



普通高校经济及管理学科规划教材

# 运筹学

孙 萍 张炳轩 肖继先 主编

中国铁道出版社  
经济科学出版社

022/124

2008

普通高校经济及管理学科规划教材

# 运 筹 学

孙 萍 张炳轩 肖继先 主编

中 国 铁 道 出 版 社  
经 济 科 学 出 版 社

## 内 容 简 介

本书系统地讲述了线性规划、对偶理论、运输问题、目标规划、整数规划、动态规划、图与网络分析、排队论、存储论、决策论的基本概念、理论、方法和模型,并用较多的例题介绍了运筹学在经济管理等领域中的应用。本书共分十一章,每章都附有大量的练习题及答案,以帮助读者巩固基本知识并检查学习效果。

本书既可作为高等院校本科、研究生运筹学教材,也可作为管理人员和企业决策人员的学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

运筹学/孙萍,张炳轩,肖继先主编. —北京:  
中国铁道出版社,2008. 2

普通高校经济及管理学科规划教材

ISBN 978-7-113-08433-2

I. 运… II. ①孙…②张…③肖… III. 运筹  
学—高等学校—教材 IV. 022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 013067 号

普通高校经济及管理学科规划教材

书 名: 运 筹 学

作 者:孙 萍 张炳轩 肖继先 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:郭 宇 纪晓津

责任编辑:马 军 编辑部电话:(010-51873014)

封面设计:崔丽芳

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:20.5 字数:368 千

版 本:2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-08433-2/F·509

定 价:29.80 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:(市电)010-51873117

网址:<http://www.tdpress.com>

# 普通高校经济及管理学科规划教材 编审委员会

## 主任委员

齐二石 天津大学管理学院 院长 教授 博士生导师  
教育部管理科学与工程专业教学指导委员会 主任委员

## 常务副主任委员(按汉语拼音顺序排序)

安 忠 天津理工大学经济与管理学院 教授  
天津市企业联合会、企业家协会 执行理事

郭 宇 中国铁道出版社 副总编辑 编审

纪晓津 经济科学出版社 副主任 编审

## 副主任委员(按汉语拼音顺序排序)

陈彦玲 北京石油化工学院经济管理学院 党委书记 教授

李长青 内蒙古工业大学管理学院 院长 教授

李向波 天津工业大学管理学院 副院长 教授

刘 岗 山东大学管理学院 副院长 教授

刘家顺 河北理工大学管理学院 院长 教授

刘 克 长春工业大学管理学院 副院长 教授

吕荣杰 河北工业大学管理学院 党委书记 教授

彭诗金 郑州轻工业学院经济与管理学院 院长 教授

乔 梅 长春大学管理学院 副院长 教授

邵军义 青岛理工大学管理学院 院长 教授

魏亚平 天津工业大学工商学院 院长 教授

徐德岭 天津师范大学经济与管理学院 副院长 教授

尹贻林 天津理工大学经济与管理学院 院长 教授 博士生导师  
教育部管理科学与工程专业教学指导委员会 委员

张国旺 天津商业大学商学院 院长 教授  
张 璞 内蒙古科技大学经济管理学院 院长 教授  
张英华 天津财经大学商学院 院长 教授 博士生导师  
奚宪铭 哈尔滨商业大学计算机学院 主任 教授

## 总 序

人类社会已经迈入 21 世纪。追溯 20 世纪,管理理论与实践得到了飞速发展,研究领域不断拓宽,从初期的经验管理到后期的科学管理,从工业化时代的规模经营管理到信息化时代的基于信息基础的企业再造,从注重等级和控制的“金字塔”式组织模式到基于网络和知识的“柔性”组织模式,这些,无论是在管理的理念、方法上,还是在管理的技术、实践上都发生了巨大变化。在我国实施改革开放政策以来,社会各界掀起了一浪高过一浪的管理热潮,管理学界相继发生了一系列重大的变革。1994 年教育部批准在 9 所重点高校试点举办工商管理(MBA)硕士研究生教育;1996 年国家自然科学基金委员会管理学科组升格为管理学部;1997 年在教育部学科专业目录调整过程中,管理学同经济学并列成为独立的一级学科;2002 年管理学界的专家首次当选为中国工程院院士。这些重大的变革标志着管理学科的重要地位得到了我国社会各界的认可。

随着我国市场经济体制的不断完善,以及中国正式加入世界贸易组织(WTO),中国经济需要面对国际大市场,企业要参与国际化的激烈竞争。经济及管理教育如何迎接 21 世纪的挑战,适应变化的需要,已经成为学术界亟须研究与探讨的焦点问题之一。著名管理学家彼得·F·德鲁克(Peter F. Drucker)曾经指出:“对我们的社会来说,管理是一种最显著的创新。”另一著名管理学家亨利·明茨伯格(Henry Mintzberg)也曾指出:“彻底重塑传统管理教育的时代已经来临。”在这种社会呼唤“管理教育创新”的背景下,组织一套适应 21 世纪要求的经济及管理类学科规划教材是非常必要和及时的。

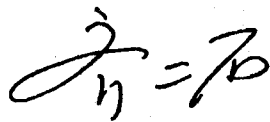
普通高校经济管理类专业教学协作会,是由辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、河北、河南、山东、山西、广东及北京、天津的数十所高校经济

管理院系自发形成的教学协作组织。协作会成立16年来,以团结友谊、精诚合作、优势互补、共同发展的精神,坚持在管理理论的创新与实践、学科建设与发展、教材规划编写,以及人才培养与校际交流等方面进行了探索,取得了丰硕成果。此套规划教材的组织编写,是协作会面向21世纪经济及管理教育创新的又一力作。

为了保证规划教材的质量和水平,我们成立了由国内外知名专家、教授及管理学院院长、出版社的领导、专家组成的编审委员会。各门教材(包括专业教材、专业基础教材和基础教材)将采取合作的方式由具有丰富教学与研究实践经验的教师主编,相关院校参加编写。规划教材的编写力求博采众家之长,把握管理前沿,注重理论与实践相结合,使之成为具有科学性、规范性、创新性、实用性并举的精品教材及新教研成果。

由于经济及管理是一个不断变化和发展的重要学科,新的理论、技术和方法将会大量引用。鉴于我们的水平所限,规划教材在编写过程中难免存在疏漏与不足之处,敬请各位专家批评指正。

天津大学管理学院院长、教授、博士生导师  
教育部管理科学与工程专业教学指导委员会主任委员



2007年7月于津

# 前 言

《运筹学》是一门应用于管理组织系统的科学,是为管理方面的人员提供决策方法及数量分析的工具。它通过运用分析、试验、量化的方法,对经营管理系统中的人、财、物等有限的资源进行统筹安排,为决策者提供科学的、有依据的最优方案,以实现最有效的管理。

由于运筹学涉及的领域包括诸多部门的管理,因此,应用是相当广泛的。各类高校的经济管理类、理工类专业都把它作为一门必修课。作为运筹学的重要组成部分——线性规划、对偶理论、运输问题、目标规划、整数规划、动态规划、图与网络分析、排队论、存储论、决策论等内容成为经济管理类本专科学学生所应具备的必要知识和学习其他相应课程的重要基础。本书系统地介绍了上述内容的基本思想、基本理论、基本方法及应用。

本书主要是针对管理类、经济类本专科学学生及研究生的运筹学课程学习。此外也可作为相关专业相应课程的教材或教学参考书,同时对于从事运筹及优化应用的工程技术人员和管理人员,也具有一定的参考价值。

本书出版的宗旨是力求根据 21 世纪经济管理人才对运筹学教学的需求,由在高校长期从事运筹学教学的教师,总结提炼多年教学中积累的教学经验和成果,精心编写而成。本书的编写还参考了国内外的大量有关资料文献,吸取了有关院校的宝贵经验,是集体智慧的结晶。考虑到该课程的特点、学时的限制,要求学生具有高等数学和线性代数的基础知识。本书在保证一定的深度和广度,又必须坚持实用的基础上,内容力求完整准确,基本概念、基本理论叙述通俗易懂,算法分析深入浅出,适于教学和自学。

掌握运筹学整体优化的思想和若干定量分析的优化技术,以便能正确应用各类模型分析、解决不十分复杂的实际问题,是培养和提高本专科学科学思维、实践技能、创新能力和运用科学方法等综合素质的重要而有效的途径。

作为有一定针对性的教材,在内容的选择、例题的安排等方面,本书注意专业知识的相关性。各章中都有方法应用的内容,以提高学生的建模能力,做到理论联系实际。在每一章末配置了适当的习题,并在书的后部附有参考答案,便于读者理解、消化书中的内容。



本书的编者来自天津理工大学、天津师范大学、河北理工大学、河北科技大学,都是长期从事运筹学教学和科研的教授和副教授,有着丰富的经验。本书编写的分工为:孙萍(天津理工大学管理学院)编写绪论、第三、四、五、十一章;张炳轩(天津师范大学)编写第七、八、十章;肖继先(河北理工大学)编写第一、二章;蒋佳(河北科技大学)编写第六、九章。安忠教授为本书的出版给与了大量的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

# 目 录

绪 论 .....	1
第一章 线性规划 .....	8
第一节 线性规划问题及其数学模型 .....	8
第二节 线性规划问题解的概念 .....	14
第三节 线性规划的图解法 .....	20
第四节 单纯形法 .....	24
第五节 大 $M$ 法 .....	35
第六节 单纯形法的矩阵形式 .....	39
习 题 .....	40
第二章 线性规划的对偶理论与灵敏度分析 .....	46
第一节 线性规划的对偶问题 .....	46
第二节 对偶问题的基本理论 .....	51
第三节 影子价格 .....	57
第四节 对偶单纯形法 .....	59
第五节 灵敏度分析 .....	62
习 题 .....	75
第三章 运输问题 .....	82
第一节 运输问题及其模型 .....	82
第二节 表上作业法 .....	85
第三节 产销不平衡的运输问题 .....	93
习 题 .....	98

<b>第四章 目标规划</b> .....	103
第一节 目标规划模型 .....	103
第二节 目标规划的图解法 .....	109
习 题 .....	112
<b>第五章 整数规划</b> .....	116
第一节 整数规划问题的提出 .....	116
第二节 分枝定界解法 .....	117
第三节 割平面解法 .....	120
第四节 0-1 型整数规划 .....	123
第五节 指派问题 .....	128
习 题 .....	134
<b>第六章 动态规划</b> .....	137
第一节 多阶段决策问题 .....	138
第二节 动态规划的基本概念和基本原理 .....	140
第三节 动态规划模型的建立与求解 .....	144
第四节 动态规划和静态规划的关系 .....	150
第五节 动态规划在经济管理中的应用(1) .....	154
第六节 动态规划在经济管理中的应用(2) .....	170
习 题 .....	175
<b>第七章 图与网络分析</b> .....	179
第一节 图的基本概念 .....	179
第二节 树 .....	183
第三节 最短路问题 .....	186
第四节 最大流问题 .....	190
第五节 最小费用最大流问题 .....	195
第六节 中国邮路问题 .....	199
习 题 .....	202

---

<b>第八章 网络计划技术</b> .....	206
第一节 网络图 .....	206
第二节 网络时间参数的计算 .....	213
第三节 网络计划的优化 .....	223
习 题 .....	231
<b>第九章 排队论</b> .....	236
第一节 排队论的基本概念 .....	236
第二节 $M/M/1$ 排队模型 .....	241
习 题 .....	252
<b>第十章 存储论</b> .....	254
第一节 存储问题及其基本概念 .....	254
第二节 确定型存储模型 .....	257
第三节 随机型存储模型 .....	268
习 题 .....	272
<b>第十一章 决策论</b> .....	275
第一节 决策的基本问题 .....	275
第二节 确定型决策 .....	278
第三节 不确定型决策 .....	278
第四节 风险型决策方法 .....	283
第五节 决策树 .....	286
习 题 .....	289
<b>参考答案</b> .....	293
<b>参考文献</b> .....	316

# 绪 论

## 一、运筹学的产生和发展

运筹学是一门关于优化技术的科学,它是研究在经营管理活动中,如何行动、如何以尽可能小的代价获取尽可能好的结果,即所谓的“最优化”问题。它的英文名称是 Operations Research,直译为“运作研究”或“操作研究”。而中国学者把这门学科意译为“运筹学”,也同时反映了“运筹于帷幄之中,决胜于千里之外”的中国古代朴素的运筹思想。其意为运算筹划,出谋献策,以最佳策略取胜。这就极为恰当地概括了这门科学的精髓。

### (一) 朴素的运筹思想

朴素的运筹学思想的出现可以追溯到很早——在中国战国时期,曾经有过一次流传后世的赛马比赛,这就是“田忌齐王赛马”。田忌赛马的故事说明在已有的条件下,经过筹划、安排,选择一个最好的方案,就会取得最好的效果。可见,筹划安排是十分重要的。

公元前 400 年前,中国著名军事学家孙武在《孙子兵法》一书中就描述到,在双方交战中,要克敌制胜就要在了解敌我双方情况的基础上,选择最优的对付敌人的策略。这说明在很早以前,我国军事上已在使用“运筹学”思想了,并利用它去安排计划、指挥作战。但遗憾的是,我国没有人去深入研究、整理并把它作为一门学问向世人提出来。

### (二) 运筹学的产生

作为一门科学的运筹学的早期历史可追溯到 19 世纪中叶的特拉法加尔 (Trafalgar) 海战和纳尔森 (Nelson) 秘诀。法国拿破仑统帅大军要与英国争夺海上霸主地位,而实施这一战略的关键是消灭英国的舰队。英国海军统帅纳尔森中将亲自制定了周密的战术方案。在一场海战后,法国——西班牙联合舰队以惨败告终。这次的战术方案在秘密备忘录中被称为“纳尔森秘诀”。1914 年英国人兰彻斯特 (F. W. Lanchester) 对该秘诀进行研究,发表了关于人与火力的优势与胜利之间的理论文章,这就是军事运筹学中著名的“兰彻斯特战斗方程”。

第一次世界大战期间,英国生理学教授希尔领导了一个防空实验小组,他们专门研究高射炮的利用,研究如何部署高射炮在阵地中的位置,从而使敌机受到的打击最大,而自己一方受到的损失最小。因此后来的科学家、军事学家、工程

们认为希尔领导的防空实验小组是运筹组织的萌芽,希尔被称为“运筹学之父”。

运筹学的产生可以说很难有一个明确的时间界定,目前国际上比较公认的观点是运筹学产生于第二次世界大战前后。“运筹学”这一名词最早出现在第二次世界大战期间——美、英等国家的作战研究小组为了解决作战中所遇到的许多错综复杂的战略、战术问题而提出的。1939年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,组织了一个代号“Blackett 马戏团”的小组。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。这个小组对这些问题作了系统的研究,并获得成功,小组在秘密报告中使用了“Operational Research”,即“运筹学”这一概念。战争结束后,莫尔斯和基姆鲍尔总结了战争期间运载工具分配武器的问题、展开兵力问题、分配不同类兵器问题,使毁伤目标数达到最大值的火器的分配问题等,以及二次世界大战时期各次战略部署的研究结果,编写出版了《运筹学》一书。

### (三) 运筹学的发展

第二次世界大战后,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) 从1945年到20世纪50年代初,被看作是运筹学的创建时期。运筹学作为一门现代科学,是第二次世界大战期间率先在英美两国发展起来的,有的学者把运筹学描述为对组织系统的各种经营作出决策的科学手段。当二次世界大战后的工业恢复繁荣时,由于组织内与日俱增的复杂性和专门化所产生的问题,使人们认识到这些问题基本上与战争中曾面临的问题类似,只是具有不同的现实环境,于是运筹学就这样潜入工商企业等部门中。1947年美国数学家丹捷格(G. B. Dantzig)发表了关于线性规划的研究成果,所解决的问题是美国空军军事规划时提出的,并给出了求解线性规划问题的单纯形算法。世界上不少国家已成立了致力于该学科研究及相关活动的专门学会,1948年英国成立了运筹学俱乐部,定期讨论如何把运筹学用于民用事业,并取得了成绩;1950年“运筹学”杂志出版;1951年在克里夫兰的技术案例研究所里召开了美国的第一届工业运筹学会议;1952年世界上第一个运筹学会在美国创立,并出版期刊《运筹学》,世界其他国家也先后创办了运筹学会与期刊。所有这些,标志着运筹学这门学科基本形成。

(2) 从20世纪50年代初期到50年代末期,被认为是运筹学的成长时期。

这一时期运筹学理论的成熟以及电子计算机的问世,大大促进了运筹学的发展,进而也得到了广泛的应用。对系统配置、聚散、竞争等运用机理深入的研究和应用,形成了比较完备的一套理论,如规划论、排队论、存储论、决策论等等,运筹学的理论、方法及其活动发展到了一个新的水平。继英国和美国成立运筹学学会之后,在1956年至1959年这短短的几年里,先后就有法国、印度、日本等十几个国家成立了运筹学学会,并有6种运筹学期刊问世。1957年在英国牛津大学召开了第一届运筹学国际会议,1959年成立了国际运筹学学会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。截止到1986年,国际上已有38个国家和地区成立了运筹学学会或类似的组织。

(3)自20世纪60年代至今,被认为是运筹学开始普及和迅速发展的时期。计算机的普及与发展是推动运筹学迅速发展的巨大动力。没有现代计算机技术,求解复杂的运筹学模型是不可设想的,也是不实际的。运筹学的发展反过来又促进了计算机技术的发展,它不断地对计算机提出更高的要求。可以说运筹学在过去的半个多世纪里,既得益于计算机技术的应用与发展,同时也极大地促进了计算机技术的发展。第三代电子数字计算机的出现,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。20世纪60年代以来,运筹学得到了迅速的普及和发展,运筹学细分为许多分支。

在20世纪50年代中期,中国科学家钱学森、许国志等人将运筹学由西方引入中国,最初曾根据英文“Operational Research”和“Operations Research”直译为“运用学”。1957年从“运筹帷幄之中,决胜千里之外”这句古语中摘取“运筹”二字,将其正式命名为“运筹学”,比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。而后结合我国的特点在国内推广应用运筹学,在经济数学方面,特别是投入产出表的研究和应用开展的较早,质量控制(后改为质量管理)的应用也有特色。在此期间,以华罗庚教授为首的一大批数学家加入到运筹学的研究队伍,使运筹学的很多分支很快跟上当时的国际水平。

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,1960年在济南召开了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学术会议,1980年中国运筹学学会正式成立。我国各高等院校,特别是经济管理类专业已普遍把运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划。运筹学在我国虽然起步较晚,但发展却非常迅速,目前我国运筹学的研究和应用在上世界上已跟上了时代的步伐。

## 二、运筹学的性质特点、工作步骤

### (一) 运筹学的定义

运筹学是一门应用科学,至今还没有统一而又确切的定义。在此提出以下几个定义来说明运筹学的性质和特点:

**定义 1** 为决策机构在对其控制下的业务活动进行决策时,提供以数量化为依据的科学方法。

该定义强调的是科学方法,以定量化为基础,利用数学工具。但任何决策都包含定量和定性两个方面,而定性方面又不能简单地用数学表示,如政治、社会等因素,只有综合多种因素的决策才是全面的。运筹学工作者的职责是为决策者提供可以量化方面的分析,并指出哪些是定性因素。

**定义 2** 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,解决实际中提出的专门问题,为决策者选择最优决策提供定量依据。

该定义表明运筹学具有多学科交叉的特点,如综合应用经济学、心理学、物理学和化学中的一些方法。

综上所述,运筹学的定义可以提炼为:

**定义 3** 运筹学就是利用计划的方法及多学科专家组成的队伍,把复杂的功能关系表示成数学模型,其目的是通过定量分析为决策并揭露新问题提供数量依据。

### (二) 运筹学的特点

(1) 运筹学已被广泛应用于工商企业、军事部门、民政事业等组织内的统筹协调问题,故其应用不受行业、部门之限制;

(2) 运筹学既对各种经营进行创造性的科学研究,又涉及到组织的实际管理问题,它具有很强的实践性,最终应能向决策者提供建设性意见,并应收到实效;

(3) 它以整体最优为目标,从系统的观点出发,力图以整个系统最佳的方式来解决该系统各部门之间的利害冲突。对所研究的问题求出最优解,寻求最佳的行动方案,所以它也可看成是一门优化技术,提供的是解决各类问题的优化方法。

为了有效地应用运筹学,前英国运筹学会会长托姆林森提出了六条原则:

① 合伙原则;② 催化原则;③ 互相渗漏原则;④ 独立原则;⑤ 宽容原则;⑥ 平衡原则。



### (三) 运筹学的工作步骤

运筹学的研究方法有：

(1) 从现实生活场合抽出本质的要素来构造数学模型，因而可寻求一个跟决策者的目标有关的解；

(2) 探索求解的结构并导出系统的求解过程；

(3) 从可行方案中寻求系统的最优解法。其工作步骤如下：

①提出和形成问题：即要弄清问题的目标，可能的约束，问题的可控变量以及有关参数，搜集有关资料。

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。

③求解：用各种手段（主要是数学方法，也可用其他方法）将模型求解。解可以是最优解、次优解、满意解。复杂模型的求解需用计算机，解的精度要求由决策者提出。

④解的检验：首先检验求解步骤和程序有无错误，然后检查解是否反映现实问题。

⑤解的控制：通过控制解的变化过程决定对解是否要作一定的修改。

⑥解的实施：是指将解用到实际中去，必须考虑到实际的问题，如向实际部门讲清楚解的用法，在实施中可能产生的问题等。

以上步骤应反复进行。

## 三、运筹学的应用与展望

随着科学技术和生产的发展，运筹学已渗入到很多领域，发挥了越来越重要的作用。在前面已提到运筹学的早期应用主要是在军事领域，二次大战后运筹学的应用转向民用。主要应用于：

(1) 市场销售。在广告预算和媒介的选择、竞争性定价新产品开发、销售计划的制定等方面。

(2) 生产计划。在总体计划方面主要是从总体确定生产、存储和劳动力的配合等计划以适应波动的需求计划，主要用线性规划和模拟的方法等。

(3) 库存管理。主要应用于多种物资库存的管理，以确定合理的库存方式、库存量。

(4) 运输问题。确定最小成本的运输线路、物资的调拨、运输工具的调度以及建厂地址的选择等。