

“十一五”国家重点图书出版规划项目



海军新军事变革丛书

总策划：魏 刚 主 编：马伟明

多传感器数据融合手册

Handbook of Multisensor Data Fusion



[美] David L. Hall James Llinas 编

杨露菁 耿伯英 主译

裴晓黎 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

总策划：魏 刚

主 编：马伟明

海军新军事变革丛书

Handbook of Multisensor Data Fusion

多传感器数据融合手册

[美] David L. Hall James Llinas 编

杨露菁 耿伯英 主译

裴晓黎 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING



Copyright © 2001 by CRC Press LLC. Neither this book nor any part may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, microfilming, and recording, or by any information storage or retrieval system, without prior permission in writing from the publisher.

All rights reserved. Authorized translation from English language edition published by CRC, part of Taylor & Francis Group LLC.

本书英文版由 CRC 公司出版, CRC 公司已将简体中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可, 不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2006-1341

图书在版编目(CIP)数据

多传感器数据融合手册/(美)霍尔(Hall, D. L.)等编; 杨露菁, 耿伯英主译.
北京: 电子工业出版社, 2008. 5

(海军新军事变革丛书)

书名原文: Handbook of Multisensor Data Fusion

ISBN 978-7-121-06176-9

I. 多… II. ①霍…②杨…③耿… III. 传感器—数据融合—技术手册 IV. TP212—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031344 号

责任编辑: 吴 源 易 昆

印 刷: 北京天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

北京市海淀区翠微东里甲 2 号 邮编: 100036

开 本: 850×1168 1/32 印张: 25.5 字数: 680 千字

印 次: 2008 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 80.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

海军新军事变革丛书

- 丛书总策划 魏 刚
- 编委会主任 马伟明
- 编委会副主任 文宏武 高敬东 李敬辉 赵晓哲
曹跃云
- 常务副主任 贲可荣
- 编委会委员 (以姓氏笔画为序)
- | | | | |
|------|-----|-----|-----|
| 王公宝 | 王永生 | 王永斌 | 王延璋 |
| 王德石 | 朱建冲 | 朱 锡 | 刘 勇 |
| 邱志明 | 宋裕农 | 何 琳 | 吴正国 |
| 吴晓锋 | 张永祥 | 张明敏 | 郁 军 |
| 侯向阳 | 高 俊 | 夏惠诚 | 鲁 明 |
| 察 豪 | 蔡志明 | 潘德彬 | |
| 选题指导 | 徐 韬 | 唐宗礼 | 胡 颀 |
| | 邹时禧 | | 裴晓黎 |
| 出版策划 | 卢 强 | 吴 源 | |

多传感器数据融合手册

主审 裴晓黎

主译 杨露菁 耿伯英

审稿 邹时禧 邓建辉 马 忠

翻译 王 炜 罗 兵 徐 勇

胡习霜 张旭东

《海军新军事变革丛书》总序

进入 21 世纪,一场世界性的新军事变革以前所未有的深度和广度迅猛发展。这场变革以信息技术的飞速发展直接动力,以军事技术的变革、军事理论的创新和军队体制结构的调整改革为核心内容,目标是把工业时代的机械化军队建设成为信息时代的信息化军队,使战争形态加速向信息化演变。因此,新军事变革是军事领域一次新的历史性飞跃,在世界军事史上具有划时代的意义。

党的十六大报告明确指出,国防和军队建设要“适应世界军事变革的趋势”,“努力完成机械化和信息化建设的双重历史任务”。新军事变革的深入发展,已经深刻改变了世界军事领域的面貌。认真研究它的内在规律,探索信息化战争的制胜之道,实现我军现代化建设的跨越式发展,是我们面临的现实而紧迫的历史性任务。面对新军事变革的浪潮,我们必须更新思想观念,开阔视野,时刻关注世界军事领域发生的深刻变化,准确预测世界军事发展的趋势,从我国的国情军情出发,牢牢把握军事变革的方向,加速推进中国特色的军事变革,不断提高人民海军现代化作战能力。

古人云:兵者,国之大事。死生之地,存亡之道,不可不察。中国是濒海大国,海上方向的防御是国防的重要组成部分。建设一个强大的国防,建设一支强大的海军,关系到民族的荣辱和国家的兴衰。中国近代屡遭列强来自海上的侵略,几乎所有的重要港口、岛屿和沿海地区,都曾受到外敌蹂躏。惨痛的历史告诫我们,军事上落后必然使国家遭受耻辱,没有海上安全就没有国家安全。海军是一个国际性战略军种,担负着维护国家海洋权益、保卫国家海上安全的重要使命。我们必须看到,在世界性新军事变革中,战争

形态已经发生了深刻变化,海军的作战和建设也出现了一系列新的特点。对此,我们应在密切关注的同时,深入研究信息化条件下的海军作战思想、武器装备、体制编制、教育训练和后勤保障,发展和创新海军作战理论,在推进中国特色的军事变革过程中完成机械化和信息化建设的双重历史任务。

江主席指出,在当今世界,任何一支军队,如果关起门来搞建设,拒绝学习国外先进的东西,是不可能实现现代化的。世界新军事变革的大潮来势猛、发展快。各军事强国纷纷加快军队的信息化建设,抢占战略制高点,虽然从总体上看,目前新军事变革还处在初级阶段,但外军在新军事变革中积累了一些有益的经验。同时,现代科学技术在国际间的迅速转移和相互渗透,为我们准确把握世界科技发展前沿、吸收最新科研成果提供了有利条件,也为我们最大限度地发挥后发优势、在自力更生的基础上跨越某些技术上的发展阶段、加快人民海军的现代化建设提供了机遇和可能。海军是技术与知识高度密集的军种,海军建设有其内在规律。我们在推进海军的军事变革时,必须坚持自主创新,同时大胆借鉴和吸收国外最新军事科研成果和先进经验,在借鉴和创新中实现“跨越式”发展。

发展与创新中很重要的方面是了解世界,面向未来。信息化战争从一定意义上来说,既是武器装备等物质条件的对抗,更是知识与观念等精神力量的较量。美国著名思想库兰德公司的军事研究专家马歇尔曾提出,未来“我们面临的首要挑战是知识的挑战”。夺取未来战争的战略主动权,必须依靠先进的科学技术和先进的军事理论。近年来,国外出版了许多研究新军事变革的著作和技术文献。把这些新的研究成果介绍给国内读者,有益于我们学习和借鉴外军的先进经验。海军装备部与海军工程大学组织专家编著翻译出版的这套海军新军事变革丛书,以翻译国外海军先进技术和理论著作为主,出版海军军内自编教材和专著为辅,对世界海军在新军事变革中推出的研究成果进行了系统介绍。这是一项很

有意义的工作。在此我谨对参与这项工作的各位专家表示感谢。同时对各位译、著者在笔耕之劳中付出的心血表示敬意。希望这套丛书能够对推进中国特色的军事变革,加快人民海军的信息化建设发挥积极的借鉴与参考作用。

中央军委委员

海军司令员

二〇〇四年七月十八日

张定发

译者序

《多传感器数据融合手册》一书汇集了近年来诸多数据融合研究机构及其专家学者的成果。全书分为五个部分。第一部分介绍了数据融合术语和模型。第二部分阐述了多传感器多目标跟踪问题的一些处理方法。第三部分介绍了数据融合系统设计与开发问题。第四部分介绍了数据融合技术的广泛应用。第五部分列举了一些与多传感器数据融合相关的互联网站和新闻组。该书内容丰富,涉及面广,既包含了数据融合方面的基本概念、基本理论、关键技术,也包含了数据融合系统的设计开发方法,还有诸多数据融合的应用案例。

书中涉及到了一些专用词汇,为了在使用这些词汇时尽量能做到统一,在翻译过程中采用了书后的词汇表,阅读人员也可参考这些词汇表。

在本书的翻译和校稿过程中,贾可荣教授给予了大量的关心和帮助。本书的翻译工作还得到了编委会、出版社的大力支持。在此对他们的辛勤工作表示感谢!

数据融合技术本身涉及到的知识面非常广,因此本书涉及的内容也十分宽泛,对翻译人员的知识广度是个不小的考验,因此尽管翻译人员尽了最大努力,但译文中难免会出现不妥或错误之处,请读者给予批评指正。

前 言

多传感器数据融合是一种新兴技术,既可用于解决自动目标识别(ATR)、敌我识别(IFFN)系统、战场监视以及自动车辆的制导和控制等军事问题,也可用于解决复杂机械监控、环境监视和监控系统、医学诊断以及智能大楼等非军事问题中。数据融合汇集了信号处理、模式识别、统计估计、人工智能和控制理论等多门学科的相关技术。计算机技术的快速发展、微型机械电子系统(MEMS)传感器的高速增长以及数据融合技术的成熟,为数据融合的广泛应用提供了基础。

本书旨在为数据融合系统设计人员和研究人员提供全面的资料,包括概念、模型、算法、系统工程问题和应用实例。全书分为四个主要部分。第一部分介绍了数据融合的基本术语和模型。这部分共包括7章。其中第1章介绍了数据融合的基本概念及其术语。第2章介绍了广泛用于美国国防应用领域的实验室联合理事会(JDL)数据融合处理模型。Jeffrey Uhlmann在第3章中探讨了多目标多传感器跟踪问题,介绍了数据关联中一些具有挑战性的问题。Ed Waltz在第4章中介绍了图像和空间数据融合的概念。Richard Brooks和Lynne Grewe在第5章中介绍了图像融合中的数据配准问题。Richard Antony在第6章中探讨了态势评估和数据库管理中的数据融合问题。最后,Joseph Carl在第7章中对各种证据组合方法进行了比较,这些方法分别利用了概率和模糊集理论。

多传感器融合中一个长期探讨的问题就是综合利用来自多传感器的数据进行运动目标跟踪。高斯是最早研究这个问题的,他提出了利用最小二乘法来估计小行星的运行轨迹。在一般形式

下,这个问题并不容易处理。在通常情况下,我们并不知道存在多少个目标,或者怎样将观测值分配给目标,因此必须基于 M 个传感器报告来同时估计 N 个目标的状态(例如位置和速度),还要确定 M 个报告与 N 个目标的对应关系。在目标存在机动、空间密集分布,并存在杂波和虚警的情况下这个问题是很复杂的。

第二部分阐述了多传感器多目标跟踪问题的一些处理方法。在第 8 章中, T. Kirubarajan Yaakov 和 Bar-Shalom 概述了概率数据关联(PDA)方法及联合概率数据关联方法(JPDA)。这些方法在密集目标跟踪环境下很有用。在第 9 章中, Jeffrey Uhlmann 介绍了另一种方法,它是利用一种近似的方法来处理数据关联及组合问题。在第 10 章中, Lawrence D. Stone 介绍了目标跟踪和识别的经典贝叶斯方法,这种方法已被用于水下目标的识别与跟踪问题中。第 11 章总结了 Aubrey B. Poore, Suihua Lu 和 Brian J. Suchomel 的最新研究, Poore 对最优问题进行了推广,将估计与数据关联问题结合起来,并提出了有效的计算方法。在第 12 章中, Simon Julier 和 Jeffrey K. Uhlmann 探讨了目标误差估计的有关问题,以及如何处理传感器间的相互依赖关系。在第 13 章中,他们将此推广到了非线性系统中。最后,在第 14 章中, Ronald Mahler 对利用随机集理论进行多目标多传感器跟踪的问题进行了广泛探讨。

第三部分介绍了数据融合系统的设计与开发问题。在第 15 章中, Ed Waltz 和 David L. Hall 论述了获取数据融合系统需求的系统方法。在第 16 章中 Christopher Bowman 和 Alan Steinberg 概述了数据融合系统的系统工程方法,包括如何选择合适的体系结构。在第 17 章中 David L. Hall, James Llinas, Christopher L. Bowman, Lori Mcconnel 和 Paul Applegate 对数据融合算法的选择提供了工程指导方针。在第 18 章中 Richard Antony 对数据库管理在战术数据融合中的应用做了阐述。在第 19 章中, Mary Jane Hall, Sonya Hall 和 Timothy Tate 对数据融合系统中人机接

口(HCI)设计的新概念进行了概述。在第 20 章中 James Llinas 介绍了性能评估问题。最后,在第 21 章中 David L. Hall 和 Alan N. Steinberg 对数据融合中的一些小秘诀做了论述。在这部分里论述了设计与开发数据融合系统的实现经验,虽然这些经验主要来自军事应用,但对任何应用中的系统设计人员都有帮助。

第四部分在介绍数据融合技术的广泛应用方面做了一些尝试。在第 22 章中 Mary L. Nichols 对军事融合系统进行了一定的探索;在第 23 章中 Carl S. Byington 和 Amulya K. Garga 将数据融合用于改善复杂机械系统的监控性能;在第 24 章中 Robert J. Hansen、Daniel Cooke、Kenneth Ford 和 Steven Zornetzer 概述了美国国家航空航天局(NASA)的一些数据融合技术应用;在第 25 章中, Richard R. Brooks 概述了 DARPA 所资助的一些数据融合应用。最后在第 26 章中, Hans Keithley 论述了 C4ISR 系统中如何确定数据融合效能的问题。这一部分并不想对数据融合的应用做一个全面的论述,而是想让读者了解不同类型数据融合的应用。最后,在本书的第五部分列举了一些与多传感器数据融合相关的互联网站和新闻组。

编者希望本书能够对数据融合研究人员和系统设计者有所帮助。需要提醒读者的是数据融合是一个发展中的学科,即使对于传统的问题,如多传感器多目标跟踪,仍然存在一些较有竞争力的方法,本书试图鉴别并提供数据融合中的一些主要方法。要对读者提出的忠告是,在数据融合领域(尤其是本书的一些作者所涉及的领域)中,在有关哪一种融合方法最好的问题上还存在争论。令人感兴趣的是,在本书中作者会指出他们自己的技术与其他作者的技术之间的关系。本书许多作者的最新文章中提出了一些特殊的方法,而这些作者将这些信息进行提炼和概括,形成了本书的一章内容。

在特定的应用中,我们认为每一种有竞争力的方法都应加以考虑,数据融合技术有广泛的应用领域,但是没有一种通用的数据

融合系统,也没有一种神奇的方法或技术,即使是很复杂的算法都会因缺乏先验信息或因传感器性能问题而失效。因此我们希望读者能够掌握尽可能多的数据融合方法。

我们希望本书与其他有关数据融合方法和技术的书籍刊物一起,能够对数据融合技术走向成熟有所帮助。

致谢

编者向 Natalie Nodianos 女士的支持和所做的贡献表示感谢,她在与本文作者的协调过程中做了大量的工作,并帮助整理和完善了他们的手稿。她的细致和洞察力极大地促成了本手册的顺利完成。此外,编者还要向 Mary Jane Hall 所做的大量工作表示感谢,她在编辑过程中提供了大量的帮助,完成了许多绘图工作,在最终定稿时做了大量的整理工作,整个工作过程中她还不断给予我们鼓励和精神上的支持。最后编者向 Barbara L. Davies 提供的帮助表示感谢。

编者简介

David L. Hall, 博士, 宾夕法尼亚州立大学信息科学与技术学院副院长, 主管科学研究和研究生教育, 获天体物理学硕士、博士学位以及物理学和数学学士学位。Hall 博士是 IEEE 高级会员, 从事数据融合及相关技术领域研究 20 多年, 曾应邀做过数据融合及人工智能领域的国际性学术报告, 此外还参加了几项军用实时数据融合系统的研制, 出版了三本著作(包括 Artech House 于 1992 年出版的《多传感器数据融合的数学方法》), 发表了 180 多篇学术论文。在进入宾夕法尼亚州立大学之前, Hall 博士在计算机科学公司以及麻省理工学院林肯实验室从事 HRB 系统(Raytheon 的一个部分, E 系统)的研究。

James Llinas, 博士, 布法罗纽约州立大学副教授, 获工业工程博士学位, 数据融合专家。合作出版了该领域第一本综合性著作(Artech House 于 1990 年出版的《多传感器数据融合》), Llinas 博士在国际上从事该领域的讲学超过 15 年。在过去十年中, 他一直担任美国国防部实验室联合理事会数据融合组技术顾问。Llinas 博士在数据融合技术的应用方面具有丰富经验, 范围涉及从复杂的军事和智能系统到非军事诊断系统。目前的研究项目包括自动推理、分布式协同问题求解、航空电子信息融合体系结构和数据关联等方面的基础理论和应用研究。

目 录

I 多传感器数据融合引论

1 多传感器数据融合	2
1.1 引言	2
1.2 多传感器的优势	3
1.3 军事应用	4
1.4 非军事应用	7
1.5 三种处理体系结构	9
1.6 一种数据融合处理模型	11
1.7 技术发展水平评估	12
1.8 其他文献信息	15
参考文献	15
2 JDL 数据融合修正模型	16
2.1 引言	16
2.2 数据融合的含义	16
2.2.1 数据融合的任务	16
2.2.2 数据融合的定义	19
2.3 模型和体系结构	20
2.3.1 数据融合“层次”	22
2.3.2 关联和估计	24
2.3.3 层次间关系和态势感知	26
2.3.4 属性估计和关系估计功能	27
2.4 信息状态和感知状态	33
2.5 与其他模型的比较	36

2.5.1	Dasarathy 功能模型	36
2.5.2	Bedworth 和 O'Brien 对各种模型比较以及 Omnibus 模型	38
2.6	总结	40
	参考文献	41
3	多目标跟踪数据关联算法介绍	43
3.1	引言	43
3.1.1	航迹维持	44
3.1.2	最近邻	47
3.1.3	航迹分裂和多假设	49
3.1.4	跟踪门	50
3.1.5	二分查找和 kd 树	53
3.2	三叉树	57
3.3	优先级 kd 树	60
3.3.1	结论的应用	63
3.4	结论	67
	致谢	68
	参考文献	68
4	图像和空间数据融合原理及实践	70
4.1	引言	70
4.2	图像和空间数据融合的意义	70
4.3	图像和空间数据融合定义	73
4.4	多传感器自动目标识别数据融合的三个典型层次	77
4.4.1	像素层融合	77
4.4.2	特征层融合	79
4.4.3	决策层融合	81
4.4.4	多层次融合	82
4.5	用于图像数据增强的图像数据融合	83
4.5.1	多分辨率图像	84
4.5.2	动态图像	85