

模糊数学及其 派生决策方法

贺仲雄 赵大勇 李建文 肖伟中 编著



模糊数学及其派生 决策方法

贺仲雄 赵大勇 李建文 肖伟中 编著

中国铁道出版社

1992年·北京

(京)新登字063号

内 容 简 介

软科学是宏观、复杂大系统的预测决策科学，本书以模糊数学为核心，结合近年来由模糊数学派生出来的新学科——灰色系统、物元分析、FHW系统等阐述一些新生而有生命力的决策方法，并附有一些实例，供读者参考。一般具有理工科中专以上文化程度的读者即可读懂本书，其中的一些数学公式即使略去，也能了解本书全貌。

本书可供软科学工作者及各行各业管理者学习，也可作为软科学决策方法讲座教材。

模糊数学及其派生决策方法

贺仲雄 赵大勇 李建文 肖伟中 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 田京芬 封面设计 王毓平

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8 插页：1 字数：179 千

1992年9月 第1版 第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN7-113-01236-1/F·83 定价：4.50元

编 者 的 话

当今社会已发展到宏观、复杂大系统阶段，无数的事例使人们得出两个结论：

“拒绝预测就是拒绝生存！”

“决策的失误是最大的失误！”

为了科学地进行预测、决策，一门新型的综合学科软科学应运而生，而在最近若干年内软科学的同义语就是决策科学。

钱学森同志在软科学会议上提出：要发展软科学需要模糊数学。因为在宏观、复杂大系统中，传统的数学方法已显得无能为力。而借助于模糊数学，以及由模糊数学工作者发展、创立的灰色系统、物元分析、FHW、FGR、IAD系统等却能使问题变得简单而有头绪，本书就是在这个思路上证成的，希望它能对广大读者有所帮助。笔者水平有限，恳请广大读者批评指正。

软科学决策专业委员会副理事长
模糊设计分析学会常务理事 学术委员

贺 仲 雄

1991年7月于北方交通大学

D.162/816

目 录

第一章 决策概述	1
第一节 决策与决策科学	1
一、概 述.....	1
二、决策与管理.....	4
三、预测与决策科学的关系.....	5
第二节 科学决策	7
一、决策：从经验到科学.....	7
二、科学决策的程序.....	11
第三节 计算机辅助决策	15
第二章 决策科学的模糊数学基础	19
第一节 模糊数学的诞生和发展	19
第二节 模糊集合论的基本知识	20
一、模糊子集的定义与运算.....	20
二、模糊集的表示.....	24
三、模糊集合运算.....	26
第三节 模糊关系和模糊聚类分析	27
一、模糊关系.....	27
二、模糊关系的性质.....	29
三、模糊聚类分析.....	30
第四节 模糊性及其度量	42
一、模糊集合的模糊度.....	42
二、海明距离.....	43
三、贴近度.....	48

II

第五节 广义算子和综合评判	50
一、广义算子及其应用	50
二、综合评判问题	52
第六节 模糊语言与模糊逻辑	64
一、模糊语言	64
二、模糊逻辑	71
第七节 模糊控制	77
一、概 述	77
二、模糊控制的工作原理	79
三、实现模糊控制器的算法	80
第八节 模糊理论在决策中的应用	83
一、模糊目标	83
二、单目标模糊决策	86
三、多目标模糊决策	86
第三章 软决策方法和思想	89
第一节 概 述	89
一、软决策与硬决策	89
二、软决策方法	91
第二节 群决策	101
一、群决策简介	101
二、Arrow不相容定理	102
第三节 FGR系统	105
一、Cobb-Douglas函数及其局限性	106
二、灰色关联分析	110
三、模糊推理	112
四、FGR系统结构	114
五、FGR系统展望	115
第四节 “新三论”与软决策	116

一、简介	116
二、“新三论”在城市系统中的应用	120
第四章 可拓决策	126
第一节 物元分析与不相容问题	126
第二节 可拓集、关联函数与相容度	127
第三节 可拓决策	132
第四节 物元分析与可拓集展望	135
第五章 灰色系统决策	139
第一节 灰色系统的数学基础	141
一、灰色数	141
二、灰色数的基本运算法则	143
三、灰方程	144
四、灰色系统控制	145
第二节 灰色系统建模	149
一、灰色系统模型的特点	149
二、生成函数	151
三、灰色系统建模	154
四、几种典型的GM模型	159
第三节 灰色系统决策	163
一、局势决策	163
二、层次决策	167
三、灰色区划	169
第四节 应用实例	171
一、汾河水库上游治理的灰色预测模型	171
二、农业耕作制度的局势决策问题	173
三、区划问题	176
第六章 FHW(模糊、灰色物元空间)决策系统	180
第一节 准备知识	181

第二节 FHW咨询表	184
第三节 FHW专家决策系统	186
第四节 FHW专家的选择	189
一、专家指标计算	189
二、专家权重的确定	194
三、决策专家选取	195
第五节 专家指标咨询表举例	196
第六节 FHW指标评价	199
一、谨慎度与灰色优度、灰色劣度	199
二、评价指标权重	200
三、白色优劣比与灰色优劣比	201
四、政策系数、远近效益与总灰度	203
第七节 选择与决策	204
第八节 FHW应用概述	207
第七章 应用实例	209
第一节 引黄(河)灌溉工程的局势决策	209
第二节 小气候区划	225
第三节 综合评判在林业中的应用	232
第四节 科技进步奖评选	235
第五节 FHW专家决策系统在铁路选线方案比选中 的应用	240
第六节 IAD系统及其应用	243

第一章 决策概述

第一节 决策与决策科学

一、概 述

诸葛亮借东风火烧战船，协助东吴孙权一举消灭曹操20万雄兵，取得赤壁之战的胜利，莫立了魏、蜀、吴三足鼎立的局面，这是三国故事中最精彩、最脍炙人口的一段，每当人们听到这个故事，无不佩服诸葛孔明“运筹帷幄，决胜千里”的伟才。

这个故事是古代军事家运用决策方法的典型事例。相传当时曹操号称拥有雄兵百万，战将千员，实际兵力是20余万。为了战胜曹操，孙权联合刘备，总兵力不过四万余人，由诸葛亮协助周瑜出谋划策。这个两军对垒的问题，可以简单地看成一个决策问题。

对付曹操有两种方案：强攻或者火攻智取。若强攻，孙刘寡不敌众，必败无疑；若采取火攻，根据天气风向的两种自然状态，有两种不同的结果：当刮东南风时，火攻能取得成功；当刮北风时，进攻不成，战火反而危及自己。当时是“欲破曹公，宜用火攻，万事俱备，只欠东风。”诸葛亮利用自己的气象知识，对刮东南风进行了可靠的预测，做出了火攻的决策，终于取得了胜利。

决策问题不仅在军事上，而且也在政治、经济、科学、技术等许多领域中存在。特别是现代科学技术的飞速发展，人类社会的进步和人类活动范围的扩大，面对众多的因素和

大量的数据、复杂的时局和多变的环境，人们的实践活动就更离不开决策。

关于决策的定义，美国著名科学家赫·阿·西蒙提出过“管理就是决策”的说法。另一位美国学者亨利·艾伯斯认为：“决策有狭义和广义之分。狭义地说，进行决策是在几种行为方案中作出选择；广义地说，决策还包括作出最后抉择之间必须进行的一切活动。”

所谓决策，我们认为是指人们为达到某一目标，采用一定的科学理论、方法和手段，制定若干可供选择的行动方案，并从中选出最满意的加以实施，直至目标实现。

决策的类型，可分为以下几类：

1. 按决策性质分：规范性决策；非规范性决策。
2. 按决策规模分：个人决策；团体决策；国家决策；国际决策。
3. 按决策层次分类：战略决策；战术决策；战役决策。

所谓规范性决策，是指决策者在日常工作中经常需要解决的一般性决策问题，它们以相同或基本相同的形式重复出现，其产生背景、特点及内部与外部的有关因素已全部或基本上被决策人所掌握。决策者仅仅依靠长期处理此类问题的经验，即可较好地完成此类决策。

然而，客观事物是极其错综复杂的，决策者所面临的绝大部分问题是不可能用某个标准程序和模式来概括的。对这类问题进行决策只靠经验是完不成的，这种无先例可循的、具有大量不定因素的决策活动称为“非常规决策”。

在个人、团体、国家和国际这四种不同规模的决策中，主要的是国家决策和团体决策，即宏观决策与微观决策。宏观决策决定着一个国家的兴衰，关系到整个民族的命运与发

展前途。微观决策一般是指企业、事业部门的决策，此类决策具有普遍性、多元性的特点，在人类活动中占很大的比重。

战略决策、战术决策和战役决策，是决策体系中具有不同层次的具有从属关系的三大组成部分，它们相互依附又相互影响，构成一个具有宏观决策与微观决策的完整的决策体系。战术决策是确保战略决策实现的，而战术决策的实施又依赖于各项战役决策的进行。总之，它们三者是相辅相成的，同时又各具特色，如战略决策一般难以实现“量化”，而战术决策与战役决策则能够充分地利用数学方法，实现模型化与定量化，以获得最佳方案。

成功的决策是科学地进行决策的结果，科学地进行决策就需要有决策科学进行指导。由于事物系统的庞大、复杂和多变，那些由人的主观能力反映出来的方针、政策、规划、计划等，决不是一拍脑袋、灵机一动就可以获得的。面对复杂的现实，人们在决策中往往会出现这样那样的失误，并因此带来巨大的损失。在付出昂贵的代价之后，人们开始认识到，必须对如何作出正确的决策进行探索和研究。通过研究，人们逐步认识到科学的决策，其本身就是一个十分复杂的过程，这一过程有它自身的特殊规律，对这种规律的研究，就形成了决策科学。

决策科学简称决策学，概括地说，就是研究、探索和寻求作出正确决策的规律的科学，也可以说是为决策提供科学的理论和方法的科学，它主要研究决策的范畴与概念、决策要素、决策结构、决策理论等，这是决策学自身的基础研究，一般称为本学科的“元科学”。但决策科学更着重研究的是那些能做出正确决策的决策原则、决策方法、决策程序和决策组织等。

二、决策与管理

大家都知道，由于客观事物的复杂性和多变性，在实践中，主观和客观完全相符合的情况是极为少有的，所以，人们都知道要随着实践的具体情况，不断地修正和发展原有的目标、意图、愿望、计划和行动等。

以开汽车为例，司机希望一次决定好方向和目标，把方向盘调整好固定不动，就可以把汽车开到目的地，但这只能是空想。司机必须根据汽车在其行驶的道路上的各种复杂情况，不断地调整方向盘，才能保证汽车准确安全地到达目的地。司机以最初的一次决定，而后根据外界条件和汽车运行的情况不断地作出一系列新的决定，才能使主观和客观相吻合。这种不断地一个又一个地对未来的实践作出决定的长链条，称之为“微分决策的积分”。

微分决策的积分，具体含义是什么呢？如仍以开汽车为例，可以看出，它构成了司机对汽车的管理过程。对简单的系统如此，对于复杂的大系统也莫不如是，它具有普遍的意义。这一过程可表示如下(用 D 表示决策)：

$$\begin{array}{c} \xrightarrow{\text{主观能力}} \\ \text{管理} = \sum_{i=1}^n D_i \approx \int_0^t D dt \end{array}$$

事物的发展，主观对客观世界的改造，无不遵从“实践——认识——再实践——再认识……”这样一个辩证的运动发展过程。在这一过程中，是由不断发展的人的认识，对人们改造客观世界的实践作出了一系列的决定。在这种决定的指导下，人们的社会实践活动才能按照人们的理想、企图、目标前进，才能使主客观相符，达到改造客观世界的目的。

只有在这种意义上才能说：“管理就是决策”，也就是说：管理就是主观能力指导客观实践活动这个发展过程中的主观能力。它并没有划定系统范围的大小，但在时间系列上，则是一个以时间为变量的集合。在实际上，这种不断地决策与实践，是一个连续的过程，所以，又可以说：管理就是微分决策的积分。在这一连续过程中，人们（个人决策指个人，团体决策指领袖或领导集团）要不断收集客观实践的各种信息，并根据对收集到的信息所作的分析与判断，不断地作出新的决定。所以，决策可以被看成是一个过程。这也就是说：管理就是决策。

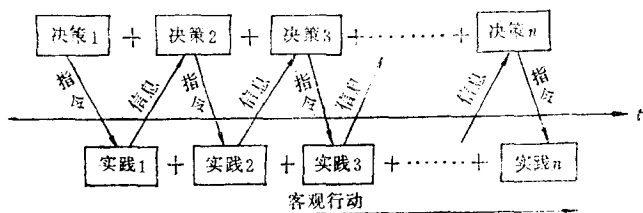


图 1—1 决策与管理的关系

三、预测与决策科学的关系

概括地说，没有科学的预测，就不会有科学的决策。

由于决策是决定未来实践的目标、方向、原则和方法，所以决策离不开对未来实践活动的环境、时间等信息的收集，否则作出的决策就不能适应未来发展变化的情况。而科学的预见或预测，往往是获得有关未来信息的重要手段。因此，科学的预测是作出正确的决策的基础和依据。司机如果不预测前面要转弯，就不会决定去开方向指示灯。科学的预测如果脱离了现实决策的需要，就失去了预测的意义。在科学的预测与科学的决策之间存在着一种必然的联系。科学的

决策要以科学的预测为基础和依据，而要想制定出科学的决策就必须做好科学的预测。

科学的预测在决策中起到的作用，概括起来可用12个字描述，那就是科学预测可以使决策者“方向明、决心大、办法多、失误小”，这点是非常重要的。

首先，科学的预测为决策者提供了科学的决策依据。大家知道，领导工作的实质就是管理，就是不断地做出一系列决策的工作。从现象上看，领导工作是一种率领和引导工作，它是一种具备高度科学预见性才能胜任的工作。很难想象，一个没有科学预见的领导者能够很好地完成领导工作。领导者个人的知识、经验是有限的，在复杂的决策问题面前，往往感到不足。在这种情况下，领导者很需要利用科学的预测这一重要手段来扩大眼界，了解事物的发展趋势，经过周密而详细的思考，做出科学的判断和决策。这实际上是一个“方向明”的问题。对未来的预判正确与否，是决策成功和失败的关键。例如电子技术发展前景的预测。在50年代苏联的半导体已经展现出灿烂的前景时，他们把电子管的改进和小型化作为发展重点，在技术发展的问题上做出了错误的预断，导致了错误的决策，使苏联的电子技术至今还处在被动地位。

其次，科学的预测为决策者提供的有关未来的信息是过去、现在两种状态的发展。科学预测通过对过去和现在状态的科学分析和研究，推断和预测出事物发展的动态。其中包括事物未来发展的规模、数量、质量及其变化、时空变化、影响后果等科学依据，使决策者对所决策的问题，不但知道经验依据、现状依据，而且还了解到了事态发展的动态过程，未来状况的依据，从而心中有数，做出正确的决策。例如，诸葛亮在大破曹兵之后，不但掌握了曹兵大败和曹操逃

走的现状，而且根据曹操的诡诈，预测他逃走时，必然不走大路，而选取华容小道，因此派关羽在华容要道等候，曹兵再次大败，且险些被擒。

第三，科学的预测还通过各种不同方案的预测为决策服务。科学的预测，不但预测事物发展的各种可能情况，而且根据各种可能出现的情况提出不同的决策原则或具体方案。有了各种不同的方案，才能进行比较和择优。人们常说，多谋以求善断。领导者有了多种方案可作比较选择，决策就能顺利进行，也才能做到办法多。

第四，一般说来，重大决策能做到百分之百的正确是非常罕见的。重大决策，在非原则的、局部的、甚至部分的失误是在所难免的。科学的预测在于对这种局部失误，可以为决策者提供有力的应变措施。这是因为在制定决策过程中，通过对未来研究，早已对决策在实施中决策对象可能出现的各种各样的动态过程做了充分的分析与研究，并相应地制定了潜在问题分析、技术评估、可行性研究、应变对策等方案以及及时报警等措施。

第二节 科学决策

一、决策：从经验到科学

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，如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。这些决策都是凭借领导个人的阅历、知识和智慧进行的，虽然有时也利用智囊人物协助，但决策成功与否主要取决于领导者阅历是否丰富，知识是否渊博，智慧是否过人。上述决策从本质上讲都是依靠

人的经验，叫做经验决策。经验决策是与小生产方式相适应的。

但是，现代情况不同了，社会化大生产给社会活动带来了一系列的根本变革，它突出地表现在三个方面：

1. 社会活动越来越复杂。以经济与科技领域为例，从本世纪30年代以来，出现了“大科学”、“大工程”和“大企业”。

大科学是指需要各类学科协调，花费大量人力、物力和财力进行的科学研究项目。现代科学技术高度分化又高度综合。比如空间科学的研究就需要火箭技术、电子技术、计算机技术、无线电技术、光学等学科的配合才能完成。因此，象这样的大型科研项目，仅仅依靠一二个科研机构是无能为力的，必须动用社会许多部门组成研究网络，才能奏效。1942年著名的美国“曼哈顿工程”，动员了15000名科技人员，耗费20亿美元，历时3年，造出了第一批原子弹。1961年，美国又组织了“阿波罗登月计划”，发射火箭“土星—5”，有560万个零件，飞船内也有300万个零部件；为了这项研究，前后有数百万人参加，最多一年动员42万人；参加研制的有200家公司，120所大学，花去300亿美元，1969年终于第一次到达月球。

大工程是指诸如大型水利工程、地区性供电工程、超高层建筑工程等。如北欧电力网工程，它向北欧许多国家的2000万居民和工业供电；在这类电力网中，有火力、水力、原子能等不同类型的发电站，纵横数千里的输电配电线路，规模相当庞大。

大企业是指规模庞大的联合企业，一般由主体工厂、分厂、研究和发展部、销售部、技术服务部等五大部分组成。职工数以十万计，机构遍布全世界。

在我国也有一些大科学项目（如原子弹、导弹、人造卫星等）、大工程项目（如宝成和成昆铁路，武汉和南京长江大桥、葛洲坝等），组建了一批大企业（如宝钢、首钢等企业）。随着我国现代化建设的发展，这类大科学、大工程和大企业必将增多。

2. 社会活动越来越多变。这主要表现在以下三个方面：从一项科学发现、发明转化为社会生产力的周期愈来愈短；机器设备和工业产品的更新周期大大缩短，科学技术日新月异。

这一切，都会使经济、科技、政治、军事、社会生活等方面的形势变化多端。因此一个国家、一个地区、一个企业要前进，要发展，就必须在这多变的形势下随时作出抉择。它使决策者经常碰到大量的问题需要及时决策，决策的正确与否关系着事业的兴衰存亡。世界闻名的美国克莱斯勒汽车公司，是仅次于通用和福特两家汽车公司的大型企业，1979年9个月中亏损7亿美元，打破美国有史以来的最高纪录。这场突如其来的灾难发生的原因，完全不是克莱斯勒的汽车质量有什么问题，他们生产的汽车在技术上一向是有很高威望的。那么，失败的根源何在？是经营决策上的失误。1973年，世界上出现了所谓“石油危机”，严重冲击了依赖能源的汽车制造业，当时美国所有汽车公司都受到一定程度的损失。通用和福特两家汽车公司吸取教训，随机应变，把经营方针定为设计制造大量耗油少的小型汽车。然而，克莱斯勒汽车公司却一如既往，照样生产耗油量大的大型汽车，结果在1978年，世界“石油危机”再度出现，大型汽车的销售量大大下降，存货山积，每天损失200万美元，使企业濒临破产。这类例子是很多的。

3. 社会活动的影响越来越大。这不仅因为大生产在