



国防科技图书出版基金

生物特征识别 技术与方法

Biometric Technique
and Method

胡德文 陈芳林 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

生物特征识别 技术与方法

Biometric Technique and Method

胡德文 陈芳林 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

生物特征识别技术与方法/胡德文,陈芳林著. —北京:
国防工业出版社,2013.8
ISBN 978-7-118-08952-3

I. ①生... II. ①胡...②陈... III. ①特征识别—
研究 IV. ①0438

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 179279 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 25 字数 480 千字

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 86.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

国防科技图书出版基金 第七届评审委员会组成人员

主任委员 潘银喜
副主任委员 吴有生 傅兴男 杨崇新
秘书长 杨崇新
副秘书长 邢海鹰 谢晓阳
委员 才鸿年 马伟明 王小谟 王群书
(按姓氏笔画排序) 甘茂治 甘晓华 卢秉恒 巩水利
刘泽金 孙秀冬 陆军 芮筱亭
李言荣 李德仁 李德毅 杨伟
肖志力 吴宏鑫 张文栋 张信威
陈良惠 房建成 赵万生 赵凤起
郭云飞 唐志共 陶西平 韩祖南
傅惠民 魏炳波

前 言

随着通信、网络、金融技术的高速发展,信息安全显示出前所未有的重要性,人的身份识别技术的应用越来越广泛。生物识别技术是指利用生理特征(如人脸、指纹、掌纹等)或行为特征自动地识别个人身份的科学技术,正越来越受到人们的重视,在许多安全领域方面有着非常广泛的应用前景。

生物特征识别技术是模式识别和计算机视觉领域中的研究热点。生物特征识别技术对人类独一无二且相对稳定的生物特征(包括生理特征和行为方式)进行分析和描述,从而实现自动身份确认。生物特征具有唯一性和相对稳定性。常见的生物特征有人脸、指纹、掌纹、虹膜、语音、手形、笔迹等。相对于传统的身份识别方法,生物特征识别技术具有很大的优势。由于其具有唯一性和相对稳定性,并且与主体不可分离的特性,因而不必担心丢失或被盗用。近年来,在安全领域,利用生物特征识别技术进行身份验证受到高度重视和广泛应用,已经开始进入我们社会生活的各个领域。

任何人体的生理特征和行为特征,只要满足普遍性、唯一性、永久性、可采集性等条件都可以用来识别个人身份。但在实际应用中,还需要考虑多方面因素,如系统性能、设备价格、用户可接受程度等。目前应用广泛或研究较多的有人脸、指纹、掌纹等识别技术。

本书从模式识别的角度进行生物特征识别的方法学研究,主要探讨应用广泛的人脸、指纹、掌纹等相关的检测、识别技术。研究的方法均属于目前模式识别领域十分活跃的方法,包括流行学习理论、子空间学习方法、松弛标注、AdaBoost 以及支持向量机等机器学习方法。本书写作的目的不是介绍某一生物特征识别的基本原理和完整过程,而是着力于阐述生物特征识别的新理论和新技术。本书主要结合作者多年来承担该领域国家级项目的一些研究工作,在已发表的学术论文和研究生学位论文基础上整理而成。

本书的内容组织如下:

第1章概述,简要介绍各种常见的生物特征识别技术,并对其研究现状进行概述。

第2章研究视频序列图像中的人脸跟踪问题,包括正面人脸检测、跟踪问题,彩色图像中肤色检测问题,以及视频序列中头部背面跟踪问题。提出了一个基于AdaBoost 训练算法的彩色图像中肤色分割的新方法。将 AdaBoost 应用于肤色检测,可以获得比较理想的效果。对于视频中不同模式的人脸要用不同检测器对其

进行检测。本章提出将正面人脸检测和背面头部跟踪相融合的方法来检测视频序列图像中的人脸并进行跟踪。

第3章主要研究流形学习理论及在人脸识别中的应用。在局部线性嵌入(Locally Linear Embedding, LLE)算法的基础上引入了生长型神经气算法(Growing Neural Gas, GNG)模型,结合竞争 Hebb(Hebbian)规则构建覆盖整个流形的稀疏图,提出了生长型局部线性嵌入(Growing Locally Linear Embedding, GLLE)算法,可以自动估计出流形的本征维数,实现节点邻域的动态选择,并显著降低算法复杂度,提高算法的自适应性。针对现有流形学习算法对噪声敏感的特点,结合局部主曲面算法,提出了一种新的噪声流形学习算法——邻域平滑嵌入算法。如何有效地利用已知的类别信息进行特征提取并分类,是流形学习切入应用的重要突破口。本章依据训练集中已知的类别信息建图,对空间进行划分,再对测试集进行分类与可视化,对人脸表情的仿真试验验证了有监督流形学习的有效性。

第4章主要开展多姿态人脸识别中特征提取与聚类算法的研究。在特征提取算法研究方面,分析了流形学习中的非线性算法及相应方法间的区别与联系,完善了算法理论体系;对非线性降维流形学习算法进行了样本外学习能力的研究,提出了基于保持数据近邻信息的增量学习算法;在聚类算法方面,重点研究自适应共振理论(Adaptive Resonance Theory, ART)算法体系,引进遗忘机制及一氧化氮(Nitric Oxide, NO)逆转录机制,提高了分类准确率和搜索速度,优化了权值记忆机制;在应用研究中,采用图像平均重构技术进行多姿态人脸识别,得到了鲁棒的人脸表述图和较高的识别准确率。

第5章将扩展特征应用到实际的指纹识别系统中,以提高系统的识别性能。主要内容包括:①针对现有系统不能很好地处理重叠指纹的缺点,提出一种分离重叠指纹的方法,将重叠指纹分离成独立的指纹,然后提取特征进行比对识别。该方法既方便人工标定,也利于自动提取特征,提高了系统对重叠指纹的处理能力。②为了更充分地利用细节点信息,提出了基于细节点的方向场重建及其应用的方法。本方法对细节点信息的应用更充分,提高了系统的识别率。③提出一种新的奇异点检测方法,同时利用指纹的局部信息和全局信息,从而增强了鲁棒性,提高了奇异点的检测率。④进行了多特征融合的比较研究,找到最优的特征组合以及组合的方式。为了减小计算的复杂度,提出一种分级结构的比对策略,加快了指纹辨认的速度。

第6章主要对掌纹识别和掌脉识别的相关算法及系统具体实现等方面进行研究。提出了基于摩尔(Moiré)特征的掌纹特征提取方法。将两幅掌纹图像的感兴趣区域进行交叠操作产生 Moiré 特征,通过对此 Moiré 特征进行评价度量得到匹配分数,由此来判别这两幅掌纹图像是否属于同一个人。在特征提取的基础上,提出了基于景象匹配技术的掌纹识别方法,采用了金字塔分层搜索算法和像素点跳跃加速搜索算法。

第7章对子空间方法目前的进展进行了跟踪研究,具体研究了两类问题:第一类是研究了三种新的流形学习导出的子空间学习新方法,将它们应用于人脸与掌纹特征提取;总结出了基于矩阵的图像特征提取算法的统一的图嵌入理论框架,并在这个框架意义下导出了一种新的图像矩阵特征提取算法——二维嵌入鉴别分析,并考察了其在人脸与掌纹特征提取中的应用。第二类是研究了基于两种常见的子空间方法(主成分分析与独立成分分析)的人脸与掌纹特征层融合的问题,提出一种新的利用人脸和掌纹的子空间特征融合来进行身份鉴别的策略,主要研究人脸和掌纹的子空间特征在特征层的融合,实验结果表明利用人脸和掌纹的多生物特征识别系统的性能有较大提高。

本书正式编写历时五年多,在课题组充分讨论的基础上,主要参考课题组历年的研究生学位论文、已公开发表的成果,以及同一研究领域的他人研究论文。对于他人研究成果在本书中的引用,在此表示感谢。

本书由胡德文、陈芳林组织撰写。第1章由胡德文、陈芳林执笔,第2章由毕远、胡德文执笔,第3章由尹俊松、周宗潭、胡德文执笔,第4章由贾鹏、胡德文执笔,第5章由陈芳林、周杰执笔,第6章由张环、胡德文执笔,第7章由冯贵玉、胡德文执笔。

本书是在国家自然科学基金项目(60675005、61203263、61020106004、61005084)等研究成果的基础上编写的。衷心感谢国家自然科学基金委员会和国防科技图书出版基金委员会的资助。本书总结了作者多年的研究成果,希望能够促进国内生物特征识别技术等相关领域的研究,并对从事相关领域的研究人员有一定参考价值。

作者

2013年3月于长沙

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物特征识别简述	1
1.1.1 常用的生物特征识别技术	2
1.1.2 各种常用生物特征识别技术的比较	9
1.2 生物特征识别技术发展概述	10
1.2.1 生物特征识别技术的优势	10
1.2.2 生物特征识别技术的市场发展概况	11
1.2.3 我国生物特征识别技术发展概述	12
参考文献	13
第 2 章 人脸检测与跟踪	16
2.1 概述	16
2.2 AdaBoost 学习算法	19
2.2.1 AdaBoost 方法	19
2.2.2 分类器训练思想	21
2.2.3 构造弱分类器	22
2.2.4 构造强分类器	27
2.2.5 分类器训练流程	28
2.3 多层级联分类器	29
2.3.1 多层级联分类器的分类方法	29
2.3.2 使用级联分类器进行训练	30
2.3.3 实验结果	34
2.4 基于 AdaBoost 的肤色检测新方法	38
2.4.1 肤色检测方法	38
2.4.2 肤色分布的分析	39
2.4.3 实验结果	42
2.5 人脸跟踪	44
2.5.1 智能像素聚类目标跟踪算法	44
2.5.2 简单背景的目标跟踪	47
2.5.3 人脸跟踪	52

参考文献	56
第3章 基于流形学习的人脸识别	60
3.1 生长型局部线性嵌入算法	60
3.1.1 生长模型分析	60
3.1.2 生长型局部线性嵌入算法	66
3.1.3 GLLE 对 Isomap 算法改进的启发	82
3.2 噪声流形学习与分析	83
3.2.1 问题的提出	84
3.2.2 邻域平滑嵌入算法	88
3.3 流形学习算法的应用	98
3.3.1 人脸序列数据库的建立与评测	99
3.3.2 人脸序列中的流形结构	103
3.3.3 基于外观流形的动态视频人脸识别	105
3.3.4 基于流形重构的单图像人脸识别	107
参考文献	109
第4章 多姿态人脸识别	115
4.1 基于保持数据近邻信息的增量学习方法	115
4.1.1 增量 Laplacian Eigenmaps (LE) 算法	115
4.1.2 仿真实验	118
4.2 引入遗忘机制的 ART2 改进算法	122
4.2.1 自适应共振理论简介	123
4.2.2 ART1 神经网络	123
4.2.3 ART2 神经网络	125
4.2.4 ART2 网络存在的问题与改进	127
4.3 逆转录 ART3 算法	132
4.3.1 ART3 神经网络	132
4.3.2 ART3 改进算法——ReART	141
4.3.3 仿真实验	145
4.3.4 ReART 在多姿态人脸识别中的应用	150
4.4 图像平均重构技术与多姿态人脸识别	152
4.4.1 自动人脸识别中的图像平均技术	153
4.4.2 从原始图像到平均脸:加权图像平均技术	155
4.4.3 从平均脸到原始图像:重构脸的生成	159
4.4.4 一个识别示例:视频人脸识别	160
4.4.5 仿真实验	163

参考文献	167
第5章 多特征指纹识别	171
5.1 概述	171
5.1.1 指纹识别背景介绍	171
5.1.2 指纹识别综述	172
5.2 现场重叠指纹的分离与特征提取	179
5.2.1 问题阐述	179
5.2.2 估计初始方向场	181
5.2.3 分离重叠方向场	182
5.2.4 分离重叠指纹及特征提取	189
5.2.5 奇异点信息的应用	190
5.2.6 实验	192
5.3 从细节点恢复方向场及其应用	197
5.3.1 基于模型的方向场表示	197
5.3.2 从细节点恢复方向场	199
5.3.3 恢复方向场应用于指纹识别	205
5.3.4 实验	209
5.4 指纹奇异点检测	212
5.4.1 问题阐述	212
5.4.2 指纹的拓扑分析	214
5.4.3 DORIC 特征及其在去除虚假细节点上的应用	216
5.4.4 利用全局信息选择奇异点的最优组合	220
5.4.5 实验	223
5.5 多特征融合与快速比对	227
5.5.1 问题阐述	227
5.5.2 多特征指纹识别的比较研究	227
5.5.3 基于分级结构的指纹多特征辨认	234
参考文献	240
第6章 掌纹掌脉及其融合识别技术	248
6.1 概述	248
6.1.1 掌纹识别技术的研究现状	248
6.1.2 静脉识别技术的基本原理	250
6.1.3 静脉识别技术的研究现状	251
6.2 掌纹特征提取算法研究	254
6.2.1 基于 Moiré 特征的掌纹特征提取算法	255

6.2.2	应用景象匹配的掌纹识别方法	263
6.3	掌纹识别系统的设计和实现	275
6.3.1	基于数码相机的掌纹识别系统	275
6.3.2	基于视频摄像头的掌纹识别系统	278
6.3.3	基于 ARM 开发板的嵌入式掌纹识别系统	281
6.3.4	基于扫描仪的嵌入式掌纹识别系统	284
6.3.5	实验	288
6.4	掌脉采集系统及识别算法	289
6.4.1	掌脉采集系统的设备选取	289
6.4.2	掌脉采集系统设计	291
6.4.3	掌脉识别算法研究	293
6.5	掌纹掌脉融合识别技术	300
6.5.1	掌纹掌脉融合识别技术的原理	301
6.5.2	掌纹掌脉融合采集仪	309
6.5.3	掌纹掌脉融合技术的性能评价	311
	参考文献	315
第 7 章	人脸与掌纹识别的子空间特征提取方法	321
7.1	直接局部保持投影算法及其在人脸与掌纹识别中的应用	321
7.1.1	线性鉴别分析和直接线性鉴别分析	323
7.1.2	流形学习的概念与局部保持投影算法	324
7.1.3	直接局部保持投影算法及其计算	326
7.1.4	实验和结果	328
7.2	二维局部保持投影算法及其在人脸与掌纹识别中的应用	331
7.2.1	二维主成分分析的思想	333
7.2.2	二维局部保持投影算法	335
7.2.3	二维局部保持投影算法跟二维主成分分析的关系	337
7.2.4	对二维局部保持投影算法的进一步分析	338
7.2.5	实验与结果	339
7.3	新的核局部保持投影算法及其在人脸与掌纹识别中的应用	343
7.3.1	核方法的理论基础	344
7.3.2	已有的核局部保持投影算法	347
7.3.3	新的核局部保持投影算法框架	347
7.3.4	核局部保持投影算法	348
7.3.5	实验和结果	350
7.4	基于矩阵的图像特征提取方法的图嵌入理论框架及其应用	354

7.4.1	基于矩阵特征提取算法的图嵌入理论框架	355
7.4.2	2DPCA、2DLDA 和 2DLPP 算法的基于图嵌入理论框架 解释	356
7.4.3	非监督鉴别投影和边界 Fisher 分析算法的矩阵形式推广 ...	360
7.4.4	二维鉴别嵌入分析(2DDEA)算法	362
7.4.5	2DDEA 与 2DLDA 的关系	364
7.4.6	基于 2DDEA 的图像识别方法	365
7.4.7	实验	366
7.5	一种基于 PCA/ICA 的人脸和掌纹特征层融合策略	369
7.5.1	使用主成分分析和独立成分分析进行特征提取	370
7.5.2	利用 PCA、ICA 进行特征层融合	373
7.5.3	实验结果	373
	参考文献	376

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Introduction of Biometrics	1
1.1.1 Usually Used Biometric Technique	2
1.1.2 The Comparing of the Usually Used Biometric Technologies	9
1.2 Introduction of the Biometric Developing	10
1.2.1 The Dominance of Biometrics	10
1.2.2 The Marketing of Biometrics	11
1.2.3 The Biometric Developing in China	12
References	13
Chapter 2 Face Detection and Tracking	16
2.1 Introduction	16
2.2 AdaBoost Learning Algorithms	19
2.2.1 AdaBoost	19
2.2.2 The Classifier Training Idea	21
2.2.3 Constructing Weak Classifier	22
2.2.4 Constructing Strong Classifier	27
2.2.5 The Training Procedure of Classifier	28
2.3 Cascade Classifier	29
2.3.1 The Cascade Classifier Method	29
2.3.2 Use Cascade Classifier for Training	30
2.3.3 Experiment and Result	34
2.4 Skin Tone Detector Based on AdaBoost	38
2.4.1 Skin Tone Detecting Method	38
2.4.2 Skin Tone Distribution	39
2.4.3 Experiment and Result	42
2.5 Face Tracking	44
2.5.1 Object Tracking Based on Intelligent Pixel Clustering	44

2.5.2	Object Tracing in Simple Background	47
2.5.3	Face Tracking	52
	References	56
Chapter 3	Face Recognition Based on Manifold Learning	60
3.1	Growing Locally Linear Embedding	60
3.1.1	Growing Neural Gas Model	60
3.1.2	Growing Locally Linear Embedding	66
3.1.3	Improving Isomap Based on GLE	82
3.2	Noisy Manifold Learning and Analysis	83
3.2.1	The Problem Analysis	84
3.2.2	Neighborhood Smoothing Embedding	88
3.3	The Application of Manifold Learning	98
3.3.1	Building the Face Database	99
3.3.2	The Manifold Structure of Face Sequence	103
3.3.3	Face Recognition in Video Based on the Appearance Manifold Learning	105
3.3.4	Face Recognition in Single Image Based on Manifold Reconstruction	107
	References	109
Chapter 4	Multi – pose Face Recognition	115
4.1	Incremental Laplacian Eigenmaps (LE) by Preserving Adjacent Information	115
4.1.1	Laplacian Eigenmaps	115
4.1.2	Simulation Experiment	118
4.2	An Improved ART2 Algorithm by Introducing the Forgetting Mechanism	122
4.2.1	The Introduction of ART	123
4.2.2	ART1 Neural Network	123
4.2.3	ART2 Neural Network	125
4.2.4	The Problem of ART2 and the Improvement	127
4.3	ReART Based on the Retrograde Mechanism of NO	132
4.3.1	ART3 Neural Network	132
4.3.2	The Improvement of ART3——ReART	141

4.3.3	Simulation Experiment	145
4.3.4	The Application of ReART in Multi – pose Face Recognition ..	150
4.4	The Image Averaging and Re – establishing Technique	152
4.4.1	The Image Averaging Technique in Automatic Face Recognition	153
4.4.2	Weighted Image Averaging Technique	155
4.4.3	Generating Re – established Faces	159
4.4.4	Demo;Face Recognition in Video	160
4.4.5	Simulation Experiment	163
	References	167
Chapter 5	Multi – feature Fingerprint Recognition	171
5.1	Introduction	171
5.1.1	Introduction of Fingerprint Recognition	171
5.1.2	Introduction of Traditional Method	172
5.2	Separating Latent Overlapped Fingerprint and Feature Extraction	179
5.2.1	Problem Description	179
5.2.2	Original Orientation Field Estimation	181
5.2.3	Separating Overlapped Orientation Field	182
5.2.4	Separating Overlapped Fingerprint and Feature Extraction	189
5.2.5	Utilizing the Singular Information	190
5.2.6	Experiment	192
5.3	Reconstructing Orientation Field form Minutiae and Its Application ..	197
5.3.1	Model based Description of Orientation Field	197
5.3.2	Reconstructing Orientation Field from Minutiae	199
5.3.3	Utilizing the Reconstructed Orientation Field for Fingerprint Recognition	205
5.3.4	Experiment	209
5.4	Singular Point Detection	212
5.4.1	Problem Description	212
5.4.2	Topologically Analysis of Fingerprint	214
5.4.3	DORIC Feature and Removing Spurious Singular Points	216
5.4.4	Selecting the Best Combination Base on Global Information ..	220
5.4.5	Experiment	223

5.5	Multi – feature Fusion and Fast Matching	227
5.5.1	Problem Description	227
5.5.2	A Comparative Study of Multi – feature Fingerprint Recognition	227
5.5.3	A Hierarchical Structure for Fingerprint Identification	234
	References	240
Chapter 6	Palmprint and Palmvein Recognition and the Fusion Method	248
6.1	Introduction	248
6.1.1	Review of Palmprint Recognition Technique	248
6.1.2	Fundamental Theory of Palmvein Recognition	250
6.1.3	Review of Palmvein Recognition	251
6.2	Palmprint Feature Extraction	254
6.2.1	Palmprint Feature Extraction based on Moiré Feature	255
6.2.2	Palmprint Recognition Methods by Scene Matching	263
6.3	Designing Palmprint Recognition System	275
6.3.1	Palmprint Recognition System Base on Digital Camera	275
6.3.2	Palmprint Recognition System Base on Video Camera	278
6.3.3	Palmprint Recognition System Base on ARM Development Board	281
6.3.4	Palmprint Recognition System Base on Video Camera Scanner	284
6.3.5	Experiment	288
6.4	Palmvein Recognition System	289
6.4.1	Palmvein Acquisition Device	289
6.4.2	Designing Palmvein Acquisition System	291
6.4.3	Palmvein Recognition Method	293
6.5	The Fusion of Palmprint and Palmvein Recognition	300
6.5.1	The Theory of Palmprint and Palmvein Fusion Technique	301
6.5.2	The Palmprint and Palmvein Acquisition Device	309
6.5.3	Performance Analysis	311
	References	315
Chapter 7	Subspace Feature Extraction Methods for Face and Palmprint Recognition	321
7.1	Direct Locality Preserving Projection (DLPP)	321
7.1.1	Linear Discriminant Analysis and Direct Linear Discriminant	