

75-76

计算机科学2000Vol. 27No. 8

基于方向图的指纹图像处理算法^{*}

The Algorithm based on Direction Image for Fingerprint Image Preprocessing

李吉桂 陈俊侠

(华南师范大学计算机科学系 广州510631)

D918.91

Abstract As it as for other kunds of algorithm, for the algorithm based on direction image, three points should be considered. First, the algorithm should fit the object processed. Second, the algorithm should be optimized when several algorithms are used. Third, choose the perfect parameters. The perfect algorithm for fingerprint image get live was considered in the paper. It was optimized by improving serveral common algorithm and using perfect parameters. The algorithm had been tested in our AFIS2.0, which had obtained good results.

Keywords Fingerprint image, Pre-process algorithm, Direction image

一 引言

从指纹图像的局部放大图(图1(a))中,可以看到指纹图像具有以下特点:(1)在局部范围内,指纹纹线具有一致的方向性;(2)在局部范围内,指纹纹线的宽度基本相同;(3)在局部范围内,指纹纹线间的距离基本相同。根据这些特点,我们可以建立一个指纹局部的理想模型,即可以把局部的小块指纹看成是由固定方向和固定宽度的黑白条纹、按等宽间隔所组成的图案,如图1(b)所示。

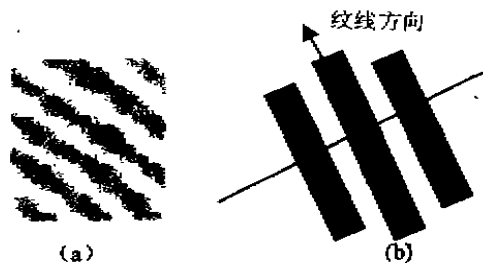


图1 局部指纹与理想模型

方向图算法正是基于以上特点。在80年代初期,开始应用于指纹图像预处理^[1,2]。这时所使用的方向图是从二值图中提取,处理效果也不令人满意。

从1987年开始, B. M. Mehtre 等人提出了在灰度图上直接获取方向图的算法,并应用于处理指纹灰度图^[3,4]。在以后的研究中,出现了很多改进和发展,如 Kalle Karu 等1996年提出的,把方向图用于纹型分类^[5], LingHong 等1998年提出的基于方向图的纹线增强等都取得了较好的效果。这使得基于方向的算法成

为指纹图像处理的重要算法之一。

在基于方向图的算法中,从灰度图中获取方向图的基本原理是:从图像的灰度矩阵 $C(I, J)$ 中计算在各个方向上的某个统计量,如灰度差或灰度平均等,根据这些统计量在各个方向上的差异,确定在一个小邻域内纹线的主方向。针对每像素得到的方向则形成点方向图。为了保持点方向的有效性和使用方便,对点方向在一小块内聚类则得到块方向图。

二 算法的优化组合

如上所述,若将基于方向图的算法有效地应用于指纹预处理,必须对其进行筛选,并进行优化组合。经过长期的探索,根据我们研制的指纹识别系统 AFISV2.0 的应用结果,提出了如下所述的一套经过初步优选的组台算法。我们的组台算法可分为五个步骤:规格化;局部方向图处理;局部频率计算;区域分割;滤波。以下将主要介绍选择这些算法的基本思想和所作出的某些改进。

1.1 规格化

我们处理的指纹图像有两类:活体指纹图像和由扫描仪输入的指纹图像,必须将它们对比度和灰度调整到一个统一的级别上,以为后续处理提供相同的图像规格,因此按下式对原始灰度图像进行规格化:

$$G(i, j) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\text{Var}_0(C(i, j) - M)^2 / \text{Var}} & \text{若 } C(i, j) > M \\ M_0 - \sqrt{\text{Var}_0(C(i, j) - M)^2 / \text{Var}} & \text{否则} \end{cases}$$

上式中, M_0 、 Var_0 是预先设定的图像平均灰度和均方差。后续处理将在 $G(i, j)$ 上进行。

AFISV2.0 的实际应用证明,规格化后,尽管图像的对比度变小,但图像的灰度较为平均,保证了区域分

^{*} 本文受到广东省科委重点课题《指纹采集系统及其标准的研究》资助。

划(有效与无效区域)算法的有效性。

2.2 局部方向图的处理

根据后续算法的需要,局部方向图处理主要包含计算块方向和平滑方向图等算法。具体算法如下:

(1)将图像 $G(i,j)$ 划分成大小为 $W \times W$ 的块。

(2)对每个块分别计算每个像素的梯度 $dx(i,j)$, $dy(i,j)$:

$$dx(i,j) = \sum_{u=-1}^1 \sum_{v=-1}^1 S_x(u+1,v+1)G(i+u,j+v)$$

$$dy(i,j) = \sum_{u=-1}^1 \sum_{v=-1}^1 S_y(u+1,v+1)G(i+u,j+v)$$

上式中 S_x, S_y 分别为 Sobel 算子。

(3)根据梯度值计算块方向。在每一图块中,依下式可算出块的主方向:

$$V_x(i,j) = \sum_{u=-w/2}^{w/2} \sum_{v=-w/2}^{w/2} 2dx(u,v)dy(u,v)$$

$$V_y(i,j) = \sum_{u=-w/2}^{w/2} \sum_{v=-w/2}^{w/2} (dx^2(u,v) - dy^2(u,v))$$

$$\theta(i,j) = 1/2 \cdot \tan^{-1}(V_y(i,j)/V_x(i,j)) \quad \text{若 } V_x(i,j) \neq 0$$

$$\theta(i,j) = \pi/2 \quad \text{若 } V_x(i,j) = 0$$

把得到的 θ 转化成方向数^[7]。

(4)平滑方向图。由于灰度图中存在噪声,算得的块方向可能存在误差,造成相邻的块方向不连续。另一方面,指纹在局部区域内的纹线方向不会出现大的变化。因此,可以根据某块周围的方向来平滑该块的方向。我们对几种算法进行了筛选,确定文[5]中使用的矢量法比较有效。这里不作细述,有兴趣的读者可参考文[5,6]。

2.3 局部频率计算

作为本算法对现有常用算法的一种重大改进,在下述步骤中没有使用常用的滤波算法,而是使用 Gobel 滤波器,它需要计算局部频率。

易知,在不含特征的(特别是中心点和三角点)的局部区域中,可以把这一小块指纹图像在垂直于纹线方向的灰度值看成是一个正弦状的波形图。该波形图上的正弦函数的频率表示了纹线的分布,这个正弦函数的频率称为局部频率,可按下述方法计算:

首先,按下式计算特征值:

$$u = i + (d-w/2)\cos\theta(i,j) + (k-1/2)\sin\theta(i,j)$$

$$v = j + (d-w/2)\sin\theta(i,j) + (l/2-k)\cos\theta(i,j)$$

$$X[k] = \frac{1}{w} \sum_{u=0}^{w-1} g(u,v)$$

其中, $k=0,1,\dots,L-1,L$ 表示方向窗口的宽度, w 表示方向窗口的高度。

然后,从得到的 $X[k]$ 中,找到所有的极大值点,计算这些极大值的平均距离(即极大值间的平均像素点数),记为 $T(i,j)$,则波形频率可表示为:

$$F(i,j) = 1/T(i,j)$$

$T(i,j)$ 可称为原图像的频率图。

对上述算法得到的频率,还需进行平滑,使后续算法能够继续进行^[7]。限于篇幅,这里不细述。

2.4 区域分割

显然,在指纹灰度图中,存在部分质量较差的区域,倘若不进行分割,在特征提取时,可能会出现大量的伪特征,严重影响指纹识别。因此,我们使用第2.2节中得到的块方向图,按每块图像的质量进行图像分割。具体算法如下所述:

(1)计算沿纹线方向上每图像块的灰度方差:

$$\text{var}(i,j) = \sum_{k=1}^K (C(i,j) - C(i_{mk},j_{mk}))^2$$

$$k\text{var} = \frac{1}{w^2} \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{w-1} \text{var}(i_0+i,j_0+j)$$

上式中, $K=7$, m 表示已得到的该块的方向数, $C(i_{mk},j_{mk})$ 表示像素 (i,j) 沿 m 方向上的第 k 点的灰度。

(2)计算掩码(分割标志)。上面得到的块的方向灰度方差是产生掩码的依据:

$$R(i,j) = \begin{cases} 1 & \text{若 } (k\text{var}(i,j) > \text{Th}) \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

Th 是预先定义的分割阈值。

2.5 滤波

经过以上准备,为了得到质量好的指纹图,必须进行滤波处理。我们参考了文[5,7],经过在 AFISv2.0 的反复试验,最终决定采用 Gobel 滤波器:

$$h(x,y;\theta,f) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{(x\cos\theta)^2}{dx^2} + \frac{(y\sin\theta)^2}{dy^2}\right)\right) \cdot \cos(2\pi f x \cos\theta)$$

滤波只在 $R(i,j)=1$ 的区域上进行,滤波后的图像用 $G(i,j)$ 与滤波函数 $h(x,y)$ 进行卷积即可。

小结 上述算法在我们开发的指纹识别系统 AFISv2.0 中已实现,使用我们优化选取的有关参数后,可大大提高指纹图像的质量,使抽取的特征的误抽率得到了显著的改进。其次,由于加入了图像按质量自动分割,使这套算法具有较好的抗干扰性能,从而保证了 AFIS2.0 的性能符合用户的要求。

参考文献

- 1 Tojo A. Electrotechnical Laboratory. 1980 (PIPS-R-NO 25): 63~64
- 2 Kawagoe M, Tojo A. FingerPrint Pattern Classification. Pattern Recognition, 1984, 17(3): 295~303
- 3 Mehre B M, et al. Segment of FingerPrint Images Using the Direction Image. Pattern Recognition, 1987, 20(4): 429~435
- 4 Mehre B M, et al. Segment of FingerPrint Image — A Composite Method. Pattern Recognition, 1988, 21(3): 381~385
- 5 Karu K, et al. FingerPrint Classification. Pattern Recognition, 1996, 29(3): 389~404
- 6 陈俊侠. 基于方向图的指纹图像预处理算法研究: [学位论文]. 广州: 华南师范大学, 1999
- 7 边肇祺, 等. CAFIS 指纹自动识别系统. 见: 北京城市建设论文集, 清华大学出版社, 1995. 97~109
- 8 刘少聪. 新指纹学. 安徽: 安徽人民出版社, 1984
- 9 [美] 普拉特 WK 著. 数字图像处理学. 科学出版社, 1984