

非经典数理逻辑 与近似推理

(第二版)

王国俊 著



科学出版社

www.sciencep.com

0141/21=2

2008

现代数学基础丛书 124

非经典数理逻辑与近似推理

(第二版)

王国俊 著

陕西师范大学康德出版基金资助出版

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书在第一版的基础上修订再版,全书较系统地讲述了各种三值逻辑、 n 值逻辑以及连续值逻辑理论;为模糊命题演算建立了一套形式演绎系统;把模糊推理纳入了严格的逻辑轨道;从整体赋值出发,建立了积分语义学理论,为近似推理提供了一种可能的框架;系统论述了 Pavelka 逻辑并扼要论述了抽象逻辑.此外,本书在第一版的基础上增添了模态逻辑、知识推理与描述逻辑的内容.

本书可作为计算机专业、自动控制专业的研究生教材,也可供数学及相关专业的高年级本科生、教师、科研人员阅读参考.

图书在版编目(CIP)数据

非经典数理逻辑与近似推理/王国俊著. —2 版. —北京:科学出版社, 2008

(现代数学基础丛书; 124)

ISBN 978-7-03-021295-5

I. 非… II. 王… III. 数理逻辑 IV. O141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008) 第 031067 号

责任编辑: 毕 颖 张 扬 / 责任校对: 赵桂芬

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 王 浩

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>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000 年 9 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2008 年 5 月第 二 版 印张: 20 1/2

2008 年 5 月第一次印刷 字数: 377 000

印数: 1—3 000

定价: 62.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

《现代数学基础丛书》编委会

主 编: 杨 乐

副主编: 姜伯驹 李大潜 马志明

编 委: (以姓氏笔画为序)

王启华 王诗宓 冯克勤 朱熹平

严加安 张伟平 张继平 陈木法

陈志明 陈叔平 洪家兴 袁亚湘

葛力明 程崇庆

《现代数学基础丛书》序

对于数学研究与培养青年数学人才而言,书籍与期刊起着特殊重要的作用.许多成就卓越的数学家在青年时代都曾钻研或参考过一些优秀书籍,从中汲取营养,获得教益.

20 世纪 70 年代后期,我国的数学研究与数学书刊的出版由于文化大革命的浩劫已经破坏与中断了 10 余年,而在这期间国际上数学研究却在迅猛地发展着.1978 年以后,我国青年学子重新获得了学习、钻研与深造的机会.当时他们的参考书籍大多还是 50 年代甚至更早期的著述.据此,科学出版社陆续推出了多套数学丛书,其中《纯粹数学与应用数学专著》丛书与《现代数学基础丛书》更为突出,前者出版约 40 卷,后者则逾 80 卷.它们质量甚高,影响颇大,对我国数学研究、交流与人才培养发挥了显著效用.

《现代数学基础丛书》的宗旨是面向大学数学专业的高年级学生、研究生以及青年学者,针对一些重要的数学领域与研究方向,作较系统的介绍.既注意该领域的基础知识,又反映其新发展,力求深入浅出,简明扼要,注重创新.

近年来,数学在各门科学、高新技术、经济、管理等方面取得了更加广泛与深入的应用,还形成了一些交叉学科.我们希望这套丛书的内容由基础数学拓展到应用数学、计算数学以及数学交叉学科各个领域.

这套丛书得到了许多数学家长期的大力支持,编辑人员也为其付出了艰辛的劳动.它获得了广大读者的喜爱.我们诚挚地希望大家更加关心与支持它的发展,使它越办越好,为我国数学研究与教育水平的进一步提高做出贡献.

杨 乐

2003 年 8 月

第二版前言

本书的第二版与第一版相比较,除改正了第一版中的若干笔误和印刷错误之外,主要增添了第9章,即模态逻辑、知识推理与描述逻辑的内容.之所以增添这一章是基于以下考虑:模态逻辑、知识推理与描述逻辑都是具有较广泛的应用背景并且是为人工智能学科所关注的课题,国内虽有介绍这些课题的文章和书籍,但就作者所见到的文献而言,其侧重点似乎不在于严格论证,或者预备知识不足而不便于初学者学习,所以在这方面如果有一部能较为系统的、属于入门而又注重严格逻辑论证的教材自然会使读者受益不少.近几年作者曾应邀先后在四川大学、西南大学、北京大学、湖南大学和上海师范大学等一些地方讲述过这部分内容,效果似乎尚好,所以就萌发了撰写这部分内容的想法.这部分内容显然与逻辑紧密相关,但又不属于经典数理逻辑中四论(公理集合论、模型论、证明论、递归论)的范围,自然也就可以纳入于非经典数理逻辑的范围之中了.作者写完了第9章的内容之后,曾由研究生高荣荣、王茹、段巧林和郭秀敏在讨论班中按顺序报告过,这几位同学以及参加讨论的研究生和访问学者提出了不少好的建议,相应的内容也随即作了修改,特别是博士生李璧镜提出了若干重要的修改意见,她还认真地打印了第9章的原稿和修改稿以及编写和打印了全书的新索引,博士生周红军和折延宏认真地校阅了全部书稿,并纠正了第9章中的几处不严密的论述.在本书第二版出版之际,我对他们的辛勤工作表示感谢.

本书第9章的撰写时间较仓促,内容虽经过几次修改,但由于作者的水平所限,可能还有许多我们未能发现的错误,作者衷心希望各位专家及读者批评指正.

王国俊

2007年于陕西师范大学数学研究所

E-mail: gjwang@snnu.edu.cn

第一版前言

关于数学的适当逻辑基础的问题,……,过分追求严密性,将引入绝境而失去它的真正意义.数学仍然是活跃而富有生命力的,但是它只能建立在实用的基础上.

[美] Morris Kline

我们首先就本书的书名《非经典数理逻辑与近似推理》的来历以及撰写本书的目的作一说明,以便读者决定本书是否适合他们学习或参考.这得从本书的论题与数理逻辑学科的关系谈起.

数理逻辑已经有 300 多年的历史.如果从 1880 年前不久正式提出谓词演算和集合论时算起,也已有 100 多年的历史了(见文献[47,49]).如今数理逻辑已经发展成为一门枝繁叶茂的学科.按文献[50]的划分,数理逻辑包括模型论、公理集合论、递归论和证明论四个部分,而按照文献[47]的划分,则数理逻辑可分为五个部分,即在以上四个部分之外再单独把逻辑演算提出来作为一个部分.从应用的广泛与普及性的角度来看,我们认为后面这种划分是更为恰当的.事实上,数理逻辑是一门相当艰深的学科,以至于许多数学家与数理逻辑学家缺乏足够的沟通.或许 De Morgan 的话在一定程度上反映了这种情况,他说:“我们知道,数学家对于逻辑不如逻辑学家对于数学那样关心”(见文献[46]).而逻辑演算正是数理逻辑学科中受到广大非数理逻辑专家最为关心的部分.为了填补数学家与逻辑学家之间的沟壑,Hamilton 专门写了《数学家的逻辑学》(见文献[45]),在总共七章中前四章就讲的是逻辑演算.如果我们把模型论、公理集合论、递归论和证明论称作经典数理逻辑的话,那么本书的“非经典数理逻辑”自然就不属于以上各范畴了.这里我们并未将逻辑演算排除在外,因为逻辑演算是本书的重要组成部分.不过本书的逻辑演算又与经典的逻辑演算有很大不同.

经典的逻辑演算主要包括命题演算与谓词演算(也称一阶逻辑)两个部分.从一定意义上讲,这两个部分的内容在于从形式上分析命题之间的关系以及命题自身的结构从而达到判定命题真伪的目的.然而并非每个命题都可用“真”与“假”这两种情况来判定.一个著名的例子是 Łukasiewicz 的下述命题:

命题 1 明年 12 月 21 日中午我将在华沙.

对这个未来的事件我们既不能断定其为真,也不能断定其为假.Łukasiewicz 引入了不同于“真”和“假”的第三个值来表示其真实程度,并提出了三值逻辑的理

论. 让我们更加展开一些, 考虑下面的两个命题.

命题 2 以后我将成为名人.

命题 3 如果我成了名人, 大家一定会高兴的.

这里命题 2 和命题 1 属于同一类型, 只是命题 1 中很确切的“明年 12 月 21 日中午”, 在命题 2 中改成了模糊不清的“以后”, 命题 1 中很清楚的“在华沙”, 在命题 2 中变成了难以判定其是或否的“成为名人”. 所以命题 2 与命题 1 相比不能仅仅用“真”与“假”这两个值去判断其真伪. 这里的命题 2 不只是论断具有不确定性, 而且命题中出现的概念还具有模糊性. 至于命题 3 这种条件句, 虽然从句型上看属于“若 A 则 B”的可判定其真伪的命题, 但由于 A 与 B 包含了诸如“名人”、“大家”和“高兴”等许多模糊概念, 所以实际上命题 3 是难以用“真”和“假”这两个明确值去判定其真伪的. 如果在命题 3 的基础上再加上“我成了比较有名的人”, 那么是否可以得出“大家比较高兴”的结论呢? 这些都不属于经典逻辑所讨论的范围. 但这类命题与推理在日常生活乃至工程技术领域里是大量存在的. 例如, 已知

命题 4 如果扬声器里有严重的交流声, 则多半是滤波电容器失效了.

那么如果“扬声器里有交流声(不很严重)”, 则修理工往往就会根据命题 4 推断“滤波电容器可能容量不足了”. 再如, 已知

命题 5 如果小轿车在行驶中方向盘明显抖动, 则多半是轮胎没气了.

那么如果“方向盘有抖动(但不明显)”, 则驾驶员往往会考虑“是否轮胎充气不足”, 等等. 近年来兴起的模糊推理方法正是针对这类带有模糊性的推理而提出的. 通过用模糊集表示模糊概念, Zadeh 提出了解决上述问题的 CRI 方法, 只是似乎与逻辑并无太大联系.

Zadeh 是美国加州大学伯克利分校的控制论专家, 他于 1965 年提出了模糊集的概念^[9], 此后又于 1973 年提出了著名的 CRI 方法^[28]. 模糊推理一经提出, 立即引起了工程技术界的关注. 20 世纪 70 年代以后, 各种模糊推理方法纷纷被提出(见文献[10]), 并被应用于工业控制与家电产品的制造中, 取得了很大的成功. 但是值得提出的是, 模糊推理虽然在应用上是成功的, 但在理论上却并非无懈可击, 并没有归入严密的逻辑系统中. 以“模糊逻辑”或相近的名称命名的文章甚至书籍固然不少, 但均未能能为模糊推理奠定理论基础. 例如, 不久前出版的以“Fuzzy Logic”命名的书^[19]只收录了 48 篇不同领域里的文章, 实在是与模糊逻辑相距甚远的有名无实的书籍. Pavelka 的系列文章^[20~22]倒真是高水平的模糊逻辑的专论, 只是并不与诸如 CRI 方法等模糊推理理论挂钩. 难怪 1993 年会爆发一场关于模糊逻辑的争论. 1993 年 7 月, 加州大学圣迭戈分校的 Elken 在美国第 11 届人工智能年会上作了题为“模糊逻辑的似是而非的成功”的报告, 引起了一场轩然大波. 此后虽有 15 位专家撰稿批驳 Elken 的观点, 但 Elken 并未被完全说服, 他又以“关于模

糊逻辑的似是而非的争论”作答. 1995 年, Watkins 又撰文说“双方都错了”(见文献[6, 11~14, 27]). 由此可见, 模糊推理方法的理论基础问题的确是值得商榷的.

本书作者从 20 世纪 70 年代末开始从事模糊拓扑学与格上拓扑学的研究, 培养了一批博士与硕士研究生. 在教学与科研过程中发现格上拓扑学的研究方法特别是其中关于序结构的若干基本思想似与上述各类模糊推理方法有某些相通之处. 近年来, 随着作者对模糊推理问题逐渐增多的介入和认识, 也受朋友们积极建议的鼓舞, 于 1993 年开始招收“多值逻辑与模糊逻辑”方向的研究生. 作为教材的一部分, 我们曾试用过文献[3~5], 并系统讲授过 Mukaidono 关于多值逻辑的研究成果^[57~62]以及 Pavelka 的题为“On Fuzzy Logic”的系列文章^[20~22]. 关于文献[5], 确实是一部很不错的专著, 只是其中关于多值逻辑的理论部分仅限于讨论函数完备性问题, 似乎面窄了一些. 文献[4]是由著名的多值逻辑学家 Epstein 撰写的, 内容比较丰富, 只是似乎侧重于多值逻辑的代数理论和逻辑电路的分析, 并没有逻辑演算的内容. 而文献[3]则属于关于多值逻辑的早期理论, 作为教材是远远不够的. 另外, 作者于近年来在学习、讲授以及组织讨论班的过程中逐渐增多了对多值逻辑与模糊逻辑的了解, 也撰写和发表了一些这方面的文章(见文献[51~55, 6, 8, 27, 30, 39~44, 71, 72, 74~76]). 既然一时找不到合适的教材, 作者就萌发了自己编写一部讲义的想法. 那么内容如何选定呢? 经过一段讲课与讨论并听取了有关专家的意见, 决定编写一部能包含以下内容的教材:

第一, 较系统地介绍多值(命题)逻辑的语义理论.

第二, 提出一种新的模糊命题演算的形式系统以求为模糊推理建立某种逻辑依据.

第三, 用积分方法建立一种语义系统, 为近似推理提供一种可能的框架.

第四, 介绍 Gerla 关于抽象逻辑与 Pavelka 关于模糊逻辑的工作, 为开展进一步的工作奠定基础.

作者采取了边讲、边讨论、边总结的办法. 在此期间还先后邀请了东京明治大学的向殿政男、大阪电气通信大学的水本雅晴、上海铁道大学的胡谋、南京航空航天大学的朱梧楨、英国剑桥大学的 Johnstone、清华大学的应明生、西安交通大学的张文修、捷克奥斯特洛瓦大学的 Novák 和莫斯科罗蒙诺索夫大学的 Perfilieva 等知名专家来陕西师范大学数学研究所讲学. 这些不仅开阔了我们的视野, 也丰富了我们的教学内容. 向殿政男的关于多值逻辑范式的研究, 水本雅晴的关于模糊推理的著名工作, Johnstone 的范畴逻辑, 应明生在近似推理等方面的重要工作, 张文修与梁怡在不确定性推理方面富于启发性的思想以及 Novák 继 Pavelka 之后的系列成果(见文献[32, 57~70]等), 在本书的形成中都直接或间接地起到很大的借鉴和促进作用. 由于多值逻辑涉及逻辑演算的语法问题、语义问题、代数问题、函数完备性问题、逻辑表达式的极小化问题以及在逻辑电路上的应用等多个方面, 而模糊逻

辑至今尚未有一个成熟的系统,所以本书的撰写目的虽然是明确的,但似乎不太容易找到一个能恰当地涵盖其内容的书名.最近国家自然科学基金设立了“格上拓扑学与非经典数理逻辑”的重点资助项目,考虑到作者也正是在从事这方面的研究,所以就将书名定为《非经典数理逻辑与近似推理》.至此读者也已看到本书的内容的确与经典数理逻辑有很大的不同.当然,“非经典数理逻辑”的名称是大了一些,但为了强调其特点,我们还是使用了“非经典”一词.

本书的内容安排如下:第1章介绍自由代数的概念并简要复习经典命题演算的内容,使得即使从未接触过数理逻辑的读者也可以顺利地阅读以后各章.第2章介绍Łukasiewicz的三值系统 L_3 、Bochvar的三值系统 B_3 、Kleene的三值系统 K_3 和Gödel的三值系统 G_3 ,然后将其一般化为 n 值系统.最后介绍作者新近提出的 Σ -(α -重言式)理论.第3章介绍作者提出的命题演算的形式系统 $\mathcal{L}^*$.第4章介绍 $\mathcal{L}^*$ 中的语义理论并讨论模糊推理的逻辑基础.第5章介绍作者提出的积分语义理论并为近似推理提供一种可能的框架.第6章介绍抽象逻辑的基本思想.第7章系统介绍 Pavelka 的模糊逻辑,并在许多地方作了详细的分析或评注,以使读者能比较容易地领会或许被复杂的推导掩盖的基本思想.最后在第8章中作者通过将模糊推理抽象化和形式化的方法在经典逻辑学中建立了模糊推理的非模糊形式,从而在一定意义下为模糊推理建立了严格的逻辑基础.请读者注意,本书的第5、6、7、8各章基本上是独立的,它们都只有很少的部分是依赖于前面的章节.本书虽然是研究生教材的一部分,但相信理工科院校计算机专业等需要了解非经典逻辑与近似推理的高年级学生可以顺利地阅读本书.本书虽然没有安排专门的习题,但为了加深读者的理解,作者在各章节中阶段性地提出了若干思考题供读者自行练习.

近几年参加听课或讨论的除了我自己的研究生侯健、朱安、何颖俞、刘练珍、周保魁、王向云、任芳、王三民、裴道武和吴洪博外,尚有西安公路交通大学的何文和任功全副教授,西安交通大学的博士研究生杨晓斌、郑亚林、程国盛,中国人民解放军空军第二飞行学院的朱文革,上海师范大学的陈仪香博士,聊城师范学院的孟晗副教授,西北工业大学的博士后李永明,新加坡南洋理工大学的赵东升博士,固原师专的辛晓东以及陕西师范大学数学系的教授杨忠强博士、樊太和博士、赵彬博士和李生刚博士等.他们曾提出过许多好的意见和建议.本书的部分内容曾在西南交通大学、上海师范大学、深圳大学、西安交通大学和西安电子科技大学作过报告.作者还和张文修教授、吴望名教授、应明生教授以及徐扬教授等就逻辑问题进行过讨论,使作者获益匪浅.我的研究生何颖俞和裴道武纠正了若干笔误,陕西师范大学出版社的朱烧和打印社的黄新玲细心地打印了全部书稿.作者对以上提到的各单位与个人表示衷心的感谢.

最后,作者要特别感谢中国科学院科学出版基金和陕西师范大学学术出版基金为本书出版所提供的资助.特别感谢四川大学刘应明院士、清华大学应明生教

授和北京师范大学李洪兴教授,他们都阅读了本书的部分书稿,对本书作了充分的肯定并热情推荐本书的出版. 本书之所以这么快就能与读者见面是与以上各方面的大力支持分不开的.

本书的各部分内容都向研究生或青年教师讲授过,其中不少是作者新近完成的科研成果. 各部分都经过多次讨论. 尽管如此,限于作者的水平,不妥乃至谬误之处都在所难免,希望各位专家与读者不吝赐教.

王国俊

1999 年于陕西师范大学数学研究所

《现代数学基础丛书》已出版书目

(按出版时间排序)

- 1 数理逻辑基础(上册) 1981.1 胡世华、陆钟万 著
- 2 紧黎曼曲面引论 1981.3 伍鸿熙、吕以羣、陈志华 著
- 3 组合论(上册) 1981.10 柯召、魏万迪 著
- 4 数理统计引论 1981.11 陈希孺 著
- 5 多元统计分析引论 1982.6 张尧庭、方开泰 著
- 6 概率论基础 1982.8 严士健、王隽骧、刘秀芳 著
- 7 数理逻辑基础(下册) 1982.8 胡世华、陆钟万 著
- 8 群构造(上册) 1982.11 张远达 著
- 9 有限群构造(下册) 1982.12 张远达 著
- 10 环与代数 1983.3 刘绍学 著
- 11 测度论基础 1983.9 朱成熹 著
- 12 分析概率论 1984.4 胡迪鹤 著
- 13 巴拿赫空间引论 1984.8 定光桂 著
- 14 微分方程定性理论 1985.5 张芷芬、丁同仁、黄文灶、董镇喜 著
- 15 傅里叶积分算子理论及其应用 1985.9 仇庆久等 编
- 16 辛几何引论 1986.3 J. 柯歇尔、邹异明 著
- 17 概率论基础和随机过程 1986.6 王寿仁 著
- 18 算子代数 1986.6 李炳仁 著
- 19 线性偏微分算子引论(上册) 1986.8 齐民友 著
- 20 实用微分几何引论 1986.11 苏步青等 著
- 21 微分动力系统原理 1987.2 张筑生 著
- 22 线性代数群表示导论(上册) 1987.2 曹锡华等 著
- 23 模型论基础 1987.8 王世强 著
- 24 递归论 1987.11 莫绍揆 著
- 25 有限群导引(上册) 1987.12 徐明曜 著
- 26 组合论(下册) 1987.12 柯召、魏万迪 著
- 27 拟共形映射及其在黎曼曲面论中的应用 1988.1 李忠 著
- 28 代数体函数与常微分方程 1988.2 何育赞 著

- 29 同调代数 1988.2 周伯壘 著
- 30 近代调和分析方法及其应用 1988.6 韩永生 著
- 31 带有时滞的动力系统的稳定性 1989.10 秦元勋等 编著
- 32 代数拓扑与示性类 1989.11 马德森著 吴英青、段海鲍译
- 33 非线性发展方程 1989.12 李大潜、陈韵梅 著
- 34 反应扩散方程引论 1990.2 叶其孝等 著
- 35 仿微分算子引论 1990.2 陈恕行等 编
- 36 公理集合论导引 1991.1 张锦文 著
- 37 解析数论基础 1991.2 潘承洞等 著
- 38 拓扑群引论 1991.3 黎景辉、冯绪宁 著
- 39 二阶椭圆型方程与椭圆型方程组 1991.4 陈亚浙、吴兰成 著
- 40 黎曼曲面 1991.4 吕以桢、张学莲 著
- 41 线性偏微分算子引论(下册) 1992.1 齐民友 著
- 42 复变函数逼近论 1992.3 沈燮昌 著
- 43 Banach 代数 1992.11 李炳仁 著
- 44 随机点过程及其应用 1992.12 邓永录等 著
- 45 丢番图逼近引论 1993.4 朱尧辰等 著
- 46 线性微分方程的非线性扰动 1994.2 徐登洲、马如云 著
- 47 广义哈密顿系统理论及其应用 1994.12 李继彬、赵晓华、刘正荣 著
- 48 线性整数规划的数学基础 1995.2 马仲蕃 著
- 49 单复变函数论中的几个论题 1995.8 庄圻泰 著
- 50 复解析动力系统 1995.10 吕以桢 著
- 51 组合矩阵论 1996.3 柳柏濂 著
- 52 Banach 空间中的非线性逼近理论 1997.5 徐士英、李冲、杨文善 著
- 53 有限典型群子空间轨道生成的格 1997.6 万哲先、霍元极 著
- 54 实分析导论 1998.2 丁传松等 著
- 55 对称性分岔理论基础 1998.3 唐云 著
- 56 Gel'fond-Baker 方法在丢番图方程中的应用 1998.10 乐茂华 著
- 57 半群的 S-系理论 1999.2 刘仲奎 著
- 58 有限群导引(下册) 1999.5 徐明曜等 著
- 59 随机模型的密度演化方法 1999.6 史定华 著
- 60 非线性偏微分复方程 1999.6 闻国椿 著
- 61 复合算子理论 1999.8 徐宪民 著
- 62 离散鞅及其应用 1999.9 史及民 编著

- 63 调和分析及其在偏微分方程中的应用 1999.10 苗长兴 著
- 64 惯性流形与近似惯性流形 2000.1 戴正德、郭柏灵 著
- 65 数学规划导论 2000.6 徐增堃 著
- 66 拓扑空间中的反例 2000.6 汪林、杨富春 编著
- 67 拓扑空间论 2000.7 高国士 著
- 68 非经典数理逻辑与近似推理 2000.9 王国俊 著
- 69 序半群引论 2001.1 谢祥云 著
- 70 动力系统的定性与分支理论 2001.2 罗定军、张祥、董梅芳 编著
- 71 随机分析学基础(第二版) 2001.3 黄志远 著
- 72 非线性动力系统分析引论 2001.9 盛昭瀚、马军海 著
- 73 高斯过程的样本轨道性质 2001.11 林正炎、陆传荣、张立新 著
- 74 数组合地图论 2001.11 刘彦佩 著
- 75 光滑映射的奇点理论 2002.1 李养成 著
- 76 动力系统的周期解与分支理论 2002.4 韩茂安 著
- 77 神经动力学模型方法和应用 2002.4 阮炯、顾凡及、蔡志杰 编著
- 78 同调论——代数拓扑之一 2002.7 沈信耀 著
- 79 金兹堡-朗道方程 2002.8 郭柏灵等 著
- 80 排队论基础 2002.10 孙荣恒、李建平 著
- 81 算子代数上线性映射引论 2002.12 侯晋川、崔建莲 著
- 82 微分方法中的变分方法 2003.2 陆文端 著
- 83 周期小波及其应用 2003.3 彭思龙、李登峰、湛秋辉 著
- 84 集值分析 2003.8 李雷、吴从炘 著
- 85 数理逻辑引论与归结原理 2003.8 王国俊 著
- 86 强偏差定理与分析方法 2003.8 刘文 著
- 87 椭圆与抛物型方程引论 2003.9 伍卓群、尹景学、王春朋 著
- 88 有限典型群子空间轨道生成的格(第二版) 2003.10 万哲先、霍元极 著
- 89 调和分析及其在偏微分方程中的应用(第二版) 2004.3 苗长兴 著
- 90 稳定性和单纯性理论 2004.6 史念东 著
- 91 发展方程数值计算方法 2004.6 黄明游 编著
- 92 传染病动力学的数学建模与研究 2004.8 马知恩、周义仓、王稳地、靳 埏 著
- 93 模李超代数 2004.9 张永正、刘文德 著
- 94 巴拿赫空间中算子广义逆理论及其应用 2005.1 王玉文 著
- 95 巴拿赫空间结构和算子理想 2005.3 钟怀杰 著
- 96 脉冲微分系统引论 2005.3 傅希林、闫宝强、刘衍胜 著

- 97 代数学中的 Frobenius 结构 2005.7 汪明义 著
- 98 生存数据统计分析 2005.12 王启华 著
- 99 数理逻辑引论与归结原理(第二版) 2006.3 王国俊 著
- 100 数据包络分析 2006.3 魏权龄 著
- 101 代数群引论 2006.9 黎景辉 陈志杰 赵春来 著
- 102 矩阵结合方案 2006.9 王仰贤 霍元极 麻常利 著
- 103 椭圆曲线公钥密码导引 2006.10 祝跃飞 张亚娟 著
- 104 凝固过程动力学与交界面稳定性引论 2006.12 徐鉴君 著
- 105 椭圆与超椭圆曲线公钥密码的理论与实现 2006.12 王学理 裴定一 著
- 106 非线性演化方程的稳定性和分枝 2007.4 马天 汪宁宏 著
- 107 正规族理论及其应用 2007.4 顾永兴 庞学诚 方明亮 著
- 108 组合网络理论 2007.5 徐俊明 著
- 109 矩阵的半张量积:理论与应用 2007.5 程代展 齐洪胜 著
- 110 鞅与 Banach 空间几何学 2007.5 刘培德 著
- 111 非线性常微分方程边值问题 2007.6 葛渭高 著
- 112 戴维-斯特瓦尔松方程 2007.5 戴正德 蒋慕蓉 李栋龙 著
- 113 广义哈密顿系统理论及其应用 2007.7 李继彬 赵晓华 刘正荣 著
- 114 Adams 谱序列和球面稳定同伦群 2007.7 林金坤 著
- 115 矩阵理论及其应用 2007.8 陈公宁 著
- 116 集值随机过程引论 2007.8 张文修 李寿梅 汪振鹏 高勇 著
- 117 偏微分方程的调和分析方法 2008.1 苗长兴 张波 著
- 118 拓扑动力系统概论 2008.1 叶向东 黄文 邵松 著
- 119 线性微分方程的非线性扰动(第二版) 2008.3 徐登州 马如云 著
- 120 数组合地图论(第二版) 2008.3 刘彦佩 著
- 121 半群的 s 系理论(第二版) 2008.3 刘仲奎 乔虎生 著
- 122 巴拿赫空间引论(第二版) 2008.4 定光桂 著
- 123 拓扑空间论(第二版) 2008.4 高国士 著
- 124 非经典数理逻辑与近似推理(第二版) 2008.5 王国俊 著

目 录

《现代数学基础丛书》序

第二版前言

第一版前言

第1章 预备知识	1
1.1 泛代数中的预备知识	1
1.1.1 泛代数	1
1.1.2 自由代数	3
1.2 经典命题演算理论	5
1.2.1 自由代数——用符号表示命题	5
1.2.2 语构理论——形式演绎体系	6
1.2.3 语义理论——真值体系	11
1.2.4 可靠性定理与完备性定理	13
1.2.5 模型与紧性	14
1.2.6 Lindenbaum 代数	15
第2章 多值逻辑的语义理论	17
2.1 引言	17
2.1.1 多值逻辑的产生背景与历史概述	17
2.1.2 多值逻辑与经典逻辑的异同	17
2.1.3 多值逻辑的研究内容	18
2.2 赋值格上的蕴涵算子	19
2.2.1 $[0,1]$ 上若干不同的蕴涵算子	19
2.2.2 Dubois-Prade (D-P) 条件	20
2.3 几种三值逻辑系统	21
2.3.1 Łukasiewicz 的三值系统 L_3	22
2.3.2 Bochvar 的三值系统 B_3	25
2.3.3 Kleene 的三值系统 K_3	26
2.3.4 Gödel 的三值系统 G_3	28
2.4 一般多值逻辑系统	29
2.4.1 Łukasiewicz 的 n 值系统 L_n	29

2.4.2	标准序列逻辑系统 S_n	31
2.4.3	G_3 系统的推广	33
2.4.4	K_3 系统的推广	33
2.5	Σ -(α -重言式)理论	36
2.5.1	多值系统 W_n 、 $\overline{W}$ 与 W	36
2.5.2	系统 $\overline{W}$ 中的 Σ -广义重言式理论与类互异定理	39
2.5.3	有限值系统中广义重言式的重言式表示定理	42
第3章	命题演算的形式系统 $\mathcal{L}^*$	45
3.1	Fuzzy 推理与 Fuzzy 逻辑	45
3.1.1	概况	45
3.1.2	经典公理系统的不适应性	47
3.2	命题演算的形式演绎系统 $\mathcal{L}^*$	51
3.2.1	$\mathcal{L}^*$ 中的公理与推理规则	51
3.2.2	三段论推理规则与可证等价	52
3.2.3	$\mathcal{L}^*$ 中常用的定理	55
3.2.4	代换定理	58
3.3	$\mathcal{L}^*$ -Lindenbaum 代数与 R_0 -代数	59
3.3.1	$\mathcal{L}^*$ -Lindenbaum 代数	59
3.3.2	R_0 -代数	62
3.3.3	同态、子 R_0 -代数与生成元集	65
3.3.4	R_0 -代数的乘积	66
第4章	$\mathcal{L}^*$ 中的语义理论与 Fuzzy 推理的逻辑基础	68
4.1	$\mathcal{L}^*$ 的语义与可靠性定理	68
4.1.1	可靠性定理	68
4.1.2	语义 MP 规则与语义 HS 规则	70
4.1.3	赋值中介	72
4.1.4	逻辑等价	76
4.2	$\mathcal{L}^*$ 中另一类 Σ -重言式	78
4.3	Fuzzy 推理的 CRI 算法	83
4.3.1	Fuzzy 推理的基本思想	83
4.3.2	CRI 方法的一般形式	86
4.3.3	Fuzzy 推理的数学本质	91
4.4	Fuzzy 推理的三 I 算法	93
4.4.1	Fuzzy 推理的三 I 算法	94