



装备科技译著出版基金

安全系统中的 多模态生物特征识别 与智能图像处理

Multimodal Biometrics and Intelligent
Image Processing for Security Systems

[俄罗斯] 玛丽娜·L·加夫里洛娃

[孟加拉] 玛若夫·莫沃

郑毅 郑苹

郭培芝

著

译

审校



国防工业出版社

National Defense Industry Press



装备科技译著出版基金

安全系统中的多模态生物 特征识别与智能图像处理

Multimodal Biometrics and Intelligent Image
Processing for Security Systems

[俄罗斯] 玛丽娜·L·加夫里洛娃

[孟加拉] 玛若夫·莫沃

郑毅 郑革

郭培芝

著

译

审校

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-2014-215号

图书在版编目(CIP)数据

安全系统中的多模态生物特征识别与智能图像处理/

(俄罗斯)玛丽娜·L·加夫里洛娃

(Marina L Gavrilova), (孟加拉) 玛若夫·莫沃

(Maruf Monwar) 著; 郑毅, 郑苹译. —北京: 国防工

业出版社, 2016. 9

书名原文: Multimodal Biometrics and

Intelligent Image Processing for Security Systems

ISBN 978-7-118-10731-9

I. ①安… II. ①玛… ②玛… ③郑… ④郑… III.

①特征识别—研究 ②计算机应用—图像处理 IV. ①0438

②TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 214607 号

First published in the English language under the title “Multimodal Biometrics and Intelligent Image Processing for Security Systems” Marina L. Gavrilova and Maruf Monwar. Copyright © 2013 by IGI Global, www.igi-global.com.

※

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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 12 字数 219 千字

2016 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 54.00 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

作者简介

Marina L. Gavrilova

Marina L. Gavrilova 教授是加拿大卡尔加里大学计算机科学系的副主任。Gavrilova 博士的研究兴趣在计算几何、图像处理、优化、空间与生物特征建模领域。Gavrilova 教授是两个创新研究实验室(生物特征建模与仿真技术实验室和计算科学中的空间分析 SPARCS 实验室)的创始人和联合主任。Gavrilova 教授的出版物列表包括 120 多篇期刊与会议论文,编辑的特刊、图书和图书章节包括 2007 年在世界科学出版社出版的月畅销书《图像模式识别:生物特征识别中的合成与分析》,以及在施普林格出版社出版的《计算智能:基于几何的方法》。2001 年, Gavriloa 教授与 Kenneth Tan 博士一起成功地创办了 ICCSA 系列国际会议。她创办并主持了多届 2000 年计算几何及应用国际研讨会,曾任卡尔加里 BT2004 生物特征识别技术国际研讨会的共同主席,2006 年担任第 3 届科学与工程中的 Voronoi 图国际研讨会(ISVD2006)的总主席,2009 年担任在加拿大班夫举办的 WADS2009 会议的组织主席,2011 年担任 CW2011 网络世界国际会议(2011 年 10 月 4 日—6 日,在加拿大班夫举办)的大会主席。Gavrilova 教授从 2007 年起,担任施普林格出版社《LNCS 计算科学学报》主编,并且是《国际计算科学与工程杂志》、《CAD/CAM 杂志》和《国际生物特征识别技术杂志》的编委。她获得过很多奖项,而且她的研究项目成功地得到了大额资助。她的研究工作在报纸上和电视访谈节目里都有报道。最近,加拿大文明博物馆展出了她与 5 位杰出的加拿大科学家的研究成果,加拿大国家电影局也为她制作了一部纪录片。用她自己的话来说,她最大的成就,是在努力追求职业与个人生活最佳时,在两者之间找到了一个微妙的平衡。她与丈夫 Dmitri Gavrilov 博士一起生活,而且是两个很棒的男孩 Andrei 和 Artemy 引以为傲的母亲。

Maruf Monwar

Maruf Monwar 是美国卡内基·梅隆大学电气与计算机工程系的博士后研究员。其在加拿大卡尔加里大学获得计算机科学博士学位,在孟加拉国拉杰沙希大学获得计算机科学与技术学士学位和硕士学位,在加拿大北英属哥伦比亚大学获

得计算机科学硕士学位。Maruf Monwar 现在是孟加拉国拉杰沙希大学计算机科学与工程系的助理教授。他的主要研究方向包括模式匹配、生物特征融合、表情识别和生物数据处理。其获得过加拿大自然科学基金理事会(NSERC)的瓦尼埃研究生奖学金和博士后奖学金,曾任《国际生物特征识别技术杂志》的客座编辑。

致谢 1

我由衷地把这本书献给我生命中让我学有所值的那些人:我的父亲 Lev 和已故的母亲 Tatiana Felman,感谢他们无条件的支持;我的祖父母,尤其是祖母 Alexandra Fedorovna Pestryakova,感谢她始终充满活力、热爱生活的积极的人生观;我的丈夫 Dmitri Gavrilov,感谢他让我集中精力工作;我的非常棒的儿子 Andrei 和 Artemy,感谢他们生就的天性。

我还想把它献给我在俄罗斯国立莫斯科罗蒙诺索夫大学和加拿大卡尔加里大学的老师,感谢他们使我把学习当作一种有趣的消遣;还有在俄罗斯、加拿大和世界各地的朋友和同事,感谢他们独特而精彩的人生。

Marina L. Gavrilova

加拿大卡尔加里大学

我很高兴把这本书献给我的家庭,特别是我的妻子 Nahid Sultana,还有我可爱的小女儿 Rushama Nahiyani,感谢他们执着的爱、祈祷、热情和鼓励。没有他们的支持,我不可能完成这本书。

Maruf Monwar

美国卡内基·梅隆大学

致谢 2

第一作者感谢加拿大卡尔加里大学生物特征识别技术实验室(BTLab)所有成员的贡献。实验室成员 Kushan Ahmadian 博士深入研究了多模态生物特征识别中的神经网络方法,我们对他的贡献表示深深的谢意。还要感谢实现了步态分析方法的实验室成员硕士研究生 Shermin Bazazian。

我们深深地感谢卡尔加里大学电气工程系 Yingxu Wang 教授的富有洞察力的建议和在多模态模糊系统上的合作。我们要感谢 Anil Jain 和 Roman Yampolskii 对生物特征识别和人工实体特征识别的热情。非常感谢 Svetlana Yanushkevich 和 Vladimir Shmerko 开始完全接受生物特征识别学科,还要感谢 Patrick Wang 和 Sargur Srihari 对首届生物特征识别研讨会和随后关于生物特征合成的专著的贡献。我们还要感谢其他所有参与者的渊博的知识和一直的热情,包括 Khalid Saeed(波兰)、Hamid Arabnia(美国)、Alexey Sourin(新加坡)、Dimitri Plemenos(法国)、Christos Papadimitriou(美国)。

支持这个项目的资助机构有加拿大创新基金会、加拿大自然科学和工程研究委员会(NSERC)、北大西洋公约组织(NATO)、加拿大信息技术与综合系统数学组织(MITACS)、加拿大阿尔伯塔创新基金会(AIF)和加拿大-美国太平洋数理研究所(PIMS)。

另外,第二作者要向他在孟加拉国拉杰沙希大学、加拿大北英属哥伦比亚大学、加拿大卡尔加里大学的所有老师致以深深的谢意,尤其是美国密歇根州立大学的 Vijayakumar Bhagavatula 教授,加拿大卡尔加里大学的 Marina L. Gavrilova 教授、Yingxu Wang 教授、Jon Rokne 教授和 Steve Liang 博士,波兰卡托维兹西里西亚大学的 Piotr Porwik 教授,感谢他们在过去几年里的指导和提供的有力支持。他还要感谢加拿大自然科学和工程研究委员会、卓越研究创新中心(iCORE)和加拿大阿尔伯塔创新基金会支持他的研究。

我们感谢匿名书评者的宝贵意见,以及 IGI 全球出版公司的所有成员:管理人员、出版者、编辑、排字工人和传播者,感谢他们的耐心和对这个项目的无限支持。

我们向上述所有帮助过我们的人表示诚挚的谢意。最后一点也非常重要,非常感谢家人的支持,如果没有他们的支持,就不会有这些努力。

Marina L. Gavrilova
加拿大卡尔加里大学

译者序

多模态生物特征识别技术是近十年出现的高新信息技术,西方国家率先将其应用于安全领域,如身份认证、反恐、监控、刑事侦查等方面,发挥了巨大的作用。

多模态生物特征识别技术进入我国的时间较晚。目前我国系统研究多模态生物特征识别技术的研究机构有中国科学技术大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、北京科技大学和沈阳工业大学等,但迄今为止,国内尚无介绍多模态生物特征识别技术的专业书籍。

Multimodal Biometrics and Intelligent Image Processing for Security Systems 一书是由加拿大学者 Marina L. Gavrilova 教授和 Maruf Monwar 博士合作撰写的关于多模态生物特征识别技术的学术专著。Marina L. Gavrilova 教授在生物特征识别领域有多年的研究经历,并且是加拿大卡尔加里大学的两个创新研究实验室(生物特征建模与仿真技术实验室和计算科学中的空间分析 SPARCS 实验室)的创始人和联合主任,在该领域成果斐然。Maruf Monwar 博士获得过加拿大自然科学基金理事会(NSERC)的瓦尼埃研究生奖学金和博士后奖学金,在模式匹配、生物特征融合、表情识别和生物数据处理等方面具有独到见解。

该书全面、深入地介绍了多模态生物特征识别技术的基本理论、方法及应用,详细说明了该技术的研发和系统构成,并给出了该技术在安全和身份认证等领域中成功应用的案例。这些详尽的内容,对我国从事多模态生物特征识别技术研究的科技人员极有帮助,有助于缩短与国外多模态生物特征识别技术研究和应用的差距,促进我国国防武器装备的信息化与智能化建设。

原著共分 11 章,内容涉及多模态生物特征识别的基本理论、方法与系统构成,以及其在安全和身份认证等领域的应用。阅读该书,读者能够获悉生物特征识别理论与方法的全貌,更好地掌握和利用这种高新信息技术。

原著全文由郑毅、郑苹翻译。其中,郑毅翻译了第 1 章至第 6 章,郑苹翻译了第 7 章至第 11 章,原著的序言、前言、致谢、缩写词表和作者简介由郑毅翻译。译稿由郭培芝高级工程师审校。

本书的出版得到了国防工业出版社装备科技译著出版基金、国家自然科学基金

金项目(项目编号:61173173,61272430,61472227,61471004)、山东省自然科学基金项目(项目编号:ZR2013FM015)、山东省高等学校科技计划项目(项目编号:J14LN02)和安徽理工大学博士基金项目(项目编号:ZY543)的资助,在此一并表示感谢。

郑毅,郑苹
2015年9月

序 言

生物特征识别技术涉及与人体相关的人类行为的计算机仿真、分析与合成的研究,近年来越来越受重视。在解决日常问题方面,它有许多重要的应用,包括身份验证与辨识,笔迹、签名、指纹、语音、掌纹和虹膜的分析与识别,以及网络安全。这对国家安全特别重要,尤其是在“9·11”纽约世界贸易中心的悲剧发生之后。与名医们的谚语相似,“事先预防疾病比后来治愈它更重要”,许多人认为,如果有足够好的生物特征识别系统阻止那些恐怖分子进入美国,就不会发生“9·11”悲剧。

我很高兴地看到,IGI 全球出版公司在这个领域出版了加拿大卡尔加里大学著名的 Marina L. Gavrilova 教授撰写的这部新专著。我因获信息学领域研究优秀奖而参观卡尔加里大学生物特征识别技术实验室(BTLab)时,曾见过 Gavrilova 教授,她在“情感分析与识别”方面的研究工作给我留下了深刻的印象。

本书涵盖了相当广泛的生物特征识别技术,既有基础理论又有实际应用,包括生物特征识别技术的概述,还有人工智能(AI)、模式识别(PR)、图像处理(IP)、神经网络、生物特征识别系统、信息融合与多模态生物特征识别的现行方法及趋势、模糊融合生物特征识别以及生物特征识别在安全系统和机器人中的应用等诸多内容。

在涉及人脸、耳朵和虹膜的多模态生物特征信息融合系统中,作者使用马尔可夫链和模糊逻辑,巧妙设计了一个用于生物特征验证与辨识的人工智能技术决策系统,这给我留下了特别深刻的印象。它使系统更加智能化,可以提高识别准确率。

在最后一章的结论和未来的研究方向中,本书提出了许多令人兴奋的主题,可以作为硕士研究生或博士研究生未来的研究方向。

综上所述,我认为本书适用于对生物特征识别技术感兴趣的研究人员和专业人士,以及高年级本科生、硕士研究生和博士研究生。它可以作为很好的教科书和研究参考资料。

Patrick S. P. Wang

美国 WANG Teknowloge 实验室, 美国东北大学, 美国哈佛大学, 加拿大卡尔加里大学, 德国马格德堡大学

IAPR 会士, ISIBM 会士, WASE 会士, IEEE 会士, ISIBM 杰出成就奖获得者

IJPRAI 和 WSP 出版的 MPPI 丛书主编

前言

激励人类不断认识世界的动力,或者世界给予人类的永恒挑战,很难说这两者谁先开始,但是它们都促使人类进化成为能够批判地分析周围环境并做出明智决策的智能生物。虽然史学家和哲学家对这个命题不能做出完整回答,但是这种原始驱动力为知识果实提供了肥沃土壤,使之能够自由地生长、繁衍、聚集与分享。

纵观人类历史,知识共享具有多种形式,如从西班牙安达卢西亚的史前洞穴岩画到现在法国卢浮宫展出的埃及陶土台,从撰写在古地中海纸莎草纸上的作品到大不列颠百科全书,从尤利乌斯·恺撒的罗马历法到维基百科,均体现出知识具有多态性。上述这些载体通过教学、学术创新和公开演讲等形式,在全世界范围内传播知识,为社会带来了知识应有的力量和竞争力。通过加密,可以对一些秘密文件、协议和文学作品做屏蔽处理,禁止这些知识公开展示与传播,加密手段几乎与那些经典作品一样具有悠久历史。恺撒密码、诡异机器、RSA 私有-公开加密法、数字签名、水印以及防火墙等,这些只是信息与知识保护的几个实例。但是,在隐私与安全、显式与隐藏数据集、算法秘诀保护与程序发布之间显然失衡,而生物特征识别技术正致力于研究这种不平衡性,因此,这个崭新的研究领域日渐被世人所关注。

本书的主体内容是在加拿大卡尔加里大学生物特征识别技术实验室研究成果的基础上撰写的,该实验室成立于 2001 年。本书第 1 部分和第 3 部分为读者介绍了生物特征识别领域,描述了实验室成员的研究方向,包括在生物特征识别和虚拟现实领域中与安全问题有关的神经网络、智能处理和基于情景方法的应用。本书第 2 部分是生物特征识别技术实验室的一名博士研究生合作撰写的,阐述了马尔可夫链和模糊逻辑在排序级融合中的应用。

如果本书能够引领读者深入探究生物特征安全、智能代理、自我复制机器人、虚拟实体、多模态生物特征识别、数据融合、模糊逻辑、神经网络、社交行为分析等领域,那么就达到了此书的写作目的,作者会倍感欣慰。

Marina L. Gavrilova
加拿大卡尔加里大学
2012 年 11 月 14 日

目 录

第 1 部分 生物特征识别综述与发展趋势

第 1 章 绪论	3
1.1 人工智能的历史回顾	3
1.2 进化计算与神经网络	4
1.3 计算智能和生物特征识别	5
1.4 本章小结	6
参考文献	6
第 2 章 生物特征识别与生物特征识别系统	8
2.1 引言	8
2.2 生物特征标识	8
2.2.1 生理标识	9
2.2.2 行为标识	12
2.2.3 软生物特征标识	13
2.2.4 社交生物特征标识	14
2.3 生物特征标识的属性	14
2.4 生物特征识别系统的组成	14
2.4.1 传感器或数据采集模块	15
2.4.2 特征提取模块	16
2.4.3 匹配模块	16
2.4.4 决策模块	17
2.4.5 智能安全系统	18
2.5 生物特征验证	18
2.6 生物特征辨识	18
2.7 生物特征识别系统的性能	19
2.7.1 错误接受率	20

2.7.2 错误拒绝率	20
2.8 生物特征识别系统的应用	21
2.8.1 司法鉴定	22
2.8.2 民政和商业部门	22
2.8.3 政府部门	22
2.8.4 遗传学	22
2.8.5 卫生部门	23
2.9 生物特征识别系统的适用范围	23
2.10 本章小结	24
参考文献	25
第3章 生物特征识别中的图像处理	28
3.1 引言	28
3.2 生物特征识别中基于表观的图像处理	29
3.2.1 用于人脸识别的图像处理	29
3.2.2 虹膜识别算法	35
3.2.3 基于表观的耳朵识别	37
3.3 基于拓扑的智能模式识别	39
3.3.1 生物特征识别中的 Voronoi 图	39
3.3.2 基于拓扑的指纹识别	40
3.4 基于模型的行为生物特征识别	44
3.5 本章小结	45
参考文献	46

第2部分 多模态生物特征识别中的信息融合

第4章 多模态生物特征识别系统和信息融合	51
4.1 引言	51
4.2 多模态生物特征识别系统的优点	51
4.2.1 增强且可靠的识别性能	52
4.2.2 较少的注册问题	52
4.2.3 增强的安全性	53
4.3 多生物特征识别系统的开发问题	53
4.3.1 便于数据采集过程	53
4.3.2 信息来源	54

4.3.3 生物特征信息的选择	54
4.3.4 信息融合方法	54
4.3.5 成本与效益	54
4.3.6 处理流程	55
4.4 多生物特征识别系统的信息源	56
4.5 信息融合	57
4.6 生物特征信息融合	60
4.7 匹配前融合与匹配后融合	61
4.7.1 传感器级融合	61
4.7.2 特征级融合	62
4.7.3 匹配分数级融合	63
4.7.4 排序级融合	64
4.7.5 决策级融合	64
4.7.6 模糊融合	65
4.8 本章小结	67
参考文献	68
第5章 排序级融合	72
5.1 引言	72
5.2 现有方法回顾	73
5.3 多数投票排序融合法	74
5.4 最高序号融合法	75
5.5 波达计数排序融合法	76
5.6 逻辑回归排序融合法	77
5.7 图像质量排序融合法	79
5.8 本章小结	81
参考文献	81
第6章 基于马尔可夫链的多模态生物特征排序融合	83
6.1 引言	83
6.2 马尔可夫链	84
6.3 对马尔可夫链的研究	86
6.4 基于马尔可夫链的多模态生物特征融合	88
6.5 实验获得的样本结果	94
6.5.1 实验数据	94

6.5.2 实验结果	97
6.6 本章小结	100
参考文献	100
第7章 多模态生物特征的模糊融合	102
7.1 引言	102
7.2 模糊逻辑基础	103
7.3 基于模糊逻辑的融合研究	104
7.4 生物特征信息的模糊融合	105
7.5 生物特征信息模糊融合的实验结果	110
7.6 本章小结	114
参考文献	115

第3部分 安全系统应用

第8章 机器人与多模态生物特征识别	119
8.1 引言	119
8.2 文献回顾	121
8.3 非生物实体的概述	122
8.4 化身身份认证	124
8.4.1 数据集生成	124
8.4.2 合成生物特征与人工实体特征	125
8.4.3 视觉识别	126
8.4.4 行为认证	128
8.4.5 多模态生物特征识别和机器人/化身识别	129
8.5 应用	129
8.6 本章小结与工作展望	130
参考文献	131
第9章 混沌神经网络与多模态生物特征识别	136
9.1 引言	136
9.2 系统构成	138
9.3 神经网络方法	140
9.3.1 神经网络的历史	140
9.3.2 神经网络的计算效率	140
9.4 神经网络中的混沌	141

9.5	特征空间与降维	141
9.6	多模态生物特征识别中的神经网络	142
9.6.1	降维需要	143
9.6.2	系统总体架构	143
9.7	子空间分析与联想记忆	145
9.8	神经网络在指纹匹配中的性能分析	146
9.9	基于细胞神经网络的细节匹配法	148
9.10	本章小结	149
	参考文献	149
第10章	多模态生物特征识别的新应用	152
10.1	引言	152
10.2	多生物特征识别研究中的步态分析	153
10.3	文献综述	154
10.4	详细方法	155
10.4.1	受试者检测与剪影提取	155
10.4.2	步态周期检测	155
10.4.3	特征提取	156
10.4.4	无模型的方法	156
10.4.5	特征选择	160
10.4.6	识别	161
10.4.7	性能评估	161
10.5	用于多生物特征识别研究的社交网络	162
10.6	社交情景与步态识别融合	163
10.7	执行细节与结果	165
10.8	本章小结	166
	参考文献	166
第11章	结论	169
11.1	全书总结	169
11.2	结论	169
11.3	未来研究方向	170
	缩写词表	172