

文章编号: 1000-2022(2002) 05-0702-04

## 一种基于模糊判别的指纹识别算法

张 迪, 傅德胜

(南京气象学院 计算机科学与技术系, 江苏 南京 210044)

**摘 要:** 利用模糊判别技术提出了一种指纹识别方法, 改进了 Anil Jain 等提出的细节匹配算法, 有效地解决了图像质量很差时经常检测到很多伪细结点而丢掉很多真细结点、细节匹配难有大作为的情况。该算法有较强的抵抗噪声与非线性形变的能力。

**关键词:** 指纹识别; 细节匹配; 模糊判别

**中图分类号:** TP391.4      **文献标识码:** A

20 世纪 60 年代以来, 随着图像处理、模式识别和计算机科学等学科的发展, 自动指纹识别系统已成为国内外模式识别研究中的一个热点。其中, 指纹匹配是指纹识别系统中最重要的问题之一。

指纹具有唯一性及终身不变性, 因而在身份验证与身份识别中占有极其重要的地位。所谓指纹识别是要决定两幅指纹图是否来自同一人的同一个手指。过去人们对指纹识别做了很多研究。Isenor 等<sup>[1]</sup>指出了一种用图匹配来对两幅指纹图像进行匹配的方法。Hrechak 等<sup>[2]</sup>用结构匹配来做指纹识别。但目前最常用的方法是用美国联邦调查局(FBI)提出的细节点坐标模式来做细节匹配。它利用脊末梢与脊线分支点这两种关键点来鉴定指纹。通过将细节点表示为点模型, 指纹识别问题也就转化成为点模式匹配问题。此外, Ranade 等<sup>[3]</sup>的松弛算法, Chang 等<sup>[4]</sup>基于二维聚类的快速算法, Jain 等<sup>[5]</sup>的串匹配算法, 以及 Luo 等<sup>[6]</sup>针对 Jain 等<sup>[5]</sup>的算法所提出的改进算法等, 都曾用于指纹的识别。

本文利用模糊判别技术从另外一种角度改进了 Jain 等<sup>[5]</sup>提出的指纹匹配算法, 增强了指纹识别系统抵抗噪声和非线性形变的能力, 在一定程度上解决了 Luo 等<sup>[6]</sup>在实验过程中所遇到的问题。

### 1 算法描述

基于模糊判别的指纹识别算法由两部分组成: 一是根据样本库建立各细节点特征库; 二是基于细节特征库利用模糊判别的方法对待识别指纹图像进行识别。目标分割采用简单的二值分割法; 细节特征提取采用细节点坐标模式(本文采用极坐标模式)。

收稿日期: 2002-02-04; 改回日期: 2002-04-08

基金项目: 横向课题基金“基于指纹技术的实验室管理系统的研制”

第一作者简介: 张 迪(1978-), 女, 辽宁鞍山人, 硕士生。

1. 1 细节点特征库的建立

假设样本库中共有  $C$  个手指的指纹图, 每个手指用  $N$  个细节点特征来描述, 每个手指有  $L$  幅指纹图(每幅指纹图不限制位置和方向), 每幅指纹图提取出的细节特征值记为  $P_{ijk}$  ( $i$  表示是哪个手指,  $j$  表示细节特征序列号,  $k$  表示是哪幅指纹图)。现以每个手指的特征均值和方差来表述该手指, 即每个手指对应一个确定的均值和方差矢量, 设第  $i$  个手指的细节特征的均值和标准差矢量为  $M(i), V(i)$ , 即

$$M(i) = [m_{i1}, ..., m_{ij}, ..., m_{iN}],$$
$$V(i) = [v_{i1}, ..., v_{ij}, ..., v_{iN}],$$

其中

$$m_{ij} = \sum_{k=1}^L p_{ijk} / L, \quad 1 \leq j \leq N;$$
$$v_{ij} = [ \sum_{k=1}^L (p_{ijk} - m_{ij})^2 / L ]^{1/2}, \quad 1 \leq j \leq N。$$

这样, 有  $C$  个手指的指纹图模型库将为  $\{M(i), V(i)\}, i= 1, 2, ..., C。$

1. 2 模糊判别

在判别过程中, 由于特征值的变化是随机噪声等因素引起的, 可以把特征值的波动视为一种高斯分布。根据高斯分布的性质, 特征值离均值 3 倍标准差以外的概率几乎为 0。这样当识别指纹时, 如果待识别的指纹图与样本库中的某手指指纹相匹配, 那么该指纹的每个细节特征值均应落在样本库中某手指的指纹细节特征均值的 3 倍标准差以内, 而对于不能与样本库中的手指相匹配的指纹图, 它的某些细节特征值则可能落在 3 倍标准差以外或者更远的地方。在定义所要识别的指纹图对于样本库中的某手指指纹的隶属度时, 先逐个按特征计算指纹图归属于样本库中某手指各幅指纹图的隶属度, 以后再以已算出的一组隶属度中的极小值作为被识别指纹图对样本库中某手指的隶属度。根据实验结果确定隶属度的阈值, 在识别时, 若样本库中获得极大隶属度的那个指纹大于所设阈值, 则认为该指纹图与被识别的那个指纹图相匹配。

假设有  $C$  个手指的指纹图样本模型库, 现讨论对待识别指纹图  $Q$  的模糊判别过程。将待识别指纹图  $Q$  的特征记为矢量  $F_Q$ ,

$$F_Q = [f_{Q1}, ..., f_{Qj}, ..., f_{QN}]$$

如果该指纹图与样本库的第  $i$  个手指相匹配,  $F_Q$  虽具有不变性, 但由于随机因素的影响,  $F_Q$  不可能恒等于  $i$  第个手指指纹的均值矢量  $M(i)$ , 而是以高斯分布的形式集中在  $M(i)$  周围。 $F_Q$  的每个分量  $f_{Qj}$  应集中在各自的  $m_{ij}$  的附近, 但也可能在其他  $m_{ij}(r \neq i)$  附近, 这就是  $f_{Qj}$  的不确定性, 由其作识别也就带来了识别的不确定性。现在用  $f_{Qj}$  定义待识别指纹图属于手指  $r$  的隶属度  $d_{rj}$ , 则

$$d_{rj} = \begin{cases} \exp[- (f_{Qj} - m_{rj})^2 / (2v_{rj})^2], & (m_{rj} - 3v_{rj}) \leq f_{Qj} \leq (m_{rj} + 3v_{rj}); \\ 0, & \text{其他。} \end{cases}$$

上述隶属度  $d_{rj}$  在  $0 \sim 1$  之间。如该指纹图与样本库中的手指  $i$  匹配, 则  $F_Q$  每一分量均应在  $M(i)$  对应分量的周围, 即在逻辑上是一种与的关系, 这就可以定义该待识别指纹图与样本库中的手指  $i$  相匹配的隶属度为  $D_i = \min(d_{ij}) (1 \leq j \leq N)$ 。同样求得该待识别指纹图属于样本库中每个手指的隶属度, 最后在作识别归属判别时, 只要样本库中获得极大隶属度的手指的隶属度大于给定阈值, 则认为待识别指纹图属于样本库中获得极大隶属度的手指。

2 系统设计

该自动指纹识别系统框图如图 1 所示, 系统由样本库和待识别指纹图两部分组成。在系统的样本库部分, 用指纹采集仪采集指纹, 经过预处理后提取细节点特征, 存入样本库。在待识别指纹图部分, 用指纹采集仪采集指纹, 经过预处理后提取细节点特征, 然后将这些细节点与保存在样本库中的模板细节点进行匹配, 判断待识别指纹与样本库中的模板细节点是否是来自同一个手指的指纹。

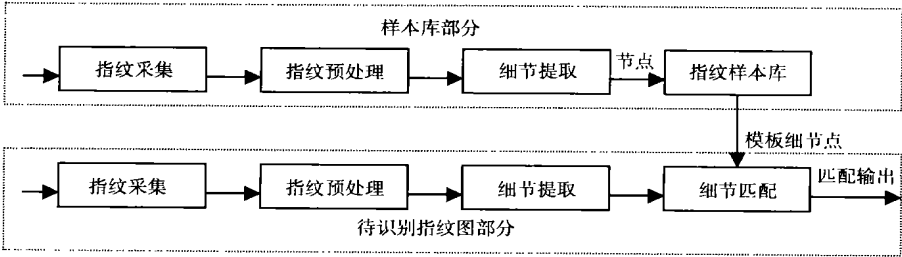


图 1 自动指纹识别系统框图

Fig.1 Automated fingerprint verification system

3 实验结果

测试本文算法的指纹数据库包含从 200 个不同手指采集的 2 000 幅指纹图像, 每个手指采集了 10 幅图像。图像大小是 640×480, 采集图像时没有限制手指的位置与方向。

(1) 阈值设定与识别率

上面分析中已提到, 阈值的设定将影响系统的识别率与拒识率, 分别选用了 0. 10, 0. 15, 0. 20 作为阈值进行了三次实验, 其结果如表 1 所列。该实验所获得的指纹识别准确率与文献[6]中所提算法的指纹识别准确率基本相似。

表 1 阈值设定与识别率

Table 1 The verification rate in different thresholds

| 实验次数 | 目标类别 | 门限值   | 识别次数  | 正确次数  | 错误次数 |
|------|------|-------|-------|-------|------|
| 1    | 200  | 0. 15 | 2 000 | 1 996 | 4    |
| 2    | 200  | 0. 20 | 2 000 | 1 999 | 1    |
| 3    | 200  | 0. 10 | 2 000 | 1 998 | 2    |

(2) 表 2 给出了指纹认证的实验结果, 列出了在一定识别率下的拒识率。文献[6]报告的结果在 100 % 识别率时拒识率为 26. 90 %, 而本文的算法在达到 100 % 的识别率时拒识率为 24. 30 %, 优于文献[6]工作。在其他识别率的情况下, 拒识率也相应有所降低。

表 2 识别率与拒识率

Table 2 The verification rate and reject rate of the experiment

| 识别率/ % | 99. 886 | 99. 940 | 99. 970 | 99. 988 | 99. 995 | 100   |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 拒识率/ % | 12. 45  | 14. 95  | 15. 9   | 18. 1   | 22. 35  | 24. 3 |

## 4 总结与讨论

本文介绍了一种基于模糊判别的指纹识别算法。该算法具有以下一些特点: 1) 由于采用模糊判别技术, 使得在信息不完备的情况下能最大限度地判决, 实现对多目标的识别; 2) 由于采用了具有不变性的特征, 保证有较高的准确性; 3) 由于基于图像的特征层进行模糊化, 而不是直接在灰度上进行判别, 大大地减少数据量, 具有较快的识别速度。

本文算法改进了文献[6]中提出的利用极坐标中的点模式匹配来做细节匹配的算法。实验表明该算法有效地解决了文献[6]中在图像质量很差时不能有效地进行指纹匹配的问题。

## 参考文献:

- [1] Iseonor D K, Zaky S G. Fingerprint identification using graph matching[J]. Pattern Recognition, 1986, 19(2): 113-122.
- [2] Hrechak A K, Mchugh J A. Automated fingerprint recognition using structural matching[J]. Pattern Recognition, 1990, 23(8): 893-904.
- [3] Ranade S, Rosenfeld A. Point pattern matching by relaxation. Pattern Recognition, 1980, 12(5): 269-275.
- [4] Chang Shih-hsu, Cheng Fang-hsuan, Hsu Wen-hsing, et al. Fast algorithm for point pattern matching: invariant to translations, rotations and scale changes[J]. Pattern Recognition, 1997, 30: 311-316.
- [5] Jain A, Hong L, Bolle R. On-line fingerprint verification[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(4): 302-313.
- [6] Luo Xiping, Tian Jie, Wu Yan. A minutia algorithm in fingerprint verification[R]. 15th ICPR, Vol. 4, Barcelona, 2000: 833-836.

# A Fingerprint Verification Algorithm Based on Fuzzy Discrimination

ZHANG Di, FU De-sheng

(Department of Computer Science and Technology, NIM, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** An automated fingerprint verification system has become a focus in the field of pattern recognition in the world with the development of image processing, pattern recognition, and computer technique since 1960s, particularly the fingerprint matching that is one of the most important problems in the fingerprint verification system. A fingerprint verification based on fuzzy discrimination is proposed in this paper which can modify the minutiae matching algorithm put forward by Jain et al, and better solve the problem of detecting only a number of false minutiae and losing many true ones when the image quality is very poor. This algorithm can be capable of noise resistance and nonlinear deformation.

**Key words:** fingerprint verification; minutiae matching; fuzzy discrimination