



宫继兵 著

可穿戴健康监测系统 数据融合



科学出版社

可穿戴健康监测系统数据融合

宫继兵 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从无线传感器网络数据融合着手,侧重介绍可穿戴健康监测
系统数据融合的新技术、新方法。与传统的传感器网络相比,大规模
复杂传感器网络具有节点类型更多、智能性要求更高、系统复杂性更
强等特点。

本书从以下方面展开介绍:①阐述新的多偏好驱动传感器网络
数据融合机制/模型;②给出节点上面向数据级融合的轻量级自适应
时间序列特征抽取机制;③介绍面向决策级融合的大规模传感器网络
统一建模及分析方法;④介绍大规模医疗社会网络;⑤医疗社会网络
医生推荐模型的研究。

本书可作为高等院校计算机专业研究生和相关教师的参考资料,
也可供从事无线传感器网络数据融合、可穿戴系统和社会网络的数据
融合、数据挖掘及分析的研究、开发和应用的科研人员和工程人员
阅读。

图书在版编目(CIP)数据

可穿戴健康监测系统数据融合 / 宫继兵著. —北京: 科学出版社, 2015.11
ISBN 978-7-03-044941-2

I. ①可… II. ①宫… III. ①无线电通信—传感器—研究
IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 129261 号

责任编辑: 余 丁 闫 悦 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 迷底书装

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>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 11 月 第 一 版 开本: 720×1 000 B5

2015 年 11 月 第一次印刷 印张: 16 1/8

字数: 301 000

定价: 87.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

随着社会的飞速发展，人口老龄化问题的日益严重，环境问题和食品安全问题的日益严峻越发加重了人们的医疗及健康管理经济负担。同时，单纯以医院为中心的医疗诊断模式逐渐转变为以预防为主，以社区、家庭和个人医疗为中心的医疗模式。可穿戴健康监测系统(wearable healthcare monitoring system, WHMS)是解决以上问题的关键支撑和核心技术，并成为新的研究应用热点，受到学术界和工业界的强烈关注。其便携式、移动性和社交性的特点能够满足用户对医疗健康系统产品的低成本、个性化和智能性的急迫需求，以及社会对全民健康状态进一步保障、深入服务以及全局监管的要求。

可穿戴健康监测系统是一个综合计算机、通信、电子和智能信息处理等多学科交叉的应用，但所面临的真正挑战不是硬件技术的发展，而是面向用户数据挖掘分析的软件算法和数据处理技术的严重不足。社会上往往重视硬件系统的研发，而对大规模医疗健康数据的深入挖掘、融合分析，并进而提供个性化智能的医疗健康信息服务这一方面没有给予足够的关注和投入。

目前已有很多关于传统无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)数据融合的研究，但专门针对可穿戴健康监测系统数据融合方面的研究还缺少全面细致的介绍。本书旨在以可穿戴健康监测系统数据融合为切入点，兼顾传感器网络数据融合的内容，考虑到系统的社交性特点日益凸显，力图全面系统地介绍以下内容：①以传感器网络为基础，结合社会网络，将可穿戴健康监测系统作为网络节点，介绍由可穿戴健康监测系统构成的大规模医疗社会网络的数据融合内容，并进一步展望未来可穿戴健康监测系统的发展趋势及其数据融合的研究问题；②基于系统用户在进行医疗健康活动时具有的“偏好性”，提出一个新的可穿戴健康监测系统数据融合模型/架构，为个性化服务提供了支撑和基础；③在“节点融合”层次上研究轻量级数据融合算法，提出面向时序数据的轻量级自适应特征抽取算法；④在“网内融合”层次上，研究多传感器多源数据融合算法，并基于前面的多偏好数据融合模型探索个性化智能数据融合算法；⑤在“网间融合”层次上，分析当前形势下的数据特征，介绍多模态异构医疗社会网络数据融合；⑥在将以上内容明确发生位置(“海端”和“云端”)的同时，还介绍了可穿戴健康监测系统所需要的必要支撑，如并行平台、高性能计算机、分布式系统及部署在其上的数据融合算法等。

本书首先对数据融合展开全面长期的调研(2004~2014年千余篇文献)，进而分析其发展形势和新特征，最后说明可穿戴健康监测系统数据融合的研究内容，给出其来源、发展现状以及未来展望，从学术上、实际应用上和社会角度上来讲，在以下几方面做出了努力。

(1)已有的基于无线传感器网络医疗健康应用系统种类繁多,但大同小异,本书旨在成为集大成者,对它们进行了尽可能全面的分析和统一命名,清晰明确和完整地定义了可穿戴健康监测系统的概念,尝试阐明它与传感器网络和医疗社会网络之间的内在关系,并从无线传感器网络、可穿戴系统和医疗社会网络的视角,尽可能全面系统地论述数据融合发展现状及动态、技术内容、相互关系、面临的挑战和技术方案。

(2)本书试图系统地阐述可穿戴健康监测系统数据融合方面的研究,意在有力促进可穿戴健康监测系统的发展,并为可穿戴健康监测系统的个性化智能信息服务提供基础和保障。

(3)本书从实际应用的视角,以数据融合关键技术为实例,重点说明所提出数据融合算法对数据处理流程的指导作用,以保证系统可用性和智能性,从而为实际应用系统提供有力支撑。

(4)本书以可穿戴健康监测系统数据融合为中心进行介绍,专门针对可穿戴健康监测系统讨论了数据融合关键技术,尽管作者水平有限,但仍对其未来趋势进行展望和尝试探索,试图探索可穿戴系统未来发展的新的可能方向。

(5)本书针对可穿戴健康监测系统数据融合(特别是从节点上数据融合和网内数据融合算法的角度)的探索研究,对可穿戴计算的发展具有促进作用,有助于扩展可穿戴计算的解决方案,揭示可穿戴计算与可穿戴健康监测系统数据融合之间的内在联系,发现可穿戴计算的未来发展趋势,探索可穿戴计算的新方式、新方法。

(6)从社会性上讲,可穿戴系统是未来解决人们医疗健康的首选方案,是解决社会医疗保障问题的新的有效方案。本书的内容将有力保障新型应用的智能性,提高了识别精度,从而为低成本医疗、社会医疗、全民医疗提供了可行性和必要的技术手段和保障。

(7)本书内容结合数据融合理论、人工智能方法、社会网络理论、无线医疗健康技术和大规模融合计算,旨在探索推动传感器网络与社交网络相结合的先进技术成果服务于大众,促进信息资源的分享和可持续利用的新方法、新途径。

本书不仅是对基于无线传感器网络的可穿戴健康监测系统数据融合的尽可能系统地研究,也是对未来数据融合进行初步的探索和尝试,尽管水平有限,但仍期冀本书所介绍的内容对读者具有一定的全面性、系统性和前瞻性,并能够为促进可穿戴健康监测系统的发展、实现个性化智能医疗健康服务、推动社会医疗健康技术平台快速发展以及促进全民健康等方面贡献绵薄之力。本书特点如下。

(1)本书尝试全面系统地讨论基于无线传感器网络可穿戴系统的数据融合研究,并结合实例介绍应用中遇到的问题及其解决方案,进而介绍一个真实的多传感器多源数据融合应用验证系统。

(2)将基于无线传感器网络的可穿戴健康监测系统与社会网络结合为大规模医

疗社会网络，以“社会网络服务于医疗”为目标，探索医疗社会网络的可行性及其中的科学问题，旨在具有一定前瞻性。

(3)与面向网络协议和拓扑结构等数据融合技术的研究不同，本书侧重从软件和计算的角度，重点分析说明大规模复杂传感器网络数据融合关键技术，并提出解决方案。

(4)本书结合信息融合中的推理技术和已有的分类学习方法作为智能信息处理的核心内容，旨在有效提高无线传感器网络智能信息处理的能力，同时也将为智能信息处理提供重要基础和保障。

前 言

随着无线传感器网络应用的普及，Web2.0 的飞速发展和移动互联网(mobile internet)时代的到来，越来越多的无线可穿戴系统/设备(如 Nike+ FuelBand 和基于无线传感器网络可穿戴健康监测系统等)和智能移动终端/设备(如智能手机和手持平板电脑等)被应用到面向家庭的移动健康医疗领域中。基于无线传感器网络的低成本医疗健康解决方案不仅惠及民生，还是解决社会医保问题的有效方式，而如何在资源有限的移动设备上根据用户的运动、位置、生理等相关信息进行有效融合以提供实时、准确的服务，是可穿戴健康监测系统需要关注的核心问题。数据融合研究是对系统实际应用的技术保证，也是保证其智能性的重要前提。可穿戴健康监测系统的数据融合研究为日后的“医疗健康云”平台探索技术路线，并建立坚实基础，也为大规模流行性疾病(如 SARS 和 H1N1)的预防、检测、治疗和监控提供可行性和支撑保障。

本书作者在中国科学院计算技术研究所传感器网络实验室攻读博士学位期间(2008年9月~2012年7月)，在“十一五”国家科技支撑计划重点项目《中医药诊疗与评价技术研究——中医四诊信息获取和症候分类特征信息分析方法研究》(编号：2006BAI08B01-02)的支撑下，以基于中医理论的可穿戴健康监测系统为应用背景，系统地对无线传感器网络数据融合关键技术进行了研究。同时，作者自2007年9月在清华大学计算机系知识工程组做访问学者以来，一直与其保持着在数据挖掘和社会网络领域的研究合作。这也为“大规模医疗社会网络”的建立提供了坚实的学术背景和有效的可行性思路。因此，本书以三个具有内在紧密联系的概念范围(层次)系统地讨论了数据融合，分别是(无线)传感器网络、可穿戴健康监测系统和(大规模)医疗社会网络。

本书的目的是通过传感器网络数据融合关键技术研究，面向当前形势下大规模传感器网络应用的实际需求，突破已有数据融合架构无法满足新应用特点的瓶颈，重点解决多源数据融合协同信息的不确定性和动态性问题。在网络化特点日趋明显的情况下，大幅提高传感器节点抗噪性和异构数据融合有效性，大力推动人工智能技术在数据融合决策中的应用，建立移动智能设备作为传感器网络节点时的目标状态检测新方法，从而满足实际应用对传感器网络系统的智能性要求。同时，开发支持大规模传感器网络数据融合的软件包及实际应用验证系统，尝试建立多源数据融合系统的性能评价标准，最后形成一套实用有效的可穿戴健康监测系统数据融合的新方法和工具。

本书拟针对目前传感器网络数据融合研究存在的问题，利用课题组已有的数据资源和积累的研究工作，以大规模传感器网络的数据融合模型为切入点，围绕节点

上轻量级数据融合抗噪技术、面向大规模传感器网络数据融合方法、多源异构数据及面向人工智能的高层数据融合算法展开研究,研究框架分为五个层面。数据融合架构层面,考虑偏好信息的不确定性及其对融合影响的动态性,引入历史感知数据(historical sensed data, HSD)以提高融合智能性和处理复杂数据模式的能力,创新性地提出一种新的多偏好驱动的分布式传感器网络数据融合模型。数据级融合层面,针对新应用中日益严重的信号干扰以及节点资源受限而产生的低信噪比信号,本书采用最近邻方法进行数据关联,提出基于统计的阈值决策方法对数据属性进行判决,重点提出面向数据级融合的轻量级自适应特征抽取算法。特征级融合层面,设计目标——特征关联映射机制以解决特征关联问题,重点提出基于加权平均法的分布式多偏好特征级融合(MFA)算法,并给出基于支持向量机(support vector machine, SVM)的特征决策算法。决策级融合层面,为提高数据融合智能性及决策能力,将人工智能和机器学习的理论和方法应用到数据融合决策算法中。以基于无线传感器网络健康医疗为背景,将大规模传感器网络中决策因素形式化定义为时空概率因子图模型(temporal-spatial probability factor graph model, TS-FGM),设计基于TS-FGM的决策关联算法,重点提出面向决策级融合的TS-FGM学习算法,提出一种新的人体健康状态融合预测方法。同时,在基于可穿戴健康监测系统的医疗社会网络中进行医生推荐模型的研究。工具及验证系统层面,开发数据融合软件工具包和建立真实的多传感器多源数据融合应用验证系统。

本书具体研究内容为:①在面向新兴应用的数据融合模型/机制方面,创新性地提出了多偏好驱动的分布式传感器网络数据融合模型,以解决融合过程中协同信息不确定性和融合影响动态性问题。②在节点上自适应面向数据级融合抗噪技术方面,本书提出了面向数据级融合的轻量级自适应特征抽取算法。③在传感器多源分布式特征级融合算法方面,本书提出了基于加权平均值的多源参数分布式特征融合算法,以解决多源传感器异构数据融合所具有的不确定性问题。④在基于人工智能的高层次数据融合算法方面,本书提出了基于SVM的数据融合决策算法,以提高传感器网络(特别是大规模传感器网络)的决策/识别准确性和智能性。⑤在面向大规模传感器网络数据融合方法方面,本书提出基于TS-FGM的决策数据融合算法,以解决当以移动智能设备(如智能手机或无线健康监测系统)作为传感器网络节点,并用于人体感知时,对节点间相互关系(如社会关系)、属性关联和动态不确定性因素进行统一建模分析的问题。⑥在开发数据融合软件工具包和完善应用验证系统方面,本书在多源传感器数据融合关键技术研究的过程中,为解决用于验证的网络数据问题,成功研发了基于传感器网络的健康监测及数据融合验证系统。⑦医疗社会网络中医生推荐模型的研究。首先,系统地给出大规模医疗社会网络的背景意义、现状动态、研究内容和技术方案。然后,研究如何在医疗社会网络中帮助病人找到(最)合适的医生,具体包括医生-病人关系挖掘、关系优化、网络特征抽取、医生权威度排序、医生推荐。其中核心内容是医生推荐部分,采用两种方法:考虑到病人的偏好提出

基于加权均值法的个性化医生推荐模型和利用网络空间性质提出基于随机游走模型的推荐模型。该研究内容的意义在于探索将真实的社会关系用于医生推荐中，区别于传统的基于信息检索技术的解决方案，并能够获得更好的推荐精度和性能。

可穿戴健康监测系统是无线传感器网络的一类热门的实际应用，因此在对可穿戴健康监测系统数据融合进行研究的时候必须考虑传统无线传感器数据融合相关内容，二者有所侧重，但考虑到可穿戴健康监测系统社会性这一特征的日益显现，其内容扩展到医疗社会网络数据融合。本书整个研究工作以提高无线传感器精度(如识别跟踪、状态和特性估计的精度)和智能性(如态势评估)为主线，从不同融合层次设计对应用的支持，每个研究环节互相依赖、互相支持。为解决实际应用中出现的问题，所提出的数据融合算法既是对人工智能数据融合技术的研究，又是对所提出的数据融合模型的实例和验证，同时在大规模医疗社会网络中进行医生推荐的研究。图1给出本书研究内容之间的关系。

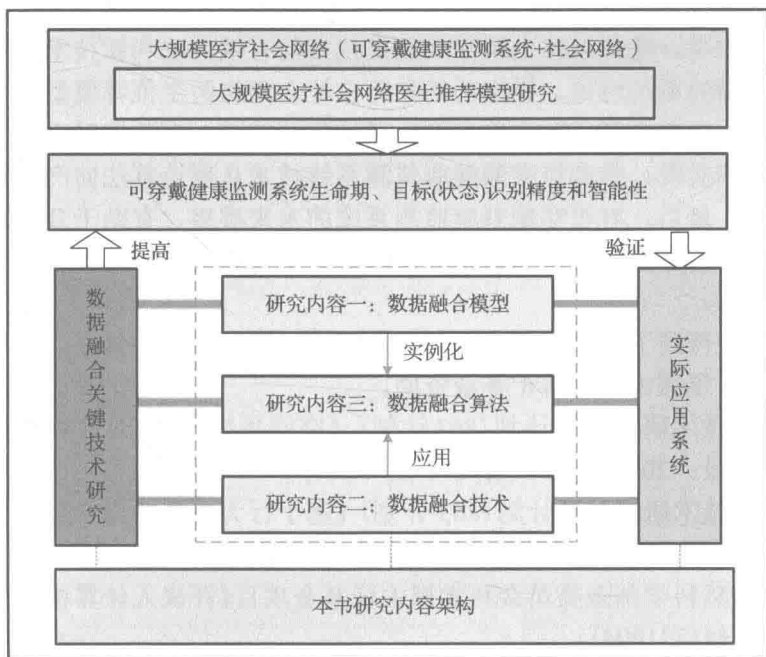


图1 本书内容及其相互关系

由图1可以看到，针对每个研究内容，我们都设计相关的算法、形式化、策略，从整体上完善了大规模无线传感器网络中的数据融合。具体而言，可从以下角度描述研究内容之间的联系：①从功能角度来看，本书的研究形成一个完整的应用系统所具备的功能，节点上轻量级自适应特征抽取、融合生成多源参数数据模式，对数据模式进行训练、学习并给出分类决策，每个研究都是下一个研究的功能基础，或者说，每个研究都为下一个研究对应的算法或模型产生输入。②从融合级别角度来

看,分别涵盖了数据融合的所有层次和级别,是按数据级、特征级和决策级数据融合顺序开展的,它们是逐次递进,前一融合层次是后一个的基础。③从融合模型角度来看,其他算法或方法都是对所提出数据融合模型的实例化和有效验证。④从技术角度来看,分别涵盖了轻量级、自适应技术、协同分布式、人工智能等技术,涉及概率论、集合论、图论、随机过程等理论,包括加权平均法、m/n 逻辑法等方法。

本书的研究成果可以直接用于基于传感器网络的可穿戴健康监测系统的设计、分析和优化,为未来的可穿戴计算、医疗数据挖掘及分析、医疗互联网等数据处理软件、算法提供可行的解决方案和有价值的参考。本书所提出的多偏好驱动传感器网络数据融合模型可以为所有无线传感器网络应用系统提供融合框架,是提供个性化服务的新技术、新方法的基础;实现的面向数据级融合轻量级自适应特征抽取技术可以作为时序感知数据融合处理的新技术;基于加权平均法的分布式多偏好特征级融合算法是可穿戴健康监测系统经典方法的实际应用范例;面向决策级融合的基于因子图模型的健康状态预测方法不仅能够提升可穿戴健康监测系统的智能性,提升服务水平,还可以作为医疗大数据挖掘的有效方法和新技术;通过对大规模医疗社会网络的系统讨论,提出的两种医疗社会网络医生推荐模型不仅为智能性做出实际贡献,还奠定了“医疗健康云”理论算法基础;对数据融合关键技术应用验证系统设计和实现,推动可穿戴健康监测系统技术从理论算法向产业化应用迈出了坚实的一步;最后,对可穿戴健康监测系统的未来展望,有助于开展前瞻性的研究工作,突出了可穿戴健康监测系统数据融合的研究意义的同时,也为读者指出了探索性研究方向。

本书的出版得到了两项国家 863 计划、两项国家自然科学基金、一项河北省自然科学基金及一项燕山大学博士基金资助。

(1) 国家高技术研究发展计划(863 计划)《空间兴趣点(POI)数据搜索服务关键技术研究》(编号:2015AA124102)。

(2) 国家高技术研究发展计划(863 计划)《基于行为心理动力学模型的群体行为分析与事件态势感知技术》(编号:2014AA015103)。

(3) 国家自然科学基金委员会科学部主任基金项目《评议人计算机辅助指派系统研究》(编号:M1321004)。

(4) 国家自然科学基金项目《P2P-Grid 环境中分布式不确定本体模型的研究》(编号:61303130)。

(5) 河北省自然科学基金项目《大规模医疗社会网络建模与分析》(编号:F2015203280)。

(6) 燕山大学博士基金项目《社会网络建模与分析》(编号:B475)。

感谢我的博士生导师崔莉研究员审阅全书,并提出了建设性的意见。感谢清华大学唐杰教授在医疗社会网络方面对本书研究观点的建设性意见以及一直以来的无私帮助和经验分享。研究生郭彦磊、王立立、关盼盼、张琳,本科生刘海迪、王红

刚、王伟(男)、黄若然、韩驰、张欢、陈利克、张子青、胡文鹏、范琦琦、赵金青、王伟(女)和武婵媛都为本书的撰写做出了重要贡献。特别地,郭彦磊在大数据处理技术内容方面,王立立在基于机器学习的智能预测分析、文献调研、撰写翻译部分内容、绘图及格式调整方面,刘海迪在全书排版和校对方面,王红刚在交互数据方面,王伟(男)、黄若然、韩驰、张欢、陈利克和张子青在分布式并行架构、实时增量抓取策略、流式检索服务以及大数据分析处理等方面都提供了有力支撑和帮助,作者在此一并表示感谢。

感谢家人在本书撰写过程中的理解、付出和大力支持。感谢作者所在单位燕山大学在政策上的鼓励、支持,以及同事的热心帮助。

虽经多年研究,但由于作者水平有限,本书内容及学术观点不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2015年5月于燕山大学

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 可穿戴健康监测系统	2
1.1.1 概念定义	2
1.1.2 统一命名	3
1.1.3 系统架构	5
1.1.4 发展现状	7
1.1.5 未来展望	17
1.2 研究背景	21
1.3 研究意义	23
1.4 问题分析	24
1.4.1 传感器网络的应用特征和科研特点	24
1.4.2 传感器网络数据特点	30
1.4.3 存在问题	31
1.5 面临挑战	31
1.6 可穿戴健康监测系统数据融合研究内容	34
1.7 与传统无线传感器网络数据融合的区别	40
1.8 数据融合未来展望	41
1.8.1 发展趋势	41
1.8.2 物联网中数据融合	42
1.8.3 云计算中数据融合	45
1.9 本书内容	47
1.10 未来研究	49
1.11 本章小结	50
参考文献	51
第 2 章 传感器网络数据融合关键技术研究综述	58
2.1 传感器网络数据融合方法研究	58
2.1.1 数据融合的定义和原理	59

2.1.2	数据融合的应用及特点	60
2.1.3	数据融合的技术/算法	64
2.1.4	数据融合与各协议层的关系	69
2.1.5	数据融合在各协议层的实现	69
2.1.6	数据融合中信息的类型	72
2.2	数据融合模型	73
2.3	数据融合的分类	78
2.4	数据融合当前研究热点	82
2.5	数据融合研究现状及代表性工作	83
2.5.1	研究现状	83
2.5.2	代表性工作	84
2.6	本章小结	90
	参考文献	90
第3章	多偏好驱动传感器网络数据融合模型	98
3.1	MPD-Model 产生的背景	98
3.1.1	传感器网络对数据融合模型的需求	98
3.1.2	传感器网络应用对智能性的需求	100
3.1.3	历史数据在融合中的作用	102
3.1.4	传感器网络物理模型的驱动	103
3.2	相关研究	105
3.3	多偏好驱动传感器网络数据融合模型	107
3.3.1	传感器网络系统描述	108
3.3.2	融合模型设计依据	109
3.3.3	融合模型提出及描述	110
3.3.4	融合模型实例说明	114
3.4	偏好信息量化方法	115
3.5	模型评估方法及指标体系	117
3.5.1	非参数检验	117
3.5.2	基于算法分析与机器学习的评价指标	119
3.5.3	基于 JDL 模型的评价指标	120
3.6	模型验证及评估	121
3.6.1	实验设置	121
3.6.2	偏好信息影响权重有效性验证	122
3.6.3	与基线方法对比评估	124
3.7	MPD-Model 的优点及特色	125

3.7.1	MPD-Model 的优点	125
3.7.2	MPD-Model 的特色	127
3.8	本章小结	127
	参考文献	128
第 4 章	面向数据级融合的轻量级自适应特征抽取技术	132
4.1	特征抽取面临的问题及挑战	132
4.1.1	感知参数的多样性及模式复杂性	132
4.1.2	传感器网络低信噪比现象及原因	134
4.2	相关研究	134
4.3	数据关联	135
4.4	FEA 算法	136
4.4.1	算法自适应设计的依据	137
4.4.2	算法思想	138
4.4.3	信标特征点发现	139
4.4.4	候选特征点标识	139
4.4.5	正式特征点选择	140
4.5	数据属性决策	141
4.6	FEA 算法复杂度分析	143
4.7	FEA 中自适应参数的有效性验证	144
4.7.1	自动计算自适应参数有效性验证	145
4.7.2	先验知识自适应参数有效性验证	146
4.8	FEA 算法的性能评估	146
4.8.1	FEA 算法整体有效性验证	146
4.8.2	FEA 算法性能评估	148
4.9	本章小结	149
	参考文献	150
第 5 章	基于加权平均法的分布式多偏好特征级融合算法	152
5.1	相关研究	152
5.2	特征关联	153
5.3	多源参数融合影响权重的偏好分析	154
5.4	MFA 算法	155
5.5	基于 SVM 的特征决策算法	156
5.6	TFD-Pattern: 一种新的时间序列模式设计及说明	159
5.7	实验评估	161
5.7.1	MFA 算法融合有效性评估	161

5.7.2	MFA 算法降耗比评估	161
5.7.3	MFA 性能评估	162
5.8	本章小结	163
	参考文献	163
第 6 章	面向决策级融合的基于因子图模型的健康状态预测方法	164
6.1	决策级融合问题产生背景	164
6.1.1	研究动机	165
6.1.2	面临挑战	166
6.1.3	方法贡献	167
6.2	算法设计依据及说明	167
6.3	相关研究	168
6.4	基于 TS-FGM 的决策关联	169
6.4.1	问题定义	169
6.4.2	TS-FGM	170
6.5	面向决策级融合的 TS-FGM 学习算法	171
6.6	人体健康状态预测/检测	173
6.7	实验评估	174
6.7.1	实验设置	174
6.7.2	预测性能	175
6.7.3	与基线算法对比	177
6.8	本章小结	177
	参考文献	178
第 7 章	大规模医疗社会网络	180
7.1	引言	180
7.2	产生背景	182
7.3	研究意义	183
7.4	概念说明	184
7.4.1	概念定义	184
7.4.2	实例说明	186
7.4.3	PDhms: 一个真实的医疗社会网络节点	187
7.4.4	EasiCPR: 数据融合关键技术应用验证系统	187
7.5	国内外研究现状及发展动态	195
7.5.1	国内外研究现状	195
7.5.2	国内外发展动态	196
7.6	研究内容及关键科学问题	198

7.6.1 研究内容	198
7.6.2 关键科学问题	201
7.6.3 创新点	202
7.7 技术方案及可行性分析	202
7.7.1 技术方案	202
7.7.2 可行性分析	210
7.8 已有研究基础	212
7.9 研究工作条件	214
7.10 本章小结	214
参考文献	214
第 8 章 医疗社会网络医生推荐模型的研究	218
8.1 引言	218
8.2 相关研究	219
8.3 模型架构	221
8.4 基于概率因子图模型医生-病人关系挖掘	221
8.5 医生-病人社会关系优化	223
8.6 用于计算医生权威度的特征抽取	225
8.7 基于 Ranking SVM 的医生权威度排序	226
8.8 基于偏好的个性化医生推荐模型	227
8.9 基于随机游走模型的医生推荐方法	228
8.9.1 转移概率矩阵定义	228
8.9.2 基于随机游走模型的节点排序推荐算法	229
8.10 实验及评估	230
8.10.1 医生-病人关系挖掘评估	232
8.10.2 基于 Ranking SVM 算法的有效性	233
8.10.3 医生权威度排名评估	234
8.10.4 IDR-Model 推荐性能评估	234
8.10.5 RWR-Model 推荐性能评估	236
8.11 本章小结	237
参考文献	237

第 1 章 绪 论

作为无线传感器网络 (wireless sensor network, WSN)^[1]数据的一个热门的实际应用,可穿戴健康监测系统 (wearable healthcare monitoring system, WHMS)^[2-4]数据融合 (data fusion) 是一个新兴的研究领域,一个多级的,多方面的,将来自于多个数据源(或多个传感器)的数据进行处理的过程。它能够获得比单独一个传感器更高的准确率,更有效和更易理解的推论^[5]。无线传感器网络数据融合技术是近几年来发展起来的一门实践性较强的应用技术,是多学科交叉的新技术,涉及信号处理、概率统计、信息论、模式识别、人工智能、模糊数学等理论。近年来,多传感器数据融合技术无论在军事还是民事领域的应用都极为广泛^[6]。多传感器数据融合技术已成为军事、工业和高技术开发等多方面关心的问题。数据融合有多种分类方式或角度,最常用的是按操作级别或数据/信息抽象层次将融合划分为数据级/像素级融合、特征级融合和决策级融合。本书以融合模型/架构研究作为切入点,针对应用系统中的实际问题,分别对以上三个层次的数据融合算法进行研究,并研发多传感器多源数据融合应用验证系统,最后形成一套实用有效的传感器网络数据融合方法和工具。具体而言,首先,针对当前形势下的应用需求,将融合架构定义为一个信息智能处理和机器学习的过程;然后,将数据级融合定义为时间序列自适应抽取问题、将特征级融合定义为特征空间划分决策问题,以及将决策级融合定义为联合概率目标函数的优化问题;在已研发的真实应用系统上对以上融合模型和算法进行验证,并形成一套实用的传感器网络数据融合工具包;对大规模医疗社会网络进行系统的初步探索,并从数据融合的角度对医生推荐模型展开研究;最后,对以上研究进行总结和展望。

本章 1.1 节介绍可穿戴健康监测系统的概念、统一命名、总体架构、发展现状和未来展望;1.2 节和 1.3 节分别介绍可穿戴健康监测系统数据融合的研究背景和研究意义;1.4 节介绍在分析了传感器网络的应用特征、科研特点和数据特点之后,指出数据融合存在的实际问题;1.5 节阐明可穿戴健康监测系统数据融合所面临的挑战;针对以上挑战,1.6 节给出数据融合研究内容、创新点和技术贡献;根据以上的研究内容和创新点,1.7 节给出可穿戴健康监测系统数据融合与传统无线传感器网络数据融合的联系和区别;1.8 节对可穿戴健康监测系统数据融合的未来进行展望;1.9 节介绍本书的内容及其组织结构图;1.10 节给出下一步研究方向和内容;1.11 节对本章进行总结。