



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

管理决策与应用熵学

邱菀华 著



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

管理决策与应用熵学

邱菀华 著



机械工业出版社

管理决策和应用熵学是辅助厂矿、公司等企事业单位的各级干部进行决策的技术工具和方法。它介绍了决策分析、多目标决策和群决策、项目管理和熵的历史、现状与发展前景,以及它们所涉及的主要内容和研究方法。本书以深入浅出的语言避开深奥的数学公式,帮助读者建立起管理的思想和熵的意识,并列举了大量的例子和案例。全书集基础性、前沿性、应用性和启迪趣味性于一体。

本书可作为大专院校管理、系统工程、经济与应用数学等专业相关课程的教材或参考书,也可供项目工程或企业集团的管理人员以及工程技术和科学工作者等阅读。

图书在版编目(CIP)数据

管理决策与应用熵学/邱菀华著. —北京:机械工业出版社, 2001.10
ISBN 7-111-02701-9

I. 管... I. 邱... II. ①信息熵—应用—管理学 ②熵—简介
IV. C93

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第045264号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:周娟 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年1月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·12印张·467千字

0 001—2 000册

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

2002/6/27

前 言

伟大的科学家爱因斯坦称熵定律为整个科学的首要法则。熵是不确定性和信息的最佳度量。科学技术的发展越来越明显地证实了这一点。看来，在当今管理决策领域中注入熵的血液，已是刻不容缓了。

人们不难发现，大型工程项目构筑了人类历史进程的里程碑。中国的长城、埃及的金字塔、美国的阿波罗登月工程等，都是人类文化高度发展的象征。对大型工程项目的管理决策，标志着一个国家的科技和管理决策水平，是综合国力的充分体现。随着科技的发展，工程项目管理已形成其独特的风格。

本书从决策论、项目管理和熵的历史、现状出发，对它们的主要内容和研究方法进行了比较全面的讨论和分析，总结与挖掘了当代已有的和潜在的成果，并展示其发展方向。本书的写作目的主要在于：①引导尽量多的读者走进引人入胜的熵领域中探幽访景，凭借管理的头脑、熵的意识克敌制胜，而不必在深奥的数学语言中踟蹰不前；②力图用大众化的语言建立应用熵学的基本理论，填补立足于管理的应用熵学的空白，要求它不仅仅告诉人们：熵——管理决策的主要内容是什么，还要能激励读者运用熵学原理去实现管理科学化；③满足项目、工程、管理和经济及其相关各界众多的新老工作者的热切要求和愿望。

阅读本书，要求读者具备概率和管理的初步知识。本书对熵和决策论的核心内容的阐述是深入浅出的。全书是以作者20多年来的教学、科研和国内外学术交流成果为主要内容，在为北京航空航天大学博士、硕士研究生和大专学生开设课程的讲义的基础上充实、提高而完成的。考虑到管理决策的特点，在全书中列举了大量的例子和项目管理案例，以抛砖引玉。

特别值得一提的是，对总参谋部的曹鸿茂参谋和郑州高炮学院的程启月副教授，还有本书参考文献的全体作者——我认识的和不认识的老师们，我的丈夫陈祖明教授和北京航空航天大学杨爱华副教授，以及所有支持、帮助和与著者合作过的人们，表示最衷心的感谢。没有他们的关心与支持，本书将会留下更多的缺憾。

本书对项目管理人员工程技术人员、管理经营人员和决策领导都是有价值的，也可作为大专院校相关专业的教材或参考书。鉴于它的新颖性和学科的交叉性，将会使所有感兴趣的读者大开眼界。

我热切地期待着每位读者的不吝指正。

邱菀华

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 从决策到决策科学	1
1.1.1 决策与决策分析的历史及现状	1
1.1.2 多目标决策的历史及现状	8
1.1.3 群决策研究的历史及现状	9
1.2 熵的产生与发展	10
1.3 项目管理的历史与现状	13
1.3.1 项目的历史	13
1.3.2 项目的现状	15
1.4 管理决策与熵学的展望	16
1.4.1 管理决策的未来研究方向	16
1.4.2 管理决策中的信息研究	21
1.4.3 熵学的应用前景	32
1.4.4 现代项目管理的重要意义与展望	33
第 2 章 管理决策分析	37
2.1 决策系统	37
2.1.1 决策系统的概念	37
2.1.2 决策系统的分类	40
2.2 确定型与不确定型决策分析	43
2.2.1 确定型决策分析	43
2.2.2 不确定型决策分析	44
2.3 风险型决策分析	48
2.3.1 Bayes 决策指标体系	49
2.3.2 Bayes 决策数学模型及其应用	52
2.4 动态决策分析	83
2.4.1 动态决策的基本原理	83
2.4.2 确定型动态决策分析	88
2.4.3 随机型动态决策分析	109
2.5 项目管理决策分析	116
2.5.1 项目的定义	117
2.5.2 项目的分类	118
2.5.3 项目管理	119

2.5.4 项目管理的方法、工具与技术	127
2.5.5 项目的风险管理	136
第3章 应用熵学基础	140
3.1 熵	140
3.1.1 熵的定义	140
3.1.2 熵增原理	141
3.1.3 信息熵	143
3.2 极大熵准则	158
3.2.1 问题的提出	158
3.2.2 极大熵准则的数学模型	159
3.2.3 极大熵准则的意义	161
3.2.4 极大熵准则的应用	163
3.3 管理决策的熵思想	173
3.3.1 熵思想及其内涵	173
3.3.2 企业经营管理中的熵思想	176
3.3.3 由世界发展模型到经济熵模型	178
第4章 管理系统结构熵理论	182
4.1 组织中的关系	182
4.2 管理系统结构对信息流通的影响	183
4.3 系统结构的时效质量熵	184
第5章 管理决策的熵理论	193
5.1 熵权	193
5.1.1 熵权的概念	193
5.1.2 熵权的应用	194
5.2 风险分析	196
5.2.1 评价的风险熵度量法	196
5.2.2 项目的风险熵度量法	197
5.2.3 风险的三维熵式度量法	199
5.2.4 风险的指数度量法	201
5.2.5 在险值 (VaR) 法	203
第6章 复熵与 IBayes 决策分析	206
6.1 引言	206
6.2 复熵	210
6.3 IBayes 决策分析	218
6.4 信息价值的直觉熵方法	221
第7章 多目标决策分析	223
7.1 多目标决策的基础理论	223
7.1.1 多目标决策的概念	223

7.1.2	指标的分类及其标准化方法	225
7.1.3	MODM 解的概念	231
7.1.4	指标的权	238
7.2	MODM 求解方法综述	239
7.3	加权和法	241
7.4	TOPSIS 法	242
7.5	夹角度量法	244
7.6	双基点法	247
7.7	层次分析 (AHP) 法	247
7.8	熵权多目标决策法——工程管理实用方法	251
7.9	MODM 的灵敏度分析	254
7.9.1	目标权重 ω_i 的灵敏度分析	254
7.9.2	方案评分 (价值) 的灵敏度分析	256
7.10	项目管理中的 MODM 问题	264
7.10.1	引言	264
7.10.2	MODM 在项目决策中的应用	270
第 8 章	群决策分析	277
8.1	群决策的基本理论	277
8.1.1	群决策的定义和基本假设	277
8.1.2	群决策中的研究划分	278
8.1.3	群决策偏好的集结模型	280
8.2	群决策特征根法	285
8.3	群决策的熵集结理论	290
8.3.1	引言	290
8.3.2	熵及熵优化原理	290
8.3.3	相对熵集结模型	292
8.3.4	熵集结函数的合理性分析	297
8.3.5	相对熵集结公式与 Bordley 乘积集结公式的比较	301
8.4	群决策系统的熵模型	302
8.4.1	群决策可靠性分析原理	302
8.4.2	应用实例	306
8.5	群决策权力分布的研究	308
8.5.1	引言	308
8.5.2	权力指数	309
8.5.3	群效用函数权重的确定	310
8.5.4	决策熵与决策者能力权重	313
8.5.5	序数信息下专家权重的确定	314
8.6	群决策风险-收益模型	318

8.6.1 引言	318
8.6.2 证券组合风险-收益模型	319
8.6.3 专家投资决策的风险-收益模型	321
8.7 群决策在投资风险分析中的案例研究	327
8.7.1 引言	327
8.7.2 投资基金证券投资风险	327
8.7.3 投资专家群的决策问题	329
8.7.4 群决策风险-收益模型的案例研究	330
8.7.5 对案例计算结果的分析	331
第9章 现代工程项目管理决策案例——国际机场扩建工程项目管理	333
9.1 引言	333
9.2 扩建工程项目的经济评价	333
9.3 扩建工程项目的组织机构	338
9.4 扩建工程项目招标	341
9.5 扩建工程项目的投资控制	343
9.6 扩建工程项目的质量管理	350
附录	352
附录 A 累积泊松分布表 $F_p(a/\lambda)$	352
附录 B 标准正态曲线自 $0 \sim z$ 的面积	356
附录 C 单位正常损失的积分	357
附录 D 熵函数定义的证明	358
附录 E 熵函数的性质	365
附录 F 向量函数的梯度、锥与极锥	366
附录 G 8.6.3 节中模型 (M6)、(M7) 以及引理 8-4~引理 8-6 的证明	367
参考文献	373

第 1 章 绪 论

1.1 从决策到决策科学

1.1.1 决策与决策分析的历史及现状

自从有了人，就有了人的决策活动。人类为了生存和发展，进行着大量的生活、生产、经济、教育、科技、政治和军事活动以及其他社会活动。这些活动的发展过程，也就是人类历史的发展过程。

我国有文字记载的历史已达 2000 多年。其中的二十四史、资治通鉴、孙子兵法等著作都记载了人类在政治、经济、军事等领域的各种决策活动。这些历史文献生动地描述了许多著名的治国安邦、富国强兵的决策者，如被历代传颂的孙武、孙臆、张良、诸葛亮等都是在关键时刻提出过重大决策的、具有远见卓识的英明谋士。诸葛亮就是由于他在一生中做出了许多著名的决策，为刘备几乎从无到有进兵西蜀，夺取三分天下，被人民喻为智慧的化身。早在隆中隐居时，诸葛亮就饱读经书、纵览历史、审时度势、酝酿了一个治天下的战略。因此，当刘备三顾茅庐，表示对诸葛亮的充分信任之后，诸葛亮提出了著名的“隆中对”策。在“隆中对”中向刘备提出进取荆、益，结好孙权，革新政治，积蓄力量，准备条件统一全国的政策建议，以及后来的许多关键性的决策，都是比较正确的。显然，这些决策并不像小说等所渲染的那样，是摇摇羽毛扇，“弹指一挥间”所做出的，而是以其渊博的学识，对当时形势清醒的认识和深刻分析的结果。

春秋战国时期，齐王与大将田忌赛马，双方规定：每方出上（一等）马，中（二等）马与下（三等）马各一匹，分三个等级进行三场比赛；每场由各方任选一匹马参赛，每匹马只能参加一场。同时还规定，每场比赛输者需付胜者一千金。按同等级的马来看，齐王的马要比田忌的强。于是齐王自以为稳操胜券，以上、中、下顺序出马。田忌问计于军师孙臆，经过巧妙的运筹，田忌用下马对齐王的上马，上马对齐王的中马，以中马对齐王的下马，结果以输一场胜两场，净赢一千金而取胜。这个例子生动地说明了几千年前的古代中国人民已经懂得运用决策以克敌制胜。

我国历史上还有许多经济建设方面的著名决策事例。在北宋时，国都汴梁（今开封）因宫室被大火烧掉，需要迅速重建。这是一项工作量大而复杂的大工程，需要花费大量的人力物力。工程的领导人即决策者丁渭，在全面分析了施工的地理、资源及设计计划后，提出施工规划为：先挖一条通往汴京的运河，其目的有两个：一是利用运河将各地建筑材料运到汴京的工地；二是可以用开挖运河得到

的土，作为烧砖及建筑用土的来源，而又将在建筑完后的残渣废料填平一些没有用的运河支叉。这个规划为修建汴京皇宫节省了大量的人力、物力，也大大缩短了修建时间。从系统的观点分析，丁渭的施工规划是一项很好的符合管理科学思想的管理决策。

虽然，历史上国内外许多决策活动是很有效的，其决策思想，从现代科学来分析也是很科学的。但是，这些决策在很大程度上依靠决策者的智慧与经验，取决于他们的个人才能。虽然这些决策方法及决策思想有一定的普遍意义，对后人有所启发，也可能有一定的指导性，但缺乏规范化，没有从科学规律性上去总结，因而没有一套比较完整的、便于他人学习、掌握并能运用的理论与方法。因此，一般认为这样的决策称为经验决策。

决策从经验决策发展为科学决策，始于 20 世纪 50 年代。由于世界政治、军事、经济和科学技术发生了很大的变化，现代化社会化大生产和现代科学技术的飞速发展，对“决策”提出了更高要求，迫切要求经验决策向科学化的方向发展，迫切要求发展一种以决策活动为研究内容，以科学为基础的科学决策理论。

科学技术的飞速发展，要求发展有效而准确的科学决策理论。第二次世界大战以来，科学技术成为一个国家政治、经济和军事发展的根本性的促进因素。科学技术发展速度越来越快，科学技术越来越复杂，规模越来越大，对科学技术的投资也越来越大，对科学技术发展战略和管理决策方面的要求越来越高。科学技术发展决策的失误不仅会浪费大量的人力、物力，还会因丧失时间而影响一个国家或一个企业、一个地区或一个部门的经济、政治等发展，使其在剧烈的竞争中掉队并丧失优势。如在 20 世纪 50 年代后半期，美国在导弹发展规划（也就是决策）方面的错误，造成了与前苏联严重的差距。20 世纪 60 年代阿波罗登月计划的成功为美国赢得了军事技术优势。第二次世界大战后，美国科学家预测半导体技术将会有很大发展，于是做出了集中力量发展半导体技术的决策。在 1947 年，贝尔实验室第一次发现了晶体管效应，发明了晶体管，从而开始电子技术的新的发展历程，而此时前苏联却做出了发展电子管微型化的决策，前苏联电子技术在很长时期内一直处于落后状态。在电子计算机的发展中，前苏联也一直处于竞争的被动地位。高新技术（如空间技术、微电子技术、激光技术等）更是使生产力以及经济、军事等有突破性发展的激发因素。高新科技的投资极大，如阿波罗登月计划共耗资 240 多亿美元，航天飞机花费达 350 多亿美元，一架 B-2 隐形飞机的价格达 5 亿 3 千多万美元。美国准备生产 132 架 B-2 隐形飞机，计划投资达 700 亿美元。

近年来，随着科学技术的迅速发展，已出现了规模巨大的“大科学——工业综合体”，对这种复杂的“大科学”体系，更要求应用科学决策方法。

经济发展规模越来越大，越来越复杂，竞争日趋激烈，迫切要求改变经验决策的局限性，发展一种能尽量减少风险损失，避免严重失误，以客观经济规律为

基础的管理决策理论。

经济的国际化是当代世界经济发展的一个重要趋向。如果一个国家不实行开放而闭关自守，不参与国际间经济与技术交流，就不可能有较快的发展，并严重地影响现代化的进程。一个资源缺乏、土地狭小、人口众多的战败国日本，由于实行经济开放政策以及一系列经济与产业发展的正确政策（决策），经过 30 多年的努力，成为经济大国。我国 1958 年的“大跃进”，20 世纪 60 年代的“文化大革命”，使我国在经济上、政治上遭受了巨大损失。这些决策的严重错误后患无穷，至今我国还要费很大力气去消除它们的恶果。与此形成鲜明对照的是，党的十一届三中全会以来，实行以经济建设为中心和改革开放的重大决策，使我国经济出现了前所未有的新局面，四化建设日新月异。

随着工农业生产的发展，工农业的生产规模越来越大，生产的集约化与专门化程度不断提高，企业的经营规模愈来愈扩大，新产品新技术不断涌现，市场竞争日益加剧，国家与社会对企业的干预、压力与影响日益加强，使企业及其决策者从事实中强烈地感觉到：改善企业内部管理、提高生产效率、改善产品质量虽然仍是提高企业经济效益与竞争能力的一种有效途径，但已经远远不能满足经济发展与市场竞争的需要，更重要的是要把精力集中在提升企业的整体效果，要把企业放到复杂的外部环境中去思考各种问题，通过认真的科学分析，做出合理的有效对策，克“敌”制胜。所以“管理就是决策”，管理工作的核心是决策，领导工作就是决策。20 世纪 60 年代，在发展大型民航客机时，曾有两种不同的发展决策：一是以美国波音公司为代表，他们考虑了民航飞机研制技术发展水平，更重要的是看到 20 世纪 70 年代民航运输市场需求及经济发展水平，认为从技术上看，波音公司有把握研制并生产出超音速大型客机，但是决定民用客机的主要因素应是市场需求和 20 世纪 70 年代的经济水平和旅客的经济承受能力等经济性要求，于是做出了发展略低于音速的、安全、可靠、经济性好的波音系列宽体式大型客机。与此同时，英法协和式飞机集团却较多地考虑了超音速的要求。结果，波音公司获得了很大的成功，在世界民用客机市场上占有很大的份额，获得了数百亿美元（仅 1987 年波音公司即有 50 亿美元）的利润。由于协和式飞机销售量很小，使协和集团亏损了 30 亿美元。原航空工业部所属的许多航空工业企业，为适应我国经济建设的新的形势，改变原来单一生产军用航空产品体制，转产民用产品，采取以“军转民”的发展决策，经过数年的努力，许多航空工厂不仅为自己工厂的生存发展找到了有利的支柱产品，还为国家生产了许多急需的先进产品，促进了国家的经济发展，还有许多产品出口国外。沈阳飞机制造公司生产的高级旅游大客车，远东机械制造公司生产的电冰箱压缩机，西安飞机公司生产的运七飞机等都是根据国内市场的需要，根据工厂本身的生产技术条件，进行认真的论证分析而做出正确的新产品发展决策。

现代科学理论的发展为决策理论的形成提供了实际可能性。科学技术和生产经济与军事的需要激发了科学决策理论的发展和形成,科学技术的新成就又为科学决策提供了理论与方法。

首先是运筹学及以后发展起来的系统工程(或称系统分析)等为决策理论的形成与发展奠定了良好的基础。尤其是运筹学与系统工程的主要分支:线性规划与非线性规划、网络分析技术(如PERT/CPM等)、对策论和统计决策等对决策理论与方法的发展起着直接的作用。

控制论、信息论及系统论的基本理论为决策理论提供了新的概念、新的思维。

电子计算机技术的发展,以及专家系统与人工智能的迅速发展,为决策理论提供了有效的实现手段。

随着生产规模的扩大,竞争性经济活动的日益复杂,科学技术的发展规模与速度愈来愈大。原来以提高生产和企业内部效率为基本内容的科学管理方法,如泰勒等的以微观管理为基础的管理学,近年来已不能满足生产经济和科学技术的发展要求。企业为了适应迅速变化的环境对企业的压力,企业的管理者在竞争的实践中逐渐认识到,决定企业兴衰成败的关键性因素是企业的战略决策,它比着力于提高企业内部管理水平,提高生产与工作效率的微观管理更为重要。战略决策错了,即企业的大的方向错了,工作效率与生产效率再高也没有用。有时,决策失误,决策的执行效率越高,收效越差,效果越恶劣。为了寻求企业的整体效益,企业管理者除了继续提高企业内部管理水平外,要用更多的精力去研究决策活动。实际的需要吸引了广大管理学者和其他学科的科学家的科学家去探求决策活动的规律性,研究科学决策的理论与方法。其中比较突出的,就是20世纪60年代初,由美国科学家西蒙(H. A. Simon)提出的现代决策理论。

回顾历史,决策一词源远流长。但作为一个专门领域对决策进行研究,只是近一两个世纪的事情。而真正使其独立成为一个在学术界得到普遍认可的研究领域要得力于20世纪50年代蓬勃发展的统计决策理论,正是在此基础上建立了现在决策研究中普遍应用的模型化结构。20世纪50年代建立决策分析理论体系的具有代表性的科学家如L. J. Savage, Abraham Wald, P. C. Fishburn, 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相应的具有严格的哲学基础和公理框架的决策理论体系;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决策理论和方法;与此同时,以R. 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,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外的其他领域中得到了很大的发展,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,首次提出了“决策分析(Decision Analysis)”这

一名词。此后决策研究得到越来越广泛的应用,并渐渐形成了自己的理论体系,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已经超出了单纯的统计领域,而囊括了规划、优化、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。由于20世纪70年代科学家们把决策分析这一方法成功地应用于石油工业,使得决策分析引起人们的普遍重视。关于决策分析的文章和报告在各种学术刊物和会议上也越来越多,并出现了 Theory and Decision, Decision Sciences, Decision Support System, Information & Decision Technologies, Organizational Behavior & Human Decision Processes 等以决策分析为核心研究内容的国际学术刊物;而在国际著名学术刊物如 Econometrica, Science, Operations Research, Management Science 等上,决策分析也成为讨论的一个主要题目。

我国最早的相关论文出现于20世纪70年代末,如1977年魏权龄、应玫茜和陈光亚在《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20世纪80年代,相关论文如雨后春笋般涌现。1980年顾基发、魏权龄在《应用数学与计算数学》上发表的《多目标决策问题》,吴沧浦在《中国科学》上发表的《多指标动态规划》,周士高在《经济管理》上发表的《经济管理的决策分析方法》和陈光亚在20世纪80年代中后期发表的有关向量微分不等式、变分不等式的许多论文,以及董泽清、桂湘云、胡毓达、翟立林等学者们的工作,代表了我国决策分析领域的早期成果。1981年召开了首届中国多目标决策学术研讨会,至1998年开了7届。第7届会议讨论了筹备成立中国多目标决策学会事宜。

1982年王浣尘、邓述慧分别在《系统工程理论和实践》上发表了多目标决策方法与应用的文章;顾昌耀、邱菀华在《北京航空航天大学学报》上发表了《Ea/E2/1系统的近似解法》,它得到一个多目标排队系统的实用求解方法;1984年汪寿阳在多目标决策共轭对偶理论、叶第豪在多目标决策方法和徐功仁在多目标多层决策问题的解法等的研究上成绩显著。

1983年李卓立的《决策与经济计划最优化》(清华大学出版社),1985年姜青航的《实用决策分析》(贵州人民出版社),1987年陈廷《决策分析》(科学出版社),1989年宣家骥的《多目标决策》(湖南科技出版社),马庆国的《决策科学导引》(浙江人民出版社),1990年胡毓达的《实用多目标最优化》(上海科技出版社),1991年左军的《多目标决策分析》(浙江大学出版社),1992年林铿云和董加礼的《多目标优化的方法与理论》(吉林教育出版社),1993年李祖怀的《决策理论导引》(机械工业出版社),1994年邱菀华的《仿真决策引论》(江西教育出版社)、翟立林和张庆洪的《应用决策分析》(同济大学出版社)、陈守煜的《系统模糊决策理论与应用》(大连理工大学出版社)等专著出版,并广为引用,刘豹、顾

培亮、梁雄健等亦为决策分析学科建设作出过重要贡献。

翟立林 1980 年在《外国经济管理》上开设了“决策论浅谈”序列讲座,何毓琦 1982~1983 年在《信息与控制》上开设了“决策分析引论”序列讲座,陈廷 1984~1985 年在《系统工程理论和实践》上开设了“决策分析”序列讲座,1987 年齐寅峰在《系统工程》上开设了“多准则决策”序列讲座。他们的工作为进一步推广决策分析立下了汗马功劳。

我国决策分析的理论成果主要体现在决策以及多目标决策的概念与方法、灵敏度分析、决策的有效化、嫡用于决策分析和多目标决策模糊集理论等多个方面,同时应用成果也得到了蓬勃的发展。例如,1986 年顾基发、金超良等将多目标决策用于航天系统;1990 年陈光亚、顾基发、汪寿阳进行了“向量极值问题的数学理论、方法与应用研究”;1991 年顾昌耀、邱菀华将嫡用于改进 Bayes 决策法,对信息进行了准确度和价值的全方位定义,建立了群决策嫡模型;邱菀华及其博士生魏存平于 1994 年、汪应洛和席酉明等于 1998 年从不同的角度提出了新的群集结方法;顾基发及其学生刘宝碇、唐锡晋等在引青水利自动化工程项目中提出了 FCM 和 DCGP 模型,1996 年邱菀华及其博士生阎植林、刘树林研究了多属性决策灵敏度分析,研制了航空项目管理和 ZY-1 卫星群决策支持系统;侯炳辉、冯允成、黎志成、邱菀华等从 20 世纪 80 年代初开始从事仿真与决策相结合的理论与应用研究工作,并取得了引人注目的成果,是我国学者对决策分析的又一重要的贡献。

1980 年顾基发、魏权龄在《应用数学与计算数学》上发表的《多目标决策问题》是国内第一次全面介绍多目标决策的文章。它阐述了多目标决策的历史、基本概念和 15 种求解方法,在国内引文上百篇。为我国多目标决策的兴起和发展发挥了重要作用。

汪寿阳 1984 年在非支配解 (Nondominated Solution) 定义下建立了多目标最优化共轭对偶理论框架。首次提出了共轭映照 Λ -凸和次微分等概念,证明了多目标最优化共轭对偶理论中的弱对偶、强对偶和鞍点定理,讨论了广义凸多目标数学规划的共轭对偶性,推广了 T. Tanino 和 Avriel. M. 的结果。10 多年来还在多层规划、冲突分析、群决策等问题上与陈光亚合作,并在国外杂志上发表 50 多篇论文,在国际上享有较高的声誉。

顾昌耀、邱菀华定义了复嫡,进而利用传递嫡改进了 Bayes 决策的后验预分析方法 (1991 年),实现了对信息的全方位评价。1995 年邱菀华及其博士生阎植林、魏存平将嫡用于管理系统组织结构评价和群决策集结模型,完成有关应用的大型项目 5 项,如国家自然科学基金项目“复嫡及其在决策与信息中的应用”、博士点基金项目“复嫡及其应用研究”等,发表论文 50 余篇,开辟了决策分析-嫡的新研究领域,是我国学者对决策分析的一大贡献。

从决策分析发展现状来看,存在着两个不同的研究方向:第一个研究方向是从

理论上探讨人们在决策过程中的行为机理,这一方向又分为两个问题:描述性决策分析与规范性决策分析。所谓描述性决策分析是研究人们实际上是按照什么准则、什么方式进行决策,这主要是决策心理学探讨的问题;规范性决策分析是研究人们应当按照什么准则、什么方式做决策才是合理的或理性的,期望效用理论就是这一方面研究的主要成果。决策分析第二个研究方向是对实际决策问题的研究,如将一些典型的具体问题模型化,以指导实际决策过程。这些实际问题涉及如新产品开发(Liberatore & Stylianou (1995 年), Arya (1993 年))、新技术推广(Cooper (1990 年), Jensen (1988 年))、企业战略(Nair (1995 年), Bourgeois (1988 年))、冲突决策(Eliashberg (1986 年))、广告(Feichtinger (1994 年))等许多方面。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着计算机和信息、通信技术的发展,决策分析的研究也得到了极大的促进,并产生了计算机辅助决策(Decision Support System)这一新的研究方向,许多大型的决策优化问题在计算机的帮助下也能够解决了,复杂的群决策问题在计算机和通信技术的辅助下,在应用方面也取得了很大的进展;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,使得整个系统具有一定的人工智能功能,因此能够从一定程度上代替人们对一些常见的问题进行决策分析。

图 1-1 简单地勾画出了决策分析发展的历程。

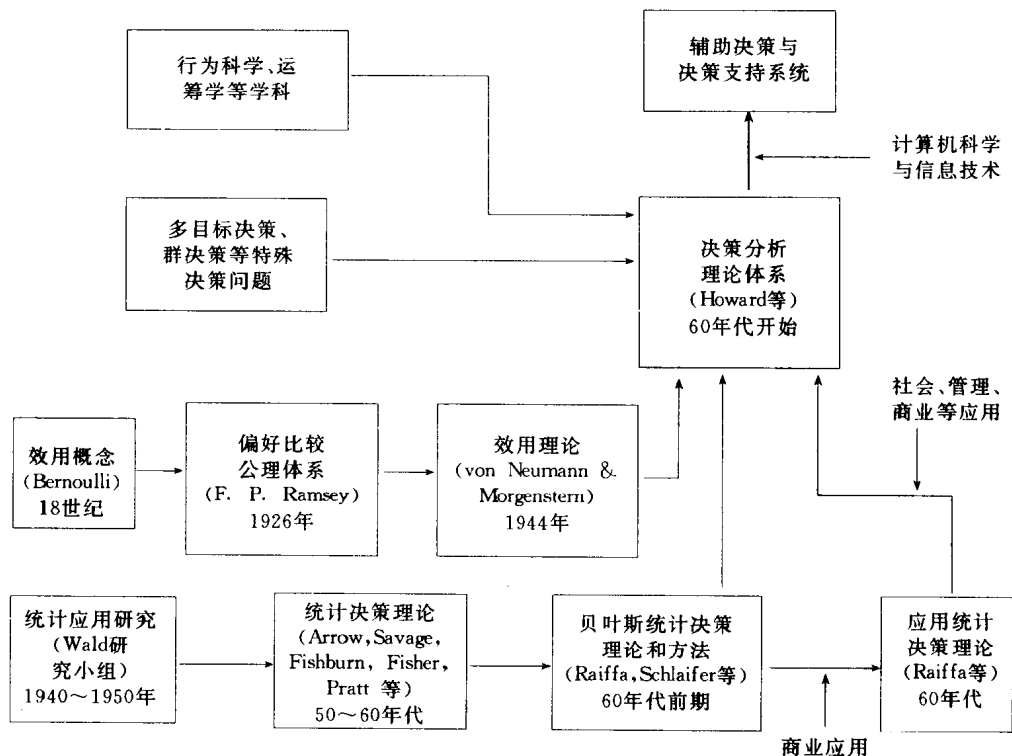


图 1-1 决策分析研究发展简单脉络图

20 世纪 60 年代以后, 决策分析的领域逐步被扩大。例如, 多目标决策、群决策、模糊决策、序贯决策 (含马尔科夫决策) 和决策支持系统等都被引入决策的研究范围。

1.1.2 多目标决策的历史及现状

多目标决策 (Multiple Objectives Decision Making——MODM) 问题最早是由法国经济学家帕累托 (Pareto) 于 1896 年从政治经济学角度提出的, 他把很多本质上不可比较的目标转化为一个单一的最优目标进行求解。1944 年冯·诺意曼 (Von Neumann) 和摩根斯特恩 (Morgenstern) 又从对策论的角度提出了几个有多个决策者、彼此之间有相互矛盾的 MODM 问题。1951 年库普曼 (Koopmans) 又从生产和分配的活动分析中提出了 MODM 问题, 并首次使用了“有效向量”这个概念, 即, 现代 MODM 中的“非控解”的概念。同年, 库恩 (Kuhn) 和塔克 (Tucker) 又从数学规划角度提出了向量函数极大化问题 (the Vector-Function Maximization Problem), 并推导出“有效解”存在的最优条件, 他们的鞍点定理非常著名。1958 年 Simon 关于有界理性 (Bounded Rationality) 的研究可看作 MODM 的一部分。1961 年由 Charnes 和 Cooper 引入的目标规划 (Goal Programming) 是早期的 MODM 方法, 其准则是使目标值和实际达到值两者之间差的绝对值之和达到最少。1963 年扎德 (L. A. Zadeh) 从控制论的角度提出了 MODM 问题。Geoffrion (1968 年) 从数学规划角度提出了向量优化问题的真有效解的概念, 并给出了该解的必要和充分条件。

1968 年 Johnson 系统地提出了关于 MODM 模型的研究报告, 这是 MODM 这门学科开始大发展的一个转折点。

MODM 问题从帕累托 (Pareto) 于 1896 年提出到 Johnson 的系统总结, 先后经过了 70 多年的时间。但是, MODM 比较集中的研究和应用是从 20 世纪 70 年代才开始的。Cohon 和 Marks (1975 年) 对前面最近几年中发展起来的 MODM 方法进行了回顾和评价, 所用的准则是: ①方法在计算上必须是可行的和有效的; ②它必须有助于在诸目标中进行协调的明确定量表示; ③它必须提供充分的信息以便能采取一个有根据的决策。David 和 Duckstein (1976 年) 把舒适-不舒适指数的概念应用到评价供选择的水规划问题中, 因为这些规划同时影响到几个欧洲国家。Haith 和 Loucks (1976 年) 回顾了在定义和评价多目标中适用于计划工作者的一些方法。

到 20 世纪 70 年代末期, MODM 已成为运筹学/管理科学 (OR/MS) 中的一个最有动力的并且广泛应用的领域之一。目前, MODM 的研究和应用还在继续, 交互式规划、描述性决策模型、与 DSS 和判断心理学的接口、多维风险分析以及在战略管理和经济方针制定等方面的应用代表着主要的趋势。

20 世纪 70 年代末 80 年代初, 萨蒂 (Saaty) 提出的 AHP (the Analytical

Hierarchy Process)法可以把定性目标量化,同时对多准则问题的准则优先序,或对 MODM 方案或策略(一般有限、离散)的优劣进行排序。

我国关于 MODM 的研究主要开始于 20 世纪 70 年代后期,且基本上研究的都是 MODM。20 多年来,不论在理论研究、应用推广,或从人才培养诸方面都取得了可喜的成绩。自 1981 年以来,已经举行了数届全国 MODM 会议。中国科学院的顾基发、应玫茜、陈光亚和汪寿阳和中国人民大学的魏权龄等人从 20 世纪 70 年代后期起发表了一批关于 MODM 的研究论文。顾基发、魏权龄等人对 MODM 方法进行了综述。后来华中理工大学的陈珽、上海交大的胡毓达、吉林工业大学的董加礼和江西大学的林铨云、湖南大学的宣家骥、东北工业大学的杨自厚、李宝泽、冯尚友和北京航空航天大学邱苑华等学者又陆续出版了关于 MODM 方面的专著。

1.1.3 群决策研究的历史及现状

对群决策的研究始于 200 多年前,法国数学家 Borda 在 1781 年提出了群体对方案排序的 Borda 规则。1785 年法国另一位数学家 Condorcet,同时又是经济学家和社会学家,提出了 Condorcet 规则和发现了投票悖论。从这以后,许多学者从各个方面对群决策进行了研究。1944 年 Von Neumann 和 Morgenstern 对多人对策问题效用函数进行了研究。1951 年诺贝尔经济奖得主美国经济学家 Arrow 在他的名著《社会选择与个人价值》中提出了著名的不可能定理:在一乍看起来非常可信的公理和条件下,并不存在集结社会中各成员偏爱的社会福利函数,这一结果为群决策奠定了重要的理论基础,并对社会的政治和经济产生了深远的影响。

Arrow 从数学上证明了给定合理性假设,没有任何决策是公正的。Arrow 的不可能性定理是群决策研究的一个里程碑,成为群决策研究的经典性结论。其后, Fishburn 对 Arrow 定理进行了研究,证明了当群体中的个体成员为无限集时, Arrow 不可能性定理变为可能定理。

早期群决策理论的基本原则是:决策群体的最优选择应该是使社会福利达到极大,或群体效用极大。20 世纪 70 年代以后,群决策研究主要分别由两类学者沿两条不同的途径进行:一条途径是社会心理学家通过实验的方法,观察分析群体相互作用对选择转移的影响;另一条研究途径是经济学家对个体偏好数量集结模型的研究。

妥协(Compromise)、谈判(Negotiation)和群决策理论(Group Decision Theory)在 20 世纪 70 年代和 80 年代期间获得了很大的发展。群决策在信息收集、信息处理、方案结果的评价以及产生新的方案等方面比个体决策有许多重大的优势。同时群决策也有缺点,其主要的缺点是在决策时群体成员的意见必须取得一致。

20 世纪 80 年代,群决策理论研究和方法应用发展到了一个新的阶段,群决策