

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: X2003430044

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

指 纹 预 处 理 技 术 研 究

The Research of Fingerprint Image Preprocessing  
Technology

王 蒙

指导教师姓名: 李 翠 华 教授

专 业 名 称: 计算机应用专业

论文提交日期: 2007 年 5 月

论文答辩时间: 2007 年 5 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2007 年 5 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日



## 摘 要

指纹由于具有惟一性和不变性，是个人身份识别最有效的方法之一。自动指纹识别系统（AFIS）是当今图像处理和模式识别领域里的一个重要研究课题，具有重要的实用价值和市场前景。

本文主要对自动指纹识别预处理技术进行了研究。概述了自动指纹识别系统的研究和发展现状，对目前预处理不同环节采用的几种主要技术作了详细论述；对在纹线提取环节中基于方向的滤波增强进行了深入研究；在细化环节中，基于模板细化算法思想，并结合条件细化算法中关于图的连接的思想，构建了一套新的细化模板，提出了一种新的复合细化方法。建立了自动指纹识别预处理系统。

本文的研究工作和创新点包括如下：

- 1、通过本文提出的复合细化算法，有效地改善了目前常用的基于模板的细化算法，细化后的纹线图像出现过多的毛刺，而造成过多的伪特征点；避免了条件细化算法中常出现的纹线吞噬和细化后纹线不是单像素宽的现象。为指纹自动识别系统中的下一个步骤——特征提取奠定了良好的基础。
- 2、通过大量比较基于点方向图和基于块方向图进行滤波增强后的效果图，综合时间因素，确定了一套比较好的滤波系数和块大小，较好地实现了纹线的提取。
- 3、详细论述并实现了预处理系统中其它步骤，包括指纹方向图、指纹图像分割、指纹图像的二值化等步骤。

**关键词：** 指纹识别； 预处理； 细化

## Abstract

The fingerprint, because of its uniqueness and the invariability, is one of most effective methods for the individual status distinguishes. The automatic fingerprint identification system (AFIS) is now an important research topic in image processing and pattern recognition field, and it has the great practical value and the market prospect.

This paper right Automated Fingerprint Identification pretreatment technologies for the research. An overview of the Automated Fingerprint Identification System Research and Development, Pretreatment right now for different segments of the several main technologies discussed in detail; on the ridge from the direction of links based on the filter to enhance the in-depth research. Refinement in the sessions, Based on the template refinement algorithm, and refinement algorithm for combining on the map link ideas, Construction of a new set of detailed templates, a new method of refining complex. The establishment of Automated Fingerprint Identification System pretreatment.

This research and innovation points include the following :

1st, the adoption of this compound refinement algorithm effectively improve the current common template for the refinement algorithm, Thinning the ridge images excessive Burr, and too many pseudo-feature points; avoid the conditions thinning algorithm often the ridge phagocytosis and refined after Ridge is not a single pixel wide phenomenon. For the Automatic Fingerprint Identification System to the next step -- Feature Extraction laid a good foundation.

2nd, a lot more points on the map and directions on the map block direction filter to enhance the effects of plans, integrated time factor established a fairly good filter coefficients and block size, a better way to realize the ridge extraction.

3rd, discussed in detail and realized pretreatment system other steps, including fingerprint patterns, fingerprints, image segmentation, fingerprint image binarization, and other steps.

**Key Words:** Fingerprint Identification; Preprocessing; Thinning

# Contens

<b>CHAPTER 1 INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Papers research backgrounds</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.1 Fingerprints identification technology advantage</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1.2 Fingerprints identification technology developing procedure</b> and present situation .....	<b>3</b>
<b>1.1.3 Domestic and foreign present research situations</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1.4 Civil markets' new request to algorithm</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2 Papers selected topic bases</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 Papers main contents and organization</b> .....	<b>7</b>
<b>CHAPTER 2 FINGERPRINT IDENTIFICATION TECHNOLOGY</b>	
<b>SYNOPSIS</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1 Image Acquisition</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2 Fingerprints images pretreatment</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 Fingerprints images feature extraction</b> .....	<b>11</b>
<b>2.4 Fingerprints images match</b> .....	<b>12</b>
<b>2.5 Summary</b> .....	<b>13</b>
<b>CHAPTER 3 FINGERPRINT PRETREATMENT SYSTEM</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 This research design fingerprint recognition pretreatment system</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Fingerprints directional diagrams</b> .....	<b>15</b>
3.2.1 Points directional diagrams .....	16
3.2.2 Based on gradient block directional diagram .....	19
<b>3.3 Fingerprints image segmentation</b> .....	<b>23</b>
3.3.1 Threshold values methods .....	23
3.3.2 Regions withdraw the method .....	26
3.3.3 Synthesis Segmentation .....	27

<b>3.4 Fingerprints images filter</b>	<b>29</b>
3.4.1 Based on the direction of the filter direction	29
<b>3.5 Binarization</b>	<b>39</b>
3.5.1 Auto-adapted threshold values	40
3.5.2 Based on a peacekeeping local maximum entropy the binary map algorithm	40
3.5.3 Based on the direction for the binary map algorithm	41
<b>3.6 Thinning</b>	<b>42</b>
3.6.1 Quick thinning algorithms	43
3.6.2 OPTA algorithm synopsis	45
3.6.3 Improvements OPTA algorithm synopses	46
3.6.4 Algorithm insufficient analysis and improvement strategy	48
3.6.5 New thinning algorithms	52
<b>3.7 Summary</b>	<b>55</b>
<b>CHAPTER 4 TEST EXPERIMENT</b>	<b>56</b>
<b>4.1 This system program contact surface</b>	<b>56</b>
<b>4.2 Tests experiments</b>	<b>56</b>
4.2.1 Samples	56
4.2.2 Segmentation	57
4.2.3 Computations blocks direction and is smooth	58
4.2.4 Filters	58
4.2.5 Thinning	61
4.2.6 Based on directional diagram experiment	62
<b>4.3 Summary</b>	<b>62</b>
<b>CHAPTER 5 CONCLUDING REMARK</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Papers subtotals</b>	<b>63</b>
<b>5.2 Next step of work</b>	<b>63</b>
<b>5.3 Futurologies forecast</b>	<b>63</b>

**REFERENCES**.....64

**PUBLICATIONS** .....66

**ACKNOWLEDGEMENT** .....67

厦门大学博硕士学位论文摘要库



# 目 录

<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1 论文的研究背景 .....	1
1.1.1 指纹识别技术的优势 .....	1
1.1.2 指纹识别技术的发展历程及现状 .....	3
1.1.3 国内外研究现状 .....	4
1.1.4 民用市场对算法的新要求 .....	5
1.2 论文的选题依据 .....	7
1.3 论文研究的主要内容和组织 .....	7
<b>第二章 指纹识别系统 .....</b>	<b>9</b>
2.1 图像采集 .....	9
2.2 指纹图像预处理 .....	11
2.3 指纹图像特征提取 .....	11
2.4 指纹图像匹配 .....	12
2.5 小结 .....	13
<b>第三章 指纹预处理系统 .....</b>	<b>14</b>
3.1 本研究设计的指纹识别预处理系统 .....	14
3.2 指纹方向图 .....	15
3.2.1 点方向图 .....	16
3.2.2 基于梯度的块方向图 .....	19
3.3 指纹图像分割 .....	23
3.3.1 阈值方法 .....	23
3.3.2 区域提取方法 .....	26
3.3.3 合成分割法 .....	27
3.4 指纹图像滤波 .....	29
3.4.1 基于方向的方向滤波 .....	29
3.5 二值化 .....	39

3. 5. 1 自适应阈值 .....	40
3. 5. 2 基于一维局部最大熵的二值化算法 .....	40
3. 5. 3 基于点方向图的二值化算法 .....	41
3. 6 图像的细化 .....	42
3. 6. 1 快速细化算法 .....	43
3. 6. 2 OPTA 算法简介 .....	45
3. 6. 3 改进的 OPTA 算法简介 .....	46
3. 6. 4 算法不足分析及改进策略 .....	48
3. 6. 5 新的细化算法 .....	52
3. 7 本章小结: .....	55
<b>第四章 测试实验 .....</b>	<b>56</b>
4. 1 本系统程序界面 .....	56
4. 2 测试实验 .....	56
4. 2. 1 取样 .....	56
4. 2. 2 分割 .....	57
4. 2. 3 计算块方向及平滑 .....	58
4. 2. 4 滤波 .....	58
4. 2. 5 细化 .....	61
4. 2. 6 基于点方向图的实验 .....	62
4. 3 本章小结 .....	62
<b>第五章 结束语 .....</b>	<b>63</b>
5. 1 论文小结 .....	63
5. 2 下一步的工作 .....	63
5. 3 未来研究展望 .....	63
<b>参考文献 .....</b>	<b>64</b>
<b>研究生期间发表论文 .....</b>	<b>66</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>67</b>

## 第一章 绪论

本章首先概述了指纹识别技术的优势、指纹识别技术的发展历程及现状，然后对论文的选题依据进行阐述，最后介绍了论文的主要内容及组织。

### 1.1 论文的研究背景

#### 1.1.1 指纹识别技术的优势

人们在社会交往的过程中，往往需要进行身份认证。常见的身份认证方式有证件、钥匙、IC 卡和密码口令等。这些认证方式有一个共同特点：那就是以“物”认人，即用相关证件对证件持有人进行身份认证。在这种间接的身份认证过程中，由于各种证件极易伪造、IC 卡常会丢失、钥匙有时需要共享、密码口令容易被破译或盗用，导致这种以物证人的间接身份认证方式存在较大的安全漏洞且认证的精确度很低。

在快节奏的现代社会中，人们迫切需要使用一种直接的身份认证方式来简化我们的生活。因此，基于人体生物特征的身份认证方式越来越受到人们的关注。要进行基于人体生物特征的身份认证，就要从人体众多的生物特征中选择能够唯一标识每一个人身份的生物特征，这些特征必须具有“人各有异、终生不变、随身携带”的特点。迄今为止，通过现代的科学技术，被人们所发现的同时兼具这三个特点的人体生物特征主要有：指纹、虹膜和人体细胞遗传基因（DNA）。另外，还有一些人体生物特征虽然不能完全具备以上三个特点，但在一段时间内也具备“人各有异”的特点，如面容、掌纹、声音、行为动作（如签名、击键方式）等<sup>[1][2]</sup>。

不同的生物特征有各自的特点，它们之间的比较见表 1-1<sup>[3]</sup>

表 1-1 不同生物特征比较

生物特征	通用性	独特性	持久性	采集性	准确性	接收度	防伪性
脸型	高	低	中	高	低	高	低
指纹	中	高	高	中	高	中	高
手型	中	中	中	高	中	中	中
掌纹	中	中	中	中	中	中	中
虹膜	高	高	高	中	高	低	高
视网膜	高	高	低	高	中	高	高

在众多人体生物特征中，指纹是最佳的选择，指纹识别技术也是生物特征识别领域中最成熟的一门认证技术。指纹识别技术与面容、掌纹、声音、虹膜与视网膜等识别技术相比，具有以下优势：一、在唯一性方面，相对于掌纹、面部、声音等识别技术，指纹因其特征数量较多，而且特征的定位精确度可以做得很高，故唯一性极好，可能出现重复指纹的概率几乎为零。二、在稳定性方面，由于一个人在出生时指纹就已经定型，随着年龄的增长指纹也永久不变，手指即使被损伤，只要没有损伤到真皮组织，指纹会很快复原。因此，其不变性远比掌纹、面部、声音等优越。三、在方便性方面，与虹膜、视网膜等采样难度较高的情况相比，指纹样本便于获取，采样成本较低，识别系统中完成指纹采样功能的硬件部分也较易实现。并且指纹识别技术历史悠久，有许多标准指纹样本库可供测试使用，易于对指纹识别系统进行评估与开发。四、在安全性方面，指纹的安全性要比当前普遍采用的“用户 ID+密码”的安全方案要高得多。例如采用四位数字密码的系统，不安全概率为 0.01%，一个非法的操作者可以在一段不太长的时间内试用所有可能的密码，但如果采用误判率为 0.01%的指纹识别系统，非法操作者几乎不可能在不为人知的情况下，找到 1000 个人去为他把所有的手指（十指）都试一遍。实际上，指纹识别系统误判率远小于 0.01%，这使得非法操作者的盲目尝试成功率几乎为零。而且，由于每个人十指指纹均不相同，还可以方便地利用多枚指纹的排列组合构成多重口令，进一步提高系统的安全性。

由此可见，在目前的生物特征识别技术中，指纹识别技术的唯一性、方便性、安全性、稳定和可靠性都更胜一筹，技术上相对成熟。随着大规模集成电路制造技术飞速发展和高性能民用指纹识别算法的开发，加上各国法律广泛认可，基于指纹识别技术的身份认证已渐渐地进入民用化阶段。

### 1.1.2 指纹识别技术的发展历程及现状

人类对指纹的应用，从遥远的古代就开始了。大量的历史资料表明，中国是世界上最早应用指纹识别技术的国家，应用指纹的朝代最早可以追溯至秦朝以前。到了唐朝，指纹已经广泛应用在中国古代的借贷契约、买卖文凭、婚约休书、狱词供状、军队名籍中。公元650年，唐代作家贾公彦在其作品中就着重提出用指纹确认个人身份的观点，但由于缺乏专门性研究，未能将指纹识别技术上升为一门科学。

现代指纹识别起源于16世纪后期，1778年，梅耶（J. Mayer）首次著文指出了指纹的两个重要特性：没有人的指纹是完全相同的（唯一性）；指纹的样式终身不变（稳定性）。1889年，亨利（E. R. Henry）在总结前人研究的成果上，提出了基于指纹细节特征识别（Minutia-based）的理论，并提出了用指纹识别来确定身份的设想，从而奠定了现代指纹学的基础。1892年，英国的弗朗西斯·盖尔顿（Francis Galton）对指纹进行了广泛的研究，写了《FingerPrint》一书，书中详细地介绍了用于单个指纹分类的细节特征，首次系统地阐述了指纹学，确立了一整套指纹识别的方法，从此指纹识别应用正式走上了科学化道路<sup>[4]</sup>。

在计算机技术出现之前，指纹识别所采用的一直是传统的人工识别法，这项工作需要由一些经过专门训练的专业技术人员和有经验的指纹专家凭经验对指纹逐个查找和比对，从而得出鉴定的结果。用这种方法进行指纹的鉴定，不但效率低，查找范围也十分有限，远远不能满足现代社会生活中对指纹识别的广泛需求。同时，尽管从事指纹鉴定操作人员大都是经验丰富的指纹鉴定专家所组成，但由于人眼存在视觉误差，视觉疲劳以及受个人情绪、判断惯性等其他主观因素的影响，鉴定结果的精确性也难以保证。

20世纪60年代，计算机技术开始进入指纹识别领域，为指纹鉴定的自动化带来了新的解决思路、实现方法和处理途径。在美国，开始有人提出用计算机图

像处理和模式识别的方法对指纹进行分析，以此代替人工来进行指纹鉴定的设想，相关部门和多所科研机构也开始着手研究用计算机实现指纹鉴定自动化，即自动指纹识别系统（Automatic Fingerprint Identification System, 简称 AFIS）。

20 世纪 70 年代末至 80 年代初，随着计算机辅助图形识别处理技术的发展和高级图形处理软件的应用，司法刑侦领域的自动指纹识别系统（AFIS）研制成功，并在美国投入实际运行，标志着指纹识别技术进入了自动化和现代化的阶段。目前，警用 AFIS 在我国公安刑侦部门也被广泛地采用，并在收集证据、甄别疑犯和司法鉴定中发挥着重要作用。

警用 AFIS 系统由于指纹库庞大、图像信号处理复杂度高，对硬件成本和运行环境的要求高，以及使用与维护的成本也相对较高，主要应用于司法与刑侦领域。20 世纪 80 年代，随着计算机技术的飞速发展，图像处理和模式识别理论及嵌入式技术的不断发展与成熟，以及光学扫描技术的革新，自动指纹识别系统发生了质的飞跃，整个系统体积缩小，识别效率提高，指纹采集的速度和方便性有了很大的改善，实现成本以及对运行环境的要求逐步降低。这些改进使得自动指纹识别系统 AFIS 跨越了应用的瓶颈，现今 AFIS 被大量应用于政府、银行、税务、社保、学校和公司机构等部门的文件保密、信息安全、门禁控制、考勤管理、证卡管理等各类需要计算机进行自动身份认证的场合。另外一些信息设备，如：手机、笔记本电脑等也通过指纹确定主人。从这里可以看出 AFIS 在各个领域得到了广泛应用，也标志着 AFIS 的时代已经到来。

### 1. 1. 3 国内外研究现状

随着指纹识别技术的快速发展，国际上逐步建立和完善了一个公共的指纹识别算法评测标准和平台，算法开发者可以在此公共的标准和平台上评估他们的算法。目前国际上有两个比较权威的指纹认证和评测方法：指纹识别竞赛（FVC）和商用指纹算法评测（FpVTE）<sup>[5]</sup>。

FVC 是美国圣何塞州立大学、密歇根州立大学和意大利博洛尼亚大学等国际权威组织发起，目的是为了全面了解、评价当代指纹识别技术的发展水平，给企业和研究机构建立一个评价指纹识别算法的通用标准。

商用指纹算法评测是由美国国家技术标准局（NIST）所组织的指纹识别测评，目的是为了评测指纹识别算法的匹配、验证和识别的准确性。

目前对指纹识别算法的研究主要沿两个方向进行<sup>[6]</sup>:

1、基于图像的识别算法; 2、基于特征的识别算法。

基于图像的识别算法认为, 指纹图像的频域或空域信息可以用来唯一表示并识别不同的指纹。它是一种使用全局信息进行识别的方法, 例如使用指纹图像的 Fourier 频谱来表示和识别指纹。这类算法的问题在于图像特征难以定义和匹配。

基于特征的指纹识别算法则依赖于这样的事实: 如果两枚指纹属于同一类型或者来自同一个手指, 那么它们拥有足够多的相同或类似的局部脊线细节特征。由于每枚指纹只拥有少量的脊线细节特征, 因此可以使用一种紧凑高效的方式来表示并识别指纹。目前大多数的自动指纹识别系统使用的都是这类算法。

国内对新一代指纹识别算法的研究起步于二十世纪九十年代末期, 北大生物系统实验室、中科院自动化所和长春光电所对此作了许多有意义的工作。由于商业利益的因素, 我们无法获知其算法框架和细节。

#### 1.1.4 民用市场对算法的新要求<sup>[7]</sup>

民用AFIS是由警用AFIS发展而来, 但民用AFIS有许多自身的特点, 其应用领域、使用条件、应用目的和应用对象与警用AFIS有很大的不同, 因此其所采用的方法与得到的结果与警用AFIS相比有很大的不同。

主要表现在以下几个方面:

(1) 小型化和嵌入式是民用AFIS发展的主流方向。警用AFIS由于具有高速的计算机来进行查找对比, 指纹采集的面积较大, 并且数据库容量不受限制, 因此其指纹特征描述模板尺寸较大, 其模板的细节特征数目往往可达100至200个。民用AFIS由于受到设备数据载体的存储容量、计算机速度以及设备间传输速度等因素的限制, 通常只采集包含在典型区域中的主要细节特征, 其模板中的细节特征数目通常在60个以下。另外, 民用AFIS的使用对象是普通公司和一般公民, 目的是为了实现方便、快捷、高效和安全的个人身份认证, 更多要考虑到易用性、方便性和舒适性等因素, 这对民用AFIS算法提出了新的要求。例如, 自动指纹识别算法是否占有非常少的内存, 是否具有较小的运算量, 是否具有较好的可移植性等。实现民用AFIS设备的小型化、嵌入式和全自动是民用AFIS未来的发展方向。

(2) 民用AFIS对系统的拒识率、误识率和实时性提出了更高的要求。警用AFIS主要用来协助办案人员缩小犯罪人范围，提供参考结果，最终的判断仍由人工专家做出，因此算法要求具有较低的拒识率。同时识别过程是操作人员与计算机交互以达到更好的效果，对实时性要求也不高。民用AFIS则不同，在民用场合，由于不可能进行现场人工干预，为了保证设备使用的方便性和准确性，指纹算法中的许多流程、结构、参数与警用AFIS相比，均需要做相应地调整。在识别过程中，要根据实际使用环境给出一个用户可选的相似度判定阈值，达到方便易用与准确无误这一矛盾的统一。另外，由于民用AFIS多用于在线环境，要求系统能够立即明确地给出“是”或“不是”的结果，对系统的实时性也提出更高的要求，这些都是民用AFIS的研究方向。

(3) 民用AFIS指纹采集对算法提出更高的要求。传统的指纹取像方法是首先在纸上按手印，然后使用扫描仪将图像转化为数字形式并输入计算机，这种方法很繁琐，图像的质量也不好，显然不适用于民用领域。新型的光学指纹仪和半导体指纹仪使用起来更加方便快捷，并且能够获得比传统方式更清晰的图像。特别是半导体指纹取像设备轻薄小巧，功耗低，非常适合嵌入到其它系统中，目前已开始被大量使用。但是这类指纹仪的共同问题是采集面积小，只能摄取到手指局部的图像。这就要求民用AFIS识别算法能够在尽量少的特征点下识别、识别可以不依赖于中心点、适应不同的指纹质量。除此之外，还要考虑是否能够适应不同按压力度、是否适应不同的角度去按压等。警用AFIS通常不对旋转角度进行限制，在民用指纹算法中，为了提高比对的速度和效率、降低误判率以及考虑到指纹设备在使用操作中的规范性和严肃性，对采集时手指的摆放方向做出了限制，通常允许 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的偏斜。

(4) 由于民用指纹识别设备是提供给并不专业的普通大众使用，这也要求识别算法对不同大小、类型的指纹图像都具有较强的自适应性能，能够在无用户干预下自动进行识别。

这些新的要求，是当前民用AFIS识别算法研究的重点和难点，同时也是民用AFIS的发展趋势。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库