

信息融合

Information Fusion

王润生 编著



科学出版社

www.sciencep.com

信 息 融 合

Information Fusion

王润生 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

信息融合是一门新兴的学科,是协同利用多源信息进行决策和行动的
理论、技术和工具,比仅利用单信息源或非协同利用部分多源信息,提供更
准确和更稳健的性能。信息融合在国民经济和国防建设中已经和正在发挥
重要作用。全书分为两个大部分:第一部分是基础融合方法,在概括介绍信
息融合的基本概念后,分别讨论了数据支持、基于统计的融合决策、基于不
精确推理的融合决策、基于智能模型的融合决策和融合结构等内容;第二大
部分是面向目标识别的信息融合,在目标识别概论后,分别讨论了融合增
强、融合检测、融合分类、融合跟踪、融合重建和态势估价概论等内容。

本书可作为高等院校相关专业高年级本科生和研究生的教材或者自学
读物使用,也可供从事相关领域研究的科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

信息融合/王润生编著. —北京:科学出版社,2007
ISBN 978-7-03-019892-1

I. 信… II. 王… III. 信息处理-研究 IV. G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 136817 号

责任编辑:匡 敏 余 江 潘继敏 / 责任校对:钟 洋

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年9月第一版 开本: B5(720×1000)

2007年9月第一次印刷 印张: 23

印数: 1—3 000 字数: 436 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<长虹>)

前 言

人类所处的世界内容丰盈纷繁、状态变化多姿,我们通过感知、探测、识别、理解和相应的行为响应,适应它以求安全生存、利用它以求和谐发展、改造它以求实现特殊意图或者使命。信息及其处理贯穿人类所有活动的全过程,获取信息和依据信息的决策又是其中的两个最关键的环节。随着科学技术的发展和工业基础的增强,特别是传感器技术、计算技术和信息处理技术的迅速发展,面向经济建设和军事斗争需求的信息获取与决策处理有了更广阔的空间。自20世纪80年代中期以来,主要在军事和工业自动化需求的推动下,依据多传感器和多信息源的信息融合开始崭露头角,并得到了迅速发展与壮大,理论与应用成果不断涌现,已经且正在军事斗争和国民经济等诸多领域中发挥重要作用。信息融合已经成为公认的、广为关注的一个新兴学科,是当今信息社会的主要支柱技术之一。

我在十余年前接触这个学科,学习并消化了一些资料,研究了一些相关的课题,也先后开设过相关的研究生课程。多年来一直在学习与思考:什么是其核心概念,什么是其主要内涵和贯穿的主线,什么是其主要技术途径、理论和方法,什么是其主要的应用。应该说通过写这本书,终于获得了一个初步的总结。这些结论与看法,能否在把握方向、指出途径和解释典型方法方面起到一点作用,尚待考察。尽管有文献资料佐证、主观上力避出现挂一漏万的错误,但毕竟是自我消化形成,必定会存在差错和不当之处,恳请专家与读者给予指正。

如果此书的问世,能够引起更多的新人对本学科的关注,能够促进相关的研讨,能够对相关研究与应用有所启发,本人将不胜欣慰。

作 者 谨 识

2007年5月

于国防科学技术大学ATR重点实验室

目 录

前言

第一章 导论	1
1.1 什么是信息融合	1
1.2 信息融合基础概念	4
1.2.1 融合单元和融合结构	5
1.2.2 如何进行信息融合	8
1.2.3 典型的融合处理过程	9
1.2.4 典型的融合决策方法	11
1.2.5 信息融合的层次	13
1.3 本书内容结构安排.....	14
参考文献	15
第二章 信息融合的数据支持	18
2.1 数据汇集概述.....	18
2.1.1 实体与传感器的表述	19
2.1.2 数据汇集的基础要求	20
2.2 传感器系统与管理.....	21
2.2.1 传感器和传感器系统概述.....	21
2.2.2 传感器管理概述	24
2.3 数据关联.....	30
2.3.1 基本问题.....	30
2.3.2 数据关联典型分类	31
2.3.3 数据关联的处理方法	33
2.3.4 关联度量方法	36
2.4 关联数据的特性分析.....	39
2.4.1 单元变量的特性分析	39
2.4.2 多元变量的特性分析	42
2.5 小结.....	43
参考文献	44
第三章 基于统计的融合决策	46
3.1 贝叶斯决策.....	46

3.1.1	贝叶斯规则	46
3.1.2	贝叶斯决策的说明举例	47
3.1.3	用于传感器观测的贝叶斯决策函数	49
3.1.4	动态估计方法	51
3.2	基于正则理论的统计决策	52
3.2.1	基本概念	52
3.2.2	正则化理论与贝叶斯框架的关系	54
3.3	动态状态的最优估计	55
3.3.1	非线性贝叶斯跟踪	56
3.3.2	最佳滤波	57
3.4	动态状态的次最佳滤波	59
3.4.1	EKF	59
3.4.2	近似网格	60
3.4.3	UKF	61
3.4.4	粒子滤波	62
3.5	小结	65
	参考文献	65
第四章	基于不精确推理的融合决策	67
4.1	不确定性概述	67
4.1.1	不确定性源与表示	67
4.1.2	不确定性的分类	68
4.2	关于信息融合的可靠性	69
4.2.1	信息融合过程中可靠性定义	69
4.2.2	信息融合过程使用可靠性度量的策略	70
4.2.3	确定可靠性系数的方法	70
4.3	主观贝叶斯推理	72
4.3.1	知识不确定性的表述	72
4.3.2	证据不确定性的表述	73
4.3.3	多个证据的组合	74
4.4	DS 证据理论推理方法	74
4.4.1	基本方法	74
4.4.2	基于证据理论的决策基础方法	75
4.4.3	考虑可靠性的融合规则	76
4.4.4	冲突证据组合	77
4.5	模糊推理	80

4.5.1 基本概念	80
4.5.2 模糊推理运算	81
4.6 模糊积分	82
4.6.1 模糊测度	82
4.6.2 模糊积分	83
4.7 可能性理论	84
4.7.1 基本定义	84
4.7.2 交易规则	84
4.7.3 折扣规则	85
4.8 小结	85
参考文献	86
第五章 智能模型和融合结构	88
5.1 智能模型融合决策概述	88
5.1.1 知识表示概述	88
5.1.2 智能处理的基础概念	90
5.2 贝叶斯网络	91
5.2.1 贝叶斯网络的结构和构建方法	92
5.2.2 贝叶斯网络的推断处理	95
5.2.3 贝叶斯网络的扩展	98
5.3 智能体	99
5.3.1 什么是智能体	99
5.3.2 多智能体	100
5.3.3 多智能体系统的研究主题	102
5.4 本体论概述	104
5.4.1 基本概念	104
5.4.2 基于本体论的信息融合	106
5.5 基础的融合结构	108
5.5.1 中心式与分布式融合结构	108
5.5.2 层次融合结构	109
5.5.3 黑板融合结构	110
5.5.4 非中心式融合结构	112
5.5.5 融合单元之间的耦合关系	113
5.5.6 考虑统一分析框架的融合处理结构	114
5.5.7 基于智能体的分布感知网络	115
5.6 小结	118

参考文献	118
第六章 目标识别概论	122
6.1 目标识别基础概念	122
6.1.1 模式识别基础概念	123
6.1.2 目标识别的基础方法	127
6.2 目标融合识别面临的问题	131
6.2.1 目标识别层次的扩展	132
6.2.2 传感器资源的有效使用	134
6.2.3 融合处理结构的新内涵	138
6.2.4 信息估价和仿真验证平台	145
参考文献	150
第七章 融合增强	154
7.1 面向细节的图像可视融合增强	154
7.1.1 基于空间域和变换域的融合增强方法	155
7.1.2 基于神经感知模型的融合增强方法	157
7.1.3 基于统计特性的图像融合增强模型	159
7.1.4 面向可视增强的图像融合性能客观评价	160
7.2 面向多光谱图像的融合增强	165
7.2.1 常用融合方法回顾	165
7.2.2 两个典型的新融合方法	167
7.2.3 多光谱图像融合效果评价	171
7.3 基于序列图像的融合增强	172
7.3.1 时间域累积的融合增强	172
7.3.2 两个序列图像的融合增强	174
7.4 小结	176
参考文献	176
第八章 融合检测	179
8.1 目标的融合检测	179
8.1.1 独立传感器的融合检测	180
8.1.2 基于相关器的融合检测	183
8.2 面向雷达杂波模型化的分布融合	186
8.3 基于图像的目标融合检测	189
8.3.1 基于 SAR 和 HIS 融合检测伪装目标	189
8.3.2 基于多特征与多线索的串形融合检测	190
8.3.3 基于统计模型的特征层融合检测	192

8.4 目标与地域的变化检测	195
8.4.1 常用的变化信息提取方法	196
8.4.2 基于独立成分分析的变化检测算法	197
8.4.3 基于差分图像融合的变化检测算法	199
8.5 对象的融合检索	203
8.5.1 基于多特征的融合内容检索	203
8.5.2 基于贝叶斯网络的融合检索	204
8.6 小结	210
参考文献	210
第九章 融合分类	215
9.1 数据层融合分类方法	216
9.2 特征层融合分类	219
9.2.1 特征层融合分类的基本方法	219
9.2.2 异类传感器特征层融合分类	221
9.2.3 特征层的高光谱图像分类	225
9.2.4 基于多特征的图像语义分类	229
9.3 图像元特征的融合提取	231
9.3.1 图像元特征的融合提取	231
9.3.2 彩色地形图中等高线的提取	236
9.4 决策层融合分类	238
9.4.1 分类器选择	239
9.4.2 分类器基础结构	241
9.4.3 分类器集合体的协同训练	243
9.5 小结	245
参考文献	246
第十章 融合跟踪	250
10.1 中心式融合结构的多传感器估计和目标跟踪	250
10.1.1 群传感器方法	250
10.1.2 序贯传感器方法	252
10.1.3 逆协方差形式方法	254
10.2 非同步多传感器估计和目标跟踪	259
10.2.1 异步观测	259
10.2.2 延迟观测	260
10.2.3 潜伏观测	262
10.3 航迹-航迹的融合	262

10.3.1	一般航迹-航迹关联概念	262
10.3.2	异类传感器航迹融合	265
10.3.3	基于报告层的航迹融合	267
10.4	单图像和同类型图像的目标融合跟踪	268
10.4.1	目标图像跟踪的一般概念	269
10.4.2	单成像传感器多线索融合跟踪	270
10.4.3	同类多传感器的融合跟踪	272
10.5	基于异类多传感器和异类信息源的融合跟踪	277
10.5.1	两层闭环的异类融合跟踪	277
10.5.2	分布式的融合监视	280
10.5.3	运动平台上的融合跟踪	282
10.6	小结	284
	参考文献	285
第十一章	融合重建	289
11.1	3D 目标表述与重建方法概述	289
11.1.1	3D 目标的表示方法	289
11.1.2	目标重建基础方法回顾	291
11.2	基于光学传感器的目标融合重建	295
11.2.1	基于双目灰度图像融合求解视差	296
11.2.2	基于阴影与视差信息融合重建	298
11.3	基于异类传感器的目标融合重建	301
11.3.1	基于 LIDAR 的建筑物重建	302
11.3.2	面向对地观测目标的融合重建	303
11.3.3	基于轮廓的目标融合重建	308
11.4	面向目标识别的融合重建	311
11.4.1	基于 2D 视面组合模型的 3D 重建	311
11.4.2	3D 不变特征	314
11.5	面向应用环境的融合重建	317
11.5.1	环境融合重建概述	317
11.5.2	面向战场应用的环境融合重建	319
11.6	小结	321
	参考文献	322
第十二章	态势估价概论	325
12.1	军事应用模型	325
12.2	态势估价模型	329

12.2.1 态势的内涵	329
12.2.2 典型的态势估价模型	333
12.3 SA 的设计	337
12.3.1 SA 设计概述	337
12.3.2 基于认知融合的 SA	340
12.3.3 基于本体论的方法	343
12.3.4 多智能体的信息融合系统	348
参考文献	351
结束语	355

第一章 导 论

1.1 什么是信息融合

信息获取和依据信息的决策处理贯穿人类生活的整个过程,也是当今信息时代广为关注的重要问题之一。人类与周围的自然环境相依存在,通过自身对外部环境的感知与理解,逐渐适应并可能做一定程度的改进,以求保证自身的生存与发展。这里至少涉及四个方面的问题:周围的实体环境,感知的手段与内容,了解或理解的方法与深度,可能采取的行为或动作。随着时间的推移和社会与技术的发展,这四个方面的内涵也在不断丰富和发展。

实体环境指的是自然界可视的与直观的实体和自然界非可视的与不直观的实体。可视的与直观的自然实体,常常是包含目标、事件、活动等三维景物环境,显然有相对静止的,更多的则是运动的。自然的非可视或不直观的实体,常常指客观世界中实际存在的状态和变化的态势,下棋与博弈、战场状态与发展趋势等都是比较明显的例子。

人类感知外部环境的手段,随着时间的推移在不断的丰富,感知的内容也越来越多。人类初始的感知工具是自身的眼、耳、口、鼻、舌、身等;所能获得的实体世界及其中目标的属性自然也受到其限制。随着时代的进步和技术的发展,人类感知外部世界的手段获得了长足的进步,许多不同机理的传感器陆续问世,感知的范围在空间、时间和属性等方面都有了相当大的延伸,感知的内容已远远超出常识的内涵。首先,在空间上传感器感知范围沿着宏观和微观两个方向延伸,宏观的感知可以达到外层空间和星际领域,微观上感知可以深入到物质内部的原子和分子;其次,在时间上传感器感知的内容可以记录与存储,既可以“放大”短暂发生事件的动态过程,又可以回顾在较长周期中发生的变化;再次,在属性上传感器感知延伸更为突出,传感器不但可以探测客观世界直观表现的特征属性,而且可能感知与提取人类五官难以探测的、更能反映目标与景物的一些本质特征属性。随着传感器的小型化、智能化和低成本的特色越来越突出,信息融合处理系统可以更简捷的建立和更高效的工作。随着人类希望实现行为的日益增加,传感感知需求在广度和深度上也随之增加,人们对传感器技术的研究与发展倾注了更多的关注,先进的感知技术已经成为了当今信息时代的一个主要成员。

在研究由感知到决策理解的过程中,我们注意到如下一些重要的事实:① 信

息处理的任务是由行为目的确定的；② 实体环境本身具有十分丰富的特性，行为目的只涉及其中一部分；③ 各种传感器只能感知实体环境的一部分特性；④ 传感器在感知过程中存在不确定因素，导致了感知信息的不确定性；⑤ 理解实体环境需要的信息常常不能由单一传感器实时提供。这些事实表明仅仅依靠单传感器或单信息源是难以精确和稳健地完成需要的决策任务，特别是对于复杂的、多层次、多变化的决策任务尤为显著，因此多源和多传感器的信息融合问题就自然提到日程上来。

依据多传感器和多源信息的决策不是简单的集成和组合，与传感感知方式和融合处理目的等密切相关，需要做认真分析。如何分析获取到的感知数据或由其加工获得的更高层次的信息，对于完成预定的行为或动作有直接的、重要的意义，这就需要对这些数据和信息进行决策处理，以对感兴趣的实体环境有一个中肯的了解或理解，并对感兴趣的实体或事件最终做出“是什么”的结论。这个了解或理解过程与关心的预定任务、可能存在的结论范围和采用的分析处理方法有关，而且自然存在最优选择和合理理解深度的考虑。在信息融合的军事应用中，常常面对不同类型平台、不同类型传感器、不同感知对象和不同的融合处理位置等情况，相应的融合处理需求也不尽相同，表 1.1.1 简述了这个情况。

表 1.1.1 军事应用中的信息融合的不同需求

平台	传感器	感知对象	融合处理位置	融合处理目的
单	单	单(多)目标	平台	是什么，在哪儿
单	多	多目标	平台	是什么，在哪儿 本身状态(攻防)
多	多	多目标/事件	作战型处理中心	是什么，在哪儿 我能做什么 什么时候需要信息
多	多	多目标/事件	服务型处理中心	需要什么信息 (是什么，在哪儿，我能做什么)

决策的目的是为了执行必要的行为或动作，通常在预定任务明确后，可能进行的行为或动作也就确定了，经过决策可以有根据地从中选择出合适的行为或动作。应当指出的是：从感知到理解再到行为的过程可能不是一次完成的，常常需要多次处理，不断地更新以逐步趋于完善。

这里至少涉及以下几方面的内容：充分考虑可能获得的所有信息资源，选择在感知范围和感知特性上彼此互补的信息资源，以满足预定决策任务的需求；尽可能了解、减少以致消除单信息资源引入的不确定性和不可靠性；在集成多源和多传感器信息时，还要面对如何解决决策冲突和提高整体效能等问题，以实现更准确、更可靠、更协调、更经济与更稳定的决策。

信息融合的研究中涉及不少的名词术语,我们在这里做一些简要说明。信息是针对待分析或了解实体(事物或事件)感知量的总称,它不同于一般的消息或一般的实体描述,但又与其有关;信息蕴含在原始的感知数据与经过处理后的数据中,数据是信息的载体与源泉;信息的提取与研究分析的目的密切相关。多传感器数据融合(或者简称数据融合)和信息融合是经常使用的两个概念术语,它们之间实际存在一些差别(Kalandros et al. 2004)。以实体跟踪为例,多传感器数据融合是一个由相关和融合处理形成的过程,将变换传感器测量到决策对象状态估计和更新,可以认为其是一个更复杂过程的一个完整的一部分;信息融合涉及获取、处理和智能组合从各种知识源和传感器来的信息,以提供对所考虑现象的更好的理解,可以认为其是一个将追寻的实体与环境、学术理论和性能限制关联起来,或者表述实体和趋势的结构化的多侧面估价的过程。信息融合是在更宽领域中发展和凝练起来的,具有更大的内涵,它包含了来自多传感器数据的直接融合、从多传感器数据提取的特征属性或中间处理结果的融合和由非物理传感器获取的多源信息的融合等多种情况。因此本书以信息融合冠名,并以此为纲贯穿全书内容。当讨论融合系统时,我们将更多地依重于基于多传感器系统融合背景与系统的建立;当讨论基础融合算法和结构时,我们则更多地以一般多源变量的组合决策为背景与方法进行论述。

信息融合的正式定义既可以规范与限定研究的领域,同时又自然成为评价融合处理性能的准则。不同的作者或组织针对不同的具体应用做过不同的表述,大体可以分为两大类:一类认为信息融合是一种处理过程;另外一类则认为信息融合是一门技术或理论方法和工具。

以处理过程定义的有:① 信息融合是将多源信息或多个传感器获取的信息进行有目的的组合。② 信息融合是由多种信息源(如传感器、数据库、知识库和人类本身等)获取信息,并进行滤波、相关和集成,从而形成一个适合信息选择达到统一目的(如目标识别跟踪、态势估计、传感器管理和系统控制等)的表示构架。③ JDL (joint directions of laboratories)面向军事应用的定义:信息融合是一种多层次、多方面的处理过程(包括对多源数据进行检测相关、组合和估计等),以提高状态和特性的估计精度、实现对战场态势、威胁及其重要程度的实时完整的评价。④ 数据融合表述以有效、及时与可靠的统计,将多种不同的数据组合成一个一致的、精确的和智能整体的处理过程。

以技术或理论方法和工具定义的有:① 信息融合是一门技术,针对给定的决策任务,可以有效组织与利用能够获得的多种信息资源,提供比只采用其中部分信息资源获得更准确、更可靠、更协调、更经济与更稳定的决策结果。② 信息融合是一门解决来自多源数据与信息的相关、相关和组合等的处理技术,以实现与研究实体的精确定位及其特性估计,并完整及时地证实其态势与威胁及其意义。③ 信息融合是协同利用多源信息(传感器、数据库、人为获取的信息)进行决策和行动的理

论、技术和工具,旨在比仅利用单信息源或非协同利用部分多源信息获得更精确和更稳健的性能。我们认为最后一个定义可能更具有普遍性。

信息融合的数学本质是多元变量决策,它属于应用基础学科范畴,建立在许多基础学科基础上,又反过来推动基础学科的进展;应用于许多研究领域,又反过来推动这些研究领域的进展。所涉及的基础学科至少包括:概率与统计,信号处理,模式识别与人工智能,最优化处理,系统与评估等。从功能上讲至少包括:感知与感觉(含信号分析与理解),以获得一个完整的信息表述和专项解释;决策和有效的综合集成;逻辑推理与学习,含归纳结论、提取模型等;统计分析,多样本情况下的融合;分布式网络的层次融合处理和多传感器感知、理解系统等。

与一般的学科发展一样,信息融合是在需求的推动下,依据现有或者即将要形成的理论、方法、技术与工业水平的基础,在应用中逐渐壮大起来的。军事需求与应用在很大程度上促进了信息融合的研究与发展。初始阶段始于20世纪80年代初期,主要限制在军事应用;90年代后期有了大的发展,从1995年起有IEEE的多传感器融合和集成的国际会议,从1998年起每年都召开国际信息融合会议,1999年建立国际信息融合学会,2000年开始出版信息融合国际杂志,此外,还有其他专门的信息融合会议和国际期刊发表信息融合研究和应用的进展。

现在信息融合涉及多个学科领域,很多学者正工作在许多不同的领域:大多数结果是对同类型具体实现中的信息融合和多传感器数据融合;在信号、数据和决策层上取得了有意义的进展;在状态和冲突层上有一些进展;军事应用多于非军事应用;其正形成独立的学科;潜在的冲突与挑战可能比得上甚至超过控制系统。

由于传感器制造、信号处理算法、VLSI技术和高性能计算与通信的发展,以及多传感器融合系统的实现,使得近十年来研究变得实际可行了。特别表现在诸如自动目标识别、紧急使命系统(在战场态势估价)、灵巧武器等军事应用系统;自动化工厂管理、空中与海上交通管理、计算机视觉、车辆智能驾驶、工业过程监视与智能机器人等的应用智能集成;以及医学诊断与监视系统、管理遥感中大状态空间的大气科学数据模型化、灵巧建筑物等其他应用方面。

1.2 信息融合基础概念

信息融合研究与发展的许多算法、结构和系统,已经在许多领域获得了广泛的应用。我们感兴趣的问题是:什么是信息融合的基础方法?哪些因素影响和促进了信息融合基础方法的发展?了解与总结这些基础方法及其影响因素是有益的,可以分析现有的方法技术是如何解决信息融合处理需求的,可以概括和统领现有的方法与技术,可以为发展新的方法和技术指明途径。这一节我们概要讨论信息融合处理的基础概念和信息融合涉及的基础方法。

1.2.1 融合单元和融合结构

我们认为,尽管存在许多不同的融合决策任务、不同的融合算法和应用,但其中必定存在一些基础处理概念贯穿它们。这些基础处理概念围绕融合决策的主体(对象),采用各种可能的应用基础学科和专业基础学科的理论方法,才形成形形色色的具体的融合处理算法,以完成千变万化的决策任务。我们必须扣紧这些基础概念,才有可能统率现有的理论方法,才有可能发展新的理论方法。那么,什么是贯穿融合处理的基础处理概念呢?如何提取和分析这些基础处理概念呢?我们首先引入融合处理过程、融合单元和融合结构的概念。

信息融合说到底是一个多变量决策问题。我们可以将融合处理过程表述为:根据决策任务及其可以使用的多信息资源完成既定融合决策任务的处理过程。融合处理过程可以经过一次或多次融合处理完成。为了概念表述的清晰,我们将仅仅进行一次多变量的融合决策处理的过程称为融合单元或融合结构单元。显然不同融合单元具有不同的具体融合对象,也可能采用不同的融合决策方法。当融合处理过程需要采用多次融合处理时,就存在如何安排和联系这些融合处理的问题,这就引入了融合结构。融合结构是多融合单元相互连接、协同工作、完成既定决策任务的一种处理结构安排。为了实现融合结构中的一些融合单元之间的连接,有时还需要在处理决策过程中增加一些不做融合的其他类型处理单元。对于一个完成处理任务的系统来说,如果其中有融合处理单元,我们可称其为具有融合处理功能的系统;如果系统的输入本身就是多源信息,则可称其为多源融合系统。

信息融合的基础问题实际上是围绕融合单元和融合结构展开的。每个融合单元都涉及三个最基本的组成部分:变量、决策方法和决策结果;融合结构都要涉及融合单元集成的结构形式、结构形式对决策处理要求及其结果的影响、特殊的融合结构形式(如直接与传感器相连接的融合单元、有无统一单元形式的融合结构和决策方法等等)。为了叙述的方便,我们将统一概要论述下列方面所面临的基本问题和基础概念:输入变量及其影响因素;决策方法的分类和影响因素;融合结构及其影响因素;决策结果及其影响因素等。随着应用对象和任务的不同,在输入变量、决策方法、处理结构和决策结果四方面都会存在变化的情况,希望能够面对和处理变量的多样化与动态性、决策的自适应性和结构的自适应变化等问题。

1) 输入变量及其影响因素

信息融合中的变量通常指需要做融合决策的输入量,也自然涉及整个处理系统的输入量、中间变换和处理结果量,有时也会涉及融合处理结果的输出量。当融合决策任务、可以使用的信息资源和信息融合处理过程确定后,各个融合单元需要用到的多变量也就确定了。

信息融合的变量是多种多样的,它们在数据性质、数据类型、存在时空域、反应

的实体与目标特性的属性域及其稳定性等方面常常是不相同的。在数据性质方面,变量可能是原始测量和据此演绎的变换量,也可能是有限数目的判断量(如证据、判断结论等)。在数据类型方面,变量可能存在不同的维数:变量可能是一维的信号,也可能是二维的图像,还可能是多维数据;数据的存储格式也可能不同:一般的数组和特定的格式。在变量的时空域方面,涉及的范围、存在的期间、采样或输入的分辨率和频率等方面多有不同。在变量反映的实体特性等属性域方面,几何、结构、光谱、动态及趋势等特性方面多有不同,这也导致了不同的“复现”实体和目标或事件的能力。在变量的不稳定性方面,产生不稳定性的原因和过程不同,不稳定性的呈现状态也不相同。由此可见,随着决策任务及可以使用的信息资源的不同,信息融合变量是千变万化的,同时受不同的因素制约和影响。

为了进行多变量决策的信息融合,我们至少面临两类必须解决的、有关变量的基础问题:第一,用正确的方法表述变量,既要表述变量本身,也要以合适的途径表述变量实际可能存在的变化与不稳定性;第二,用正确的途径协调参加融合决策的多变量表述,可以方便与有效的方式参加其后的决策处理。对第一类问题,当决策任务和融合处理过程基本确定后,解决其中的变量表述方法相对容易一些,但要确定变量本身可能存在的变化与不稳定性的表述就相对复杂些,这既涉及数据来源的特性,又与感知方式或者获取手段有关,还与数据本身随时空的变化等有关。这部分内容我们将辟专门的篇幅来讨论。对第二类多变量的数据协调表述问题,至少涉及多变量数据在时空上的配准与多特征属性的组合表述两方面内容。这里涉及两个层次的问题,一是主要针对单个融合单元的配准与表述,二是面向多传感器或者多源信息的、多层次配准与表述。前者是属于信息融合处理的基础概念,也是我们将要单独分析的内容。即主要考虑单个融合单元的多变量协调表述问题,它涉及多变量时间上的配准,需要考虑统一的时间基准、统一的采样或分辨率基准、多变量不同时出现或某个与某些单变量突然变化的情况、多变量的多特征属性组合等。对于后者,则更多与融合处理过程有关,我们将在融合结构和各类具体的融合处理中予以讨论。

2) 决策方法及其影响因素

决策函数是指对输入多变量实施融合决策所采用的方法。决策函数的类型主要取决于输入多变量的类型、要求决策输出量的类型和可能使用的决策方法类型等因素。多变量的输入变量类型无非是:传感器的测量和据此演绎来的变换量,或者是有限数目的判断量,或者是前两者的混合变量集。要求决策的输出量可能是明确的数字量,也可能是定性的表述量或者解释表述。可能使用的决策方法是联系决策输入和决策输出的桥梁和纽带,这里存在两个层次的问题,一是怎样做决策,二是做出的决策是否是最佳的。

当决策输入与决策输出之间存在明确的数学函数表述时,可以采用确定性的