

# 基于 Matlab 实现的指纹图像细节特征提取

郭晶莹, 吴晴, 商庆瑞

(北京工业大学, 北京 100022)

**摘要:** 指纹图像的特征提取是指纹识别的关键, 而指纹匹配通常基于细节点匹配。介绍了一套基于 Matlab 实现的指纹细节特征提取方法, 并给出了去伪算法。指纹特征提取是从细化后的指纹图中得到细节特征点 (即端点和分叉点), 此特征点含有大量的伪特征, 既耗时又影响匹配精度。采用了边缘去伪和距离去伪, 使得特征点去伪前后减小了近  $1/3$ , 然后提取可靠特征点信息, 以便实现指纹匹配。实验证明, 用 Matlab 实现的这种方法, 既简单快速, 而且具有较高的准确率。

**关键词:** 指纹识别; 细节点; 特征提取; 伪特征点

**中图分类号:** TP391.4      **文献标识码:** A

## Minutiae Extraction of Fingerprint Image Based on Matlab

GUO Jing-ying WU Qing SHANG Qing-ni

(Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**ABSTRACT:** Minutiae extraction is essential in fingerprint recognition and fingerprint match is used to search minutiae. This paper introduces a set of algorithms for extracting minutiae from fingerprint image based on Matlab. Minutiae (end minutia and bifurcation minutia) are extracted from thinned fingerprint image and they have a lot of false minutiae. They are not only time-consuming but also affect matching precision. Most false minutiae are eliminated by a method using edge-deleting and distance-threshold in this paper. Reliable minutiae are extracted in order to achieve fingerprint match. The experimental results show that this algorithm of matlab is simple, quick and accurate.

**KEYWORDS:** Fingerprint recognition; Minutiae; Minutiae extraction; False minutiae

## 1 引言

指纹识别技术是一种应用前景非常乐观的生物识别技术, 国内外很多机构都在进行相关研究, 尽管目前已有多种商用自动指纹识别系统在市场上销售, 这些产品都宣称有极好的性能<sup>[1]</sup>, 但由于技术的保密性、现有算法的缺陷性以及追求产品的完美实用性, 使得指纹识别算法的研究仍然是当前国内外研究的热点之一。在指纹自动识别系统中, 必须对指纹进行特征提取, 然后根据特征及其相互之间的位置与拓扑关系在指纹库中进行匹配, 从而检索到有关信息。指纹的特征是指纹脊线的某种构型, 如端点、分叉点等。

本文介绍了一套基于 Matlab 实现的指纹细节特征提取及其后处理算法。本文的算法都是通过 MATLAB 仿真而验证的, 以 Matlab 作为指纹图像识别算法仿真的平台, 既有较高的准确率, 而且可以大大减小仿真的难度。

## 2 指纹识别系统的工作原理

指纹识别流程如图 1。

活体指纹通过指纹采集装置采集到系统中, 形成指纹数据图像。采入的指纹图像一般存在大量无用信息和干扰信息 (噪声), 预处理就是要把这些信息尽量去除掉, 使图像更清晰, 以便提取正确的指纹特征从而达到正确匹配。预处理过程主要包括指纹图像的滤波增强、二值化、细化等, 最后输出纹线宽度只有一个像素的细化二值指纹图像。并在此基础上, 进行指纹特征信息的提取, 得到该枚指纹的特征集 (特征点的坐标、方向、数量等信息), 然后用该枚指纹的特征集与已登记的指纹特征集进行匹配, 最后显示识别结果。

## 3 MATLAB 语言简介

MATLAB 语言是一种优秀的计算机语言, 具有数学运算能力是它的突出优点之一。许多在 C 语言中或者其它高级语言中很复杂的编程问题在 MATLAB 语言编程中只需要一条专用指令就可以完成。MATLAB 语言的所有计算都基于矩阵运算来完成, 所以, MATLAB 中的所有变量都定义为矩阵, 所有的运算都是关于矩阵的运算。它是一种解释型语言, 几乎没有格式上的限制。为了缩短算法的开发周期, 运用 MATLAB 语言描述简单和图形显示功能比较强大的特点, 以它作为指纹图像识别算法仿真的平台。

FVC2000标准指纹库中存有大量的指纹图像,这些图像可以作为算法仿真和验证的参考数据。但是在指纹图像处理算法中所处理的是一个像素点的灰度值,所以必须在 MATLAB中将图形文件转变成可以在程序中处理的数据形式。

MATLAB具有专门的图像的读取和显示函数<sup>[2]</sup>,相对于其他语言而言要方便得多。下面是一个基本的灰度图像的读取和显示方式:

```
[X, Cmap] = imread('D:\fingerprint\101_1.bmp'); %
读取 bmp 格式文件
```

```
Cmap % 观察色图矩阵
```

```
imagesc(X); % 显示灰度图像
```

```
colormap(gray); % 借用 MATLAB 的灰度矩阵
```

X是程序内一个存储图片灰度值的矩阵,矩阵内的每一个元素的值都对应一个相应的像素的灰度值。对图像的处理可以通过操作矩阵来达到。进行处理完毕后,再用相应的命令将矩阵以图片的形式输出,而进行观察。

MATLAB语言的变量不用定义,而直接赋值。经过这个命令输入进来的矩阵是一个整形变量。但是程序内处理图形形使用的是双精度浮点数,所以要转换一下数据类型。

```
X1=double(X);
```

命令中 X1代表的是转换之后的双精度数据类型,X代表指纹图像中像素灰度值输入进的数组,这是一个整形的矩阵。经过这个命令,整形变量就可以强制转换成为双精度变量。

## 4 指纹细节特征的提取

### 4.1 指纹特征提取的方法

细节特征提取的方法分为两种<sup>[3]</sup>:一种是从灰度图像中提取特征,另一种是从细化二值图像中提取特征。直接从灰度图像中提取特征的算法一般是对灰度指纹纹线进行跟踪,根据跟踪结果寻找特征的位置和判断特征的类型。这种方法省去了复杂的指纹图像预处理过程,但是特征提取的算法却十分复杂,而且由于噪声等因素影响,特征信息(位置、方向等)也不够准确。目前大多数系统采用第二种方法,从细化二值图像中提取特征,该方法比较简单,在得到可靠的细化二值图像后,只需要一个  $3 \times 3$  的模板就可以将端点和分叉点提取出来。

特征点提取的好坏将直接影响匹配的结果。现实中,指纹输入时,由于汗渍、干燥、按压力度不同等影响,得到的指纹图像大都含有断纹、褶皱、模糊、灰度不均匀等质量问题,虽然经过预处理,图像质量会有所改观,但预处理算法对各个指纹的适应性和有效性也会不同,并且会引入新的噪声,因此得到的细化二值图像往往含有大量的伪特征点。伪特征点不仅会影响匹配的速度,严重的会影响整个识别的正确率。所以提取特征点后要要进行去伪处理,尽可能滤除伪特征点、保留真特征点。实践中发现,伪特征点的数量一般占总

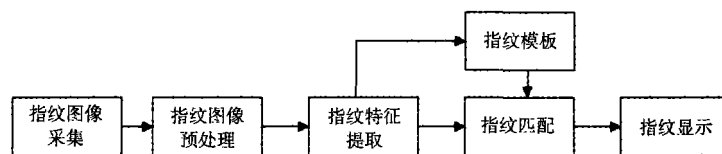


图 1 指纹识别流程图

特征数量的一半以上,所以去伪是必不可少的过程。去伪过程可以在两个阶段进行:一是在特征提取之前对细化二值图像进行平滑、去除毛刺、连接断纹等操作,然后提取特征作为真特征;另一种是在特征提取之后,根据特征之间的相互关系,尽可能准确的识别伪特征点并滤除它们。前者直接对图像进行修补,操作比较复杂,容易引入新的伪特征;后者对特征提取后的数据进行判断,识别比较麻烦,但是速度较快。本文采用第二种方法,即从已提取的特征点中滤除伪特征,保留真特征。

### 4.2 指纹图像的细化后处理

为便于算法描述,这里定义一个八邻域模型,如图 2 所示。即以当前点为中心,与紧邻中心点的八个点组成一个  $3 \times 3$  的模板,各邻点与中心点的位置关系组成八邻域模型,P代表当前中心点, $P_0 \sim P_7$ 分别代表中心点 8 个方向上的相邻点;黑点取值 0,白点取值 1。

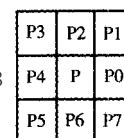


图 2 八邻域模型

由于指纹特征提取是从细化指纹图中得到特征点,在特征提取之前,需把指纹细化二值图像做进一步处理,使之真正达到一个像素的宽度,即在不破坏纹线连续性的前提下,将锯齿直角转折处的点去掉。本文采用模板匹配法,标准模板如图 3 所示。细化后处理主要算法描述:



图 3 模板细化后处理

```

if (p==0)
    if (p2==0 & p0==0) |(p2==0 & p4==0) |(p6
==0 & p4==0) |(p0==0 & p6==0)
        p=1;
    else
        p=0;
    end
end
  
```

### 4.3 特征点的提取

端点和分叉点(如图 4)是指纹细化图像的主要特征,本文采用这两种主要特征构造指纹特征向量,它的提取方法是模板匹配法<sup>[3]</sup>。模板匹配法有运算量小、速度快的优点。

在八邻域的所有状态中,满足端点特征条件的有 8 种,

满足分叉点特征条件的有 9 种<sup>[4][5]</sup>, 分别如图 5 和图 6 所示:

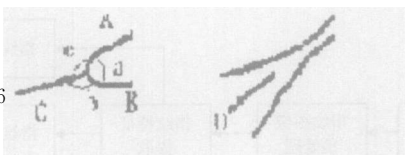


图 4 端点和分叉点

由实验可知, 基于 Matlab 提取的

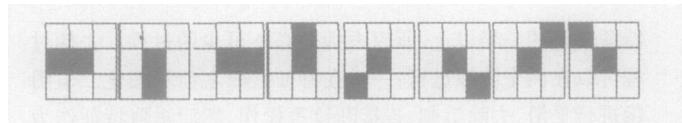


图 5 端点模板

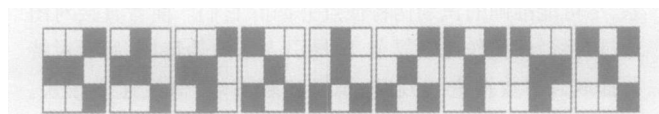


图 6 分叉点模板

特征点, 不但简单, 而且准确率非常高, 主要算法描述如下:

```
n=p0+p1+p2+p3+p4+p5+p6+p7;
if (n==7 | n==5)
    t=t+1;
    x(t)=i;
    y(t)=j;
end
for i=1: t
    plot(y(i), x(i), 'bo');
end
```

#### 4.4 指纹特征的去伪

指纹特征去伪操作主要是将不符合指纹特征的特征点滤除掉。伪特征有以下特点: 大部分处于图像边缘; 在图像内部的伪特征点距离较近, 两个或多个伪特征同时存在于很小的区域内。本文根据这些特点提出了两种去伪方法: 首先对于图像边缘的点, 采用指纹图像切割的方法, 即对边缘的点直接切除掉; 然后利用距离阈值法去除距离较近的特征点。主要算法描述如下:



图 7 特征提取

end

#### 5 实验结果

本文对 FVC2000 第二指纹库 10 枚指纹的 100 幅图像的细化图像进行了特征提取, 观测对 100 幅指纹图像的处理结果, 绝大多数细节点被准确地提取出来。图 7(a~e)为一幅图像的处理过程, 图(a)为细化后的指纹图像, 但纹线成锯齿形, 严格讲并不是一个像素的宽度; 图(b)是细化后处理的图像, 将锯齿直角转折处的点去掉; 图(c)是细节点的提取, 在边缘存在大量的伪特征; 图(d)是边缘去伪后的特征点, 但还存在距离较近的伪特征点; 图(e)是距离去伪后的特征点。

```
for i=1: t-1
    for j=i+1: t
        d=sqrt((x(i)-x(j))^2+(y(i)-y(j))^2);
        if d<=%是距离阈值
            type1(i)=0;
            break;
        else
            type1(i)=1;
        end
    end
end
```

去伪前的特征点是 94 个特征点,去伪后的特征点仅有 36 个,在实际应用中,匹配所需特征点个数为 15 个左右,特征点太多耗时,特征点太少影响匹配精度,由此可见,特征点去伪前后减小了近 1/3,既不影响匹配精度,又会使得后续算法的运算量和代码量大大减小。

## 6 结语

指纹匹配通常基于细节点匹配,本文对细节点提取问题进行了深入研究。在细化后的指纹点线图上利用 Matlab 提取细节特征并对其去伪。实验证明,该方法能够简单准确地提取出指纹的细节点,对于各种原因产生的伪特征点,分别采用不同的算法加以去除,使保留的特征点为处理前的 1/3,既没有影响匹配精度,又为提高指纹图像匹配识别的速度和性能奠定了良好的基础。

## 参考文献:

- [1] R Clarke Human identification in information systems Management challenges and public policy issues [J]. Info Technol People 1994, 7(4): 6~37.

- [2] 张志涌,等.精通 MATLAB 6.5 版 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003-3.
- [3] 乔治宏.基于细节结构的指纹特征提取及匹配算法研究 [D]. 北京:北京工业大学硕士学位论文,2004-5.
- [4] 罗希平,田捷.自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法 [J]. 软件学报,2002-5, 13(5): 946~956.
- [5] Dario Maio Member IEEE, and Davide Maltoni Direct gray-scale minutiae detection in fingerprints [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 1997, 19(1): 27~40.
- [6] 王家文,曹宇. MATLAB 6.5 图形图像处理 [M]. 北京:国防工业出版社,2004-5.



## [作者简介]

**郭晶莹** (1981.5-),女(蒙古族),内蒙人,北京工业大学硕士生,学生,研究方向:嵌入式指纹识别技术;

**吴晴** (1947-),女(汉族),北京人,北京工业大学副教授,研究生导师,研究方向:检测技术与自动

化装置等;

**商庆瑞** (1978.1-),男(汉族),山东人,北京工业大学硕士生,学生,研究方向:数字图像处理。

(上接第 113 页)

面板,前端交互面板可以根据需要,适时改变仿真参数,同时其结果也会适时显示在 LabVIEW 的功能分析模块中。WirelessMAN-OFDM 系统仿真的方框图给出了仿真的内部信号处理流程,其各模块的功能如上所述。

## 4 结论

本文基于 LabVIEW 建模仿真了 IEEE 802.16d 物理层 OFDM 系统,并比较了两种频域均衡算法在不同比特率情况下的性能,仿真中采用了 SU1 信道模型。衡量无线通信系统的一个重要指标就是误码率 (BER),仿真中可以根据用不用信道编码,采用何种信道编码画出不同的 BER 曲线,对信道编码的性能进行测试;同时也可以比较不同的信道均衡算法,画出不同的 BER 曲线;并且本仿真也可以根据不同的无线信道特性比较其误码率性能。这对深入理解和进一步研究 IEEE 802.16d 物理层 OFDM 系统具有重要的实践指导意义。

## 参考文献:

- [1] I Koffman and V Roman Broadband Wireless Access Solutions Based on OFDM Access in 802.16 [J]. IEEE Communications Magazine Apr 2002.
- [2] C Eklund, R B Marks, K L Stanwood and S Wang IEEE Standard 802.16a: A Technical Overview of the WirelessMAN-TC Air Interface for Broadband Wireless Access [J]. IEEE Communications Magazine Jun 2002, 40(6): 98-107.

- [3] S Coleri, M Ergen, A Puri and A Bahai Channel Estimation Techniques Based on Pilot Arrangement in OFDM Systems [J]. IEEE Transactions on Broadcasting Sep 2002, 48(3): 223-229.
- [4] X Tang, M Alouini and A J Goldsmith Effect of Channel Estimation Error on M-QAM BER Performance in Rayleigh Fading [J]. IEEE Transactions On Communications Dec 1999, 47(12): 1856.
- [5] P Das and D Koch On the Use of Visual Programming Languages for Communication System Simulation [C]. IEEE Proceedings of Southeast Conf Apr 1991.
- [6] M C Jenichin, P Balaban and K S Shanmugan Simulation of Communication Systems Modeling Methodology and Techniques [J]. Kluwer Academic 2000.
- [7] V. Erceg, L J Greenstein, S Y Tjandra, S R Parkoff, A Gupta, B Kulic, A A Julius and R Bianchi An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications Jul 1999.



## [作者简介]

**柯贤文** (1976.10-),男(汉族)湖北十堰人,硕士研究生,主要研究方向:无线通信;

**于全** (1965.9-),男(汉族),江西九江人,博士生导师,研究员,主要研究方向:无线通信;

**朱凯** (1977.6-),男(汉族),黑龙江大庆人,讲师,主要研究方向:无线、卫星通信。