

普通高等教育“十二五”规划教材

公共基础课系列

运筹学教程

O p e r a t i o n s R e s e a r c h

罗 党 胡沛枫 主 编



 上海财经大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

运筹学教程/罗党, 胡沛枫主编. —上海: 上海财经大学出版社, 2013. 1

(普通高等教育“十二五”规划教材·公共基础课系列)

ISBN 978-7-5642-1542-2/F·1542

I. ①运… II. ①罗… ②胡… 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(2012)第 304981 号

- ☐ 责任编辑 宋澄宇
- ☐ 封面设计 钱宇辰
- ☐ 责任校对 胡 芸 林佳依

YUNCHOUXUE JIAOCHENG

运 筹 学 教 程

罗 党 胡沛枫 主编

上海财经大学出版社出版发行
(上海市武东路 321 号乙 邮编 200434)

网 址: <http://www.sufep.com>

电子邮箱: webmaster@sufep.com

全国新华书店经销

上海华教印务有限公司印刷

上海春秋印刷厂装订

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 21.5 印张 550 千字

印数: 0 001—4 000 定价: 42.00 元

运筹学是一门应用于管理有组织系统的科学,是工科、经济管理类专业的一门核心专业课程。运筹学学科的发展不断拓宽其应用领域,同时运筹学要解决的问题经常涉及经济、技术、社会、生态、政治等因素交叉在一起的复杂系统。在我国高等院校改革和全面提升高等教育质量的背景下,为使相关专业更好地掌握科学的数量方法、系统优化等实用知识,由上海财经大学出版社组织、策划并召集了一批教学经验丰富的一线教师编写了本教材。全书主要包括线性规划、对偶理论与线性规划灵敏度分析、整数规划、目标规划、运输问题、非线性规划、动态规划、图与网络优化、网络计划技术、对策论、排队论、库存论、决策论、灰色预测与决策等内容。

本教材具有以下特点:

1. 内容简明,编排系统

各章由实用、简短或生动的应用案例引入,内容编排尝试创新,如把运输问题建立在线性规划单纯形法的基础上,作为一种具有网络结构的特殊性规划问题来讲解,使得网络优化和线性规划具有共同的理论基础,同时也大大节省了篇幅;又如,动态规划既是一种特殊的数学规划,又是一种特殊的决策问题,安排在数学规划和决策问题之间学习等。

2. 突出“重视实践,简化理论”的实用原则

内容深度适中,理论陈述简明,突出理论联系实际,较为全面、系统地介绍了运筹学的理论和方法。为使读者在较短时间掌握主要内容并能够学以致用,删减了复杂的数学知识及对定理、原理的证明、解释,代之以大量的算例或实例、习题,强化应用内容的介绍和解决方案。

3. 注重运筹学建模方法的培养

全书介绍原理和方法的内容较多,尤其注重提供方法论的指导,尽可能通过实践案例的讲解,锻炼读者的数学和管理思维,培养读者分析问题、建立模型的能力。书中附有 Excel 求解、Lingo 计算机软件求解方法,使读者将精力更多地放在分析问题、建立模型上,也有助于处理更大、更复杂的应用问题。

4. 对原有知识体系适度延伸

本书在保持运筹学学科体系完整基础上,针对“小样本”、“贫信息”等不确定性问题、模糊问题进行了适度介绍,增设了灰色预测与灰色决策理论及方法、模糊决策及运输问题中的“运

输问题的悖论”等内容,以期激发读者兴趣或做进一步研究。

本书除绪论之外,共分十三章。第一章由李亦芳、胡沛枫执笔;第二章、第七章由李亦芳执笔;第三章、第八章由胡沛枫、王波执笔;附录 1、附录 2 由胡沛枫执笔;第四章、第六章、第十一章、第十二章由卢亚丽执笔;第五章、第十三章、附录 3 由程鹏执笔;第十章由程鹏、罗党执笔;绪论、第九章由罗党执笔。全书由罗党、胡沛枫统稿、主编。

本书主要针对在校本科生、研究生、MBA、工程硕士及相关研究人员等编写,也可供经济管理工作者、工程技术人员等参考。

由于编写者水平有限加之时间仓促,书中难免有疏漏或错误,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 11 月

前言/1

绪论/1

- 第一节 运筹学释义与发展简史/1
- 第二节 运筹学研究的基本特征与方法/3
- 第三节 运筹学主要分支简介/5
- 第四节 运筹学与管理科学/7
- 第五节 运筹学的应用及展望/8

第一章 线性规划/11

- 第一节 线性规划问题及其数学模型/12
- 第二节 两个变量线性规划问题的图解法/15
- 第三节 单纯形法/18
- 第四节 确定初始基本可行解的大 M 法与两阶段法/26
- 第五节 运输问题/29
- 习题/43

第二章 线性规划的对偶问题与灵敏度分析/47

- 第一节 线性规划的对偶问题/48
- 第二节 对偶原理/51
- 第三节 对偶单纯形法/54
- 第四节 灵敏度分析/56
- 习题/60

第三章 整数规划/62

第一节 整数规划问题及模型/63

第二节 割平面法/65

第三节 分枝定界解法/69

第四节 0—1 型整数规划及指派问题/72

习题/78

第四章 目标规划/80

第一节 目标规划问题及数学模型/81

第二节 目标规划的图解法/85

第三节 目标规划的单纯形法/86

第四节 目标规划应用举例/90

习题/93

第五章 非线性规划/95

第一节 非线性规划问题/96

第二节 一维搜索/98

第三节 无约束最优化方法/100

第四节 约束最优化方法/104

习题/110

第六章 对策论/111

第一节 对策论的基本概念/112

第二节 矩阵对策的概念及模型/115

第三节 矩阵对策的最优纯策略/119

第四节 矩阵对策的混合策略/122

第五节 矩阵对策的解法/124

习题/135

第七章 动态规划/137

第一节 动态规划的基本概念/138

第二节 动态规划的基本原理与基本方程/141

第三节 动态规划数学模型的建立与求解/144

第四节 动态规划的应用举例/146

习题/152

第八章 决策分析/154

第一节 决策基本问题/155

第二节 确定型决策/158

第三节 不确定型决策/160

第四节 风险型决策/164

第五节 决策中的效用理论/169

第六节 层次分析法/175

第七节 模糊决策/181

习题/184

第九章 灰色预测与决策/187

第一节 灰色系统理论入门/188

第二节 灰色预测的基本理论与方法/195

第三节 灰色决策的基本理论与方法/199

习题/206

第十章 图与网络/208

第一节 图的基本概念/210

第二节 欧拉图与中国邮路问题/215

第三节 最短路问题/219

第四节 最大流问题/224

第五节 树及最小树问题/233

习题/236

第十一章 网络计划技术/238

第一节 网络图的绘制/239

第二节 网络图时间参数的计算/243**第三节 网络图的优化/249**

习题/254

第十二章 存贮论/257**第一节 存贮论的基本概念/258****第二节 确定型存贮模型/261****第三节 随机型存贮模型/273**

习题/282

第十三章 排队论/284**第一节 排队系统常见分布及有关理论/285****第二节 基本的排队模型/289****第三节 排队系统的经济分析——最优化问题/294**

习题/297

附录 1 Excel 在运筹学问题求解中的应用/299**附录 2 Excel 在运筹学问题求解中的实验/309****附录 3 Lingo 在运筹学问题求解中的应用/314****附录 4 Lingo 在运筹学问题求解中的实验/332****主要参考文献/335**



绪 论

第一节 运筹学释义与发展简史

一、运筹学释义

“运筹学”一词起源于 20 世纪 30 年代。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”,“运筹学为掌管这类系统的人提供决策目标和数量分析的工具”。《中国大百科全书》的释义为:运筹学“用数学方法研究经济、民政和国防等部门在内外环境的约束条件下合理分配人力、物力、财力等资源,使实际系统有效运行的技术科学,它可以用来预测发展趋势,制定行动规划或优选可行方案”(《自动控制与系统工程》卷,1991 年版)。《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”。《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”。

“运筹学”一词在英国称为 operational research,在美国称为 operations research(缩写为 O. R.),可以直译为“运用研究”或“作业研究”,在日本译作“运用学”,在中国香港、台湾译为“作业研究”。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。从这点出发,有人将运筹学称做“管理数学”。1957 年我国学者从古语“运筹帷幄之中,决胜千里之外”取“运筹”二字,充分体现了这门学科运心筹谋、策略取胜的精髓。

朴素的运筹学思想在我国古代文献中有不少记载,早在公元前 4 世纪,我国就有很高的运

筹艺术水平,如田忌赛马和丁渭主持皇宫的修复等事。田忌赛马的故事是说战国时期,齐威王与田忌赛马,规定双方各出上、中、下三个等级的马各一匹。如果按同等级的马比赛,齐王可获全胜。田忌的谋士孙臆提出的以下、上、中对策,使处于劣势的田忌战胜齐王,这是从总体出发制定对抗策略的一个著名事例。丁渭修皇宫的故事发生在北宋真宗年间,皇城失火,宫殿烧毁,大臣丁渭主持了皇宫修复工程。他采用了一套综合施工方案:

第一,先在需要重建的大道上就近取土烧砖。

第二,在取土后的深沟中引水,形成人工河,再由此水路运入建筑材料,从而加快了工程进度;

第三,皇宫修复后,又将碎砖废土填入沟中,重修大道。

此方案使烧砖、运输建筑材料和处理废墟三项繁重工程任务协调起来,从而在总体上得到了最佳解决,一举三得,节省了大量劳力、费用和时间。

二、运筹学的发展简史

(一)运筹学的早期应用

运筹学早年主要应用于对军事问题的研究。20世纪30年代末,英国为解决空袭的早期预警,积极进行“雷达”的研究。但随着雷达性能的改善和配置数量的增多,出现了来自不同雷达站的信息以及雷达站同整个防空作战系统的协调配合问题。1938年7月,波得塞(Bawdsey)雷达站的负责人罗伊(A. P. Rowe)提出立即进行整个防空作战系统运行的研究,并用“operational research”一词作为这方面研究的描述,这就是O. R. (运筹学)这个名词的起源。1940年9月,英国成立了由物理学家布莱克特领导的第一个运筹学小组,后来发展到每一个英军指挥部都成立运筹学小组。1942年美国 and 加拿大也都相继成立了运筹学小组,这些小组在确定扩建舰队规模、开展反潜艇战的侦察和组织有效的对敌轰炸等方面作了大量研究,为取得反法西斯战争的胜利及运筹学有关分支的建立作出了贡献。1939年,苏联学者摩托洛维奇出版了《生产组织与计划中的数学方法》一书,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“解乘数法”的求解方法,为数学与管理科学的结合做了开创性的工作。

(二)运筹学发展的三个阶段

第二次世界大战以后,运筹学的活动扩展到工业和政府等部门,它的发展大致可分为三个阶段:

1. 创建时期(1945年到20世纪50年代初)

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。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来进行介绍,1950年英国伯明翰大学开设了运筹学课程,1952年在美国卡斯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,第一个运筹学学会美国运筹学学会于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,标志着运筹学这门学科基本形成。

2. 成长时期(20世纪50年代初期到50年代末期)

此阶段的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、动态规划方法等,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应用。20世纪50年代末,美国有大概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年到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年成立运筹学联合会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。

3. 普及和迅速发展时期(自20世纪60年代以来)

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。

我国第一个运筹学研究小组是在钱学森、许国志的推动下于1956年在中国科学院力学研究所成立的,1958年建立了运筹学研究室。1960年在山东济南召开全国应用运筹学的经验交流和推广会议,1962年和1978年先后在北京和成都召开了全国运筹学专业学术会议,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推广。除中国运筹学学会外,中国系统工程学会以及同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。

由于运筹学在提高组织机构的效率方面已取得显著成效,它的影响已得到显著扩展。目前国际上著名的运筹学刊物有: *Management Science*, *Operations Research*, *Interfaces*, *Journal of Operational Research Society*, *European Journal of Operations Research* 等。

第二节 运筹学研究的基本特征与方法

运筹学研究的基本特征是:系统的整体观念,多学科的综合,以及模型方法的应用。

一、系统的整体观念

所谓系统,可以理解为是由相互联系、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管理有很多子系统组成,包括生产、技术、供应、销售、财务等,各子系统工作得好坏,直接影响企业经营管理的好坏。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,希望增加产品批量;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。运筹学不是对各孤立子系统的决策行为进行孤立的评价,而把各有关子系统相互关联的决策结合起来考虑,把相互影响和相互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。

二、多学科的综合

一个组织或系统的有效管理涉及很多方面,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,具有不同的经验和经历,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,在研究和分析问题的主要方面,在选定和探索解决问题的途径时,显得特别重要。

三、模型方法的应用

(一)建立模型是运筹学的精髓

在各门学科的研究中广泛应用实验的方法,但运筹学研究的系统往往不能搬到实验室来,代替的办法是建立这个问题的数学模型或模拟的模型。应当指出,为制定决策提供科学依据是运筹学应用的核心,而建立模型则是运筹学方法的精髓。学习运筹学要掌握的最重要的技能就是提高对运筹学数学模型的表达、运算和分析能力。

(二)模型方法应用的步骤

任何一门学科从研究范畴上大致都可以分为以下四个方面:从观察现象所得到的结果和进行这种观察所需要的特殊方法;理论和模型的建立;将理论和观察相结合,并从结果得到预测;将这些预测同新的观察相比较,并加以证实。运筹学也不例外,围绕着模型的建立、修正与实施,对上述四个方面的研究可以分为以下步骤:

1. 提出问题——用自然语言描述问题

任何问题在进行定量分析前,首先必须认真地进行定性分析。一是要确定决策目标,明确主要决策什么,选取上述决策时的有效性变量,以及在对方案比较时这些变量的权衡;二是要辨认哪些是决策中的关键因素,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,使这个目标进一步明确化。此外还需要同有关人员,特别是决策的关键人员深入讨论,明确有关研究问题的过去和将来,问题的边界、环境以及包含这个问题在内的更大系统的有关情况,以便在对问题的表述中明确要不要把整个问题分成若干较小的子问题。在上述分析的基础上,可以列出表述问题的各种基本要素,包括哪些是可控的决策变量,哪些是不可控的变量,确定限制变量取值的各种工艺技术条件,以及确定优化和对方案改进的目标。

2. 建立数学模型——用变量、函数、方程描述问题

模型是对现实世界的事物、现象、过程和系统的简化描述,或其部分属性的模仿,是对实际问题的抽象概括和严格的逻辑表达。模型的正确建立是运筹学研究中的关键一步,对模型的研制是一项艺术,它是将实际问题、经验、科学方法三者有机结合的创造性的工作。建立模型的好处:一是使问题的描述高度规范化,掌握其本质规律。如在管理中,对人力、设备、材料、资金的利用安排都可以归纳为所谓资源的分配利用问题,可建立起一个统一的规划模型,而对规划模型的研究代替了对一个个具体问题的分析研究。二是建立模型后,可以通过输入各种数据资料,分析各种因素同系统整体目标之间的因果关系,从而确立一套逻辑的分析问题的程序方法。三是建立系统的模型,为应用电子计算机来解决实际问题架设起桥梁。建立模型时既要尽可能包含系统的各种信息资料,又要抓住本质的因素。一般建模时应尽可能选择建立数学模型,即用数学语言描述的一类模型。但有时问题中的各种关系难以用数学语言描绘,或问题中包含的随机因素较多,也可以建立起一个模拟的模型,即将问题的因素、目标及运行时的关系用逻辑框图的形式表示出来。

3. 求解模型——主要用数学方法对模型求解,复杂模型求解要用计算机

用数学方法或其他工具(如编写计算机程序)对模型进行求解。根据问题的要求,可分别

求出最优解、次最优解或满意解;依据对解的精度要求及算法上实现的可能性,又可区分为精确解和近似解等。近年来出现的启发式算法和一些软件计算方法为一些结构复杂的运筹学模型的求解提供了有力的工具。

4. 模型解的检验与修正——测试模型及对模型进行必要的修正

将实际问题的数据资料代入模型,找出精确解或近似解。为了检验得出的解是否正确,常采用回溯的方法,即将历史的数据输入模型,研究得到的解与历史实际的符合程度,以判断模型是否正确。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述是否前后一致。当输入发生微小变化时,检验输出变化的相对大小是否合适,当模型中各参数取极值时,检验问题的解,还要检查模型是否容易求解,并在规定时间内算出所需要的结果等,以便发现问题,对已构建的模型进行修正。

5. 决策的实施——决策者根据自己的经验和偏好,对方案进行选择,作出实施的决定

方案的实施是很关键的一步,但也是很困难的一步。只有实施方案后,研究成果才能有收获。这一步要求明确:方案由谁实施,什么时候实施,如何实施,要求估计实施过程可能遇到的阻力,并为此制定相应的克服困难的措施。

上述步骤往往需要交叉反复进行。因此在运筹学的研究中,除对系统进行定性分析和搜集必要的资料外,一项主要的工作是建立一个用以描述现实世界复杂问题的数学模型。这个模型是近似的,它既精确到能够反映问题的本质,又粗略到能够求出数量上的解。

第三节 运筹学主要分支简介

运筹学按所解决问题性质的差别,将实际的问题归结为不同类型的数学模型。这些不同类型的数学模型构成了运筹学的各个分支。主要的分支有以下几个:

一、线性规划(Linear Programming)

经营管理中如何有效地利用现有人力、物力完成更多的任务,或在预定的任务目标下,如何耗用最少的人力、物力去实现目标。这类统筹规划的问题用数学语言表达,先根据问题要达到的目标选取适当的变量,问题的目标通过用变量的函数形式表示(称为目标函数),对问题的限制条件用有关变量的等式或不等式表达(称为约束条件)。当变量连续取值,且目标函数和约束条件均为线性时,称这类模型为线性规划的模型。这是运筹学中应用最为广泛的一个分支。

用线性规划求解的典型问题有运输问题、生产计划问题、下料问题、混合配料问题等。有些规划问题的目标函数是非线性的,但往往可以采用分段线性化等方法,转化为线性规划问题。

二、非线性规划(Nonlinear Programming)

如线性规划模型中目标函数或约束条件不全是线性的,对这类模型的研究构成非线性规划分支。由于大多数工程物理量的表达式是非线性的,因此非线性规划在各类工程的优化设计中得到较多应用,是优化设计的有力工具。

三、动态规划(Dynamic Programming)

动态规划是研究多阶段决策过程最优化的运筹学分支。有些经营管理活动由一系列互相

关联的阶段组成,在每个阶段依次进行决策,而且上一阶段的输出状态就是下一阶段的输入状态,各阶段决策之间互相关联,因而构成一个多阶段的决策过程。动态规划研究多阶段决策过程的总体优化,即从系统总体出发,要求各阶段决策所构成的决策序列使目标函数值达到最优。

四、图论与网络分析(Graph Theory and Network Analysis)

生产管理中经常遇到工序间的合理衔接搭配问题,设计中经常遇到研究各种管道、线路的通过能力,以及仓库、附属设施的布局等问题。运筹学中把一些研究的对象用节点表示,对象之间的联系用连线(边)表示,用点、边的集合构成图。图论是研究由节点和边所组成图形的数学理论和方法。图是网络分析的基础,根据研究的具体网络对象(如铁路网、电力网、通信网等),赋予图中各边某个具体的参数,如时间、流量、费用、距离等,规定图中各节点代表具体网络中任何一种流动的起点、中转点或终点,然后利用图论方法来研究各类网络结构和流量的优化分析。网络分析还包括利用网络图形来描述一项工程中各项作业的进度和结构关系,以便对工程进度进行优化控制。

五、存贮论(Inventory Theory)

一种研究最优存贮策略的理论和方法。如为了保证企业生产的正常进行,需要有一定数量原材料和零部件的储备,以调节供需之间的不平衡。实际问题中,需求量可以是常数,也可以是服从某一分布的随机变量。每次订货需一定费用,提出订货后,货物可以一次到达,也可能分批到达。从提出订货到货物的到达可能是即时的,也可能需要一个周期(订货提前期)。某些情况下允许缺货,有些情况不允许缺货。存贮策略研究在不同需求、供货及到达方式等情况下,确定在什么时间点及一次提出多大批量的订货,使用于订购、贮存和可能发生短缺的费用总和为最少。

六、排队论(Queuing Theory, or Waiting Line Theory)

生产和生活中存在大量有形和无形的拥挤和排队现象。排队系统由服务机构(服务员)及被服务的对象(顾客)组成。一般顾客的到达及服务员用于对每名顾客的服务时间是随机的,服务员可以是一个或多个,多个情况下又分平行或串联排列。排队按一定规则进行,如分为等待制、损失制、混合制等。排队论研究顾客不同输入、各类服务时间的分布、不同服务员数及不同排队规则情况下排队系统的工作性能和状态,为设计新的排队系统及改进现有系统性能提供数量依据。

七、对策论(Game Theory)

对策论又可称为博弈论或竞赛论,用于研究具有对抗局势的模型。在这类模型中,参与对抗的各方称为局中人,每个局中人均有一组策略可供选择,当各局中人分别采取不同策略时,对应一个收益或需要支付的函数。在社会、经济、管理等与人类活动有关的系统中,各局中人都按各自的利益和知识进行博弈,每个人都力求扩大自己的利益,但又无法精确预测其他局中人的行为,无法取得必要的信息,他们之间还可能玩弄花招、制造假象。对策论为局中人在这种高度不确定和充满竞争的环境中,提供一套完整的、定量化和程序化的选择策略的理论和办法。对策论已应用于商品、消费者、生产者之间的供求平衡分析,利益集团间的协商和谈判,以

及军事上各种作战模型的研究等。中国古代田忌赛马就是最简单的对策论问题。目前,对策论已广泛应用于管理和经济各个领域。

八、决策论(Decision Theory)

决策是指为最有效地达到目标,依据一定准则,对若干备选的行动方案进行的抉择。决策过程一般是指:形成决策问题,提出方案,确定目标及效果的度量,确定各方案对应的结局及出现的概率,确定决策者对不同结局的效用值,综合评价,决定方案的取舍。决策论是对整个决策过程中涉及方案目标的选取、度量,概率值的确定,效用值的计算,一直到最优方案和策略选取的有关科学理论。

第四节 运筹学与管理科学

一般认为运筹学诞生的三个来源是军事、管理和经济,但其中管理是运筹学孕育的主要土壤,因为基于军事和经济产生的运筹学方法和分支最终都移植到管理中应用和发展。管理是从生产出现分工时就有的,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,要求生产组织高度的合理性,高度的计划性和高度的经济性,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,追求整体的效率和效益,这正是运筹学研究的基础和目标。

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、对策论等,无不同管理的发展具有密切联系。管理科学研究、踪迹经济管理的规律,这是运筹学研究提出问题和对问题进行定性分析的依据和基础。但运筹学又在对问题进行分析的基础上找出各种因素之间数量上的联系,并对问题进行建模和求解,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和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,如果协同合作,可以提高工作效率,减少被服务对象的等待时间。运筹学的排队论分支中,用具体例子说明 3 个人联合看管 20 台机器,不仅效率高于 3 个人每人分管 6 台机器,而且还缩短了机器的平均等待时间,从理论上验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,反映不出各道工序的联系和制约。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。

运筹学在管理人才的培养方面具有十分重要的地位。首先,它有助于训练管理人员的逻辑思维能力,运筹学研究问题的六个步骤将锻炼观察问题和归纳问题的能力,辨别问题的可控因素和非可控因素,弄清问题的要素结构及其相互联系,确定分析问题须获得的资料数据及怎样获取,如何使建立的模型既接近实际,又尽可能简化等。其次,应用运筹学对实际问题的求解分析将有助于培养管理人员对问题的直觉洞察能力,当面对一个问题时能对问题做出一个大概的判断,以至预见问题的可能结局。以上两方面能力对管理人员的素质提高是至关重要的。

运筹学的研究应用已经给企业和国民经济各部门带来了巨大的财富节约。由国际运筹学联合会和美国运筹学(管理科学)学会联合主办的 *Interfaces* 杂志主要用于刊登运筹学的应用

成果,由国际运筹学联合会每年在世界范围内评选出六篇最优秀的运筹学(管理科学)应用成果,授予弗兰茨·厄德曼(Franz Edelman)奖,并刊登于该杂志每年的首期(1~2月号)上。

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,数学已经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,管理与社会经济紧密相连,它所涉及的是物质运动的最高方式,并且有人的参与,要建立数学模型,用数学的语言描绘(包括对人的行为描述),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、管理同数学紧密结合的一门学科,它的诞生还只有60多年,现有的分支、理论和方法还远远满足不了描述复杂的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问题中发展起来的,而管理学的发展又必将为运筹学的进一步发展开辟广阔的领域。

第五节 运筹学的应用及展望

一、运筹学的应用

在介绍运筹学的简史时,已经提到了运筹学在早期的应用,主要在军事领域。第二次世界大战后运筹学的应用转向民用,这里只对某些重要领域给予简述。

(1)市场营销。主要应用在广告的预算和媒介的选择、竞争性定价、新产品开发、营销计划的制订等方面。如美国杜邦公司在20世纪50年代起就非常重视将运筹学用于研究如何做好广告、产品定价和新产品的引入。通用电气公司对某些市场进行模拟研究。

(2)生产计划。在总体计划方面主要用于总体确定生产、存储和劳动力的配合等计划,以适应波动的需求计划,用线性规划和模拟方法等。如巴基斯坦某一重型制造厂用线性规划安排生产计划,节省10%的生产费用。还可用于生产作业计划、日程表的编排等。此外,还有在合理下料、配料问题、物料管理等方面的应用。

(3)库存管理。主要应用于多种物资库存量的管理,确定某些设备的能力或容量,如停车场的大小、新增发电设备的容量大小、电子计算机的内存量、合理的水库容量等。美国某机器制造公司应用存储论后,节省18%的费用。目前国外新动向是将库存理论同计算机的物资管理信息系统相结合。如美国西电公司,从1971年起用5年时间建立了“西电物质管理系统”,使公司节省了大量的物资存储费用和运费,而且减少了管理人员。

(4)运输问题。这涉及空运、水运、公路运输、铁路运输、管道运输、场内运输。空运问题涉及飞行航班和飞行机组人员服务时间安排等。为此在国际运筹学协会中设置有航空组,专门研究空运中运筹学问题。水运有船舶航运计划、港口装卸设备的配置和船到港后的运行安排。公路运输除了汽车调度计划外,还有公路网的设计与分析,市内公共汽车路线的选择和行车时间表的安排,出租汽车的调度和停车场的设立。铁路运输方面的应用就更多了。

(5)财政和会计。这里涉及预算、贷款、成本分析、定价、投资、证券管理、现金管理等。用得较多的是统计分析、数学规划和决策分析。此外还有盈亏点分析法和价值分析法等。

(6)人事管理。这里涉及六个方面:①人员的获得和需求估计;②人员的开发,即进行教育和培训;③人员的分配,主要是各种指派问题;④各类人员的合理利用问题;⑤人才的评价,其中有如何测定一个人对组织、社会的贡献;⑥工资和津贴的确定。

(7)设备维修、更新和可靠性、项目选择和评价。

(8)工程的优化设计。这在建筑、电子、光学、机械和化工等领域都有应用。

(9)计算机和信息系统。可将运筹学用于计算机的内存分配,研究不同排队规则对磁盘工作性能的影响。有人运用整数规划寻找满足一组需求文件的寻找次序,利用图论、数学规划等方法研究计算机信息系统的自动设计。

(10)城市管理。这里有各种紧急服务系统的设计和运用,如救火站、救护车、警车等分布点的设立。美国曾用排队论的方法来确定纽约市紧急电话站的值班人数。加拿大曾研究一城市的警车的配置和负责范围,出事故后警车应走的路线等。此外还有城市垃圾的清扫、搬运和处理,城市供水和污水处理系统的规划……

我国运筹学的应用是在1957年始于建筑业和纺织业。在理论联系实际的思想指导下,从1958年开始在交通运输、工业、农业、水利建设、邮电等方面都有应用。尤其是在运输方面,从物资调运、装卸到调度等。粮食部门为解决合理调运粮食问题也提出了“图上作业法”。我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,管梅谷提出了国外称之为“中国邮路问题”的解法。在工业生产中推广了合理下料,机床负荷分配。在纺织业中曾用排队论方法解决细纱车间劳动组织,最优折布长度等问题。在农业中研究了作业布局、劳力分配和麦场设置等。从20世纪60年代起我国的运筹学工作者在钢铁和石油部门开展较全面的和深入的应用;投入产出法在钢铁部门首先得到应用。从1965年起统筹法的应用在建筑业、大型设备维修计划等方面取得了可喜的进展。从1970年起在全国大部分省、市和部门推广优选法。其应用范围有配方配比的选择、生产工艺条件的选择、工艺参数的确定、工程设计参数的选择、仪器仪表的调试等。在20世纪70年代中期最优化方法在工程设计界得到了广泛的重视。在光学设计、船舶设计、飞机设计、变压器设计、电子线路设计、建筑结构设计和化工过程设计等方面都有成果。从20世纪70年代中期排队论开始研究矿山、港口、电信和计算机的设计等方面。图论曾用于线路布置和计算机的设计、化学物品的存放等。存储论在我国应用较晚,20世纪70年代末在汽车工业和其他部门取得成功。近年来运筹学的应用已趋向研究大规模和复杂的问题,如部门计划、区域经济规划等;并已与系统工程难以分解。

二、运筹学的展望

关于运筹学将往哪个方向发展,从20世纪70年代起西方运筹学工作者有种种观点,至今还未说清。这里提出运筹学界的一些观点,仅供研究参考。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、运筹科学和运筹数学。并强调发展前两者,从整体讲应协调发展。现代运筹学工作者面临的大量新问题是经济、技术、社会、生态和政治等因素交叉在一起的复杂系统。因此,从20世纪70年代末到80年代初不少运筹学家提出,要大家注意研究大系统,注意与系统分析相结合。美国科学院国际开发署出了一本书,其书名就把系统分析和运筹学并列。有的运筹学家提出了“要从运筹学到系统分析”的报告。由于研究新问题的时间范围很长,因此必须同未来学紧密结合。由于面临的问题大多是涉及技术、经济、社会、心理等综合因素的研究,在运筹学中除常用的数学方法以外,还引入一些非数学的方法和理论。曾在20世纪50年代写过“运筹学的数学方法”的美国运筹学家沙旦(T. B. Saaty)在20世纪70年代末提出了层次分析法(AHP),并认为过去过分强调细巧的数学模型,可是它很难解决那些非结构性的复杂问题,反而用看起来简单和粗糙的方法,加上决策者的正确判断,却能解决实际问题。切克兰特(P. B. Checkland)把传统的运筹学方法称为