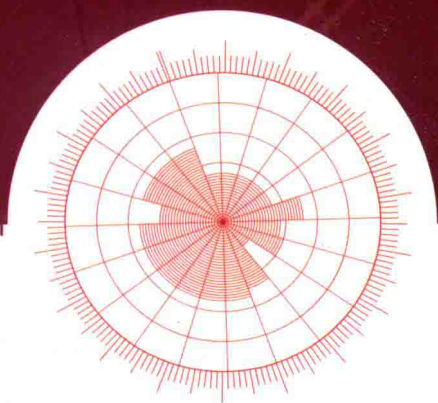


# 多源监测信息融合 技术及应用



王 鑫 徐立中 于洪珍 樊棠怀 著



科学出版社

# 多源监测信息融合技术及应用

王 鑫 徐立中 于洪珍 樊棠怀 著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书面向水利信息化领域,详细介绍多源监测信息融合的基本原理和方法,并结合作者近年来对于水环境监测、灌区监测信息融合技术的研究与应用实践,详细介绍相关融合应用模型、方法和技术。本书共分8章,主要内容包括:多源信息融合技术,水环境多源监测信息融合模型、方法、技术与系统,灌区多源监测信息融合模型、方法、技术与系统等。

本书内容新颖、理论联系实际,可作为电子信息工程、工业自动化、计算机应用、仪器科学与技术等相关专业研究生和高年级本科生、科研人员、工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

多源监测信息融合技术及应用/王鑫等著. —北京:科学出版社,2017.8  
ISBN 978-7-03-053733-1

I. ①多… II. ①王… III. ①水环境—环境监测—研究 IV. ①X832

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第138696号

责任编辑:惠雪 沈旭/责任校对:彭涛  
责任印制:张倩/封面设计:许瑞

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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年8月第一版 开本:720×1000 1/16

2017年8月第一次印刷 印张:17 1/2

字数:353 000

定价:99.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

信息化是水利科技发展的重要领域，是传统水利向现代水利转变的重要推动力。监测监控技术是水利信息化建设的重要内容，在支撑水利各项业务的开展过程中发挥着积极作用。当前，我国正在全面实施节水型社会、生态文明建设战略，在此背景下，水环境与水生态保护、农村水利综合管理等水利核心业务对监测监控技术提出更高要求。近年来，包括卫星遥感和传感网技术在内的各种监测技术得到了快速发展，并逐步在水环境监测和灌区水情监测中得到应用。对来自不同监测平台及传感数据综合处理的需求以及对水环境要素的准确提取、对水情态势的全面掌控的需求，都极大地推动了多源信息融合技术在水利中的应用。多源信息融合技术的研究对于提升水利监测监控技术水平、促进水利科技发展具有重要意义。

多源信息融合是针对系统中使用多传感器这一特定问题所提出和展开的，试图通过对多（个、类）传感器数据的综合（集成和融合），获得比单一传感器更有效的信息。多源融合处理可以更加全面和准确地反映监测监控对象的真实状态。

本书是有关多源监测信息融合技术的专著，详细介绍信息融合的基本原理和方法，并结合作者近年来有关水环境监测、灌区渠系水情监测中信息融合关键技术的研究与应用实践，详细介绍涉及的模型、方法等应用理论及技术。

本书共分 8 章，内容安排如下：

第 1 章首先介绍多源信息融合的概念和处理过程，对信息融合的功能和结构模型、信息融合方法进行分析。对常见的信息融合模型，如情报环、JDL 模型、Boyd 控制环和瀑布模型等给出具体的分析描述。对常用的信息融合算法，如加权平均法、卡尔曼滤波法、概率论、推理网络和智能算法等进行介绍。最后介绍信息融合效能的评估指标和评估方法。

第 2 章介绍和分析讨论有关水环境监测的研究背景、水环境监测信息的获取和处理方式、水环境多源监测信息融合系统体系结构、水环境监测无线传感器网络以及多传感器管理等内容。

第 3 章主要介绍水环境地面监测信息（数据）融合处理、水环境遥感监测信息处理以及基于遥感和地面监测结合的信息融合处理方法和技术。内容包括水环境多源监测信息融合的主要方法、基于广义回归神经网络的水质空间分布分析、基于黑板结构的信息融合专家系统、水环境遥感与地理信息系统的信息集成等。

第 4 章介绍证据理论的基本原理、基于证据理论的信息融合方法，并讨论其在水环境监测中的应用。在此基础上进一步介绍和讨论模糊证据理论以及神经网络

络与证据理论结合的信息融合方法和实验结果分析。最后介绍基于多尺度融合的对象级高分辨率遥感影像变化检测方法和实验结果。

第 5 章介绍灌区水情信息源分析及渠系水情态势评估系统。内容包括灌区业务流程和信息流程、灌区水情监测数据的适用性和局限性分析、灌区渠系运行仿真模型的适用性和局限性分析、灌区渠系水情信息不确定性分析、灌区渠系水情信息冗余分析、灌区渠系水情态势评估体系等。

第 6 章介绍传感器数量有限条件下的灌区渠系水情状态估计方法。内容包括灌区渠系水情状态估计问题描述、基于动态调整虚警率的子系统级状态估计方法、基于领域模型和隶属度及最小二乘准则的系统级状态估计方法、灌区渠系水情状态估计流程及模拟试验等。

第 7 章介绍灌区渠系水情态势评估方法。内容包括灌区渠系水情态势评估途径分析、基于灌区渠系水情状态估计的态势评估方法、扩大灌区渠系水情态势评估信息来源的方法及模拟试验等。

第 8 章主要介绍灌区渠系水情态势评估技术应用。内容包括基于状态估计并考虑降雨影响的灌区运行决策方法、基于态势预测的闸门调节技术、基于态势预测的灌区渠系水情监测数据错误判别技术等。

本书第 1~2 章由王鑫、樊棠怀编写；第 3~4 章由徐立中、于洪珍、杨殿亮编写；第 5~8 章由王鑫、杨殿亮编写；全书由王鑫、徐立中统稿。

本书是在作者及其研究团队近年来科研工作的基础上完成的。先后得到了国家科技支撑计划项目(编号: 2015BAB07B01)、国家自然科学基金(编号: 61603124、61601229、61374019、61271386)、教育部中央高校基本科研业务费(2015B19014)的资助。

在研究和写作过程中, 课题组赵丽华博士、王超博士等提供了本书的部分素材, 在此向他们表示衷心的感谢。

向所有的参考文献作者及为本书出版付出辛勤劳动的同志表示感谢! 同时, 特别感谢河海大学王慧斌教授在本书编写过程中给予的帮助。

限于作者的水平, 本书难免有缺点和不完善之处, 恳请广大专家同行批评指正。

王 鑫

2017 年 3 月 29 日

于河海大学

# 目 录

## 前言

第 1 章 绪论	1
1.1 多源信息融合	1
1.1.1 多源信息融合的概念	1
1.1.2 多源信息融合的工作原理	2
1.2 多源信息融合处理过程	4
1.2.1 多源信息融合处理框架	4
1.2.2 典型的融合处理过程	5
1.3 多源信息融合系统的模型	6
1.3.1 功能模型	6
1.3.2 结构模型	9
1.4 多源信息融合方法	12
1.4.1 多源信息融合方法分类	12
1.4.2 常用的多源信息融合方法	13
1.5 多源信息融合有效性评估	18
1.5.1 多源信息融合有效性的定性分析与评估	19
1.5.2 基于证据理论的融合有效性分析	22
1.5.3 多源信息融合有效性的定量分析与评估	25
第 2 章 水环境多源监测信息融合系统	27
2.1 研究背景	27
2.1.1 问题的提出	27
2.1.2 国内外研究现状	28
2.2 水环境监测技术	30
2.2.1 水质监测技术、仪器与分析方法	30
2.2.2 遥感及水环境遥感监测	35
2.3 水环境多源监测信息融合系统设计	37
2.3.1 系统的层次结构	37
2.3.2 系统的概念模型	39
2.3.3 系统的总体设计	41
2.4 基于 WSN 的地面水环境监测信息获取与处理	43

2.4.1	WSN 网络和通信基础设施相结合的系统设计	44
2.4.2	LEACH 路由协议	47
2.4.3	基于动态成簇的路由算法	50
2.5	基于 Agent 的多传感器管理	58
2.5.1	基于知识的多传感器管理	58
2.5.2	多传感器管理的功能和任务	60
2.5.3	基于 Agent 的多传感器管理	62
<b>第 3 章</b>	<b>水环境多源监测信息融合处理</b>	<b>66</b>
3.1	水环境多源监测信息融合方法综述	66
3.1.1	地面监测信息融合处理	67
3.1.2	遥感图像信息融合处理	67
3.1.3	基于遥感和地面监测的水质信息融合处理	69
3.2	基于广义回归神经网络的水质空间分布分析	74
3.2.1	广义回归神经网络的水质空间分布模型	74
3.2.2	计算分析	78
3.3	基于黑板结构的信息融合专家系统	80
3.3.1	功能模块及流程设计	80
3.3.2	验证与分析	82
3.4	水环境遥感与地理信息系统的信息集成	87
3.4.1	遥感和地理信息系统信息集成	87
3.4.2	遥感和地理信息系统集成系统的模式	88
3.4.3	水环境遥感和地理信息系统的空间数据组织、管理与分析	88
3.4.4	太湖水环境多源监测信息管理系统	90
<b>第 4 章</b>	<b>水环境多源监测信息融合的证据理论方法</b>	<b>93</b>
4.1	证据理论	93
4.1.1	基本概念	94
4.1.2	Dempster 组合规则	94
4.1.3	冲突证据组合方法	95
4.2	河口地面监测信息融合	99
4.2.1	信息融合模型	99
4.2.2	基于证据理论的信息融合	100
4.2.3	基于 BP 网络的信息融合	100
4.2.4	验证与分析	101
4.3	证据理论信息融合计算分析软件	103
4.3.1	信息融合计算分析软件设计开发	103

4.3.2	实例分析	106
4.4	湖泊富营养化状态评估的模糊证据理论方法	107
4.4.1	基于相似性的模糊证据理论	108
4.4.2	湖泊富营养化状态估计与评价模型	114
4.4.3	验证与分析	114
4.5	湖泊富营养化状态评估的 BP 网络证据理论方法	118
4.5.1	BP 网络证据理论方法	118
4.5.2	监测数据选择与验证分析	119
4.6	遥感与地面监测结合的湖泊水质状态评估	122
4.6.1	研究背景	122
4.6.2	神经网络证据理论方法	123
4.6.3	验证与分析	124
4.7	基于多尺度融合的对象级高分辨率遥感影像变化检测	130
4.7.1	问题分析	130
4.7.2	对象提取	130
4.7.3	对象特征提取及比较	131
4.7.4	多尺度融合	132
4.7.5	方法实现流程	134
4.7.6	验证与分析	135
第 5 章	灌区水情信息源分析及渠系水情态势评估系统	145
5.1	灌区渠系水情态势评估需求分析	145
5.1.1	国内外研究现状	146
5.1.2	存在的问题	147
5.2	灌区业务流程和信息流程	148
5.3	灌区水情监测数据的适用性和局限性分析	149
5.3.1	灌区水情信息的种类	149
5.3.2	灌区水情监测系统的功能和结构	149
5.3.3	适用性和局限性	155
5.4	灌区渠系运行仿真模型的适用性和局限性分析	156
5.4.1	灌区渠系运行仿真模型的特点	156
5.4.2	灌区渠系运行仿真模型组成和基于的领域知识基础	156
5.4.3	适用性和局限性	161
5.5	灌区渠系水情信息不确定性分析	161
5.5.1	监测数据的随机性	162
5.5.2	监测数据的不精确性	162



5.5.3	监测数据的不完整性	162
5.5.4	灌溉用水的非计划性和模糊性	163
5.5.5	干扰用水对灌区水情监测系统和仿真系统的影响分析	163
5.6	灌区渠系水情信息冗余分析	165
5.6.1	监测数据的关联性	165
5.6.2	估计干扰流量的技术途径	166
5.6.3	影响监测数据冗余的因素	167
5.7	灌区渠系水情态势评估系统	168
5.7.1	系统的信息融合功能模型	168
5.7.2	系统的信息融合结构模型	173
<b>第 6 章</b>	<b>传感器数量有限条件下的灌区渠系水情状态估计方法</b>	<b>175</b>
6.1	灌区渠系水情状态估计问题描述	175
6.1.1	系统变量	175
6.1.2	系统状态方程和量测方程	176
6.1.3	研究对象比较	178
6.1.4	灌区渠系水情状态估计的可行途径	180
6.1.5	基于输入校正的灌区渠系水情状态估计方法	181
6.2	基于动态调整虚警率的子系统级状态估计方法	183
6.2.1	子系统划分	183
6.2.2	干扰流量需要遵循的关系	183
6.2.3	基于动态调整虚警率的干扰用水假定检验方法	186
6.2.4	判别有无干扰用水的动态贝叶斯方法	189
6.2.5	确定干扰用水方案的按隶属度排序方法	191
6.3	基于领域模型、隶属度及最小二乘准则的系统级状态估计方法	193
6.3.1	系统级状态方程和量测方程	193
6.3.2	系统级状态估计的水位目标	194
6.3.3	系统级状态估计的流量目标	194
6.3.4	基于水位、流量多目标的系统级状态估计	195
6.3.5	基于松弛隶属度约束的系统级协调方法	195
6.4	灌区渠系水情状态估计流程	196
6.5	模拟试验	198
6.5.1	模拟试验方法	198
6.5.2	模拟试验对象	199
6.5.3	模拟试验情景和结果	199
<b>第 7 章</b>	<b>灌区渠系水情态势评估方法</b>	<b>205</b>

7.1	灌区渠系水情态势评估途径分析	205
7.1.1	基于经验和专业知识的渠系水情态势评估方法	205
7.1.2	基于实时水情监测数据外推的渠系水情态势评估方法	206
7.1.3	基于水情图像分析的渠系水情态势估计方法	206
7.2	基于灌区渠系水情状态估计的态势评估方法	206
7.2.1	灌区渠系水情态势评估的定义	207
7.2.2	动态跟踪和态势预测	207
7.2.3	基于动态观察窗口的态势元素提取和赋值	208
7.2.4	在时间域上按可信度进行综合的态势估计和评价方法	213
7.2.5	态势评估流程	214
7.2.6	态势评估有效性分析	216
7.3	扩大灌区渠系水情态势评估信息来源的方法	217
7.3.1	进一步利用实时监测数据的途径	217
7.3.2	基于扩大信息源的态势元素提取和赋值	217
7.3.3	基于扩大信息源的态势估计方法	219
7.4	模拟试验	219
7.4.1	模拟试验方法	220
7.4.2	模拟试验情景设定	220
7.4.3	实际系统运行结果	221
7.4.4	态势预测和态势评价结果	221
7.4.5	态势评估结果分析	224
7.5	与其他态势预测方法的比较	225
7.5.1	输入校正态势预测方法与实时监测数据趋势分析方法的比较	225
7.5.2	输入校正态势预测方法与非输入校正态势预测方法的比较	227
<b>第 8 章</b>	<b>灌区渠系水情态势评估技术应用</b>	<b>229</b>
8.1	基于状态估计并考虑降雨影响的灌区运行决策方法	229
8.1.1	问题的提出	229
8.1.2	降雨对灌溉过程的影响分析	229
8.1.3	降雨信息的获取	230
8.1.4	状态估计信息与降雨的关联性分析	231
8.1.5	考虑降雨影响的灌区运行决策方法	232
8.1.6	模拟试验	235
8.2	基于态势预测的闸门调节技术	239
8.2.1	问题的提出	239
8.2.2	闸门调节模型概述	239

---

8.2.3	渠系水流特性对闸门调节的影响分析	240
8.2.4	基于态势预测信息的闸门调节模型	242
8.2.5	闸门调节的信息融合	244
8.2.6	模拟试验	245
8.2.7	闸门调节改进方法的推广	247
8.3	基于态势预测的灌区渠系水情监测数据错误判别技术	249
8.3.1	问题的提出	249
8.3.2	判别监测数据错误的途径	250
8.3.3	基于态势预测的证据获取技术	251
8.3.4	数据错误判别的证据理论模型	252
8.3.5	模拟试验	254
	参考文献	258
	索引	269

# 第1章 绪 论

多源信息融合技术作为一种信息综合处理技术，实际上是许多传统学科和新技术的集成和应用。信息融合是基于一定的融合结构，对多源信息进行阶梯状、多层次的处理过程，信息融合的基本功能是相关、识别和评估，重点是识别和评估。本章主要介绍信息融合的处理过程、信息融合的模型、主要的信息融合方法以及信息融合有效性评估等内容。

本章较系统地介绍信息融合的处理过程、信息融合的功能和结构模型及信息融合方法。在对常用的信息融合算法，如加权平均法、卡尔曼滤波法、概率论、推理网络和智能算法等进行介绍的基础上，研究分析多传感器信息融合效能的评估指标和评估方法。

## 1.1 多源信息融合

### 1.1.1 多源信息融合的概念

多源信息融合 (multi-source information fusion) 技术源自于多传感器数据融合技术，是通过多 (个、类) 传感器数据的综合 (集成和融合) 获得比单一传感器更准确的信息。这里所指的传感器是广义的，它是指与环境匹配的获取各种信息的系统，可以是雷达、导航、遥感遥测、通信等系统。采用多传感器系统必将导致不同种类信息以及不确定信息的增加，这就要求对各种传感器所获得的信息实现智能化综合处理，因此可将信息融理解解为与多传感器系统相匹配的横向综合处理技术。

信息融合技术的理论基础是信息论、检测与估计理论、统计信号处理、模糊数学、认知工程、系统工程等。

虽然在 20 世纪 70 年代信息融合的概念就被提出，但信息融合技术的全面研究大致始于 20 世纪 80 年代。20 世纪 80 年代中期，信息融合技术首先在军事领域研究中取得相当大的进展。美国国防部早在 70 年代就资助有关声呐信号理解及融合的研究。1988 年，美国国防部将信息融合技术列为 90 年代重点开发的 20 项关键技术之一，并取得了一些研究成果，开发了 C4I 系统及 IW 系统。除美国外，其他西方国家也普遍重视信息融合技术的研究。英国陆军开发了炮兵智能信息融合系统 (AIDD)、机动和控制系统 (WAVELL) 等，并于 1982 年提出研制“海军知识库作

战指挥系统”；1987 年又与联邦德国等欧洲五国制定了联合开展“具有决策控制的多传感器信号与知识综合系统 (SKIDS)”的研究计划。此外，法、德等北约国家在这方面的研究工作也十分活跃，如汤姆逊公司已将信息融合技术应用于 MARTHA 防空指挥控制系统中，德国已在“豹 2”坦克的改进计划中采用信息融合、人工智能等关键技术。

近年来，随着计算机技术和网络通信技术的飞速发展，以及二者之间日趋紧密的关联，信息融合技术取得惊人的发展。迄今为止，信息融合技术已在机器人和智能仪器系统、图像分析与监控、战场任务与无人驾驶飞机等方面得到成功应用，此外，在医学诊断、气象预报、地球科学、农业和经济等领域也获得了应用<sup>[1-9]</sup>。

### 1.1.2 多源信息融合的工作原理

信息融合的基本目的是通过多 (个、类) 传感器数据的综合处理获得比单一传感器更多的信息。一般可以理解为对来自多传感器的原始信息加以智能化综合，从而导出新的有意义的信息，这种信息的价值比单一传感器所获得的信息要高得多，它有利于判决和决策<sup>[10-16]</sup>。

在多传感器信息融合中，由于多传感器同时工作，即使个别传感器受到干扰而失效或失去对目标的覆盖，系统仍能得到足够的目标信息，使系统的可靠性增强，信息的置信度提高。此外，它还有如下优点：时空覆盖区域扩大；减少了测量数据的模糊；改进了系统的检测性能；提高了空域分辨率；增加了测量维数 (除空间和时间坐标外，还有目标运动频谱、目标电磁特征等)。

信息融合可以在各传感器获得的信息预处理前、预处理后或传感器处理部件完成决策后进行。按照送入融合中心前数据所经过的处理，信息融合可分为数据级、特征级和决策级。下面就按融合层次和内容的划分方法，介绍数据级融合、特征级融合和决策级融合的含义和优缺点。

#### 1) 低级或数据级融合

数据级融合是指各个传感器送入融合中心的信息为原始信息，融合中心将对这些未经或经过很少处理的信息进行融合，该层次的融合是最低能的融合。数据级融合在融合过程中要求各参与融合的传感器信息间具有精确到一个像素的配准精度，融合可在像素或分辨单元上进行，这些像素可以包括一维时间序列数据、焦平面数据等。

原始数据级的融合是在采集到的传感器的原始信息层次上 (未经处理或只做很小的处理) 进行融合，在各种传感器的原始测报信息未经预处理时就进行信息的综合和分析。由于原始数据级融合带有浓厚的图像处理色彩，有时也称其为像素级融合。

数据级的优点是保持了尽可能多的有用信息和能够提供其他融合层次不能提

供的细微信息。数据级的缺点是处理的信息量大,所需时间长,实时性差;信息的稳定性差,不确定和不完全情况严重;数据通信量大,抗干扰能力较差。

## 2) 中级或特征级融合

特征级融合是指在各个传感器提供的原始信息中,首先提取一组特征信息,形成特征矢量,并在对目标进行分类或其他处理前对各组信息进行融合,有时称为“中级融合”。特征级融合属于中间层次,兼顾了数据级和决策级融合的优点。它利用从传感器的原始信息中提取的特征信息进行综合分析和处理。一般说来,提取的特征信息应是像素信息的充分表示量或充分统计量,然后按特征信息对传感器数据进行分类、聚集和综合。

它是在信息的中间层次进行融合,是对预处理和特征提取后获得的景物信息进行综合与处理。特征级融合可划分为两大类:一类是目标状态信息融合;另一类是目标特性融合。

目标状态信息融合主要应用于多传感器目标跟踪领域,目标跟踪领域的大量方法都可以修改移植为多传感器目标跟踪方法。传感器输出的参量数据可以是角度(方位角或仰角)、距离等,也可以是被观测平台的参数矢量、立体像或真实状态矢量(三维位置和速度的估计)。融合系统首先对传感器数据进行预处理以完成数据配准,即通过坐标变换和单位换算,把各传感器的输入数据变换成统一的数据表达形式(即具有相同的数据结构)。在数据配准后,融合处理主要实现参数关联和状态矢量估计。

目标特性融合就是特征层联合识别,它实质上是模式识别问题。多传感器系统为识别提供了比单传感器更多的有关目标的特征信息,增大了特征空间维数。具体的融合方法仍是模式识别的相应技术,只是在融合前必须先对特征进行关联处理,把特征矢量分类成有意义的组合。

对目标进行的融合识别,就是基于关联后的联合特征矢量。具体实现技术包括参量模板法、特征压缩和聚类算法、 $K$ 阶最近邻、人工神经网络、模糊积分等。除此之外,基于知识的推理技术也常被应用于特征融合识别。

由上所述,特征层融合无论在理论上还是应用上都逐渐趋于成熟,形成了一套针对问题的具体解决方法。在融合的三个层次中,特征层上的融合可以说是发展最完善的,而且由于在特征层已建立了一整套行之有效的特征关联技术,可以保证融合信息的一致性,所以特征层融合有着良好的应用与发展前景。但由于跟踪和模式识别本身所存在的困难,也相应牵制着研究和应用的进一步深入。

特征级融合的优点在于实现了可观的信息压缩,有利于实时处理,并且由于所提取的特征直接与决策分析相关,融合结果能最大限度地给出决策分析所需的特征信息。

### 3) 高级或决策级融合

在融合之前,各传感器相应的处理部件已经独立地完成了决策或分类任务,然后对各自传感器的决策结果进行融合,以得到最优决策。这是在最高级进行信息融合。该层次进行的融合具有好的容错性,在一种或几种传感器失效时也能工作,通信量小,抗干扰能力强,实时性强。

决策层融合已有很多成功的应用实例,像战术飞行器平台上用于威胁识别的报警系统(TWS)、多传感器目标检测、工业过程故障监测、机器人视觉信息处理等。

决策级融合输出是一个联合决策结果,在理论上这个联合决策应比任何单一传感器决策更精确或更明确。决策级融合所采用的主要方法有贝叶斯推断、D-S 证据理论、模糊集理论、专家系统方法等。

决策级融合在信息处理方面具有很高的灵活性,系统对信息传输带宽要求较低,能有效地融合反映环境或目标各个侧面的不同类型的信息,而且可以处理非同步信息,因此目前有关信息融合的大量研究成果都是在决策层上取得的,并且构成了信息融合研究的一个热点。但由于环境和目标的时变动态特性、先验知识获取的困难、知识库的巨量特性、面向对象的系统设计的要求等,决策层融合理论与技术的发展仍受到阻碍。

## 1.2 多源信息融合处理过程

### 1.2.1 多源信息融合处理框架

信息融合的处理是面向具体应用的。针对一个具体的融合任务,其信息融合处理框架一般如图 1-1 所示。

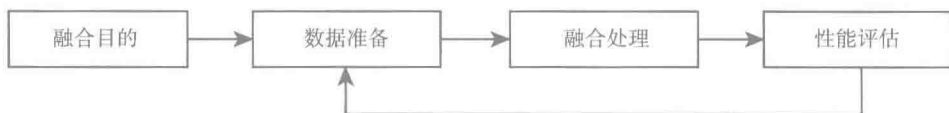


图 1-1 信息融合处理的框架图

融合目的表明了融合所要实现的具体功能,如识别对象的状态、对目标进行跟踪等。对融合目的进行准确表述非常重要,包括对需求、可使用资源、允许使用环境等的定量表述。

数据准备是将相关信息资源进行汇集和关联,包括传感器管理的方法、数据和信息关联的方法、单源与多源数据以及信息特性分析与表述方法等。

融合处理是信息融合的核心,在这一环节,依据融合目的采用什么样的融合处理结构和融合算法非常重要。例如,集中式处理或分布式处理结构、串行式处理或

并行式处理结构等。与此同时，还要确定选择出合适的融合算法。

性能评估是对融合结果的评价，主要涉及性能评估模型与准则、学习训练与试验方法等方面的内容。融合评估贯穿于整个信息融合处理的各个过程。

在实际应用中，由于与具体的融合目标以及可以使用的资源与环境密切相关，融合技术方案可能是多种多样的，这就必须要认真选择一个最佳的方案，令融合的结果使系统在真正意义上实现性能的提高。

### 1.2.2 典型的融合处理过程

典型的信息融合系统由传感子系统和融合处理子系统两个部分组成。前者由传感器和其他信息源构成；后者由数据配准、数据关联、融合决策和与之相关的先验模型构成。系统的输出为融合结果。融合结果一方面会提供给高层决策应用，另一方面也会作为一种反馈信息，使融合系统可以据此实施传感器管理及模型更新。图 1-2 是典型的信息融合处理过程方框图，现在分别简要介绍图中各个主要部分。

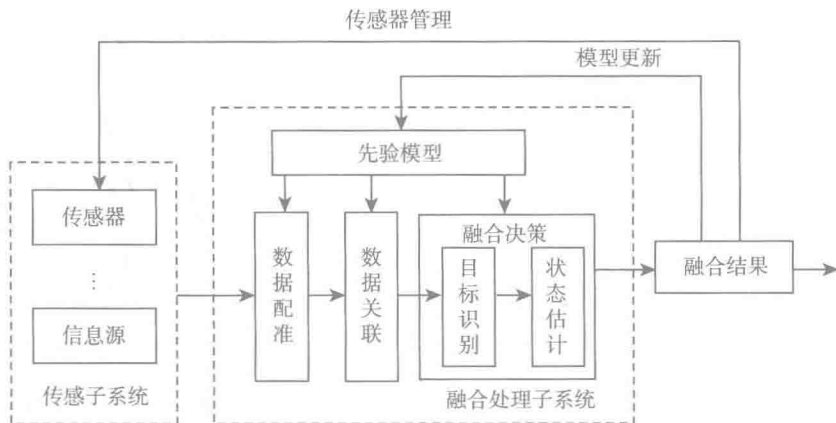


图 1-2 典型的信息融合处理过程

传感子系统汇集与融合目的相关的多传感器数据和多源信息，这些数据和信息可能来自同一平台或多个平台。存在的难点问题有：数据源具有不同的数据类型和传感机理，数据源之间不能保持同步，所感知的目标、事件或者态势可能存在变化等。

数据配准是将传感器数据统一到同一参考时间和空间中，即以一致格式表示所有输入数据的处理过程，可以有先验模型支持。每个传感器得到的信息都是某个环境特征在该传感器空间中的描述。由于传感器物理特性以及空间位置上的差异，处于不同描述空间的信息很难进行融合处理。必须在融合前将这些信息映射到一个共同的参考描述空间中，然后进行融合处理，最后得到环境特征在该空间上的一



致描述。

数据关联是使用某种度量尺度将来自不同传感器的航迹与量测数据进行比较,以确定要进行相关处理的候选配对。它实际上是将一个输入数据(特征)集与另外一个数据(特征)集相关联的处理过程,可以有先验模型支持。数据关联的重要前提是从每个传感器得到的信息必须是对同一目标的同一时刻的描述。

融合决策主要包括目标识别、状态估计等内容。这些处理过程依赖于先验模型的支持。通过对目标的状态变量与估计误差方差阵进行更新,可以实现对目标位置的预测,确定目标的类型,预测目标的进一步行动。

融合决策结果除提供输出外,还要反馈给融合处理子系统和传感子系统。反馈给融合处理子系统的作用是调整相关的先验模型,不断检查和更新用于产生数据配准与关联处理的假设模型的有效性,可靠的反馈将修补融合处理具体算法的最终决策。反馈给传感子系统是为了控制传感子系统的工作,指导传感子系统提供确保决策任务需求的时空与属性信息,以及具体单个目标或者事件的有效实时信息。这是协调控制的基本任务,通过融合决策输出来实施反馈控制是实现可靠融合决策的重要保障。

## 1.3 多源信息融合系统的模型

### 1.3.1 功能模型

从根本上说,信息融合的功能就是处理信息的冗余性及互补性。概括地说,信息融合的功能包括扩大时空搜索范围、提高目标可探测性、提高时空的分辨率、增加目标特征矢量的维数、降低信息的不确定性和改善信息的置信度及增强系统的容错能力和自适应能力<sup>[17-26]</sup>。

信息融合功能模型主要从融合过程出发,描述信息融合包括哪些主要功能、数据库,以及进行信息融合时系统各组成部分之间的相互作用过程。

近年来人们提出和应用的模型有很多种,虽然各种模型的目的都是为了在信息融合中进行多级处理,但每种信息融合模型都各有特点。以下对信息融合的典型模型及其优缺点进行分析与比较。

#### 1) 情报环

UK 情报环把信息处理作为一个环状结构来描述,它包括 4 个阶段。

(1) 采集,包括传感器和人工信息源等的初始情报数据。

(2) 整理,关联并集合相关的情报报告,在此阶段会进行一些数据合并和压缩处理,并将得到的结果进行简单的打包,以便在融合的下一阶段使用。

(3) 评估,在该阶段融合并分析情报数据,同时分析者还直接给情报采集分派