

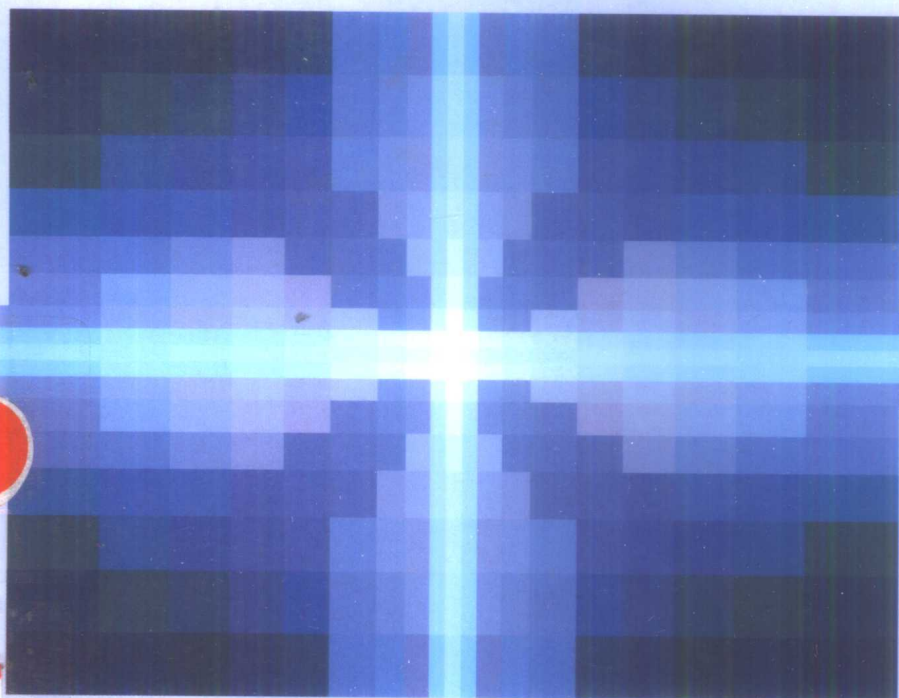
信息融合

权太范 著



神经网络—模糊推理理论与应用

Information Fusion Theory
and Application Based on
NN-FR Technology



国防工业出版社

信息融合

神经网络—模糊推理 理论与应用

Information Fusion Theory and
Application Based on Neuro Network-Fuzzy
Reasoning Technology

权大范等著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

信息融合神经网络-模糊推理理论与应用/权太范著. —北京:国防工业出版社, 2002. 8

ISBN 7-118-02786-3

I. 信... II. 权... III. 神经网络-模糊控制-应用-信息处理 IV. G202

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 009378 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 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 12% 316 千字

2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。

3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。

4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列出出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第四届评审委员会组成人员

名誉主任委员 陈达植

顾问 黄 宁

主任委员 殷鹤龄

副主任委员 王 峰 张涵信 张又栋

秘书长 张又栋

副秘书长 崔士义 蔡 镛

委员 于景元 王小谟 甘茂治 冯允成
(按姓氏笔画排序)

刘世参 杨星豪 李德毅 吴有生

何新贵 佟玉民 宋家树 张立同

张鸿元 陈火旺 侯正明 常显奇

崔尔杰 彭华良 韩祖南 舒长胜

序

多平台(包括天基、空基、地基)多传感器信息融合研究是目前国内外非常重视和十分活跃的热门课题,也是在军事信息化研究中十分重要的领域。随着现代技术的发展,信息融合的概念日益普及,信息融合技术得到快速发展。在众多的信息融合研究课题中,作者选择了神经网络—模糊推理数据融合技术这一新颖的前沿课题,这对于神经网络、模糊推理、数据融合技术等学科的交叉发展具有重要意义,而且对现代武器系统的信息化、智能化研究具有重要的理论价值和应用价值。

目前关于信息融合的著作和出版物日益增多,各具特色。本书紧跟当代学科研究前沿,理论联系实际,集中论述多传感器多目标跟踪系统的神经网络—模糊推理数据融合技术,内容新颖,重点突出。本书论述的神经网络—模糊推理融合机理、融合估计、融合控制、融合跟踪、多站跟踪以及复杂干扰环境下的信息融合等专题,集中反映了当前信息融合学科的前沿和发展趋势。

21世纪将是信息融合更加快速发展的时代。相信本书的出版,一定能吸引更多的人们关注和促进这门新学科的发展。

中国工程院院士

张履谦

前 言

当今世界,学科之间的相互交叉和渗透,正推动着许多新的综合性科学的诞生和发展,而且科学和技术的融合产生了新的“高技术”。我们不妨把这种融合看做是{交叉+渗透+互补}的集合。融合作为一个“母机”,产生了交叉、交融、综合、汇总、混合、复合、组合、杂交、多媒体、网络等一系列新的概念,创造了许多新的学科,并为人类带来了巨大的财富。如果说创新是21世纪更加嘹亮而精彩的主旋律,那么融合无疑是孕育和哺育创新工程的广袤土地。

1991年作者应日本大阪大学计算机视觉研究室白井教授(当时担任日本模式识别学会主席)的邀请到该研究室工作。期间,有幸从白井教授那里拿到了刚出版的美国南加州大学B.Kosko教授的专著《神经网络与模糊系统》(1992)。模糊数学创始人Zadeh和神经网络权威Anderson分别为该书写了序言。这一专著的出版拓宽了作者的视野,激发了作者对神经网络与模糊推理融合研究的浓厚兴趣。尤其是20世纪90年代初相继出版的信息融合方面的4本专著^①,使人们预感到信息融合技术的研究无论在国防领域还是在民用领域都将成为更有吸引力和广阔应用前景的课题。当时作者选择了鲁棒神经网络—混合模糊推理融合技术方面的课题,希望能够把握住这一开拓性研究方向。期间,与白井教授

^① 指 Bar-Shalom 等 20 多位专家联合撰写的《多目标多传感器跟踪:应用与进展》(第一卷,1990 年出版;第二卷,1992 年出版)、Waltz 专著《多传感器数据融合》(1990 年出版)及 Hall 专著《多传感器数据融合中的数学技术》(1992 年出版)。

合作发表了两篇论文^{①②}。近 10 年来,作者在神经网络—模糊推理融合方面先后承担了黑龙江省科学研究基金“神经网络—模糊推理融合控制器研究”(1994—1996)、国家自然科学基金“自适应神经网络—模糊推理鲁棒融合及其在数据融合中的应用”(1996—1999)、国家教委博士点基金“基于神经网络—模糊推理融合结构的目标跟踪技术”(1996—1999)、国防科学预研基金雷达神经网络—模糊推理数据处理方面的研究(1996—1999)及国防科学预研基金复合制导 NN-FR 数据融合技术方面的研究(2000—2002)等多项基金项目,而且还完成了多项原航天工业总公司的防空武器指挥与控制系统多站数据融合课题,同时开设“神经网络—模糊推理信号处理技术”研究生课程和“多传感器数据融合与跟踪”博士生课程。

近 20 年来,作者和同事一起,一直从事刘永坦院士开创和主持的新体制雷达研制工作,并取得了一系列重大研究成果。这些重大研究成果的取得,使我国新体制雷达研究跻身于世界少数先进国家的行列。在该雷达研制过程中,作者一直在努力把神经—模糊融合技术应用到多目标跟踪的实际系统。

人工智能、神经网络、模糊推理技术构成了近代智能信息处理与控制的三大支柱,这在学术界已成共识。尤其是近几年来,神经网络技术和模糊推理技术相辅相成,构成了更加完备的智能信息处理系统新框架,形成了新的学科,受到广泛的关注,并开辟了智能信息处理与控制研究的新领域。这就是本书的主题为神经网络—模糊推理融合技术的原因所在。为了具有系统性,在编写过程中作者注意到基本理论、新的理论及应用这三大部分的衔接,特别注意突出神经网络—模糊推理融合技术这一主线。尽管这本书是

① 权太范,白井良明. Robust Back-Propagation Error Learning Using Robust Estimation. 信学报,1992.6,Vol.92(107).

② 权太范,白井良明. A Robust BP-Fuzzy Reasoning System for Learning Combination. 信学报,1992.11,Vol.92(230).

作者 10 多年来教学和科研工作的总结,但是写完了书稿,总觉得意犹未尽,总结得不够系统、不够全面。作者撰写本书的目的就是希望唤起读者的重视和兴趣,共同创建神经网络—模糊推理融合新型知识框架,促进智能化信息处理和控制技术的发展,使该领域的研究进入正确的科学轨道。神经网络—模糊推理融合就像一颗种子,它现在还幼小,需要阳光,需要精心培育,相信不久的将来一定开出绚丽的花朵,结出丰硕的果实。本书若能在新世纪之初为信息融合新的挑战而做出一点点贡献,作者将感到莫大的欣慰。

本书以神经网络—模糊推理融合技术为主线,以多目标多传感器跟踪系统为主要应用背景,探索和研究了信息融合领域的前沿课题,并总结本领域的新理论和新成果。本书共分 4 个部分:第一部分是概论(第一章);第二部分(第二章、第三章)是基础部分,主要介绍信息融合基本模型和算法;第三部分(第四章至第十章)是融合方面的 7 个专题;第四部分是展望(第十一章)。本书的读者对象是从事智能信息处理和控制系统研究工作的工程技术人员和研究生。本书要求读者在最优估计理论、自动控制、模糊推理系统及神经网络等课程方面具有一定的基础知识。

应该指出,目前信息融合理论与技术尚在不断发展和完善之中,而且迄今尚没有系统论述神经网络—模糊推理信息融合的专著问世,加之作者的经验 and 水平有限,本书难免有欠当之处和错误,殷切希望同行和广大读者予以批评指正。本书编写过程中,作者参阅摘引了国内外许多学者的专著和论文,在此谨致谢意。同时感谢各类基金对本书的支持。本书部分内容与我的历届博士生、研究生的研究工作有关,有他们的辛勤劳动和许多成果。向多年来一起从事教学和科研工作的哈尔滨工业大学信息与通信系统学科和电子工程技术研究所同事们对本书的支持和鼓励表示衷心的感谢。

航天科技集团张履谦院士和海军航空工程学院康锡章教授(博士生导师)在百忙中为本书写了推荐材料,为此向两位先生表示衷心的感谢。同时感谢航天科工集团陈瑞源研究员 10 几年来

的合作与支持。

最后,作者还要感谢哈尔滨工业大学和日本大阪府哈尔滨同窗会给了我到日本大阪大学学习和研究的机会,因为那次出国学习使我得到了从事本领域研究的机遇。

作 者

哈尔滨工业大学新技术实验楼



作者简介

权太范, 1949年10月生于吉林省龙井市, 1977年清华大学电力系统及其自动化专业毕业, 1983年哈尔滨工业大学自动控制专业硕士毕业, 现任哈尔滨工业大学教授、博士生导师, 曾任系主任、副所长等职务。近20年来一直从事刘永坦院士主持的新体制雷达研究和研制。研究方向为智能信号处理与目标跟踪, 先后开设最优估计与目标跟踪、神经网络与混沌信号处理、多传感器信息融合、小波信号处理等研究生和博士生课程。曾获航天工业部科技进步一等奖(1987)、国家科技进步一等奖(1991)、多项省部级科技进步二等奖和三等奖。发表有关神经网络—模糊推理融合方面的论文数十篇。

责任编辑 王华

ISBN 7-118-02786-3



9 787118 027860 >

ISBN 7-118-02786-3/TP·703

定价:26.00 元

目 录

第一章 信息融合概论	1
1.1 引言	1
1.2 信息融合的基本概念	4
1.2.1 信息融合的3层含义	4
1.2.2 信息融合系统的基本框架	7
1.2.3 信息融合的6个基本特征	8
1.2.4 FAN系统	12
1.2.5 人工智能和神经网络融合系统	14
1.3 典型的信息融合系统	15
1.3.1 多目标多传感器跟踪系统	15
1.3.2 神经网络—模糊融合控制	18
1.4 信息融合技术发展概况	22
1.4.1 融合算法综述	22
1.4.2 多目标多传感器跟踪技术发展概况	26
1.4.3 信息融合应用概况	29
后记	31
第二章 信息融合系统的基本模型	33
2.1 引言	33
2.2 *信息融合4元素和一般模型	33
2.3 信息融合的功能模型	35
2.4 信息融合的结构模型	37
2.4.1 检测级融合结构模型	37
2.4.2 跟踪级融合结构模型	39

2.4.3 属性级融合结构模型	43
2.5 基于输入输出特征的融合模型	45
2.6 系统 4 种融合模型	47
2.7 信息融合层次模型	48
后记	49
第三章 信息融合的基本算法	50
3.1 引言	50
3.2 卡尔曼加权融合算法	50
3.3 登普斯特—谢弗证据方法	54
3.4 航迹融合的分层法	61
后记	66
第四章 神经网络融合学习与估计	68
4.1 引言	68
4.2 信息融合学习系统	69
4.2.1 学习概念	69
4.2.2 融合学习模型	71
4.3 4 种学习方法	74
4.3.1 机械学习	74
4.3.2 指导学习	74
4.3.3 实例学习	75
4.3.4 类比学习	75
4.4 神经网络状态估计	76
4.4.1 神经网络最小二乘估计	76
4.4.2 基于神经网络的系统参数辨识方法	80
4.4.3 系统逆问题的神经网络解法	83
4.5 基于 M 估计的鲁棒神经网络	86
4.5.1 鲁棒估计的提出	86
4.5.2 鲁棒 BP 神经网络	87
4.6 神经网络泛化能力	90
4.6.1 基本概念	90

4.6.2 概率近似的正确学习·····	91
4.6.3 提高泛化能力的限制权重方法·····	95
后记·····	97
第五章 神经网络—模糊推理融合理论与结构·····	100
5.1 引言·····	100
5.2 神经网络与模糊推理系统的关系·····	102
5.2.1 神经网络系统与模糊推理系统的相似性·····	102
5.2.2 神经网络系统与模糊推理系统的差异·····	103
5.2.3 神经网络与模糊推理技术缺陷·····	106
5.2.4 发展概况·····	109
5.3 神经网络—模糊推理系统的融合机理·····	112
5.3.1 最佳逼近器与模糊基函数·····	112
5.3.2 模糊系统的通用逼近性·····	113
5.3.3 神经网络与模糊推理系统的等效性·····	117
5.4 神经网络—模糊推理融合系统的特征·····	122
5.4.1 融合系统的网络拓扑结构·····	122
5.4.2 神经网络系统和模糊推理系统的相似算子·····	123
5.4.3 神经网络系统和模糊推理系统的映射方式·····	126
5.5 神经网络—模糊推理融合系统结构·····	126
5.5.1 NN&FR 结构·····	126
5.5.2 NN→FR 类型·····	128
5.5.3 NN↔FR 类型·····	131
5.5.4 模糊神经元结构·····	131
5.5.5 混合模糊神经网络·····	133
5.6 神经网络—模糊推理 Inter ³ 融合系统·····	137
5.6.1 NN-FR Inter ³ 融合模型·····	137
5.6.2 NN↔FR 型子网络成分互连方法构造子 网络·····	139
5.6.3 功能互补的网络实现·····	143
后记·····	147

第六章 神经网络—模糊推理融合控制	149
6.1 引言	149
6.2 自适应模糊滤波器	150
6.2.1 知识的模糊集表示	150
6.2.2 递归最小二乘自适应模糊滤波器	152
6.2.3 混合推理模糊控制器	155
6.3 神经网络控制器	156
6.3.1 神经网络学习控制	156
6.3.2 神经网络自适应控制	157
6.3.3 神经网络专家控制系统	160
6.4 神经网络—模糊融合控制机理	161
6.4.1 神经网络控制和模糊控制的共同点	161
6.4.2 神经网络—模糊推理融合控制的必要性	163
6.5 神经网络—模糊推理融合控制结构	164
6.5.1 基于神经网络技术的模糊控制器	164
6.5.2 自调整量化因子神经模糊控制器	164
6.5.3 自学习、自组织神经模糊控制器	165
6.6 基于误差动态特性识别器的神经网络—模糊推理控制	167
6.6.1 系统结构	167
6.6.2 误差动态特性识别器的设计	168
6.6.3 模糊控制器结构设计	170
6.6.4 计算机仿真	171
6.6.5 实验系统及实验结果分析	173
后记	175
第七章 神经网络—模糊推理多目标跟踪技术	178
7.1 引言	178
7.2 数据关联问题的 Hopfield 神经网络解	180
7.2.1 问题的提出	180
7.2.2 旅行商问题	180