

数字图像处理

大作业 1

班级：自 71

姓名：屈晨迪

学号：2017010928

1 需求分析

指纹在生活中的各个领域都有丰富的应用，如在刑侦时利用指纹追踪嫌犯，但很多情况下获取的指纹不够清晰，或纹线之间有断裂、粘连，因此指纹增强是很有必要的。通过滤波、形态学变换、时域频域转换等操作，使指纹图像在图片背景中变得清晰可见，是指纹增强所追求的。

在本次作业中，需要对如图 1 所示三张指纹图像进行增强，为表述简便，下文分别称为图片 1、图片 2 和图片 3。

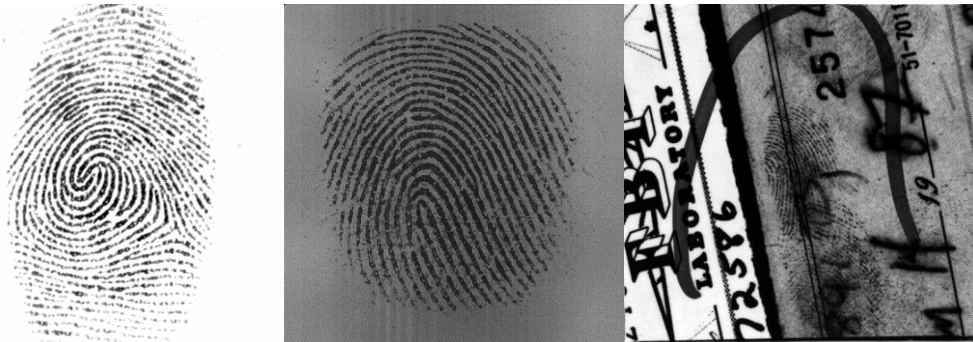


图 1 需增强指纹

2 算法设计

指纹增强主要有以下几个步骤——前景分割、局部脊线方向估计、局部脊线频率估计、脊线增强，其中前三个步骤之间并无先后关系，在实际操作中相辅相成，现对各步骤分别进行介绍。

2.1 前景分割

前景分割即从原图像中找出指纹区域，主要通过检测指纹区域的频域特征和均、方差特征来实现。首先对原图进行切分，将原图分成多个相邻的 8×8 小块，为保证切割完整性，将图像边界向外扩充，将长和宽变为 8 的倍数，为了傅里叶变换的效果更好，对每个 8×8 小块向外扩充至 32×32 。

通常指纹纹线可以近似看作二位正弦函数，因此可以通过二位正弦函数的 dft 特征来判断指纹区域。使用 $fft2shift(fft2(I))$ 函数进行 2D DFT，取绝对值。首先使用 $max2()$ 找到 32×32 区域中灰度值最大的像素点，一般应是中心直流点，去掉最亮点之后，再次使用 $max2()$ 找到次亮点，若次两点的个数为 2 且关于中心点对称，则认为可能是指纹区域。计算两个两点到中心点的平均距离 dis ，作为局部脊线频率的测度，同时可以通过距离筛选掉一些不属于指纹区域的背景部分。

上述步骤完成后，对于图片 1 和图片 2 已经基本可以分出指纹区域，而对于背景较为杂乱的图片 3，上述操作只能找到一些离散的块，对这些块做扩展，认定其周围 48×48 的区域均为指纹区域，此时得到离散块中，有一些白色部分较多的或方差较大的，可以通过均值筛掉，这样可以获得一个如图 2 所示的 $mask$ ， $mask$ 为 1 的部分是认定的指纹区域。之后再对图片 3 的原图进行处理，进行一系列腐蚀、膨胀的形态学运算，通过灰度值、方差等条

件大致去除背景中其他部分，与 mask 结合后效果如图 3.

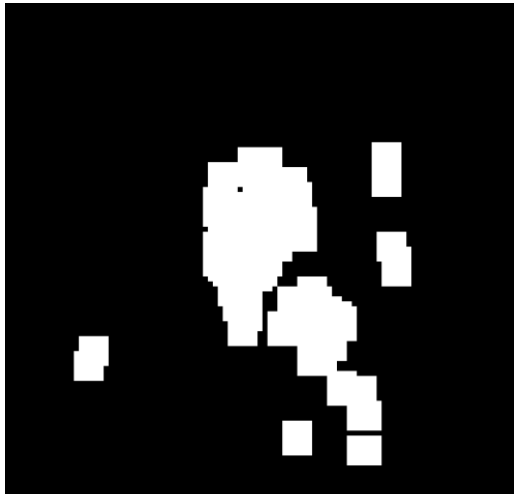


图 2 图片 3 指纹区域 mask



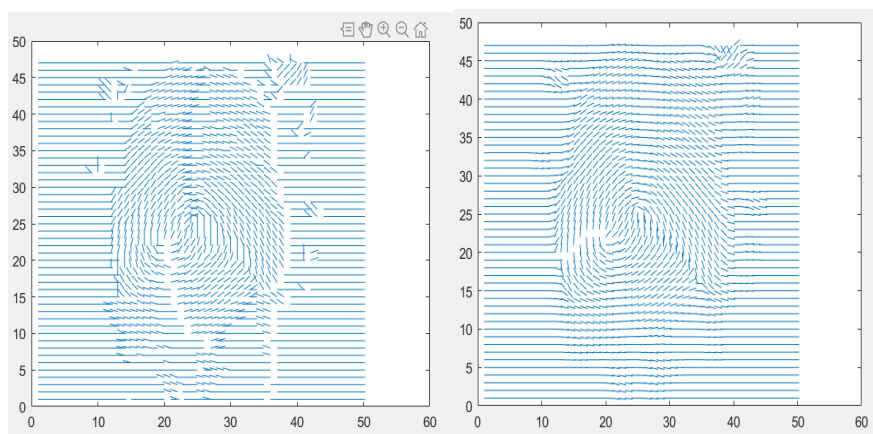
图 3 图片 3 前景分割效果

2.2 局部脊线方向估计

已知对于二维正弦函数，其 2D DFT 幅度谱两个分量的连线与正弦波方向垂直。在 2.1 的操作中，已获得指纹区域 32×32 小块的 2D DFT 幅度谱，找到两个次亮点后，通过两个亮点的连线与竖直方向的夹角计算指纹脊线方向，此过程中对于不同方向的部分要分类讨论，将最终获得的脊线方向角存入矩阵 I_{ang} 。以图片 1 为例，使用函数 *quiver* 展示方向图如图 4 (a)，可以看到该方向图能反映出指纹的大致走势，但仍有些较为杂乱的部分。

接下来对方向图进行平滑，将方向矩阵每个元素乘以 2，计算其正弦和余弦，分别对正弦图和余弦图进行平滑，再对正余弦矩阵调用 *atan2* 函数，除以 2，得到平滑后的方向矩阵 I_a ，再使用函数 *quiver* 展示方向图如图 4 (b)，可以看到此时方向图已较为平滑。

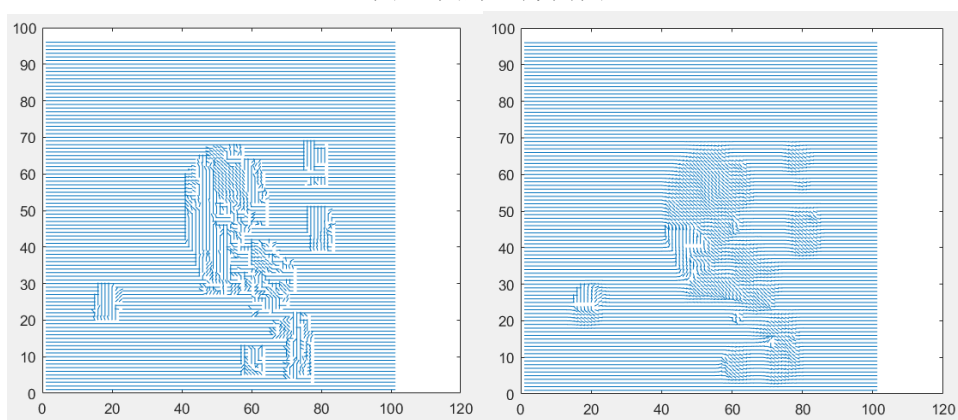
对于图片 3，由于在 2.1 的操作中，去除了穿指纹图像而过的两条黑线，生成的方向图也有明显的断裂，对于此现象做方向的手动调整和两次平滑，最终处理效果如图 5(b)，可以看到中间断裂处已被基本连接。



(a)初始

(b)平滑后

图 4 图片 1 方向图



(a)初始

(b)处理后

图 5 图片 3 方向图

2.3 局部脊线频率估计

已知对于二维正弦函数，其 2D DFT 幅度谱两个分量连线距离反映了该点频率大小。在 2.1 的操作中，用两个次亮点到中心点的平均距离作为指纹区域的判断条件，判断为是指纹区域后，将 dis 存入频率矩阵 If ，获得频率矩阵后，对其进行空域平滑滤波，以图片 1 为例，将距离大小转换为灰度值大小显示如图 6。

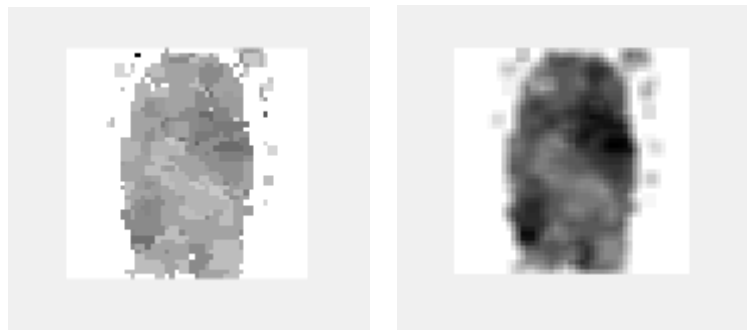


图 6 图片 1 频率图

2.4 脊线增强

最后一步即脊线增强，本次作业中分别使用了notch滤波和Gabor滤波。其中，notch滤波是在频域上进行的，通过之前获得的指纹区域方向图和频率图，计算滤波器两个峰的位置，即仅允许这两个位置处的频率分量通过，滤除其他频率的分量，从而获得增强的指纹图像；而Gabor滤波是在空域上实现的，使用函数`imgaborfilt(i,wavelength,orientation)`，其中`wavelength`是滤波器两个峰之间的距离，`orientation`是方向角，其转移函数如图7所示。

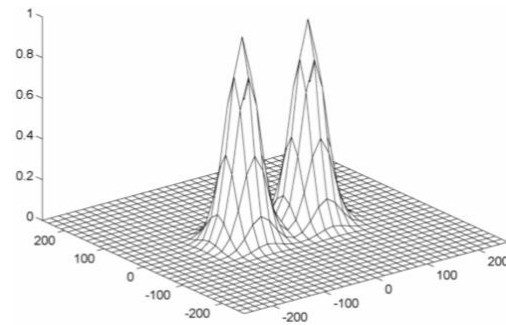


图7 Gabor滤波器转移函数

对三幅图片分别使用Notch和Gabor滤波，再进行二值化处理，对比如图8所示，可以看到Notch滤波对指纹信息如指纹方向的保留较好，但指纹纹线之间会有断裂；而Gabor滤波增强后的指纹纹线较为完整、平滑，但纹线方向有一定扭曲和毛刺，另外，在运行中也发现Gabor滤波的用时长于Notch滤波。

在指纹增强时，不妨将两种滤波结果结合起来看，能较好的得到指纹信息。

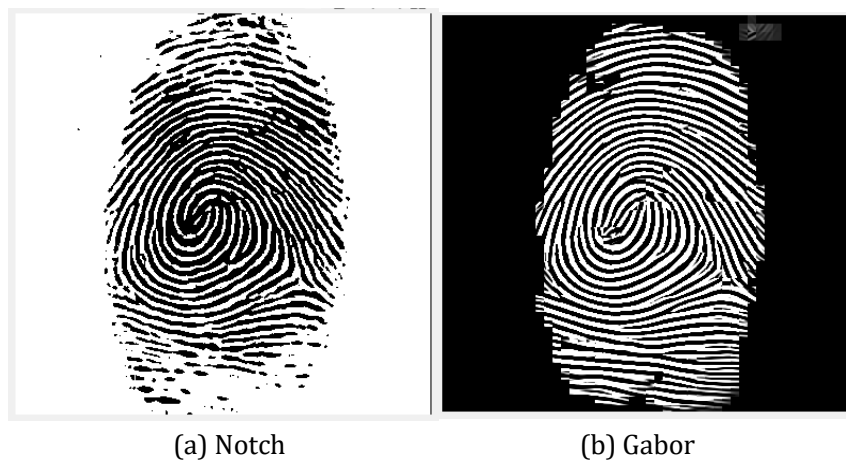
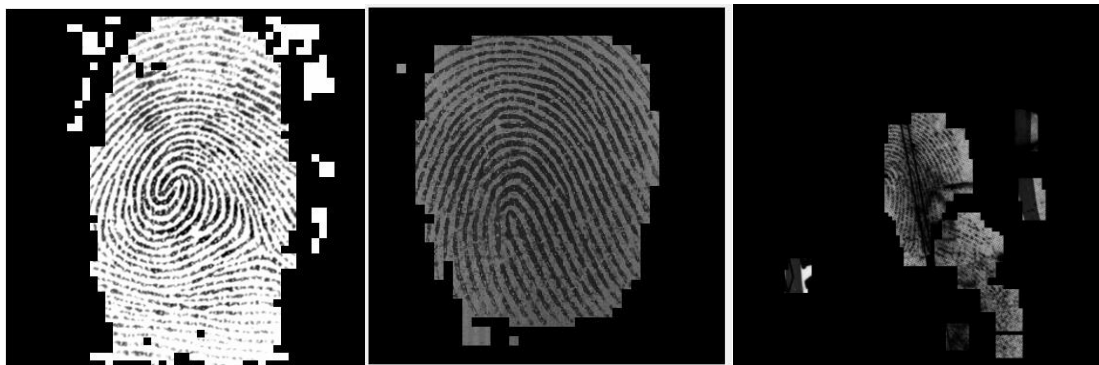


图8 图片 1 增强结果

3 实验结果

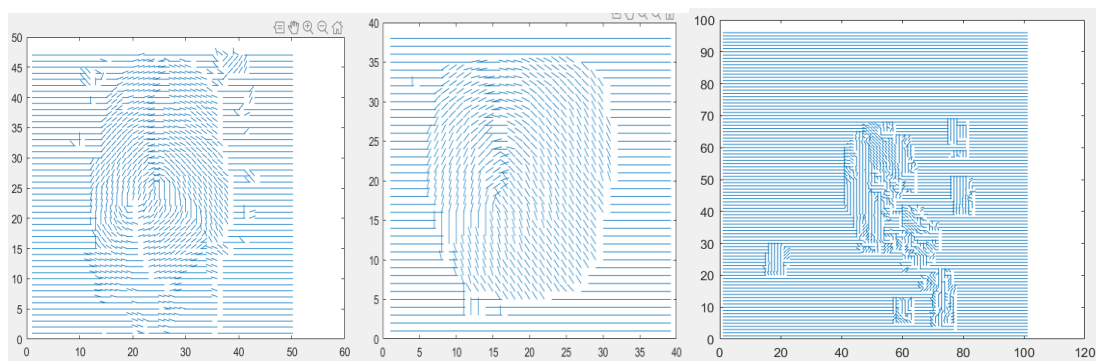
每个步骤的实验结果以图片形式展示，顺序为图片 1、图片 2、图片 3。

3.1 前景分割

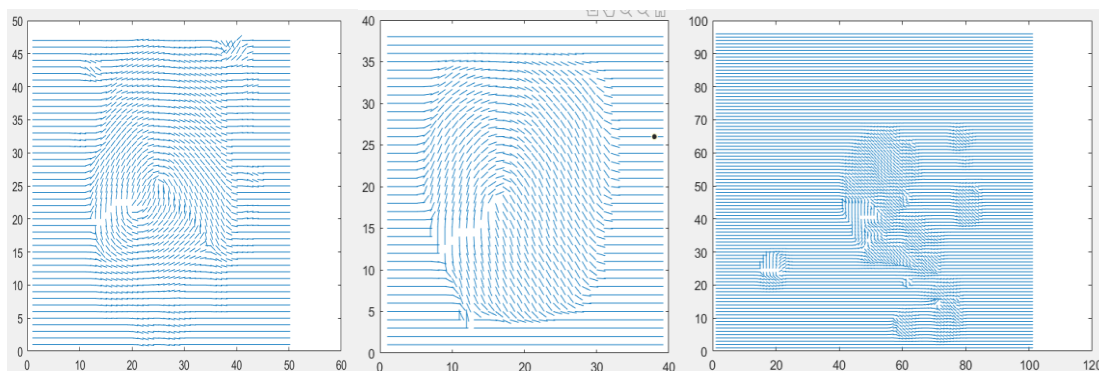


3.2 方向图

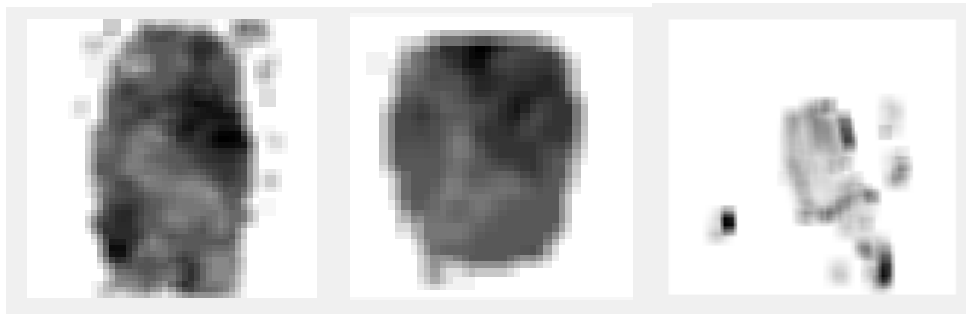
(1) 初始



(2) 平滑后



3.3 频率图



3.4 增强图

(1) Notch



(2) Gabor



4 实验总结与心得体会

通过本次实验，我充分了解了指纹增强的各个步骤，学习并实践了相关操作，加深了对二维正弦函数傅里叶变换、Notch 滤波、Gabor 滤波等内容的认识，还提前了解了形态学运算相关的知识，虽然最终得到的结果不算很理想，但也锻炼了许多方面的能力。此外，本次大作业让我感受最深的地方在于，如果在一开始的时候算法思路不太对，得不到期望的效果，可能会认为是参数的问题，再鉴于 MATLAB 的运行效率，会浪费大量的时间在调参上，而最终也不能有很好的结果，我本人就是一个例子...（也许以后也应该学会适当妥协，调参适

可而止？）

感谢老师和助教对我本次实验的帮助！

5 参考文献

[1] Lin Hong, Yifei Wan, and Anil K. Jain. "Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 20.8 (1998): 777-789.