



财政部「十三五」规划教材

Application
of Operations
Research

应用运筹学

主 编 戴晓震
副主编 杨平宇 宋 聪
董黎晖 罗列英

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

财政部「十三五」规划教材

Application
of Operations
Research

应用运筹学

主 编 戴晓震
副主编 杨平宇 宋 聪
董黎晖 罗列英



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

应用运筹学/戴晓震主编. —北京: 经济科学出版社,
2018. 5

财政部“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5141 - 9346 - 6

I. ①应… II. ①戴… III. ①运筹学 - 高等学校 -
教材 IV. ①022

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 097655 号

责任编辑: 杜 鹏 刘 瑾

责任校对: 靳玉环

责任印制: 邱 天

应用运筹学

主 编 戴晓震

副主编 杨平宇 宋 聪

董黎晖 罗列英

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

编辑部电话: 010 - 88191441 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp_bj@163. com](mailto:esp_bj@163.com)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcs. tmall. com](http://jjkxcs.tmall.com)

北京鑫海金澳胶印有限公司印装

787 × 1092 16 开 12.5 印张 260000 字

2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 9346 - 6 定价: 30.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 打击盗版 举报热线: 010 - 88191661)

QQ: 2242791300 营销中心电话: 010 - 88191537

电子邮箱: [dbts@esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn)

前 言

INTRODUCTION

运筹学是第二次世界大战期间在英、美两国发展起来的，运筹学作为一门现代科学，具有很强的应用背景。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。它广泛应用于工业、农业、交通运输、国防、通信、政府机关的各个部门。用运筹学实际问题时的系统化思想，从提出问题、分析建模、求解到方案实施，有一套严格、科学的方法，使得它在培养人才和提高人才素质方面起到了十分重要的作用。运筹学已成为高等院校许多专业的必修课。

一直以来，“运筹学”被很多人称为“晕愁学”，学习时“晕”，考试时“愁”。究其原因，学习运筹学需要有一定的管理知识，又要具备相当的数学功底，大量的计算使得很多人对运筹学望而却步。本教材把运筹学学习者从繁重的计算中解放出来，让其将主要精力放在运筹学实际问题当中。本教材强调运筹学作为解决实际管理问题的“工具”，对数学的要求不高，但需要一定的管理基础知识，因此，本教材非常适合那些希望比较“经济地”学以致用，并能见到实效的在职研究生及课时较少的经济管理类本科生使用。

本教材吸收了目前国内运筹学教材的优秀成果，反映了近年来运筹学的最新发展。本教材尽量避免复杂的理论证明，力图通俗易懂、简明扼要地讲解运筹学的基本原理、方法及思路与算法步骤，注意从经济学、管理学的角度介绍运筹学的基本知识，试图以各种实际问题为背景引出运筹学各分支的基本概念、模型和方法，并侧重于运用。

本教材编写分工为：戴晓震编写第1、4、6、10章，宋聪编写第2、3章，董黎晖编写第5章，罗列英编写第7章，杨平宇编写第8章，同时，本科生柯越和葛景森参与了文字工作。戴晓震对整个教材进行汇总编排。

本教材的出版感谢温州商院校领导、同仁的关心和帮助，感谢家人的鼓励和支持，感谢学生的殷切期望，感谢教材编写团队成员的努力付出。同时，本教材为2016年浙江省高等教育课堂教学改革项目“基于慕课资源的《运筹学》混合式学习教学改革(kg20160539)”的部分成果。

由于编者水平有限、时间仓促，教材中难免有不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2018年4月

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
【导入案例】	1
1.1 运筹学概念	1
1.2 运筹学的产生	2
1.3 运筹学的分支	5
1.4 运用运筹学的处理步骤	8
1.5 运筹学展望	9
【习题】	10
第 2 章 线性规划	11
【导入案例】	11
2.1 线性规划概述	11
2.2 图解法	14
2.3 线性规划数学模型的标准形式及解的概念	19
2.4 灵敏度分析	21
【习题】	24
第 3 章 线性规划应用	27
【导入案例】	27
3.1 人力资源分配问题	28
3.2 套裁下料问题	29
3.3 配料问题	29
3.4 生产问题	33
3.5 有配套约束的资源优化问题	35
3.6 投资问题	37
【习题】	39
【案例】	47

第4章 运输问题	49
【导入案例】	49
4.1 运输问题概述	49
4.2 运输问题应用	52
4.3 表上作业法	63
【习题】	71
第5章 整数规划	75
【导入案例】	75
5.1 整数规划概述	75
5.2 指派问题	76
5.3 固定成本问题	81
5.4 分布系统设计	83
【习题】	84
第6章 目标规划	88
【导入案例】	88
6.1 目标规划概述	88
6.2 目标规划应用	91
6.3 加权目标规划	95
【习题】	96
【案例】	99
第7章 图论	102
【导入案例】	102
7.1 图与网络概述	103
7.2 最短路问题	105
7.3 最小生成树	112
7.4 最小费用最大流问题	114
【习题】	123
第8章 项目管理	126
【导入案例】	126
8.1 项目管理概述	127
8.2 项目时间管理	129
8.3 网络计划技术	134
【习题】	144

第 9 章 博弈论	147
【导入案例】	147
9.1 博弈论概述	147
9.2 矩阵博弈的最优纯策略	151
9.3 矩阵博弈的混合策略	156
9.4 完全信息静态博弈举例	162
9.5 完全信息动态博弈举例	164
【习题】	165
第 10 章 运筹学的计算机求解	168
10.1 LINGO 软件概述	168
10.2 线性规划模型的 LINGO 求解	169
10.3 运输问题的 LINGO 求解	175
10.4 整数规划的 LINGO 求解	179
10.5 目标规划模型的 LINGO 求解	186
参考文献	189

第1章 绪 论

【导入案例】

“田忌赛马”：齐国使者到大梁来，孙臏以刑徒的身份秘密拜见，劝说齐国使者。齐国使者觉得此人是个奇人，就偷偷把他载回齐国。齐国将军田忌非常赏识他，并且待如上宾。田忌经常与齐王和诸公子赛马，设重金赌注。孙臏发现他们的马脚力都差不多，马分为上、中、下三等，于是对田忌说：“您只管下大赌注，我能让您取胜。”田忌相信并答应了他，与齐王用千金来赌注。比赛即将开始，孙臏说：“现在用您的下等马对付他们的上等马，拿您的上等马对付他们的中等马，拿您的中等马对付他们的下等马。”三场比赛后，田忌一败两胜，最终赢得齐王的千金赌注。于是田忌把孙臏推荐给齐威王。齐威王向他请教兵法，并请他当军师！

这个故事后来被传为千古佳话，成为军事上一条重要的用兵规律，即要善于用局部的牺牲去换取全局的胜利，从而达到以弱胜强的目的。他的基本思想就是不强求一局的得失，而要争取全盘的胜利。正如毛主席所说：“不要计较一城一地的得失，暂时放弃延安，我们将得到整个天下。”

请问：孙臏如何想到这样的策略？有没有其他获胜的方法？

1.1 运筹学概念

运筹学是一门应用科学，至今还没有统一的定义。本教材是为实际管理工作人员而作，从管理实际出发把运筹学看做一种解决实际问题的方法。因而以我国出版的管理百科全书中的定义来定义运筹学：“运筹学是应用分析、试验、量化的方法，是经济管理系统中人力、物力、财力等资源进行统筹安排，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，在其他领域中运筹学也是适用的。

1976年美国运筹学会定义为：“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一机系统，并使之最好地运行的一门学科。”

1978年联邦德国的科学词典中定义为：“运筹学是从事决策模型的数学解法的一门学科。”

前者着重于处理实际问题，而对于“科学方法”则未加说明；后者强调数字解，而注重数学方法。

莫尔斯 (P. M. Morse) 与金博尔 (G. E. Kimball) 在他们的奠基作品中给运筹学下的定义是：“运筹学是在实行管理的领域，运用数学方法，对需要进行管理的问题统筹规划，做出决策的一门应用科学。”

运筹学的其他定义：“管理系统的人为了获得关于系统运行的最优解而必须使用的一种科学方法。”它使用许多数学工具（包括概率统计、数理分析、线性代数等）和逻辑判断方法，研究系统中人、财、物的组织管理和筹划调度等问题，以期发挥最大效益。

我国古代有很多关于运筹学的思想方法的典故。例如，齐王赛马、丁渭修皇宫和沈括运军粮的故事就充分说明，我国不仅很早就有了朴素的运筹思想，而且已在生产实践中实际运用了运筹方法。但是，运筹学作为一门新兴的学科是在第二次世界大战期间才出现的。当时英、美成立了“运作研究” (operational research) 小组，通过科学方法的运用成功解决了许多非常复杂的战略和战术问题。例如，如何合理运用雷达有效地对付德军的空袭；商船如何进行编队护航，使船队遭受德国潜艇攻击时损失最少；在各种情况下如何调整反潜深水炸弹的爆炸深度，才能增加对德国潜艇的杀伤力；等等。

第二次世界大战以后，从事这项工作的许多专家转到了经济部门、民用企业、大学或研究所，继续从事决策的数量方法的研究，运筹学作为一门学科逐步形成并得以迅速发展。

运筹学有广阔的应用领域，它已渗透到诸如服务、库存、搜索、人口、对抗、控制、时间表、资源分配、厂址定位、能源、设计、生产、可靠性、设备维修和更换、检验、决策、规划、管理、行政、组织、信息处理及恢复、投资、交通市场分析、区域规划、预测、教育、医疗卫生各个方面。

1.2 运筹学的产生

第一次世界大战期间 (1914 ~ 1915 年)，兰彻斯特为研究战争的胜负与兵力多寡、火力强弱之间的关系发表了若干军事论文；爱迪生在研究反潜战的项目中，汇编各项典型统计数据，用于选择回避或击毁潜艇的最佳方法，使用“战术对策演示盘”解决了免受潜艇攻击的问题。这是运筹学思想早期在战争中的使用。

第二次世界大战期间，鲍德西雷达站的负责人罗伊 (A. P. Kowe) 提出立即进行整个防空作战系统运行的研究。其成员组是一支综合的队伍，包括心理学家 3 人、数学家 2 人、数学物理学家 2 人、天文物理学家 1 人、普通物理学家 1 人、陆军军官 1 人、测量员 1 人，所研究的具体问题有：设计将雷达信息传送给指挥系统及武器系统的最佳方式；雷达与防空武器的最佳配置。由于该雷达站成功地进行探测、信息传递、作战指挥、战斗机与防空火力的协调，大大提高了英国本

土的防空能力，不久以后在对抗德国对英伦三岛的狂轰滥炸中发挥了极大的作用。“二战”史专家评论说，如果没有这项技术及研究，英国就不可能赢得这场战争，甚至在一开始就被击败。

以战后获得诺贝尔奖的布莱克特（P. M. S. Blackett）为首组建了世界上第一个运筹学小组“Blackett 马戏团”。在他们就此项研究所写的秘密报告中，使用了“operational research”一词，意指“作战研究”或“运用研究”。就是我们所说的运筹学。鲍德西雷达站的研究是运筹学的发祥与典范。

第二次世界大战后这些研究成果逐渐公开发表，这些理论和方法被应用到经济计划、生产管理领域，也产生了很好的效果。这样，operations research 就转义成为“作业研究”。我国把 operations research 译成“运筹学”，非常贴切地涵盖了这个词关于作战研究和作业研究两方面的含义。

追溯运筹学的发展历史，大致可以分为三个时期：萌芽时期；形成与发展时期；现代运筹学时期。

1.2.1 萌芽时期

朴素的运筹学思想自古有之：从阿基米德设计的用于粉碎罗马海军攻占西那库斯城的设防方案，到我国战国时期“孙臆斗马术”的故事；李冰父子主持修建的由“鱼嘴”岷江分洪工程、“飞沙堰”分洪排沙工程和“宝瓶口”引水工程巧妙结合而成的都江堰水利工程；宋真宗皇宫失火，大臣丁渭提出的一举三得重建皇宫的方案；《梦溪笔谈》所记录的军粮供应与用兵进退的关系等事例，无不闪耀着运筹帷幄、整体优化的朴素思想。

【沈括运粮】

沈括（1031~1095年），字存中，号梦溪丈人，汉族，浙江杭州人，北宋政治家、科学家。沈括曾经担任延州（今延安）知州，抵御西夏进攻，他定量地研究了军粮运输问题。陕北多山，车马无法通行，军粮要靠挑夫运输。沈括思考了这样的问题：士兵和挑夫如何配比才最经济？10个士兵配1个挑夫如何？不行，挑夫累死也不够吃；1个士兵配10个挑夫如何？也不行，军粮都被挑夫吃了。10个太多，1个太少，此间应该有一个最优值。

沈括做了这样的假设：一个挑夫能够担负6斗米，一个士兵能够背负1斗米，人均每天吃粮2升（即0.2斗）。其运算如下：

如果1个士兵配1个挑夫，最多可以行军18天： $(6+1) \div 0.2 \div 2 = 17.5$ （天），如果计算回程，只能进军9天。

如果1个士兵配2个挑夫，最多可以行军26天：3人行军，每天吃0.6斗，一个挑夫的粮食可供3人吃10天，挑夫的粮食吃完了，没有必要继续跟随，即刻遣回。挑夫返回也是要吃粮的，还要带上“盘缠”。于是行军至第8天，3人吃掉了4.8斗（ 0.6×8 ），某个挑夫还剩1.2斗粮，令其返回。其余1个士兵、1

个挑夫继续行军, 2 人还有 7 斗粮, $7 \div 0.4 = 17.5$ (天), 两人还可行军 17.5 天, 加上前面的 8 天, 约等于 26 天。如果计算回程能行军 13 天。

如果 1 个士兵配 3 个挑夫, 最多可以行军 31 天: 前 6.5 天, 4 人吃粮, 吃掉了 5.2 斗 ($0.2 \times 4 \times 6.5$)。某个挑夫剩余 0.8 斗粮, 将其遣回。剩余 3 人继续行军, 每天吃粮 0.6 斗, 又过了 7 天, 吃掉 4.2 斗, 某个挑夫剩 1.8 斗粮, 将其遣回。剩余 2 人, 7 斗粮, 可继续行军 17.5 天。共计行军 31 天, 计算回程, 只能行军 16 天。根据不同的作战任务, 可以决定不同的配比组合。

【思考与启示】

此前的粮草供应, 是凭借运粮官的经验估计, 没有上升到科学, 以科学家的思维, 在给定挑夫能力、士兵能力和人均消耗的假设条件后, 定量分析了不同人员配比下的行军天数, 对后勤供应进行量化分析。这个故事启示我们, 科学就在我们身边, 只要有心就能揭示其中奥秘从而把工作做得更好。这也解释了为什么拿破仑打仗时总把数学家加斯帕尔·蒙日带在身边, 严谨的数学思维可以使决策更科学、更合理。

1.2.2 形成与发展时期

运筹学的形成与发展时期主要指第二次世界大战及战后的一段时间, 除了前面所提到的许多著名军事战例之外, 运筹学开始进入工业部门和管理领域。20 世纪 50 ~ 60 年代, 运筹工作者队伍开始迅速壮大, 纷纷成立学会、创办刊物并开始在校开设运筹学课程; 军事运筹学开始面向未来要求展开研究; 大量理论成果问世, 系统专著出版。1947 年丹齐克 (G. B. Dantzig) 提出单纯形法; 1950 ~ 1956 年 LP 对偶理论诞生; 1951 年库恩 (H. W. Kuhn) 和塔克 (A. W. Tucker) 定理奠定了非线性规划理论的基础; 1954 年网络流理论建立; 1955 年创立随机规划; 1958 年创立整数规划及割平面解法, 同年求解动态规划的贝尔曼原理发表; 1960 年丹齐克建立大 LP 分解算法。各个分支得到不断充实和完善并形成体系。

1.2.3 现代运筹学时期

20 世纪 60 年代以来, 运筹学迅速普及和发展。该时期运筹学进一步细分为各个分支, 专业学术团体迅速增多, 运筹学书籍大量出版, 创办了更多的期刊, 许多学校将运筹学课程纳入教学计划中。

1957 年我国从“运筹帷幄之中, 决胜千里之外” (见《史记·高祖本纪》) 古语中摘取“运筹”两字, 将 O. R 正式译作运筹学, 包含运用筹划、以策略取胜等意义, 比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。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 年成立了运筹学研究室, 1980 年中

国运筹学学会正式成立,1986年运筹学细分为许多分支,我国各高等院校特别是各经济管理类专业已经普遍把运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划中,运筹学在我国得到迅速发展。

1.3 运筹学的分支

运筹学的具体内容包括规划论(包括线性规划、非线性规划、整数规划和动态规划)、图论、决策论、排队论、对策论、存储论、可靠性理论等。

1.3.1 规划论

数学规划即上面所说的规划论,是运筹学的一个重要分支,早在1939年苏联的康托洛维奇(H. B. Kahtopob)和美国的希奇柯克(F. L. Hitchcock)等人就在生产组织管理和制订交通运输方案方面研究并应用线性规划方法。1947年旦茨格(G. B. Dantzig)等人提出了求解线性规划问题的单纯形方法,为线性规划的理论及计算奠定了基础,特别是电子计算机的出现和日益完善,更使规划论得到迅速发展,可用电子计算机来处理成千上万个约束条件和变量的大规模线性规划问题,从解决技术问题的最优化,到工业、农业、商业、交通运输业以及决策分析部门,都可以发挥作用。从范围来看,小到一个班组的计划安排,大至整个部门,以至国民经济计划的最优化方案分析,它都有用武之地,具有适应性强、应用面广、计算技术比较简便的特点。非线性规划的基础性工作则是在1951年由库恩和塔克等人完成的,到了20世纪70年代,数学规划无论是在理论上和方法上,还是在应用的深度和广度上,都得到了进一步的发展。

数学规划的研究对象是计划管理工作中有关安排和估值的问题,解决的主要问题是在给定条件下按某一衡量指标来寻找安排的最优方案。它可以表示成求函数在满足约束条件下的极大极小值问题。

数学规划和古典的求极值问题有本质上的不同,古典方法只能处理具有简单表达式和简单约束条件的情况。而现代数学规划中的问题目标函数和约束条件都很复杂,而且要求给出某种精确度的数字解答,因此,算法的研究特别受到重视。

这里最简单的一种问题就是线性规划。如果约束条件和目标函数都是呈线性关系的就叫线性规划。要解决线性规划问题,从理论上讲都要解线性方程组,因此,解线性方程组的方法以及关于行列式、矩阵的知识,就是线性规划中非常必要的工具。

线性规划及其解法——单纯形法的出现,对运筹学的发展起了重大的推动作用。许多实际问题都可以化成线性规划来解决,而单纯形法是有一个行之有效的算法,加上计算机的出现,使一些大型复杂的实际问题的解决成为现实。

非线性规划是线性规划的进一步发展和继续。许多实际问题如设计问题、经济平衡问题都属于非线性规划的范畴。非线性规划扩大了数学规划的应用范围,同时也给数学工作者提出了许多基本理论问题,使数学中的如凸分析、数值分析等也得到了发展。还有一种规划问题和时间有关,叫作“动态规划”。近年来在工程控制、技术物理和通信中的最佳控制问题中,已经成为经常使用的重要工具。

1.3.2 图论

图论是一个古老的但又十分活跃的分支,它是网络技术的基础。图论的创始人是数学家欧拉(L. Euler)。1736年他发表了图论方面的第一篇论文,解决了著名的哥尼斯堡七桥问题,相隔一百年后,在1847年基尔霍夫(G. R. Kirchhoff)第一次应用图论的原理分析电网,从而把图论引进到工程技术领域。20世纪50年代以来,图论的理论得到了进一步发展,将复杂庞大的工程系统和管理问题用图描述,可以解决很多工程设计和决策的最优化问题,例如,完成工程任务的时间最少、距离最短、费用最省等。图论受到数学、工程技术及经营管理等各方面越来越广泛的重视。

1.3.3 决策论

决策论是根据信息和评价准则,用数量方法寻找或选取最优决策方案的科学,是运筹学的一个分支和决策分析的理论基础。在实际生活与生产中对同一个问题所面临的几种自然情况或状态,又有几种可选方案,就构成一个决策,而决策者为对付这些情况所采取的对策方案就组成决策方案或策略。

决策问题根据不同性质通常可以分为确定型、风险型(又称统计型或随机型)和不确定型三种。决策论在包括安全生产在内的许多领域都有着重要应用。

1.3.4 排队论

排队论又叫随机服务系统理论。最初是在20世纪初由丹麦工程师爱尔朗(A. K. Erlang)关于电话交换机的效率研究开始的,在第二次世界大战中为了对飞机场跑道的容纳量进行估算,它得到了进一步的发展,其相应的学科更新论、可靠性理论等也都发展起来。

1909年丹麦电话工程师爱尔朗开始研究排队问题,1930年以后,开始了一般情况的研究,取得了一些重要成果。1949年前后,开始了对机器管理、陆空交通等方面的研究,1951年以后,理论工作有了新的进展,逐渐奠定了现代随机服务系统的理论基础。排队论主要研究各种系统的排队队长、排队的等待时间及所提供的服务等参数,以便求得更好的服务。

排队论的研究目的是要回答如何改进服务机构或组织被服务的对象,使得某种指标达到最优的问题。如一个港口应该有多少个码头、一个工厂应该有多少维修人员等。

因为排队现象是一个随机现象,因此,在研究排队现象的时候,主要采用的是研究随机现象的概率论作为主要工具。此外,还有微分和微分方程。排队论把它所要研究的对象形象地描述为顾客来到服务台前要求接待。如果服务台以被其他顾客占用,那么就要排队。另外,服务台也时而空闲、时而忙碌。就需要通过数学方法求得顾客的等待时间、排队长度等的概率分布。

排队论在日常生活中的应用是相当广泛的,如水库水量的调节、生产流水线的安排、铁路站场的调度、电网的设计等。

1.3.5 博弈论

博弈论又称为对策论,是研究决策者之间相互作用的学科。前面讲的田忌赛马就是典型的博弈论问题。作为运筹学的一个分支,博弈论的发展也只有几十年的历史。系统地创建这门学科的数学家,一般公认为是美籍匈牙利数学家、计算机之父——冯·诺依曼(J. V. Neumann)。

最初用数学方法研究博弈论是在国际象棋中开始的,旨在用来如何确定取胜的算法。由于是研究双方冲突、制胜对策的问题,所以这门学科在军事方面有着十分重要的应用。近年来,数学家还对水雷和舰艇、歼击机和轰炸机之间的作战、追踪等问题进行了研究,提出了追逃双方都能自主决策的数学理论。近年来,随着人工智能研究的进一步发展,对博弈论提出了更多新的要求。

博弈论究决策问题。所谓决策就是根据客观可能性,借助一定的理论、方法和工具,科学地选择最优方案的过程。决策问题是由决策者和决策域构成的,而决策域又由决策空间、状态空间和结果函数构成。研究决策理论与方法的科学就是决策科学。决策所要解决的问题是多种多样的,从不同角度有不同的分类方法,按决策者所面临的自然状态的确定与否可分为确定型决策、风险型决策和不确定型决策;按决策所依据的目标个数可分为单目标决策与多目标决策;按决策问题的性质可分为战略决策与策略决策以及按不同准则划分成的种种决策问题类型。不同类型的决策问题应采用不同的决策方法。决策的基本步骤为:(1)确定问题,提出决策的目标;(2)发现、探索和拟订各种可行方案;(3)从多种可行方案中,选出最满意的方案;(4)决策的执行与反馈,以寻求决策的动态最优。

1.3.6 存储论

存储论是定量方法和技术最早应用的领域之一,是管理运筹学的重要分支。早在1915年人们就开始了存储论的研究。

所谓存储就是将一些物资,如原材料、外购零件、部件、在制品等存储起来以备将来的使用和消费。存储是缓解供应与需求之间出现供不应求或供过于求等不协调情况的必要和有效的方法和措施。但是要存储就需要资金和维护,存储的费用在企业经营的成本中占据非常大的部分,它是企业流动资金中的主要部分,因此,如何最合理、最经济地解决好存储问题是企业经营管理中的大问题。存储论为我们解决这个问题提供了方法。存储论主要解决存储策略问题即如下两个问题:

(1) 当我们补充存储物资时,我们每次补充数量是多少?

(2) 我们应该间隔多长时间来补充我们的存储物资?

我们建立不同的存储模型来解决上面两个问题,我们把模型中需求率、生产率等一些数据皆为确定的数值称之为确定型存储模型,把模型中含有随机变量的称之为随机型存储模型。

1.3.7 可靠性理论

可靠性理论是研究系统故障、以提高系统可靠性问题的理论。可靠性理论研究的系统一般分为两类:一是不可修复系统:如导弹等,这种系统的参数是寿命、可靠度等;二是可修复系统:如一般的机电设备等,这种系统的重要参数是有效度,其值为系统的正常工作时间与正常工作时间加上事故修理时间之比。

1.3.8 搜索论

搜索论是由于第二次世界大战中战争的需要而出现的运筹学分支。主要研究在资源和探测手段受到限制的情况下,如何设计寻找某种目标的最优方案,并加以实施的理论和方法。在第二次世界大战中,同盟国的空军和海军在研究如何针对轴心国的潜艇活动、舰队运输和兵力部署等进行甄别的过程中产生的。搜索论在实际应用中也取得了不少成效,如20世纪60年代,美国寻找在大西洋失踪的核潜艇“打谷者号”和“蝎子号”以及在地中海寻找丢失的氢弹,都是依据搜索论获得成功的。

1.4 运用运筹学的处理步骤

(1) 规定目标和明确问题:包括把整个问题分解成若干子问题,确定问题的尺度、有效性度量、可控变量和不可控变量。

(2) 收集数据和建立模型:包括定量关系、经验关系和规范关系。

(3) 求解模型和优化方案:包括确定求解模型的数学方法、程序设计、调试运行和方案选优。

(4) 检验模型和评价: 包括检验模型在主要参数变动时的结果是否合理, 输入发生微小变化时输出变化的相对大小是否合适以及模型是否容易解出等方面的检验和评价。

(5) 方案实施和不断优化: 包括应用所得的结果解决实际问题, 并在方案实践过程中发现新的问题不断优化。

1.5 运筹学展望

运筹学作为一门新兴学科, 一门处于年轻发展时期的学科, 在理论研究和应用研究的诸多方面, 无论从广度还是深度来说都有着无限广阔的前景。现在的问题是, 运筹学今后究竟应该朝哪个方向发展? 这是运筹学界普遍关心的问题。关于运筹学将往哪个方向发展, 从 20 世纪 70 年代起就在西方运筹学界引起过争论, 至今还没有一个统一的结论。美国前运筹学会主席邦特 (S. Bonder) 认为, 运筹学应在三个领域发展: 运筹学应用、运筹科学、运筹数学, 并强调在协调发展的同时重点发展前两者。这是由于运筹数学在 20 世纪 70 年代已形成一个强有力的分支, 对问题的数学描述已相当完善, 却忘掉了运筹学的原有特色, 忽视了对多学科横向交叉联系和解决实际问题的研究。现在, 运筹学工作者面临的大量新问题是: 经济、技术、社会、生态和政治因素交叉在一体的复杂系统, 所以从 20 世纪 70 年代末 80 年代初, 不少运筹学家提出“要注意研究大系统”, “要从运筹学到系统分析”。由于研究大系统的时间范围有可能很长, 还必须与未来学紧密结合起来; 面临的问题大多是涉及技术、经济、社会、心理等综合因素, 在运筹学中除了常用的数学方法外, 还引入了一些非数学的方法和理论。如美国运筹学家萨蒂 (T. L. Saaty) 于 20 世纪 70 年代末期提出的层次分析法 (AHP), 可以看作是解决非结构问题的一个尝试。针对这种状况, 切克兰德 (P. B. Checkland) 从方法论上对此进行了划分。他把传统的运筹学方法称为硬系统思考, 认为它适合解决结构明确的系统的战术及技术问题, 而对于结构不明确的、有人参与活动的系统就要采用软系统思考的方法。借助电子计算机, 研究软系统的概念和运用方法应是今后运筹学发展的一个方向。

中国运筹学学会从中国数学学会独立出来也说明了运筹学虽然以数学为基础, 但同数学学科有本质的不同。运筹学家除了推动运筹学基本理论的发展外, 还要对社会肩负起与数学家不同的责任。目前, 运筹学和管理学的合并也引起了包括中国在内的世界各国的极大关注。运筹学未来的发展会出现在更多的社会发展领域。

近二十年来, 信息科学、生命科学等现代高科技对人类社会产生了巨大影响, 运筹学工作者还关注到其中一些运筹学起作用的新的工作方向。例如, 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，有一些已进入国际先进水平的行列，被有关同行所认可。

总之，要坚持实事求是及严格的科学态度，通过不懈的努力，运筹学一定会为国家、为世界做出更大的贡献。

【习题】

1. 结合沈括运粮的故事，思考如下问题：

(1) “行军至第8天，3人吃掉了 $0.6 \times 8 = 4.8$ （斗），某个挑夫还剩粮，令其返回”。行进了8天，给挑夫6天的口粮，令其返回，他够吃吗？

(2) 《孙子兵法》说：“食敌一盬，当吾二十盬。”为什么？

(3) 还有什么办法可以提高部队的补给能力？

2. 战时运筹学家并没有运用当今的数学模型，也许他们的策略不一定是优化的，但是简单、实用、快捷的改善受到官兵的欢迎。说说你对“严谨”与“实用”的看法。

3. 第二次世界大战期间，为什么请物理学家、生物学家、数学家参与运筹工作？当年拿破仑作战时也带着一位数学家。这不是“外行指导内行”吗？谈谈你的观点。

4. 《倚天屠龙记》中，张三丰教张无忌练剑，每天练几招，日积月累，张无忌学会了很多招法，但师父张三丰就是不让他出徒，直到有一天，张无忌说：“一招都不记得了。”张三丰说：“你可以出徒了。”这个故事说明了什么？（提示：从知识、能力、素质的视角思考。）

5. 观察你身边的事物，尝试用运筹学的思维方式对其加以改善，这个作业叫“身边的运筹学”。自由组建运筹学小组，将案例制作成PPT，后半学期陆续在课堂上汇报演出。