

罗 党 著

灰色决策问题 分析方法



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书介绍了灰色决策分析的研究历史、现状及有待进一步完善和发展的若干问题,重点论述了灰色决策分析的基本概念、经典方法以及灰色关联决策、灰色规划、灰色风险决策、灰色模糊决策、灰色群决策、灰色粗糙决策、灰色博弈等内容和数量分析方法,并且介绍了经济管理中的应用实例。本书可作为高等院校理、工及经济、管理类各专业大学生和研究生的教学参考书,亦可供政府部门、企事业单位的科技工作者和管理干部参考。

图书在版编目(CIP)数据

灰色决策问题分析方法 / 罗党著. — 郑州: 黄河水利出版社, 2005.8

河南省教育厅自然科学课题基金资助, 华北水利水电学院重点学科建设基金资助

ISBN 7—80621—943—9

I.灰… II.罗… III.灰色决策—分析方法 IV.N941.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 081055 号

出 版 社: 黄河水利出版社

地址: 河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码: 450003

发行单位: 黄河水利出版社

发行部电话: 0371-66026940 传真: 0371-66022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位: 黄河水利委员会印刷厂

开本: 850 mm × 1 168 mm 1 / 32

印张: 7.625

字数: 191 千字

印数: 1—1 000

版次: 2005 年 8 月第 1 版

印次: 2005 年 8 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7—80621—943—9 / N · 2

定价: 19.00 元

前 言

决策分析是一门与经济学、心理学、数学、管理学、系统工程等学科密切相关的交叉学科。它的研究对象是决策问题,研究目的是帮助人们提高决策的质量和效果,减少决策的时间和成本。由于在运筹学、管理科学、信息科学、系统科学及工程技术等众多领域都存在着客观事物的复杂性及人为的不确定性,这些不确定性的表现形式是多种多样的,如随机性、模糊性、粗糙性、灰性以及其他的多重不确定性。近年来,随着大量的不确定性优化决策问题的出现,决策分析方法的研究已经引起了人们的极大关注,研究成果大量涌现,决策科学得到了快速发展。

灰色决策是利用研究对象“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”,通过一定的方式和技巧对“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对研究对象的确切描述和认识,对未来的行动做出决定。

由于灰色决策分析方法在处理不确定性优化决策问题上具有独到之处,以及与模糊决策方法、粗糙决策方法、随机决策方法(马氏决策方法)和博弈决策方法等具有很强的互补性。因此,灰色决策已经成为现代决策科学的一个重要组成部分,它的理论和方法已经广泛应用在经济、管理、交通、地质、水利、环境、生态、医学、教育、军事和金融等众多学科领域,成功地解决了生产、生活和科学研究中的大量实际问题。如项目评估、运营评价、招标投标、投资决策、故障诊断、模式识别、良种选育、产业结构的调整、水资源的开发与利用、企业经济效益的综合评定等。

本书的写作目的在于:①介绍灰色决策分析的基本方法及最

新研究成果；②为推动灰色系统理论的进一步发展、完善与应用做出自己的贡献；③为决策科学的丰富与拓展提供一种新的研究思路；④为更科学、更合理、更具柔性的决策提供理论依据。

本书的主要结果是作者博士学位论文《灰色决策问题的分析方法研究》的部分内容，其他结果都可在书后的参考文献中找到。在此，作者谨向南京航空航天大学刘思峰教授、本书参考文献的全体作者、所有教过我的老师们、评审和编排我论文的专家老师们给予的指导、支持和帮助，表示衷心的感谢。另外，研究生周玲、负慧平、秦玉慧参加了文稿的部分文字录入和校对工作，也感谢他们的帮助。

另外，本书的出版得到了河南省教育厅自然科学课题基金(200510078013)与华北水利水电学院重点学科建设基金的资助。黄河水利出版社武会先同志为本书的出版付出了辛勤劳动，在此表示感谢。

本书可作为高等院校理、工、经济、管理类各专业大学生和研究生的教学参考书，亦可供政府部门、企事业单位的科技工作者和管理干部参考。

灰色系统理论是一个处于不断发展和完善过程中的新学科，作为这门理论的主要研究内容之一，灰色决策分析方法的理论及应用研究仅仅处于起步阶段，需要更多的学者为之奋斗，愿本书能够起到抛砖引玉的作用。

由于作者水平有限，书中肯定有不少错误和不妥之处，我期待着读者批评指正。

作 者

2005年6月

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
§1.1 灰色决策分析研究的意义及国内外研究现状	(1)
§1.2 本书的内容与结构	(12)
第2章 灰色决策问题的预备知识	(20)
§2.1 灰色系统的基本原理	(20)
§2.2 灰数及其白化	(21)
§2.3 灰色关联度	(25)
§2.4 灰色聚类	(36)
§2.5 小 结	(41)
第3章 灰色决策分析经典方法	(43)
§3.1 灰色决策基本概念	(43)
§3.2 灰靶决策	(44)
§3.3 实数型灰色关联决策	(47)
§3.4 灰色发展决策	(49)
§3.5 灰色聚类决策	(51)
§3.6 单目标化局势决策	(54)
§3.7 小 结	(56)
第4章 灰色关联决策方法	(57)
§4.1 灰色区间关联决策方法	(57)
§4.2 不完全信息下的灰色关联决策方法	(68)
§4.3 方案目标值有空缺时的灰色关联决策算法	(74)
§4.4 灰色关联聚类决策方法	(79)

§4.5	灰色决策问题的特征向量方法·····	(84)
§4.6	小 结·····	(89)
第5章	灰色规划分析方法·····	(91)
§5.1	灰色线性规划·····	(91)
§5.2	灰色多目标规划·····	(102)
§5.3	灰色非线性规划·····	(115)
§5.4	灰色动态规划·····	(118)
§5.5	灰色正项几何规划·····	(130)
§5.6	小 结·····	(138)
第6章	灰色风险型决策方法·····	(140)
§6.1	灰色多指标风险型决策方法·····	(140)
§6.2	带有交易费用的灰色组合投资决策方法·····	(147)
§6.3	小 结·····	(156)
第7章	灰色模糊决策与群决策方法·····	(157)
§7.1	灰色模糊决策问题的熵权分析方法·····	(157)
§7.2	灰色模糊决策问题的变权分析方法·····	(164)
§7.3	灰色群决策问题的分析方法·····	(171)
§7.4	小 结·····	(178)
第8章	灰色粗糙集成决策方法·····	(180)
§8.1	灰色粗糙组合决策模型·····	(180)
§8.2	不完备信息系统的灰色粗糙组合决策模型·····	(191)
§8.3	小 结·····	(198)
第9章	灰色博弈分析方法·····	(200)
§9.1	带有灰色约束的二人有限零和博弈·····	(200)
§9.2	具有混合策略的二人有限零和灰色博弈·····	(208)
§9.3	小 结·····	(219)
参考文献	·····	(220)

第1章 绪论

§1.1 灰色决策分析研究的意义及国内外研究现状

1.1.1 灰色系统理论的形成与发展

1982年,北荷兰出版公司出版的《系统与控制通讯》(Systems & Control Letters)杂志刊载了我国学者邓聚龙教授的第一篇灰色系统论文《灰色系统的控制问题》(The Control Problems of Grey Systems);同年,《华中工学院学报》刊载了邓聚龙教授的第一篇中文灰色系统论文《灰色控制系统》。这两篇开创性论文的公开发表,标志着灰色系统理论这一新兴横断学科问世。邓聚龙教授创立的灰色系统理论,是一种研究“小数据”、“贫信息”不确定性问题的新方法。灰色系统理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对系统运行行为、演化规律的正确描述和有效监控。灰色系统模型对试验观测数据没有什么特殊的要求和限制,因此应用领域十分宽广。这一新理论刚一诞生,就受到国内外学术界和广大实际工作者的关注,不少著名学者和专家给予了充分肯定和大力支持,许多中青年学者纷纷加入灰色系统理论研究行列,并以极大的热情开展理论探索及在不同领域中的应用研究工作。尤其是它在众多科学领域中的成功应用,赢得了国际学术界的肯定和关注。

目前,美国、英国、中国台湾等许多国家和地区以及联合国等国际组织有许多学者从事灰色系统的研究和应用。全世界有 300 余种学术期刊能够接受、刊登灰色系统论文,美国计算机学会会刊、台湾《模糊数学通讯》、系统与控制国际杂志 Kybernetes(SCI 源期刊)出版了灰色系统专辑。世界上有 100 多所大学如华中科技大学、美国马里兰大学、日本丰桥大学、维也纳经济大学、台湾中央大学和成功大学等,开设了灰色系统理论课程。华中科技大学、南京航空航天大学、福州大学和武汉理工大学已招收、培养灰色系统专业方向的博士研究生。世界各国高等学校计有数千名博士、硕士研究生运用灰色系统的思想方法开展科学研究,撰写学位论文。

国内外许多出版机构,如科学出版社、国防工业出版社、华中理工大学出版社、台湾全华科技图书出版社、台湾高立图书有限公司、日本理工出版社、美国 IIGSS 学术出版社等,共出版灰色系统学术著作 60 余种。一批新兴边缘学科如灰色水文学、灰色地质学、灰色育种学、区域经济灰色系统分析、灰色哲学等也应运而生。国家及各省、市科学基金积极资助灰色系统研究,每年都有一大批灰色系统理论或应用研究项目获得各类基金资助。据统计,全国各地有 160 多项灰色系统成果获得国家或省部级奖励;2002 年,我国灰色系统学者刘思峰教授获系统与控制世界组织奖。

据不完全统计,SCI、EI、ISTP、SA、MR、MA 等国际权威性检索机构跟踪、摘引我国学者的灰色系统论著 3 000 多次;据中国科学引文数据库(CSCD)发布的信息(《中国科学时报》,1997 年 11 月 26 日),华中理工大学邓聚龙教授的灰色系统理论被引用 533 次,居全国第一。中国科学技术部编撰出版的《中国科学技术蓝皮书(第 8 号)》把灰色系统理论作为中国学者创立的软科学新方法给予肯定。

许多重要的国际会议,如不确定性系统建模国际会议、国际一般系统研究会年会、系统与amp;控制世界年会、计算机与工业工程国际会议……都把灰色系统理论列为讨论专题。如2002年3月,在美国匹兹堡召开了系统与amp;控制世界组织(WOSC)第12届年会和国际一般性系统研究会(HIGSS)第4届年会联合大会,共为灰色系统理论安排了6场专题会议。2003年8月,在爱尔兰利默瑞克召开了第32届计算机与工业工程国际会议,为灰色系统理论安排了4场专题会议。灰色系统理论成为许多重要国际会议关注、讨论的热点,这对于系统科学界同行进一步了解灰色系统理论,促进灰色系统理论不断完善与发展,无疑会起到积极作用。

1.1.2 灰色决策分析的研究意义

灰色决策是现代决策科学的重要组成部分,是从20世纪80年代后期开始逐步发展起来的一类解决不确定性决策问题的分析方法。随着科学技术日新月异的发展,经济全球化步伐的不断加快,世界政治格局的动荡不定,为争夺霸权不断燃起的战争硝烟,社会变得越来越复杂,人类对问题的认识也越来越深刻,问题的解决越来越需要更多新学科及新学科的交叉与融合,尤其是不确定性决策问题。不确定性决策问题通常包括风险型决策、模糊决策、灰色决策、粗糙决策和对策论等。它们在社会、经济、政治、军事、管理、金融、环境及工程技术等众多领域有着广泛的应用背景,而且已有的研究成果在上述领域中得到了成功的应用,为经济的发展、社会的进步、人民群众生活水平的提高、国家的强盛做出了重要的贡献。由于不确定性决策问题的本质特征(即信息的随机性、模糊性、灰性)使得不确定性决策问题的分析方法需要不断地拓展、完善与提高,才能为社会提供更实用更有效的决策方法与技术。这正是近些年来不确定性决策成为国内外众多学者研究决策理论与方法热点的原因^[1~36]。

在不确定性决策分析中,由于决策的质量在本质上取决于不完备信息、不确定性、人力资本的质量、决策所需的时间和个体对目标的识别程度等,即获取的决策信息通常是“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”,在“小样本”、“贫信息”的情况下,各被评对象的特征值通常为区间灰数,包含有灰数或一般模型与灰色模型相结合的决策问题称为灰色决策问题。将灰色系统理论思想和方法引入到经典决策分析中是合理的。因此,探讨灰色系统理论与经典决策分析理论的融合技巧和应用方法,既有理论意义,又有实用价值。

目前,灰色决策分析研究中存在的问题是:由于灰色系统理论与决策分析理论本身的发展水平还远远未达到成熟,灰色决策分析作为灰色系统理论与决策分析理论的交叉学科自然也受到很大的局限;决策分析理论、方法和应用还不够系统,尤其是在灰色系统理论与模糊数学、粗糙集理论、对策论等其他非经典数学方法,以及概率统计、数值分析等经典数学方法的融合技术建模和应用方法研究方面仅仅处于起步阶段^[1~8,29~36]。

在“实际决策问题”的研究中,由于人们认识程度的有限性,自然界、社会和事物本身的复杂性,信道的噪音干扰以及接受系统能力的局限性等,在许多情况下,人们只能获得非完全信息。非完全信息包含信息不充分与信息不确定两种内涵,或者说,包含“小样本”、“贫信息”两种情况。首先,灰色系统理论是处理“贫信息”不确定性问题的行之有效的方法,但是,由于灰色决策理论与方法尚不够完善,不能满足越来越多的“贫信息”不确定问题的解决需要,因而,对灰色决策分析方法的研究就显得十分必要。其次,对于决策问题中既含有灰色不确定性(“小样本”、“贫信息”),又含有随机不确定,或者既含有灰色不确定性,又含有模糊不确定的情况,单一的不确定性决策理论与技术已不能较好地描述决策问题的本质属性,决策结果也不能更好地贴近实

际。第三,对策论在政治、军事、经济等众多领域有着实际应用背景,但经典的对策论对博弈过程中出现的灰色不确定性未能加以考虑,使得博弈模型缺乏柔性,并且对灰色博弈方法的研究鲜有文献。第四,灰色系统理论与粗糙集理论在决策分析方面也有较强的互补性,有关灰色粗糙决策理论及技术的研究尚未有文献报道。总之,灰色系统理论、模糊数学、概率统计、粗糙集理论、对策论等几种处理不确定决策问题理论和方法的融合技术研究与实际需要还相差甚远,需要更多的学者为之奋斗。

1.1.3 灰色决策分析的研究历史及现状

社会、经济、环境等动态现象千变万化,错综复杂。在第二次科技革命时期,近代科学把宇宙间的事物进行分门别类的研究,对社会现象的认识不搞试验,只作定性分析;不用数学,不作量化考核,只停留在臆测和猜想或限于思辩式推理。因此,过去在自然科学家眼里,对社会经济系统的研究及其取得的成果,简直算不上科学。然而,近代科学以分化为主的分科研究,把人类对世界的朦胧认识转向精细、精密,使各学科达到了空前的广度和深度。自19世纪中叶起,物理、化学、生物学、天文学、地学等领域的一系列重大发现,向传统模式提出一个又一个挑战,因而出现了科学向辩证思维回归的历史进程,并且在20世纪中叶达到高潮,学科间隔离、封闭的局面再也维持不下去了。事实上,近百年来,人们已从过去着眼于自然科学、社会科学之间的区别,逐步转向研究它们之间的联系。当人们把自然科学的成果用于社会、经济、政治、军事、环境等问题时,发现了许多惊人的结果。从此,现代科学技术在高度分化的基础上形成高度综合的大趋势,导致了自然科学和社会科学之间的交叉学科,具有方法论意义的横断学科群像雨后春笋大量涌现,突破了两大科学系统的界限。据《世界新学科总览》中介绍,出现的学科已达到470多个,其

中,很多新学科是自然科学与社会科学的交叉学科或横断学科。这预示,科学正朝着揭示自然规律和社会相统一的方向发展。横断、交叉学科揭示了事物之间更为深刻、更具本质性的内在联系,大大促进了科学技术的整体化进程;许多科学领域中长期难以解决的复杂问题随着新兴交叉、横断学科的出现迎刃而解;人们对自然界和客观事物演化规律的认识也由于交叉、横断学科的出现而逐步深化。20世纪40年代末诞生的系统论、信息论、控制论,60年代末70年代初的耗散结构理论、协同学、突变论、分形理论以及70年代中后期相继出现的超循环理论、动力系统理论、泛系理论等都是具有横向性、交叉性的新兴学科。

1982年,波兰数学家 Z Pawlak 针对谓词逻辑的创始人 G Frege 于 1904 年提出的边界线区域思想,提出了 Rough(波兰人对 Vague 的译文)集理论,他把那些无法确认的个体都归属于边界线区域,而这种边界线区域被定义为上近似集和下近似集的差集。Rough 集理论是一种研究不完整、不精确知识和数据的表达、学习、归纳的理论与方法, Rough 集理论的主要成就在于它恰好反映了人们用 Rough 集方法处理不明问题的常规性,即以不完全信息或知识去处理一些不明现象的能力,或依据观察、度量到的某些不精确的结果而进行数据分类的能力。

同年,我国著名学者邓聚龙教授创立了灰色系统理论,该理论成为横断学科群中升起的又一颗光彩夺目的新星,与研究“随机不确定性”的概率统计和研究“认识不确定性”的模糊数学以及研究不完全、不精确知识和数据的表达、学习、归纳的 Rough 集理论不同,灰色系统理论的研究对象是“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统。它通过对“部分”已知信息的生成、开发去了解和认识现实世界,实现对系统运行行为和演化规律的正确把握和描述。总之,随着科学技术的发展,人类对现实世界认识的深化,社会、经济、环境等动态现

象的千变万化和错综复杂要求人们把自然科学和社会科学的某些思想、理论、方法、策略和手段等根据总体协调的需要有机地联系起来,把人们的生产、科研或经济活动有效地组织起来,应用定量分析和定性分析相结合的方法及计算机等技术工具,对系统的构成要素、组织结构、信息交换和反馈控制等功能进行分析、设计、制造和服务,从而达到最优化设计、最优化控制和最优化管理的目的,以便最充分地发挥人力、物力的潜力。然后通过各种组织管理技术,使局部和整体之间的关系协调配合,以实现系统的综合最优化。

决策一词源远流长,但决策成为一个在学术界普遍认可的专门研究领域则始于20世纪50年代。20世纪40年代,由于战争的需要,推动了统计决策方法的研究和应用;50年代,统计决策理论得到了迅速、蓬勃的发展,并在此基础上建立了决策分析理论体系;其有代表性的科学家,如L J Savage、Abraham Wald、P C Fishborn、R A Fisher等都是统计学家,他们在统计决策理论的基础上建立了具有严格哲学基础和公理框架的决策体系。H Raiffa、R O Schlaifer等人在20世纪60年代进一步发展了统计决策理论,他们主要研究如何通过收集新的信息来改进决策,由此形成了贝叶斯统计理论和方法。与此同时,以H Raiffa为代表的哈佛大学商学院的研究人员把这种理论应用于实际的商业问题,由此形成了应用统计决策理论。

在统计决策理论发展的同时,决策的概念也在不确定性问题范围以外的其他领域中得到很大的发展。1966年,Howard在第4届国际运筹学会议上发表了《决策分析:应用决策理论》一文,首先提出了“决策分析”这一名词。此后,决策分析方法及其研究成果得到越来越广泛的应用,并逐步形成自己的理论体系,而决策分析也逐渐成了决策科学研究的代名词。这时的决策分析在理论基础和研究方法上不仅已经超出了单纯的统计领域,而且囊

括了规划、优化和行为科学等领域。在应用方面,决策分析也在许多非概率支配的领域得到了极大的发展。如 20 世纪 60 年代,科学家把决策分析方法成功地应用于石油工业后,使得决策分析方法引起人们普遍重视,在各种学术会议和刊物上出现越来越多的关于决策分析的文章和报告,并出现了一些以决策分析为核心研究内容的国际学术刊物,如《Theory and Decision》、《Decision Science》、《Decision Support System》、《Information and Decision Processes》等,而在一些国际著名的学术刊物,如《Econometrical》、《Science》、《Operations Research》、《Management Science》、《European Journal of Operational Research》等,决策分析也成为讨论的一个重要题目。

我国对决策分析方法的研究始于 20 世纪 70 年代末^[9~28]。如在 1977 年,魏权龄等就在《运筹学报道 II》上发表了《多目标规划的稳定性》和《多目标最优化有效解的性质及其标量化》。到了 80 年代,相关论文大量增加。1980 年,顾基发和魏权龄在《应用数学与计算》上发表了《多目标决策问题》,吴沧浦在《中国科学》上发表了《多指标动态规划》,周士高在《经济管理》上发表了《经济管理的决策分析方法》。2002 年,徐泽水在东南大学发表了博士学位论文《几类多属性决策方法研究》,这些都是比较有代表性的学术论文。从 20 世纪 80 年代开始,我国决策分析研究人员也撰写了一些决策分析的专著或教材,如 1987 年,科学出版社出版了陈廷撰写的《决策分析》;1989 年,湖南科技出版社出版了宣家骥撰写的《多目标决策》;1991 年,浙江大学出版社出版了左军撰写的《多目标决策分析》;2002 年,机械工业出版社出版了邱苑华撰写的《管理决策与应用熵学》;2003 年,北京邮电大学出版社出版了林齐宁撰写的《决策分析》;2002 年,武汉华中科技大学出版社出版了邓聚龙撰写的《灰预测与灰决策》。类似专著和教材还包括侯文超编著的《经营管理决策分析》(高等教育出版社,1987),冯尚友编著

的《多目标决策理论方法与应用》(华中理工大学出版社, 1990), 卫民堂等编著的《决策理论与技术》(西安交通大学出版社, 2002), 张盛开、张亚东编著的《对策论与决策方法》(东北财经大学出版社, 2000), 李荣钧著《模糊多准则决策理论方法与应用》(科学出版社, 2003), 司千字编著的《决策学——决策理论与方法》(经济管理出版社, 2002), 宁宣熙、刘思峰编著的《管理预测与决策方法》(科学出版社, 2003)等。这些专著或教材对我国决策分析的研究和发展起到了重要的推进作用。

目前, 决策分析研究主要集中在两个不同的研究方向。第一个研究方向主要是从理论上探讨“人们在决策过程中的行为机理”, 这一研究方向又可分为描述性决策分析与规范性决策分析两个专题。所谓描述性决策分析是研究人们在决策过程中按什么准则和什么方式进行决策, 这主要是决策心理学关心和研究的问题。规范性决策分析则是研究人们在决策过程中应当按照什么准则和什么方式进行决策才是合理的, 或者才能符合他们的偏爱和判断, 期望效用理论就是这一方面的主要研究成果。决策分析的第二个研究方向是“研究实际决策问题”, 如将一些典型的具体问题模型化, 以指导实际决策过程。比较典型的实际问题有新产品开发、新技术推广、企业战略和冲突决策等。计算机、人工智能和通信技术等领域的发展, 极大地促进了决策分析的研究和发展。计算机技术和人工智能与决策分析方法的结合产生了决策支持系统, 决策支持系统在信息系统的基础上增加了模型库和知识库, 使决策支持系统具有一定的人工智能功能, 能够在一定程度上代替人们对一些常见的问题进行决策分析。计算机、人工智能和通信技术与决策分析方法的结合产生了群决策支持系统, 群决策支持系统充分利用现代通信技术, 使得在不同空间和地理位置的专家学者能够在同一时间对共同关心的决策分析问题进行探讨和研究, 从而大大拓宽了决策分析方法的应用范围。

在灰色决策方面, 1985 年, 邓聚龙教授提出了一系列灰色决策方法, 比如: 灰色局势决策、灰色层次决策、灰色线性规划、灰靶决策、灰色整数规划、灰色大规模规划, 以及后来发展起来的灰色关联决策、灰色聚类决策、灰色发展决策、灰色风险型决策、灰色漂移型线性规划、灰色动态规划、灰色多目标规划等^[37~46]。这些决策方法不仅在理论上发展和完善了灰色系统理论, 而且在工业、农业、社会、经济、管理、交通、地质、水利、环境、生态、医学、教育、军事和金融等众多科学领域, 成功地解决了生产、生活和科学研究中的大量实际问题^[29, 32~39]。灰色决策已构成灰色系统理论的 5 项主要研究内容之一。王子亮博士在《灰色建模技术理论》一文中对 1998 年以前灰色系统理论在国际上的研究与应用情况作了较为详细的概述。李孜军博士在文献[32]中对 1992~2001 年我国灰色系统理论应用研究进展情况进行了综述, 该文对近十年间发表的 4 299 篇有关灰色系统理论应用研究方面的论文按灰色关联分析、灰色建模、灰色预测、灰色决策、灰色控制、综合与其他六个方面进行归类统计, 其中, 灰色决策论文数占总数的 17.5%, 灰色决策中有 50.7% 的论文是应用于工程技术领域。刘思峰教授在文献[33]中对灰色系统理论的发展现状进行了综述, 他指出, 20 年来, 灰色系统理论已以其强大的生命力自立于科学之林, 奠定了其作为一门新兴横断学科的学术地位, 灰色系统理论的蓬勃生机和广阔发展前景正日益广泛地为国际、国内各界所认识、所重视, 同时, 他还论述了有待于进一步解决的问题^[34~36], 其中包括灰色系统理论、概率统计、模糊数学等不确定性方法的比较研究及理论创新, 在金融决策、资产评估、企业策划和各级政府管理决策中的应用等。

在模糊决策方面, 因模糊决策最终归结为对模糊集的比较与判别, 1976 年以来, 已有许多文献发表了模糊集的排序方法^[47~54], 这些文献以模糊极大集和模糊极小集为基准, 以海明距离为计量

工具,定义了两个模糊效用函数和一个模糊优先关系作为模糊集的排序指标^[27, 55]。近年来,在解决决策问题时,只考虑单一目标作出决策的传统做法,已越来越被人们所摒弃,而代之兴起的多目标决策方法。多目标决策方法不仅反映了复杂事务决策问题的本质,而且随着科学技术的不断发展,已逐渐趋于成熟^[13]。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^[56]。当前,模糊集理论与多目标决策的融合技术成为研究人与人、人与物之间相互关系的重要方法之一,也是决策科学、管理科学与模糊系统理论等交叉学科的重要研究领域。基于灰色系统理论与模糊数学的融合方法,来解决不确定性决策问题的文献也不断出现^[57~68]。

在粗糙集决策方面,传统的粗糙集研究对象是完全信息表(决策表),它能够有效地利用约简算法分析决策表,提取表中属性之间的潜在模式^[69~72]。为了处理不完全信息表,许多学者对粗糙集理论进行了推广^[73~82],但是,至2000年,国内有关不完全信息表下作出决策的研究基本上还是空白^[83]。对传统粗糙集理论的一种改进是基于优势关系和偏好信息的决策分析方法,这类方法既可以用来处理完备信息决策表,也可以处理不完备信息决策表^[84~88],重点处理多属性粗糙决策问题。其中最具代表性的是S Greco等的特邀综述性文章^[84]。另一种改进是将粗糙集理论与概率统计、证据理论,尤其是与模糊数学进行融合与互补^[89~99],但是将粗糙集与灰色系统理论进行融合的决策方法基本上属于空白^[100]。

在博弈(对策)方面,博弈论是一门年轻的数学分支,由于它在经济学、社会学、军事学、生物学等领域内的成功应用,已成为人们分析复杂系统与做重大决策时的有力工具。经典的数学规划问题或“单个”决策者的决策问题实质上就是一人博弈,二人博弈与多人博弈是博弈理论研究的核心。目前,二人零和矩阵博弈在理论、方法与应用上都是比较成熟的一类博弈,而多人合作与