

上海大学教材建设专项经费资助 普通高等教育“十二五”规划教材

GUANLIYUNCHOUXUE JIAOCHENG

管理运筹学教程

于丽英 等 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

上海大学教材建设专项经费资助
普通高等教育“十二五”规划教材

管理运筹学教程

于丽英 等 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书系统地介绍了运筹学的主要内容,重点讲述了应用最为广泛的线性规划、运输问题、整数规划、网络规划、网络计划技术、非线性规划、动态规划、决策分析、排队论、多目标决策、存储论及博弈论等理论和方法。本书体系完整,理论与实际相结合,以大量案例和习题穿插其间,并介绍了 LINDO 和 LINGO 等软件工具的使用方法。

本书可作为普通高等院校管理类、经济类、信息科学类、应用数学类及工程类专业本科生和研究生的教材,也可作为企业管理者和工程技术人员科学管理方法的培训读本。

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学教程 / 于丽英等编著. — 上海: 同济大学出版社, 2012. 7.

ISBN 978-7-5608-4358-2

I. ①管… II. ①于… 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 112511 号

普通高等教育“十二五”规划教材

管理运筹学教程

于丽英 等 编著

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店
印 刷 同济大学印刷厂
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 28
印 数 1—3 100
字 数 698 000
版 次 2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-4358-2

定 价 60.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

运筹学由强调数学原理逐渐转化为强调模型及应用,由数学模型处理逐渐转化为借助计算机分析和解决问题,这些变化使得运筹学的实际运用越来越广泛,也使它成为高等院校运筹学、应用数学、管理科学、经济和系统工程等专业的一门基础课程。

随着社会的发展,现实生活中的问题会不断地发生变化,对运筹学这门工具课程也提出了挑战。本书正是顺应社会发展的需要,对运筹学教学进行变革的一个结果,在引进与解释概念和方法时尽量利用几何直观,在内容选取时尽量联系实际,突出运筹学的实用价值。为了使读者掌握数学模型特征及应用,本书在叙述模型特点的基础上配以各种模型应用。另外,本书在内容上还重视与计算机技术的结合,尽可能地介绍如何运用软件求解模型。

本书共包含绪论和 12 个模块内容,简洁扼要地向读者介绍了运筹学的各个发展方向。绪论介绍了运筹学的发展及其解决问题的思路,强调了运筹学的重要观点——用模型解决问题,此外还介绍了运筹学的相关软件。12 个模块的内容包括线性规划、运输问题、整数规划、网络规划、网络计划技术、非线性规划、动态规划、决策分析方法、排队论、多目标决策、存贮论和博弈论。

本书教学时间为 40—60 学时,教师可根据情况进行内容的选取。推荐采用 LINDO 及 LINGO 软件作为教学辅助工具,结合模型进行运用,以激发学生的学习兴趣。本书在章节安排上深入浅出,尽量自成系统,每章后附有习题和习题答案,既可作为管理、经济等专业本科或研究生的教科书,也可作为实践工作者的科技参考书。

本书的撰写是在十来年的本科和研究生教学的基础上完成的,在上海大学管理学院于英川教授的指导下,编写组结合教学经验和科研工作不断地丰富运筹学的教学材料,最终成稿。具体编写分工如下:孙华丽承担第 7 章和第 8 章内容,韩亚娟承担第 5 章和第 11 章内容,张翔承担第 4 章部分内容,于丽英承担本书的其余内容。另外,各届研究生都为本书的积累、整理和打印做出了贡献,他们是刘茂余、卢戎、徐珏、孙雨辰、戴玉其。本书的写作过程中参阅了大

量的中外专业资料、教材、著作和论文,在此谨向作者表示由衷的感谢。同济大学出版社对本书的完成和出版给予了极大的支持和帮助,同时本书还得到上海大学重点教材建设项目的资助,在此一并致以真诚的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,恳望读者不吝赐正。

于丽英

2012年6月

目 录

前 言

绪 论	1
0.1 运筹学的含义及其发展	1
0.2 运筹学的模型化方法	8
第 1 章 线性规划	12
1.1 线性规划模型	12
1.2 线性规划图解法及单纯形算法几何	19
1.3 线性规划单纯形算法及扩展	21
1.4 对偶线性规划	37
1.5 线性规划最优解的分析	44
1.6 线性规划应用举例	50
1.7 软件应用	54
* 1.8 线性规划的分解与协调	63
专有名词	75
知识要点	76
习题	79
习题解答	83
第 2 章 运输问题	89
2.1 数学模型	89
2.2 运输问题的求解	91
2.3 应用举例	102
2.4 软件应用	111

专有名词	118
知识要点	118
习题	118
习题解答	120
第 3 章 整数规划	125
3.1 引论	125
3.2 整数规划模型	126
3.3 整数规划的求解	134
3.4 指派问题	148
3.5 软件应用	151
专有名词	152
知识要点	152
习题	153
习题解答	156
第 4 章 网络规划	160
4.1 各种网络模型	160
4.2 图上作业法	166
4.3 网络单纯形算法及其应用	177
4.4 网络模型应用	189
4.5 软件应用	190
专有名词	195
知识要点	195
习题	196
习题解答	197
第 5 章 网络计划技术	202
5.1 箭线式网络图	203
5.2 箭线式网络图的绘制	205
5.3 网络图时间参数的计算	206
5.4 网络计划的优化与实施	208
5.5 软件应用	213
专有名词	217
知识要点	217
习题	218
习题解答	219
第 6 章 非线性规划	221
6.1 非线性规划问题及预备知识	221

6.2 最优性条件	228
6.3 非线性规划求解——一维最优化问题	238
6.4 非线性规划求解——多维无约束情形的最优化问题	243
6.5 非线性规划求解——多维有约束情形的最优化问题	252
6.6 软件应用	259
专有名词	261
知识要点	262
习题	262
习题解答	263
第7章 动态规划	265
7.1 多阶段决策过程及其问题举例	265
7.2 动态规划的基本概念和基本方程	266
7.3 动态规划应用	268
专有名词	284
知识要点	285
习题	285
习题解答	287
第8章 决策分析方法	296
8.1 决策问题的一般性描述	296
8.2 不确定性决策	297
8.3 风险性决策	300
8.4 贝叶斯决策	303
8.5 效用理论及其应用	306
专有名词	309
知识要点	309
习题	310
习题解答	312
第9章 排队论	315
9.1 基本概念	315
9.2 各种排队模型应用	321
9.3 排队系统的优化	329
9.4 排队论其他内容简介	332
9.5 软件应用	332
专有名词	335
知识要点	335
习题	335
习题解答	336

第 10 章 多目标决策	339
10.1 多目标决策问题及其有效解.....	339
10.2 偏爱和多目标决策问题的求解.....	347
10.3 评价函数法.....	350
10.4 目标规划.....	352
10.5 层次分析法.....	356
10.6 软件应用.....	371
专有名词	383
知识要点	383
习题	385
习题解答	386
第 11 章 存贮论	389
11.1 建立存贮模型的步骤.....	390
11.2 确定型存贮模型.....	391
11.3 随机型存贮模型.....	401
11.4 软件应用.....	409
专有名词	412
知识要点	413
习题	413
习题解答	414
第 12 章 博弈论	415
12.1 引论.....	415
12.2 完全信息静态博弈.....	419
12.3 完全且完美信息动态博弈.....	428
专有名词	434
知识要点	434
习题	435
习题解答	436
参考文献.....	439

0.1 运筹学的含义及其发展

0.1.1 运筹学的产生与发展

人类社会中,组织出现的同时,管理也就出现了。管理的中心工作是决策,军事、生产、服务中存在各类管理问题,随着这些问题的复杂化,经验决策已经不能满足要求,管理问题需要细致考虑的时候催生了运筹学。运筹学是近代应用数学的一个分支,它将社会、经济发展中的问题抽象构模,然后利用数学方法进行解决。

1. 运筹学的起源

(1) 军事——运筹学的主要发源地

Operational Research(或 Operations Research, OR)在中国译为运筹学,“运筹”二字源于《史记·高祖本纪》“运筹于帷幄之中,决胜于千里之外”,其揭示了运筹学的军事起源,也表明运筹在中国古而有之,历史悠久。在我国,关于运筹学的文字记载不只《史记》,《孙子兵法》、《三国演义》、及《三十六计》等均为我国古代军事运筹著作,至今为管理者们奉为经典。《孙子兵法》可谓是古今中外公认的兵书之王,1981年美国军事运筹学会出版了一本书,其中评价孙子为世界上第一个军事运筹学的实践家。“孙子兵法”在质的论断中渗透着量的分析,比如在谋攻中写道:“知己知彼,百战不殆;不知彼而知己,一胜一负;不知彼不知己,每战必败”。

现代运筹学思想起源于第一次世界大战期间的英国。1916年,英国工程师兰彻斯特(Lanchester)在《战斗中的飞机》一文中,用常微分方程组说明了集中兵力的原理,提出了战斗方程,并指出数量优势、火力和胜负的动态关系。

运筹学作为一门科学学科,一般认为是产生于20世纪30年代,由第二次世界大战中英国

OR 小组的活动开始。1939 年第二次世界大战中,英国成立了许多专家小组来解决军事中的问题。最著名的是由诺贝尔奖获得者、英国曼彻斯特大学教授 P. M. S. Blackett 领导的 OR 小组。这个小组由 11 位专家组成,他们来自物理、数学、生理、测量、军事等领域。OR 小组首次采用数学模型评价各种决策方案的效果,成功完成了鲍德西(Bawdsey)雷达站的研究:研究如何改进英国的防空系统,改善雷达与高射机枪配合,提高英国本土防空能力(雷达是英国当时取胜的法宝之一)。当时,OR 小组在深水炸弹投放、防空等军事系统功能方面均有卓越的贡献。

1941 年 12 月,Blackett 应盟国政府的要求,写了五份题为“Scientists at the Operational Level”的简短备忘录,建议在各大指挥部建立运筹学小组,英国 OR 小组的成功引起了美国方面的注意,美国军队中也建立了 OR 小组,同样获得成功。据不完全统计,二战期间,仅在英国、美国和加拿大,参加运筹学工作的科学家就超过 700 名。

在二战中,有很多运筹学应用成功的案例:

大西洋反潜战案例。1942 年麻省理工学院的 Morse 教授应美国大西洋舰队反潜战指挥官 Baker 的请求担任反潜战运筹组的计划与监督工作。Morse 小组在大西洋反潜战中最出色的工作之一是协助英国打破德国对英吉利海峡的海上封锁。Morse 小组提出两条重要建议:①将反潜攻击由反潜艇投掷水雷改为飞机投掷深水炸弹,并选择合理的起爆深度,使对德方潜艇的攻击效果最佳;②运送物资的船队及护航舰艇的编队由小规模、多批次改为大规模、少批次,从而减少损失率。最终,丘吉尔采纳了 Morse 的建议,打破了德国的封锁,重创了德国潜艇部队。同时,Morse 获得了英国及美国战时最高勋章,而 Morse 建立的分析海军护航舰队损失的数学模型,也是最早进行的运筹学工作。

对付日机轰炸决策案例。美军调用数学家对 477 个战例进行量化分析,得出 2 个结论:当日军飞机高空俯冲轰炸,美舰船采取急速摆动规避战术的损失率为 20%,采取缓慢摆动规避战术的损失率为 100%;当日军飞机低空俯冲轰炸,美舰船采取急速摆动和缓慢摆动规避战术的损失率均为 57%。于是使用战术:当美舰船受到日军飞机攻击时均采用急速摆动规避战术。从而巧妙对付了日机轰炸,使得美军舰船损失率从 62%下降到 27%。

估计日舰开进路线决策案例。1943 年 2 月,二战新几内亚作战期间,美军得到了日军将从新不列颠岛东岸的腊包尔港派出大型护航舰队驶往新几内亚莱城的情报,日军舰队可选路线有 2 条,航程均为 3 天。其中,北面航线云多雾大,能见度差,不便于观察;南面航线能见度高,便于观察。美军也有两种行动方案可供选择,即分别在南北航线上集中航空兵主力进行侦察、轰炸。若日军选择走北线,美军也选择北线,由于天气影响只能有两天轰炸时间;美军若选南线,则由于在南线侦察耽搁一天,到北线侦察延误一天,只能得到一天的轰炸时间。因此,若日军选择北线,被轰炸天数为 1~2 天。根据同样的判断,若日军选择南线,则被轰炸数为 2~3 天。用矩阵表示各方所得,如表 0-1 所示。美军由此断定日军必走北线,从而做出等待在北线的决策。真实情况果真如此。日军舰队起航一天后,在北线被美军发现并被轰炸 2 天,结果损失惨重。

表 0-1 美日战斗的各方所得

(日军,美军)	南线	北线
南线	(-3, 3)	(-2, 2)
北线	(-1, 1)	(-2, 2)

撤回援法战斗机决策案例。当德国对法国等几个国家发动攻势时,英国首相丘吉尔应法国的请求,动用了十几个防空中队飞机和德国作战。德军突破马奇诺防线,法军节节败退,由于战斗损失大,法国总理要求增援 10 个中队,时任英国首相的丘吉尔准备同意该请求。英国运筹学者根据出动飞机与战损飞机的统计数据建立了回归预测模型,经过快速研究发现,如果补充率、损失率不变,飞机数量的下降是非常快的,在当时的环境下,当损失率、补充率为现行水平时,只要两周时间,英国的援法战斗机就将一架都不存在。运筹学家以简明的图表、明确的分析结果说服了丘吉尔,最后丘吉尔决定不再增援新的战斗机中队,除留在法国的 3 个中队外,其余飞机全部撤回英国,为下一步的英伦保卫战保存实力,以本土为基地继续抗德,使局面大为改观。

深水炸弹爆炸深度决策案例。二战期间,英军船队在大西洋航行时经常受到德军潜艇的攻击,为此,英国空军经常派出轰炸机对德军潜艇实施火力打击,但轰炸效果非常不理想,对德国潜艇几乎构不成任何威胁。运筹学者研究发现,德国潜艇从发现英军飞机开始下潜到深水炸弹爆炸时止,只下潜 7.6 米,而英军飞机投下的炸弹却已下沉到 21 米处爆炸,故英军炸弹对德国潜艇杀伤力较小。英军果断调整深水炸弹的爆炸深度从水下 21 米减为水下 9.1 米,使轰炸效果提高 4 倍,效果显著。

(2) 管理学——运筹学的来源之二

从管理的角度看,运筹学是用定量方法为管理决策提供依据的一门学科,管理学对运筹学的产生与发展有重大影响,是运筹学的第二大来源。同时,运筹学已成为管理科学中最重要的组成部分之一,在管理学中有广泛的应用。

古典管理学派对运筹学的发展影响重大,主要思想是寻求一些方法,使人们自愿地联合与协作,保持个人的首创精神和创造能力,达到增加效率的目的。比如,动作研究与泰勒工作制;切削效率与车速、进刀量等因素的数学关系——优选问题;提出管理的基本原则,研究了机构设置、权限、工厂布局、计划等问题;举世闻名的刺激性工资制;用于生产活动分析和计划安排的甘特黑道图,并由此进一步发展成为统筹方法等。

值得一提的是苏联科学家康托洛维奇(Л. В. Кондрович)的工作。1939 年,康托洛维奇对生产中提出的大量组织与计划问题进行了研究,发表了著名的《生产组织与计划中的数学方法》,这是运筹学最早的、在理论和方法上较为完整的著作,堪称运筹学著作的先驱。该书对列宁格勒胶合板厂的计划任务建立了一个线性规划的模型,并提出了“解乘法”的求解方法,为数学与管理科学的结合作出了开创性的工作。研究的具体问题包括生产配置、原材料的合理利用、运输计划等,研究结果不仅给出了数学模型,而且可以确定最优方案。康托洛维奇的贡献在于使运筹学的理论方法形成体系,其确定极值的方法超出了经典数学分析方法的范畴,遗憾的是这些研究成果直到二战以后才受到重视。

1909—1920 年间,丹麦哥本哈根电话公司工程师爱尔朗陆续发表了关于电话通路数量等方面的分析与计算公式。其 1909 年的论文“概率与电话通话理论”开创了运筹学的重要分支——排队论。

(3) 经济学(数理经济学)——运筹学的来源之三

在运筹学的产生与发展进程中,经济学,尤其是数理经济学理论,对运筹学的发展也产生过巨大影响。

1758 年,弗朗斯瓦·魁奈(Quesnay)在凡尔塞发表《经济表》,对经济中各部门的平衡关系作了最早的研究。沃尔拉思(Kathy Walrath)对经济平衡问题的研究是经济学家对数理经济

的重大贡献,其数学形式被持续地深入研究、发展和推广。

特别要提到的是冯·诺依曼(Von Neumann)的开创性工作:1932年,他提出第一个广义经济平衡模型;1939年,他提出宏观经济优化的控制论模型,成为数量经济学的一个典型模型;1944年,他在与Morgenstern共著的《对策论与经济行为》中,提出将经济活动中的冲突、协调、平衡分析问题量化处理,开创了运筹学的博弈论分支(The Theory of Games and Economic Behavior)。

2. 运筹学的发展

(1) 运筹学的发展历程

第二次世界大战之后,运筹学作为一门学科逐步形成并得以迅速发展,其运用逐步深入到经济部门、企业、大学和研究所等。概括来说,运筹学主要在两方面得到发展。一是运筹学的方法论,形成运筹学的分支,如数学规划(线性规划、非线性规划、整数规划、目标规划、动态规划、随机规划等)、图论与网络、排队论、存储论、维修更新理论、搜索论、可靠性等。1947年由丹齐克(G. B. Dantzig)提出的求解线性规划问题的单纯形法是运筹学发展史上最重大的进展之一。二是电子计算机尤其是微机的迅猛发展和广泛应用,使得运筹学的方法论能即时成功解决大量经济管理中的决策问题。运筹学这门学科已基本形成,并出现了由硬变软的演变,软运筹学的出现是运筹学发展的必然产物,虽不成熟但有着潜在生命力(表0-2)。

表 0-2 运筹学发展阶段及其特征

发展阶段	发展时期	特 征	表 现
创建时期	20 世纪 40 年代中期到 20 世纪 50 年代初	研究人員少,范围较小,出版物学会等寥寥无几	1947 年丹齐克(G. B. Dantzig)在研究美国空军资源优化配置时提出了线性规划及其通用解法——单纯形法。 英国最早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。 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 年在美国喀斯(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)1950 年于英国创刊,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杂志 <i>Journal of ORSA</i> 。 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。
成长时期	20 世纪 50 年代初到 50 年代末	推广解决实际管理优化问题,刊物学会成长	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方法。 1956 年到 1959 年,法国、印度、日本、荷兰、比利时等 10 个国家成立运筹学会,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)。
发展时期	20 世纪 60 年代到 80 年代	学科进一步细分,学科应用普及不断深入	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系统,如城市交通、环境污染、国民经济计划等。 至 1963 年,应用运筹学的行业已有飞机和导弹制造、玻璃、金属、矿业、包装、造纸、炼油、照相器材、印刷和出版、造鞋、纺织、烟草业、运输、木材加工、餐饮业和民意调查等。很多大型企业都设有自己的专业运筹队伍和小组,例如 ICI, NCB, United Steel, English Electric, BISRA, Unilever 等。 至 1970 年,运筹学几乎已经渗透到所有的政府部门和机构。
新发展阶段	20 世纪 80 年代以来	软运筹学出现,定性与定量综合集成	钱学森得出的“从定性到定量综合集成研讨厅体系”是软运筹学的基本方法,包括:几十年世界学术讨论的 Seminar 经验,从定性到定量的综合集成方法, C3I 及作战模拟,情报信息技术,灵感技术,人工智能,人机结合智能系统,系统学,等等。 软运筹学的发展将主要朝着以下方向前进: (1) 软运筹学将更多地采用 WSR 即“物理—事理—人理方法论”。 (2) 软运筹学将更多采用还原论与整体论相结合的研究手段。 (3) 软运筹学将更多地采用模糊数学方法。 (4) 软运筹学将更多地采用“人机结合、以人为本”的研究技术路线。

(2) 运筹学在中国发展

我国第一个运筹学小组在钱学森、许国志的推动下,于1956年在中国科学院力学研究所成立。1958年,我国建立专门的运筹学研究室,由于应用单纯形法在解决粮食合理运输问题中遇到困难,我国运筹学工作者创立了运输问题的“图上作业法”。同时期,管梅谷提出了“中国邮路问题”模型的解法。1959年,第二个运筹学部门在中国科学院数学研究所成立。20世纪50年代后期,运筹学在中国的运用主要是集中在运输问题上。

1960年,力学所小组与数学所小组合并成为数学研究所的一个研究室,主要研究方向为排队论、非线性规划和图论。同年,全国应用运筹学的经验交流和推广会议在山东济南召开。1962年和1978年,全国运筹学专业学术会议先后在北京和成都召开。1980年4月,中国数学会运筹分会成立,1991年中国运筹学会成立。运筹学的运用在农林、交通运输、建筑、机械、冶金、石油化工、水利、邮电、纺织等部门开始得到推广,运筹学在一定程度上得到普及与重视。我国各高等院校,尤其是经济管理类专业普遍将运筹学作为专业主干课程列入教学计划之中。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。80年代以后被认为是我国运筹学迅速发展和开始普及的时期。此阶段运筹学发展的特点是运筹学的应用不断拓广,专业学术团体不断增多,运筹学书籍大量出版,更多学校将运筹学课程纳入教学计划中。

近20年来,信息科学、生命科学等现代高科技技术对人类社会产生了巨大影响,中国运筹学工作者还关注到其中一些运筹学起作用的新工作方向。例如,我国的运筹学工作者将全局最优化、图论、神经网络等运筹学理论及方法应用于分子生物信息学中的DNA与蛋白质序列比较、芯片测试、生物进化分析、蛋白质结构预测等问题的研究;在金融管理方面,将优化及决策分析方法应用于金融风险控制与管理、资产评估与定价分析模型等;在网络管理上,利用随机过程方法研究排队网络的数量指标分析;在供应链管理问题中,利用随机动态规划模型研究多重决策最优策略的计算方法。在这些重要的新方向上,我国运筹学工作者都取得了可喜的进展及成绩,有些已进入国际先进水平的行列,被有关同行所认可。

(3) 运筹学会与刊物情况

运筹学学术学会的创立。1948年,英国运筹学俱乐部(1953年正式更名为运筹学会)的成立标志运筹学学术团体的建立。1952年,美国成立运筹学会(Operations Research Society of America, ORSA),同年该学会的刊物*Operations Research*(简称OR)创刊。1953年,美国科学管理协会(TIMSS)成立,其刊物为*Management Science*(简称MS)。其后,许多国家级运筹学学术团体纷纷出现。1957年9月,21个国家的250名代表参加了在牛津大学召开的第一届国际运筹学会议。1959年,英、美、法三国运筹学会倡导并成立了国际运筹学会联合会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。

运筹学学术期刊的创办。目前国际上著名的运筹学刊物有*Management Science*, *Operations Research*, *Journal of Operational Research Society*, *European Journal of Operations Research*等。1950年3月,由Max Davis和R. T. Eddison主编的英国运筹学会会刊《运筹学季刊》(*Operational Research Quarterly*),作为第一本运筹学学术期刊正式发行。随后《美国运筹学会会刊》(*Journal of ORSA*)于1952年出版(1956年更名为《运筹学》(*Operations Research*))。1954年美国分别出版的《海军后勤研究季刊》和《管理科学》也是与运筹学相关的学术刊物。1961年,IFORS出版了《国际运筹学文摘》。国内运筹学的专门刊物或较多刊登运筹学理论和应用的刊物主要有《运筹学学报》、《运筹与管理》、《系统工程学报》、《系统工程理论与

实践》、《系统工程理论方法应用》(后更名为《系统管理学报》)、《数量经济技术经济研究》、《系统工程》及《系统科学与数学》等。

运筹学学术教育的完善。在美国,1948年,麻省理工学院开设了第一个非军事运筹学课程。之后,约有30所大学开始介绍运筹学课程。在英国,20世纪50年代早期,Birmingham大学率先开设了运筹学课程。1964年,新成立的Lancaster大学坐上了英国运筹学教育的第一把交椅。之后几年里,英国约有12所学校(多为著名大学,如伦敦经济学院)为研究生和本科生开设了运筹学课程,其中约一半学校设有运筹学科系。在多数拥有全国性运筹学学会的国家,运筹学课程也得以普及。

0.1.2 运筹学的含义及其与其他学科的关系

1. 运筹学的含义

运筹学研究与运用的领域很广,但其概念一直没有一个统一的表述。

据《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”,“运筹学是为掌管这类系统的人提供决策目标和数量分析的工具”。

《辞海》(1979年版)中有关运筹学条目的释义为:“运筹学主要研究经济活动与军事活动中能用数量来表达有关运用、筹划与管理方面的问题。它根据问题的要求,通过数学的分析与运算,作出综合性的合理安排,以达到较经济较有效地使用人力物力。”

1976年美国运筹学会的定义是:“运筹学是研究用科学方法来决定在资源不充分的情况下如何最好地设计人-机系统,并使之最好地运行的一门学科”。

1978年联邦德国科学辞典上的定义是:“运筹学是从事决策模型的数学解法的一门科学。”

英国运筹学杂志则认为:“运筹学是运用科学方法(特别是数学)来解决那些在工业、商业、政府和国防部门中,有关人力、机器、物质、金钱等大型系统的指挥和管理方面出现的问题的科学,目的是帮助管理者科学地决策其策略和行动。”

运筹学在JIS(日本规范)中的含义是:“采用科学的方法及手段对系统的经营方案作出选择,以便为决策者提供解答的一门技术。”

关于运筹学是什么,学术界曾分别由P. M. Morse与G. E. Kimball, R. L. Ackoff与E. L. Arnoff, S. Beer提出过三个典型的定义。

P. M. Morse与G. E. Kimball认为运筹学就是“一种科学方法,提供执行者有关他们管辖下的作业的一些计量性的决策基础”。

R. L. Ackoff与E. L. Arnoff则认为运筹学是“将科学的方法、技术与工具应用于系统的作业,使管辖下的作业问题获得最佳的解决”。

S. Beer给出一个较为全面的定义,他认为运筹学是“一种近代科学的研究,研究人、机器、材料与资金在其周围环境中所发生的有关管理与控制的概率性承担意外风险问题。其独特的技术是根据情况利用科学模式,经由量测、比较以及对可能行为的预测而提出一个管制策略。”

以上运筹学的定义虽有所差异,但均指出了运筹学的本质特性:①运筹学是研究如何以合理的方式,组织具有明确目标的活动的学科;②运筹学是由各领域的专家学者协力完成并从各领域的角度出发而得出的定量解决问题的方法。

2. 运筹学与决策科学

决策科学是研究决策过程规律,提供决策方法的科学。决策过程可用决策问题表达如下:

$$\text{opt}\{z(x) \mid x \in S(\alpha)\}$$

式中 x ——决策方案;

$S(\alpha)$ ——环境条件 α 下所有决策方案 x 的集合,可以是有限个,也可以是无穷个;

$z(x)$ ——关于决策方案 x 的目标(评价)指标体系;

opt ——关于 $z(x)$ 的“最优”选择,这里“最优”不是绝对意义,而是相对,甚至有时含主观色彩的。

上式可理解为,对于环境 α 下的所有可行方案 $x \in S(\alpha)$,依据决策准则 opt ,就它们的指标表现 $z(x)$ 选择“最优”者。

如果以上 $S(\alpha)$, $z(x)$, opt 能用明确语言(数学的或逻辑的,定量或定性的)给以清楚的说明或描述,则称为结构化决策问题;若不能,则称为非结构化决策问题;介于两者之间的,即对 $S(\alpha)$, $z(x)$, opt 一部分可用语言明确描述,而另一部分不能用语言明确描述的,称为半结构化决策问题。

运筹学处理的决策问题中, $S(\alpha)$, $z(x)$, opt 均能用数学语言明确地表达,例如, $\text{opt} = \max$, $S(\alpha) = \{x \in \mathbf{R}^n \mid g_i(x) \leq 0, i = 1, 2, \dots, m\}$ 等,因此,它是属于结构化决策问题,不仅可直接解决实际问题,也可以在其他两类决策问题中作为辅助工具帮助确定、比较和选择决策方案。

3. 运筹学与管理科学

从管理的角度看,可以说运筹学是用定量方法为管理决策提供依据的一门学科。西方许多学者往往把“运筹学”称为“管理科学”(Management Science, MS)。我们认为与运筹学同义的管理科学只是狭义的管理科学。一般来说,管理科学包含的内容要比运筹学更广泛一些。可以说,运筹学是管理科学最重要的组成部分。

从生产出现分工开始就有管理,但管理作为一门科学则开始于 20 世纪初。随着生产规模的日益扩大和分工的越来越细,要求生产组织具有高度的合理性、计划性和经济性,促使人们不仅研究生产的各个部门,而且要研究它们相互之间的联系,要当作一个整体研究,并在已有方案基础上寻求更优的方案,从而促进了运筹学的发展与应用。

运筹学的诞生既是管理科学发展的需要,也是管理科学研究深化的标志。运筹学的一些分支,如规划论、排队论、存贮论及博弈论等,都与管理的发展具有密切联系。管理科学研究总结经济管理的规律,这是运筹学研究提出问题和对问题进行分析的依据和基础。但运筹学又在对问题进一步分析的基础上找出各种因素之间的本质联系,并通过建模和求解,使人们对管理问题的规律性认识进一步深化。例如,管理中有关库存问题的讨论,对最高和最低控制限的存贮方法,过去只从定性上进行描述,而运筹学则进一步研究了在各种不同需求情况下最高与最低控制限的具体数值。再如,经验告诉我们,从事相同服务工作的人,如果协调合作,则可以提高效率,减少被服务对象的等待。运筹学的排队论分支中,用具体例子说明 3 个人联合看管 18 台机器,其效率高于 3 个人每人分别看管 6 台机器,从理论上论证了协作提高效率的原理。又如计划的编制,过去习惯采用的甘特图只是反映了各道工序的起止时间,反映不出它们相互

之间的联系和制约,而运筹学中通过编制网络计划,从系统的观点揭示了这种工序间的联系和制约,为计划的调整优化提供了科学的依据。

运筹学的研究应用已经在管理工作中带来了大量的资源节约。一般是问题的规模越大越复杂,应用的效果就越显著。如印度巴罗达市对汽车行车路线和时刻表进行研究改进,使该市公共汽车的载运系数提高了 11%,由于提高了公共汽车的利用率,减少使用车辆 10%。我国在国民经济各部门应用运筹学也已带来了巨大的财富节约。

马克思曾经说过,“一门科学只有成功地应用数学时,才算达到了完善的地步”,随着科学技术的进步,特别是电子计算机技术的迅速发展,数学已迅速渗透到各门学科之中。在管理科学的发展中,同样感受到应用数学的重要性,但必须认识到,一方面管理同社会经济紧密相连,它所涉及的是物质运动的最高形式,要建立数学模型、用数学的语言描绘,不仅有赖于进一步认识和揭示管理的过程和规律,而且需要其他学科的发展。另一方面,运筹学作为经济、管理同数学密切结合的一门学科,它的诞生还只有几十年,尚属年轻学科,现有的分支、理论和方法还远远满足不了描述复杂管理运动过程和规律的需要。但有一点是明确的,运筹学是在研究和解决实际管理问题中发展起来的,而管理科学的发展又必将为运筹学的进一步发展开辟广阔的领域。

0.2 运筹学的模型化方法

0.2.1 模型与模型的运用价值

人们在研究问题时,早已使用模型。古代将军用沙盘来表示战场上敌我双方阵地形势,并进行战斗布置;建筑师用木材等做成房屋模型供业主选择;人事部门采用照片来表达雇员的相貌神情。更多情况下,人们利用模型来思考问题。

模型就是所要研究系统的一种主观的表达。现实与模型分别为两个不同的系统,但是后者表达了前者某些性质、行为特征,人们可以更方便地研究它们,得出可适用前者的结论。因此,模型比现实简单,易于研究。运用模型的目的就是实现对现实的可研究性。例如,不能通过实物破坏方式来研究一个水坝的抗水能力,却可以用模型试验得出结论。

常用模型有三类:偶像型、类比型和关系型。

偶像型模型:这是保持了所研究系统的几何特征的模型,例如房屋模型、车辆模型、战场沙盘模型等。这种模型可以用来研究现实世界的几何范围问题,例如房屋布局、车辆款式、军队布置等,对于复杂现实问题,则无能为力。

类比模型:这种模型的量是现实系统所研究量经过转换而成的,例如,用曲线表示一个国家 GDP 增长情况(货币单位转换高度单位),用圆饼图表示人口比例(人数规模转换为面积),形象鲜明是这类模型的优点,缺点是不能深入地研究相互关系问题。

关系模型:这类模型着力表达所研究现实中各部分的关系,常用图、公式、箭头表示,其中,重要的一种是数学模型——用变量表达要素,用数学公式表达这些要素间的关系,这就是运筹学采用的模型。