

Conceptions, Methods and Applications
on Information Fusion

信息融合

概念、方法与应用

赵宗贵 熊朝华 王珂 许阳 著

Information fusion



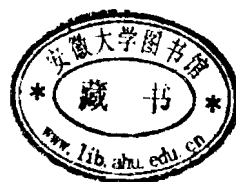
国防工业出版社

National Defense Industry Press

信息融合概念、方法与应用

Conceptions, Methods and Applications
on Information Fusion

赵宗贵 熊朝华 王珂 许阳 著



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

信息融合概念、方法与应用/ 赵宗贵等著. —北京:
国防工业出版社, 2012. 11

ISBN 978 - 7 - 118 - 08089 - 6

I. ①信... II. ①赵... III. ①信息融合—研究
IV. ①G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 267733 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)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 25 字数 569 千字
2012 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 78.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777
发行传真: (010) 88540755

发行邮购: (010) 88540776
发行业务: (010) 88540717

序

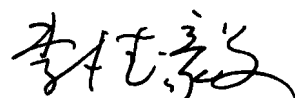
在人类认识世界的过程中,信息融合起着不可或缺的作用;它通过多源信息的关联、归纳和推理,产生对事物完整、准确的认识,为人类改造世界的决策和行动提供依据。在步入信息时代的今天,信息融合作为一门新兴的跨领域学科和工程实现技术,已在疾病诊断、机器人、交通控制、地质探测、自然灾害预报,以及安全监测等诸多领域获得广泛应用。在 21 世纪所面临的信息化战争中,随着传感器和探测手段的增多,人们几乎被信息海洋所淹没,即信息过多但并不充分。这就使得战场感知领域成为信息融合的主要需求和发展的推动力。

赵宗贵研究员是我国 C⁴ISR 领域知名专家,自 1991 年信息融合概念进入我国,他率先树起信息融合旗帜,编译了第一本进入我国的信息融合专著: E. L. Waltz 和 J. Llinas 的《多传感器数据融合》,该译著虽然只印刷 500 册且没有正式出版,但很快风靡全国,引领了我国信息融合领域的发展。20 年来,赵宗贵研究员和他的团队密切跟踪美国 JDL 信息融合专业组不断滚动发展的信息融合理论、方法和技术研究成果,密切关注各领域中的信息融合应用状况,并结合我国实际进行理论和应用创新,在 ISR 和 C⁴ISR 领域的应用中,取得了不斐的成绩。本书就是该研究团队 20 余年部分研究成果和应用的一个概括。该书的特点之一是创新性,在信息融合体系结构、态势与威胁估计、柔性融合、非均匀分布传感器空间配准等概念、方法和实现技术等方面均有创新。特点之二是实践性,书中给出了大量来自工程实际应用的研究成果和案例,应用实践使相关概念更加清晰,如关联与相关的差异、态势的清晰性和连续性、信息融合级别的内涵等,纠正了如统一态势、决策级融合等模糊概念;书中还描述了信息融合随应用实践滚动发展出现的新概念和新方法,如软数据、硬数据及其融合方法,分布式融合结构和实现方法,态势一致性等。特点之三是指导性,该书的每一章内容都从技术发展和应用需求角度,指出了技术难点、尚未解决的问题和发展趋势,以引领相应的研究工作。

该书的内容来自团队自身的研究和实践成果,以及尚未编译刊出的最新研究文献。该书采用扬长避短的方式,通篇逐句自主撰写,内容完整,与已有信息融合领域出版物基本上无重复描述,这在国内并不多见。该书的出版发行必将进一步推动我国信息融合理

论、方法和技术的发展,推动信息融合应用迈上新台阶。

在人类认识世界和改造世界的长河中,随着科学技术的螺旋上升式交叠发展,信息融合必将向知识融合和智慧融合演变。期望赵宗贵研究员及其团队在信息融合发展中有进一步成果和新的著作问世。



2012.6

前 言

现代信息化战争中,信息来源愈益广泛,信息量愈益增大,表现形式愈益多样;对信息处理的响应速度及精度等要求不断提高,大大超出人脑和人工手段的信息综合能力,因而利用计算机和计算网络技术对获得的多源信息进行自动分析、优化综合以获得作战活动所需的估计与判断结果——信息融合,已成为各类军事信息系统的核心技术之一。

信息融合起源于军事需求,军事领域一直是它的产生和主要应用领域。信息融合军事概念是指战场态势感知诸环节(信息获取、信息传输、时空配准、目标估计、态势/威胁估计、态势展现)中多源信息的处理过程,其目的是获取及时、准确、连续、完整和一致的战场态势,以支持战场预警、作战决策、指挥控制、火力打击等作战活动。早期称之为“数据融合”,主要进行多传感器测量数据的融合,以获得及时、准确的目标估计,对目标进行连续跟踪。20世纪90年代以后,随着融合信源不断扩大,包括了技侦、人工、开源等各类侦察情报和中长期情报;信息形式也更加多样化,包含了信号、数据、声音、图像、文本等;并且融合能力也提升到战场态势估计和威胁判断等高级功能,作战应用则扩展到指挥决策和精确打击;此时更多地使用“信息融合”这一概念。不过在目前很多军事应用场合,两个概念在一定程度上是通用的。

信息融合技术产生与发展来源于军事需求牵引,其发展历程可分为以下5个阶段:

- 信号融合

1973年,美国海军对海上分散配置的声纳报知的水下探测信号进行汇集,使目标信号增强,以检测某海域中的潜艇目标。当时称为信号融合,其融合处理同类(声纳)传感器模拟信号,采用集中式融合方式,功能主要是实现目标的发现、定位与识别。信息融合的概念即来源于此,或者说信号融合是信息融合的初始概念。

- 数据融合

20世纪70年代后期和80年代,有源雷达探测能力增强,自主检测和录取使得单雷达能获得目标点迹/航迹数据,实现单雷达目标跟踪;由于受通信带宽的限制,这一阶段雷达站只能将其处理后的目标航迹和属性数据传送到情报中心,在情报中心进行多雷达航迹数据关联和融合处理,生成目标综合航迹。由于在确定的多传感器配置条件下,只有通过多源探测信息融合才能提高战场整体感知能力(覆盖范围、目标数量、精度、时间延误、连续性等);因此,到20世纪80年代,多源数据融合概念已为各军事强国的战场感知系统(主要针对战场侦察和探测传感器等信息源)所认同。数据融合系统主要针对传感器数据,信源以同类多传感器为主,也包括具有同等信息形式的异类信源数据;主要功能以1级融合目标估计为主,实现多传感器探测目标的融合定位、识别与跟踪,作战应用以战场预警为主,部分应用于作战任务区分和作战平台指挥控制。

- 信息融合

进入 20 世纪 90 年代,随着苏联解体,冷战结束,地缘政治和多极化发展趋势与美国单极独霸世界的野心冲突加剧,局部冲突和战争频现。此时,出现了多军兵种联合作战和多平台协同作战需求。随着远程打击和精确打击武器/弹药的出现,协同作战和精确作战对战场感知的实时性和精确性提出了更高要求。此阶段战场感知系统接入的信息源类型进一步扩展,特别是中长期情报、技侦/部侦情报、人工情报的接入,在信息格式、信息粒度、信息不确定性和信息的相容性等方面出现较大差异,信息形式已远不止数据,出现信号、数据、图像、文本、声音等多介质、多形式/格式,于是进入信息融合阶段。该阶段的融合功能向上扩展到战场态势估计和威胁估计,从而支持作战筹划与决策。为支持多平台协同作战和远程/超视距精确打击控制,融合系统接入目标跟踪和火控传感器或直接实现传感器与武器平台交联,使目标定位、识别与跟踪能力在精度、实时性上进一步增强。此时出现了信息融合典型的 3 级和 4 级功能结构(目标估计、态势估计、威胁估计,以及融合评估与反馈控制模型),作战应用也从战场预警扩展到作战决策、指挥控制和精确打击领域。

- 复杂战场环境中的信息融合

20 世纪 90 年代后期,随着战场电磁环境日趋复杂,电磁干扰/抗干扰愈演愈烈,单一传感器已无法发现强电磁干扰下的目标或弱信号目标(隐身目标,如 B-2 二代隐身机的 RCS 只有 10^{-3}m^2),有时只能发现一些不连续点迹(是不是目标,尚不得而知),无法生成航迹上报,这对传感器自主处理能力提出了严峻挑战。针对这一问题,人们又重新追溯到声纳信号融合检测某海域潜艇的融合初始阶段,但大范围、多节点、多介质、多目标信号的融合检测对探测资源的需求已远非夕比。其中,多平台协同作战对火力级传感器信息的融合对通信资源提出了更高的要求(如美军海上编队协同防空系统(CEC)实现了远程 30 英里和本平台 30 英尺在通信容量、时延、可靠性上达到同等水平,因此能在几十千米小范围有限节点之间进行协同作战)。然而随着网络通信技术的发展,多源目标融合检测、集中式点迹融合日益成为可能,于是信息融合功能增加了零级融合,即多信号融合目标检测功能,这对传感器组网探测、检测和发现弱信号目标(电磁干扰环境目标、隐身目标、机动目标、低小慢目标等)具有重要应用价值,从而出现了 21 世纪初的信息融合 5 级模型,对作战应用增加了对多平台协同作战和火力协同打击的支撑。

- 分布式信息融合

21 世纪初,随着新军事变革的日益深入,军事强国正在加快军队向信息化转型的步伐,多军兵种在全维战场上的联合作战日益成为主导战争样式。基于信息支撑的网络中心战概念自 1997 年美海军提出后,至今已为世界各国军事领域所认同。支持网络中心战的战场感知中最重要的功能就是分布式信息融合,其对传统集中式信息融合体系提出了许多挑战性和颠覆性问题。面向网络中心战的分布式融合体系,首先在结构上依赖于其隶属的网络结构(分层结构、反馈结构、全分布结构),网络的信息传输能力(带宽、速率和误码率等)和环境噪声对分布式融合体系结构和融合算法的选择具有重要影响;其次,分布式融合所出现的共用信息节点为多路由后续融合节点的多次重复使用,会引起融合误差的增长,是必须解决的关键技术之一;再次,分布式融合节点的输入信息的相关性、不同的噪声分布等已经不能采用传统集中式融合中的先验假设方式来近似(独立同分布、不相关噪声等),而是必须认真面对的问题,特别是未知相关和未知分布情况,必须寻求新的理论和方法加以解决。分布式信息融合理论、方法和实

现模型/算法正在研究和发展中,尚未形成完整体系。

长期以来,单雷达多目标自主检测、定位、识别与跟踪和在网络条件下迈向多雷达多目标集中式融合一直在信息融合及其应用领域占主导地位。这一领域的代表人物首推美国康乃狄克大学的 Yaakov Bar - Shalom 教授,他在多雷达多目标跟踪、密集回波环境中点迹关联与航迹起始、假目标判定和目标识别领域有大量杰出研究成果,著名的概率数据关联滤波(PDAF)算法和联合概率数据关联滤波(JPDAF)算法就是由他建立的。新奥尔良大学李晓榕(Li X. Rong)教授在目标跟踪领域有大量研究成果,提出了著名的变结构多模型目标跟踪理论与方法,对机动目标跟踪技术领域的发展起了引领作用。李晓榕教授 1999 年被美国导弹防御部门聘为信息融合与目标跟踪领域十位国际著名专家之一,担任 1999 年—2002 年国际 Fusion 学会副主席和 2003 年国际 Fusion 学会主席。近年来,李晓榕教授作为我国聘任的长江学者,每年都带领一批世界信息融合顶级专家回国讲学和研讨,推动了我国信息融合技术的发展。此外,罗德岛州立大学和马萨诸塞州立大学教授 Roy Streint 在多传感器融合、分布式自主系统与信号处理,及融合软件开发、评估和应用领域有许多创新成果,曾获 1999 年美海军工程师学会 Solkery 奖和 2001 年海军部最高公民成就奖,现任 2009 年—2010 年国际信息融合学会主席。法国 ENSTA 工程学院教授、ONERA 研究院高级研究员 Jean Dezert 创建了新的似真与悖论推理信息融合理论 DSmt,发表了 3 部专著,是 Fusion2000 巴黎大会主要组织者,是 2001 年—2007 年信息融合国际大会常务理事/副主席。

从事信息融合军事应用领域的代表人物主要有纽约州立大学巴夫勒分校的 James Llinas 教授和马里兰大学巴尔的摩分校的 Edward L. Waltz 教授,美国导弹防御局高级专家 Alan Steinbery 教授,他们是美国防部实验室联合理事会 JDL 数据融合小组成员,在目标跟踪、目标识别、态势估计与威胁估计,以及著名的 JDL 数据融合模型的建立和修订方面做出了重大贡献,并积极参加美、欧、澳、亚、非洲各种有关融合和集成传感器发展方面的学术交流和学术会议。

信息融合概念是 1991 年海湾战争之后进入我国的,当时称为数据融合(Data Fusion)。第一本进入我国的代表著作是 Edward L. Waltz 和 James Llinas 的 Multisensor Data Fusion(多传感器数据融合),该书由中国电子科技集团 28 所赵宗贵研究员等编译,尽管只是内部发行,却很快传播到全国各主要研究单位,成为我国信息融合的启蒙读物。

1991 年之前,国内就已经开始研究空、海运动目标跟踪技术,其中包括对 Bar - shalom 的单/多目标的关联与跟踪方法,多传感器目标定位、识别与跟踪技术等的应用,1992 年海湾战争后,首先响应数据融合技术研究的是军事应用领域,即相应的国防工业研究院、所和部队的一些研究院、所。他们从不同的研究领域和项目任务出发开展了大量研究,20 年来成绩斐然。

目前,国内出现了不少有关信息融合的专著,包括赵宗贵等译著的《多传感器数据融合》和《数据融合方法概论》、胡卫东等编著的《信息融合》、杨万海编著的《多传感器数据融合及其应用》、康耀红编著的《数据融合理论与应用》、何友等编著的《多传感器信息融合及应用》、韩崇昭等编著的《多源信息融合》、潘泉等编著的《现代目标跟踪与信息融合》、王润生编著的《信息融合》、彭冬亮等编著的《多传感器多源信息融合理论及应用》、敬忠良等编著的《图像融合—理论与应用》等,也出现不少高水平的论文。但是,目前国内院校主要集中在信息融合的基础理论和纯方法研究方面,与实际应用结合不太紧密;而

研究院、所虽然已有部分研究成果在工业部门相关领域中应用,却尚未纳入信息融合理论体系,特别是近期信息融合领域所产生的新的结构、方法和技术尚未得到有效应用。本书紧密围绕信息融合实际应用需求,主要是军事应用需求,在介绍国外信息融合的最新动向的同时,归纳和总结多年来所取得的研究和应用成果。

全书共分为 10 章。第 1 章主要介绍了信息融合的基础概念与内涵,包括信息融合 5 级概念、应用领域与学科体系,以及与信息融合相关的态势感知概念;特别重点介绍了信息融合在当前技术难点和发展趋势。第 2 章主要描述信息融合系统结构与模型,介绍美国防部 JDL 信息融合模型结构与发展沿革;描述了 2004 年 JDL 推荐模型,指出了其不足和发展动向,并建立了战场感知资源管理与信息融合的关系。第 3 章主要介绍来自实际应用需求的信息源空间配准方法与实现技术,其中固定平台传感器空间配准方法已得到有效应用,针对系统误差非均匀分布和低可观测情况,以及运动平台探测系统空间配准等应用领域的难点,提出了有效解决方法。第 4 章介绍了多传感器多目标探测与跟踪方法和实现技术,包括传感器优化配置规划模型、杂波抑制和假目标判定方法、传感器点迹融合和点/航迹融合方法、机动目标跟踪方法,以及无源多站测向定位规划模型和实时求解方法,其中包含了一些实际应用案例。第 5 章介绍了战场态势估计与威胁估计概念、定义、内涵、结构,以及实现方法、技术和应用案例,其中的态势质量概念与控制方法、共用态势图概念和发展趋势等融入了大量当前最新概念和方法。第 6 章介绍了多类较大差异特征感知信息的柔性融合方法。第 7 章介绍了网络中心战条件下的分布式融合提出的挑战性问题,如分布融合结构、共用信息节点的重用产生融合误差增长,以及相关部分未知或完全未知情况的多源信息融合问题等,提出了解决的技术途径和方法,并给出了应用案例。第 8 章介绍了多分辨率图像融合和红外、可见光、SAR 等多类介质图像融合的方法和实现技术,并给出了应用案例。第 9 章给出了战场感知信息质量的最新研究成果,包括信息质量概念、指标体系和不确定性综合评估方法,其中给出的运动目标航迹质量分级体系构建方法和实时计算模型具有重要实用价值。第 10 章为读者展示了基于某信息融合仿真试验平台研究成果的信息融合技术验证评估方法与实现技术,填补了该领域空白。

本书第 1 章、第 2 章、第 5 章、第 7 章由赵宗贵研究员撰写,第 4 章由熊朝华研究员、黄山良研究员和吴蔚高工撰写,王珂工程师撰写第 3 章,李君灵博士撰写第 6 章,刁联旺、许阳博士和赵宗贵研究员撰写第 9 章,吴小俊教授和赵宗贵研究员及王晓文博士撰写第 8 章,裘海蓉高工撰写第 10 章。徐欣博士为第 5 章提供了部分素材,主编赵宗贵研究员为其他各章提供了大量资料并对所有章节进行了多次修改,许阳博士和李君灵博士对全书的文字整理做了大量工作,参加本书文字整理的还有惠新成工程师,以及朱霞、王晓璇工程师等。感谢于永生、毛少杰、李云茹、陆敏、戚志刚、杨志海研究员,他们在资料、技术和人员上对本书的撰写提供了大力支持。

本书是信息融合领域最新研究成果与实际应用相结合的产物,因此,与该领域已出版著作不同,本书某些章节内容,缺少严格的数学推导,只给出方法、公式和应用效果。这反映了本书基于经验和面向应用的特点,期望能对国内信息融合学科研究人员和应用领域技术人员有所启示和帮助,不足之处请读者指正。

作者

目 录

第 1 章 信息融合基础概念与内涵	1
1.1 感知域中的信息融合	1
1.1.1 信息融合通用概念	1
1.1.2 信息融合民用领域概述	2
1.1.3 信息融合学科/技术领域的初步评价	3
1.2 信息融合的军事概念与内涵	4
1.3 态势感知概念与方法	6
1.3.1 态势感知概念	6
1.3.2 态势感知理论与方法	6
1.3.3 态势感知环节	9
1.4 态势感知与信息融合	10
1.5 信息融合的应用效能	10
1.6 信息融合主要技术难点	12
1.7 信息融合领域发展趋势	16
参考文献	18
第 2 章 信息融合系统结构/模型	20
2.1 信息融合系统的功能结构演进	20
2.1.1 JDL 信息融合初级模型	20
2.1.2 1 级信息融合系统结构	22
2.1.3 JDL 信息融合修订模型	26
2.2 JDL 融合功能结构的扩展	30
2.2.1 跨级信息与功能流	30
2.2.2 关于“5 级融合”	32
2.2.3 Dasarathy 的输入/输出模型	33
2.3 感知资源管理模型	34
2.3.1 感知资源管理概念	34
2.3.2 资源管理的功能内涵	35
2.3.3 资源管理的作用	35
2.4 资源管理与信息融合	36
2.4.1 管理结构与融合结构	36
2.4.2 规划分解与关联聚集	36

2.4.3	资源控制与状态估计	38
2.4.4	资源管理与信息融合功能关系	39
2.5	资源管理、信息融合与 Dasarathy 模型	40
2.5.1	数据驱动与信息融合	40
2.5.2	模式驱动与资源管理	41
2.6	小结	41
	参考文献	42
第3章	信息源空间配准方法与技术	44
3.1	问题的提出	44
3.2	系统误差描述	45
3.3	空间配准中的坐标系及其变换	46
3.3.1	坐标系	46
3.3.2	坐标系变换	47
3.4	二维探测传感器平面配准方法	48
3.4.1	系统误差模型	49
3.4.2	系统误差统计估计理论与方法	51
3.4.3	几点说明	56
3.5	三维空间固定传感器配准方法	56
3.5.1	实现框架	56
3.5.2	基于合作目标的固定传感器空间配准	58
3.5.3	基于非合作目标的多传感器误差估计	61
3.6	运动平台传感器空间配准	66
3.6.1	实现框架	66
3.6.2	数学模型	67
3.6.3	基于合作目标的运动平台测量配准仿真验证	74
3.7	非均匀分布系统误差估计和补偿方法	80
3.7.1	问题的提出	80
3.7.2	系统误差分布假设	80
3.7.3	非均匀分布系统误差分区近似估计方法	81
3.7.4	非均匀分布系统误差分布函数拟合方法	83
3.8	传感器系统误差的可观测性分析	85
3.8.1	可观测性概念	85
3.8.2	可观测性度量	86
3.8.3	典型的低可观测度情况	87
3.8.4	求解低可观测条件下的空间配准问题的数学方法	89
3.8.5	低可观测条件下传感器空间配准案例	92
	参考文献	96
第4章	多传感器多目标探测与跟踪	98
4.1	网络中心战体系下的信息融合	98

4.2	基于任务的多传感器优化部署	100
4.2.1	多传感器优化探测规划模型	100
4.2.2	求取规划模型 Pareto 解的遗传算法	101
4.2.3	规划模型应用效果分析	103
4.3	多传感器点迹融合方法与实现技术	104
4.3.1	点迹—航迹融合结构框架	105
4.3.2	基于模糊推理的杂波抑制方法	105
4.3.3	基于极大似然估计的点迹—航迹融合方法	109
4.3.4	基于后验概率比的假目标判定方法及其应用	113
4.3.5	0-1 整数规划在多目标点迹融合中的应用	117
4.4	基于神经网络的传感器航迹相关方法	119
4.4.1	目标拓扑矩阵的构造	120
4.4.2	基于多层 B-P 神经网络的传感器局部航迹相关方法	121
4.4.3	案例分析	123
4.5	多传感器机动目标跟踪方法与实现技术	125
4.5.1	多模型多周期估计方法	125
4.5.2	目标机动的最优判定与跟踪方法	131
4.6	无源多站多目标定位方法	138
4.6.1	测量—目标关联分配规划模型	139
4.6.2	规划求解方法	141
4.6.3	仿真案例	144
	参考文献	145
第 5 章	态势与威胁估计	146
5.1	态势与威胁估计的定义与内涵	146
5.1.1	态势估计的定义和内涵	147
5.1.2	威胁估计的定义和内涵	150
5.1.3	态势估计与威胁估计的关系	150
5.2	态势估计模型	152
5.2.1	态势估计功能结构模型	152
5.2.2	态势估计逻辑与方法	154
5.2.3	态势变换模型	157
5.3	威胁估计模型	158
5.3.1	威胁估计功能与方法概述	158
5.3.2	威胁模型	159
5.3.3	人的响应模型	161
5.4	工程应用中的态势与威胁估计	162
5.4.1	信息融合节点的 STA	163
5.4.2	STA 结构	163
5.4.3	STA 中的数据校准	164

5.4.4	STA 中的数据关联	169
5.4.5	STA 中的状态估计	171
5.4.6	STA 的应用结构	180
5.5	态势一致性概念与控制	182
5.5.1	态势一致性概念与核心机理	182
5.5.2	态势相对一致性内涵与效能	183
5.5.3	态势绝对一致性内涵与效能	184
5.5.4	态势一致性控制	185
5.6	一致态势图及其应用现状	187
5.6.1	共同作战图基本概念与沿革	187
5.6.2	FIOP 的构成要素	188
5.6.3	战役/战区级 COP 建立过程	189
5.6.4	FIOP 体系结构	191
5.6.5	FIOP 主要功能	194
5.6.6	FIOP 的发展趋势	197
	参考文献	199
第 6 章	差异信息柔性融合方法	202
6.1	概述	202
6.1.1	融合模型与融合结构	202
6.1.2	差异信息概念与特征	204
6.1.3	多源信息柔性融合的概念与内涵	207
6.1.4	柔性融合与传统融合的区别	210
6.2	多精度信息柔性融合实现方法	210
6.2.1	不同测量误差的测量信息融合	210
6.2.2	具有不同误差协方差的局部航迹的全局融合	213
6.3	多粒度信息柔性融合方法	216
6.3.1	D-S 证据理论与应用案例	217
6.3.2	D-S 证据理论的特点	219
6.3.3	D-S 证据理论应用案例	220
6.4	弱相容/相悖信息柔性融合方法	221
6.4.1	证据冲突产生的原因	221
6.4.2	基于局部信度分配的 D-S 证据合成改进算法	224
6.4.3	基于证据模型改进的证据合成方法	230
6.4.4	基于冲突属性转换的目标识别方法	232
6.5	不同测量维数信息融合方法	237
6.5.1	有源雷达与无源传感器的统一状态融合估计	238
6.5.2	基于测向平面的无源多站目标定位	243
	参考文献	250

第7章 分布式系统中信息融合结构与应用	252
7.1 网络中心战中的信息融合	252
7.1.1 网络中心战与网络中心运用	252
7.1.2 网络中心运用的融合结构案例	253
7.1.3 集中式与分布式融合概念	254
7.2 分布式信息融合结构	255
7.2.1 不带反馈的融合结构	255
7.2.2 带反馈的融合结构	257
7.2.3 全分布式融合结构	258
7.3 分布式融合原理和算法	258
7.3.1 分布式融合的挑战	258
7.3.2 消除冗余信息基本原理	259
7.3.3 面向信息相关假设的分布式融合算法	262
7.4 分布式融合结构、性能与条件分析	265
7.5 工程应用中的分布式融合结构	267
7.5.1 对等式测量融合结构	268
7.5.2 无反馈多层次融合结构	269
7.5.3 时空分布式融合结构	270
7.5.4 混合分布式融合应用结构	271
7.6 分布式融合案例——歼击航空兵编队截击作战态势一致性分析	272
7.6.1 战术空战剧本背景	272
7.6.2 兵力编成与装备(武器)配置	273
7.6.3 分布式融合结构	274
7.6.4 战术空战序列事件的描述	276
7.6.5 战术截击空战中的态势一致性分析	279
参考文献	280
第8章 图像融合概念与方法	282
8.1 图像融合概述	282
8.1.1 图像融合的基本概念	282
8.1.2 图像传感器类型和特点	283
8.1.3 图像融合的层次分类	283
8.1.4 图像融合的基础技术——多尺度分解方法	285
8.1.5 图像融合技术应用现状	289
8.2 图像配准	291
8.2.1 图像配准的基本概念和步骤	291
8.2.2 图像配准层次和典型算法	293
8.3 多介质图像融合	296
8.3.1 IR 图像与可见光图像融合	296
8.3.2 多光谱图像与可见光图像融合	302

8.3.3	基于 SAR 图像的融合	306
8.4	图像融合应用实例	312
8.4.1	基于图像融合的目标识别	312
8.4.2	基于图像融合的弱小目标增强	315
8.4.3	基于图像融合的战场打击效果评估	318
	参考文献	319
第 9 章	信息质量概念与评价方法	323
9.1	信息质量与可信度概念及内涵	323
9.1.1	信息质量概念	323
9.1.2	信息质量内涵与分析	324
9.1.3	可信度及其与信息质量的关系	327
9.1.4	信息质量与态势一致性的关系	329
9.2	信息质量三级元数据模型与逐级综合方法	330
9.2.1	信息级别分析	330
9.2.2	信息质量元数据模型构成	333
9.2.3	信息质量的不确定性综合方法	335
9.2.4	态势质量指标的计算模型	340
9.3	运动目标航迹质量分级体系构建方法	342
9.3.1	JTIDS 的目标航迹质量分级表及其分析	342
9.3.2	航迹精度与置信度概念	344
9.3.3	目标航迹状态误差半径计算模型	348
9.3.4	目标航迹质量体系的构建方法	352
9.4	目标航迹质量实时确定方法	358
9.4.1	外军目标航迹质量实时计算应用现状	358
9.4.2	目标航迹质量实时计算模型	359
	参考文献	361
第 10 章	信息融合技术验证试验与评估方法	363
10.1	信息融合验证试验技术现状	363
10.2	信息融合技术指标	364
10.2.1	跟踪目标数	365
10.2.2	目标连续跟踪率	365
10.2.3	目标定位精度	366
10.2.4	目标航迹横向偏差	367
10.2.5	目标速度精度	367
10.2.6	目标航向精度	368
10.2.7	目标关联正确率	369
10.2.8	目标航迹起始时延	369
10.2.9	假航迹系数	370
10.3	信息融合技术验证试验平台结构与功能	370

10.3.1	验证试验平台的主要功能	370
10.3.2	验证试验平台组成及其功能	370
10.3.3	运行环境	375
10.3.4	接口描述	376
10.3.5	时间同步	377
10.4	验证试验工作过程	377
10.4.1	试验准备阶段	377
10.4.2	试验运行与数据采集阶段	378
10.4.3	统计分析评估阶段	379
10.5	信息融合技术评估通用实现方法	379
10.5.1	指标值定义	379
10.5.2	指标值评估方法	379
10.6	融合产品验证试验评估案例	380
10.6.1	试验内容	380
10.6.2	验证试验结果	381
10.7	小结	383
	参考文献	383

第 1 章 信息融合基础概念与内涵

信息融合是 20 世纪 70 年代出现的一个跨领域学科,当时称为数据融合。“数据融合”一词是美国 1973 年提出的,当时在美国国防部资助下进行声纳信号理解研究,即对多个独立连续信号进行融合,以检测某一海域中的潜艇。随着信息源从单类传感器扩展到多类介质和技术手段,在 20 世纪 80 年代末,数据融合演变为信息融合,应用也扩展到现实世界各领域。然而,迄今为止,尚未有被诸学界一致认同的信息融合定义。

1.1 感知域中的信息融合

1.1.1 信息融合通用概念

信息融合属于人类对现实世界的认知领域。从唯物论的认识论出发,人类对现实世界的认识是一个由浅入深、由低到高、由片面到全面的过程。人类在认识过程中总是从客观事物的诸多方面——察觉开始,然后对诸察觉结果进行综合,总结出规律性认识,再循环往复、不断提高,实现对事物的准确认知。这就是由特殊到一般,并且不断发展变化的认识过程,其中由诸多察觉信息产生对事物的综合认识的过程就是信息融合的概念。人类对客观事物的认识是对其五官(对该事物)的察觉信息在头脑中的融合结果所产生的。随科学技术发展所出现的各类探测传感设备和技术手段,它们又可装置在陆、海、空、天范围各类平台上,实际上是感官的延伸。因此,通过多平台多传感器和技术手段获取的事物察觉信息,产生对事物的综合认识的信息处理过程就成为当前信息融合的通用概念。一般,将综合认识信息直接称为融合信息,它能实现比单一察觉信息更全面、更准确的事物认知。简单地说,人类认识现实世界必经的过程如图 1-1 所示。

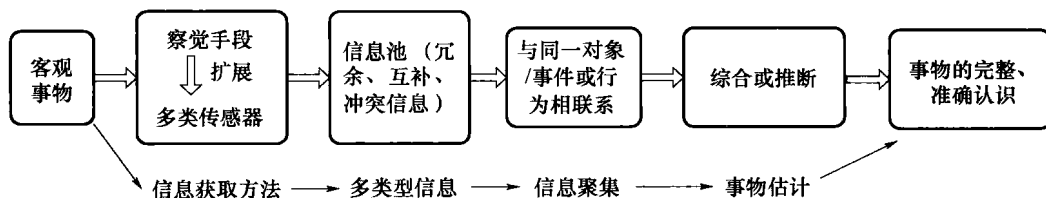


图 1-1 人类对客观事物的认识过程

图 1-1 中,在获取不同类型的众多客观事物信息(信息池)之后,进行源于同一事物的信息聚集(关联/相关)处理,以及对事物进行准确、及时的融合估计与改善皆是信息融合的工作内容。鉴于信息的多介质、多频谱和多模式,并且经常呈现出信息太多但并不充分的情况,因此信息融合技术存在巨大难度。