

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0718-04

## 基于连续方向图的指纹图像滤波

苑玮琦, 郑 潇

(沈阳工业大学, 辽宁 沈阳 110023)

**摘 要:** 文章采用 Sobel 算子提取脊线任意方向的方法, 根据指纹纹线的粗细, 来确定分块大小, 并选取合适大小的滤波器。并根据指纹图像在局部范围内纹线连续的特点, 提出了一种智能的平滑方向图算法, 再构建方向滤波模板进行方向滤波, 得到指纹二值化图像。使用这种方法, 对断裂纹线的连接, 粘连纹线的分离, 都有较好的效果。

**关键词:** 预处理; 方向图; 指纹识别

**中图分类号:** TP391. 41; Q984; R322. 99

**文献标识码:** A

## Fingerprint Image Filter Based on Continuous Direction Map

YUAN Wei-qi, ZHENG Xiao

(Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China)

**Abstract:** In the paper Sobel operator to distill the direction of the ridges was used, then the size of each block according to the thickness of the ridges was decided and the fit size of the filter was selected. According to the ridges had the continuity in the local area, an intelligent algorithm of smoothing the direction map was proposed, and then according to the direction map the template of direction filter was designed, then the fingerprint image with the designed template was filtered and the binarization image was obtained. Using the method, good effect was obtained in connect the breaks and dispart conglutinated ridges.

**Key words:** preprocessing; block direction image; fingerprint recognition

### 1 引言

指纹识别是指尖表面纹路的脊谷分布模式识别。由于指纹具有唯一性、方便性、终生不变性, 使得指纹的使用越来越广泛。刑事侦查、指纹密码等, 都是指纹识别的应用, 这些应用都需要对指纹图像进行特征提取、匹配。然而, 获取的指纹图像通常受到各种各样噪声源的干扰, 如采集设备本身所带噪声、指纹本身受污染、手指过湿、手指过干等, 获取的指纹图像不可避免的存在着纹线的断裂和粘连。必须对其进行预处理, 才能做到对指纹特征点的正确提取<sup>[1]</sup>。

常见的指纹预处理方法有基于方向的方向图滤波<sup>[2]</sup>、Gabor 滤波器<sup>[3-4]</sup>、基于频率场自适应图像增强<sup>[5]</sup>等。本文使用基于方向的方向图滤波, 提出一种智能的平滑方向图的算法, 根据指纹纹线连续、纹

线粗细、小范围内方向变化小等特点, 对方向图进行调整, 使得方向图变得平滑, 在纹线曲率变化比较大的中心区域, 也能得到较好的平滑效果。

### 2 方向滤波法

方向滤波法就是在局部小区域内沿着该区域的纹线方向对指纹图像滤波, 以增强脊线与谷线的对比度, 从而提取出脊线。

#### 2.1 分块大小的确定

由于指纹图像的纹线方向在局部区域具有连续性, 而在局部的较小范围内则可看成是方向不变的, 所以要将指纹图像分成一个个小块, 分别处理。

块方向图是图像滤波的关键, 只有得到准确的

作者简介: 苑玮琦 (1960 - ), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为图像处理, 计算机视觉检测。E-mail: manzyg@sohu.com  
收稿日期: 2006-01-11; 修订日期: 2006-02-17

块方向,才能达到良好的滤波效果。我们首先遇到的问题是把图像分为多大块的问题,理想的状态是将块的大小定为脊线和谷线宽度之和,使得每个图像块中,只包含一条脊线和一条谷线,这样,在进行块方向滤波的时候,才能达到最佳效果。然而,人们的指纹粗细程度差异很大,在同一分辨率的条件下采取指纹,男人的指纹相对来说比较粗,女人的指纹相对来说比较细;大人的指纹相对来说比较粗,小孩的指纹相对来说比较细。在实际应用中,有时会同时录入各种人的指纹,例如指纹锁,就会录入一家中男人、女人、大人、小孩的指纹,这就需要我们在指纹识别系统中加入智能判断,使系统能够感知指纹纹线的粗细,将图像分成大小合适的块,以及在后面要选择大小合适滤波器,以便达到良好的滤波效果。

我们将分块分为两个标准,较粗的指纹图像分为 10 ×10大小的块;较细的指纹图像分为 7 ×7大小的块。将原图像水平移动 7或 10个像素,然后原图像与移动后的图像做差,若原图像指纹纹线的粗细比较接近 7,则与移动 7后图像做差后的图像黑像素较少,与移动 10后图像做差后的图像,黑像素较多。若原图像指纹纹线的粗细比较接近 10,则与移动 10后图像做差后的图像黑像素较少,与移动 7后图像做差后的图像黑像素较多。步骤如下:

(1) 分配一块与指纹图像大小相同的内存区域,将原图像拷入新分配的内存区域;

(2) 将新拷入内存区域的图像竖直平移 7个像素,然后与原图像做差;

```

For(j=0; j < Height; j++)
{
  For(i=0; i < Width; i++)
  {
    *lpDst = *lpSrc1 - *lpSrcNew < 0? 0: *lpSrc1
      - *lpSrcNew;
  }
}

```

(3) 统计做差后的图像的黑像素的个数,并将它记为 N<sub>1</sub>;

(4) 再将原图像考入分配的内存,并竖直移动 10个像素,然后与原图像做差;

(5) 统计做差后的图像的黑像素的个数,并将它记为 N<sub>2</sub>;

(6) 比较 N<sub>1</sub> 与 N<sub>2</sub>,若 N<sub>1</sub> > N<sub>2</sub>,则把原指纹图像分为 10 ×10大小的块,否则分为 7 ×7大小的块。

### 2.2 块方像图的获取

对每个小块求其块方向。本文采取一种较精确

的算法<sup>[2]</sup>。

(1) 先计算块中每一像素点的一阶偏导数,根据计算需要,一阶偏导数可选用 Sobel算子,水平模板和垂直模板分别为:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

将原指纹图像分别于两模板进行离散卷积,即可求得一阶偏导数  $\hat{q}_x(x, y)$ ,  $\hat{q}_y(x, y)$ 。

(2) 计算每个小块的方向信息。

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{m}{2}}^{i+\frac{m}{2}} \sum_{v=j-\frac{m}{2}}^{j+\frac{m}{2}} 2 \hat{q}_x(u, v) \hat{q}_y(u, v) \quad (1)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{m}{2}}^{i+\frac{m}{2}} \sum_{v=j-\frac{m}{2}}^{j+\frac{m}{2}} [ \hat{q}_y^2(u, v) - \hat{q}_x^2(u, v) ] \quad (2)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} a \tan \left[ \frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right] \quad (3)$$

式中,  $\hat{q}_x(u, v)$ ,  $\hat{q}_y(u, v)$  为点 (i, j) 的 x, y 方向的一阶偏导数。 $\theta(i, j)$  就是所求得块方向,范围在  $-\frac{\pi}{2}$  ~  $\frac{\pi}{2}$  之间。

### 2.3 方向图的平滑

由于指纹图像存在着各种各样的噪声,以上求出的方向信息并不总是很准确的。指纹图像有着自身的特点,即除个别地方外,在局部区域内,指纹的走向变化一般是平缓的。

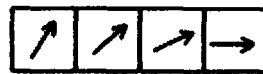


图1 右旋指纹方向



图2 双旋指纹方向



图3 左旋指纹方向



图4 异常指纹方向

如图 1~4 所示,指纹局部区域的走向一般分为左旋指纹方向、右旋指纹方向、双旋指纹方向<sup>[6]</sup>,先用 3 ×1 窗口按行方向在块方向图上滑动, n 为每行上块的个数。其中的 d<sub>i</sub> 为第 i 块的方向值。

(1) 初始 i = 1;

(2) 若 i = n - 3, 则该块的修改结束, 返回, 否则计算  $s = \text{abs}(\text{sgn}(d_i)) + \text{sgn}(d_{i+1}) + \text{sgn}(d_{i+2})$ <sup>[2]</sup>;

(3) i++, 若 s = 3, 并且 ((abs(d<sub>i+1</sub>) > abs(d<sub>i</sub>)) && (abs(d<sub>i+1</sub>) > abs(d<sub>i+2</sub>))) || ((abs(d<sub>i+1</sub>) < abs(d<sub>i</sub>)) && (abs(d<sub>i+1</sub>) < abs(d<sub>i+2</sub>))) 修改 d<sub>i+1</sub>, d<sub>i+1</sub>

$$= (d_i + d_{i+2}) / 2;$$

(4)若  $s = 1$ , 并且  $\text{sgn}(d_i) = \text{sgn}(d_{i+2})$ , 修改  $d_{i+1}$ ,  $d_{i+1} = (d_i + d_{i+2}) / 2$ , 然后返回到 (2)。

下一步使用  $1 \times 3$ 的窗口按列方向在块方向图上滑动, 用上述相同的规则再次进行修改。

经过上面的修改, 方向图得到了平滑, 但在有旋的地方, 即方向变化急剧的地方, 若分块的时候, 恰好将旋分为了左右两个部分, 则滤波后的图像可能会出现“尖”。为了解决这种现象, 我们找到旋的位置, 为使其方向变化的平滑, 在“尖”处改变其中一个块的方向为 0 方向。

(1)初始  $i = 1$ ;

(2)若  $i = n - 3$ , 则该块的修改结束, 返回;

(3)  $i ++$ , 若  $\text{sgn}(d_i) = \text{sgn}(d_{i+1})$  并且  $\text{sgn}(d_{i+1}) \neq \text{sgn}(d_{i+2})$  修改  $d_{i+1}$ ,  $d_{i+1} = 0$ , 然后返回到 (2)。

经过上述的几步修改方向图后, 得到了符合指纹脊线结构的方向图 (图 5~7)。

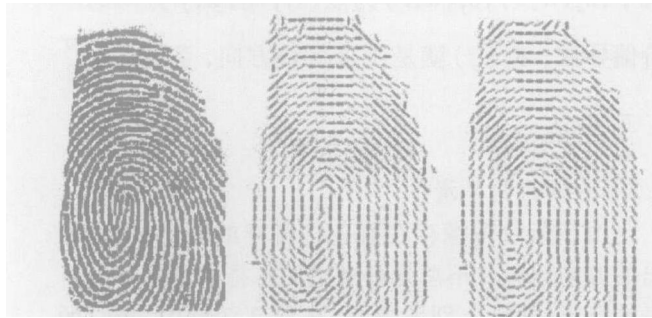


图 5 原始图像 图 6 调整前的方向图 图 7 调整后的方向图

### 2.4 方向滤波器的构建

滤波器的尺度大小对指纹图像的滤波影响很大。本文使用了两个滤波器。根据我们求出的指纹粗细程度来选择滤波器, 即可以根据分块大小来选择滤波器大小。分块大小为  $7 \times 7$ , 则选用  $5 \times 5$  大小的滤波器, 分块大小为  $10 \times 10$ , 则选用  $7 \times 7$  大小的滤波器。指纹的粗细小于一个阈值  $T$ , 则使用  $5 \times 5$  的滤波器; 大于阈值  $T$ , 则使用  $7 \times 7$  的滤波器。一个基本的滤波器由两部分组成, 平滑滤波器和分离滤波器。平滑滤波器可以连接断点、断线; 分离滤波器则用来分离粘连的纹线。

$$7 \times 7 \text{水平平滑滤波器: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$7 \times 7 \text{水平分离滤波器: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$5 \times 5 \text{水平平滑滤波器: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$5 \times 5 \text{水平分离滤波器: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

将滤波器旋转为 8 个方向, 通常 8 方向被认为可以满足方向滤波的要求。

### 2.5 滤波器与方向图的卷积

先用平滑滤波器与每个图像块做卷积, 把结果作为中间结果保存起来。再用分离滤波器与每个图像块做卷积, 对这个结果设一个阈值, 每当一个像素滤波结果的值大于等于该阈值, 则该像素的值为 255, 否则置为 0, 本文试验中  $T = 0$ 。这样就得到了二值化的结果<sup>[2]</sup>。

### 3 实验结果

为了说明算法的性能, 利用指纹采集仪进行了大量的实验研究, 指纹图像大小为  $300 \times 300$ 。



图 8 原指纹图像 图 9 采用  $5 \times 5$  滤波器滤波后的图像 图 10 采用  $7 \times 7$  滤波器滤波后的图像

图 8 为指纹纹线较粗的指纹图像, 图 9、10 分别为采用  $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$  滤波器滤波后的图像, 从图像上可以看出, 对于指纹较粗的指纹图像, 采用  $7 \times 7$  滤波器滤波的效果比较好。图 11 为指纹纹线较细的指纹图像, 图 12、13 分别为采用  $7 \times 7$ 、 $5 \times 5$  滤波器滤波后的图像, 可以看出, 对于指纹较细的指纹图

像,采用  $5 \times 5$  滤波器滤波的效果比较好。



图 11 原指纹图像 图 12 采用  $7 \times 7$  滤波器滤波后的图像 图 13 采用  $5 \times 5$  滤波器滤波后的图像

#### 4 结 论

指纹图像的滤波,对细化等后续处理起到了关键性的作用,本文根据指纹图像的连续性及其纹线粗细不同等特点,提出了根据指纹纹线的粗细来划分图像块的大小及选择大小不同的滤波器。这样,程序能根据不同的指纹图像来选择大小合适的图像块和滤波器,达到了更好的滤波效果。然而,在滤波的过程中,去除噪声的同时,不可避免的会对原有的信号有一些负面影响,在对指纹脊线结构的理解逐渐深入以后,不断加入新的规则,修改旧的规则,从而

达到更好的处理效果。

#### 参考文献:

- [1] 周媛媛,张成,林嘉宇. 指纹图像的预处理算法<sup>[J]</sup>. 计算机应用, 2004, 24(9): 34 - 36
- [2] 苑玮琦,夏义勇. 方向滤波指纹图像二值化[J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(4)增刊: 469 - 471.
- [3] Chul-Hyun Park, Joon-Jae Lee, Mark J T Smith, et al Directional Filter Bank-Based Fingerprint Feature Extraction and Matching[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2004, 14(1): 74 - 85.
- [4] Chin-Jen Lee, Sheng-De Wang, Kuo-Ping Wu Fingerprint Recognition Using Principal Gabor Basis Function [A]. Proceedings of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia [C]. Video and Speech Processing 2001 393 - 396
- [5] 何洋,欧宗瑛,郭浩. 基于方向场和频率场的自适应指纹图像增强算法 [J]. 大连理工大学学报, 2004, 44(5): 689 - 694.
- [6] 曾洪波,汪国有,张天序. 基于连续方向图的指纹智能预处理算法 [J]. 红外与激光工程, 2001, 30(6): 426 - 431.




LBO 专利号: 4.826.283 美国专利号  
88 1 02084.2 中国专利号  
2023845 日本专利号

我司提供以下类型晶体:

- 非线性光学晶体
- 激光晶体
- 声光及电光晶体
- 双折射晶体
- 光折变晶体
- 晶体组件
- X-射线晶体
- 光学件



BBO



BIBO



KTP



Nd:YVO<sub>4</sub>



胶合晶体



键合晶体



蓝光组件



光胶晶体

**福建福晶科技有限公司**

地址:福建省福州市杨桥西路155号 邮编:350002  
TEL:86-591-83710533 FAX:86-591-83711593  
http://www.castech.com E-mail:sales@castech.com