

普通高等教育国家级特色专业教材·信息管理与信息系统系列



管理运筹学

田世海 主 编
张玉斌 兰小春 副主编



科学出版社

普通高等教育国家级特色专业教材
信息管理与信息系统系列



管理运筹学

田世海 主 编
张玉斌 兰小春 副主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从中国经济、管理类各专业教学的实际出发,在充分参考和借鉴了国内外大量运筹学教材的优点、学习并融汇诸多运筹学课程优秀教师经验的基础上,精选了教学内容,坚持突出重点、兼顾一般的原则,以实际问题为背景,避免繁琐的数学推导和证明,系统地介绍了运筹学的理论、基本思想、基本方法及在管理中的应用。

全书共分 10 章,内容包括绪论、线性规划及单纯形法、线性规划的对偶问题、运输问题、整数规划、目标规划、动态规划、图与网络分析、存储论、网络计划等。本书强调运筹学的应用,突出实践能力,详细介绍了使用 Lindo、Lingo、WinQSB 和电子表格软件来完成模型的建立和最优化方案的求解。

本书既可以作为普通高等院校信息管理与信息系统专业的教材,也可以作为普通高等院校或高等职业学院的管理类、经济类各专业管理信息系统课程的教材,还可以作为系统工程、工业工程等专业学生的参考书,也特别适合自学最优化方法的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学/田世海主编. —北京:科学出版社,2011

普通高等教育国家级特色专业教材·信息管理与信息系统系列. 中国科学院规划教材

ISBN 978-7-03-031255-6

I. ①管… II. ①田… III. ①管理学:运筹学-高等学校-教材 IV. ①C931.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100964 号

责任编辑:张 兰 林 建 王京苏 / 责任校对:李 影

责任印制:张克忠 / 封面设计:番茄文化

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏 正 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 6 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2011 年 6 月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—3 000 字数:370 000

定价:34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

总序

20 世纪下半叶以来,人类社会正快速由传统工业社会向信息化社会转变,计算机技术、通信技术及信息处理技术已经为这个转变提供了必要的技术基础,人们更加重视信息技术对传统产业的改造以及对信息资源的开发和利用。新一轮的信息化浪潮已经到来,信息和信息系统的应用深入到了社会的每个角落。特别是进入 21 世纪以来,随着社会与科学技术的不断发展,信息作为一种资源已经和材料、能源并称为现代社会发展的三大支柱。信息化程度已经成为衡量一个国家、部门、企事业单位科学技术水平与经济实力的重要标志之一。

信息管理与信息系统专业承担着为社会培养信息化建设与应用人才的重要责任,然而不同层次和特点的院校,其专业定位各不相同,对教材的需求也各不相同。为此,编写特色鲜明、适应性较强的普通高等院校系列教材是当务之急。在教材的编写过程中,编者力求充分吸收目前国内外信息管理与信息系统专业相关教材的优点,借鉴多所大学相关专业课程建设的经验,结合普通高等院校的特点和实际情况,力求达到面向应用和突出技能的培养目标。

本系列教材具有以下特点:

(1) 强调理论与实践相结合。本系列教材既强调深入浅出地阐述基本理论与方法,又注重运用相关理论与方法去分析解决实际问题,强调技能性和可操作性。

(2) 重视系统性与易用性。在基本概念、基本理论的阐述中,本系列教材尽量吸收国内外有代表性论著的观点,力求完整与准确,结构严谨,知识内容丰富,重点突出,逻辑性和可读性强,易于理解。

(3) 注重教学与科研相结合。本系列教材尽可能吸取相关领域和教师在科研方面的最新科研成果,使教材内容反映本课程的最新研究状况。突出科研为教学服务的理念,通过教学与科研相互促进,丰富教材内容,提高教材质量。

(4) 突出特色专业建设主线。在本系列教材的体系设计上,我们遵循突出特色专业建设的主线,强调各门课程的相关性和知识的衔接性,体现分阶段、分层次

的学生能力培养模式。

(5) 增加趣味性。在重要的知识点上,以灵活多样、图文并茂的形式激发学生的学习兴趣,加强学生对重点知识的理解和记忆,为提高学生创新应用能力奠定坚实的基础。

(6) 提供完整的立体化教学资源。在本系列教材中提供完整的教学课件、实验指导书、课程设计指导书以及相关的实例分析等教学资源,突出实践特色。

本次编写的系列教材包括《管理信息系统》、《管理运筹学》、《IT 项目管理》、《电子商务概论》、《ERP 原理及应用》、《数据库原理与应用》等。本系列教材的出版发行是广大师生共同劳动的结晶,凝聚了编者多年的经验和心血,相信其定能为普通高等院校信息管理与信息系统及相关专业的教学提供一套极具针对性的教材或教学参考书,对教学质量的提升起到重要的推动作用。本次系列教材的编写是一个新起点,随着信息技术的发展与国家对信息人才需求的变化,教材的内容将不断得到修改和完善,从而为我国教育事业的发展做出新的贡献。

系列教材编委会

2011年3月20日

前言

运筹学主要研究系统最优化问题,通过建立实际问题的数学模型并求解,为决策者进行决策提供科学依据。运筹学的英文名称是 Operations Research(美)或 Operational Research(英),缩写为 O. R.,直译是运作研究或作战研究,运筹学是 O. R. 的意译,取自成语“运筹于帷幄之中,决胜于千里之外”,具有运用筹划、出谋献策、以策略取胜等内涵。目前国外的管理科学(management science, MS)与运筹学的内容基本相同。

运筹学在自然科学、社会科学、工程技术生产实践、经济建设及现代化管理中有着重要的意义。随着科学技术和社会经济建设的不断发展进步,运筹学得到迅速的发展和广泛的应用。

在管理、经济类专业,运筹学课程的地位越来越重要。然而,在我国运筹学的教学过程中,教师往往比较侧重基本原理和算法的讲授,过于强调数学公式及其推导,较少使用计算机,与现代化管理不相适应。

近年来,在教学中使用优化软件已经成为运筹学和管理科学教学的一个明显的新趋势。无论是学生还是经理人都已经广泛地应用优化软件来解决实际问题,这为进行相应的教学提供了一个舒适而愉快的环境。本书在编写过程中,力求做到以下四点。

1. 注重运筹学的基本概念、理论和方法,避免复杂的数学论证

在本书的体系设计上,遵循突出重点、兼顾一般的原则。根据多年的实际教学经验,以各种实际问题为背景,引出运筹学各分支的基本概念、基本模型和基本方法,并且侧重各种方法及其应用。尽量避免较深的数学论证,对于复杂的运筹学算法,尽可能运用比较直观的手段和通俗的语言来说明其基本思想,并辅以较丰富的算例和实例来说明求解的步骤。对考研必须掌握的所有推导和证明,将用线性代数简单的矩阵变换,代替高等数学繁琐的累加求和。线性代数不仅使模型表达清晰易懂,而且能够简化推导和证明,有利于学生对运筹学基本概念、理论和方法的

深入理解,这是本书的重点。

2. 强调运筹学的应用,突出实践能力

在教学中使用 Lindo、Lingo、WinQSB 和电子表格软件已经成为国外运筹学和管理科学教学的一个明显的新趋势。运用功能强大的优化软件来完成模型的建立、求解最优化方案,不要求学生拥有深厚的数学功底,培养他们运用运筹学解决实际管理问题的能力。将信息技术和管理进行有机的结合,强调技能性和操作性,突出实践的特色。

3. 支持完备、易教易学

本书每章末都配有适当的思考与练习题供读者练习,以加强基本概念、基本方法的训练。通过思考与练习题来加强对学生建立运筹学模型能力的训练。在教学思想和教学手段上不断创新,构建出一个包括教学方案、授课计划、习题案例集、多媒体教学课件、运筹学软件使用手册、在线教学支持等在内的内容丰富、结构严密、支持完备的教学体系,这是本书的又一个主要特色。

4. 配有相应的单纯形法求解全过程运筹学软件

目前无论是国内还是国外,求解运筹学的软件,都只有结果而没有过程。本书将在软件包中给出用 Visual Studio2008 C# 编写的线性规划单纯形法的求解全过程软件,详细展示单纯形法迭代的每一步骤,不仅有利于教师的教学,而且有利于学生的自学。

本书由田世海任主编,负责体系设计、大纲拟定、初稿修订及统撰定稿,张玉斌、兰小春任副主编,其中第 3、4、7、9 章由田世海编写,第 1、2、6、8 章由张玉斌编写,第 5、10 章由兰小春编写。在本书编写过程中,参考了大量国内外学者的研究成果,书末列出的参考文献仅是其中的一部分,在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2011年5月

目 录

总序 前言

第1章	
	绪论 1
1.1	运筹学的发展简史 1
1.2	中国历史上的运筹学思想 3
1.3	运筹学的特点 4
1.4	运筹学工作的步骤 5
1.5	运筹学建模的一般思路 7
1.6	运筹学的主要分支 8
1.7	运筹学的应用 10
	本章小结 11
	思考与练习题 11
第2章	
	线性规划及单纯形法 12
2.1	线性规划问题的提出与数学模型 12
2.2	两个变量的图解法 19
2.3	线性规划的标准型与各种解 22

2.4	单纯形法原理	27
2.5	单纯形法	28
2.6	单纯形法的进一步讨论	32
2.7	应用举例	41
2.8	用 Lindo 和 Excel 求解线性规划问题	44
	本章小结	51
	思考与练习题	51

第3章

	线性规划的对偶问题	55
3.1	对偶问题的提出	55
3.2	原问题与对偶问题的关系	57
3.3	对偶问题的基本性质	59
3.4	对偶单纯形法	63
3.5	影子价格	65
3.6	灵敏度分析	66
3.7	参数线性规划	72
3.8	用 Lindo 和 Excel 进行灵敏度分析	75
	本章小结	79
	思考与练习题	79

第4章

	运输问题	84
4.1	运输问题的数学模型及其特点	84
4.2	表上作业法	87
4.3	产销不平衡的运输问题	95
4.4	转运问题	101
4.5	运输问题的灵敏度分析	103
4.6	用 Lindo 和 Excel 求解运输问题	104
	本章小结	107
	思考与练习题	107

第5章

整数规划	111
5.1 整数规划问题及其数学模型	112
5.2 分支定界法	114
5.3 割平面法	118
5.4 0-1 规划与隐枚举法	121
5.5 指派问题与匈牙利法	127
5.6 用 Lindo、Lingo 和 Excel 求解整数规划问题	132
本章小结	138
思考与练习题	138

第6章

目标规划	141
6.1 目标规划问题及其数学模型	141
6.2 目标规划的解法	147
6.3 目标规划的灵敏度分析	151
6.4 用 Lindo、Lingo 和 Excel 求解目标规划问题	158
本章小结	167
思考与练习题	167

第7章

动态规划	170
7.1 多阶段决策问题	171
7.2 动态规划的基本概念及最优化原理	171
7.3 动态规划的应用	175
7.4 用 Lindo 和 Excel 求解动态规划问题	190
本章小结	193
思考与练习题	193

第8章

图与网络分析	196
8.1 图的基本概念	197
8.2 树	200
8.3 最短路问题	204
8.4 最大流最小割	208
8.5 最小费用最大流问题	213
8.6 用 Lingo 和 Excel 求解最小费用最大流问题	215
本章小结	219
思考与练习题	219

第9章

存储论	223
9.1 基本概念	223
9.2 确定性存储模型	226
9.3 随机性存储模型	241
9.4 用 Lingo 和 Excel 求解存储问题	251
本章小结	256
思考与练习题	256

第10章

网络计划	258
10.1 网络图的绘制	259
10.2 网络参数计算	266
10.3 网络计划的优化与调整	275
10.4 用 WinQSB 求解网络计划问题	280
本章小结	284
思考与练习题	284

参考文献	287
------------	-----



绪 论

【本章学习目标】

- 运筹学发展简史
- 运筹学的内涵
- 运筹学的特点和工作步骤
- 运筹学的应用

了解运筹学的发展简史,掌握运筹学所包含的内容,熟悉管理运筹学的特点、工作步骤和相关的应用,这些是后续章节学习的基础。

1.1 运筹学的发展简史

运筹学(operations research)是20世纪40年代第二次世界大战期间由于战争的需要发展起来的一门学科。战争结束以后,逐步形成学科理论体系,由于运筹学涉及的主要领域是管理问题,研究的基本手段是建立数学模型,并比较多地运用各种数学工具。从这一点出发,有人将运筹学称为“管理数学”。1957年我国从“夫运筹帷幄之中,决胜千里之外”(见《史记·高祖本纪》)这句古语中摘取“运筹”二字,将O. R. 正式译作运筹学,包含运用筹划,以策略取胜之义,比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。

作为一门应用科学,运筹学至今还没有统一的定义。以下给出运筹学的两种主要释义:一是《大英百科全书》释义:“运筹学是一门应用于管理有组织系统的科学”,“运筹学为掌管这类系统的人提供决策支持和数量分析的工具”;二是《中国企业管理百科全书》(1984年版)中的释义为:运筹学“应用分析、试验、量化的方法,

对经济管理系统中人、财、物等有限资源进行统筹安排,为决策者提供有依据的最优方案,以实现最有效的管理”。当然除了管理领域外,其他民政、经济和军事国防等领域也可以应用运筹学来预测发展趋势,制定行动规划或优选可行方案,因此本书取名“管理运筹学”以示区别。

1.1.1 创建时期(1940~1950)

此阶段的特点是从事运筹学研究的人数不多,范围较小,运筹学的出版物、学会等寥寥无几。1942年(第二次世界大战时期)英、美对德作战,研制了雷达、深水炸弹等新型武器,但新型武器的先进性似乎远远落后于其他武器,不能有效阻击敌军。海上商船常遭德潜艇袭击,因此英国物理学家布莱克特(P. M. S. Blackett)组织11人运筹学小组研究“防空袭问题”,即雷达站的信息以及雷达站同整个防空作战系统的协调问题。

最早英国一些战时从事运筹学研究的人积极讨论如何将运筹学方法应用于民用部门,于1948年成立“运筹学俱乐部”,在煤炭、电力等部门推广应用运筹学取得一些进展。1948年美国麻省理工学院把运筹学作为一门课程介绍,1950年英国伯明翰大学正式开设运筹学课程,1952年在美国卡斯(Case)工业大学设立了运筹学的硕士和博士学位。第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(O. R. Quarterly)于1950年在英国创刊,第一个运筹学会美国运筹学会于1952年成立,并于同年出版《运筹学学报》(Journal of ORSA)。1947年丹齐克(G. B. Danzig)在研究美国空军资源的优化配置时提出了线性规划及其通用解法——单纯形法。20世纪50年代初用电子计算机求解线性规划获得成功,1951年莫尔斯(P. M. Morse)和金博尔(G. E. Kimball)合著的《运筹学方法》一书正式出版。所有这些都标志着运筹学这门学科基本形成。

1.1.2 成长时期(1950~1960)

此阶段有两个特点,一个特点是电子计算机技术的迅速发展,使得运筹学中一些方法如单纯形法、动态规划法等得以用来解决实际管理系统中的优化问题,促进了运筹学的推广和应用。20世纪50年代末,美国大约有半数的大公司在自己的经营管理中应用运筹学,如用于制订生产计划、物资储备、资源分配、设备更新等方面的决策。另一个特点是有更多刊物、学会出现。从1956年至1959年就有法国、印度、日本、荷兰、比利时等10个国家成立运筹学学会,又有6种运筹学刊物问世。1957年在英国牛津大学召开了第一次国际运筹学会议,以后每3年举行一次。1959年成立国际运筹学联合会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。

我国第一个运筹学小组于1956年在中国科学院力学研究所成立,1958年建

立了运筹学研究室。世界各地均成立起研究中心。同时,计算机技术的发展使运筹学得到相应的发展。

1.1.3 普及和迅速发展时期(1960 至今)

此阶段的特点是运筹学进一步细分为各个分支,专业学术团体的迅速增多,更多期刊的创办,运筹学书籍的大量出版,以及更多学校将运筹学课程纳入教学计划之中。第三代电子数字计算机的出现,促使运筹学得以用来研究一些大的复杂的系统,如城市交通、环境污染、国民经济计划等。

1980年4月成立中国运筹学学会。在农林、交通运输、建筑、机械、冶金、石油化工、水利、邮电、纺织等部门,运筹学的方法已开始得到应用和推广。除中国运筹学学会外,中国系统工程学会以及与国民经济各部门有关的专业学会,也都把运筹学应用作为重要的研究领域。我国各高等院校,特别是各经济管理类专业中,已普遍把运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划之中。中国运筹学的研究理论已达世界水平,但应用还很落后。

1.2 中国历史上的运筹学思想

1.2.1 齐王赛马

齐王要与大臣田忌赛马,双方各出上、中、下马各一匹,对局3次,输者每输一次要付给胜者黄金一千两。如果按同等级的马比赛,齐王可获全胜,但田忌在其好友、著名的军事谋略家孙臆的指导下,以下马对齐王的上马,以上马对齐王的中马,以中马对齐王的下马,结果田忌反以二比一获胜,最终净胜一局,赢得一千两黄金。

1.2.2 丁渭修皇宫

北宋年间,皇宫因火焚毁,由丁渭主持修复工作。他的施工方案是:先将皇宫前的一条大街挖成一条大沟,将大沟与沛水相通;使用挖出的土就地制砖,令与沛水相连形成的河道承担繁重的运输任务。修复工程完成后,实施大沟排水,并将原废墟物回填,修复成原来的大街,做到减少和方便运输,加快了工程进度。丁渭将施工中的取材、生产、运输及废墟物的处理用“一沟三用”巧妙地解决了。

1.2.3 都江堰水利工程

都江堰水利工程是战国时期(大约公元前250年)川西太守李冰父子主持修建,其目标是:利用岷江上游的水资源灌溉川西平原,追求的效益还有防洪与航运。

其总体构思是系统思想的杰出运用。都江堰由 3 大工程及 120 多项配套工程组成：“鱼嘴”岷江分水工程，将岷江水有控制地引入内江；“飞沙堰”分洪排沙工程，将泥沙排入外江；“宝瓶口”引水工程，将除沙后的江水引入水网干道。它们巧妙结合，完整而严密，相得益彰。两千多年来，这项工程一直发挥着巨大的效益，是我国迄今最成功的水利工程。

1.3 运筹学的特点

运筹学研究的基本特征是科学性、实践性、系统性、综合性。

1.3.1 科学性

(1) 它是在科学方法论的指导下通过一系列规范化步骤进行的。

(2) 它是广泛利用多种学科的科学知识进行的研究。运筹学研究的问题不仅仅涉及数学，还要涉及经济科学、系统科学、工程物理科学等其他学科，它是一门跨学科、多门学科互为交叉、互相渗透的综合学科。

1.3.2 实践性

运筹学以实际问题为分析对象，通过鉴别问题的性质、系统的目标及系统内主要变量之间的关系，利用数学方法达到对系统进行最优化的目的。更为重要的是，用运筹学分析获得的结果要能被实践检验，并用来指导实际系统的运行。应当指出，为制定决策提供科学依据是运筹学应用的核心，而建立数学模型则是运筹学方法的精髓。学习运筹学要掌握的最重要技巧就是提高对运筹学数学模型的表达、运算和分析的能力。

1.3.3 系统性

运筹学从系统出发，以整体最优为目的，寻求最好方案，并付诸实施。它着眼于整个系统而不是一个局部，通过协调各组成部分之间的关系和利害冲突，使整个系统达到最优状态。所谓系统可以理解为是由相互关联、相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。例如，一个企业的经营由很多子系统组成，包括生产、技术、供应、销售、财务等，各子系统工作的好坏，直接影响企业经营的好坏。但各子系统的目标往往不一致，生产部门为提高劳动生产率，希望增大产品批量；销售部门为满足市场用户需求，要求产品适销对路、小批量、多花色品种；财务部门强调减少库存，加速资金周转，以降低成本等。管理运筹学研究中不是对各子系统的决策行为孤立评价，而是把有关子系统相互关联的决策结合起来考虑，把相互影响和制约的各个方面作为一个统一体，从系统整体利益出发，

寻找一个优化协调的方案。

1.3.4 综合性

运筹学研究的是一种综合性的问题,涉及问题的方方面面,要应用多学科的知识,因此,运筹学研究中吸收来自不同领域、具有不同经验和技能的专家。由于专家们来自不同的学科领域,具有不同的经历和经验,增强了发挥小组集体智慧、提出问题和解决问题的能力。这种多学科的协调配合在研究的初期、在分析和确定问题的主要方面、在选定和探索解决问题的途径时,显得特别重要。

1.4 运筹学工作的步骤

由于运筹学与许多学科领域、各种有关因素有着横向和纵向的联系,为了有效地应用运筹学,根据运筹学的特征,人们把运筹学工作的步骤归纳为以下几方面。

1.4.1 问题提出

运筹学工作者向管理者咨询、鉴别所要考虑的问题以确定合理的目标,确定决策者期望从方案中得到什么。这个目标不应限制在过分狭小的范围内,也要避免把研究目标作不必要的扩大,然后根据要求收集一些关键数据,并对数据做相应的分析。

1.4.2 问题表述

这项工作需要与管理人员深入讨论,包括经常与其他职员和业务人员的接触和必要数据的采集,以便了解问题的本质、历史及未来、问题各个变量之间的关系。这项任务的目的是为研究中的问题提供一个模型框架,并为以后的工作确立方向。在这里,第一要考虑的是问题是否能够分解为若干串行或并行的子问题;第二要确定模型建立的细节,如问题尺度的确定、可控制决策变量的确定、不可控制状态变量的确定、有效性度量的确定和各类参数、常数的确定。

1.4.3 方案计划设计

实施一项运筹学研究的过程常常是一个创造性过程,计划的实质是规定出要完成某些子任务的时间,然后创造性地按时完成这一系列子任务。这样做能够推动运筹学分析者作出结论,有助于方案的成功。若对计划任意延期和误时,会导致分析者的消极工作和管理者的漠不关心。

1.4.4 模型建立

引入决策变量,确定目标函数和约束条件。模型是对各变量关系的描述,是正确研制成功并解决问题的关键。构成模型的关系有几种类型,常用的有定义关系、经验关系和规范关系等。建模过程是一项创造性的工作,在处理实际问题时,一般没有一个唯一正确的模型,而是有多种不同的方案。建模过程是一个演进过程,一个初始模型往往需要不断地完善,渐渐演化成一个完整的数学模型。

1.4.5 模型优化求解

从模型中形成一个对问题求解的算法。在这一步应充分考虑现有的计算机应用软件是否适应模型的条件,解的精度及可行性是否能够达到要求。一般情况下能找到对模型求解的标准软件。例如,对线性规划问题已有 Excel、Lindo 和 WINQSB 等标准软件求解。若没有可直接应用的计算机软件,要自己编写程序,则需要做以下两步工作:

(1) 计算手段的拟定。在模型研制的同时,需要研究如何用数值方法求解模型。其中包括对问题变量性质(确定性、随机性、模糊性)、关系特征(线性、非线性)、手段(模拟、优化)及使用方法(现有的、新构造的)等的确定。

(2) 程序明细表的编制,程序设计和调试。对于计算过程需要编制程序来实现计算机运算,运筹学研究应包含算法过程的描述和计算流程框图的绘制。程序的实现及调试可以交由程序员完成,或会同程序员完成。

1.4.6 解的检验(验证)、模型的修正

在模型求解后,需要对模型进行检验,以保证该模型能准确地反映实际问题,需要检验模型提供的解是否合理,所有主要相关因素是否已考虑,把有效性试验和实行方案所需的数据收集起来加以分析,研究输入的灵敏性,当有些条件变化时解如何变化,从而可以更准确地估计得到的结果等。无论怎样强调验证在运筹学的研究与应用中的重要性都不过分。验证包括两个方面:一个方面是确定验证模型,包括为验证一致性、灵敏性、似然性和工作能力而设计的分析和实验;另一个方面是验证的进行,即把前一步收集的数据用来对模型作完全试验。这样一种试验的结果,往往需要重新设计模型,并要求相联系的程序重编写。

1.4.7 方案的实施

把模型应用于实际,反馈,不断修正、完善模型。有些人认为,在模型验证后任务就完成了,这是不对的。事实上,一项研究的真正困难往往在解决方案实施的最后一步。很多问题常常在这时暴露出来,它们会涉及研制方案的全过程。因此,必