

《经济控制与智能管理》
丛书

15/12/00

现代模糊管理数学方法

汤兵勇 王文杰 郑 飞 编著

中国纺织大学出版社

内 容 提 要

本书从实际应用角度出发,较系统地探讨并介绍了现代模糊管理数学的主要理论与方法,内容包括模糊建模方法、模糊评价方法、模糊规划方法、模糊决策方法、模糊质量控制方法、模糊经济预测与控制方法、模糊可靠性分析方法、模糊营销策划方法以及模糊专家系统等。本书注重理论联系实际,兼顾学术性与通俗性,吸收了国内外最新的文献资料,并通过大量实例说明方法的应用,具有较大的理论意义与实用价值。

本书内容丰富,通俗易懂,为管理界的广大读者提供了解决实际管理问题的一种新型数学工具,可供各类科研人员、企业经营管理人员和管理干部阅读使用,并可作为高等院校各类经济管理专业研究生与本科高年级学生的选用教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代模糊管理数学方法/汤兵勇等编著,一上海:中国纺织大学出版社,1999.9

(经济控制与智能管理丛书)

ISBN 7-81038-215-2

I. 现… II. 汤… III. 模糊数学-应用-经济管理 IV. F2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 14063 号

《经济控制与智能管理》丛书编委会

主 任:汤兵勇

副主任:黄小原 唐小我

编 委:(按姓氏笔划为序)

王文杰

王新民

朱玉兰

朱兴龙

朱坤平

汤兵勇

杜育根

陈亚荣

郑 飞

钟麦英

郭健全

顾晓敏

唐小我

黄小原

程储旺

特邀海外编委:Li D. Xu(美国)

Ling X. Li(美国)

Xian chun Ding(德国)

Zhichang Zhu(英国)

C. W. Kenneth Keng(加拿大)

前 言

现代市场中,日益激烈的竞争、灵活多变的决策要求快速灵活的管理分析方法,这样,才能使企业快速了解市场信息,占领市场。早期管理中使用的数学分析方法,如运筹学和数学规划方法,用数学表达式(数学模型)表达和解决问题,这样的方法缺乏灵活多样性,无法适应当前的市场形势。为此,人们试图通过人类的参与补偿这个缺陷,如运用人类的经验知识来补偿数学模型的不精确和不确定性,由人类对数学模型中无法包括的因素和信息做判断和决策;进一步,还努力寻找各种方法来完成依赖人类的工作,如用概率表示不确定性,用系统分析方法来研究复杂大系统,并引入了检查表、计算机技术、仿真等方法。

模糊数学理论模仿人类智能信息处理过程来构造仿真模型,其基础理论为1965年查德教授提出的模糊集理论。此理论的特点就是用模糊集理论来描述用精确数学模型无法表达的信息,它可以用人类语言来刻划专家知识、专家经验以及顾客的偏好,用隶属函数建立模型,由计算机处理信息。应用这样先进的理论和工具,就可以快速地跟踪和响应市场,了解市场发展趋势。将模糊数学理论结合到传统的管理数学中,形成现代模糊管理数学,可以增加管理数学的灵活性和可变性,并可解决大规模、复杂多变的管理问题。

模糊数学理论在控制和信息处理领域中已经得到了广泛的应用,并已在市场上形成了模糊产品,如家用电器、汽车、照相机等。今后,模糊数学理论的应用将侧重于非工程领域,在管理、医药、法律和心理学方面,研究人员已经开展了大量工作。特别在管理领域中已经有了实际的应用,如在国际上已经开发成功了具有模糊数据库、模糊知识库和模糊模型库的决策支持系统。但是,到目前为止,国内还没有一本全面介绍现代模糊管理数学及应用方面的书

籍。鉴此,我们特组织编著了这本书。

本书以市场为导向,从实际应用出发,较系统地介绍了现代模糊管理数学的理论与方法,主要内容包括模糊建模方法、模糊评价方法、模糊规划方法、模糊决策方法、模糊质量控制方法、模糊经济预测与控制方法、模糊可靠性分析方法、模糊营销策划方法以及模糊专家系统等。本书兼顾学术性与通俗性,在简明介绍理论方法的同时,用大量的图表和实例说明其应用,其中部分应用案例是作者近些年的研究成果。本书内容丰富,叙述时力求深入浅出、简单易懂,着重讲清各种方法的基本思路与步骤,略去了几乎所有的数学理论证明和繁琐的推导,便于广大读者阅读与应用。其中有些难度的章节加了“*”号,读者可根据需要自行决定取舍。本书可供各类科研人员、企业经营管理干部和管理干部阅读使用,还可作为高等院校各类经济管理专业研究生与本科高年级学生的选用教材或教学参考书。

本书由汤兵勇负责整体策划与最后统稿,并撰写第三章与第八章;王文杰撰写第一、二、四、五、六、七章;郑飞撰写第九、十、十一章。本书在编写过程中曾得到控制理论与工程界和模糊数学界许多专家学者以及各有关部门的管理干部与企业家的大力支持和热情帮助,在此一并表示衷心感谢。由于作者水平有限,书中必有不当之处,还望读者批评指正。

作 者

1998 年 1 月

序

经济控制论是一门新兴的前沿边缘学科,它集当代哲学、社会科学、自然科学与数学之大成。虽然该学科尚处在探索、形成和发展过程之中,但近三十年来它已为欧美国家解决大规模复杂的社会经济系统的模型、预测、决策与控制提供了行之有效的新技术,也为我国合理地管理与控制各类宏观和微观的经济活动提供了新的见解与工具,对于各国的经济发展起到了积极的促进作用,因而引起了世界各国及国内各部门的广泛关注与普遍兴趣,越来越显示出其重要的实用价值与深远的社会意义。

我国自动化学科的创始人之一、已故的著名学者、中国科学院院士张钟俊教授在1983年就曾明确指出:“在人们的生产活动、日常生活以及征服宇宙空间等等的实践中,控制理论和技术都扮演着很重要的角色,并获得了极大的成功。同时,这种理论和技术本身也随之发展到一个崭新的阶段。我想,在目前的基础上,控制理论要想产生新的突破和飞跃,必须寻求比宇航系统更复杂更困难的实践领域。不难发现,我们周围的社会经济系统便是这种进一步应用和发展控制理论的理想领域之一。”(见邹至庄著《动态经济系统的分析与控制》一书的译序,北京:友谊出版公司,1983)正因为如此,他老人家“决心以有生之年,不遗余力地投入这个洪流中去”,集中研究经济系统,将经济控制论作为他晚年的主要研究方向之一,并为之作出了重大的贡献。

当前,经济与社会发展是世界大潮流,我国正处于深入改革开放、社会政治稳定、经济蓬勃发展的大好形势。以信息革命为代表的世界新技术革命,在现代科学技术发展的基础上,把工业经济时代推向一个崭新的时代——知识经济时代。这场伟大的变革既向我们提供了千载难逢的机遇,也向我们提出了十分严峻的挑战。为此,完全有必要运用控制理论(特别是第三代控制理论——智能控制理论)来研究现代市场经济条件下,经济、金融、贸易与社会各领

域发展的一般规律,并提出一系列解决实际经济管理问题的应用控制方法与技术,这就是我们正从事研究的交叉学科新方向——“经济控制与智能管理”的主要工作。我们编著这套丛书的目的,也是为了尽快反映该新方向研究的最新成果。

本丛书的特点是将控制理论与经济发展、自动化学科与管理学科、定量分析与定性分析有机地结合起来,既注重经济控制与智能管理中一般规律的理论研究和总结,又强调设计面向实际的应用技术,尤其要在创新上下功夫,并起到理论联系实际的桥梁作用。为此本丛书各分册的选题绝大部分是国内外的最新研究成果,有相当部分内容是作者们自己近年来的研究工作成果。本丛书在理论方法叙述时力求深入浅出,通俗易懂,与经济管理问题的结合自然合理,以便于各类科技人员、管理人员及高等学校的研究生与大学生们学习使用。

本丛书编委会衷心感谢控制论与系统工程界、经济界及管理界许多专家学者的大力支持和热情帮助。尤其是中国科学院院士张钟俊老先生生前对经济控制论的发展所寄予的殷切期望以及多次在这一研究方向与内容上给予我的热心关怀和具体指导,令我终生难以忘怀;而他对学术研究的那种孜孜不倦的奋斗精神,一直在激励着我努力攀登学术创新高峰,本丛书也是奉献给他老人家的最真诚纪念。

中国纺织大学出版社高瞻远瞩,及时承担组织出版这套丛书的任务,并为此做了许多认真细致的准备与编辑工作,提供了不少有利条件,在此深表谢意。在当前跨世纪的新形势下,编辑出版本丛书的任务显然十分艰巨,加之时间仓促,书中出现疏漏不当之处,希望广大读者不吝赐教,以便我们逐步完善这套丛书系列,使之随着当代世界市场经济的发展需要而不断充实提高,为推动 21 世纪的经济繁荣与社会进步作出应有贡献。

汤兵勇

1999 年 6 月

目 录

前言	1
序	1
第一章 绪论	1
§ 1.1 模糊管理数学的概念与特点	1
§ 1.2 模糊管理数学方法概述	4
第二章 模糊数学基础知识	8
§ 2.1 普通集合	8
§ 2.2 模糊集	19
§ 2.3 分解定理和扩张原理	31
§ 2.4 模糊数	34
§ 2.5 模糊关系、模糊矩阵和模糊变换	45
§ 2.6 可能性理论	49
§ 2.7 模糊测度和模糊积分	53
第三章 模糊建模方法	58
§ 3.1 系统建模概述	58
§ 3.2 模糊变量的定量化方法	63
§ 3.3 模糊可能性模型	70
§ 3.4 模糊推理模型	78
第四章 模糊评价方法	84
§ 4.1 一般评价方法概述	84
§ 4.2 模糊综合评判方法	88
§ 4.3 模糊聚类分析方法	93
§ 4.4 层次分析法(AHP 法)	103
第五章 模糊规划方法	111
§ 5.1 普通数学规划方法	111
§ 5.2 具有模糊约束的模糊线性规划方法	119
§ 5.3 具有模糊目标的模糊线性规划方法	124

§ 5.4	带有模糊系数的模糊线性规划方法	128
§ 5.5	带有时变系数的模糊线性规划方法	132
第六章	模糊决策方法	140
§ 6.1	一般决策方法简介	140
§ 6.2	模糊决策基础	148
§ 6.3	模糊决策模型与方法	161
§ 6.4	模糊对策模型与方法	166
第七章	模糊质量控制方法	173
§ 7.1	常用的质量控制方法	173
§ 7.2	控制图的模糊设计方法	185
§ 7.3	抽样检查的模糊设计方法	189
第八章	模糊经济预测与控制方法	196
§ 8.1	模糊时序分析预测方法	196
§ 8.2	模糊多层递阶预测方法	203
§ 8.3	模糊自适应经济控制方法	215
第九章	模糊可靠性分析方法	222
§ 9.1	可靠性分析方法	222
§ 9.2	可靠性分析中的模糊性	234
§ 9.3	主观可靠性测度	237
§ 9.4	应用案例	245
第十章	模糊营销策划方法	250
§ 10.1	市场营销简介	250
§ 10.2	营销策划的模糊方法及案例分析	253
§ 10.3	市场竞争性定位的模糊识别方法	259
第十一章	模糊专家系统及其应用	266
§ 11.1	专家系统简介	266
§ 11.2	模糊专家系统	270
§ 11.3	应用案例——证券投资专家系统	280
参考文献		289

第一章 绪 论

§ 1.1 模糊管理数学的概念与特点

现代生活中,社会和经济系统日趋庞大、复杂,市场的需求也呈现出多面性和多变化性。为此,企业和政府部门管理组织的管理形式必须具有很大的灵活性。经典的管理数学方法用于解决这类现代管理系统的管理和规划问题时就显得缺乏灵活性,不能有效地解决问题。模糊数学方法所建立的模型,与人类通常的智能信息处理过程相似。因此,应用模糊数学方法分析管理问题的模糊管理数学方法,有助于灵活地解决现代社会的经济问题。

一、模糊管理数学的基本概念和概况

模糊数学理论起源于1965年,加州大学的L. A. 查德(L. A. Zadeh)教授首先提出了模糊集合的概念,此后,在与几位学者合作研究的基础上,又提出了模糊逻辑和模糊测度理论,模糊数学理论以后的发展也就围绕着这些最基本的概念。模糊管理数学正是在模糊数学理论基本概念的基础上发展起来的,其主要目的是为人类智能信息处理工程如决策,解决大规模、复杂管理和经济大系统提供一种模型。

在人类智能信息处理工程中,面对复杂或大规模系统问题,由于人类智力和时间的限制,不可能提取大量的信息,而是尽可能选择我们认为是重要的信息加以保存,集中力量处理这些信息,将不很重要的信息分离出来,归并到对应的分支中去。在明确这些少量的主要信息和数据内容之后,将它们结合起来与我们大脑记忆中

的各种知识和经验比较,得出符合某一目标(也称为意见或判断)的决策、解决问题和控制方案,评价以此得到的各种方案满足目标的程度,最后选择出一个满足要求的最后方案。

这里讨论的人类一般智能处理问题过程,依赖于人类的智力和时间的长短,因为人类记忆保存和恢复信息是不全面、不完整的,它可以被认为是一种与精确程度相对应的概化信息过程。换句话说,使用同样的智力水平进行少量信息的恢复和处理,可以缩短解决复杂大系统问题的时间。因此,为了尽快进行决策,有必要在某些方面作些简化,使用忽略一些不重要信息的综合方法。

模糊系统理论的目的,就是创立一种可以近似上述人类综合智能处理过程的模型,图 1.1-1 所示的是用自然语言表达的人类智能信息处理过程。如果可以用模糊方法近似智能信息处理模型,我们就可以用计算机对人类活动和由人类组成的管理机构(企业、公众机构等)进行分析和评价。总之,模糊方法主要完成两件事情,第一是将人类语言转换成计算机语言,第二是在计算机内计算处理人类语言转换得到的信息。

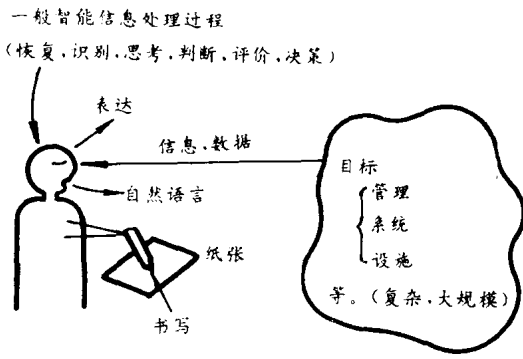


图 1.1-1 人类智能信息处理过程

隶属函数(MF)方法可以将人类自然语言转换为计算机的输入。在隶属函数方法中,词语(词语表达的近似量“大约 5 米”、“大约 10 米”等等)被转换成为数值(0 到 1 之间)。

模糊逻辑的计算,主要由最大最小运算组成,其最基本的运算有逻辑加、逻辑积和补运算以及进行数值算术运算的扩张定理。

另外,本书还要进一步介绍运用于控制、决策和诊断中的模糊关系和模糊推理方法,它包含各种关系的辨识和推断、由输入确定输出的关系复合运算、由输出确定输入的逆运算等。

二、模糊管理数学的特点

运用模糊系统理论,我们将传统管理数学方法延伸到模糊范围中,或者说是建立了独立的模糊管理数学方法。在管理机构的管理和规划中,应用模糊管理数学方法可以使之对社会、经济的变化作出灵活的响应。这里先列出模糊管理数学方法的主要特点:

(1)在管理系统的数学模型中,由人类直觉确定的系数和约束条件可以方便地用隶属函数表示,并进行数学运算得出解答。

(2)管理系统的各种知识和经验可由专家用自然语言口头表达,然后运用模糊推理方法,将它们变成计算机模型和程序。在这种情况下,自然语言常常使用一般的形容词和副词如“十分”、“有一点”、“稍微”、“一些”、“大约”等,这些词语可以很容易地用隶属函数表达并输入到计算机中去。另外,使用一般表达设计推理程序可以缩短程序,很有经济价值。

(3)模糊管理数学方法不是将问题解答压缩成一个,它可以表示具有不同可能性等级的多个问题解答。而且,由于解答有上下界限,容易添加专家、管理和行政人员的意见,将解决方案扩展到一个很宽的范围。在传统管理数学方法中,常建立的是极端近似模型,其解决方案往往只有一种,而且管理和行政人员是分开对这些问题进行决策的。

由以上所述的模糊管理数学方法的特点我们可以看出,对于复杂大型管理机构的管理和规划,模糊方法很有应用价值。

§ 1.2 模糊管理数学方法概述

表 1.2-1 给出了管理机构各个运作环节对应的模糊管理数学方法^[1],其中的主要方法将在以后各章分别详细介绍。这里,先介绍各种方法的大致内容。

表 1.2-1 模糊管理数学方法

运 算		方 法
数据和经验获取		模糊数据库,模糊知识库
规 划	建模	大系统模糊模型 模糊结构模型 模糊回归模型 模糊 GMDH
	分析和评价	模糊多变量分析(量化理论 I-IV) 模糊积分 模糊 AHP 模糊可靠性分析
	优化和决策	模糊数学规划 模糊多目标规划 模糊多指标决策 决策支持系统(DDS)
行政管理		模糊系统理论在行为科学中的应用 模糊系统理论在证券投资中的应用 模糊生产管理 模糊专家系统(故障诊断等) 模糊 QC

一、数据和经验获取

1. 模糊数据库

模糊数据库实质上是将传统数据库模糊化,将标准数据库的关系模型延伸成模糊关系模型。在模糊数据库中,数据用模糊集表示。

2. 模糊知识库

在实际的操作和工作中,专家的知识 and 经验以及经验技术是以自然语言表示的,它们是这样的形式,如“在这种情况下或者当

出现这种情况时,如此作决策或者会出现这样的结果”(IF—THEN 形式)。建立模糊知识库时,其中的模糊表达如“十分”、“有一点”、“稍微”、“一些”、“大约”等,用隶属函数实现并输入到计算机中。基于模糊知识库可以进行模糊推理,它们可以应用于决策和企业诊断中。模糊知识库、模糊数据库和管理数学的各种模糊模型对于构造决策支持系统也十分有用。

二、建模

1. 模糊结构模型

传统管理数学中的结构模型,使用网络图表示管理机构中的各种复杂大系统。模糊结构模型中,用隶属函数代替表示网络中各节点之间关系的二值(0 或 1)逻辑表示方法。目前,FSM(模糊结构化建模)方法已形成,并被用于群组的协调决策中。

2. 模糊回归模型

传统的回归模型已广泛地应用于管理规划问题中(如预测等)。模糊回归模型只是将模型中的系数用模糊数表示,这样,含有模糊性数据的实际问题就可以用这种模型解决。

3. 模糊 GMDH(成组数据处理方法)

GMDH 方法用于管理规划问题(如预测等)中复杂非线性大系统的建模。即使预先不知道系统的结构,这种方法也可以用启发式自组织原则,根据系统的输入、输出数据建模。模型中参数用模糊数表示。

三、分析和评价

1. 模糊量化理论

模糊量化理论是对传统量化理论的扩展,它主要是在人们主观意识的调研中考虑了模糊性。这种方法在商业市场调研和新产品开发市场趋势调研中十分有用。

2. 模糊积分

在商业市场调研中,调查顾客如何评价产品对于产品规划和新产品开发是很重要的。评价产品时,要考虑许多指标,如产品性能、经济性等。对每个指标重视的程度用对偶比较的方法确定,而产品整体评价值的确定是对各个指标评价的综合。传统的整体评价方法为线性组合法,这种方法的问题在于这种代数运算方法不一定能运用于具有不同特性评价指标的运算,而模糊积分方法可以近似人类的主观意愿和判断。模糊积分方法不局限于产品的评价,还可以用于多种方案的评价、顾客偏好的评价等。

3. 模糊 AHP(层次分析法)

模糊 AHP 法是对传统市场调研中 AHP 方法的模糊化。AHP 方法中,使用对偶比较评价各种产品和方案,确定各个评价指标的权重和各个评价指标的评价值。对偶比较的结果不是 0 或 1 值,而是一个数值。而在模糊 AHP 方法中,权重用可能性测度或必要性测度表示,并且放松了权重之和为 1 的条件。

四、优化和决策

1. 模糊数学规划

在管理和生产的规划和决策各个层次中,经常使用传统的数学规划方法。传统的数学规划方法中使用确定的目标函数和约束条件,但是在实际问题中常常存在着一些灵活性和活动范围,这种情况下就要使用模糊数学规划方法。

2. 模糊多目标规划

在实际管理、生产规划和决策中,需经常求解满足大量相互对立目标和约束条件的答案,并且,在实际问题中,目标函数和约束条件中往往含有模糊性。在这种情况下,我们可以用隶属函数表示目标函数约束条件中的模糊性。另外,模糊多目标规划还可以使规划者和决策者与计算机进行人机对话。

3. 模糊多指标决策

对于有大量评价指标(评价项)的系统,常常使用线性组合方法,从几个多指标决策方案中选择一个合适的方案。模糊多指标决策方法用模糊数和语言化表达方法表示各种评价指标的权重和评价值。

4. 模糊统计决策

传统的统计决策方法目的是选择具有最高期望效用的决策方案。模糊统计决策方法中,运用模糊集表达实际问题中的条件和各类活动,并进行决策。

第二章 模糊数学基础知识

在本章中,首先介绍普通集合论的一些基本概念,然后推广到模糊集的概念,并进一步介绍其它一些模糊数学基础知识。

§ 2.1 普通集合

一、一般概念

一般地,把具有某种确定性质彼此可以区分的对象(或事物、个体等)组成一个整体,这个整体被称为集合或集。组成集合的每一个对象,均称为该集合的元素或简称为元。如果用 X 代表一个集合, x 表示这个集合的元素,我们便说 x 属于 X ,记为 $x \in X$;否则,便说 x 不属于 X ,记为 $x \notin X$ 或 $x \notin X$ 。

集合的元素是有限个,这种集合称为有限集。非有限集的集合称为无限集。

集合可以用列举法表示,所谓列举法是把一个集合的所有元素都写在一个花括号内,如 $S = \{a, b, c, d\}$, $A = \{\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}\}$ 等。显然,这种表示法只适合有限集。集合的另一种表示法为条件定义法,即用记号

$$\{x | \varnothing(x)\}$$

表示一个集合,它由满足条件 $\varnothing$ 的元素 x 全体所组成。例如,中心在原点,半径为 1 的圆周上全体点组成的集合 X 可记为

$$X = \{(x, y) | x, y \text{ 是实数}, x^2 + y^2 = 1\}$$

花括号中竖线左边的 (x, y) 表示集合 X 的元素为 xy 坐标面上的