

数字图像处理第一次大作业

林嘉成 2016011498

(自动化系 自 66)

目录

1	局部脊线方向与频率估计	2
1.1	图像分块	2
1.2	前景分割	2
1.2.1	空域粗分割	2
1.2.2	基于幅度谱的进一步分割	2
1.3	局部脊线方向与频率估计	2
1.3.1	脊线方向估计	2
1.3.2	脊线频率估计	3
2	脊线增强	3
2.1	方向场高斯平滑滤波	4
2.2	Gabor 滤波增强	4
3	实现效果	5
3.1	FTIR.bmp 增强效果	5
3.2	latent.bmp 增强效果	6
3.3	phone.bmp 增强效果	7
4	总结与分析	8
4.1	问题与解决	8
4.1.1	Gabor 滤波器的参数	8
4.1.2	关于 Gabor 滤波器效果较差	8
4.2	不足与分析	8
4.2.1	普适性不够	8
4.2.2	调整参数时间花费较长	8
4.2.3	优化不够	8

1 局部脊线方向与频率估计

1.1 图像分块

将指纹图像分为若干 8×8 像素的图像块。将原图周围进行 padding，使得能够以每个 8×8 的图像块为中心，取 32×32 像素计算 DFT，得到幅度谱。

为了能够将原图像分为若干 8×8 的像素块，首先将原图像补成 8 的倍数的宽高，相关代码如下。

```
1 function [PadSrc1] = Paddingfold(ImgSrc1,fold)
2 %ImgSrc1 为待padding图像
3 %fold为将图像的宽高padding成的倍数
4 [HeightSrc1,WidthSrc1] = size(ImgSrc1);
5 WidthPad1 = 0;
6 HeightPad1 = 0;
7 if(mod(WidthSrc1,fold)~=0)
8     WidthPad1 = fold - mod(WidthSrc1,fold);
9 end
10 if(mod(HeightSrc1,fold)~=0)
11     HeightPad1 = fold - mod(HeightSrc1,fold);
12 end
13 PadSrc1 = padarray(ImgSrc1,[HeightPad1,WidthPad1],'replicate','post');
14 end
```

1.2 前景分割

本次大作业共做了两次前景分割，一次是空域上使用方差进行粗分割，一次是频率上利用幅度谱进一步分割。

1.2.1 空域粗分割

将输入图片分成若干个 8×8 小块，计算每个小块灰度值的方差，方差小于某个阈值的块则视为背景。

1.2.2 基于幅度谱的进一步分割

采用带通滤波器的思想，在幅度谱上计算每个 32×32 小块的高频部分和低频部分的幅度占比，同样设两个阈值从而实现进一步分割。

1.3 局部脊线方向与频率估计

通过频域来估计局部脊线和频率估计，选取幅度谱上每一个 32×32 的幅值最大的两个点，一般来讲这两个点是关于 (17,17) 对称的。根据这两个点的坐标进行脊线方向和频率的估计。

1.3.1 脊线方向估计

设每个小块上的两个幅值最大的点的坐标为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ ，则脊线方向角度为

$$\theta = \frac{\pi}{2} + \arctan \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

1.3.2 脊线频率估计

脊线频率估计时，将脊线分布近似看成二维正弦。每次取 32×32 小块进行 DFT，设每个小块中去除直流分量后幅值最大的两个点为 $P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2)$ ，在指纹区域一般关于 (17,17) 对称。所以，每一个 32×32 的小块的脊线频率为

$$\omega = \frac{2\pi}{N}k$$

其中， $N = 32, k$ 为 P_1 或 P_2 到 (17,17) 的距离。

而在使用 Gabor 滤波器时，需要代入波长参数，则波长公式为

$$\lambda = \frac{N}{k}$$

其中， $N = 32, k$ 为 P_1 或 P_2 到 (17,17) 的距离。下面对公式进行说明。

简要说明

考虑一维平面上的图像空域与频域之间的变换关系 (如下图)，不妨设 $y = \sin\omega x$ 。则有

$$\omega = \frac{2\pi}{\lambda}$$

而由 DFT，同样我们可以得到

$$\omega = \frac{2\pi}{N}k$$

将两个等式联立，即可得到结论。

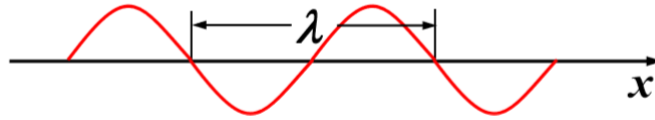


图 1: 空域上的一维正弦波

而对于二维正弦波，不妨设 $y = \sin(\omega(x\cos\theta + y\sin\theta))$ 。即二维正弦波是将图像旋转到 z 轴并沿着与 z 轴方向的垂直方向进行延伸 ($z = x\cos\theta + y\sin\theta$)，则结论依然成立。即波长公式为

$$\lambda = \frac{N}{k}$$

2 脊线增强

脊线增强使用空域 Gabor 滤波器对指纹进行滤波，Gabor 滤波器的参数由方向图和频率图决定。考虑使用 Matlab 内置 Gabor 滤波器的函数 `imgaborfilt`。方向图和波长参数为

$$\theta = -\arctan \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

$$\lambda = \frac{2 \times 32}{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}$$

在使用 Gabor 滤波器对指纹进行增强之前，先利用空域平滑滤波，对方向图、频率图分别进行平滑。其中对频率图进行平滑即直接对频率图使用高斯滤波器进行平滑，而对于方向图，考虑下述方法。

2.1 方向场高斯平滑滤波

由于噪声、无效部分的脊线等结构造成的影响，所估计的局部脊线方向场需要进行纠正。因为局部脊线方向场在一定范围内变化比较缓慢，所以可以使用高斯平滑滤波进行纠正。为了能够进行平滑，考虑将原方向场转换为连续的方向场，即

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j))$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j))$$

之后对其使用高斯平滑滤波，得到 $\Phi'_x(i, j), \Phi'_y(i, j)$ 。所以平滑后的局部脊线方向场角度为

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)} \right)$$

相关代码如下

```
1 %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。
2 w2 = fspecial('gaussian',3,0.5) ;
3 OrienWavelen = imfilter(OrienWavelen, w2);
4 g = cos((2 / 180 * pi) .* OrienAngle)+ 1i*sin((2 / 180 * pi) .*
   OrienAngle);
5 g = imfilter(g,w2);
6 OrienAngle = 0.5 .* angle(g) ./ pi .* 180;
```

2.2 Gabor 滤波增强

Gabor 滤波器频域的图像如下。可以得知，在两个给定频率周围，Gabor 滤波器会将其幅值放大很多倍。

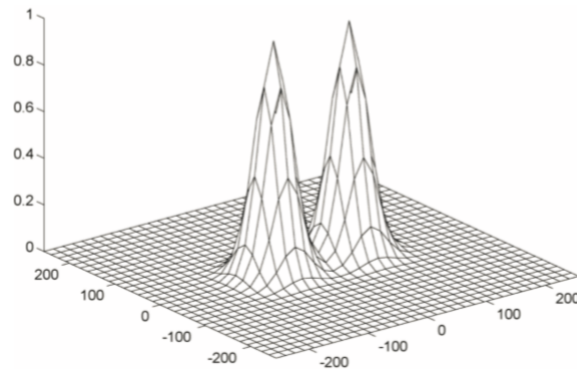


图 2: Gabor 滤波器

考虑将原图像分成若干 8×8 的小块。以每个小块为中心，对 16×16 的小块进行 Gabor 滤波，并将得到的实部赋值给输出图像对应的位置。

由于分块大小问题导致部分小块无法识别指纹的特征，但是由于 Gabor 对指定频率有很大的增益，所以取 16×16 小块并进行叠加可以弥补错误识别的错误。

```
1 %利用空域 Gabor 滤波器对指纹进行滤波，得到增强图。每个像素的 Gabor 滤波
   器参数由方向图和频率图决定
2 PadPadSrc2 = padarray(PadSrc1,[4,4],'replicate','both');
3 ImgOutput = zeros(size(PadPadSrc2));
4 for i = 1 : wi
5     for j = 1 : hi
```

```

6         if(OrienWavelen(j,i) <=2)
7             continue;
8         end
9         %对每块进行Gabor滤波, 16*16 每块
10        hmin = 8 * (j - 1) + 1;
11        hmax = hmin + 16 - 1;
12        wmin = 8 * (i - 1) + 1;
13        wmax = wmin + 16 - 1;
14        [mag,phase] = imgaborfilt(PadPadSrc2(hmin:hmax,wmin:wmax),
15                                   OrienWavelen(j,i),OrienAngle(j,i));
16        OutTmp = mag .*cos(phase);
17        %将每一块进行拼接
18        ImgOutput(hmin:hmax,wmin:wmax) = ImgOutput(hmin:hmax,wmin:wmax)
19        + OutTmp;
20    end
21 end

```

3 实现效果

将输出图片列出，其中指纹为白色部分。

3.1 FTIR.bmp 增强效果

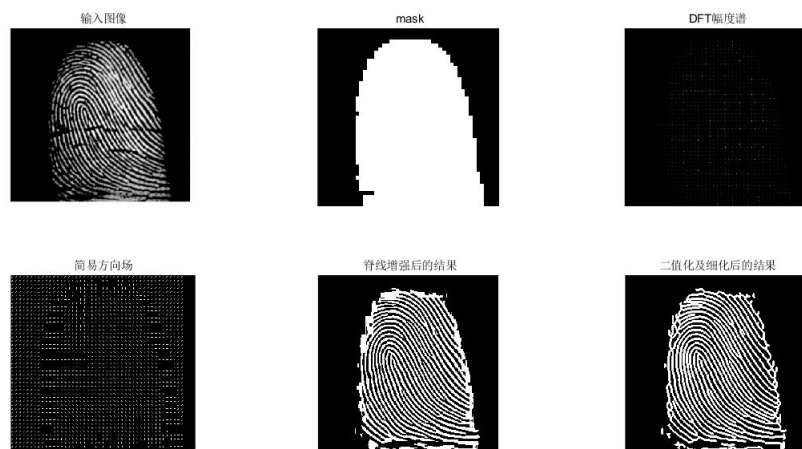


图 3: FTIR.bmp 输出结果

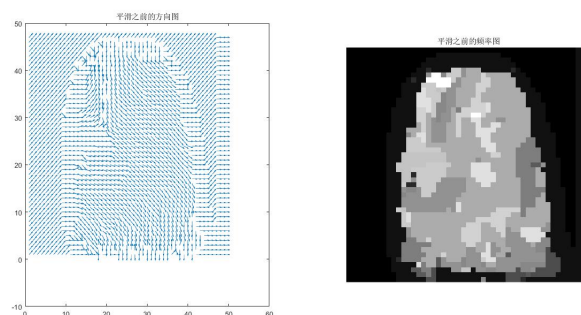


图 4: FTIR.bmp 平滑前的方向图和频率图

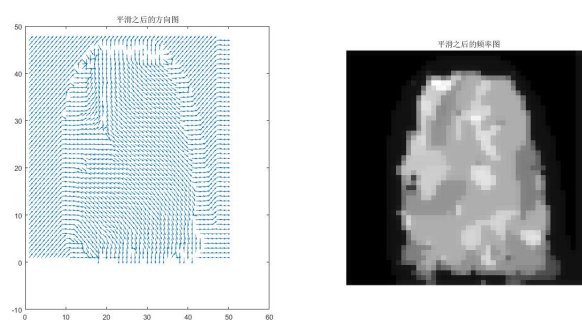


图 5: FTIR.bmp 平滑后的方向图和频率图

FTIR.bmp 的输入图片简单，所以增强效果相对来讲较好。

3.2 latent.bmp 增强效果

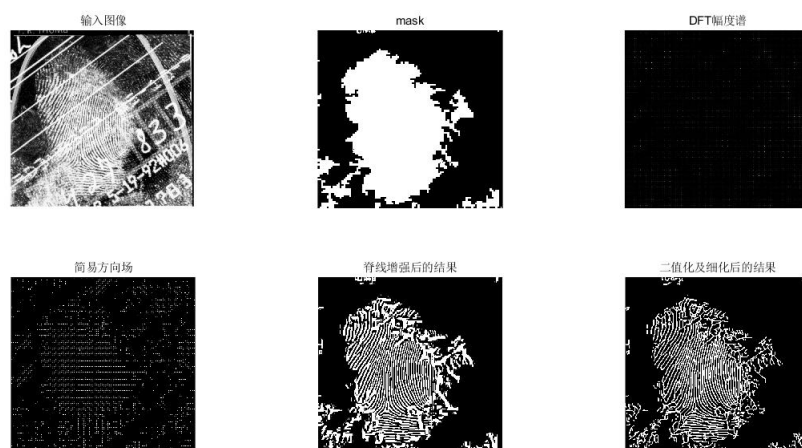


图 6: latent.bmp 输出结果

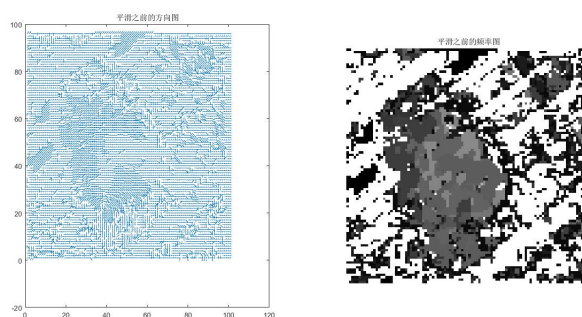


图 7: latent.bmp 平滑前的方向图和频率图

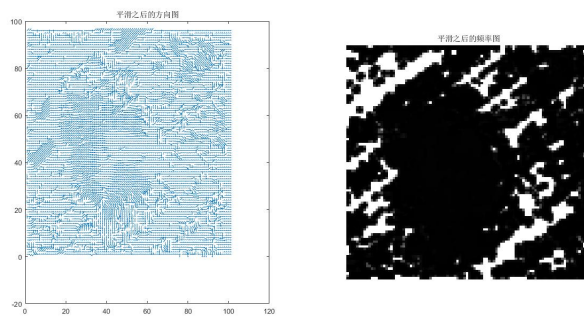


图 8: latent.bmp 平滑后的方向图和频率图

latent.bmp 输入图片背景比较复杂，在前背景分割时存在困难，且指纹与背景重叠，使得分割变得更加困难。

3.3 phone.bmp 增强效果

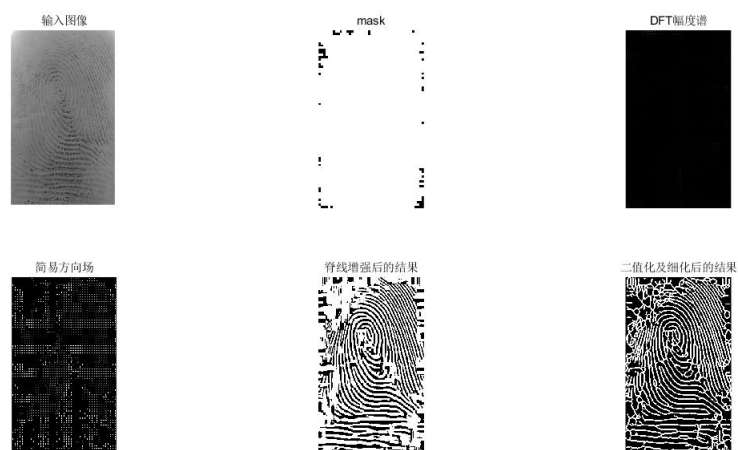


图 9: phone.bmp 输出结果

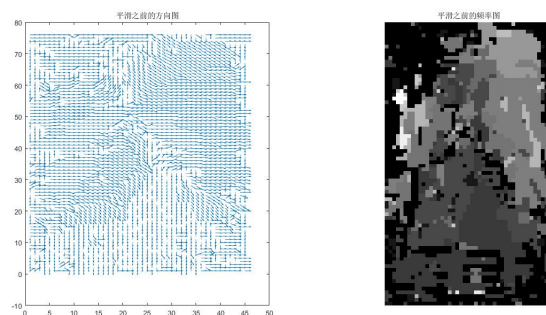


图 10: phone.bmp 平滑前的方向图和频率图

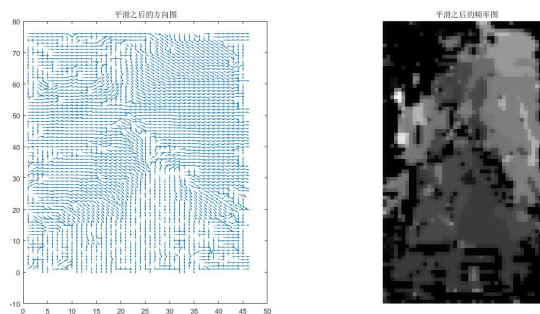


图 11: phone.bmp 平滑后的方向图和频率图

phone.bmp 输入图像的指纹能见度较低，且指纹间有污点，处理较难，所以效果并没有达到那么好。

4 总结与分析

4.1 问题与解决

4.1.1 Gabor 滤波器的参数

Matlab 中的 Gabor 滤波器的函数的参数和理解中不太一样，进行 Gabor 滤波之后增强的图片都比较奇怪。尝试了很久才懂得参数究竟该输入什么。

4.1.2 关于 Gabor 滤波器效果较差

在之前进行 Gabor 滤波时，会出现断层的现象，其原因是分块太小，导致信息遗漏，所以将其拼接起来会有奇怪的现象。解决方案是，考虑将原图像分成若干 8×8 的小块。以每个小块为中心，对 16×16 的小块进行 Gabor 滤波，并将得到的实部赋值给输出图像对应的位置。由于分块大小问题导致部分小块无法识别指纹的特征，但是由于 Gabor 对指定频率有很大的增益，所以取 16×16 小块并进行叠加可以弥补错误识别的错误。

4.2 不足与分析

4.2.1 普适性不够

本次大作业的算法的普适性较弱，即只对指纹附近没有太多污点的图片效果较好。对于有背景或者有污点的图片，效果会弱一点，但是关键点的信息都会有所保留。而对于前背景分割，由于作业要求是通过幅度谱进行判断是否为指纹区域，所以分割效果相对来讲不是很好，尤其是对第二张图和第三张图所言。

4.2.2 调整参数时间花费较长

本次大作业由于个人能力有限，导致调整参数时间较长，且给我一种调整参数就是数图的魅力感觉。分析其根本原因，可能是自己对数字图像处理理解的不够深刻，无法实现一个非常智能的算法。

4.2.3 优化不够

由于没有分配好时间，将大量时间用于研究如何实现普适性很高的前景分割算法且并没实现效果较好的方法，现在只能对第一张图片做到很好的增强效果，对后两张图片的效果没有第一张那么好。我曾经查阅别的论文相关的算法并应用于本次大作业，但是并没有特别出彩的效果，所以耗费了很多时间，做了许多无用功，只能做到现在的这个增强效果。