

学校编码：10384

学 号：200430027

分类号__密级__

UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于复数小波的指纹图像去噪增强方法
A Fingerprint Image Denoising and Enhancement Method
Based on Complex Wavelet

许 建 航

指导教师姓名：闫敬文 教授

专 业 名 称：通信与信息系统

论文提交日期：2007 年 4 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 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，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）：许建航

2007年5月27日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 (), 在年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“ ”)

作者签名：许建航 日期：2007 年 5 月 27 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘要

指纹识别系统的性能很大程度上依赖于采集的指纹图像的质量,而采集到的图像不同程度上存在缺陷,因此需要对指纹图像进行预处理。针对由于指纹图像油墨不均等现象,在原始灰度图像上不能保证脊方向估计的正确性,本文提出不依赖于指纹方向图的基于复数小波变换的去噪增强方法。

本文对传统 OTSU 算法进行改进,和遗传算法一起应用于指纹图像分割中。通过与 OTSU 算法和 PCNN 算法比较,实验结果表明该方法很好的保留指纹细节信息,而且好于传统方法需要先进行背景分离再进行图像分割的效果。用 Donoho、Bayes、GCV 和 SURE 四种经典去噪门限以及软硬门限、基于上下文模型和基于双变量收缩函数三种去噪模型在离散小波、双树实数小波和双树复数小波域中对指纹图像进行去噪处理,实验结果表明基于双树复数小波变换的双变量收缩函数去噪方法在去噪和运算时间上整体效果最好。

针对目前的多尺度增强方法中一般很难实现抑制噪声和突显细节有效均衡的问题,在双变量收缩函数去噪方法的基础上提出了一种基于层间层内相关性的双变量收缩函数,利用复数小波平移不变性和方向选择性的优势,有效的区分噪声和指纹图像边缘。实验结果表明,该方法较双变量收缩函数去噪方法在 PSNR 值上又提高了 $0.3 \sim 0.5\text{dB}$ 。本文还提出了一个自适应选择增强函数,来增强指纹图像中较弱的细节部分并保护原图像中的清晰边缘不产生失真。实验结果表明增强后的图像质量有了显著的提高。

关键词：复数小波；双变量收缩函数；图像去噪增强

Abstract

The performance of fingerprint identification system is mostly limited by the quality of fingerprint images. So it is necessary to preprocess the fingerprint images. Because the print ink of fingerprint image is uneven, the correct estimation ridge direction of origin image can not be sure. An image denoising and enhancement method based on complex wavelet transform is proposed in this dissertation, which is independent of fingerprint directional diagram.

The improved OTSU algorithm and genetic algorithm are applied to fingerprint image segmentation. Compared with OTSU algorithm and PCNN algorithm, results of experiment show fingerprint details are reserved significantly and the good image segmentation effect after background separated is achieved. Donoho threshold, Bayes threshold, GCV threshold, SURE threshold, soft_hard threshold, context model, hybrid model and bivariate shrinkage function are applied to denoise experiment data in DWT, DTRWT and DTCWT domain respectively. The experiment results are shown that the effect of the image denoising method using bivariate shrinkage technique performs the other methods obviously in our experiments.

At last, an improved bivariate shrinkage denoising method based on crossscale and interscale coefficients constraints is presented, which is aiming at optimizing contrast of image features while minimizing image noise. With the advantage of the directivity and shift-invariant of complex wavelet transform, the subtle features are retained while noise is efficiently suppressed. Compared with the image denoising method using bivariate shrinkage function, the experiment result shows the PSNR is enhanced $0.3 \sim 0.5dB$ using this method. An adaptive function for image enhancement, which can emphasize the low contrast features and protect the strong contrast features from distortion, is given in this paper. The experimental result indicates that the quality of enhanced image is

improved obviously.

Key words: complex wavelet; bivariate shrinkage function; image denoising and enhancement

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 选题背景和研究意义	1
1.1.1 生物识别技术	1
1.1.2 指纹识别技术	2
1.2 研究现状	4
1.3 主要内容及章节安排	5
第二章 基于遗传算法的指纹图像分割	6
2.1 指纹识别的基础	6
2.1.1 指纹识别基本流程	8
2.1.2 指纹图像预处理	8
2.2 指纹图像规格化	9
2.3 基于遗传算法的指纹图像分割	9
2.3.1 遗传算法的基本原理	9
2.3.2 本文采用的指纹图像分割方法	10
2.3.3 基于遗传算法的指纹图像分割方案设计	12
2.3.4 实验结果及分析	13
2.4 本章小结	14
第三章 复数小波变换理论	15
3.1 引言	15
3.2 复数小波变换	15
3.2.1 双树复数小波变换性质特点	16
3.2.2 一维双树复数小波变换原理	16
3.2.3 二维双树复数小波变换原理	18
3.2.4 二维双树复数小波的方向性	19
3.2.5 平移不变性滤波器设计	21
3.3 本章小结	24
第四章 基于复数小波变换的指纹图像去噪算法	25
4.1 引言	25
4.2 基于复数小波变换的图像去噪原理和去噪流程	26
4.2.1 基于复数小波变换的图像去噪原理	26
4.2.2 基于复数小波变换的图像去噪流程	26
4.3 图像去噪方法	27
4.3.1 去噪门限选择	27
4.3.2 图像去噪模型	29
4.4 实验结果与分析	35
4.4.1 实验数据结果	35
4.4.2 实验结果分析	39
4.5 本章小结	40
第五章 基于复数小波变换的指纹图像增强算法	41
5.1 引言	41
5.2 图像增强的方法	41
5.2.1 空域增强方法	41

5.2.2 频域增强方法.....	42
5.2.3 数学形态学方法.....	43
5.3 指纹图像增强方法.....	44
5.3.1 传统的指纹图像增强方法.....	44
5.3.2 Gabor 滤波器增强方法.....	45
5.3.3 基于小波域去噪增强方法.....	47
5.4 基于双树复数小波变换的指纹图像去噪增强算法.....	47
5.4.1 改进的双变量收缩函数去噪增强算法.....	48
5.4.2 实验结果及分析.....	54
5.5 本章小结.....	57
第六章 总结和展望.....	58
[参考文献]	60
攻读硕士期间发表论文目录	64
致 谢.....	65

Contents

Chapter1 Introduction	1
1.1 Research significance and background	1
1.1.1 Biometric identification technology	1
1.1.2 Fingerprint recognition technology	2
1.2 Study present condition	4
1.3 The organization of this dissertation	5
Chapter2 Fingerprint image segmentation based on genetic algorithms	6
2.1 The basic knowledge of fingerprint recognition	6
2.1.1 The basic flow of fingerprint recognition	8
2.1.2 Fingerprint image preprocessing	8
2.2 Fingerprint image normalization	9
2.3 Fingerprint image segmentation based on genetic algorithms	9
2.3.1 The basic theory of genetic algorithms	9
2.3.2 The improved genetic algorithms	10
2.3.3 The design of image segmentation based on genetic algorithms	12
2.3.4 Experimental result and analysis	13
2.4 Brief summary	14
Chapter3 The theory of Complex Wavelet Transform	15
3.1 Introduction	15
3.2 Complex Wavelet Transform	15
3.2.1 The characteristic of DTCWT	16
3.2.2 The basic theory of 1D- DTCWT	16
3.2.3 The basic theory of 2D- DTCWT	18
3.2.4 The derirectionality of 2D-DTCWT	19
3.2.5 Shift-invariant filter design	21
3.3 Brief summary	24
Chapter4 Fingerprint image denoising algorithms based on CWT	25
4.1 Introduction	25
4.2 The theory and the flow of image denoising based on CWT	26
4.2.1 The theory of image denoising based on CWT	26
4.2.2 The flow of image denoising based on CWT	26
4.3 image denoising methods	27
4.3.1 The choice of threshold	27
4.3.2 The model of image denoising	29
4.4 Experimental result and analysis	35
4.4.1 Experimental findings	35
4.4.2 Interpretation of experimrntal result	39
4.5 Brief summary	40
Chapter5 Fingerprint image enhancement algorithms based on CWT	41
5.1 Introduction	41
5.2 Image enhancement methods	41
5.2.1 The enhancement methods on airspace	41

5.2.2 The enhancement methods on frequency-domain.....	42
5.2.3 Mathematical morphology.....	43
5.3 Fingerprint image enhancement methods.....	44
5.3.1The classicalfingerprint image enhancement method.....	44
5.3.2 The enhancement method based on Gabor filter.....	45
5.3.3 The enhancement method based on Wavelet transform.....	47
5.4 Fingerprint image enhancement algorithms based on DTCWT.....	47
5.4.1 The improved denoising and enhancement algorithm.....	48
5.4.2 Experimental result and analysis.....	54
5.5 Brief summary.....	57
Chapter6 Conclusion and expectation.....	58
References.....	60
Thesis and Project During Master Study.....	64
Acknowledgement.....	65

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 选题背景和研究意义

科学技术飞速发展的 21 世纪,电子产品源源不断地涌进人们的日常生活中,给人们带来了方便、高效的生活,但同时如何安全、准确、便捷的识别个人身份问题日趋突现:人们越来越多地依赖像智能卡、身份证号码、口令等保护措施。然而,卡片的损坏、丢失,口令的遗忘,非法用户的盗用,给人们造成巨大的经济损失。据 Motorola 公司有关资料显示“Internet 爆炸性增长,人类对口令和密码依赖性增强,而其安全缺陷日益显露,因安全密钥方面造成的损失年增长率在 60%以上……”。因此,迫切需要一种在人与机器之间交互时能够智能、快速、准确、可靠地验证个人身份的识别技术。

生物识别技术以其不可匹敌的安全性、便利性、易操作性,必将成为未来社会的主流身份认证技术。未来的安全控制、海关进出口检验、电子商务等多种领域的应用,也必然会以生物识别技术为重点。这种趋势,现在已经在世界各地的各种应用中逐渐开始显现出来。

1.1.1 生物识别技术

网络信息化时代的一大特征就是身份的数字化和隐性化,如何准确鉴定一个人的身份,保护信息安全是当今信息化时代必须解决的一个关键社会问题。信用卡号、银行帐号、身份证号、网络登录号,人们可能被生活中越来越多的需要记忆的密码搅得心烦意乱。如何不用记忆这些密码而又不用担心自己身份无法认定呢?正在悄然兴起的生物特征识别技术正好可以解决上述问题。

所谓生物识别技术 (Biometric Identification Technology) 就是通过计算机与光学、声学、生物传感器和生物统计学原理等高科技手段密切结合,利用人体固有的生理特性 (如指纹、面相、虹膜等) 和行为特征 (如笔迹、声音、步态等) 来进行个人身份的鉴定。

与传统的身份鉴定手段相比,基于生物特征识别的身份鉴定技术具有以下优点:

- (1) 不易遗忘或丢失;
- (2) 防伪性能好,不易伪造或被盗;
- (3) “随身携带”,随时随地可用。

根据人的生物特征，生物识别技术可以分为两类：生理特征和行为特征。任何个人的生理或者行为特征能够作为生物识别技术应当具备以下特征：

- (1) 普遍性，每个人都应该具有这种特征；
- (2) 唯一性，没有哪两个人拥有同样的该特征；
- (3) 永久性，所选择的特征应该便于测量；
- (4) 采集性，该特征能够定量地获取；
- (5) 可操作性，获得识别的准确性、速度、抗干扰性；
- (6) 可接受性，人们在日常生活中愿意接受某以特征识别的程度；
- (7) 难欺骗性，冒充者很难通过提供假特征欺骗识别系统。

生理特征常见的生物识别技术主要有虹膜、视网膜、面相、指纹、掌纹等，这些是终生不变，不易毁损的，具有很好的稳定性、不变性和可靠性。而行为特征有签字、声音和按键力度等，与后天成长因素有关，其稳定性和可靠性相对差。

基于各种不同生物特征的身份识别系统都有各自的优缺点，适用于一定的范围。表 1-1 给出了上面几种常见生物特征的简单比较。

表 1-1 几种常见生物特征的比较

性能 生物特征	普遍性	唯一性	稳定性	采集性	识别精度	可接受性	安全性
虹膜	高	高	高	中	高	低	高
视网膜	高	高	中	低	高	低	高
面相	高	低	中	高	低	高	低
掌纹	高	中	中	中	中	中	中
声音	中	低	低	中	低	高	低
DNA	高	高	高	低	高	低	高
签名	中	低	低	高	低	高	低
指纹	高	高	高	中	高	中	高

从理论的角度来讲，生物行为或生物特征只要满足普遍性、唯一性、稳定性和采集性^[1-2]，就可以作为身份识别的可信依据，但同时还应考虑其他因素，如可行性、可接受性、安全性。结合理论、应用和市场等方面的因素，指纹识别成为了一种较为常用和高效的鉴证方式，其中指纹预处理过程中的图像边缘增强是本文研究的主要内容。

1.1.2 指纹识别技术

据考古学家证实：公元前 7000 年到 6000 年以前，指纹作为身份鉴别的工具已经在古叙利亚和中国开始应用。在那个时代，一些粘土陶器上留有陶艺匠人的指纹，中国的一些文件上印有起草者的大拇指指纹，在 Jercho 的古城市的房屋留有砖匠的指纹等。由此可见，指纹的一些特征在当时已经被人们认识和接受。

19 世纪初，科学研究发现了至今仍然承认的指纹的两个重要特征，一是两个不同手指的指纹纹脊的式样不同，另外一个是指纹纹脊的式样终生不变。这个研究成果使得指纹在犯罪事件的鉴别中得以正式应用。20 世纪 60 年代，由于计算机可以有效地处理图形，人们开始着手研究利用计算机来处理指纹。从那时起，自动指纹识别系统 AFIS 在法律实施方面的研究和应用在世界许多国家展开。

到了 20 世纪 80 年代，个人电脑、光学扫描这两项技术的革新，使得它们作为指纹取像的工具成为现实，从而使指纹识别可以在其他领域中得以应用。现在，随着取像设备的引入及其飞速发展，生物指纹识别技术的逐渐成熟，可靠的比对算法的发现都为指纹识别技术提供了更广阔的舞台。

在众多的生物识别技术中，指纹识别技术是目前最方便、可靠和价格便宜的解决方案。自动指纹识别指纹作为授权手段可以完美的符合安全授权手段的三大特性。安全性，每个人的指纹是独一无二的，并且指纹纹路在人出生时即已定型，并终生不变。活体指纹采集技术保证了“随身携带”指纹的安全性；可靠性，指纹识别技术是典型的“认人不认物”的授权手段。在授权当时就可以确保使用者是“合法”授权者。相对于其它身份认证技术，自动指纹识别技术不仅具有许多独到的信息安全优点，更重要的是还具有很高的实用性、可行性，具体体现在以下几个方面：

- (1) 每个人的指纹是相当固定的，不会随着人的年龄的增长或身体健康程度的变化而变化。
- (2) 指纹样本便于获取，易于开发识别系统，实用性强。
- (3) 一个人的十指指纹皆不相同，这样可以方便地利用多个指纹构成多重口令，提高系统的安全性。
- (4) 指纹识别中使用的模板并非最初的指纹图，而是由指纹图中提取的关键特征，这样使系统对模板库的存储量较小。另外，对输入的指纹图提取关键特征后，可以大大减少网络传输的负担，便于实现异地确认，支持计算机

的网络功能。

1.2 研究现状

指纹识别总的可以分为三部分：指纹图像的预处理、特征提取和特征匹配。目前指纹识别系统的研究也主要围绕这三个方面开展工作。

进入 21 世纪后，随着外围硬件技术的不断进步，指纹采集设备技术越来越成熟，指纹识别算法所要求的计算能力也越来越不是问题。同时，由于指纹识别技术关系到国家安全，国外政府都采取各种手段大力支持指纹识别技术的研发与应用。

现在国内外指纹识别的技术基本上都是采用基于细节点特征的指纹识别技术，从研究角度来说，国内外的差距并不明显。2002 年国际上最具权威的——国际模式识别协会组织了国际指纹认证(Fingerprint Verification Competition, 以下简称 FVC2002)。在 FVC2002 上，共有全世界四十多家研究机构及公司参加了竞赛，其中中国科学院自动化研究所下属的数字指通的 Finger pass 指纹识别算法取得了国际第七，国内参赛单位排名第一的优异成绩。平均相等错误率低于 1.1%，表明其识别准确率和识别速度已达到国际先进水平。

指纹图像预处理方面的研究主要集中在指纹图像的增强方面。长期以来很多人对指纹图像的增强进行过研究：Lawrence O'Gorman^[3]等在 1989 年提出的是一种专门针对于指纹图像的滤波器设计方法，得到的滤波器具有脊线方向上的平滑性和其垂直方向上的分离性，能够根据图像脊和谷的周期性、灰度变化规律来滤除原图像中的噪声。Sherlock D^[6]提出了采用傅里叶变换的方法，为了加速计算采用了四个方向上的加权中值滤波器来增强图像。B.M.Mehtre^[7]提出了上下文滤波器，上下文滤波器是一系列上下文相关的滤波器，使用时根据某一块的方向从一系列滤波器中选择一个相应的滤波器来对这一块进行滤波。文献[8]把指纹图像进行小波变换，在小波子图上通过全局纹理滤波、局部方向补偿等手段达到增强图像的目的。文献[9]首先估计指纹的纹路方向，再根据纹路方向信息增强图像。LinHong^[4]等用到 Gabor 滤波器来做为带通滤波器去除噪声，增强脊谷结构，其中 Gabor 滤波器的参数用到了指纹的方向性和纹理性。在空域的指纹增强滤波器设计方面，现有的两种比较成熟的方法是基于方向低通滤波的方法^[3]和方向带通滤波器的方法^[4-5]。

目前的研究大多数都是将重点放在局部脊方向上来提高指纹图像的质量^[10]，但是相对地忽略了全局信息。并且对于由于油墨不均等现象，在原始灰度图像上不能保证脊方向估计的正确性，有必要提出一种不依赖于指纹方向图的增强方法。因此本文提出了基于复数小波的指纹图像去噪增强方法。

1.3 主要内容及章节安排

指纹图像的预处理和增强在整个自动指纹识别系统中起着重要的作用，能够改善指纹的图像质量，从而保证指纹特征的准确提取和特征匹配快捷地进行，同时也为人工鉴别提供了更高质量的图像。本文主要针对这两个重要的部分做了一定的算法研究，提出了更为有效的指纹边缘去噪增强算法。

本文的具体章节安排如下：

- (1) 第一章阐述了选题的背景和意义，介绍了生物识别技术和指纹识别技术。
- (2) 第二章对传统 OTSU 算法进行改进，将其与遗传算法结合应用于指纹图像分割中，并与 OTSU 算法和 PCNN 算法的实验结果进行比较。
- (3) 第三章详细阐述了复数小波变换理论和性质，重点分析了双树复数小波平移不变性和方向选择性。
- (4) 第四章对几种经典的小波变换去噪方法进行分析和仿真实验，通过比较确定适合双树复数小波变换的去噪方法。
- (5) 第五章提出一种改进的双变量收缩函数去噪方法，设计了一个基于双树复数小波变换的自适应图像去噪增强方法，并进行仿真实验比较。
- (6) 第六章对全文进行总结和展望。

第二章 基于遗传算法的指纹图像分割

2.1 指纹识别的基础

在手指表面可以看到的突起的纹路，一般称为“嵴”或“嵴线”。嵴线与嵴线之间称为“峪”。指纹就是许多条“嵴”与“峪”的组合，是嵴线与嵴线之间“或平行”、“或交叉”、“或并笼”而成的几何图案。

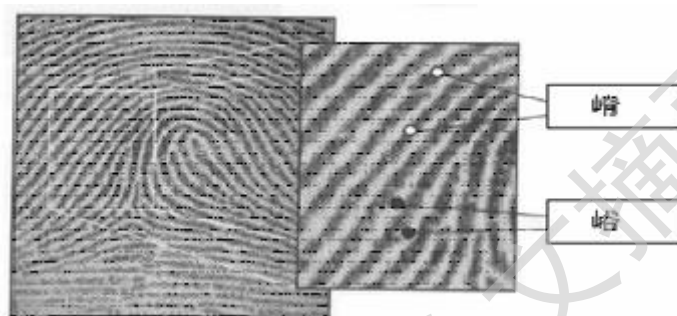


图 2-1 指纹的嵴与峪

指纹识别技术基础即指纹的特征。指纹特征一般是指指纹在一个平面上的几何特征，包括指纹的总体特征和局部特征。

(1) 总体特征

总体特征包括指纹纹形、核心点、三角点和嵴密度。指纹纹形是指指纹整体走向形成的三大类（斗形、拱形、箕形）如图 2-2 所示。纹形是指纹分类的重要参数，能够体现纹形特征的区域称为模式区。核心点是指纹纹形的渐进中心点。三角点是模式区的中心点。嵴密度指模式区内指纹纹路的数量。上述核心点和三角点同时被称为奇异点。

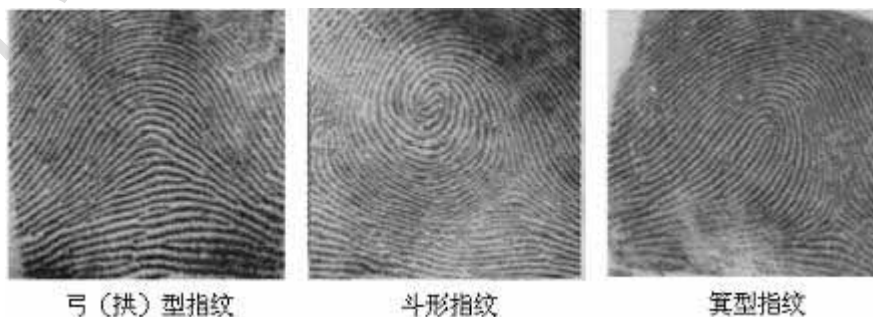


图 2-2 指纹的三种基本纹形

指纹纹形是人们对指纹特征的第一层认识。随着研究者对指纹图案的细节分析，不断的从中找出了指纹更为细小的特征，如核心点、三角点、分叉、终点、

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 for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库