

彭冬亮 文成林 薛安克 著

多传感器多源信息融合 理论及应用

 科学出版社
www.sciencep.com

多传感器多源信息 融合理论及应用

彭冬亮 文成林 薛安克 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是关于多传感器多源信息融合理论与应用的一本专著,主要汇集了作者近年来在多源信息融合基础理论与方法、目标状态估计、随机集理论等方面的研究成果,同时也详细介绍了信息融合的相关基本概念、结构和功能模型、主要研究方法。本书涉及的理论和方法有多源信息融合系统模型、估计和滤波理论、信息分类方法、分布式信息融合、异步信息融合、多目标跟踪、机动目标跟踪、纯方位跟踪、随机集理论等。另外,为了进一步说明书中的相关算法和模型,最后给出了两个信息融合方法的应用实例。

本书可作为信息科学专业研究生和高等院校相关教师的参考资料,同时对从事多源信息融合理论及应用技术研究、开发和应用的科技人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

多传感器多源信息融合理论及应用/彭冬亮,文成林,薛安克著. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027616-2

I. 多… II. ①彭…②文…③薛… III. 传感器-数据融合 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 089386 号

责任编辑:姚庆爽 / 责任校对:李奕莹
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

铭浩彩色印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 5 月第一次印刷 印张: 19 1/2

印数: 1—2 500 字数: 376 000

定价: 60.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

前 言

随着传感器技术、计算机科学和信息技术的快速发展,多渠道的信息获取、处理和融合成为可能。最早的信息融合系统出现和应用于 20 世纪 70 年代的军事领域。经过几十年的深入研究和发 展,信息融合技术已经被成功地应用于军事、航天、多目标跟踪和识别、惯性导航、遥感、机器人自主导航、医学诊断、工业工程的监控、设备的故障诊断和环境监测等众多军用和民用领域。

多源信息融合(多传感器信息融合)扩展了时间和空间的观测范围,增强了数据的可信度和系统的分辨能力,提高了系统的可靠性、描述环境能力和信息处理速度。因此,世界各国都十分重视多源信息融合系统的理论研究和应用工作,并且已经取得了丰富的研究成果。近年来,作者在国家自然科学基金项目(60434020、60602049、60805013)、国家 973 计划项目(2009CB320600)、总装备部预先研究项目的资助下,较为深入地开展了多源信息融合理论与应用的研究,取得的相关理论研究和应用成果构成了本书的主体内容。

全书共分四部分,共 11 章。

第一部分为信息融合的基本概念和基础理论。着重介绍信息融合的概念、模型结构、研究现状和存在的主要问题,概率统计和线性系统、参数估计和滤波理论等基础知识,以及常用的传感器系统特性等。本部分包括第 1 章~第 4 章。

第二部分为多源信息融合的基础理论。针对多传感器的采样特性,提出了几种同步和异步信息融合算法设计思想和实现流程,并与已有的方法进行了比较分析。本部分包括第 5 章、第 6 章。

第三部分为目标跟踪理论。针对信息融合技术在目标跟踪中的具体应用,系统地给出了多目标跟踪、机动目标跟踪、纯方位跟踪的主要算法及其实现流程,并对其中的一些算法进行了改进。同时讨论了随机集理论在信息融合中的应用问题。本部分包括第 7 章~第 10 章。

第四部分为理论应用。以海洋监视和过程监控为例,讨论了信息融合技术在军事和民用方面的应用。本部分包括第 11 章。

杭州电子科技大学信息与控制研究所葛泉波博士撰写了第 5 章和第 6 章的大部分内容,郭云飞副教授协助完成了第 3 章和第 9 章,研究生权宏伟(第 2、3 章)、史英杰(第 7、8 章)、叶军军(第 5、6 章)、王益鸣(第 4 章)、黄翔宇(第 8 章)、刘艳生(第 7 章)、黄亮(第 4、11 章)等参加了本书部分章节的写作、文字录入与修改工作,在此向他们表示由衷地感谢。感谢在本书的撰写过程中,杭州电子科技大学信息

与控制研究所的鲁仁全教授、林岳松教授、赵晓东教授、陈华杰副教授提出了许多建设性的意见。特别感谢中国电子科技集团公司第 28 研究所赵宗贵研究员对本书出版的关心和帮助。

由于作者理论水平有限以及研究工作的局限性,特别是多传感器多源信息融合理论和方法本身正处于不断发展之中,书中难免存在一些不足,诚挚欢迎广大读者批评指正。

作 者

2010 年 4 月

目 录

前言

第 1 章 多传感器多源信息融合概述	1
1.1 信息融合的概念及其优点	1
1.1.1 什么是信息融合	2
1.1.2 多源多传感器信息融合的优势	4
1.2 多源信息融合的模型	7
1.2.1 功能模型	7
1.2.2 结构模型.....	17
1.2.3 主要的信息融合技术和方法.....	22
1.3 信息融合的研究现状和存在的问题.....	26
1.3.1 多源信息融合的研究现状.....	26
1.3.2 多源信息融合存在的主要问题	29
1.4 信息融合技术的应用.....	31
1.5 本书结构.....	32
1.6 结论.....	32
参考文献	33
第 2 章 数学基础	38
2.1 概率论、随机过程与数理统计基础	38
2.1.1 事件与概率	38
2.1.2 随机变量及其分布	39
2.1.3 高斯随机变量	41
2.1.4 χ^2 分布随机变量	43
2.1.5 多维随机向量	44
2.1.6 全概率公式与贝叶斯公式.....	47
2.1.7 随机过程.....	48
2.1.8 假设检验.....	51
2.1.9 Neyman-Pearson 定理	52
2.2 线性代数、矩阵论与线性系统	53
2.2.1 矩阵基本概念	54

2.2.2	特征值与特征向量	56
2.2.3	矩阵求逆引理	58
2.2.4	矩阵微积分	59
2.2.5	线性系统理论	61
2.3	结论	63
	参考文献	63
第3章	参数估计与滤波理论	64
3.1	参数估计基本概念	64
3.1.1	参数估计问题的基本描述	64
3.1.2	参数估计模型	65
3.2	最大似然估计	65
3.3	最小二乘估计	66
3.3.1	线性最小二乘估计的批处理算法	67
3.3.2	线性最小二乘估计的迭代算法	68
3.4	最大后验概率估计	70
3.5	最小均方误差估计	71
3.5.1	最小均方误差估计的一般形式	71
3.5.2	线性最小均方误差估计	71
3.6	Cramer-Rao 下限和 Fisher 信息矩阵	73
3.7	Kalman 滤波	74
3.7.1	系统模型	74
3.7.2	算法流程	74
3.7.3	Kalman 滤波的优缺点	76
3.8	扩展 Kalman 滤波	76
3.8.1	系统模型	77
3.8.2	算法流程	77
3.8.3	扩展 Kalman 滤波的优缺点	79
3.9	Unscented 滤波	79
3.9.1	Unscented 变换	80
3.9.2	Unscented 滤波算法流程	81
3.9.3	Unscented 滤波的优缺点	83
3.10	粒子滤波	83
3.10.1	蒙特卡罗积分及重要度采样	83
3.10.2	粒子滤波	84

3.11 结论	87
参考文献	87
第 4 章 信息类型与传感器系统	89
4.1 信息类型概述	89
4.1.1 信息类型 I	89
4.1.2 信息类型 II	90
4.2 传感器系统	90
4.2.1 传感器系统概述	90
4.2.2 传感系统分类	91
4.2.3 人体感觉系统和常用传感器	92
4.2.4 传感系统设计相关问题	97
4.3 结论	98
参考文献	98
第 5 章 同步采样系统的分步式信息融合	99
5.1 多传感器系统采样分析	99
5.1.1 同步问题	99
5.1.2 异步问题	99
5.2 传统同步融合算法	100
5.2.1 系统描述	101
5.2.2 集中式扩维融合	101
5.2.3 测量值加权融合	102
5.2.4 局部估计值加权融合	103
5.2.5 算法性能分析	103
5.2.6 小结	104
5.3 基于分步式滤波的融合算法	105
5.3.1 算法描述	105
5.3.2 SSF 算法理论推导	106
5.3.3 算法精度分析	108
5.3.4 SSF 与 CFA 计算量比较	108
5.3.5 仿真算例	109
5.4 结论	113
参考文献	113
第 6 章 异步采样系统的信息融合	115
6.1 异步多传感器数据融合概述	115

6.2	基于传输短延迟的异步数据融合	117
6.3	分步式预测融合算法	118
6.3.1	连续系统描述	118
6.3.2	连续系统离散化	118
6.3.3	系统采样描述	119
6.3.4	分步式预测融合算法	120
6.3.5	算法分析	121
6.3.6	计算机仿真	122
6.4	基于匀速增量的异步融合算法	124
6.4.1	系统描述	124
6.4.2	异步采样描述	125
6.4.3	异步采样数据的顺序式融合算法流程	126
6.4.4	计算机仿真	128
6.4.5	小结	133
6.5	基于有理数倍采样的异步融合	133
6.5.1	有理数倍采样描述	133
6.5.2	离散状态模型	134
6.5.3	测量值映射	134
6.5.4	预备工作	135
6.5.5	AFASRNT 异步融合算法流程	136
6.5.6	仿真算例	137
6.6	基于状态转换的顺序式异步融合算法	139
6.6.1	系统描述	140
6.6.2	采样过程描述	140
6.6.3	基于伪测量值的异步融合算法	141
6.6.4	基于状态转换的顺序式异步融合算法	142
6.6.5	仿真算例	145
6.6.6	算法性能分析	149
6.6.7	小结	151
6.7	结论	151
	参考文献	152
第 7 章	多目标跟踪技术	154
7.1	引言	154
7.2	多目标跟踪的主要问题	155

7.2.1	跟踪门的形成与选择	156
7.2.2	数据关联与跟踪维持	157
7.2.3	跟踪起始和终结	158
7.2.4	漏报与虚警	158
7.3	经典的数据关联方法	158
7.3.1	最近邻法	158
7.3.2	概率数据关联	159
7.3.3	联合概率数据关联	161
7.4	多假设跟踪算法	166
7.4.1	多假设跟踪算法概述	166
7.4.2	m -最优 MHT 算法	168
7.4.3	改进的 m -最优 MHT 算法	173
7.5	其他数据关联方法	176
7.5.1	基于图的数据关联方法	176
7.5.2	基于生物学的数据关联方法	179
7.6	结论	180
	参考文献	180
第 8 章	机动目标跟踪	183
8.1	引言	183
8.2	机动目标运动模型	184
8.2.1	CV 和 CA 模型	184
8.2.2	Singer 模型	184
8.2.3	半马尔可夫模型	185
8.2.4	协同转弯模型	185
8.2.5	“当前”统计模型	186
8.3	单机动目标跟踪算法	186
8.3.1	多模型法	186
8.3.2	强机动目标跟踪自适应交互式多模型算法	190
8.3.3	三维强机动目标跟踪算法	197
8.3.4	三维强机动目标跟踪算法与强跟踪算法比较研究	205
8.4	多机动目标跟踪算法	208
8.4.1	基于 IMMJPDA 的多机动目标跟踪算法	209
8.4.2	基于 IMMHT 的多机动目标跟踪算法	216
8.5	改进的 IMMHT 算法	222

8.5.1	改进的 IMMHT 算法	222
8.5.2	仿真情景及结构图	223
8.5.3	结果分析	226
8.6	结论	227
	参考文献	227
第 9 章	纯方位角定位与跟踪	230
9.1	引言	230
9.2	单平台最优观测轨迹	231
9.2.1	静止目标的最优观测轨迹	231
9.2.2	匀速运动目标的最优观测轨迹	236
9.2.3	小结	238
9.3	纯方位角定位	238
9.3.1	伪线性估计	239
9.3.2	迭代最小二乘估计	240
9.3.3	单步最优观测轨迹下的 ILS 目标定位	241
9.4	单站纯方位角目标跟踪	243
9.4.1	系统模型	243
9.4.2	纯方位角目标跟踪 EKF 算法	244
9.5	双基站纯方位角目标跟踪	245
9.5.1	系统模型	246
9.5.2	EKF 及 UKF 算法	247
9.6	变周期 RP-EKF 时延纯方位角目标跟踪	249
9.6.1	问题描述	250
9.6.2	RP-EKF 算法	252
9.6.3	模型可变周期的确定	254
9.6.4	仿真及结果分析	255
9.7	结论	256
	参考文献	257
第 10 章	随机集理论及其在信息融合中的应用	258
10.1	概述	258
10.1.1	研究背景	259
10.1.2	随机集理论的发展	260
10.1.3	相关应用	262
10.2	相关方法与有限集合统计学的关系	262

10.2.1	随机测度理论和随机集合理论	262
10.2.2	专家系统	263
10.2.3	“plain-vanilla”贝叶斯方法	263
10.2.4	粒子滤波方法	263
10.2.5	其他相关方法	264
10.3	随机(有限)集的基本思想和理论框架	264
10.3.1	状态空间和测量空间的随机集表示	265
10.3.2	多目标信任质量函数和密度函数	265
10.3.3	集合积分和集合微分	266
10.3.4	规范 Bayes 建模方法	267
10.3.5	不确定信息的规范建模	270
10.4	随机有限集方法在信息融合中的应用	271
10.4.1	信息融合算法的科学评价	271
10.4.2	SAR 图像的 ATR	271
10.4.3	群目标跟踪	271
10.4.4	传感器管理	272
10.5	发展方向和展望	273
10.6	结论	274
	参考文献	274
第 11 章	信息融合技术的应用实例	279
11.1	基于多传感器融合理论的过程监控	279
11.1.1	过程监控	279
11.1.2	基于状态估计的过程监控	280
11.1.3	基于信息融合理论的过程监控	283
11.1.4	小结	289
11.2	海洋监测的信息融合体系	289
11.2.1	数据收集层的处理	291
11.2.2	低级的数据处理	292
11.2.3	高层数据处理	295
11.2.4	小结	297
11.3	结论	298
	参考文献	298

第 1 章 多传感器多源信息融合概述

本章系统介绍了信息融合的基本概念、主要方法、研究现状和存在问题,对前人的研究成果作了较为详细的综述。最后,给出了全书的整体框架和内容安排。

1.1 信息融合的概念及其优点

信息融合在生命体进化过程中一直发挥着重要的作用,是人和动物所具备的本能之一。例如,通过大脑将视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉等器官获取的外界信息进行综合处理,人或动物可以了解外部环境,并作出相应的行动决策(图 1.1.1)。

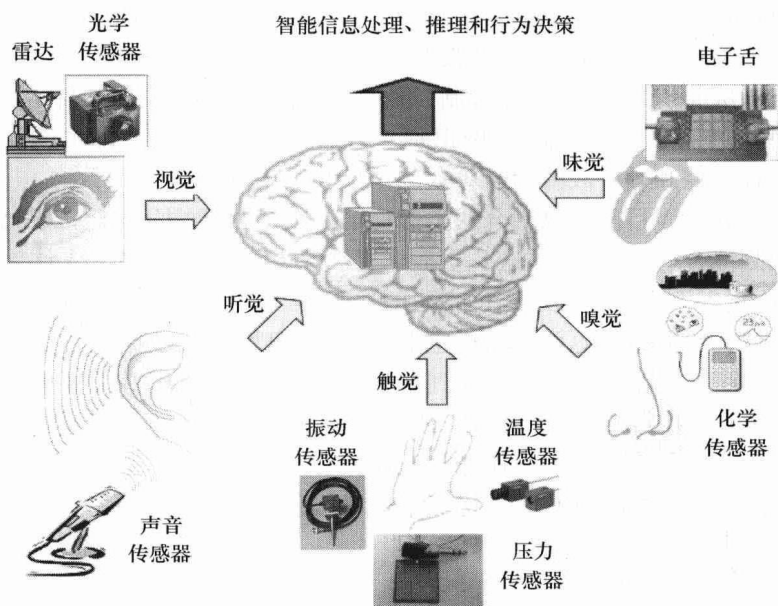


图 1.1.1 智能融合过程^[1]

除了生物体智能信息融合的本能以外,在工程 and 实际生活中,人们常需要将通过各种途径获得的多种信息进行不同方式的融合处理,从而做出更好的决策。但是,通常信息中包含多种不确定性、模糊性和歧义性,如何从这些信息中获取对决策有用的信息就是信息融合所研究的主要问题。

信息融合系统的出现和应用起源于军事领域。20 世纪 70 年代,美国海军采

用多个声呐探测跟踪某一海域内敌方潜艇时,首次提出了数据融合的概念。早期的数据融合,其信息源为同类传感器,如多声呐、多雷达、多无源探测目标定位等。随着传感器技术和武器装备性能的飞速发展,在军事上对原有的数据融合系统提出了更高的要求,融合信息也扩大到多频谱、多分辨率、多粒度、多可信度、多语义表述的信息源。首先是不同类传感器信息的融合,如有源雷达(也称为主动雷达)与电子支援测量(ESM)的数据融合,有源雷达与声呐、有源雷达与红外传感器、一次雷达与二次雷达、多波段多极化合成孔径雷达(SAR)图像融合,以及红外与CCD光学传感器图像融合等;其次,随着数据融合应用层次的提高,其他侦察手段获取的信息也参与融合,如侦察情报(包括通信情报-COMINT、人工情报-HUMINT和信号情报-SIGINT),以及经过处理的非侦察情报、中长期情报(预存于数据库中)参与融合,从而使数据融合拓展到信息融合领域。信息融合层次也从目标定位、识别与跟踪提升到战场态势估计与威胁估计,其应用层次从战场态势感知提升到指挥决策与火力控制^[2]。经过20世纪80年代初、90年代初、90年代末,以及当前正在进行的共四次研究热潮,信息融合技术已经被成功地应用于军事指挥自动化系统、战略预警与防御、战场情报监视和目标获取、武器精确制导、多目标跟踪和识别、自动威胁识别、空中交通管制、组合导航、遥感监测、机器人自主导航、医学诊断与生物信息学、环境监控、身份识别、入侵检测、电子商务、民主选举、无线通信、工业工程监控和设备故障诊断等众多军事和民用领域^[3~10]。

需要指出的是,目前信息融合的类似称谓有很多,如数据融合、传感器融合、证据组合、观测综合等。实际上,这几个概念是密切相关的。大多数人认为,数据融合主要是针对各类可用数据形式化表达的信息融合;当需要融合的信息是传感器的探测数据时,数据融合也可称为传感器融合;信息融合较数据融合更加宽泛,其融合的信息除了数据以外,还可扩大到规则、关系、知识、情报、模式、图像等其他信息。而证据组合和观测综合主要研究的是一些民用问题,如医学综合诊断、复杂工业系统的故障诊断、多机器人协作等。现在大多数研究中,对这几个概念已经不再做明确区分。为了叙述方便,本书将统一采用信息融合这一术语。

1.1.1 什么是信息融合

信息融合是一门新兴的边缘交叉学科,该学科涉及的内容具有广泛性和多样性,并且在不同的时期所赋予的含义又不尽相同,因此要给出信息融合统一和公认的定义是很困难的。关于什么是信息融合的问题,国内外研究学者给出了如下多种定义。

(1) 1987年美国国防部三军实验室理事联席会(JDL)最初的定义:对来自单一的和多源的数据和信息进行关联、相关和综合处理,以获得准确的目标位置和身份估计,对态势、威胁及其重要性进行完整的、及时的评估。该过程的特点是连续

进行估计和评估优化,并且对附加信息源的需求进行评估,且过程本身也在不断地修正以便获得更好的结果^[11]。

(2) JDL 修正的定义:信息融合是一种多层次、多方面的处理过程,主要完成对来自多个信息源的数据或信息的自动检测(detection)、关联(association)、相关(correlation)、估计(estimation)和组合(combination)等的处理^[12]。

与定义(1)相比,定义(2)增加了信息检测功能,并将仅仅对目标位置和身份的估计推广到更广义的状态估计,如目标更高阶的运动状态,以及其他的重要状态(如携带弹药的状况、燃料状况、电磁环境状况等)的估计。同时强调了信息融合的层次性和三个核心问题:①突出了信息融合是在多个层次上完成的信息综合处理过程;②信息融合包括检测、关联、相关、估计和组合五个环节;③信息融合的目的是获得相关感兴趣实体的状态和身份。

(3) JDL 目前的定义:信息融合是一个数据或信息综合过程,用于估计或预测实体状态^[13]。可以看出,定义(3)较定义(2)做了较大幅度的修正和精炼,但其适用范围却更宽。例如,相关和关联概念并不适用于所有问题,而目标位置和身份仅是我们所关心目标状态的一部分。具体修正说明可参见文献[14]、[15]。其他信息融合的定义如下。

(4) Hall 和 Llinas 的定义:信息融合是组合来自多个传感器的数据和相关信息,以获得比单个独立传感器更详细而精确的推理^[16]。

(5) Wald 的定义:信息融合是一个用来表示如何组合或联合来自不同传感器数据的方法和工具的通用框架,其目的是获得更高质量的信息。“更高质量”的准确定义取决于具体的应用^[17,18]。

(6) Li 的定义:信息融合是为了某个目的,对多个实体中包含信息的组合^[19]。

(7) Goodman 等的定义:根据在不同运动平台上可重新部署,并具有不同探测能力的多传感器获取的不同类型的信息,对未知数量和属性的多类目标进行定位和识别。通过分析定位与识别结果,实现对战场地形势重要程度的局部或总体评价,并在此基础上采取适当的行动^[20]。这一定义强调了信息融合在军事领域中的作用。

(8) The Working Group FUSION:信息融合是组合或融合来自不同信息源的信息,并在多种应用场合,如问题求解、决策和估计等,利用这些信息融合的结果^[21]。这个定义包括了两个主要方面:一方面是强调信息的组合;另一方面是强调融合的目的。

(9) 利用计算机技术对按时序获得的若干传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析和综合,以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理加工过程^[22]。这一定义说明多传感器系统是数据融合的硬件基础,多源信息是信息融合的处理对象,协调优化和综合分析是信息融合的核心。

国内学者给出的信息融合定义如下。

(10) 对各种信息源给出的信息的采集、传输、综合、滤波、相关和合成,以便辅助指战员进行态势/环境判定、规划、探测、验证与诊断^[23]。

(11) 信息融合是利用多信息源对目标存在、特征、态势和企图高度综合处理的过程^[24]。

(12) 信息融合是为了某一目的对来自多源的数据和信息进行组合和综合的处理过程,以期得到比单一信息源更精确、更可靠的估计或推理决策^[25]。

(13) 信息融合是一种形式框架,其过程是用数学方法和技术工具综合不同源信息,目的是得到高品质的有用信息。“高品质”的精确定义依赖于应用^[26]。

(14) 信息融合主要是指利用计算机进行多源信息处理,从而得到可综合利用信息的理论和方法,其中也包括对自然界和动物大脑进行多源信息融合机理的探索。信息融合研究的关键问题就是提出一些理论和方法,对具有相似和不同特征模式的多源信息进行处理,以获得具有相关和集成特性的融合信息。研究的重点是特征识别和算法,这些算法使得多源信息互补集成,改善不确定环境中的决策过程,解决把数据用于确定共用时间和空间框架的信息理论问题,同时用来解决模糊的和矛盾的问题^[27]。

显然,上述信息融合的定义都是从不同侧面说明了信息融合的功能和所要达到的目的。这些定义大体上分为两类:一是强调信息融合是一个信息综合处理过程;二是强调信息融合能实现的功能和目的。我们认为,以上定义没有本质不同,只有狭义和广义之分。在实际应用中,没有必要受定义本身的桎梏。

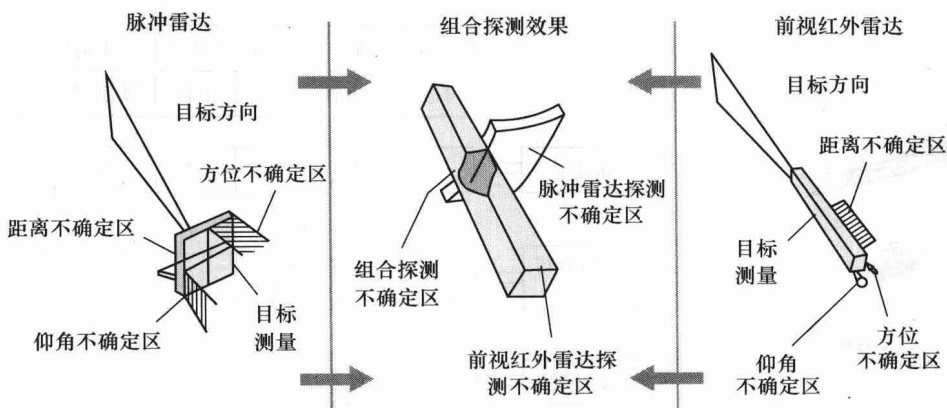
1.1.2 多源多传感器信息融合的优势

从最一般意义上讲,多源信息融合是一个信息综合处理过程,用以估计或预测现实世界中某一方面的状态。通常情况下,多源信息融合与单源数据相比主要优势如下。

(1) 增强系统的检测性能。通过融合来自不同传感器的信息可以提高系统的检测能力。图 1.1.2 给出了一个脉冲雷达与前视红外雷达探测空中某一目标的例子,脉冲雷达具有较好的距离探测精度,但方位探测性能较差,而红外传感器具有较好的角度探测性能,但不能测量目标距离。将两种传感器加以组合探测,则可以得到很好的探测性能。

(2) 增强系统的可信度。一个传感器探测的结果可以通过其他传感器加以确认,提高探测信息的置信度。

(3) 增强系统鲁棒性和可靠性。一个依赖于单一信息源的系统不是十分鲁棒的,如果该信息源出现问题(如传感器失效、传输延时、信号失真等),系统的性能就会受到很大影响,甚至无法工作。但是,融合多个信息源的系统具有一定的鲁棒

图 1.1.2 脉冲雷达与前视红外雷达组合探测效果示意图^[16]

性,同时由于不同传感器之间的信息冗余,系统具有较好的故障容错能力。

(4) 使系统具有更好的态势感知和推理能力,以及更快的响应时间。利用不同信息源或传感器的信息,经组合或融合后形成一幅更详细的态势图,提高了系统的推理能力,使得系统具有更好的决策能力,缩短了系统的响应时间。

(5) 提高了数据精度,降低了数据的不确定性和模糊性。将多个独立工作的信息源提供的信息进行合理融合,可以提高数据的精度和降低其不确定性。

(6) 可扩展系统的时空覆盖能力。通过不同传感器在时间和空间探测能力上的互补和融合,可以扩展系统的时空覆盖能力。

(7) 降低系统成本。随着计算、通信和网络成本的降低,通常来讲构建一个依赖于多传感器的系统比构建一个依赖单一信息源的系统具有更低的成本。例如,一个具有多种功能的传感器在价格上较由具有不同功能的单个廉价传感器的组合要贵得多。

从军事应用角度看,多源多传感器信息融合的优势主要表现如下^[2]。

(1) 支持战场空间感知范围的扩展。信息融合技术支持传感器和信息源组网,实施协同探测与侦察,在通信手段保障的前提下能使战场空间感知的范围扩展到陆、海、空、天、电磁各领域。

(2) 支持战场空间感知的覆盖范围的扩展。通过对依赖于不同空间环境的侦测手段感知信息的融合,实现全维、全天候战场感知。

(3) 可改进传感器的探测能力和对目标的识别水平。信息融合技术使得多传感器对目标的联合检测与协同跟踪成为可能,这对于尽早发现隐身目标和弱信号目标至关重要。从图 1.1.3 所示的多传感器目标探测与应用识别可知,多介质探测信息的融合能提供更准确和更完整的目标运动参数估计和属性信息。

(4) 能提高合成信息的精度和可信度。融合算法使得融合信息在精度上高于