

《数字图像处理》综合作业 1

2017011010 杜澍滢 自71

一、实验任务

按照指定的步骤实现指纹脊线增强算法并用给定的 3 幅指纹图像进行测试。

二、算法步骤

(1) 将指纹图像分为许多 8×8 像素的图像块。对每个图像块计算 DFT (建议以该图像块为中心, 取更大的图像块来计算 DFT, 例如 32×32 像素)。

(2) 根据幅度谱的某特征, 估计每个图像块是否属于指纹区域; 如果属于指纹区域, 估计脊线方向和频率。

(3) 由于噪声干扰, 某些块的方向和频率可能是错误的。利用空域平滑滤波方法, 对方向图、频率图分别进行平滑。

(4) 根据方向图和频率图, 利用限波通过滤波器, 对指纹进行滤波, 得到增强图。

三、具体实现

(1) 图像分块

尝试了两种分块方法, 一种是不对原图做任何缩放处理, 各分块间没有任何重叠, 仅对原图做补零操作以使得其边长为 8 的倍数; 另外一种考虑图片邻近位置间的影响, 相邻分块间有一个宽度的重叠, 并且缩放原图使其边长符合这种分块方法的要求^[1]。

(2) 前景分割

对 (1) 处理后的图像做补零操作, 然后以各个 8×8 像素块为中心做 32×32 像素的 DFT 变换。根据之前的小作业, 对于类似正弦波的指纹图像, 其

DFT 幅度谱存在两个关于原点对称的峰值，同时还可以发现离中心距离越远的峰值点对应越高的正弦波频率，否则越小。由此可以计算得到题目要求的频率图（各 DFT 像素块幅度谱峰值到原点的距离），利用频率值的大小来估计是否属于指纹区域（背景和指纹频率有明显的差异，这个判定范围通过查看频率图像素值不断调整参数来获得）。

(3) 估计脊线方向

同样由（2）中得到的幅度谱可以求出正弦波的方向（和幅值最大的两点连线相垂直的方向）。

(4) 方向图和频率图滤波

方向图按照题目建议滤波，即将原图乘 2 后分别计算其正弦图和余弦图，对这两幅图分别平滑后再调用 atan2 函数并除以 2，其中选用的滤波器为高斯滤波器。对频率图用均值滤波器滤波。

(5) Gabor 滤波器

结合前面得到的频率图和方向图，按照题目给出的参考文献^[2]的方法，对每个 DFT 像素块求取一个 Gabor 滤波器，然后对原图进行空域滤波。这里贴出论文中 Gabor 滤波器的计算方法：

$$h(x, y : \phi, f) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(x \cos \phi)^2}{\delta_x^2} + \frac{(y \sin \phi)^2}{\delta_y^2} \right] \right\} \cos(2\pi f x \cos \phi),$$

其中 ϕ 为方向角， f 为频率， δ_x 和 δ_y 为常量，设为 5。

此外，在进行滤波时利用论文中的下式，其中 O 对应方向图， F 对应频率图， $R(i, j) = 0$ 对应非指纹区域，否则对应指纹区域，此式将非指纹区域置 1。

$$\mathcal{E}(i, j) = \begin{cases} 255, & \text{if } \mathcal{R}(i, j) = 0, \\ \sum_{u=-w_g/2}^{w_g/2} \sum_{v=-w_g/2}^{w_g/2} h(u, v : \mathcal{O}(i, j), \mathcal{F}(i, j)) \mathcal{G}(i - u, j - v), & \text{otherwise,} \end{cases}$$

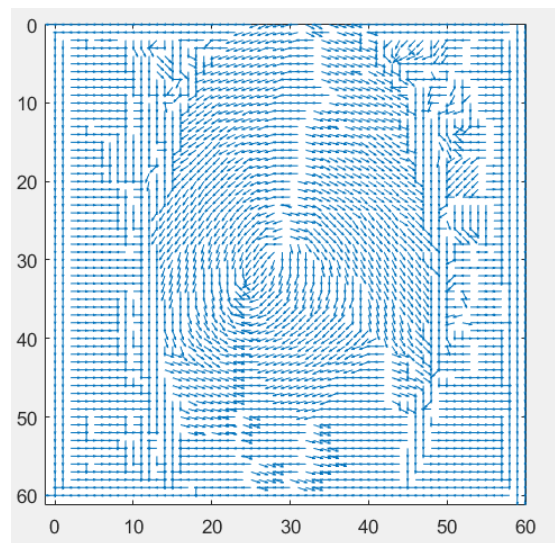
四、 各步骤效果图

‘77_8.bmp’ 和 ‘23_2.bmp’ 两张图比较类似也比较好处理，各步骤基本一致，以 ‘77_8.bmp’ 为例展示过程。

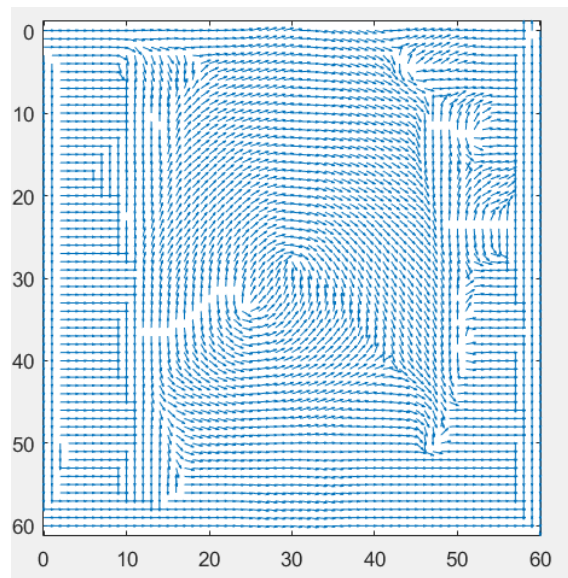
(1) 原图



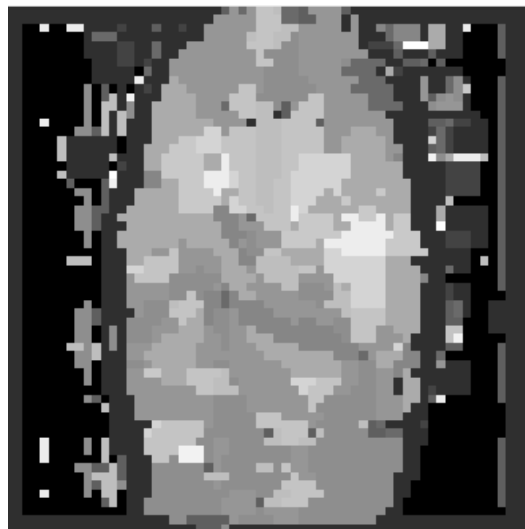
(2) 方向图



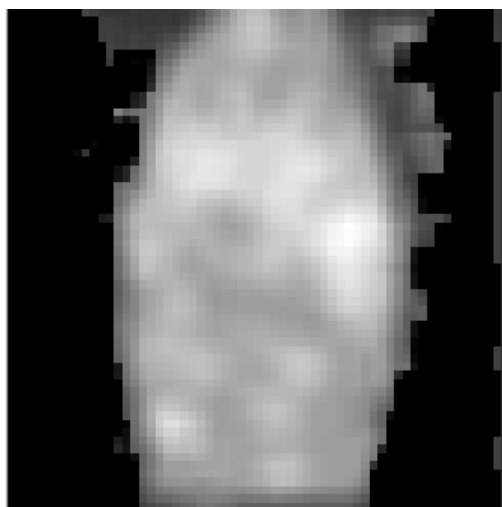
(3) 平滑后的方向图



(4) 频率图



(5) 平滑后的频率图



(6) Gabor 滤波后及与原图对比



‘23_2.bmp’ 的结果图与原图对比：



‘3.bmp’ 的处理与另外两幅图有一些不同，主要是区分此图的背景和指纹更难。对另外两幅图，因为背景和指纹差距较大，在分区时即使对频率范围限制精准程度的要求不及此图。

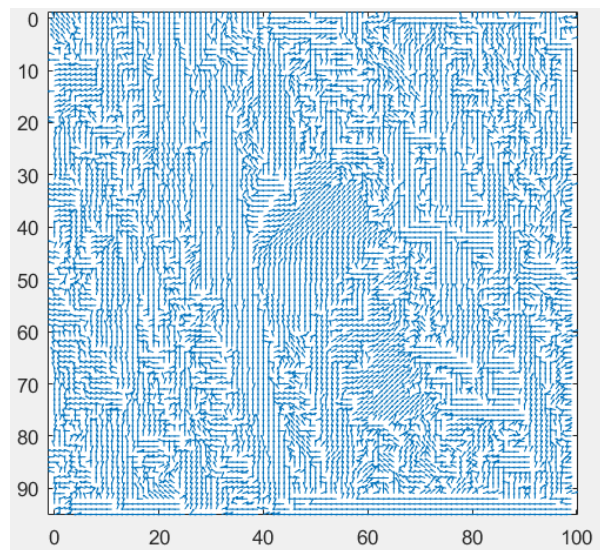
为此图设置 mask（指纹及类似区域为 1，其余为 0，对前两幅图此判断包含在频率图中），出于最终结果的对比放弃采用前两张图重叠分块并缩放的方法。对求得的 DFT 块做带通滤波来精准限制频率，得到分割效果较好的 mask。用与另外两图同样的思路处理方向图、频率图，在滤波时选用不同大小的滤波窗口，并且因为采用了 mask，对全图统一滤波而不再有置一操作。最后将滤波结果与

mask 结合得到指纹区域。各步效果如下：

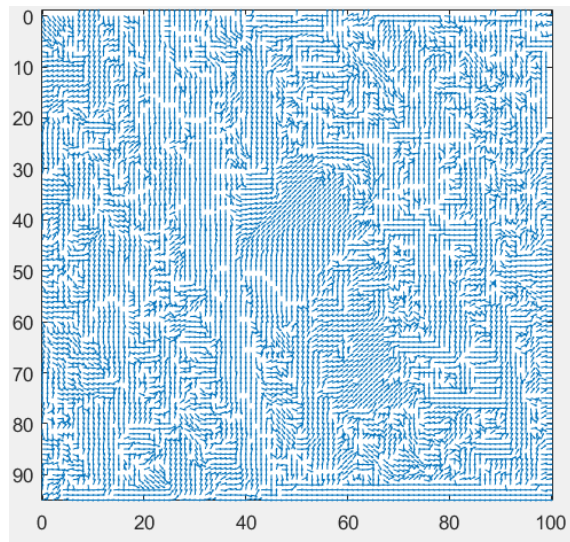
(1) 原图



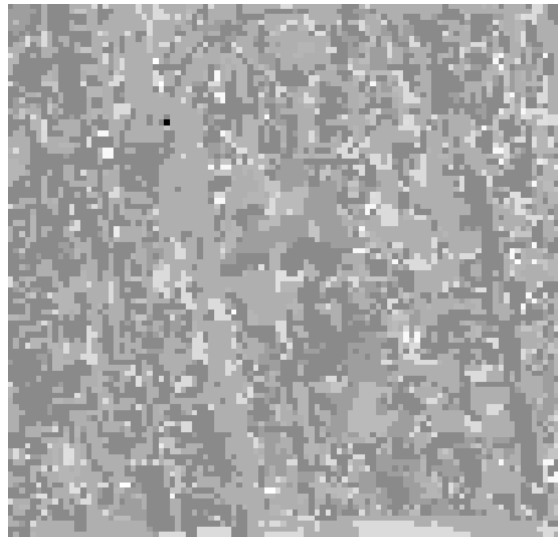
(2) 方向图



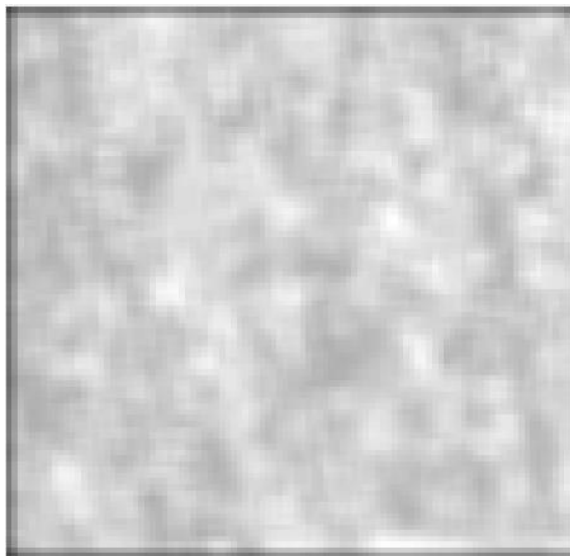
(3) 平滑后的方向图



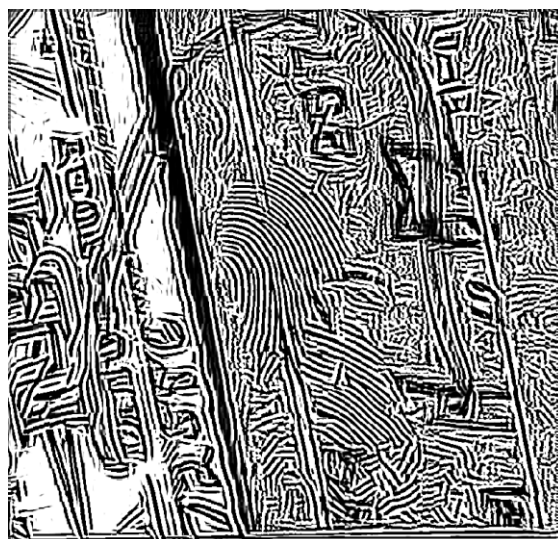
(4) 频率图



(5) 平滑后的频率图



(6) Gabor 滤波后



(7) mask



(8) 加上 mask 后和原图对比



五、 遇到的问题和解决方案

- (1) 对正弦波的 dft 变换没有理解透，不知道怎么计算指纹的方向和频率

在同学的提醒下重新查看了生成正弦波的那次小作业，理解了计算方向和频率的方法。

- (2) 采用高通滤波器限制频率，处理 ‘3.bmp’ 时效果很差

只用一个频率去判定指纹区域和背景区域时，对 ‘77_8.bmp’ 和 ‘23_2.bmp’ 效果还过得去，但因为 ‘3.bmp’ 背景图中有很多和指纹频率相近的部分，不管怎么调整参数都没有办法获得理想一点的结果，这时候想到如果用带通滤波器去限制效果会不会改善，试了一下发现的确可以，但具体到什么参数范围最合适还是花了很多时间去摸索。

- (3) 没有理解 Gabor 滤波器的原理

对于本次作业的滤波部分，我一开始完全没有搞懂，即使是看论文也没能真正理解 Gabor 的原理以及在这次作业中的工作方式，因此遇到了在套用公式时带入角度不对的问题以及不知道调节窗口大小的问题。但是在慢慢完成这个作业的过程中我先是明白了它的工作方式和效果，然后再去看原理，算是理解了这个滤波器。

六、 总结

通过完成本次大作业，我学习到了一种新的 matlab 中的结构即 cell，后来又发现还可以使用四维矩阵来存储图像及像素块的信息，这些都是以前没有使用过的方法。另外理解指纹方向图频率图求法和理解 Gabor 滤波器原理的过程让我意识到课上的很多知识其实都没有被吃透。还有很多时间花在调节参数以及尝试各种不同的方法来比对最终结果的效果，虽然算法思路已经给出，但具体实现的时候还是要花很多精力去查阅资料以及试错。

七、 参考文献

- [1] 谢新辉, 唐立军, 宋海吒, et al. 傅里叶变换在指纹图像增强中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2012(08):201-203.
- [2] 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.