



华夏英才基金学术文库

苑玮琦 柯丽 白云 编著

# 生物特征识别技术



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)



华夏英才基金学术文库

# 生物特征识别技术

苑玮琦 柯丽白云 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书系统地总结了包括虹膜、人脸、人耳、指纹、掌纹、手形、静脉在内的几种生物特征识别技术,内容取材于作者以及国内外研究人员近几年来在生物特征识别方面的研究成果。主要包括两部分:第一部分为头部特征识别,包括虹膜识别、人脸识别和人耳识别;第二部分为手部特征识别,包括指纹识别、掌纹识别、手形识别和静脉识别。对每一种生物特征识别,分别按照预处理、特征提取、匹配分类等步骤介绍了国内外近些年的最新研究成果,并给出了发展趋势。各章之间相互独立,读者可以根据需要选读部分章节,每章后面所附的参考文献可以引领读者进一步查阅相关内容。

本书适合从事生物特征识别理论研究和工程应用的专业技术人员参考,也可供对该领域感兴趣的高校本科高年级学生和研究生学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

生物特征识别技术/苑玮琦,柯丽,白云编著. —北京:科学出版社,2009  
(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-021489-8

I. 生… II. ①苑… ②柯… ③白… III. 自动识别—研究 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008) 第 040727 号

责任编辑:韩学哲 盖 宇 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2009年3月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2009年3月第一次印刷 印张: 17

印数: 1—1500 字数: 326 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈长虹〉)

# 前 言

身份鉴别是每个人经常遇到的一个基本问题。身份鉴别广泛应用在银行、海关、公安、电子商务、电子政务、网络安全,乃至考勤、考试、门禁系统等一切需要验证个人身份的场合。美国“9·11”事件以来,个人身份鉴别已经成为预防恐怖分子袭击的一个十分重要的手段。

基于生物特征信息(例如虹膜、指纹、人脸等)的个人身份鉴别方法所依据的是人类自身所固有的生理或行为特征,因此,与传统的个人身份鉴别方法(例如证件、ATM卡、密码等)比较,不仅使用方便(不必担心密码忘记,不需要携带各种证件、银行卡等),而且更加安全可靠(不必担心被盗用),已经成为发达国家普遍重视并大力发展的关键技术和产业。

由于生物特征识别技术的重要性和敏感性,许多发达国家对外实行技术封锁。为此,在我国《国家中长期科学和技术发展纲要(2006—2020)》中,生物特征识别技术分别被列为重点领域及其优先主题(公共安全——突发公共事件防范与快速处理)以及前沿技术(信息技术—智能感知技术)中的一个重要研究课题。

本书作者苑玮琦教授领导的沈阳工业大学视觉检测技术研究所从2001年开始相继对虹膜识别、人耳识别、人脸识别、指纹识别、掌纹识别、手形识别和手部静脉识别等生物特征识别技术开展了研究工作,先后2次获得国家自然科学基金以及教育部春晖计划项目、辽宁省自然科学基金、辽宁省高等学校优秀人才支持计划、辽宁省高等学校创新团队项目计划、沈阳市科学技术基金等多项基金的资助。在上述研究领域已经发表和录用待发表学术论文90余篇,获得发明专利3项,形成了一个由30余名青年教师、博士生和硕士生组成的研究团队。

几年的研究实践让我们感觉到,在进入某个生物特征识别领域的研究之初,非常希望能够对该领域的典型识别方法有一个梗概的了解,而这个过程通常是通过查阅大量的文献来实现的。由于每个人检索、归纳、理解文献的能力存在差异,导致入门的时间存在较大差异。为了缩短这个入门时间,作者萌生了一个归纳各种识别方法形成一本书的想法。这个想法于2005年获得了华夏英才基金的资助。

本书从2005年初开始着手编写,由于受到教学、科研、管理等方面工作的影响,编写工作断断续续。在柯丽博士、白云硕士的积极合作下,加快了本书的编写进度,终于在2007年脱稿。

本书以作者近些年来的部分研究成果为主,同时也收集了国内外近些年来的研究成果。由于算法涉及的数学知识非常广泛,我们不可能对所有算法获得正确的理

解，因此，尽可能给出参考文献的出处，供读者细读理解。

生物特征识别主要分为固有特征识别和行为特征识别两类，本书只介绍固有生物特征识别技术。固有生物特征识别可以分为头部特征识别、手部特征识别和足部特征识别，本书只介绍前两者。

本书在头部特征识别部分中介绍了人脸识别、人耳识别和虹膜识别。在手部特征识别中，介绍了指纹识别、掌纹识别、手形识别和手部静脉识别。每一章介绍一种生物识别技术，尽可能地包含了所涉及各个步骤的相关最新算法。各章之间不存在必然的联系，读者可以根据兴趣阅读。

本书尽可能地收集了7个生物特征识别领域的最新技术，并列出了最近几年的大量参考文献，适合从事生物特征识别理论研究和工程应用的专业技术人员参考，也可供对该领域感兴趣的高校本科高年级学生和研究生学习参考。

在本书的编写过程中，徐露、田莹、孙书会参与了部分资料搜集和整理工作，朱春艳、冯琪、白晓光、张雷、李平、刘真、范永刚、郭伟芳、赵晶、李蕊、黄艳、常乐、王浩、董茜、陈蕾、刘芳参与了书稿的校改工作，在此表示感谢。

尽管我们付出了最大的努力，但由于本书内容浩瀚，错误和不妥之处在所难免。希望广大读者不吝赐教，我们将深表谢意。

苑玮琦

2007年12月于沈阳工业大学

# 目 录

## 前言

第一章 生物特征识别概述	1
第一节 生物特征识别的起源和发展	1
第二节 生物特征识别系统	3
第三节 几种生物特征识别技术及比较	4
一、虹膜识别	4
二、人脸识别	5
三、人耳识别	5
四、指纹识别	5
五、掌纹识别	6
六、手形识别	6
七、静脉识别	6
八、几种生物特征识别技术比较	7
第四节 生物特征识别技术的应用	8
第五节 生物特征识别技术的前景	9
参考文献	10

## 第一部分 头部特征识别

第二章 虹膜识别	13
第一节 概述	13
一、虹膜识别发展历史	13
二、虹膜生理结构特征	14
三、虹膜识别特点	15
四、人眼图像的采集	16
五、虹膜识别基本过程	18
六、人眼自然睁开状态下的虹膜图像中存在的问题	19
第二节 噪声(眼睑、睫毛和光斑)的检测	20
一、眼睑的检测	20

二、睫毛的检测·····	22
三、光斑的检测·····	26
第三节  虹膜边界的检测·····	26
一、积分微分圆检测算子·····	26
二、Hough 变换方法·····	27
三、主动轮廓线跟踪方法·····	27
四、通过特定虹膜边界点寻找边界的方法·····	28
第四节  虹膜图像的分割·····	31
一、固定角度确定虹膜无噪声干扰区域方法·····	31
二、根据噪声确定实际虹膜区域方法·····	31
三、虹膜区域选取与识别率对应关系·····	35
第五节  虹膜图像归一化·····	38
一、虹膜图像内外圆不同心的调整·····	38
二、虹膜图像尺寸的归一化·····	39
三、虹膜图像展开成矩形·····	39
第六节  虹膜特征提取与匹配·····	40
一、利用 2D Gabor 滤波器提取虹膜相位信息·····	40
二、Gabor 滤波器参数设计及虹膜特征提取·····	42
三、利用小波过零方法提取不同分辨率下的虹膜特征·····	45
四、利用金字塔方法提取虹膜灰度信息·····	46
五、多尺度模板提取虹膜纹理位置信息·····	47
六、基于傅里叶变换的相位相关法·····	47
七、基于灰度曲面直接匹配法·····	49
八、基于结构特征的虹膜识别方法·····	52
九、基于局部信息统计的虹膜分块编码方法·····	54
十、基于局部分块特征的虹膜识别方法·····	56
第七节  自适应虹膜识别方法·····	58
一、相位一致性理论·····	58
二、特征提取和表示·····	59
三、自适应模式匹配·····	60
第八节  虹膜识别小结·····	61
参考文献·····	62

第三章 人脸识别	67
第一节 概述	67
一、人脸识别发展历史	67
二、人脸识别系统	68
三、人脸识别的实验样本	70
第二节 人脸识别中的关键问题	70
一、光照问题	70
二、姿态估计与匹配	71
三、时变的特征提取与消除	71
第三节 人脸的检测与定位	72
一、基于知识的人脸检测方法	73
二、基于模板匹配的检测方法	74
三、基于统计模型的人脸检测方法	74
四、人脸检测方法小结	77
第四节 人脸几何特征提取方法	78
一、形状几何特征提取	78
二、基于几何模板的特征提取	79
第五节 人脸代数特征提取方法	80
一、主成分分析法	80
二、基于遗传算法优化的 PCA 算法	83
三、独立成分分析法	87
四、奇异值分解方法	88
五、基于隐马尔可夫模型特征提取方法	89
第六节 人脸分类识别方法	91
一、基于线性判别分析方法	91
二、基于神经网络的人脸识别方法	93
三、基于支持向量机的人脸识别方法	95
第七节 其他人脸识别方法	97
一、三维人脸识别方法	97
二、基于肤色模型的人脸识别方法	98
三、深度图像人脸识别方法	98
四、基于多种特征融合机制人脸识别方法	98
第八节 人脸识别小结	99



参考文献	100
<b>第四章 人耳识别</b>	<b>105</b>
<b>第一节 概述</b>	<b>105</b>
一、人耳识别发展历史	105
二、人耳识别特点	108
三、人耳识别系统	109
<b>第二节 人耳图像预处理</b>	<b>110</b>
一、人耳解剖结构	110
二、图像噪声处理	110
三、耳廓边缘提取	112
四、归一化处理	113
<b>第三节 基于几何特征的人耳识别方法</b>	<b>116</b>
一、几何学识别方法	116
二、基于长轴的形状特征识别方法	118
三、基于内耳角点特征的人耳识别方法	119
四、基于外耳轮廓曲线的人耳识别方法	122
五、基于最大主曲率的人耳识别方法	124
<b>第四节 基于代数特征的人耳识别方法</b>	<b>126</b>
一、主成分分析法	126
二、低阶不变矩法	127
<b>第五节 其他人耳识别方法</b>	<b>128</b>
一、基于灰度曲面匹配方法	128
二、使用 Voronoi 图表的邻接图匹配方法	129
三、使用组合技术的神经网络方法	130
四、力场转换方法	131
五、遗传局部搜索算法	133
六、基于 3D 耳朵检测和识别方法	134
<b>第六节 结合面部特征的人耳识别技术</b>	<b>136</b>
一、由人脸正面图像提取面部结构特征参数和耳廓大小特征参数	136
二、由人脸侧面图像提取耳廓形状特征参数	138
三、由人脸侧面图像提取耳廓结构特征参数	139
四、特征识别方法	140
<b>第七节 人耳识别小结</b>	<b>141</b>

参考文献	142
<b>第二部分 手部特征识别</b>	
<b>第五章 指纹识别</b>	147
<b>第一节 概述</b>	147
一、指纹识别发展历史	147
二、指纹识别特点	148
三、指纹识别系统	148
四、指纹识别存在的问题	149
<b>第二节 指纹图像特征</b>	150
一、指纹图像的获取	150
二、指纹的总体特征	152
三、指纹的局部特征	154
<b>第三节 指纹图像的预处理</b>	155
一、指纹图像分割	156
二、指纹图像增强	157
三、指纹图像二值化处理	162
四、指纹图像细化	164
五、指纹图像的方向图	169
<b>第四节 指纹图像特征提取</b>	171
一、基于灰度图像的细节特征提取	171
二、基于8邻域编码的特征提取	173
三、基于脊线频率的特征提取	173
四、基于场结构的特征提取	174
五、基于奇异点的特征提取	176
六、基于曲线的特征提取	177
七、基于梯度矢量的特征提取	178
<b>第五节 指纹图像匹配</b>	180
一、基于点模式的指纹匹配算法	180
二、基于分叉点夹角的指纹匹配算法	181
三、基于二分图的匹配算法	182
四、基于矢量三角法的指纹匹配算法	183
五、基于曲线拟合指纹匹配算法	184

六、其他指纹匹配算法 .....	185
第六节 指纹识别小结 .....	186
参考文献 .....	187
<b>第六章 掌纹识别</b> .....	<b>191</b>
第一节 概述 .....	191
一、掌纹识别发展历史 .....	191
二、掌纹图像的特点 .....	192
三、掌纹图像的获取方法 .....	193
四、掌纹识别系统 .....	194
五、掌纹信息系统的构建 .....	195
第二节 掌纹图像的预处理 .....	196
一、手掌轮廓的提取 .....	197
二、轮廓特征点的提取 .....	198
三、手掌图像坐标系的确定 .....	199
四、手掌图像有效区域的确定 .....	199
第三节 基于掌纹几何特征的识别方法 .....	200
一、二次曲面拟合的亚像元图像匹配 .....	200
二、基于主方向灰度分布曲线的特征提取 .....	201
三、基于金字塔算法的线特征提取 .....	203
四、基于形态小波的掌纹线特征提取及匹配 .....	205
五、基于乳突纹方向特性分类法 .....	208
六、基于掌纹纹型分类方法 .....	209
第四节 基于掌纹代数特征的识别方法 .....	210
一、基于 K-L 变换的掌纹特征提取及识别 .....	210
二、基于双子空间的特征提取及识别 .....	212
三、基于 Fisher 线性判别式掌纹识别 .....	213
四、基于核主成分分析和 FLD 的掌纹识别 .....	215
五、基于 ALA 线性神经网络特征提取 .....	217
六、基于 PCA 重建的掌纹识别方法 .....	218
第五节 基于掌纹频域特征的识别方法 .....	220
一、基于傅里叶变换的掌纹特征提取及识别 .....	220
二、基于小波变换的高频特征提取 .....	223
三、基于小波样本学习的特征提取及识别 .....	224

---

第六节 掌纹识别小结 .....	225
参考文献 .....	226
<b>第七章 手形识别</b> .....	<b>230</b>
第一节 概述 .....	230
一、手形识别发展历史 .....	230
二、手形识别的特点 .....	231
三、手形识别目前存在的问题 .....	232
第二节 手形图像采集 .....	232
第三节 手形图像的预处理 .....	233
一、光照消除处理 .....	233
二、手形图像分割 .....	234
第四节 手形图像特征提取方法 .....	235
一、点特征提取 .....	235
二、特征矢量提取 .....	236
三、形状特征提取 .....	237
四、轮廓特征提取 .....	238
五、其他手形特征提取 .....	239
第五节 手形匹配方法 .....	240
一、点模式匹配法 .....	240
二、曲线拟合方法 .....	242
三、模板匹配方法 .....	243
第六节 结合手形特征的多生物特征识别 .....	244
一、手形与掌纹相结合的特征识别技术 .....	244
二、手形与指纹相结合的特征识别技术 .....	245
第七节 手形识别小结 .....	245
参考文献 .....	246
<b>第八章 静脉识别</b> .....	<b>249</b>
第一节 概述 .....	249
一、静脉识别发展历史 .....	249
二、静脉识别原理 .....	251
三、静脉识别特点 .....	251
第二节 静脉图像获取 .....	252

---

第三节 掌背静脉识别技术 .....	253
一、图像预处理 .....	254
二、特征提取方法 .....	255
三、模式匹配方法 .....	256
第四节 手指静脉识别技术 .....	256
第五节 静脉识别小结 .....	257
参考文献 .....	258

# 第一章 生物特征识别概述

身份鉴别是每个人经常遇到的一个基本问题,如我们经常使用身份证、工作证、信用卡等证件,或者用个人识别号码和密码来证明身份。但是,它们都容易被窃取,而且前者容易丢失,后者容易忘记,都不够保险,因此人们转而求助人体自身的生物特征来进行身份识别,即生物特征识别技术。

生物特征识别技术是一种根据人体自身所固有的生理特征和行为特征来识别身份的技术,即通过计算机与光学、声学、生物传感器和生物统计学原理等高科技手段结合,利用人体固有的生理特征和行为特征来进行个人身份的鉴定。其中,生理特征包括虹膜、人脸、指纹、掌纹等由先天生成的固有特征,行为特征包括签名、声纹、步态等随后天生活习惯形成的特征行为方式。与传统的个人身份鉴别方法相比较,这些技术用来证明自身的恰恰是本身,使生物识别身份验证方法不依赖于各种人造的和附加的物品来证明人的自身,所以它不会丢失、不会遗忘,很难伪造和假冒,是一种方便安全的身份鉴别手段。

## 第一节 生物特征识别的起源和发展

生物识别的历史可追溯到古代埃及人通过测量人的尺寸来鉴别个体,公元前7000年到公元前6000年以前,在古叙利亚和中国,开始应用指纹作为鉴别身份的特征。考古发现,在这个时代,一些黏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古城的房屋中也发现了留有砖匠一对大拇指指纹的印记。

1684年,英国英格兰警察部门的指纹形态学家Grew发表了一篇论文,阐述了他对指纹中的脊、谷和孔的系统研究结果。1823年,Purkinje提出了最早的指纹分类方案。1899年,Henry建立了著名的指纹分类规则“Henry体系”,极大地提高了指纹比对专家完成指纹身份验证的效率,指纹识别技术有了更为科学的鉴别标准<sup>[1]</sup>。

1885年,法国人类学家Bertillon<sup>[2]</sup>指出,人类的生理特征具有区分不同个体的能力,他的儿子随后将该思路应用在巴黎的刑事监狱中,当时所用的生物特征包括耳朵的大小、脚的长度、虹膜等,受技术的限制,当时的虹膜识别主要依据颜色和形状信息,而且信息通过人的观察获取。1936年,眼科专家Burch指出,虹膜具有独特的信息,可用于身份识别。1987年,眼科专家Safir和Flom<sup>[3]</sup>提出了自动虹

膜识别的概念,并将这个思想申报了美国专利。1991年,他们请英国剑桥大学 Daugman 开发了虹膜识别的实现算法,目前还被广泛用于各种虹膜识别系统<sup>[4]</sup>。

20世纪60年代末至70年代初,人脸识别研究开始逐渐被发展起来,最早的研究者是 Bledsoe<sup>[5]</sup>,他建立了一个半自动的人脸识别系统,主要是以人脸特征点的间距、比率等参数为特征。2000年前后,人脸识别方法的性能虽然有了一定的提高,但仍与人们的要求有一定的差距。现有方法对光照、年龄、表情、姿态、距离等条件的变化比较敏感,当某些条件发生变化时,识别效果很不理想。目前,人脸识别技术仍只能用于某些对识别准确率要求不高的场合,性能和准确率均有待提高。

1971年,Miller<sup>[6]</sup>创造了一个基于手指尺寸特征的识别系统,他们的工作开启了对手形生物特征识别技术的研究。1993年手形识别分别被用于美国新阿肯色国际机场、肯尼迪机场及加拿大多伦多国际机场的入口控制,在1996年的亚特兰大奥运会上,手形识别系统被用来对出入各场馆的运动员、记者等人员进行身份验证。

1998年,香港理工大学和清华大学率先提出用掌纹进行自动身份识别的思想,总结了掌纹的基本特征和特点,在国际期刊上发表了第一篇关于自动掌纹识别的文章并申请了国际专利,从而开辟了掌纹识别研究领域<sup>[7]</sup>。

生物特征识别技术除生理特征识别以外,还有行为特征也可以作为重要的识别特征,如声纹、步态、签名等。声纹指的是用电声仪器显示的携带语言信息的声波频谱,声纹识别是根据人的语音波形中反映说话人生理和行为特征的语音参数,自动识别说话人的身份。

声纹识别的研究开始于20世纪30年代,早期的工作主要集中在人耳听辨试验和探讨听音识别的可能性方面。70年代末至今,其研究重点转向各种声学参数处理及模式匹配方法上。1998年,欧洲电信联盟在电信与金融结合领域应用生物识别技术完成了CAVE(Caller Verification in Banking and Telecommunication)计划,同年又启动了PICASSO(Pioneering Call Authentication for Secure Service Operation)计划,在电信网上完成了声纹识别。

步态识别技术利用人的步行姿势和习惯动作特征进行身份识别,被认为是目前最先进的身份识别技术之一,非常适用于预防恐怖事件发生,可运用于机场、政府要害部门等重要场所的安全监测。美国高级研究项目署(DARPA)在2000年资助的重大项目——HID(Human Identification at a Distance)计划,它的任务就是开发多模式的监控技术以实现远距离情况下的监测、分类和识别。马里兰大学(UML)、南安普顿大学(SOTON)、麻省理工大学(MIT)等著名大学和科研机构相继开始进行基于计算机视觉和步态识别方法的研究。

随着采集设备的发展及计算机软硬件性能的迅速提高,生物特征识别技术得以迅速发展,在原有的生物特征基础上,近年又发展了静脉识别、视网膜识别、

DNA 识别等识别技术。发展便捷、高效、稳定的生物特征识别技术及系统成为该领域研究的热点。

## 第二节 生物特征识别系统

典型的生物特征识别系统结构图如图1-1所示，主要包括两个模块：注册模块和识别模块。在注册模块中首先登记用户的姓名，通过生物特征识别传感器得到用户的生物特征信息，然后从获取的数据中提取出用户的特征模式，创建用户模板，存储在数据库中。在识别模块中同注册过程一样获取用户的生物特征信息，提取出特征模式，然后与事先注册在数据库中的模板相匹配，检验用户的身份。

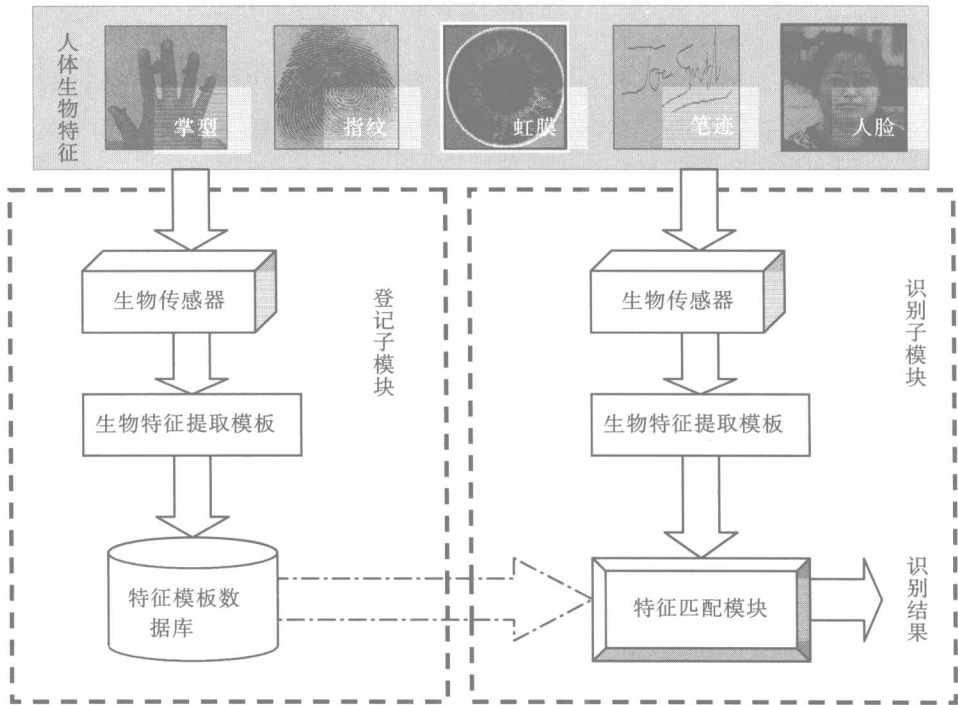


图 1-1 生物识别系统结构图

理论上说，人的任何生理或行为特征只要满足普遍性、唯一性、稳定性和可采集性，原则上就可以作为生物特征用于身份鉴别。然而，一个好的生物特征识别系统除了能够获得有效的生物特征信息外，还需考虑到以下几点：首先是系统的性能，主要指的是系统识别的准确性、速度、鲁棒性以及为达到所要求的准确性和速度所需要的资源；其次是系统的可接受性，即对于一种特定的生物特征识别人们在日常



生活中的接受程度；最后是系统的稳定性，即伪特征对系统的欺骗性，或者说是用欺诈的方法骗过系统的难易程度。实际应用中，一个生物特征识别系统应在合理的资源需求下能够实现可接受的识别准确性和速度，对各种欺诈方法有足够的鲁棒性，同时对人没有伤害而且可被人们接受。

因此，衡量一个生物特征识别系统需考虑以下几个方面：

1) 生物特征的可辨别性 即用于识别的生物特征具有唯一性、稳定性，可以唯一代表一个人。

2) 可接受程度 即各种生物特征识别技术在对样本的采集、处理等方面是否会对用户带来不便或其他不好的影响。

3) 识别能力 主要由误拒率(FRR)和误识率(FAR)来衡量，以指纹锁为例，误拒率是指拒绝接受应该接受的指纹的概率，误识率是指系统接受了不应该接受的指纹的概率，二者越小越好。

4) 系统在时间上的稳定性和可靠性 即指生物特征识别系统对用户的响应速度应在用户的容忍程度内，对特殊情况也应该有较好的处理，主要依赖于采集数据的大小、识别算法和硬件芯片的速度等。

此外，系统的性能价格比、用户界面的友好程度等也直接影响到系统的应用和发展。

### 第三节 几种生物特征识别技术及比较

生物特征识别技术具有不易遗忘、防伪性能好、不易伪造或被盗、随身“携带”和随时随地可用等优点，其技术核心在于如何获取这些生物特征，并将其转换为数字信息，存储于计算机中，利用可靠的匹配算法来完成验证与识别个人身份的过程。下面介绍一下常见的生物特征识别技术。

#### 一、虹膜识别

在所有生物特征中，虹膜识别技术是错误率最低的一种生物特征识别技术。虹膜是位于眼球角膜和晶状体之间的圆盘状血管膜。每一个虹膜都包含一个独一无二的基于像冠、水晶体、细丝、斑点、结构、凹点、射线、皱纹和条纹等特征的结构。虹膜具有随机的细节特征和纹理图像，人在出生半年至一年内虹膜发育完全，此后终生不变，而且不易因一般疾病的影响而改变。没有任何虹膜的形状是完全相同的，即使是同一个人的左眼和右眼的虹膜形状也不相同，可以认为虹膜是众多生物鉴定技术中最安全的。

但是在采集人眼图像时，要求被检测者瞪大眼睛，以便使虹膜充分暴露，容易使被检测者反感，特别是对于那些眼睛比较小的被检测者，满足上述条件更加困