

模糊知识处理 的理论和技术

(第2版)

Fuzzy theories and fuzzy techniques
in knowledge processing

(2nd ed)

何新贵 著

国防工业出版社

模糊知识处理的理论与技术

(第2版)

**Fuzzy theories and fuzzy techniques
in knowledge processing**

(2nd ed)

何新贵 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

模糊知识处理的理论与技术/何新贵著. —2版. —北京:国防工业出版社,1998.4

ISBN 7-118-01744-2

I. 模… II. 何… III. 模糊信息处理-概论 IV. 0159

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 09320 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)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 18¼ 472 千字

1998 年 4 月第 2 版 1998 年 4 月北京第 2 次印刷

印数:2001—4500 册 定价:32.00 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,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. 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,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防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,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,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,由国防工业出版社列选出版。

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,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工业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

第三届评审委员会组成人员

名誉主任委员 怀国模

主任委员 黄 宁

副主任委员 殷鹤龄 高景德 陈芳允 曾 铎

秘书长 崔士义

委 员 于景元 王小谟 尤子平 冯允成

(按姓氏笔划为序) 刘 仁 朱森元 朵英贤 宋家树

杨呈豪 吴有生 何庆芝 何国伟

何新贵 张立同 张汝果 张均武

张涵信 陈火旺 范学虹 柯有安

侯正明 莫梧生 崔尔杰

修订版序言

可以出一本书的修订版对其作者来说确是一件十分欣慰的事,但也是一件责任重大的事,因为这意味着读者对它的要求将更高,作者必须要有一种更上一层楼的再创造精神才能把这种工作做好。我在着手这项工作的时候确也具有同样的心情。

归纳起来,要出版《模糊知识处理的理论与技术》一书修订版的原因有四:一是几年来有关的理论和技术又有了较大的进展,有必要再补充一些内容;二是在出第一版时,由于我已输入并排好版的稿子因出版时没有相应的照排和印刷系统而几经改排,造成排版和印刷的错误较多;三是为了接纳一些读者的宝贵意见和建议;四是第一次印刷的书早在书店售罄,从一些来信看,读者对此书尚有一定需求。

既是修订,而不是出新书,所以修订版的章节标题除略有增删外基本未变。但内容局部改动较多,篇幅增加最多的主要是有关模糊控制和模糊神经元网络方面的内容,因为这是模糊理论运用得最成功的两个应用领域,也是当前模糊技术的两个研究热点。

《模糊知识处理的理论与技术》一书出版以来得到了许多读者的关心和鼓励。几年中,我曾接到不少热心读者和同行的来信,来信中提出了很多宝贵的意见和建议,使我十分感动。在此将出修订版之际,我要对他们表示衷心的感谢,并希望继续得到他们的大力支持和批评指正。谢谢广大读者,谢谢编辑同志。

何新贵

1997年6月

前 言

大约在 10 年前我开始对世界的模糊性产生了兴趣。感到模糊性与随机性一样,是客观世界的一个很重要的属性。但是事物的随机性规律可以说已被人们研究得比较透彻。研究随机性的数学理论——概率论与统计学可以说已经相当成熟。与此对照,研究模糊性的模糊数学在理论上和方法上都远没有概率论成熟,反映在人们对客观世界模糊规律的研究也远不够深入。可是,模糊性在现实生活中又是如此重要,如此普遍存在,对其研究的必要性已被越来越多的人所认识,因而已经吸引了不少学者在从事这方面的工作。我认为模糊性的研究是一个复杂的问题,人们对客观世界的认识 and 知识经常带有模糊性。由于所有客观事物都具有质和量两个方面,而且量是刻画事物的最基本的因素,量变到一定程度可以引起质的飞跃。量相对而言也是比较容易刻画的一个方面。所以当初我决定从模糊数量如何表示和运用这个比较容易的问题着手来研究模糊性。我们首先开展了模糊数据库系统的研究与应用。后来我们很快就发现为了研究世界的模糊性,光有模糊的数据是很不够的,各种模糊逻辑和模糊推理方法的研究是必不可少的,因此随后我们在模糊数据库研究的基础上,开展了演绎的模糊数据库和各种模糊逻辑的研究。两年之前我曾出版过一本书《知识处理与专家系统》,想把有关知识处理的现有成果系统化和理论化,把它形成一门指导各种基于知识的系统研究与开发的独立学科。该书中已收进了一部分作者近年来关于模糊数据库、模糊知识表示以及模糊逻辑等方面的研究成果。但是我深感,仅用这些来应付客观世界模糊性的研究是很不够的。对物质世界模糊规律性的描述和研究需要有模糊数学和其他模糊理论的指导,这是一项艰难和长期

的任务,必须逐步深入研究,并在建立各种基于模糊知识的系统的实践中,逐步完善理论。所以在《知识处理与专家系统》一书尚未定稿之时,我就打算写一本关于模糊知识处理的书,争取该书具有一定的数学理论,又包含一些模糊处理技术和方法。现在这本书就是在这个思想的指导下写成的,想作为上一本书的补篇,着重论述对模糊世界的表示和处理问题。显然,至今关于知识处理中的模糊理论和技术的研究仍是较粗浅的,要达到对随机性的研究水平,还有很长的路要走。所以,我对本书仍是很不满意的。此举不过是想再抛一块“砖”,以引起更多的学者来关心这个领域的研究与发展。

在此,我要感谢王铁、刘应红、狄淑月、韩立新以及马国荣等同志的热心帮助,由于他们辛勤的工作才把我的一堆杂乱无章的废纸变成了如今这样一本书。本书考虑到计算机排版处理的方便,书中全部外文字母采用正体。由于很多内容是首次发表,有的仅是我的一孔之见,疏漏和错误一定难免,深切希望大家批评指正。

何新贵

于北京系统工程研究所

1992年7月

目 录

序篇 模 糊 世 界

0.1	世界的模糊性	2
0.2	世界的模糊抽象模型	3
0.3	研究现实世界的模糊方法和技术	8
0.4	本书的目标及其内容组织	11

第一篇 模 糊 理 论

第一章	模糊集合	14
1.1	隶属函数和模糊集合	14
1.2	模糊集上的一般运算	18
1.3	截集、支集和核	21
1.4	限幅集、滤波集和 λ -集	22
1.5	交运算和并运算的其他定义	23
1.6	模运算	26
1.7	代数运算	28
1.8	投影运算	29
1.9	模糊集的数字特征	30
1.10	扩张原理	35
1.11	欧氏空间中的模糊集	36
1.12	产生隶属函数的方法	41
1.13	模糊序列	46
第二章	模糊关系	48
2.1	模糊关系的定义	48

2.2	合成运算	49
2.3	自反性、对称性和传递性	51
2.4	模糊相似关系	54
2.5	模糊等价关系	55
2.6	模糊变换	56
2.7	模糊向量	58
2.8	贴适度、距离和择近原理	61
2.9	相似度	63
2.10	语义关联度	65
第三章	模糊数	71
3.1	模糊集合表示的模糊数	71
3.2	模糊数上的算术运算	72
3.3	模糊数上的函数	74
3.4	模糊数上的关系运算	75
3.5	其他方式表示的模糊数	80
3.6	各种模糊数间的语义距离	84
3.7	其他模糊数上的算术运算和关系运算	86
第四章	广义模糊集	90
4.1	语言值	91
4.2	语言模糊集	91
4.3	格模糊集	93
4.4	高阶模糊集	95
4.5	广义模糊集	95
第五章	模糊图论与模糊网络	97
5.1	模糊图	98
5.2	有向模糊图	100
5.3	多重模糊图和带标识的模糊图	101
5.4	模糊图中的路径和连通性	103
5.5	模糊图的 λ -截图	104
5.6	模糊图上的交、并操作	108
5.7	有向模糊图的连接分析	109
5.8	有向模糊图的最短路径问题	110
5.9	有向模糊图的最大概率问题	113

5.10	模糊树	115
5.11	模糊与/或树	116
5.12	模糊 Petri 网	119
5.13	H 网	122
5.14	模糊 H 网	126
第六章 模糊概率		130
6.1	精确事件的精确概率	131
6.2	精确事件的模糊概率	132
6.3	模糊事件的精确概率	134
6.4	模糊事件的模糊概率	137
第七章 模糊语言		139
7.1	语言的模糊模型	139
7.2	模糊语法	141
7.3	模糊语义	147
7.4	模糊程序设计语言	152
第八章 模糊逻辑和统计逻辑		156
8.1	三值逻辑	157
8.2	狭义模糊逻辑	163
8.3	区间值模糊逻辑	168
8.4	语言值模糊逻辑	170
8.5	广义模糊逻辑	173
8.6	非单调模糊逻辑	178
8.7	加权模糊逻辑	185
8.8	模糊计算逻辑	188
8.9	分布值逻辑	190
8.10	Bayes 概率逻辑	193
8.11	统计归纳逻辑	197
8.12	结语	212

第二篇 知识处理中的模糊技术

第九章	知识处理中的基本问题	214
-----	------------------	-----

9.1	引言	214
9.2	基本概念	217
9.3	知识的属性	222
9.4	知识的分类	226
9.5	知识处理三要素	230
9.6	知识处理语言	236
第十章	模糊知识的表示	238
10.1	定性知识与定量知识	238
10.2	定性概念与定性知识的表示	239
10.3	模糊关系表示	241
10.4	模糊逻辑表示	245
10.5	模糊产生式表示	247
10.6	模糊框架表示	255
10.7	模糊语义网络表示	268
10.8	模糊与/或语义图表示	272
10.9	模糊过程表示	282
10.10	面向对象的表示	287
10.11	模糊知识表达式	294
10.12	模糊的混合知识表示模式	307
10.13	模糊知识表示语言	310
第十一章	模糊数据库技术	321
11.1	引言	321
11.2	模糊数据模型	322
11.3	对象间的语义距离	341
11.4	模糊投影与模糊视图	343
11.5	模糊数据库语言	346
11.6	模糊数据库管理系统(FDBMS)	351
第十二章	模糊知识的运用	355
12.1	引言	355
12.2	模糊关系表示的知识的处理和运用	355
12.3	模糊逻辑表示的知识的处理和运用	357
12.4	模糊框架表示的知识的处理和运用	364
12.5	模糊语义网络表示的知识的处理和运用	370

12.6	模糊过程表示的知识的处理和运用	374
12.7	模糊产生式表示的知识的处理和运用	375
第十三章 模糊推理与知识不完全推理		378
13.1	狭义模糊推理	378
13.2	加权模糊推理	381
13.3	模糊计算推理	384
13.4	MYCIN 的不精确推理	387
13.5	基于模糊变换的模糊推理	391
13.6	定性代数推理	395
13.7	知识不完全推理	399
13.8	一般模糊推理	402
13.9	模糊推理网络	406
第十四章 模糊技术		414
14.1	模糊分类	414
14.2	模糊匹配与检索	421
14.3	模糊识别	423
14.4	模糊评判与模糊决策	425
14.5	模糊诊断	429
14.6	模糊控制	431
14.7	模糊神经元网络	447

第三篇 模糊系统

第十五章 模糊专家系统		459
15.1	模糊专家系统与普通专家系统的区别	459
15.2	模糊专家系统的特征	460
15.3	模糊专家系统的构成	463
15.4	模糊专家系统的一种结构方案	466
15.5	模糊专家系统的设计	467
15.6	模糊专家系统的开发过程	473
15.7	模糊专家系统的开发工具与环境	496
15.8	专家系统设计和实现的经验	499

第十六章 模糊的主动知识库系统	504
16.1 引言	504
16.2 对主动性的客观需求	506
16.3 主动知识库的定义	508
16.4 常用基本事件	510
16.5 事件代数	513
16.6 模糊的主动知识库系统	516
16.7 模糊主动知识库系统的实现	519
16.8 基于模糊主动知识库的专家系统	522
第十七章 一般模糊系统	524
17.1 系统观	524
17.2 模糊系统的形式定义	525
17.3 模糊系统的动态行为	529
17.4 逻辑电路系统	533
17.5 由 Petri 网与 H 网构成的系统	536
17.6 按数据驱动原则构成的系统	538
17.7 用流程图表示的程序系统	539
17.8 结构动态可变的模糊系统	542
17.9 模糊系统的学习行为	543
17.10 模糊系统的稳定性	544
17.11 模糊系统的数字特征	544
17.12 智能模糊计算机系统	545
17.13 模糊计算系统的模拟	547
17.14 广播式模糊计算机系统	550
参考文献	551

Contents

Prologue Fuzzy world

0. 1	Fuzziness of the world	2
0. 2	Fuzzy model of the world	3
0. 3	Fuzzy methods and techniques	8
0. 4	The contents of the book	11

Section 1 Fuzzy theories

Chapter 1	Fuzzy sets	14
1. 1	Fuzzy sets and membership functions	14
1. 2	Ordinary operations on fuzzy sets	18
1. 3	Truncated set, supporting set, kernel	21
1. 4	Amplitude cut set, Filter set, λ set	22
1. 5	Other definitions of 'intersection' and 'join'	23
1. 6	Modular operations	26
1. 7	Algebraic operations	28
1. 8	Projection operations	29
1. 9	Numerical characteristics of fuzzy sets	30
1. 10	Extension principle	35
1. 11	Fuzzy sets in the Euclidean space	36
1. 12	Generation of membership functions	41
1. 13	Fuzzy sequences	46
Chapter 2	Fuzzy relations	48
2. 1	Definition of fuzzy relations	48

2.2	Combination of fuzzy relations	49
2.3	Reflectivity, symmetry and transitivity	51
2.4	Fuzzy similar relations	54
2.5	Fuzzy equivalent relations	55
2.6	Fuzzy transformation	56
2.7	Fuzzy vectors	58
2.8	Closeness, distance and closest principle	61
2.9	Similarity	63
2.10	Semantic correlation	65
Chapter 3 Fuzzy numbers		71
3.1	Fuzzy sets as fuzzy numbers	71
3.2	Fuzzy arithmetic operations on fuzzy numbers	72
3.3	Fuzzy functions	74
3.4	Fuzzy relational operations on fuzzy numbers	75
3.5	Different fuzzy numbers	80
3.6	Semantic distance between fuzzy numbers	84
3.7	Fuzzy arithmetic and relational operations on different fuzzy numbers	86
Chapter 4 General fuzzy sets		90
4.1	Linguistic values	91
4.2	Linguistic fuzzy sets	91
4.3	Lattice fuzzy sets	93
4.4	High order fuzzy sets	95
4.5	General fuzzy sets	95
Chapter 5 Fuzzy diagrams and fuzzy networks		97
5.1	Fuzzy diagrams	98
5.2	Fuzzy directional diagrams	100
5.3	Fuzzy diagrams with multi-connections	101
5.4	Paths and connectivity	103
5.5	λ truncation	104
5.6	Fuzzy intersection and fuzzy join	108
5.7	Connectivity issues	109
5.8	Shortest path issues	110