



高等学校自动识别技术系列教材

生物识别技术基础

张铎 / 编著

AUTOMATIC
IDENTIFY
TECHNOLOGY



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



北京华信恒远信息技术研究院 策划

高等学校自动识别技术系列教材

生物识别技术基础

张铎 / 编著

AUTOMATIC
IDENTIFY
TECHNOLOGY



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物识别技术基础/张铎编著. —武汉: 武汉大学出版社, 2009. 4
高等学校自动识别技术系列教材
ISBN 978-7-307-06918-3

I. 生… II. 张… III. 个人鉴定(法医)—高等学校—教材
IV. D918.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 033051 号

责任编辑: 任仕元 责任校对: 王 建 版式设计: 詹锦玲

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 武汉中远印务有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 14 字数: 243 千字 插页: 1

版次: 2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-06918-3/D · 877 定价: 26.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。



内 容 提 要

生物特征识别技术是为了进行身份验证而采用自动技术测量人的身体特征或其行为特点，并将这些特征或特点与数据库中的模板数据进行比较以完成认证的一种解决方案。

随着计算机应用的发展和信息化需求的增长，生物特征识别技术已由早期的仅在刑侦等小范围内应用，逐步发展到政府、军队、金融、电信、制造、教育等领域。

本书分为五章，主要对生物特征识别技术的发展、生物特征识别技术的基本概念和理论、指纹识别技术、面像识别技术、虹膜识别技术作了详细的介绍。在最后一章，对国内外十余种最新的生物特征识别技术作了全面的介绍。通过本书，读者可以从技术与应用的角度，全面、系统地了解生物识别技术。

本书是高等院校自动识别技术系列教材之一，可作为自动识别技术及相关专业的教材，也适合于从事自动识别技术研究与应用及物流信息系统规划等工作人员使用，同时可供自动识别技术相关企业和部门的读者参考。



丛书序言

今天,随着国民经济和科学技术的快速发展,条码已经成为全球通用的商务语言,无线射频技术正在应用于铁路、物流、邮政、公共安全、资产管理、物品追踪与定位等多个领域,以指纹识别技术为代表的生物识别技术开始在金融、公共安全等领域得到逐步推广,这一切都预示着自动识别技术的应用将大大促进我国各领域信息化水平的进一步提高。

20世纪80年代末期,条码技术开始在我国得到普及和推广。作为一种数据采集的标准化手段,通过对供应链中的制造商、批发商、分销商、零售商的信息进行统一编码和标识,为实现全球贸易及电子商务、现代物流、产品质量追溯等起到了重要作用。随着2003年中国“条码推进工程计划纲要”的提出和实施,条码技术已经开始涉及国民经济的各个领域。

二十多年后的今天,以条码技术、射频识别技术、生物特征识别技术为主要代表的自动识别技术,在与计算机技术、通信技术、光电技术、互联网技术等高新技术集成的基础上,已经发展成为21世纪提高我国信息化建设水平,促进国际贸易流通,推进国民经济效益增长,改变人们生活品质,提高人们工作效率,获得舒适便利服务的有利工具和手段。

为推动中国自动识别技术产业的持续性发展,培养和造就服务于自动识别产业和相关产业的专业人才,中国自动识别技术协会作为国家级的行业组织,经过充分的市场调研和反复的需求论证,从2006年夏季开始,在国内部分高等院校推动自动识别技术专业方向的学历教育。这是国内首次将自动识别技术教育以专业

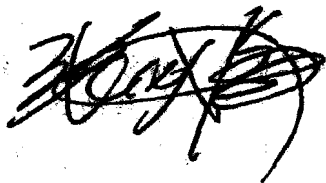
教育的形式引入高等学历教育领域的尝试和突破。

为配合自动识别专业人才的培养教育，中国自动识别技术协会组织有关专家、学者、高级工程技术人员，共同设计了国内第一套自动识别技术教育大纲，并组织撰写了与之配套的自动识别技术高等学历教育教材，以满足教学需要。

全套教材将涉及自动识别技术导论、条码技术、射频识别技术、生物识别技术、电子数据交换技术与规范、图像处理与识别技术、密码原理、自动识别产品设计等内容，从2007年5月起陆续分册出版发行。

技术的发展没有止境，知识的进步没有边际。在我们试图总结自动识别产业专家学者和技术人员的知识和经验时，我们也意识到这套教材只是我们的初次探索，是推动中国自动识别产业人才战略的第一步。我们希望这套教材能够为广大学子奠定行业知识的基础，真心祝愿学子们成为自动识别产业坚实的后备力量。

最后，真诚欢迎国内外各界人士和自动识别产业界的朋友对全套教材提出批评和指正。



2007年1月

前言

生物识别技术早期仅在刑侦等小范围内应用,随着计算机应用的发展、信息化需求的增长和生物特征识别技术的发展,现已逐步在政府、军队、金融、电信、制造、教育等领域推广应用,尤其是指纹识别技术的日益成熟,已在以 PC 和手机为代表的个人用户中开始应用。应用层面也开始由传统的门禁、考勤等低端应用向信息安全、金融支付等高端应用发展。金融行业目前已应用于柜员机、上岗操作、银行账号等环节。指纹识别和面像识别的整合应用已在部队、监狱、政府要害部门等开始实施。总体上看,目前国内不缺乏典型应用,但是成功的规模化应用还很少,电子政务和电子商务的应用还没有全面启动。

生物识别技术应用发展的主要趋势是:在深入推广应用单一的生物特征识别系统的同时,为克服其实际应用中会出现的各种生理障碍性演变,研究应用多模态生物特征识别技术系统,以提高身份识别系统的准确性、可靠性和适用性;为避免生物特征信息的丢失或被不法移作他用而出现的风险,研究开发生物特征识别技术与密码技术相结合的生物特征加密技术;结合网络技术,应用研究生物特征识别技术系统中特征信息采集、提取后,终端设备的验证集中由网络服务器进行,以提高系统安全性和可管理性。

据国内外有关报道和上述分析,到 2012 年,我国生物特征识别技术产业的市场规模预计将超过 80 亿元。

为了适应我国生物特征识别技术高速发展的需要,我国亟待培养一大批专业技术人员,中国自动识别技术协会特邀有关专家学者编写了本书。

本书作为自动识别技术系列教材之一,对生物特征识别技术进行了全面的阐述,力图使读者能对生物识别技术的发展有一个整体和全面的了解。作为国内第一本高等院校生物特征识别技术的专业教材,本书在编写中力求保证其系统性和先进性。全书共分五章,主要内容包括生物特征识别技术的发展、生物特征识别技术的基本概念和理论、指纹识别技术、面像识别技术、

虹膜识别技术等。在最后一章，还对国内外十余种最新的生物特征识别技术作了较全面的介绍。通过本书，读者可以从技术与应用的角度，全面、系统地了解生物识别技术。

本书是高等院校自动识别技术系列教材之一，可作为自动识别技术及相关专业的教材，也适合于从事自动识别技术研究与应用及物流信息系统规划等工作人员使用，同时可供自动识别技术相关企业和部门的读者参考。

本书由北京华信恒远信息技术研究院策划，并由北京华信恒远信息技术研究院院长、北京交通大学经济管理学院物流标准化研究所所长、21 世纪中国电子商务网校校长张铎主编。参加编写的有：21 世纪中国电子商务网校寇贺双、臧健、刘娟，北京华信恒远信息技术研究院刘平、邵慧欣、蔡雨町，北京交通大学汪凡、周建勤、赵广顺、李锦川、汤斌、薛卫星。在本书编写过程中，得到了中国自动识别技术协会谢颖秘书长的具体指导。

由于时间、水平所限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月



目 录

第 1 章 生物特征识别概述	1
1.1 生物特征识别技术简介	1
1.1.1 基于生理特征的识别技术	2
1.1.2 基于行为特征的生物识别技术	6
1.1.3 兼具生理特征和行为特征的声纹识别	7
1.2 生物识别技术的起源与发展	7
1.2.1 生物识别技术的历史	7
1.2.2 生物鉴定产业的历史透视	7
1.3 生物识别技术的特点及发展	8
1.3.1 生物识别技术的特点	8
1.3.2 生物识别技术的发展	9
1.4 生物特征识别技术的标准化工作	10
1.5 生物识别系统	10
第 2 章 指纹识别技术	13
2.1 指纹识别技术简介	13
2.1.1 指纹识别技术概述	13
2.1.2 指纹识别技术特点及两个重要衡量标志	15
2.1.3 指纹识别过程	16
2.1.4 指纹识别与其他生物识别的比较	16
2.2 指纹识别技术原理	18
2.2.1 指纹识别技术的特点	18
2.2.2 采集指纹图像的三种技术	21
2.2.3 特征拾取	23
2.2.4 指纹图像处理技术	24

2.2.5 验证和辨识	25
2.2.6 指纹识别算法	25
2.3 指纹识别设备	27
2.3.1 指纹设备类型	27
2.3.2 指纹采集芯片	31
2.3.3 指纹识别模块	33
2.3.4 光学指纹采集与传感器指纹采集技术比较	35
2.3.5 指纹识别及其与传感器技术发展的联系	36
2.3.6 指纹传感器的选择	37
2.4 指纹产品	38
2.4.1 指纹采集仪	38
2.4.2 指纹硬盘	45
2.4.3 指纹 U 盘	48
2.4.4 指纹鼠标	53
2.4.5 指纹手机	55
2.4.6 指纹考勤机	56
2.4.7 指纹门禁机	63
2.4.8 其他指纹产品	66
2.5 指纹技术的应用案例	73
2.5.1 指纹身份识别技术在烟草行业中的应用	73
2.5.2 指纹认证加强邮政储蓄内部“安防线”	76
2.5.3 指纹在网上报税中的应用	81
2.5.4 指纹识别技术在办公中的身份认证	85
2.5.5 指纹识别技术在中国银行柜员身份认证中的应用	89
第 3 章 面像识别技术	100
3.1 面像识别技术简介	100
3.1.1 面像识别技术的发展	100
3.1.2 面像识别技术的概念	102
3.1.3 面像识别的特点	103
3.1.4 面像识别技术的研究方向与主要问题	104
3.1.5 面像识别技术的典型应用	109
3.1.6 面像识别技术的应用领域	109

3.2 面像识别技术原理	111
3.2.1 面像识别技术介绍	111
3.2.2 面像识别算法	112
3.2.3 面像识别的步骤	114
3.3 面像识别技术产品	115
3.3.1 摄像机	115
3.3.2 面像识别门禁	118
3.4 面像识别技术的应用案例	120
3.4.1 宝马打算引入面像识别系统	120
3.4.2 面像识别技术在数码相机中的应用	121
3.4.3 面像识别技术在 Google 图片搜索整合中的应用	123
3.4.4 面像识别技术以貌识人 1 秒钟内分辨恐怖分子	124
3.4.5 面像识别系统保证奥运会安全	127
第 4 章 虹膜识别技术	131
4.1 虹膜识别技术简介	131
4.1.1 虹膜介绍	131
4.1.2 虹膜识别技术的发展	132
4.1.3 虹膜识别技术与其他生物识别技术的对比	134
4.1.4 虹膜识别技术应用	134
4.2 虹膜识别技术的原理	135
4.2.1 虹膜识别技术原理	135
4.2.2 虹膜识别算法	136
4.3 虹膜识别产品	137
4.3.1 虹膜考勤系统	137
4.3.2 虹膜门禁系统	141
4.3.3 虹膜鼠标	144
4.3.4 虹膜其他产品	145
4.4 虹膜技术的应用案例	148
第 5 章 其他生物识别技术	153
5.1 视网膜识别技术	153
5.1.1 视网膜识别技术简介	153

5.1.2 视网膜识别技术原理及准确性	154
5.1.3 视网膜识别技术产品	155
5.2 掌形识别技术	157
5.2.1 掌形识别技术简介	157
5.2.2 掌形识别技术原理及产品	159
5.3 笔迹识别技术	162
5.3.1 笔迹鉴别	162
5.3.2 笔迹识别技术简介	166
5.3.3 笔迹识别原理	169
5.3.4 笔迹识别产品	170
5.4 静脉识别	171
5.4.1 静脉识别简介	171
5.4.2 静脉识别技术原理及产品	174
5.4.3 静脉识别技术在网络门锁中的应用	179
5.5 步态识别技术	182
5.5.1 步态识别技术简介	182
5.5.2 步态识别技术	182
5.6 声纹识别技术	188
5.6.1 声纹识别简介	188
5.6.2 神经计算与声纹识别	190
5.6.3 声纹识别原理	193
5.6.4 声纹识别产品	197
5.6.5 声纹识别技术的应用	198
5.7 人耳识别	200
5.7.1 人耳识别概述	200
5.7.2 人耳识别方法	202
5.7.3 人耳识别技术特点	206
5.7.4 基于肤色模型的人耳检测系统	206
5.8 红外温谱图	211
5.9 键盘动态识别技术	212
5.10 味纹识别技术	212
5.11 DNA 识别技术	212
参考文献	214

第1章



生物特征识别概述

生物特征识别技术是为了进行身份验证而采用自动技术测量人的身体特征或其行为特点，并将这些特征或特点与数据库的模板数据进行比较，完成认证的一种解决方案。

人的生物特征是唯一的，生物特征识别技术的基本工作就是对这些基本的、可测量或可自动识别和验证的生理特征进行统计分析。过程大多包括四个步骤：图像获取、抽取特征、比较和匹配。生物特征识别系统捕捉到生物特征的样品，唯一的特征将会被提取并且被转化成数字的符号，这些符号被存储并作为个人的特征模板，模板可能会在识别系统中，也可能在各种各样的存储器中，如计算机的数据库、智能卡或条码卡中，人们同识别系统进行交互，认证其身份，以确定匹配或不匹配。

生物特征识别技术是一门利用人的生理上的特征来识别人的科学。和传统识别方法的不同在于，生物特征识别方法依据的是我们身体所特有的东西。

1.1 生物特征识别技术简介

生物识别有时候也叫生物特征识别，有的时候也叫生物认证，这几个词都是一个含义，都是指通过获取和分析人体的身体或行为特征来实现人的身份的自动鉴别，这就是生物识别的基本概念。

生物特征分为物理特征和行为特点两类。物理特征包括：指纹、掌形、眼睛（视网膜和虹膜）、人体气味、脸型、皮肤毛孔、手腕/手的血管纹理和 DNA 等；行为特点包括：签名、语音、行走的步态、击打键盘的力度等。

目前已加以利用的物理特征或行为特征如图 1-1 所示。

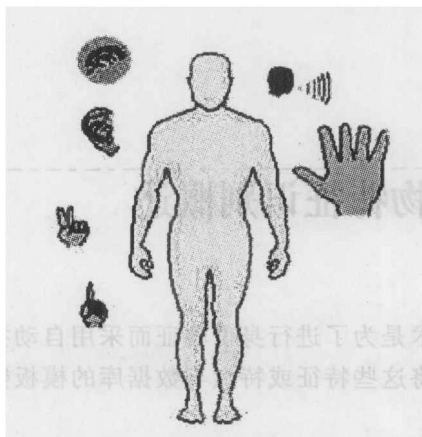


图 1-1 物理特征和行为特征

1.1.1 基于生理特征的识别技术

1. 指纹识别

指纹识别技术是通过取像设备读取指纹图像，然后用计算机识别软件分析指纹的全局特征和指纹的局部特征，特征点如脊、谷、终点、分叉点和分歧点等，从指纹中抽取特征值，从而非常可靠地通过指纹来确认一个人的身份。

指纹识别的优点表现在：研究历史较长，技术相对成熟；指纹图像提取设备小巧；同类产品中，指纹识别的成本较低。其缺点表现在：指纹识别是物理接触式的，具有侵犯性；指纹易磨损，手指太干或太湿都不易提取图像。

2. 虹膜识别

虹膜识别技术是利用虹膜终身不变性和差异性的特点来识别身份的，虹膜是一种在眼睛中瞳孔内的织物状的各色环状物，每个虹膜都包含一个独一无二的基于水晶体、细丝、斑点、凹点、皱纹和条纹等特征的结构。虹膜在眼睛的内部，用外科手术很难改变其结构；由于瞳孔随光线的强弱变化，想用伪造的虹膜代替活的虹膜是不可能的。目前世界上还没有发现虹膜特征重复的案例，就是同一个人的左右眼虹膜也有很大区别。除了白内障等原因外，即使是接受了角膜移植手术，虹膜也不会改变。虹膜识别技术与相应的算法结合后，可以达到十分优异的准确度，即使全人类的虹膜信息都录入到

一个数据中，出现假认和假拒的可能性也相当小。

和常用的指纹识别相比，虹膜识别技术操作更简便，检验的精确度也更高。统计表明，到目前为止，虹膜识别的错误率是各种生物特征识别中最低的，并且具有很强的实用性，386 以上计算机 CCD 摄像机即可满足对硬件的需求。

3. 视网膜识别

人体的血管纹路也是具有独特性的，人的视网膜上面血管的图样可以利用光学方法透过人眼晶体来测定。用于生物识别的血管分布在神经视网膜周围，即视网膜四层细胞的最远处。如果视网膜不受损伤，从三岁起就会终身不变。同虹膜识别技术一样，视网膜扫描也是最可靠、最值得信赖的生物识别技术，但它运用起来的难度较大。视网膜识别技术要求激光照射眼球的背面以获得视网膜特征的唯一性。

视网膜技术的优点：视网膜是一种极其固定的人体生物特征，因为它是“隐藏”的，故而不易磨损、老化或是受疾病影响；非接触性的；视网膜是不可见的，故而不会被伪造。缺点：视网膜技术未经过任何测试，可能有损使用者的健康，还需要进一步研究；对于消费者，视网膜技术没有吸引力；很难进一步降低它的成本。

4. 面像识别

面像识别技术通过对面部特征和它们之间的关系（眼睛、鼻子和嘴的位置以及它们之间的相对位置）来进行识别。用于捕捉面部图像的两项技术为标准视频和热成像技术：标准视频技术通过视频摄像头摄取面部的图像，热成像技术通过分析由面部的毛细血管的血液产生的热线来产生面部图像。与视频摄像头不同，热成像技术并不需要较好的光源，即使在黑暗情况下也可以使用。

面部识别技术的优点：非接触性。缺点：要比较高级的摄像头才可有效高速地捕捉面部图像；使用者面部的位置与周围的光环境都可能影响系统的精确性，而且面部识别也是最容易被欺骗的；另外，对于因人体面部如头发、饰物、变老以及其他的变化引起的误差可能需要通过人工智能技术来得到补偿；对于采集图像的设备会比其他技术昂贵得多。这些因素限制了面部识别技术的广泛运用。

5. 掌纹识别

掌纹与指纹一样也具有稳定性和唯一性，利用掌纹的线特征、点特征、纹理特征、几何特征等完全可以确定一个人的身份，因此掌纹识别是基于生

物特征身份认证技术的重要内容。目前采用的掌纹图像主要分脱机掌纹和在线掌纹两大类。脱机掌纹图像,是指在手掌上涂上油墨,然后在一张白纸上按印,再通过扫描仪进行扫描而得到数字化的图像。在线掌纹则是用专用的掌纹采样设备直接获取,图像质量相对比较稳定。随着网络、通信技术的发展,在线身份认证将变得更加重要。

6. 手形识别

手形指的是手的外部轮廓所构成的几何图形。手形识别技术中,可利用的手形几何信息包括手指不同部位的宽度、手掌宽度和厚度、手指的长度等。经过生物学家大量实验证明,人的手形在一段时期具有稳定性,且两个不同人手形是不同的,即手形作为人的生物特征具有唯一性。手形作为生物特征也具有稳定性,且手形也比较容易采集,故可以利用手形对人的身份进行识别和认证。

手形识别是速度最快的一种生物特征识别技术,它对设备的要求较低,图像处理简单,且可接受程度较高。由于手形特征不像指纹和掌纹特征那样具有高度的唯一性,因此,手形特征只用于满足中/低级安全要求的认证。

7. 红外温谱图

人的身体各个部位都在向外散发热量,而这种散发热量的模式就是一种每人都不同的生物特征。通过红外设备可以获得反映身体各个部位的发热强度的图像,这种图像称为温谱图。拍摄温谱图的方法和拍摄普通照片的方法类似,因此,可以用人体的各个部位来进行鉴别,比如可对面部或手背静脉结构进行鉴别来区分不同的身份。

温谱图的数据采集方式决定了利用温谱图可以进行隐蔽的身份鉴定。除了用来进行身份鉴别外,温谱图的另一个应用是吸毒检测,因为人体服用某种毒品后,其温谱图会显示特定的结构。

温谱图的方法具有可接受性,因为数据的获取是非接触式的,具有非侵犯性。但是,人体的温谱值受外界环境影响很大,对于每个人来说不是完全固定的。目前,已经有温谱图身份鉴别的产品,但由于红外测温设备的价格昂贵,使得该技术不能得到广泛应用。

8. 人耳识别

人耳识别技术是20世纪90年代末开始兴起的一种生物特征识别技术。人耳具有独特的生理特征和观测角度的优势,使人耳识别技术具有相当的理论研究价值和实际应用前景。从生理解剖学上,人的外耳分耳廓和外耳道。人耳识别的对象实际上是外耳裸露在外的耳廓,也就是人们习惯上所说的

“耳朵”。一套完整的人耳自动识别一般包括以下几个过程：人耳图像采集、图像预处理、人耳图像的边缘检测与分割、特征提取、人耳图像的识别。目前的人耳识别技术是在特定的人耳图像库上实现的，一般通过摄像机或数码相机采集一定数量的人耳图像，建立人耳图像库。动态的人耳图像检测与获取尚未实现。

与其他生物特征识别技术相比较，人耳识别具有以下几个特点：

(1) 与人脸识别方法比较，人耳识别方法不受面部表情、化妆品和胡须变化的影响，同时保留了面部识别图像采集方便的优点，与人脸相比，整个人耳的颜色更加一致，图像尺寸更小，数据处理量也更小。

(2) 与指纹识别方法比较，耳图像的获取是非接触的，其信息获取方式容易被人接受。

(3) 与虹膜识别方法比较，耳图像采集更为方便。并且，虹膜采集装置的成本要高于耳采集装置。

9. 味纹识别

人的身体是一种味源，人类的气味，虽然会受到饮食、情绪、环境、时间等因素的影响和干扰，其成分和含量会发生一定的变化，但作为由基因决定的那一部分气味——味纹却始终存在，而且终生不变，可以作为识别任何一个人的标记。

由于气味的性质相当稳定，如果将其密封在试管里制成气味档案，足足可以保存3年，即使是在露天空气中也能保存18小时。科学家告诉我们，人的味纹从手掌中可以轻易获得。首先将手掌握过的物品，用一块经过特殊处理的棉布包裹住，放进一个密封的容器，然后通入氮气，让气流慢慢地把气味分子转移到棉布上，这块棉布就成了保持人类味纹的档案。可以利用训练有素的警犬或电子鼻来识别不同的气味。

10. 基因(DNA)识别

DNA(脱氧核糖核酸)存在于一切有核的动(植)物中，生物的全部遗传信息都贮存在DNA分子里。DNA识别依据的是不同的人体细胞中具有不同的DNA分子结构。人体内的DNA在整个人类范围内具有唯一性和永久性。因此，除了对双胞胎个体的鉴别可能失去它应有的功能外，这种方法具有绝对的权威性和准确性。不像指纹必须从手指上提取，DNA模式在身体的每一个细胞和组织都一样。这种方法的准确性优于其他任何生物特征识别方法，它广泛应用于识别罪犯。它的主要问题是使用者的伦理问题和实际的可接受性，DNA模式识别必须在实验室中进行，不能达到实时以及抗干扰，