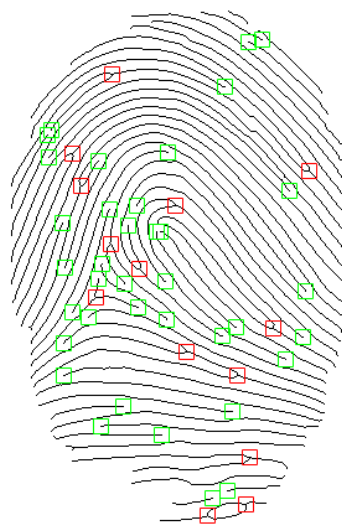
(c) 细化



(d) 细化处理



(e) 细节点检测



(f) 去除伪细节点

3.2 图片 2 输出



(a)二值化



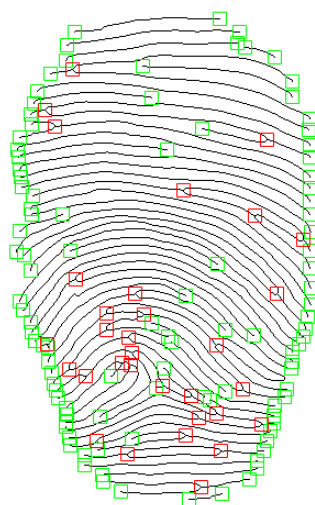
(b)形态学处理



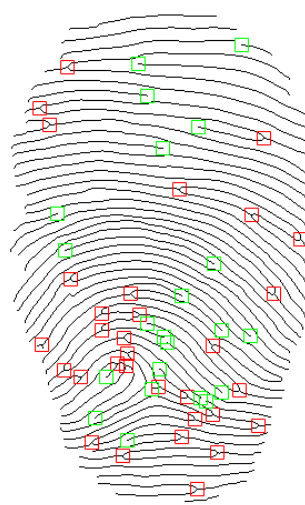
(c)细化



(d)细化后处理



(e)细节点检测



(f)去除伪细节点

4 实验总结

本次大作业延续上次的步骤，从脊线增强开始，寻找指纹中的细节点。通过本次作业，我了解了多种 MATLAB 中自带的形态学操作函数，更充分地理解了老师课上讲到的各种形态学算法，如膨胀腐蚀、开闭运算、“击中与否”变换、细化剪枝等，实际体验了各种算法的效果，如膨胀腐蚀中使用`strel`设计算子结构，MATLAB 中提供了多种结构可供选择，如`'disk'`、`'square'`、`'diamond'`等，需要通过不断的测试找到较优的形状和大小，“击中与否”变换中感兴趣结构的设计同样需要在尝试中设计、改进。此外我也掌握了细节点的检测方法，并对 MATLAB 绘图操作有了更多的了解。其实算法中对于桥接的去除在“击中与否”变换之外有一定的手动操作，也希望知道如何全部使用形态学操作去除。

感谢老师和助教对本次大作业的帮助！