

模糊多目标 多人决策与对策

Fuzzy Multiobjective Many-Person
Decision Makings and Games

李登峰 著

国防工业出版社

模糊多目标多人决策与对策

Fuzzy Multiobjective Many-Person
Decision Makings and Games

李登峰 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

模糊多目标多人决策与对策 / 李登峰著. —北京: 国防工业出版社, 2003.4

ISBN 7-118-02974-2

I. 模 ... II. 李 ... III. ①决策论—研究②对策论—研究 IV. 0225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 078640 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 11% 280 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷

印数: 1—2500 册 定价: 29.00 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

IV

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

(按姓名笔画排序)

刘 仁 朱森元 朵英贤 宋家树

杨星豪 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

序

决策自古有之。战略决策有诸葛亮作“隆中对”，三分天下；朱元璋采纳“广积粮、高筑墙、缓称王”的建议，创立明王朝。战术决策有孙臆为田忌赛马献策而胜齐威王；李冰父子设计了都江堰水利工程体系，妥善解决了分洪、排沙、引水等一系列兴利除害的问题。决策是人类的一项重要活动。人类的历史在一定意义上说就是一部求生存、求发展的决策的历史。

人类的另一项重要活动就是籍借策略以决胜负的竞争性活动。大而互相争城夺地，折冲尊俎；小而互相猜拳对弈，桥戏方城。对这项活动进行系统化、公理化研究的运筹学分支就是对策论。

然而，无论是决策论(或决策科学)，还是对策论，其作为一门独立学科分支也是最近 50 多年间的事情。确切地说，冯·诺伊曼(J. Von. Neumann)与摩根斯坦(O. Morgenstern)合写的经典著作“*Theory of Games and Economic Behavior*”(《对策论与经济行为》)于 1944 年出版后才标志了近代意义上的决策科学与对策论的正式诞生。

随着生产和科学技术的不断发展，系统工程的研究与应用领域逐渐从技术系统拓展到经济、社会、军事、资源、环境等复杂系统。系统分析的对象也从物与物的相互关系拓展到人与物，以至于人与人的相互关系。现代自然科学与工程技术所取得的巨大成就为研究物与物之间的相互关系提供了比较成熟的方法与工具。运筹学和决策分析的发展为研究人与物的相互关系提供了一些有效的分析思想或方法，但不能为研究人与人的相互作用提供行之有效的定量分析方法。对策论是惟一建立在严格理论基础上的、

研究人与人相互作用的有效方法。但是,由于人类决策行为的高度复杂化、决策环境的复杂性和模糊不确定性、目标的多样性、决策主体的多元化等,使得这些方法在实际应用中都难以取得成效,亟待建立新的概念、理论与方法。理论源于实践,又用于指导实践。新的理论与方法不可能单纯从已有的理论、方法中产生,必须有所创新与突破,正如德国文学家歌德(Goe. the, 1749—1832)所说:“理论是灰色的,而生活之树却是常青的。”

目前,人与人相互关系的研究愈来愈重要,而模糊系统理论、多目标决策与多人对策的有机结合正是研究人与人相互关系的最有发展前景的方法,也是系统工程、运筹学、决策科学、管理科学等交叉科学的前沿研究领域。虽然国内、外研究者对此很重视,但发表的论文不多,专著甚少。近年来,研究者较多,李登峰博士就是其中的一员。

李登峰博士从事模糊多目标多人(或群体)决策与对策理论、应用研究和教学 10 余载,研究旨趣甚高,在国内、外重要刊物上发表与本书有关的论文 30 余篇,完成科研课题 4 项,其中 2 项分别获得国家教育部科学技术进步奖二等奖、三等奖。在对这些成果做进一步归纳、提高、系统化的基础上,撰写完成了这部学术专著。这是一部以复杂模糊多目标多人决策与对策问题为研究对象,反映国内外最新研究成果的学术专著,在国内、外尚未多见。

他的这本书包含了 2 个紧密联系但又有很大区别的内容:模糊多目标多人决策与模糊多目标多人(合作与非合作)对策,并围绕“模糊性”、“多目标”与“多人”这三者的关系进行了系统、深入的研究,建立了一整套模糊多目标多人决策与对策的重要理论和方法。其中:第 3 章通过引入模糊集结函数极大地拓展了目前常用的多目标决策方法;第 4 章建立的各种不完全偏好信息模糊多目标决策方法是作者最近 2 年才提出来的;第 6 章中建立的模糊多目标多人决策的模糊线性分配法、模糊优选法、逼近于理想解的模糊排序法等既含有单人多目标决策的思想方法,又有较大的创新与发展;第 7 章中把单目标多人合作对策的纳什(J. F. Nash)谈判

解、折中解(compromise solution)、核心(core)、夏普利(L. S. Shapley)值拓展到多目标多人对策上去,这一内容在国内、外文献上尚未看到;第9章和第11章将各种类型的模糊对策转化成模糊多目标线性规划来求解是作者的最新研究成果。这本书融理论、方法与应用于一体,通俗易懂,应用性强。书中配备的大量典型军事、经济应用问题案例分析不仅有助于读者理解新理论、新方法,而且可以启发读者将所阐述的理论与方法用于研究、解决其他领域中的类似问题。我相信,这是一本能让读者了解模糊多目标多人决策与对策这一前沿领域的很好的书籍,也是能给从事该领域理论与应用研究工作的科技人员提供有重要参考价值的文献资料。

模糊多目标多人决策与对策仍然是今后的一个非常活跃的重要研究领域,但国内、外有关文献资料异常匮乏。我衷心地期望李登峰博士撰写的这本书不仅能满足关心该领域发展和从事该领域理论、应用研究的国内众多研究者的迫切需要,而且能对他们有所帮助与启迪,并进一步推动该领域的深入研究。现执笔成书,自乐为序。

中国科学院院士

大连理工大学教授、博士生导师

钟万勰

2002年6月

前 言

对策论是描述现实世界中包含矛盾、冲突、对抗、合作诸因素的数学理论与方法。由于在第二次世界大战中遇到了大量的属于二人零和对策的军事对抗决策问题,从而有力地推动了对策论的发展。自1944年诞生之日起就引起了应用数学、经济学、数理经济学、信息经济学、军事运筹学、管理科学、系统工程等领域研究工作者的浓厚兴趣和广泛研究,并发展成为一个包含二人非零和对策、多人协商对策、多人合作与非合作对策等内容非常丰富的运筹学分支。我最初了解对策论是在1987年9月攻读硕士学位时,师从我国著名对策论专家、国防科技大学刘德铭教授学习对策论开始的,从此与对策论结下了不解之缘。众所周知,对策论在很多应用领域中取得过许多重要的成就,是建立在严格理论基础上的、解决多人决策问题的有效方法之一。然而,在实际工作中逐渐看到,一方面由于人类决策行为的高度复杂化、决策环境的模糊不确定性、目标的多样性、决策主体(即决策者或局中人^①)的多元化等原因,另一方面由于对策论的过度抽象与简化,使得对策论很难抓住实际冲突问题的所有特点,在很大程度上限制了对策论的应用范围,从而也给对策论本身在理论与应用方面提出了许多新的研究课题。因此,近几年来人们在多目标对策和模糊对策等方面进行了理论与方法的有益探讨,但所取得的理论成果与实际应用之间还有很长一段距离。

决策一词对人们来说并不陌生,无论是个人还是单位(或公

^① 在决策论中,常把有决策权力的参与者称为决策者(decision maker);而在对策论中,则习惯地称为局中人(player)。

司)乃至社会,也无论是古代还是现代,决策都是人们日常生活与工作中不可或缺的一部分。古代有诸葛亮为刘备作“隆中对”,三分天下;现代有毛泽东等老一代革命家制定的“三大战役”,奠定了中国解放战争的胜利基础。然而,决策作为一个独立学科的术语最先在 20 世纪 50 年代出现于美国。决策科学的诞生使人类从单纯的经验型定性决策转向以定性 with 定量相结合为主的科学化决策。不容置疑,单目标决策方法(比如线性规划、非线性规划、动态规划等)在实际应用中取得过辉煌的成就,但是随着生产技术与社会的发展,现实中的许多系统变得越来越复杂,使得人类所面临的大多数决策问题成为半结构化或非结构化问题,从而单目标决策方法难以发挥其应有的作用,亟待建立新的决策理论与方法。多目标决策就是在这种背景下产生的。尽管多目标决策的研究历史很长,可追溯到 19 世纪末,但作为一个独立的学科分支还是最近四五十年间的事情。一般地认为,近代意义上的多目标决策是从 1944 年正式开始的。在 20 世纪 70 年代以后,多目标决策得到了较大的发展,并取得了丰硕的成果。多目标决策是现代决策科学的核心内容之一,在理论与应用上都取得了很大的进展,为研究人与物的相互关系提供过一些有效方法。但是,在运用多目标决策理论解决实际问题时,常常很难将多个决策者的偏好结构反映到多目标决策模型中,特别是多个决策者之间存在相互冲突的偏好结构时更是如此。诸如此类的问题对多目标决策理论提出严峻的挑战,使得人们的理论与应用研究范围从单个决策者的多目标决策问题转向面向多个决策者参与的多目标多人决策问题和模糊多目标多人决策问题。

模糊集理论是在 1965 年诞生的,但引起我浓厚兴趣的时间始于 1993 年。当时,我在大连理工大学攻读博士学位,师从我国著名的工程模糊集理论专家、模糊水文水资源学创始人陈守煜教授研究模糊系统分析。在陈守煜教授的指导下,把复杂模糊系统多层次多目标多人决策问题作为博士学位论文选题,并开展了深入的研究。中国工程院院士、我国著名系统工程专家、大连理工大学

博士生导师王众托教授认为：“多层次多目标多人决策问题是当前处理社会经济系统的规划与管理任务的有力工具，也是当今决策科学界的热点课题，论文选题具有很大的实际意义与理论意义。”在这一研究过程中，模糊集理论处理多目标多人决策问题的能力与有效性给我留下了很深的印象。于是，尝试着把模糊集理论与多目标决策方法结合起来用于解决模糊环境中的对策问题，果然取得了意想中的结果。然而，当再深入地研究模糊多目标多人对策问题时，很快就发现，一方面需要解决的问题和技术难点很多，另一方面有关资料异常匮乏。

尽管模糊多目标多人决策与模糊多目标多人对策这2个问题有很密切的联系和许多相似之处，但也有着本质的区别。在模糊多目标多人决策中，各个决策者仅对各自决策空间（或可行域、约束集）中的决策变量（或方案）进行选择（或排序），不必考虑其他决策者对决策变量的选取问题。而在模糊多目标多人对策中，由于各个局中人之间的利益、偏好结构等具有明显的冲突、对抗性，使得各个局中人在选择各自策略的同时，还必须考虑到其他局中人的策略选取问题，也即各个局中人的策略选择是相互依赖、相互制约的。因此，不能把模糊多目标多人决策的理论与方法简单地套用到模糊多目标多人对策上去，而应当从深入分析多人对策问题运行机理的基础上，将多人对策、多目标决策与模糊集理论结合起来，建立新的模糊多目标多人对策理论模型与方法。只有这样，才能获得合理、可靠的结果。当前，模糊集理论、多目标决策与多人对策的有机结合成为研究人与人相互关系的最有发展前景的方法之一，也是运筹学、系统工程、决策科学、管理科学、模糊系统理论等交叉学科的前沿研究领域。

目前，国内、外有关多目标决策的学术论文不少，但系统地论述模糊多目标多人决策与对策的书籍尚不多见，而在实际教学与科研工作中又迫切需要这样一本著作。这就是促使我撰写这本专著的原因。

本书紧紧围绕“模糊性”、“多目标”与“多人”之间的相互关系

深入地研究了模糊多目标多人(或群体)决策、模糊多目标多人合作与非合作对策 2 方面的内容。全书分为 4 篇共计 11 章。第 1 篇为相关的模糊集理论,分为第 1 章和第 2 章,这是全书的理论基础。在第 1 章与第 2 章中,主要阐述模糊集与模糊数的基本概念,给出模糊数的代数运算定义与各种典型模糊数的运算法则,给出模糊距离与贴近度的各种计算方法,建立模糊数大小比较的多种排序方法。第 2 篇为模糊多目标决策,分为第 3 章和第 4 章。第 3 章给出了多目标决策模糊最优解与模糊集结函数的概念,提出一整套模糊最优解的最优性条件与性质,建立模糊最优解的一系列有效计算方法。第 4 章建立不完全偏好信息模糊多目标决策模型,提出模糊优选交叉迭代法、最大加权隶属度偏差平方法等 5 种相应的决策方法。第 3 篇为模糊多目标多人决策,分为第 5 章和第 6 章。第 5 章给出模糊多目标多人决策的一般性模型和模糊解概念,介绍了 8 种重要的多人决策群体选择函数方法与社会福利函数理论,阐述多人决策群体效用函数的类型及相应的决策方法。第 6 章针对含有模糊数的模糊多目标多人决策问题,建立了模糊线性分配法、模糊线性加权排序法、模糊优选法和逼近于理想解的模糊排序法。第 4 篇为模糊多目标多人对策,包括第 7 章至第 11 章。第 7 章与第 8 章研究了多目标多人非合作对策的基本概念及计算方法,给出多目标多人合作对策的折中解、核心等 4 种解的概念及其计算方法,建立模糊多目标二人零和矩阵对策的解法。第 9 章至第 11 章着重研究模糊二人零和矩阵对策、混合模糊二人零和矩阵对策、模糊二人零和约束矩阵对策的模糊线性规划求解方法和模糊多目标线性规划求解方法。本书重点是建立、阐述模糊多目标多人决策与对策的理论框架及其方法体系。全书有 2 个显著特点:①既有基本理论与方法的系统表述、严格论证,又有大量典型的示范性数值例子和军事、经济应用案例建模分析;②力求理论联系实际,强调理论与方法的实用性、可操作性。书中内容除了承上启下的需要外,都是根据作者多年科研成果整理、提炼而成的。

本书自成体系,具备一定的微积分、线性与非线性规划知识的读者就能顺利阅读。

读者对象为从事决策论、对策论、管理科学、系统工程、模糊集理论、应用数学、作战指挥、(军事)冲突分析、武器系统分析、武器战斗使用、工程与工业系统优化设计、项目质量管理、生态环境、社会经济、水文水资源系统分析、海洋环境评估、装备维修与保障、后勤管理等方面的理论与应用研究人员;高等院校(军事)运筹学、决策科学、作战指挥学、模糊数学、系统工程、管理科学、兵种战术学、水文水资源、环境科学、数理经济学、海洋环境工程、应用数学、装备学等学科或专业的教师、硕士生和博士生。

中国科学院院士、大连理工大学博士生导师钟万勰教授在百忙之中审阅了全稿并作序,极为精辟中肯。中国科学院院士、华中理工大学博士生导师张勇传教授从作者撰写《微分对策及其应用》(1999年获得国防科技图书出版基金资助并于2000年由国防工业出版社出版)开始,几年来给予了作者许多鼓励和帮助。中国工程院院士、第二炮兵工程学院博士生导师黄先祥教授对作者给予了无私的帮助,其严谨的治学态度使作者获益匪浅。前面已提到,刘德铭教授和陈守煜教授分别把作者引入2个有趣的不同研究领域,王众托教授给予作者很多有益的启迪。大连理工大学博士生导师王本德、周惠成和程春田3位教授从1993年起一直给予作者很多教诲和热情的帮助。辽宁省高等院校职称(正高职)评审委员会委员、大连经济管理学院学术委员会主任高泰明教授评阅了全稿并撰写了精辟的专家评价意见。在此表示感谢。

本书的部分研究成果分别受到国家自然科学基金(青年)基金、国家教育部《高等学校骨干教师资助计划》、辽宁省科学技术基金(博士启动)、海军装备青年基金和海军大连舰艇学院自选课题等的资助。国防科技图书出版基金评审委员会与国防工业出版社对作者再次出版学术专著给予了大力支持,在此谨致谢意。

该书写作前后历时2年多,得到了妻子费巍、儿子李诺的理解与支持。费巍帮助描绘了全部插图。该书和《微分对策及其应用》

都是妻子与我共同劳动的结晶。美国著名经济学家西蒙(H. A. Simon)^① 教授曾这样感谢他的妻子:“‘如果我非要用一句话来回答什么是生活不可,我要说:生活就是创造。’^② 我想给它加上一句:还要两个人共同创造。”^③ 西蒙教授的这句话正是我与妻子费巍生活多年的共同感受。

本书如能起到抛砖引玉的作用,作者将感到十分欣慰。但由于作者才疏学浅和书中绝大部分内容都是个人学术见解,难免存在许多有待完善和改进之处,敬请广大读者与同行专家学者批评指正。

海军大连舰艇学院教授、博士

李登峰

2002年8月

① 由于“对经济组织内的决策程序所进行的开创性研究”获得1978年度诺贝尔经济学奖。

② 这是法国著名生理学家贝尔纳(C. Bernard, 1813—1878)教授说过的一句话。

③ 这是西蒙教授在其代表作《管理行为——管理组织决策过程的研究》^[1]第3版导言中谢词部分的一句话。



李登峰，广西人，1965年生。1987年和1990年分别获得国防科技大学应用数学专业学士学位和军事运筹学专业硕士学位。1993年在大连理工大学攻读博士学位。1995年提前半年博士毕业，获得博士学位。国家教育部《高等学校骨干教师资助计划》首批资助对象。军队院校育才奖金奖获得者。现为大连舰艇学院军事运筹教研室主任、教授、博士生导师、学位评委。长期从事军事运筹学的教学与科研工作，在对策论、微分对策、决策分析、模糊理论等方面有较深入的研究。出版专著、教材等6部，其中获得全国优秀科技图书奖、海军院校优秀教材奖等4项。在国内、外重要刊物上发表学术论文110多篇，其中不少论文被SCI、EI等收录。负责或参加完成国家自然科学基金项目等16项，在已取得的多项成果中，获得中国高校科学技术奖二等奖和国家教育部科学技术进步奖二等奖、三等奖各1项。

目 录

第 1 篇 相关的模糊集理论

第 1 章 模糊集基本理论	1
1.1 引言	1
1.2 模糊集概念及其运算	2
1.2.1 模糊集概念	2
1.2.2 模糊集的运算	5
1.3 分解定理与扩展原理	7
1.3.1 分解定理	8
1.3.2 扩展原理	10
1.4 模糊距离与贴近度	15
1.4.1 模糊距离	15
1.4.2 贴近度概念与计算方法	18
1.5 模糊数及其代数运算	22
1.5.1 模糊数概念	22
1.5.2 模糊数代数运算	23
1.6 几种特殊的模糊数及其代数运算公式	32
1.6.1 L-R 梯形模糊数	32
1.6.2 梯形模糊数	35
第 2 章 模糊数排序方法	39
2.1 引言	39
2.2 重心法	39
2.3 λ 均值面积度量法	42
2.4 均值面积度量法	45
2.5 高度排序法	47