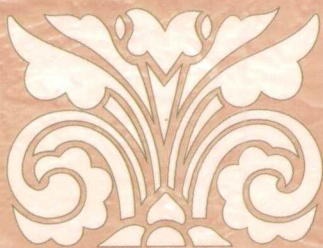


国家精品课程教材

高等院校信息管理与信息系统专业系列教材

运筹学教程

刘满凤 陶长琪 柳键 等 编著
梅国平 主审



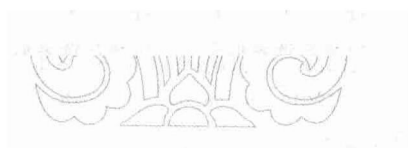
清华大学出版社

国家精品课程教材

高等院校信息管理与信息系统专业系列教材

运筹学教程

刘满凤 陶长琪 柳键 等 编著
梅国平 主审



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书结合现代计算机与运筹学的发展趋势,侧重介绍各种典型应用模型的构建思路,如生产问题、投资问题、分配问题、设点选择问题、网络问题、库存问题等。全书共 15 章,内容包括线性规划、对偶理论与灵敏度分析、目标规划、整数规划、动态规划、图与网络分析、网络计划、存储论、排队论、对策论以及决策分析。

与第一版相比,本书对求解原理和方法的阐述更加简洁,增加了许多实用模型的实用案例,在案例选择上力求涉及领域广泛并具有代表性,还对每一类模型的 Excel 求解方法做了详细介绍,以便学习者更易于掌握其原理和方法,并很快应用于解决实际问题。

本书可以作为高等院校财经类、管理类专业本科生教材,以及工商管理硕士(MBA)和行政与公共管理硕士(MPA)研究生教材,还可以作为经济、财会、管理等领域相关人员的培训用书和自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

运筹学教程/刘满凤等编著. --北京:清华大学出版社,2010.7

(高等院校信息管理与信息系统专业系列教材)

ISBN 978-7-302-22998-8

I. ①运… II. ①刘… III. ①运筹学—高等学校—教材 IV. ①O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 105730 号

责任编辑:战晓雷

责任校对:焦丽丽

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:30.5

字 数:718千字

版 次:2010年7月第1版

印 次:2010年7月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:43.00元

产品编号:038406-01

前 言

运筹学这门学科自从第二次世界大战时期诞生以来,就对全世界的经济发展与社会发展产生了巨大的作用,做出了突出的贡献。正像其名称一样,运筹学最真实最完整地体现了运筹帷幄的思想。它一般先对问题进行分析,对数据进行处理,然后应用数学模型或计算机模型来描述问题,再选择现有的合适软件或自行编制程序来求解问题。它总是用优化的理念、优化的方法来考虑实际问题,分析实际问题,并最终解决实际问题。因而在现代经济社会发展中,它的应用越来越广泛,从企业生产最优决策到城市污染控制,从军事资源配置到航空航天计划,从个人发展决策到整个人类发展控制等,无一不渗透着运筹学的思想与方法。

本书是在吸取前人工作的基础上,结合现代计算机与运筹学的发展趋势,侧重于介绍各种典型应用模型的构建思路,如生产问题、投资问题、分配问题、设点选择问题、网络问题、库存问题等,淡化求解原理和求解算法的演绎推导,详细介绍每一类模型的 Excel 求解方法。这样使没有更多数学知识的人也能很快掌握其原理与方法,并可以很快应用到实际中去解决真正的实际问题,从而达到推广应用的目的。

本书是在《运筹学模型与方法教程》(程理民、吴江、张玉林编著,清华大学出版社)的基础上修订而成的。吸取了原书中的某些模型和某些方法思路,但更多的是加入了许多实用模型和实用案例,对求解方法和原理也尽可能用更简洁的方法表述,给出了每一类问题的 Excel 解法。这样使本书更具实用性,特别适合于管理类的教师和学生(包括研究生和本科生)使用。

本书也是 2006 年国家精品课程《运筹学》的建设成果。精品课程建设的宗旨就是使课程建设(包括教材)要有示范性,使更多的学校能够通过使用精品课程的教材实现教学质量的提高,达到资源共享、节约教育资源的目。因此,本书在内容选择和内容编排上力图精益求精,在案例选择上力图涉及领域广泛,强调具有代表性,以使它能适合于更多不同层次、不同特色学校的教学需要。本书的宗旨是培养学生从实践中发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力,提高学生的综合素质和创新能力,培养团队协作精神。

本书涵盖的内容有:线性规划、对偶理论与灵敏度分析、目标规划、整数规划、动态规划、图与网络分析、网络计划、存储论、排队论、对策论、决策分析,共 15 章。参加本书编写的有刘满凤、陶长琪、柳键、易伟明、王平平、华长生,最后由刘满凤统稿,梅国平审稿。在此对所有参与本书编写的人员表示感谢,也对未列出姓名但对本书的编写工作给予支持和关心的人们表示诚挚的感谢。由于时间仓促和编者水平有限,书中存在的不妥或错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的起源与影响	1
1.2 运筹学的分支	3
1.3 运筹学的工作程序	4
1.4 运筹学的应用软件介绍	6
第 2 章 线性规划模型	13
2.1 典型问题举例	13
2.2 线性规划模型的一般形式	18
2.3 线性规划的假设	22
2.4 一些应用案例建模	26
习题	41
第 3 章 线性规划的解法	46
3.1 线性规划的图解法	46
3.2 单纯形法原理	59
3.3 表格形式的单纯形法	65
3.4 单纯形法的进一步讨论	70
3.5 改进单纯形法	80
3.6 线性规划问题的 Excel 求解	83
习题	97
第 4 章 对偶理论与灵敏度分析	104
4.1 对偶问题的提出	104
4.2 线性规划的对偶理论	112
4.3 对偶解的经济解释和影子价格	116
4.4 对偶单纯形法	123
4.5 灵敏度分析	132
4.6 参数线性规划	152
4.7 用 Excel 作灵敏度分析	160
习题	163

第 5 章 运输问题及其解法	170
5.1 运输问题的一般模型	171
5.2 表上作业法	172
5.3 表上作业法计算中的相关问题	183
5.4 产销不平衡的运输问题及其解法	185
5.5 转运问题及其解法	189
5.6 运输问题的 Excel 求解	192
习题.....	195
第 6 章 目标规划	202
6.1 目标规划问题的数学模型	202
6.2 解目标规划问题的图解法	205
6.3 解目标规划问题的单纯形法	206
6.4 目标规划问题的 Excel 求解	208
习题.....	210
第 7 章 整数规划	217
7.1 整数规划的数学模型	217
7.2 一般整数规划的解法——分枝定界法	223
7.3 0-1 整数规划的解法	227
7.4 指派问题及其解法	229
7.5 整数规划问题的 Excel 求解	237
习题.....	242
第 8 章 非线性规划	249
8.1 基本概念	249
8.2 无约束极值问题的求解	259
8.3 约束极值问题及库恩-塔克(Kuhn-Tucker)条件	260
8.4 二次规划	262
8.5 非线性规划问题的 Excel 求解	264
习题.....	267
第 9 章 动态规划	269
9.1 多阶段决策过程及实例	269
9.2 动态规划的基本概念和优化原理	272
9.3 动态规划模型的建立与求解	274
9.4 典型的动态规划问题举例	278
9.5 动态规划问题的 Excel 求解	290

习题	294
第 10 章 图与网络优化	297
10.1 图与网络的基本概念	298
10.2 最小支撑树问题	304
10.3 最短路径问题	308
10.4 最大流问题	320
10.5 最小费用最大流问题	325
10.6 网络优化的 Excel 求解	329
习题	338
第 11 章 网络计划	343
11.1 网络图的描绘	344
11.2 时间参数的计算	348
11.3 关键路线法	352
11.4 网络计划的优化	356
11.5 网络计划的 Excel 求解	363
习题	366
第 12 章 存储论	371
12.1 存储论的基本概念	371
12.2 确定性存储模型	373
12.3 随机性存储模型	382
习题	391
第 13 章 排队论	393
13.1 排队论基本概念	393
13.2 排队系统常用分布	399
13.3 生灭过程	402
13.4 单服务台排队模型	403
13.5 多服务台排队模型	410
13.6 一般服务时间 M/G/1 模型	417
13.7 排队系统的费用优化	419
习题	422
第 14 章 对策论	426
14.1 对策论的基本概念	426
14.2 矩阵对策的基本理论	429

14.3	矩阵对策的求解方法	434
14.4	其他类型对策简介	440
14.5	冲突分析简介	442
	习题	444
第 15 章	决策分析	448
15.1	决策分析的基本概念	448
15.2	不确定性决策问题	449
15.3	风险性决策问题	453
15.4	效用理论在决策分析中的应用	461
15.5	层次分析法	465
	习题	471
	参考文献	476

第1章 绪论

1.1 运筹学的起源与影响

运筹学(Operational Research, OR)是运用数学模型、统计方法和代数理论等数量研究方法与技术为决策提供支持的一门新兴学科。运筹学(Operational Research)英文意思是“运作研究”,强调的是战术上的应用;而中国学者在翻译时引用《史记》中“夫运筹于帷幄之中,决胜于千里之外”一句中的“运筹”一词,作为这门学科的名称,其强调的是决策上的战略性意义。

运筹学的起源可以追溯到很久以前,在中国历史上就有不少记载。例如:著名的田忌赛马故事,北宋年间丁渭修复皇宫的事例等都包含了一些运筹学思想。在国外也有很多这方面研究成果的记载。例如,1736年欧拉(Euler)解决了著名的哥尼斯堡七桥问题;1909年丹麦电气工程师爱尔朗(A. K. Erlang)为解决自动电话交换系统的系统排队与系统拥挤现象提出了有关排队论的理论与方法;1915年哈里斯(F. W. Harris)推导出了经济订货批量公式等等。但是,由于生产力水平低下,这些思想方法只是停留在自发地和零星地应用于个别问题中,还没有形成一种系统的科学方法。

运筹学作为一门学科诞生于20世纪30年代末期,通常认为运筹学的活动是第二次世界大战早期从军事部门开始的。1935年,英国科学家 R. Watson-Wart 发明了雷达,丘吉尔命令在英国东海岸的 Bawdsey 建立了一个秘密雷达站。当时,德国已拥有一支强大的空军,起飞17分钟即可到达英国本土。在如此短的时间内,如何预警和拦截德国飞机成为一大难题。1939年英国皇家空军指挥部组织了以曼彻斯特大学物理学家、英国战斗机司令部顾问、战后获得诺贝尔奖金的 P. M. S. Blackett 为首的一个小组,代号“Blackett 马戏团”。这个小组共11人,包括三名心理学家、一名理论数学家、二名应用数学家、一名天文物理学家、一名普通物理学家、一名海军军官、一名陆军军官、一名测量员。这个小组研究的问题是:设计将雷达信息传送到指挥系统和武器系统的最佳方式;雷达与武器的最佳配置;对探测、信息传递、作战指挥、战斗机与武器的协调,都作了系统的研究,并获得成功。这个小组在作战中发挥了卓越的作用,受到英国政府极大的重视。这就是最早活跃在军队中的运筹学小组。

美国参战以后,注意到了运筹学小组在作战中的重要作用,也仿效英国在其军队中成立了运筹学小组。如1942年,在大西洋反潜战中,德国潜艇严密封锁了英吉利海峡,企图切断英国的“生命线”,海军几次反封锁,均不成功。美国大西洋舰队反潜战官员 W. D. Baker 舰长请求成立反潜战运筹组,麻省理工学院的物理学家 P. W. Morse 被请来担任计划与监督。Morse 经过多方实地考察,最后提出了两条重要建议:一是将反潜攻击由反潜潜艇投掷水雷,改为飞机投掷深水炸弹,起爆深度由100米左右改为25米左右,即当潜艇刚下潜时攻击效果最佳(提高效率4至7倍);二是运送物资的船队及护航舰队编队,由小规模多批

次,改为加大规模、减少批次,这样损失率将减少(由 25%下降到 10%)。丘吉尔采纳了 Morse 的建议,最终成功地打破封锁,并重创了德国潜艇。Morse 由此同时获得了英国和美国的最高勋章。

第二次世界大战期间,英国和美国的军队中都有运筹学小组,他们研究诸如护航舰队保卫商船队的编队问题,当船队遭受潜艇攻击时,如何使船队损失最小的问题;稀缺资源在军事任务和活动中的分配问题等。英国的“空中保卫战”、盟军的“太平洋岛屿战斗”、“北大西洋战斗”等一系列战斗的胜利都要归功于运筹学小组的工作。运筹学在军事上的显著成功,引起了人们的广泛关注,许多人开始将运筹学的思想运用到工业生产、产品运输、组织管理等问题中。如早在 1939 年前苏联学者康托洛维奇(Л. В. Канторович)在解决工业生产组织和计划问题时,就已提出了类似线性规划的模型,并给出了“解乘法”的求解方法,出版了线性规划的第一部著作《生产组织与计划中的数学计算问题》。但是由于科技发展的局限性和人们观念的狭隘性,当时这些研究并没有引起人们的重视,直到 1960 年康托洛维奇再次出版了《最佳资源利用的经济计算》一书后,才受到国内外的一致重视,为此康托洛维奇还获得了诺贝尔经济学奖。

第二次世界大战结束后,在战后恢复时期,生产规模空前扩大,科学技术得到迅速发展,新型设备层出不穷,运筹学小组的专家们将战时研究的理论与方法成功地应用于经济管理领域,取得了很好的效果,运筹学很快深入到工业、商业、政府部门等,并得到了迅速发展。如英国国家煤炭局所辖的运筹研究组在 1947 年煤炭工业国有化后不久就成立了,该组成员 1956 年只有 37 人,1978 年就超过了 100 人;德士古石油公司在德国汉堡的一个分支机构的运筹研究小组也有数十名成员;作为世界上“最频繁的飞行者”,美国航空公司比其他竞争者每天提供更多班次的航班,在这个需求旺盛的行业产生了一些最具挑战性的运筹学问题,公司专门成立了运筹学研究与应用部门,为业务过程重组、运输时间与路线、预测与市场营销、收益管理、运作与维修计划寻找对策。该部门最初的 37 名专家为航空公司的所有部门提供管理咨询和决策技术,并且正在以每年 40 人的速度增长,到 1993 年已经增加到 400 人。

20 世纪 50 年代中期,钱学森、许国志等学者全面介绍运筹学,并结合中国的特点在国内推广应用。1957 年,中国在建筑业和纺织业中首先运用运筹学;从 1958 年开始在交通运输、工业、农业、水利建设、邮电等方面陆续得到推广应用。比如,粮食部门为解决粮食的合理调运问题,提出了“图上作业法”,中国的运筹学工作者从理论上证明了它的科学性。在解决邮递员合理投递路线时,管梅谷教授提出了国外称之为“中国邮路问题”的解法。从 20 世纪 60 年代起,运筹学在钢铁和石油部门开始得到了比较全面、深入的应用。从 1965 年起统筹法在建筑业、大型设备维修计划等方面的应用取得了可喜的进展;1970 年在全国大部分省、市和部门推广优选法;70 年代中期,最优化方法在工程设计界受到了广泛的重视,并在许多方面取得了丰硕的成果;排队论开始应用于矿山、港口、电信及计算机设计等方面;图论用于线路布置、计算机设计、化学物品的存放等;70 年代后期,存储论在汽车工业等方面获得了成功。近年来,运筹学已趋向于研究和解决规模更大、更复杂的问题,在企业管理、工程设计、资源配置、物质存储、交通运输、公共服务、财政金融、航天技术等社会各个领域,到处

都有运筹学应用的成果。1978年11月,在成都召开了全国数学年会,对运筹学的理论与应用研究进行了一次检阅,1980年4月在山东济南正式成立了“中国数学会运筹学会”,1984年在上海召开了“中国数学会运筹学会第二届代表大会暨学术交流会”,并将学会改名为“中国运筹学会”。

1.2 运筹学的分支

基于运用筹划活动的不同类型,运筹学学者逐步建立起描述各种活动的不同类型,从而发展了各种理论,形成了不同的运筹学分支。从目前的发展情况来看,运筹学的主要研究内容可概括为以下几个分支。

1. 规划论

规划论是运筹学的一个主要分支,它包括线性规划、非线性规划、整数规划、目标规划和动态规划等。它是在满足给定约束条件下,按一个或多个目标寻找最优方案的数学理论与方法。它的适用领域十分广泛,在农业、工业、商业和交通运输业、军事、经济计划和管理决策中都可以发挥作用。

2. 图论与网络分析

图论是从构成“图”的基本要素出发,研究有向图或无向图在结构上的基本特征,并对有“图论”要素组成的网络进行优化计算。图是研究离散事物之间关系的一种分析模型,它具有形象化的特点,因此,比只用数学模型更容易为人们所理解。由于求解网络模型已有成熟的特殊解法,它在解决交通网、管道网、通讯网等的优化问题上具有优势,其应用领域也在不断扩大。最小生成树问题、最短路径问题、最大流、最小费用问题、中国邮递员问题、网络规划都是网络分析中的重要组成部分,而且应用也很广泛。

3. 排队论

排队论是一种用来研究公共服务系统工作过程和运行效率的数学理论和方法。在这种系统中,服务对象的到达过程和服务过程一般都是随机性的,是一种随机聚散过程。它通过对随机服务对象的统计研究,找出反映这些随机现象平均特性的规律,从而提高服务系统的工作能力和工作效率。

4. 决策论

决策论是运筹学最新发展的一个分支,是为了科学地解决带有不确定性和风险性决策问题所发展的一套系统分析方法,其目的是为了科学地提高科学决策水平,减少决策失误的风险,广泛应用于经营管理工作的中高层决策中。它根据系统的状态信息、可能选取的策略以及采取这些策略对系统状态所产生的后果进行研究,以便按照某种衡量准则选择一组最优策略。

5. 存储论

存储论又叫库存论,是研究经济生产中保证系统有效运转的物资储备量、进货量、进货时间点问题,即系统需要在什么时间、以什么数量和供应来源补充这些储备,使得保持库存和补充采购的总费用最小。它在提高系统工作效率、降低库存费用、降低产品成本上有重要作用。

6. 对策论

对策论也称博弈论,是一种研究在竞争环境下决策者行为的数学方法。在社会政治、经济、军事活动中,以及日常生活中有很多竞争或斗争性质的场合和现象。在这种形势下,竞争各方具有相互矛盾的利益,为了达到自己的利益和目标,各方都必须考虑其他竞争方可能采取的各种行动方案,然后选取一种对自己最有利的行动方案。对策论就是研究竞争各方是否都有最合乎理性的行动方案,以及如何确定合理行动方案的理论和方法。

7. 随机运筹模型

随机运筹模型是 20 世纪 50 年代发展起来的运筹学的一个重要分支。它研究随机事件推进的随机现象,主要方法分为数值和非数值模型两大类,也称为概率方法和分析方法。目前随机过程理论已被广泛运用到统计物理、放射性问题、原子反应、天体物理、遗传、传染病、信息论和自动控制等领域中。

1.3 运筹学的工作程序

运筹学的基本特征是:系统的整体观念、多学科的综合、模型方法的应用。它善于从不同学科的研究方法中寻找解决复杂问题的新方法和新途径,其研究方法是各种学科研究方法的集成,如数学方法、统计方法、逻辑方法和模拟方法等,而数学方法即构造数学模型的方法是运筹学中最重要方法。因而,运筹学在解决实际问题的过程中,其核心问题是建立数学模型。运筹学研究问题的整个工作程序如下。

1. 分析和表述问题

任何决策问题进行定量分析之前,首先必须认真地进行定性分析。一是要确定决策目标,明确主要决策是什么,选取上述决策时的有效性度量,以及在对方案比较时这些度量的权衡;二是要辨认哪些是影响决策的关键因素,在选取这些关键因素时存在哪些资源或环境的限制。分析时往往先提出一个初步的目标,通过对系统中各种因素和相互关系的研究,使目标进一步明确。此外,还需要同有关人员、特别是决策的关键人员深入讨论,明确有关决策问题的过去与未来,问题的边界、环境等。通过对问题的深入分析,明确主要目标、主要变量和参数以及它们的变化范围,弄清它们之间的相互关系,在此基础上可以列出表述问题的基本要素。同时,还要针对解决所提出问题的困难程度、可能花费的时间与成本以及获得成功的可能,从技术、经济和操作的可行性等方面进行分析,做到心中有数,目的更明确。

2. 构建模型

运筹学的一个显著特点就是通过模型来描述和分析所提出问题范围内的系统状态。运筹学在解决问题时,按研究对象不同可构造各种不同的模型,构建模型是运筹学研究的关键步骤。由于构建的数学模型代表着所研究实际问题中最本质、最关键和最重要的基本状态,是对现实情况的一种抽象,不可能准确无误地反映实际问题。因此,在建立模型时,往往要根据一些理论假设或设立一些前提条件对模型进行必要的抽象和简化。

运筹学模型一般有3种基本形式:(1)形象模型,(2)模拟模型,(3)符号或数学模型。目前用得最多的是符号或数学模型。构建模型的方法和思路有以下5种。

1) 直接分析法

决策者通过对问题内在机理的认识直接构造出模型。运筹学中已有不少现存的模型,如线性规划模型、投入产出模型、排队模型、存储模型、决策和对策模型等等。这些模型都有很好的求解方法及求解的软件。

2) 类比法

有些问题可以用不同方法构造出模型,而这些模型的结构性质是类同的,这就可以互相类比。如物理学中的机械系统、气体动力学系统、水力学系统、热力学系统及电路系统之间就有不少彼此类同的现象。甚至有些经济、社会系统也可以用物理系统来类比。在分析某些经济、社会问题时,不同国家之间有时也可以找出某些类比的现象。

3) 数据分析法

对有些问题的机理尚未了解清楚,若能搜集到与此问题密切相关的大量数据,或通过某些实验获得大量数据,这就可以用统计分析法建模。

4) 试验分析法

当有些问题的机理不清,又不能做大量实验来获得数据,这时只能通过做局部试验的数据加上分析来构造模型。

5) 构想法

当有些问题的机理不清,又缺少数据,又不能做实验来获得数据时,例如一些社会、经济、军事问题,人们只能在已有的知识、经验和某些研究的基础上,对于将来可能发生的情况给出逻辑上合理的设想和描述,然后用已有的方法构造模型,并不断修正完善,直至达到满意为止。

在建立模型前,必须收集和掌握与问题有关的数据信息资料,对其进行科学的分析和加工,以获得建模所需要的各种参数。

模型的构造是一门基于经验的艺术,既要有理论作指导,又要靠实践积累建模的经验,切忌把运筹学模型硬套某些问题。建模时不能把与问题有关的因素都考虑进去,只能抓住主要因素,而暂时不考虑次要因素,否则,模型将会过于复杂而不便于分析和计算。同时,模型的建立不是一个一次性的过程,一个好的模型往往要经过多次修改才可能符合实际情况。构建运筹学模型一要尽可能简单,二要能较好完整地描述所研究的问题。

3. 求解与检验

建模后,要对模型进行求解计算,其结果是解决问题的一个初步方案。该方案是否满

意,还需检验。如果不能接受,就要考虑模型的结构和逻辑关系的合理性、采用数据的完整性和科学性,并对模型进行修改或更改。为了检验得到的解是否正确,常采用回溯的方法。即将历史的资料输入模型,研究得到的解与历史实际的符合程度,以判断模型的正确。当发现有较大误差时,要将实际问题同模型重新对比,检查实际问题中的重要因素在模型中是否已考虑,检查模型中各公式的表达是否前后一致。只有经过反复修改验证的模型,才能最终给管理决策者提供一项既有科学依据,又符合实际的可行方案。由于模型和实际存在差异,由模型求解出来的最优解有可能不是真实系统中问题的最优解,它可能只是一个满意解。因此,运筹学模型求解的结果只能是给管理决策者做出最终决策提供一个参考。

4. 结果分析与实施

借助模型和软件求出的结果,只能作为决策的参考,不应不假思索就接受这个结果,这不是运筹学研究的终结,还必须对结果进行分析,以决定是否接受或需做进一步研究。也就是说,从数学模型中求出的解不是问题的最终答案,而仅仅是为实际问题的系统处理提供有用的可以作为决策基础的信息。对结果进行分析,要让管理人员和建模人员共同参与,要让他们了解求解的方法步骤,对结果赋予经济含义,并从中获取求解过程中提供的多种宝贵的经济信息,使双方对结果取得共识。让管理人员参与全过程,有利于掌握分析的方法和理论,便于以后完成日常分析工作,保证结果分析的真正实施。

对结果的实施,关系到被研究系统总体效益能否有较理想的提高,也是运筹学研究的最终目的。因此,在实施过程中,不仅要加强系统内部的科学管理,保证按支持结果的管理理论和方法进行,而且要求管理人员密切关注系统外部的市场需求、价格波动、资源供给和系统内部的变化情况,以便及时调整系统的目标、模型中的参数等。从某种意义上说,将分析结果成功地实施,是运筹学研究最重要的一步。

运筹学的工作程序可用图 1-1 形象地表示。上述步骤往往需要反复交叉进行,运筹学模型的建立与应用既是一门学科也是一门艺术,只有通过不断的反复演练和逐步求精,才能得到解决实际问题的圆满答案。

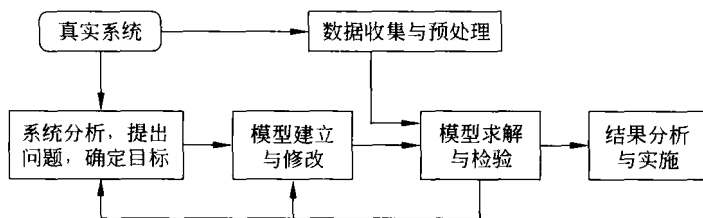


图 1-1 运筹学研究的基本程序

1.4 运筹学的应用软件介绍

目前用于求解运筹学模型的相关软件比较多,常见的主要有 WinQSB、MATLAB、LINDO、LINGO 和 Excel,下面对这些常用软件作一个简单介绍。

1. WinQSB

QSB 是 Quantitative Systems for Business 的缩写, WinQSB 在 Windows 操作系统平台上运行, 现已发布了 2.0 版。WinQSB 主要用于教学, 对于非大型的问题一般都能计算, 较小的问题还能演示计算过程, 适合于多媒体课堂教学。

该软件可应用于管理科学、决策科学、运筹学与生产运作管理等领域的问题求解, 其主要功能模块见表 1-1。

表 1-1 WinQSB 的主要功能模块

文件名	程 序	功 能
ASA	acceptance sampling analysis	抽样分析
AP	aggregate planning	综合计划编制
DA	decision analysis	决策分析
DP	dynamic programming	动态规划
FLL	facility location and layout	设备场地布局
FC	forecasting and linear regression	预测与线性回归
GP-IGP	goal programming and integer linear goal programming	目标规划与整数线性规划
ITS	inventory and systems	库存论与库存控制系统
JOB	job scheduling	作业调度、编制工作进度表
LP-ILP	linear programming and integer linear programming	线性规划与整数线性规划
MKP	Markov process	马尔可夫过程
MRP	material requirements planning	物料需求计划
NET	network modeling	网络模型
NLP	nonlinear programming	非线性模型
PERT-CPM	project scheduling	网络计划
QP	quadratic programming	二次规划
QA	queuing analysis	排队分析
QSS	queuing system simulation	排队系统模拟
QCC	quality control charts	质量管理控制图

1) 软件启动

WinQSB 属于绿色软件, 原则上在安装后可以把其程序文件夹复制到其他地方使用。用户可以根据不同的问题选择子程序, 操作简单方便。例如, 单击 WinQSB→DP 命令就可以打开“动态规划”模块的程序。

进入某个程序后, 第一项工作就是建立新问题或打开已有的数据文件。每个子程序系统都提供了典型的例题数据文件, 用户可先打开已有的数据文件, 观察数据软件格式, 系统能够解决哪些问题, 结果的输出格式等内容。WinQSB 自带的文件在 WinQSB 文件夹下。

2) 数据交换

WinQSB 可以与 Office 文档直接进行数据交换。

(1) 从 Excel 或 Word 文档中复制数据到 WinQSB

电子表中的数据可以复制到 WinQSB 中,方法是先选中要复制电子表格中单元格的数据,使用“复制”命令或按 Ctrl+C 组合键,然后在 WinQSB 的电子表格编辑状态下选中要粘贴的单元格,使用“粘贴”命令或按 Ctrl+V 组合键完成复制。

(2) 将 WinQSB 的数据复制到 Office 文档中

先清空剪贴板,选中 WinQSB 表格中要复制的单元格,单击 Edit→Copy 命令,然后粘贴到 Excel 或 Word 文档中。

(3) 将 WinQSB 的计算结果复制到 Office 文档中

在问题求解后,先清空剪贴板,单击 File→Copy to clipboard 命令,将结果复制到剪贴板中。

(4) 保存计算结果

在问题求解后,单击 File→Save as 命令系统以文本格式(*.txt)保存结果,用户可以编辑文本文件,然后复制到 Office 文档中。

2. MATLAB

1) 软件简介

MATLAB 原来是为 Matrix 实验室使用 LINPACK 和 EISPACK 矩阵软件工具包的接口,后来才逐渐发展为集通用科学计算、图形交互、系统控制和程序语言设计于一体的软件。它将不同数学分支的算法以函数的形式分成类库,使用时直接调用这些函数并赋予实际参数就可以解决问题。

MATLAB 具有以下特点:

(1) 编程语言基于 C 语言,但比 C 语言灵活,简单易学。

(2) 函数种类极多,编程工作量小。

(3) 计算功能强大,符号、数值的各种形式和规模的计算都能完成,强大的矩阵运算能力以及稀疏矩阵的处理能力使大型问题可以解决。

(4) 图形表达功能强大。

(5) 可扩展性强,用户可以编辑自己的工具箱。

2) 规划实现

MATLAB 中的优化工具箱能解决许多优化问题。关于详细论述,可参考 MATLAB 帮助文档。

例 1-1 求优化问题

$$\begin{aligned} \min z &= -5x_1 + 4x_2 + 2x_3 \\ \text{s. t. } &\begin{cases} 6x_1 - x_2 + x_3 \leq 8 \\ x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 10 \\ 1 \leq x_1 \leq 3, 0 \leq x_2 \leq 2, 0 \leq x_3 \end{cases} \end{aligned}$$

运行 File→New→M-file 命令后,新建一个文件 prodmin.m,其内容为:

```
Function [x,fval]=prodmin(c,A,b,aeq,beq);
```



```
c= [-5,4,2];A= [6,-1,1;1,2,4];b= [8,10];  
v1b= [1,0,0];vub= [3,2];Aeq= [];beq= [];  
[x,fval]=linprog(c,A,b,Aeq,beq,v1b,vub)
```

然后在主窗口中的 Command Window 中输入 $[x, fval] = \text{prodmin}$, 再按一下回车键就可以得到求解结果。

3. LINDO

1) 软件简介

LINDO(Linear Interactive and Discrete Optimizer)是一个专门求解数学规划问题的软件,可以用来求解线性规划、整数规划和二次规划问题。LINDO 6.1 的演示版就可以处理不超过 300 个变量、150 个限制约束的线性规划问题,也可以处理最多不超过 50 个变量的整数规划问题。

2) 使用界面

进入 LINDO 后,系统在屏幕的下方打开一个编辑窗口,其默认标题是 Untitled,就是无标题的意思。屏幕的最上方有 File、Edit、Solve、Reports、Window、Help 共 6 个菜单。Solve 与 Reports 菜单的功能很丰富,这里只对其最简单常用的命令作简单的解释,其余几个菜单的功能和一般 Windows 菜单大致相同,此处不再赘述。

(1) Solve 菜单

① Solve 子菜单,用于求解在当前编辑窗口中的模型,该命令也可以不通过菜单而改用快捷键 Ctrl+S 来执行。

② Compile Model 子菜单,用于编译在当前编辑窗口中的模型,该命令也可以用快捷键 Ctrl+E 来执行。LINDO 求解一个模型时,总是要将其编译成 LINDO 所能处理的程序来进行,这一般由 LINDO 自动运行,但有时用户需要先将模型编译一下检查是否有错,再用此命令。

③ Debug 子菜单,用于当前模型有无界解或无可行解时,该命令可用来调试当前编辑窗口中的模型,也可以改用快捷键 Ctrl+D 来执行。

④ Pivot 子菜单,对当前编辑窗口中的模型执行单纯形法的一次迭代,该命令也可以改用快捷键 Ctrl+N 来执行。利用该命令,可以对模型一步步求解,以便观察中间过程。

⑤ Preemptive Goal 子菜单,用来处理具有不同优先权的多个目标函数的线性规划或整数规划问题,该命令也可以改用快捷键 Ctrl+G 来执行。利用该命令,可以求解目标规划。

(2) Reports 菜单

① Solution 子菜单,在报告窗口中建立一个关于当前窗口模型的解的报告,该命令也可以改用快捷键 Ctrl+O 来执行。

② Tableau 子菜单,在输出窗口中显示模型的当前单纯形表,该命令也可以改用快捷键 Alt+7 来执行。该命令与 Pivot 命令结合使用,可得到单纯形法求解线性规划的详细过程。