

普通高等教育“十二五”应用型规划教材



21世纪经济与管理应用型本科规划教材

工商管理系列

管理运筹学

Management
Operations Research

常相全 李同宁 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

博
雅

21世纪经济与管理应用型本科规划教材

工商管理系列

管理运筹学

Management
Operations Research

常相全 李同宁 主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学/常相全,李同宁主编. —北京:北京大学出版社, 2013. 2

(21世纪经济与管理应用型本科规划教材·工商管理系列)

ISBN 978-7-301-22052-8

I. ①管… II. ①常… ②李… 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(2013)第019443号

书 名: 管理运筹学

著作责任者: 常相全 李同宁 主编 孙树奎 彭伟华 赵淑海 邢丽云 副主编

策划编辑: 李 娟

责任编辑: 马 霄

标准书号: ISBN 978-7-301-22052-8/C·0870

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电子信箱: em@pup.cn QQ:552063295

新浪微博: @北京大学出版社 @北京大学出版社经管图书

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752926 出版部 62754962

印 刷 者: 三河市博文印刷厂

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 17.75印张 426千字

2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

印 数: 0001—3000册

定 价: 33.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

丛书出版前言

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,目前我国高等教育还不能完全适应国家经济社会发展的要求,学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺。所以,在此背景下,北京大学出版社响应教育部号召,在整合和优化课程、推进课程精品化与网络化的基础上,积极构建与实践接轨、与研究生教育接轨、与国际接轨的本科教材体系,特策划出版《21世纪经济与管理应用型本科规划教材》。

《21世纪经济与管理应用型本科规划教材》注重系统性与综合性,注重加强学生分析能力、人文素养及应用性技能的培养。本系列包含三类课程教材:通识课程教材,如《大学生创业指导》等,着重于提高学生的全面素质;基础课程教材,如《经济学原理》《管理学基础》等,着重于培养学生建立宽厚的学科知识基础;专业课程教材,如《组织行为学》《市场营销学》等,着重于培养学生扎实的学科专业知识以及动手能力和创新意识。

本系列教材在编写中注重增加相关内容以支持教师在课堂中使用先进的教学手段和多元化的教学方法,如用课堂讨论资料帮助教师进行启发式教学,增加案例及相关资料引发学生的学习兴趣等;并坚持用精品课程建设的标准来要求各门课程教材的编写,力求配套多元的教辅资料,如电子课件、习题答案和案例分析要点等。

为使本系列教材具有持续的生命力,我们每隔三年左右会对教材进行一次修订。我们欢迎所有使用本系列教材的师生给我们提出宝贵的意见和建议(我们的电子邮箱是 em@pup.cn),您的关注就是我们不断进取的动力。

在此,感谢所有参与编写和为我们出谋划策提供帮助的专家学者,以及广大使用本系列教材的师生,希望本系列教材能够为我国高等院校经管专业的教育贡献绵薄之力。

北京大学出版社
经济与管理图书事业部
2012年1月

前 言

本书是主要针对管理类专业应用型本科生的教材。

运筹学是用数学方法研究各种系统优化问题的科学,运用数学模型求得合理运用现有条件的最优方案,为决策者提供科学决策的依据。作为一门起源于战争、扎根于数学、应用于管理的科学,运筹学具有广阔的应用空间和发展空间。

运筹学研究的内容广博、分支众多,应用的领域非常广泛。一本运筹学的教材不可能面面俱到、同时适合各类学生学习的需要。管理类专业本科生对运筹学的学习,强调的是理论方法在现实中的应用,并不过度强调其理论与方法的数学原理和数学基础,因此在讲授过程中,对于需要较深数学基础的部分内容一般不予讲授。

作为一本主要针对管理类专业应用型本科生的教材,本书尽量简化运筹学相关模型方法的数学原理与推导,着重强调运筹学相关方法模型在各类经济、管理等实际问题优化中的具体运用。

本书的内容包括十一章,主要介绍了线性规划、对偶理论、灵敏度分析、运输问题、整数规划、目标规划、动态规划、图与网络分析,同时还对排队论、存储论、对策论、决策论、非线性规划、数据包络分析、模糊规划、启发式算法等进行了简要介绍。鉴于本书的写作目的,重点放在了前九章内容上。同时,本书还对运筹学常用软件如LINGO(LINDO)、WinQSB、EXCEL、MATLAB优化工具箱等进行了介绍。

本书概念清晰、重点突出、通俗易懂、实践性强。可以作为经济管理、工商管理、财务管理、信息管理、工程管理、项目管理等管理类专业本科生的教材,也可供从事管理科学、系统工程、优化设计等专业的本专科生及相关科研人员参考。

本书的主要参编人员还有李同宁、孙树垒、彭伟华、赵淑海、邢丽云等教师,感谢他们付出的辛苦和努力。在编写过程中参阅的许多优秀著作均在参考文献中列出,对于这些著作的作者及出版社致以由衷的感谢!最后,向所有关心和支持本书出版的人们致以敬意!

由于编者水平和经验有限,本书在编写及出版工作中可能还存在着很多的不足和缺点,恳切希望使用本书的教师、学生和专家学者提出批评建议。

编 者
2012.11

◆第一章 绪 论 / 1

- 第一节 运筹学的起源与发展/1
- 第二节 运筹学的基本特征/7
- 第三节 运筹学的研究内容/10
- 第四节 运筹学常用软件/13

◆第二章 线性规划模型与单纯形法 / 16

- 第一节 线性规划概述/17
- 第二节 线性规划的数学模型/19
- 第三节 线性规划问题的相关概念与定理/25
- 第四节 单纯形法/32
- 第五节 单纯形法的进一步讨论/36
- 第六节 应用举例/43
- 第七节 软件求解与分析/46

◆第三章 线性规划的对偶理论 / 57

- 第一节 对偶规划 / 58
- 第二节 单纯形法计算的矩阵描述 / 62
- 第三节 对偶问题的性质 / 65
- 第四节 对偶变量的经济解释 / 68
- 第五节 对偶单纯形法 / 71

◆第四章 灵敏度分析 / 77

- 第一节 灵敏度分析概述 / 78
- 第二节 灵敏度分析 / 79
- 第三节 软件求解与分析 / 85

◆第五章 运输问题 / 90

- 第一节 运输问题的数学模型 / 91
- 第二节 表上作业法 / 96
- 第三节 运输问题的进一步讨论 / 106
- 第四节 应用举例 / 108

◆第六章 整数规划 / 115

- 第一节 整数规划的提出/116
- 第二节 Gomory 割平面法/120
- 第三节 分支定界法/123
- 第四节 0-1 型整数规划/126
- 第五节 指派问题/131

◆第七章 目标规划 / 143

- 第一节 目标规划问题及其数学模型/144
- 第二节 目标规划的图解法/148
- 第三节 解目标规划问题的单纯形法/150
- 第四节 目标规划应用举例/154
- 第五节 用 WinQSB 软件求解目标规划问题/157

◆第八章 动态规划 / 163

- 第一节 动态规划基本概念/164
- 第二节 动态规划的模型/167
- 第三节 动态规划的求解方法/169
- 第四节 应用举例/173
- 第五节 软件求解与分析/183

◆第九章 图与网络分析 / 190

- 第一节 图与网络的基本概念/191
- 第二节 最小树/194
- 第三节 最短路问题/195
- 第四节 最大流问题/200
- 第五节 最小费用流问题/205
- 第六节 欧拉回路与中国邮递员问题/206
- 第七节 用 WinQBS 软件解网络模型/208

◆第十章 排队论、存储论与对策论 / 215

第一节 排队论 / 216

第二节 存储论 / 222

第三节 对策论 / 234

◆第十一章 运筹学的其他方法 / 241

第一节 非线性规划 / 241

第二节 决策论 / 251

第三节 数据包络分析 / 257

第四节 模糊规划 / 262

第五节 启发式算法 / 265

参考文献 / 269

第一章

绪 论

知识目标

1. 理解并掌握运筹学的来源及其概念。
2. 了解运筹学的发展过程。
3. 掌握运筹学研究的主要内容与分支。
4. 掌握运筹学的模型化方法的研究思想。
5. 了解运筹学的主要应用领域。
6. 了解运筹学常用的软件。

第一节 运筹学的起源与发展

运筹学(operations research)是系统工程的最重要的理论基础之一,在美国有人把运筹学称为管理科学(management science)。运筹学所研究的问题,可以简单地归结为一句话:“依照给定条件和目标,从众多方案中选择最佳方案”,因此也有人称其为最优化技术。

一、运筹学释义

1. 运筹

在现代汉语词典中,运筹是筹划、制定策略进行谋划的意思,主要有两层含义:

(1) 制定策略,筹划

汉王褒《圣主得贤臣颂》:“及其遇明君遭圣主也,运筹合上意,谏诤则见听。”唐孟浩然《送告八从军》诗:“运筹将入幕,养拙就闲居。”明无名氏《鸣凤记·夏公命将》:“亏祖宗之洪图,实臣子之大罪,敢此运筹,潜图恢复。”

(2) 用算筹进行计算

宋沈括《梦溪笔谈·技艺》：“(卫朴)大乘除皆不下,照位运筹如飞,人眼不能逐。”宋文莹《玉壶清话》卷八：“太宗居晋邸,知客押衙陈从信者心计精敏,掌功官帑,轮指节以代运筹,丝忽无差。”清俞樾《茶香室三钞·吴中陆叟》：“吴有陆叟,富甲江左,沈万三出其门,为运筹典计。”

2. 运筹学

由于运筹学研究的广泛性和复杂性,人们至今没有形成一个统一的定义。不同专家学者从不同角度给出不同的定义,下面是一些有代表性的定义。

钱学森等：“由一支综合性的队伍,采用科学的方法,为一些涉及有机系统(人一机)的控制系统问题提供解答,为该系统的总目标服务的学科。”

Morse(第二次世界大战期间美国海军反潜运筹小组领导人)：“执行部门为所控制的业务做出决策提供数量上的依据的一门科学或利用所有应用科学、执行部门为其所属业务做出决策提供数量上的依据的一门科学。”

1976年美国运筹学会的定义：“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。”这从一个侧面描写了运筹学的特点。

1978年联邦德国科学辞典^①上的定义：“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：“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。”

《大英百科全书》：“运筹学是一门应用于管理组织系统的科学。……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》：“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。”

《辞海》(1979年版)：“主要研究经济活动与军事活动中能用数量来表达的有关运用、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,做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》：“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。”

近代一些运筹学工作者：“运筹学是应用系统的、科学的、数学分析的方法,通过建模、检验和求解数学模型而获得最优决策的科学。”

总之,运筹学是用数学方法研究各种系统中最优化问题的科学,它主要用数学模型来求得合理运用现有条件的最优方案,为决策者提供科学决策的依据。制定决策是运筹学应用的核心,而建立模型则是运筹学方法的精髓。运筹学可用“寻优科学”来进行概括。

^① 转引自:徐玖平,《运筹学:数据模型决策》,科学出版社,2009年。

二、运筹学起源

1. 名称来源

运筹学一词在英国称为 operational research, 在美国称为 operations research (缩写为 O. R.), 可直译为“运作研究”或“作业研究”。

1957年, 我国学者钱学森、许国志等人从“夫运筹帷幄之中, 决胜千里之外”(《史记·高祖本纪》)这句古语中抽取“运筹”二字, 将 O. R. 正式译为运筹学, 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。

2. 运筹学的思想起源

虽然运筹学作为一门学科, 是在第二次世界大战后逐渐形成的, 但朴素的运筹学思想自古有之, 运筹的思想源远流长。阿基米德为迦太基人设计的用于粉碎罗马海军攻占西那库斯城的设防方案, 我国战争时期“田忌赛马”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。

我国春秋末期军事家孙武的《孙子兵法·形篇》中, 就有许多关于军事运筹的论述, 他把度、量、数、称等数学概念引入军事领域, 通过双方对比计算, 进行战争胜负的预测分析。《孙子兵法·计篇》中说:“夫未战而庙算胜者, 得算多也; 未战而庙算不胜者, 得算少也。多算胜, 少算不胜, 而况于无算乎!”这里的“算”就是计算筹划之意。此外, 《孙臆兵法》《尉缭子》《百战奇法》等历代军事名著及有关史籍中, 都有不少关于运筹思想的记载。

丁渭修皇宫的故事讲的是宋代真宗年间, 一场大火烧掉皇宫, 真宗皇帝命令大臣丁渭修复皇宫。面临烧砖无土、大型建筑材料无法运输、清墟无处排放等重重困难, 丁渭第一件事是将皇宫周围的大街小巷挖成河道, 与河流相通。挖出来的土烧砖制瓦, 解决了取土问题, 这是短期目标, 为修皇宫服务。全国各地建筑材料水运到京城, 由开挖的河道直接运到工地, 省去二次运输, 节约了一大笔资金, 解决了运输问题。几年以后, 皇宫修复了, 建筑垃圾成山, 他又叫人将垃圾填到挖的河道中去, 恢复了原来的大街小巷。结果, 皇宫修成了, 街道恢复了, 资金节省了, 可谓“一石三鸟”。这是一个典型的长短联系的好决策, 这种综合解决问题的思想便是出色的系统工程思想。

《史记·孙子吴起列传》载, 战国齐将田忌与齐威王赛马, 二人各拥有上、中、下三个等级的马, 但齐王各等级的马均略优于田忌同等级的马, 如依次按同等级的马对赛, 田忌必连负三局。田忌根据孙臆的运筹, 以自己的下、上、中马分别与齐王的上、中、下马对赛, 结果是二胜一负。这反映了在总体劣势条件下, 以己之长击敌之短, 以最小的代价换取最大胜利的古典运筹思想, 也是对策论的最早渊源。

成功运用运筹思想而取胜的战例很多, 如齐鲁长勺之战中曹刿对反攻时机的运筹, 齐魏马陵之战中孙臆对出兵时间、决战时机、决战地点的运筹等。此外, 在中国历史上还有不少善于运用运筹思想的人物, 如张良、曹操、诸葛亮、李靖、刘基等。

3. 运筹学的形成

(1) 探索

早在第一次世界大战期间的 1914—1915 年间,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”解决了如何免受潜艇攻击的问题。但当时这些方法尚处于探索阶段,未能直接用于军事斗争。

(2) 形成

运筹学名称的正式使用是在 20 世纪 30 年代后期的第二次世界大战期间。

1935—1938 年间,为了对付德国空军越来越严重的威胁,英国科学家研制出了雷达系统,并成立了由科学家、军事人员组成的小组,研究如何将这一系统应用于实际作战中去,协调雷达系统内部以及与整个防空系统的配合以达到有效的防空目的。operations research 一词就出自小组负责人 A. P. Rowe 之口。

(3) 应用

第二次世界大战中,英国海、陆、空军都建立了运筹组织,主要研究如何提高防御和进攻作战的效果,他们通过科学的方法成功地解决了许多非常复杂的战略和战术问题。

例如,当时面对德国空军的空袭和海军潜艇的攻击,联军面临着应如何合理运用雷达有效对付德国空袭,以及如何对商船队进行编队护航,在船队遭受德国潜艇攻击时使船队损失最少等问题。为了解决这些问题,英、美各自成立了相应的运筹小组。

英国第一个运筹小组由著名的物理学家 M. S. Blackett(后来因在宇宙射线方面的研究成果而获得诺贝尔物理学奖)担任领导人,其组员由两位数学家、两位普通物理学家、一位理论物理学家、一位天体物理学家、一位测量员、三位生理学家、一位军官组成,人们戏称之为“Blackett 杂技团”。

美国也成立了一个运筹小组,其领导人由物理学家 Philip W. Morse(美国运筹学会第一届主席)担任。组员与英国相似,大多为自然科学家,包括数学家、物理学家,其中还有一位象棋大师。

Blackett 小组所研究的具体问题主要是如何设计将雷达信息传送给指挥系统及武器系统的最佳方式,以及雷达与防空武器的最佳配置。由于该雷达站成功地进行了探测、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。雷达站研究工作的重要作用称得上是运筹学的典范。

大西洋反潜战是第二次世界大战期间 Morse 小组的重要工作,1942 年麻省理工学院的 Morse 教授应美国大西洋舰队反潜战官员 Baker 舰长的请求担任反潜战运筹组的计划与监督工作,其最出色的工作之一是协助英国打破了德国对英吉利海峡的海上封锁,研究所提出的两条重要建议是:将反潜攻击由反潜艇投掷水雷改为飞机投掷深水炸弹,起爆深度由 100 米改为 25 米左右,即当德方潜艇刚下潜时攻击效果最佳;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,从而减少了损失率。结果,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,使德国潜艇被摧毁率增加到 400%,船只受敌机攻击时中弹率由 47% 降到 29%。Morse 同时获得英国及美国战时最高勋章。

值得注意的是:当时许多实际问题的解决,仅应用了初等概率和统计的方法。直到第二次世界大战以后,运筹学才得到了快速的发展。一方面,运筹学得到了广泛应用,它几乎涉及经济管理的所有领域;另一方面,在理论方面发展了一些数学分支,例如数学规划、应用概率、应用组合论、博弈论、数理经济学、系统科学等。

三、运筹学理论的发展

1. 早期理论

古典管理学派对运筹学的发展产生过很大影响,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。例如,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,管理的基本原则,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。

运筹学的早期工作可追溯到1914年,军事运筹学中的兰彻斯特(Lanchester)战斗方程是在1914年提出的。排队论的先驱者丹麦工程师爱尔朗(Erlang)1917年在哥本哈根电话公司研究电话通信系统时,提出了排队论的一些著名公式。存储论的最优批量公式是在20世纪20年代初提出的。在商业方面列温逊在20世纪30年代已用运筹思想分析商业广告、顾客心理。

2. 理论体系形成

1939年,苏联科学家康特洛维奇(Л. В. Кондрович)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》,这是运筹学在理论、方法上较为完整的最早著作。研究的具体问题包括生产配置问题、原材料的合理利用问题、运输计划、播种面积的分配等,该研究不仅给出了数学模型,而且可以确定最优方案。康特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,遗憾的是研究成果未被重视,直到1960年康托洛维奇再次发表《最佳资源利用的经济计算》一文后,才受到国内外的一致重视。为此康托洛维奇得到了诺贝尔经济学奖。

线性规划是由G. B. 丹齐克(G. B. Dantzig)在1947年发表的成果。所解决的问题是美国制定空军军事规划时提出的,并提出了求解线性规划问题的单纯形法。

冯·诺依曼和O. 摩根斯坦(O. Morgenstern)合著的《对策论与经济行为》(1944年)是对策论的奠基之作,同时该书已隐约地指出了对策论与线性规划对偶理论的紧密联系。线性规划提出后很快受到经济学家的重视,如在第二次世界大战中从事运输模型研究的美国经济学家T. C. 库普曼斯(T. C. Koopmans),他很快看到了线性规划在经济中应用的意义,并呼吁年轻的经济学家要关注线性规划。

此后,运筹学理论得以迅速发展,1950—1956年间线性规划对偶理论诞生,1951年Kuhn-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Bellman原理发表,1960年G. B. Dantzig-Wolfe建立大LP分解算法。运筹学各个分支得到了不断的充实和完善并形成体系。

3. 运筹学会的发展

最早建立运筹学会的国家是英国(1948年),接着是美国(1952年)、法国(1956年)、日本和印度(1957年),到20世纪五六十年代,运筹工作者的队伍开始迅速壮大,纷纷成立学会、创办刊物并开始在高校开设运筹学课程。到2005年为止,国际上已有48个国家和地区建立了运筹学会或类似的组织。我国的运筹学会成立于1980年。1959年,由英、美、法三国的运筹学会发起成立了国际运筹学联合会(IFORS),而后各国的运筹学会纷纷加入。我国于1956年由中国科学院成立了运筹学小组,并于1980年成立了运筹学会,1982年加入国际运筹学联合会。此外还有一些地区性组织,如欧洲运筹学协会(EURO)成立于1975年,亚太运筹学协会(APORS)成立于1985年。

4. 运筹学学术期刊的发展

第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(O. R. Quarterly)于1950年在英国创刊。

20世纪60年代以后,运筹学进一步细分为多个分支,专业学术团体迅速增多,运筹学期刊大量创办,运筹学书籍大量出版。

目前国际上著名的运筹学刊物有: *Management Science*(《管理科学》), *Operations Research*(《运筹学》), *Interfaces*(《交互关系》), *Journal of Operational Research Society*(《英国运筹学研究学会期刊》), *European Journal of Operations Research*(《欧洲运筹学杂志》)。

国内比较著名的运筹学刊物有《运筹学学报》《管理科学学报》《中国管理科学》《运筹与管理》《系统工程》等。

四、运筹学在中国的发展

中国第一个运筹学小组在钱学森、许国志先生的推动下于1956年在中国科学院力学研究所成立。1959年,第二个运筹学部门在中国科学院数学研究所成立。力学所小组与数学所小组于1960年合并成为数学研究所的一个研究室,当时的主要研究方向是排队论、非线性规划和图论。

20世纪50年代后期,运筹学在中国的应用集中在运输问题上。如“打麦场选址问题”、“中国邮路问题”(管梅谷)等。中国运筹学的早期研究是由华罗庚发起的。他在《统筹方法》一文中,以家里来客人要沏茶,怎样安排才能尽快让客人喝上茶为例,讨论如何用优化的思想选择合理、快捷的解决问题的方法。

中国运筹学会作为中国数学会的一个分会,于1980年成立,1982年成为国际运筹学联合会(IFORS)的成员。1992年中国运筹学会从中国数学会独立出来成为国家一级学会,是学会发展史上的一个重要事件。

近二十年来,中国运筹学工作者在信息科学、生命科学等现代高科技领域都做出了突出的贡献。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;在供应链管理问题上,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。

第二节 运筹学的基本特征

运筹学是一门应用科学,它广泛应用现有的科学技术知识和数学方法,解决实际问题。运筹学研究的对象是经济、军事及科学技术等活动中能用数量关系来描述的有关决策、筹划与管理等方面的问题。运筹学着重以管理、经济活动方面的问题及解决这些问题的原理和方法作为研究对象。

一、运筹学研究的基本特征

1. 系统的整体性

系统的整体优化是运筹学的根本。任何系统都是由相互关联、相互制约、相互作用的子系统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是由很多子系统组成的,包括生产、销售、技术、供应、财务等,各子系统的工作好坏直接影响企业经营管理的好坏。运筹学不是对每一个决策行为孤立地进行评价,而是把它同系统内所有其他重要的相互作用结合起来做出评价,把相互影响的各方面作为一个统一体,从总体利益出发,寻找出一个优化协调的方案。

2. 多学科的综合性

运筹学是一门应用于管理决策和系统优化领域的应用科学,它必须与社会、经济、管理、科学技术和工程领域的知识相结合。一个企业的有效管理涉及很多方面,运筹学研究吸收了来自不同领域、具有不同经验和技能的专家。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以及在选定和探索解决问题的途径时,显得特别重要。

3. 模型方法的应用

各门学科的研究小组广泛使用实验的方法,但运筹学研究的系统往往不能搬到实验中来,代替的方法是建立这个问题的数学模型或模拟模型。如果说辅助决策是运筹学应用的核心,建立模型则是运筹学方法的精髓。

二、运筹学的应用原则

由于运筹学具有广泛的应用性,为了有效地应用运筹学,英国运筹学会前会长汤姆林森(Tomlinson)提出了以下6条原则。

- (1) 合作原则:运筹学工作要和各方面的人士尤其是同实际部门工作者合作。
- (2) 催化原则:在多学科共同解决某问题时,要引导人们改变一些常规的看法。
- (3) 互相渗透原则:要求多部门彼此渗透地考虑问题,而不是只局限于本部门。
- (4) 独立原则:在研究问题时,不应受某人或某部门的特殊政策左右,应独立工作。
- (5) 宽容原则:解决问题的思路要宽,方法要多,而不是局限于某种特定的方法。
- (6) 平衡原则:要考虑各种矛盾的平衡、关系的平衡。

三、运筹学的研究步骤

1. 分析与表述问题

首先对研究的问题和系统进行观察分析,归纳出决策的目标及制定决策时在行动和时间等方面的限制。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。此外还需要与有关人员进一步讨论,明确有关研究问题的过去与未来,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,确定问题中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工艺技术条件及对目标的有效度量等。

2. 建立模型

即把问题中可控变量、参数和目标与约束之间的关系用一定的模型表示出来。模型的正确建立是运筹学研究中的关键一步。一般建模时应尽可能选择建立数学模型,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时,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. 对问题求解

即用数学方法或其他工具对模型求解,根据问题的要求,可分别求出最优解、次优解或满意解;依据对解的精度及要求及算法上实现的可能性,又可分为精确解和近似解。

4. 对模型和由模型导出的解进行检验

将实际问题的数据资料代入模型,找出精确的或近似的解。为了检验得到的解是否正常,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,以判断模型是否正确。当发现有较大误差时,要将实际问题与模型重新对比,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,检查模型中各参数取极值情况时问题的解,以便发现问题并进行修正。

5. 建立起对解的有效控制

任何模型都有一定的适用范围,模型的解是否有效,首先注意模型是否有效,并依据灵敏度分析的方法,确定最优解保持稳定时的参数变化范围。一旦外界条件参数变化超出这个范围,要及时对模型及导出的解进行修正。

6. 方案的实施

这是很关键也是很困难的一步。只有实施方案后,研究成果才能有收获。这一步要求明确:方案由谁去实施,什么时间实施,如何实施,要求估计实施过程中可能遇到的阻力,并为此制订相应的克服困难的方案。

四、运筹学的模型化方法

模型是真实系统的代表,是对实际问题的抽象概括和严格的逻辑表达。模型表达了问题中可控的决策变量、不可控变量、工艺技术条件及目标有效度量之间的相互关系。

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。

一个典型的运筹学模型包括以下部分:

- (1) 一组需要通过求解模型确定的决策变量。
- (2) 一个反映决策目标的目标函数。
- (3) 一组反映系统复杂逻辑和约束关系的约束方程。
- (4) 模型要使用的各种参数。

1. 模型化方法的优点

(1) 使问题的描述高度规范化,如管理中,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,可以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。

(2) 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,从而确立一套有逻辑的分析问题的程序方法。

(3) 建立系统的模型为应用计算机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。

2. 构造模型的方法和思路

构造模型是一种创造性劳动,成功的模型往往是科学和艺术的结晶,构造模型的方法和思路有以下五种:

(1) 直接分析法。按研究者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。这些模型都有很好的求解方法及求解的软件,但用这些现存的模型研究问题时,要注意不能生搬硬套。

(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。甚至有些经济系统、社会系统也可以用物理系统来类比。在分析一些经济、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,或通过某些试验获得大量数据,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,又不能做大量试验来获得数据时,只能通过做局部试验所得的数据加上分析来构造模型。

(5) 想定(构想)法。当有些问题的机理不清,又缺少数据,且不能通过试验来获得数据时,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,直至比较满意为止。

3. 模型的类型

(1) 按呈现和表达的方式可以分成实物模型、符号模型和计算机模型。实物模型是指规模缩小或放大的由实物制成的模型,如建筑模型、飞机模型、原子模型等。符号模型是指用数学符号表示的模型。计算机模型是指可以在计算机上执行的由计算机语言表达的程序。

(2) 按描述方法的特点可以分成:描述性模型、规范化模型和启发式模型。描述性模型仅仅描述实际发生的具体过程而不探讨过程背后的原因。许多统计模型、模拟模型和排队