

清华大学测控技术与仪器系列教材

Modern Intelligent Information Processing: A Practical Approach

现代智能信息处理实践方法

王雪 王晟 编著

Wang Xue Wang Sheng

清华大学出版社

清华大学测控技术与仪器系列教材

Modern Intelligent Information Processing: A Practical Approach

现代智能信息处理实践方法

王雪 王晟 编著

Wang Xue Wang Sheng

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

智能信息处理是信息技术中的关键技术,计算智能是智能信息处理的核心技术,是目前多学科研究和应用的热点,是仪器科学与技术学科领域研究的重要内容之一,涉及测试技术、电子技术、计算机技术、控制技术等多个领域,具有广泛的应用前景。

本书围绕现代智能信息处理理论的主要研究内容,在简要介绍计算智能的基本概念和基本理论的基础上,侧重计算智能理论的实践方法,从信号测试系统的角度出发,到智能信息处理实现的硬件平台的建立,涵盖了网络虚拟仪器技术,系统全面地讲述了目前计算智能领域研究的神经计算、进化计算和模糊计算中的典型方法的实践步骤。本书侧重智能信息处理的实践,期望读者通过阅读可以在较短的时间内基本掌握现代智能信息处理的基本方法和实践过程。本书是《测试智能信息处理》(王雪,清华大学出版社,2008)一书的配套教材,也可以自成体系,作为智能信息处理的简明实践教程。

本书可作为测控技术、电子科学技术、计算机科学技术、电气工程、控制技术、信息通讯技术、机械电子工程等专业的研究生、高年级本科生的教材和参考书,也可作为相关工程技术人员和科技工作者的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代智能信息处理实践方法/王雪,王晟编著. —北京:清华大学出版社,2009.3

(清华大学测控技术与仪器系列教材)

ISBN 978-7-302-19243-5

I. 现… II. ①王… ②王… III. 人工智能—信息处理 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 004417 号

责任编辑:张秋玲 洪 英

责任校对:王淑云

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:10 字 数:205 千字

版 次:2009 年 3 月第 1 版 印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:23.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:031957-01

序言



智能信息处理是信息技术领域中发展迅速的研究领域,是仪器测量技术、计算机科学技术和控制技术的重要组成部分,也是新发展起来的十分活跃和具有挑战性的领域。本书是《测试智能信息处理》(王雪,清华大学出版社,2008)一书的实践环节部分。希望通过本书的介绍,能够帮助读者更好地理解和运用现代智能信息处理的理论和方法,以解决实际问题,并加深对理论知识的理解。

作者于2003年在清华大学开设了研究生学位课“现代智能信息处理”,经过几年的教学实践,于2008年1月由清华大学出版社出版了《测试智能信息处理》一书,该书主要侧重于现代测试智能信息处理的理论方法。而本书则围绕现代智能信息处理理论的主要研究内容,在简要介绍计算智能的基本概念和理论的基础上,侧重于计算智能理论的实践方法,从信号测试系统的角度出发,到智能信息处理实现的硬件平台的建立,系统、全面地讲述了目前计算智能领域研究的神经计算、进化计算和模糊计算中典型方法的实践步骤。期望读者通过阅读,能在较短的时间内掌握现代智能信息处理的基本方法。为此,作者结合近年的科研和教学实践,通过研究探索,逐渐完善和实现了围绕智能信息处理的基本实践内容,本书中的每部分实践内容均经过了清华大学的博士生和硕士生实际实现和验证。现将这些实践成果整理成书奉献在读者面前,供广大读者参考。

本书根据信息测量的特点,首先介绍了信号的获取、信号的处理、数据融合的基本概念。然后,介绍了嵌入式远程测量智能信息处理实践平台技术,包括网络化虚拟仪器技术、神经计算、进化计算和模糊计算的基本理论和实践方法的MATLAB实现及相关步骤。

本书共8章。第1章,重点介绍了测试系统的信号获取、信号的数据融合、智能信息处理技术概述和测试系统的网络化测量;第2章介绍了嵌入式远程测量信息处理实践平台,包括网络化测量的虚拟仪器技术;第3章介绍了神经计算实践方法实现;第4章给出

了神经计算典型 MATLAB 程序设计实现；第 5 章介绍了进化计算实践方法实现；第 6 章为进化计算的 MATLAB 程序设计实现介绍；第 7 章介绍了模糊计算实践方法实现；第 8 章介绍了模糊控制系统设计及 MATLAB 实现方法。

本书的特点是从实践方法出发，介绍现代智能信息处理技术，其内容的编排是一种新的尝试，书中许多内容源于作者近年在该领域的科研成果。希望通过内容的介绍使读者加深理解和掌握现代智能信息处理的理论和实践方法。

本书由王雪教授总体策划并负责大部分章节的编写，博士生王晟参与了第 2 章、第 5 章中部分内容的编写工作及实验验证，此外，研究生毕道伟、丁梁、王勇、孙欣尧、马俊杰等也参加了编写、实验验证和文字录入整理等工作。

在本书完成之际，衷心感谢清华大学尤政教授、王伯雄教授给予作者的关心、支持和帮助，特别感谢吴正毅教授对作者给予的热情支持和鼓励；衷心感谢哈尔滨电工仪表研究所张明远研究员对书稿内容给予的建设性意见和建议。没有他们的支持和帮助，本书是难以呈现在读者面前的。本书还参考和引用了一些论文和书籍资料，在此一并表示衷心的感谢。

特别感谢我妻子的默默支持和无私帮助，还有我可爱女儿的鼓励，还要感谢我的父母家人和所有给予我支持和帮助的朋友，谨以此书献给他们。

最后还要特别感谢清华大学出版社的张秋玲老师和洪英老师的支持和帮助，在本书的编写过程中她们提出了很多富有建设性的意见和建议，感谢清华大学出版社的支持。

本书的出版得到了国家基础研究 973 项目(2006CB303000)的资助和国家自然科学基金 4 个项目(60673176, 60373014, 50175056, 59805009)的资助，在此表示衷心的感谢！

智能信息处理技术作为新兴交叉学科，很多理论方法特别是实践方法和应用技术方面还有待进一步深入探索和发展。由于作者水平有限，加之时间仓促，书中缺点和不足在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2008 年 11 月于清华园

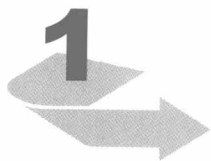
目录

1	绪论	1
1.1	测试系统的信号获取	1
1.2	数据信息融合	3
1.2.1	信息融合的定义及应用	3
1.2.2	信息融合的一般模型	4
1.2.3	信息融合的层次	5
1.2.4	信息融合典型算法	6
1.3	智能信息处理概述	9
1.4	网络化虚拟测量概述	12
1.4.1	虚拟仪器技术的产生与发展	13
1.4.2	网络技术与虚拟仪器技术的结合	14
1.4.3	网络化虚拟测量技术的应用	17
2	嵌入式远程测量信息处理实践平台技术	20
2.1	嵌入式远程测量信息处理实践的意义	20
2.2	嵌入式远程测量系统的基本实现技术	20
2.2.1	虚拟仪器的结构和功能	20
2.2.2	虚拟仪器的特点	21
2.2.3	虚拟仪器与传统仪器的比较	21
2.2.4	虚拟仪器设计的一般步骤	22
2.2.5	基于虚拟仪器的无线嵌入式测量实验系统	22
2.2.6	LabVIEW 与 MATLAB 混合编程	25

2.2.7	基于 LabVIEW 的网络化虚拟测量	26
2.2.8	网络化虚拟测量通信模型	27
2.2.9	基于 LabVIEW 的 DataSocket 及 UDP 通信	28
2.3	实践平台硬件与软件系统	33
2.3.1	系统的硬件和软件组成	33
2.3.2	系统的硬件设置	34
2.3.3	无线网络配置	35
2.4	实践平台应用流程	40
2.5	实践平台操作注意事项	44
2.6	思考与总结	44
3	神经计算实践方法实现	45
3.1	神经计算方法概论	45
3.2	神经网络分类及其优化	46
3.2.1	实践内容	46
3.2.2	实践步骤	46
3.2.3	思考与总结	48
3.3	采用神经计算解决误差曲面问题	50
3.3.1	实践内容	50
3.3.2	实践步骤	50
3.4	线性神经元的训练问题	51
3.4.1	实践内容	51
3.4.2	实践步骤	51
3.5	神经计算方法实践的意义	52
3.6	实践平台硬件与软件系统	53
3.6.1	硬件设备	53
3.6.2	系统软件	54
3.7	实践平台应用流程	54
3.8	实践平台操作注意事项	58
3.9	思考与总结	58
4	神经计算典型 MATLAB 程序设计实现	59
4.1	面向 MATLAB 的 BP 神经网络设计	59
4.1.1	BP 神经网络的初始化	59

4.1.2	BP 神经网络的创建	59
4.1.3	BP 神经网络的仿真	61
4.1.4	BP 神经网络的训练	62
4.2	径向基函数网络设计	65
4.2.1	问题描述	65
4.2.2	网络建立	66
4.2.3	仿真网络	67
4.2.4	结论	69
5	进化计算实践方法实现	70
5.1	进化计算方法概论	70
5.2	进化计算方法基本原理	70
5.2.1	遗传算法	70
5.2.2	粒群智能	83
5.3	基于进化计算的多项式逼近信号去噪	95
5.4	进化计算性能分析实践平台的搭建与软、硬件系统	97
5.4.1	进化计算性能分析实践的意义	97
5.4.2	进化计算性能分析实践平台硬件与软件系统	97
5.4.3	实践平台应用流程	98
5.4.4	实践平台应用注意事项	102
6	进化计算的 MATLAB 程序设计实现	103
6.1	面向 MATLAB 的遗传算法设计	103
6.1.1	遗传算法的 MATLAB 工具箱介绍	103
6.1.2	遗传算法编程实例	106
6.1.3	遗传算法优化结果分析	108
6.2	微粒群优化算法程序设计及 MATLAB 实现	109
6.2.1	微粒群优化算法的基本原理	109
6.2.2	微粒群优化算法程序实现	111
6.2.3	微粒群优化算法结果分析	115
7	模糊计算实践方法实现	118
7.1	模糊逻辑概述	118
7.1.1	模糊逻辑的起源	118

7.1.2	模糊逻辑的特点和应用分析	119
7.2	模糊推理系统基本原理	120
7.2.1	模糊推理系统概述	120
7.2.2	模糊推理系统分类	122
7.3	模糊推理系统控制实践的意义	124
7.4	模糊推理系统控制实践平台的硬件与软件系统	124
7.4.1	硬件设备	124
7.4.2	系统软件	125
7.5	模糊推理系统控制实践平台的基本原理	125
7.6	模糊推理系统控制实践平台应用流程	128
7.7	模糊推理系统控制实践平台操作注意事项	131
7.8	思考与总结	131
8	模糊控制系统设计及 MATLAB 实现	133
8.1	模糊系统结构	133
8.2	模糊控制器的设计	134
8.2.1	模糊化	134
8.2.2	建立模糊推理规则	135
8.2.3	确定权与规则信度	136
8.2.4	选择适当的关系生成方法和推理合成算法	137
8.2.5	反模糊化	137
8.3	模糊控制系统的 MATLAB 实现	138
8.3.1	模糊逻辑工具箱的图形界面工具	138
8.3.2	FIS 编辑器	139
8.3.3	隶属函数编辑器	140
8.3.4	模糊规则编辑器	142
8.3.5	模糊规则观察器	144
8.3.6	输出曲面观察器	145
8.3.7	自定义模糊推理系统	147
	参考文献	149



绪 论

1.1 测试系统的信号获取

著名科学家王大珩院士指出：“仪器是认识世界的工具，机器是改造世界的工具。仪器是对未知世界认识的科学工具，也是作为控制生产过程的工具……从这个角度看，仪器属于信息技术科学。不是利用它作为改造世界的实物，而是作为优化生产的手段，以获得信息作为行动指导。仪器是认识世界的信息原始数据的源头。信息技术有以下几个层次：信息的获取、信息的储存、信息状态转化、信息的传输、信息的显示、信息结果的分析。获取信息作为信息科技的源头，一切都从它开始，在信息科技中占有重要地位”。仪器的重要功能首先是测试和获取信号，然后是分析和处理信号。

应该说仪器测量技术是信息技术的组成部分，信息技术的基础和关键是测量。信息技术=测量+计算机+通信；惠普(HP)公司认为：信息技术 $IT=MC^2$ ，其中 $MC^2=Measurement\ Computer\ Communication$ 。图 1.1 所示为测试智能信息处理系统的组成。

本书从测试技术的角度出发，重点介绍智能信息处理中的关键技术：计算智能及其基本计算方法；希望使读者了解智能系统描述的基本模型；掌握神经计算、模糊计算、进化计算的基本概念和智能计算的基本模型结构、特点、典型算法、运行方式和典型问题；掌握计算智能的实现方法；了解计算智能研究思想，从中学习对已有问题的求解方法。通过软件实现，进一步体会有关计算、模型用法和性能，获取一些初步经验。查阅适当参考文献，将所学内容与实际应用相结合，与《测试智能信息处理》一书的理论内容配合，达到既丰富学习内容，又掌握实际应用的目的。本书内容体系如图 1.2 所示。

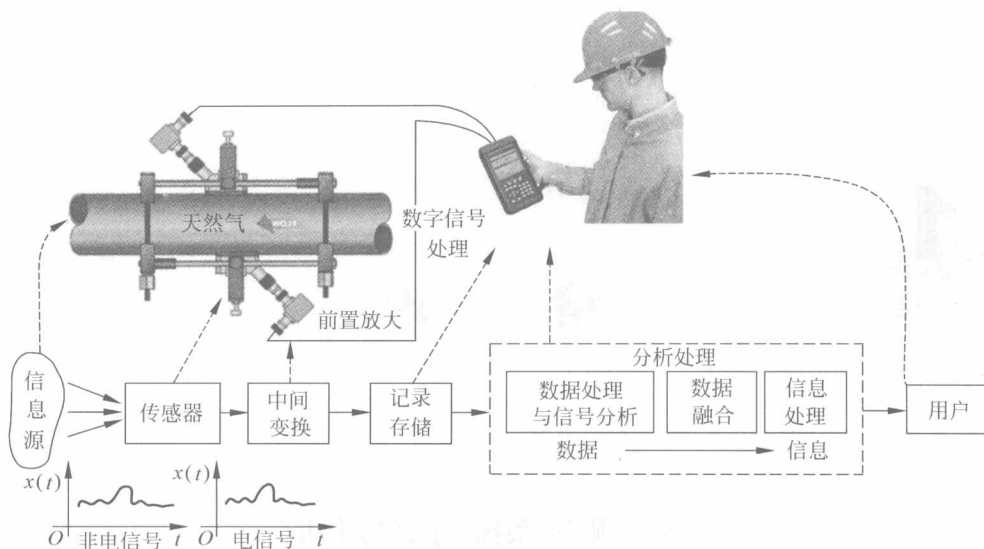


图 1.1 测试智能信息处理系统的组成

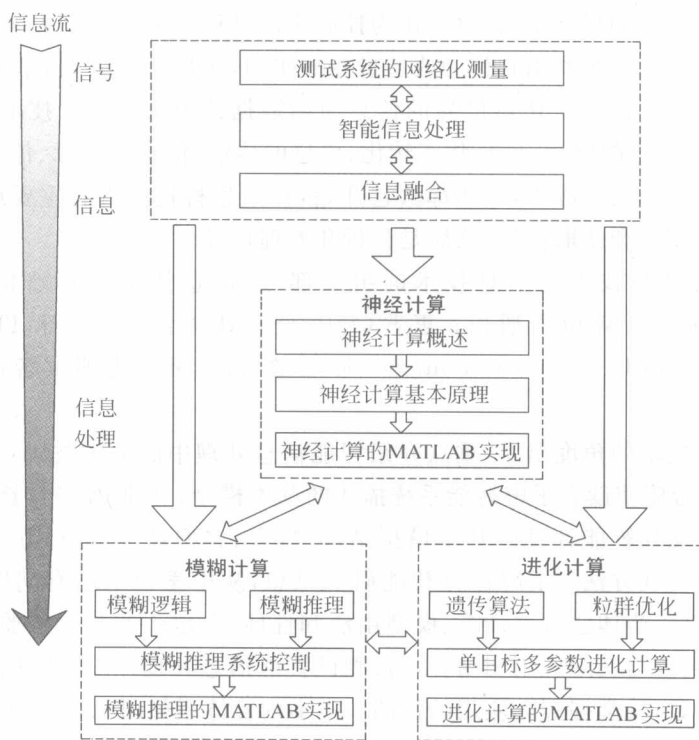


图 1.2 现代智能信息处理实践内容体系

1.2 数据信息融合

1.2.1 信息融合的定义及应用

传统的信号采集往往由单一的传感器来完成,即使采用多个或多种传感器,也仅是从多个侧面孤立地反映目标信息。实际上,在大多数情况下,必须同时处理多个信号,而这些信号一般又来自多个信号源,即多传感器。多个传感器组成的测量系统可以得到3种不同的信息类型:冗余信息、互补信息和协同信息。其中,冗余信息是由多个独立传感器提供的关于环境信息中同一特征的多个信息,也可以是某一传感器在一段时间内多次测量得到的信息。在一个多传感器系统中,若每个传感器提供的环境特征是彼此独立的,即感知的是环境各个不同侧面的信息,则这些信息称为互补信息。若一个传感器信息的获得必须依赖另一个传感器的信息,或一个传感器必须与另一个传感器配合工作才能获得所需的信息,则这两个传感器提供的信息称为协同信息。由于不同类型的信息同时存在于一个多传感器测量系统中,必须通过对各种传感器及其观测信息的合理支配与使用,将其采集的信息依据某种优化准则组合,产生对观测环境一致性的解释和描述,因此迫切要求对信息进一步处理。所谓多传感器信息融合,指的是对不同知识源和多个传感器所获得的信息进行综合处理,消除多传感器信息之间可能存在的冗余和矛盾,利用信息互补降低不确定性,以形成对系统环境相对完整一致的理解,从而提高智能系统决策和规划的科学性、反应的快速性和正确性,进而降低决策风险。

信息融合技术的实现和发展以信息电子学的原理、方法、技术为基础。信息融合系统要采用多种传感器收集各种信息,包括声、光、电、运动、视觉、触觉、力觉以及语言文字等。信息融合技术中的分布式信息处理结构通过无线网络、有线网络、智能网络、宽带智能综合数字网络等汇集信息,传给融合中心进行融合。除了自然(物理)信息外,信息融合技术还融合社会类信息,以语言文字为代表,涉及大规模汉语资料库、语言知识的获取理论与方法、机器翻译、自然语言解释与处理技术等,信息融合采用分形、混沌、模糊推理、人工神经网络等数学和物理的理论及方法。它的发展方向是对非线性、复杂环境因素的不同性质的信息进行综合、相关,从各个不同的角度去观察、探测世界。

在计算机科学中,目前正开展着并行数据库、主动数据库、多数据库的研究。信息融合要求系统能适应变化的外部世界,因此,空间、时间数据库的概念应运而生,为数据融合提供了保障。空间意味着不同种类的数据来自于不同的空间地点,时间意味着数据库能随时间的变化适应客观环境的相应变化。信息融合处理过程要求有相应的数据库原理和结构,以便融合随时间、空间变化的数据。在信息融合的思想下提出的空间、时间数据库,

是计算机科学的一个重要的研究方向。

以各种控制理论为基础,信息融合技术采用模糊控制、智能控制、进化计算等系统理论,结合生物、经济、社会、军事等领域的知识,进行定性、定量分析。按照人脑的功能和原理进行视觉、听觉、触觉、力觉、知觉、注意、记忆、学习和更高级的认识,将空间、时间的信息进行融合,对数据和信息进行自动解释,对环境和态势给予判定。目前的控制技术,已从程序控制进入了建立在信息融合基础上的智能控制。智能控制系统不仅用于军事,还应用于工厂企业的生产过程控制和产供销管理、城市建设规划、道路交通管理、商业管理、金融管理与预测、地质矿产资源管理、环境监测与保护、粮食作物生长监测、灾害性天气预报及防治等涉及宏观、微观和社会的各行各业。

一般而言,信息融合系统具有以下优点:

- (1) 增加了系统的生存能力;
- (2) 扩展了空间覆盖范围;
- (3) 扩展了时间覆盖范围;
- (4) 提高了可信度;
- (5) 降低了信息的模糊度;
- (6) 改善了探测性能;
- (7) 提高了空间分辨率;
- (8) 增加了测量空间的维数。

1.2.2 信息融合的一般模型

信息融合的关键问题是模型设计和融合算法。信息融合模型主要包括功能模型、结构模型和数学模型。功能模型从融合过程出发,描述信息融合包括的主要功能和数据库,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;结构模型从信息融合的组成出发,说明信息融合系统的软、硬件组成,相关数据流、系统与外部环境的人机界面;数学模型是信息融合的算法和综合逻辑,算法主要包括分布检测、空间融合、属性融合、态势评估和威胁估计算法等。具体说明如下。

1. 信息融合的功能模型

目前已有很多学者从不同角度提出了信息融合系统的一般功能模型,最有权威性的是美国信息融合专家组提出的功能模型。该模型把信息融合分为3级。第1级是单源或多源处理,主要是数字处理、跟踪相关和关联;第2级是评估目标估计的集合,并通过它们彼此和背景的关系来评估整个情况;第3级用一个系统的先验目标集合来检验评估的情况。其简化模型如图1.3所示。

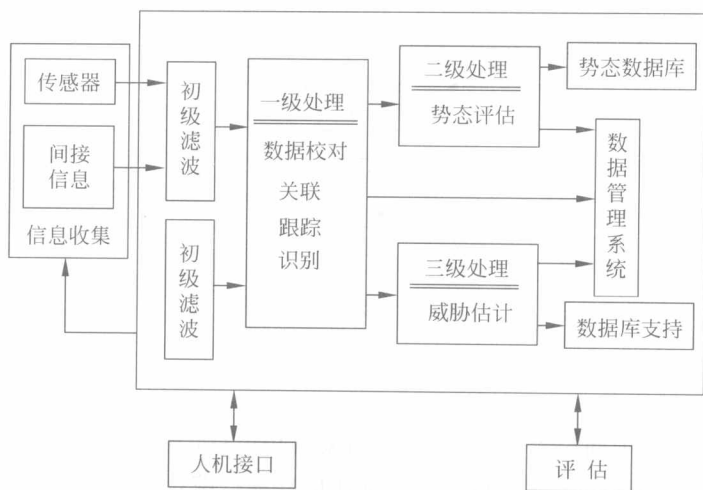


图 1.3 信息融合的功能模型

2. 信息融合的结构模型

信息融合的结构模型有多种不同的分类方法,其中一种分类标准是根据传感器数据在送入融合处理中心之前已经处理的程度来进行分类,在这种分类标准下,融合结构被分为传感器级信息融合、中央级信息融合及混合式融合;还可以根据数据处理过程的分辨率来对融合结构进行分类,在这种情况下,融合结构为像素级、特征级和决策级融合。

3. 多传感器信息融合实现的数学模型

信息融合的方法涉及多方面的理论和技术,如信号处理、估计理论、不确定性理论、模式识别、最优化技术、模糊数学和神经网络等。

1.2.3 信息融合的层次

根据融合层次不同,信息融合可分为 3 种,即数据层融合、特征层融合和决策层融合。

1. 数据层融合

数据层融合是指直接在采集到的原始数据层上进行的融合,在各种传感器的原始测报未经预处理之前就进行数据的综合与分析,如图 1.4 所示。数据层融合一般采用集中式融合体系进行融合处理过程。这是低层次的融合,如成像传感器中通过对包含若干像素的模糊图像进行图像处理来确认目标属性的过程就属于数据层融合。

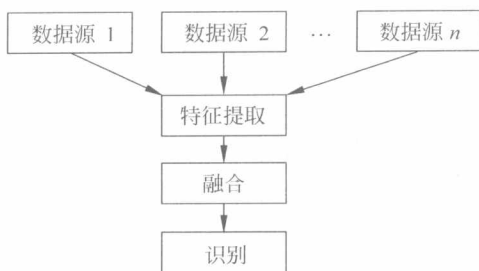


图 1.4 数据层融合

2. 特征层融合

特征层融合属于中间层次的融合,它先对来自传感器的原始信息进行特征提取(特征可以是目标的边缘、方向、速度等),然后对特征信息进行综合分析和处理,如图 1.5 所示。特征层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有关,因而融合结果能最大限度地给出决策分析所需要的特征信息。特征层融合一般采用分布式或集中式的融合体系。特征层融合可分为两大类:一类是目标状态融合;另一类是目标特性融合。

3. 决策层融合

决策层融合是指通过不同类型的传感器观测同一个目标,每个传感器在本地完成基本的处理,其中包括预处理、特征提取、识别或判决,以建立对所观察目标的初步结论。然后通过关联处理进行决策层融合判决,最终获得联合推断结果,如图 1.6 所示。

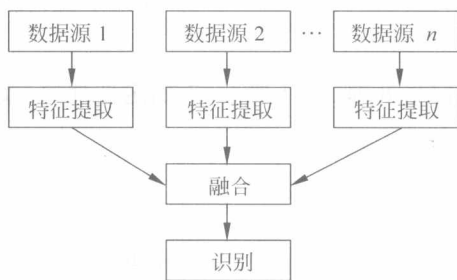


图 1.5 特征层融合

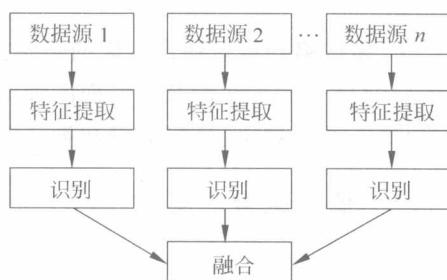


图 1.6 决策层融合

1.2.4 信息融合典型算法

目前,国内外多传感器信息融合的方法很多,主要可分为两类,即随机类方法和人工智能方法。

1. 随机类方法

这类方法的研究对象是随机的,在多传感器信息融合中常采用的随机类方法有很多,主要包括以下3种。

1) Bayes 推理方法

把每个传感器看作是一个 Bayes 估计器,用于将每一个目标各自的关联概率分布综合成一个联合后验分布函数,然后随观测值的到来,不断更新该联合分布似然函数,并通过该似然函数的极大或极小进行信息的最后融合。虽然 Bayes 推理法解决了传统的推理方法的某些缺点,但是定义先验似然函数比较困难,要求对立的假设彼此不相容,无法分配总的不确定性,因此, Bayes 推理法具有很大的局限性。

2) Dempster-Shafer 证据理论

该算法是一种广义的 Bayes 推理方法,它是通过集合表示命题,把对命题的不确定性描述转化为对集合的不确定性描述,利用概率分配函数、信任函数、似然函数来描述客观证据对命题的支持程度,用它们之间的推理与运算来进行目标识别。Dempster-Shafer 证据理论可以不需要先验概率和条件概率密度,并且能将“不知道”和“不确定”区分开来,但是它存在潜在的指数复杂度问题和要求证据是独立的问题。

3) Kalman 滤波融合算法

该算法利用测量模型的统计特性,递推确定在统计意义下最优的融合数据估计,适合于线性系统的目标跟踪,并且一般适用于平稳的随机过程,它要求系统具有线性的动力学模型,且系统噪声和传感器噪声符合高斯分布白噪声模型,并且计算量大,对出错数据非常敏感。

2. 采用计算智能的数据融合方法

近年来,用于多传感器信息融合的计算智能方法有小波分析理论、神经网络、模糊集合理论、粗集理论和支持向量机等,几种典型的算法如下。

1) 小波变换

小波变换是一种新的时频分析方法,它在多信息融合中主要用于图像融合,即把多个不同模式的图像传感器得到的同一场景的多幅图像,或同一传感器在不同时刻得到的同一场景的多幅图像,合成为一幅图像的过程。经图像融合技术得到的合成图像可以更全面、精确地描述所研究的对象。基于小波变换的图像融合算法为:首先用小波变换将各幅原图像分解,然后基于一定的选择规则,得到各幅图像在各个频率段的决策表,对决策表进行一致性验证得到最终的决策表,在最终决策表的基础上经过一定的融合过程,得到融合后的多分辨表达式,最后经过小波逆变换得到融合图像。

2) 神经网络方法

神经网络是在现代神经生物学和认知科学对人类信息处理研究成果的基础上提出

的,它有大规模并行处理、连续时间动力学和网络全局作用等特点,将存储体和操作合二为一。利用人工神经网络的高速并行运算能力,可以避开信息融合中的建模过程,从而消除由于模型不符或参数选择不当带来的影响,并实现实时识别。由于神经网络的种类繁多,学习算法多种多样,新的结构和算法层出不穷,使得目前对神经网络数据的研究非常广泛。

3) 模糊逻辑推理

模糊逻辑是多值逻辑,通过指定一个 $0 \sim 1$ 之间的实数表示真实度,相当于隐含算子的前提,允许将多个传感器信息融合过程中的不确定性直接表示在推理过程中。如果采用某种系统化的方法对融合过程中的不确定性进行推理建模,则可以产生一致性模糊推理。与概率统计方法相比,逻辑推理存在许多优点:它在一定程度上克服了概率论所面临的问题,它对信息的表示和处理更接近人类的思维方式,它一般比较适合于高层次应用(如决策)。但是逻辑推理本身还不够成熟和系统化。此外,由于逻辑推理对信息的描述存在很大的主观因素,所以信息的表示和处理缺乏客观性。模糊集合理论对于信息融合的实际价值在于它外延到模糊逻辑。模糊逻辑是一种多值逻辑,隶属度可视为一个数据真值的不精确表示。在多传感器数据融合过程中,存在的不确定性可以直接用模糊逻辑表示;然后,使用多值逻辑推理,根据模糊集合理论的各种演算对各种命题进行合并,进而实现信息融合。

4) 遗传算法和模糊聚合相结合

这种方法的优点在于:首先,遗传算法是一种并行化算法,能够较好地解决多参数的优化问题,并且针对算法的特点采用某些较新的算子,如实编码方式和对应的交叉算子以及不一致变异技术的应用都保证遗传算法具有较好的性能并节省时间;其次,遗传算法所采用的某些算子能更好地模拟模糊关系,可以使融合达到较高精度。这两种方法的结合还可以在信息源的可靠性、信息的冗余度/互补性以及进行融合的分级结构不确定的情况下,以近似最优的方式对传感器数据进行融合。

5) 模糊系统与神经网络相结合

神经网络虽然对环境的变化具有较强的自适应能力和自学习能力,但就系统建模的角度而言,它采用的是典型的黑箱学习模式。因此,当学习完成后,神经网络所获得的输入输出关系无法用容易被人接受的方式表示出来;且神经网络诊断方法存在故障判断中非此即彼的绝对性,有时使诊断结果与实际情况不符。而模糊系统是建立在被人容易接受的“如果……则”表达方式之上,但如何自动生成和调整隶属度函数和模糊规则,则是麻烦的问题,它依赖于专家,且很费时间。如果将模糊逻辑与神经网络融合,取长补短,利用神经网络来实现系统的模糊逻辑推理(使传统的神经网络没有明确物理含义的权值被赋予了模糊逻辑中推理参数的物理含义),建立一种基于模糊系统与神经网络融合的方法,就可以提高整个系统的学习能力和表达能力,克服各自的不足,充分发挥两者的优势。图 1.7 为测试信息数据融合过程。