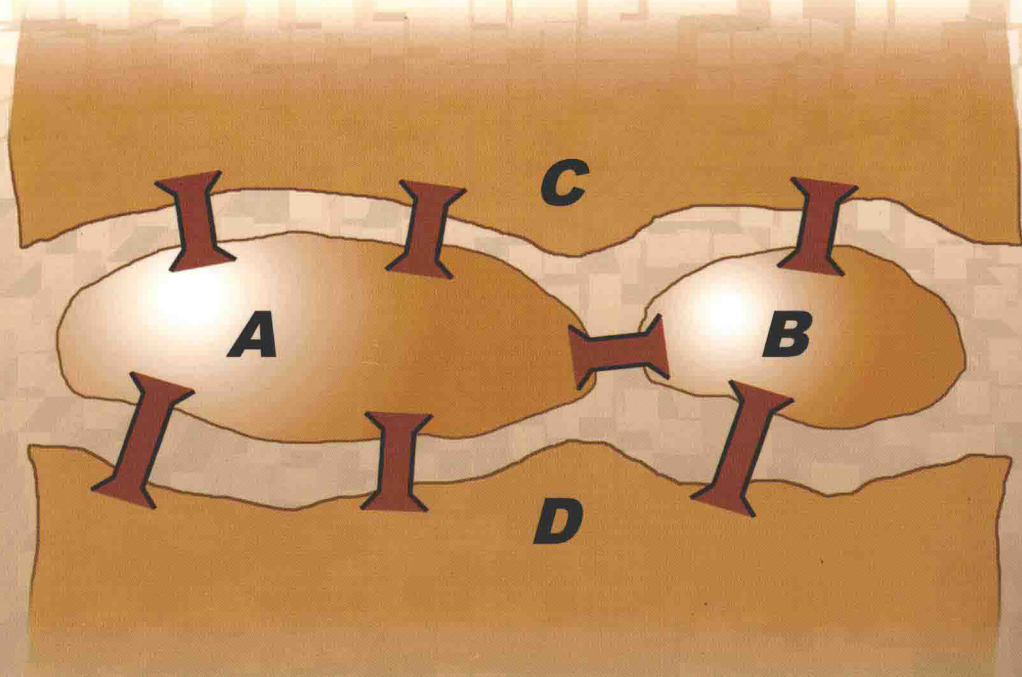


21世纪高等学校教材

运筹学

第3版

主 编 牛映武
副主编 郭 鹏



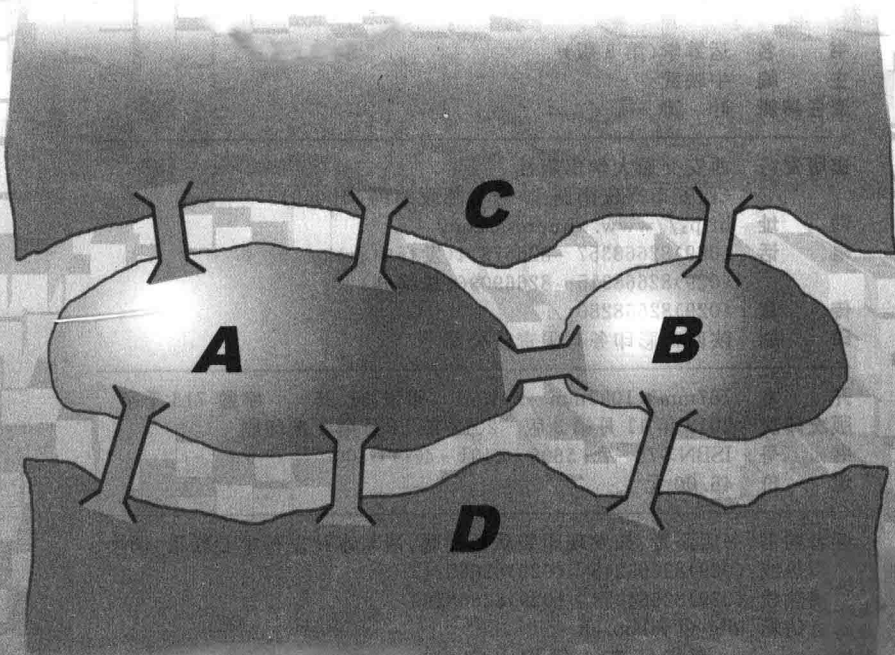
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

21世纪高等学校教材

运筹学

(第3版)

主 编 牛映武
副主编 郭 鹏



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书系统地介绍了运筹学的主要内容,包括线性规划、目标规划、整数规划、动态规划、图与网络分析(含网络计划技术)、存贮论、排队论、决策论(含多目标决策、层次分析法和数据包络分析法)、对策论(含冲突分析)和非线性规划。附录介绍了 Win QSB 软件的使用方法。本书重点介绍了运筹学各分支的基本原理、基本方法及其应用。注重实用性,注重理论联系实际,具有一定的深广度。每章末有小结,展示了各分支的发展趋势。

本书可作为高等学校经济管理类各专业和其它专业本科生和研究生的教材或参考书,亦可供广大工程技术人员、管理人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学/牛映武主编. —3版. —西安:西安交通大学出版社,2013.11
ISBN 978-7-5605-4401-4

I. ①运... II. ①牛... III. ①运筹学 IV. ①O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 120575 号

书 名 运筹学(第3版)
主 编 牛映武
责任编辑 叶 涛

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315 82669096(总编办)
传 真 (029)82668280
印 刷 陕西奇彩印务有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 31.25 字数 713 千字
版次印次 2013 年 11 月第 3 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-4401-4/O·400
定 价 46.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954 (029)82668293

读者信箱:jdjgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

第 3 版前言

运筹学是 20 世纪 40 年代发展起来的一门新兴学科，同时又是一门具有很强应用背景的应用学科。运筹学与我国经济建设确实有着密切的关系，它是构建完善的社会主义市场经济体制、实现管理现代化不可或缺的工具。时过境迁，但运筹学广泛应用的前景依然广阔、依然光明。

作者撰写本书的宗旨以及本书的特点，我们已经在第 1、2 版的前言中做了交代，这里不再重复。需要指出的是，为了使本书适用性更强、更广泛，亦即能够更好地满足不同专业、不同教学层次的需要，我们从内容结构安排上力求紧凑，各章之间具有一定的相对独立性，从而为使用本书的读者和教师留出了足够的空间，他们可以根据自己的实际需要选择或舍弃书中的某些章节内容，有必要时也可以补充某些内容以满足其特殊需要。

遵循已述宗旨，本书第 1 版自 1994 年出版问世后，迄今已近二十年；第 2 版自 2006 年出版后，至今也有七年之久。本书第 2 版，作者本着“创新”的理念，对第 1 版进行了较大篇幅、较大程度的修订。近二十年来，在同行专家和广大读者的热情关怀和支持下，本书得到广泛的认同，普遍反映良好。先后被全国众多兄弟院校选作为管理学院（或管理类各专业）本科生和研究生的教材或参考书，也被一些兄弟院校工程技术类专业选作为教材。借此机会，作者谨向同行专家和广大读者表示由衷的感谢。

二十年时光，联想翩翩。我国科学技术事业的迅猛发展和进步，经济建设事业取得的惊人业绩和现代化管理水平的不断提高，以及我国综合国力的提高，这些都是举世瞩目的。我国作为新兴经济体之重要一员也开始在世界经济发展中发挥着越来越大的作用。特别是近二十年来，我国航天科技事业更是突飞猛进、蓬勃发展，令世人震撼，也令每个国人为之骄傲。这其中运筹学也发挥了重要作用。基于此，我们对第 2 版进行了修订。修订总原则是保持原特点、基本结构不变，具体在以下两方面做了重要修订。

(1) 改正各章中的差错。适当修改个别部分，全书编写的格调保持基本一致。

(2) 第 8 章 § 8.6 应用实例分析中更换一个实例；§ 8.7 应用实例中补充一个实例。这两个实例是在郭鹏教授近几年承担并完成的国家自然科学基金和国家科技重大专项科研项目基础上，由他本人提炼而成。这两个实例涉及到国防科研和军事运筹学的范畴，将其写入教材之目的在于为从事军事运筹学的读者和研究人员提供一点思路，同时亦对运筹学的应用范畴做一点拓展和延伸。

最后指出,本书前七章属于运筹学 I 的内容,供本科生选读;而后三章属于运筹学 II 的内容,供研究生选读。各校可根据教学计划中的学时数和具体情况安排。

参加本次修订工作的人员和分工如下:牛映武(前言、绪论、第 1、3、4、5、7、8 及第 10 章),郭鹏(第 2.6 及第 9 章,并为第 8 章提供了两个应用实例)。本书由牛映武教授担任主编,负责全书的统稿定稿;郭鹏教授(博士、西北工业大学管理学院博士生导师)担任副主编。

在本书第 3 版出版之际,作者诚挚地感谢第 2 版四位作者过去付出的努力和辛勤劳动,特别是杨文鹏同志和李湘露同志出色地完成了分工负责的编写任务。

感谢西安交通大学出版社对本书出版给予的大力支持和帮助。

限于我们的水平,书中错误或不妥之处仍在所难免,恳请读者批评指正。

作者 谨识

2013 年 9 月 5 日

第 2 版前言

运筹学是 20 世纪 40 年代发展起来的一门新兴学科,同时它又是一门具有很强应用背景的应用学科。就我们国家而言,运筹学与我国经济建设有着密不可分的关系;同样,要构建完善的社会主义市场经济体制的今天,运筹学又是实现管理现代化必不可少的工具。

本书是针对经济管理类专业和部分工程技术类专业大学本科的特点和要求编写的教材,同时也力求兼顾相关专业研究生的教学需要。我们在编写中,注重实用性,注重理论联系实际。一方面加强对经济意义和实际背景的描述;另一方面注意对读者的启发性和实际能力的训练培养。在论述模式上,各章节均以实际问题为背景,引出相关概念及基本理论,并建立模型,进而运用各种直观手段说明求解方法的基本思想,尽量避免冗长的定理证明。本书结合例题演示求解过程,尽可能地对计算结果给予有实际意义的解释(包括经济意义和实际背景),有人称这种论述模式为问题导向型。为了适应不同行业、不同教学层次的需要,从内容结构安排上力求紧凑,各章之间的顺序安排上打破了运筹学本身固有的结构关系,各章之间具有一定的相对独立性(线性规划是运筹学各分支的基础,它是研讨运筹学其它各分支的“必经之路”)。基本理论和基本概念的阐述力求准确到位。全书论述表达力求深入浅出,通俗易懂。尽量做到科学性、系统性、实用性与可读性完美有机地结合。

遵循以上的宗旨,本书第 1 版 1994 年出版问世后,深得广大读者的厚爱。十年来在同行专家和广大读者的热情关怀和支持下,本书得到广泛的认同,普遍反映良好。先后被复旦大学、西安交通大学、西北工业大学等众多兄弟院校选作为管理学院(或管理类各专业)本科生和研究生的教材或参考书,也被一些兄弟院校的工程技术类专业选作为教材。本书第 1 版,1998 年被作者所在学校评为优秀教材一等奖,1999 年被西安交通大学出版社评为优秀教材奖。借此机会,作者谨向同行专家和广大读者表示由衷的感谢。

现在,我们早已步入了 21 世纪。此时此刻,人们会问:新世纪的特征是什么呢?对于这一问题,人们可能会有不同的认识和见解。笔者认为:新世纪的核心特征应该是“创新”。当然“创新”二字它的内涵是很深很广的,几句话也未必能说得清楚,笔者也不想在此花费更多的笔墨展开研讨。不管怎么说,新世纪、新时代要求每个教育工作者必须为新世纪、新时代肩负起培养一代新人的重任。基于此,我们肩负一种时代的精神、时代的责任,决定应广大读者和出版社的要求,对本书第 1 版进行仔细认真的修订。这就是我们修订本书的出发点和动机,也是我们本书的总的指导思想。

为了使第 2 版较第 1 版有更多符合新时代要求的创新,我们具体地在以下几个方面做了重要修订。

(1) 将第 1 版的前三章合并为一章,统称为“线性规划”,这样更能符合优化全书结构的修订宗旨。删去了第 1 版的第 12 章模拟论。

(2) 第 2 版的第 3 章、第 5 章和第 7 章较第 1 版书相应的章节基本上是重新编写的,新编写的部分约占这三章内容 2/3 以上的篇幅,在第 5 章中增写了“网络计划技术”一节。第 6 章中增写了“客户服务中心”、“医院的排队模型”和“货船泊位分析”的应用举例分析。第 8 章 § 8.5 中增写了多目标最优化问题的评价函数法。在 § 8.7 中增写了“数据包络分析法”一节,这一节及 § 8.6 的应用实例分析是作者等承担一项部级的重点软科学项目中实际做过的。第 9 章增写了非零对策、纳什均衡和冲突分析的基本内容介绍。

(3) 增写了第 10 章非线性规划。主要素材是以参考文献[5]中作者原来编写过的教材为蓝本。学习了有关兄弟院校教材及国内外非线性规划的研究动态后,加以去粗取精,舍弃相对较陈旧的算法,代之以公认的好算法。为了更好地配合各章的教学,提高学生解决实际问题的能力,我们在附录中编写了“Win QSB 解题示例”,重点介绍了这一比较成熟的教学软件的使用方法,利用这一软件,我们通常遇到的大部分运筹学模型(包括非线性规划中的二次规划)都可以得到解决。

在此顺便指出,本书的前七章内容属于通常运筹学 I 的内容,供本科生选读,本书后三章内容可作为运筹学 II 的内容,供研究生选读。各校可根据教学计划中的学时数和具体情况安排。

参加修订工作的同志和各章编写的分工如下:牛映武(前言、绪论、第 4、8 及第 10 章),杨文鹏(第 3、5、7 章及附录),郭鹏(第 2、6 及第 9 章。杨娅芳同志协助作者在部分内容和文字整理上做了一些工作),李湘露(第 1 章)。

本书由牛映武教授担任主编,负责全书的统稿定稿工作,杨文鹏教授、郭鹏教授(博士)、李湘露教授(博士)担任副主编,杨文鹏同志协助主编完成部分统稿工作。

在本书第 2 版出版之际,作者真诚地感谢第 1 版各位作者过去付出的努力和辛勤劳动,特别是我的恩师、天津大学的李维铮教授担任主审,还有复旦大学的龚益鸣教授、北京大学的张立昂教授。在本书第 2 版出版的过程中,得到西安交通大学出版社和责任编辑叶涛副编审等的大力支持和帮助,借此机会谨向他们表示诚挚的谢意。

限于我们的水平,书中不妥与错误之处在所难免,恳切希望广大读者及同行专家批评指正。

牛映武

2005 年 10 月 10 日

第 1 版序

运筹学是近 40 年来发展起来的一门新兴学科。它是实现管理现代化和进行科学决策的有力工具。

运筹学的应用非常广泛,它不仅在经济管理中有着重要的应用,而且在科学技术和工程中都有很多应用,因此,这门学科的确是很重要的。应用运筹学方法去处理问题,其特点是首先通过对实际问题的分析,建立模型(数学模型或模拟模型),然后对模型求解,从而得到全局上最合理的解答,提供决策者参考。

本书较已出版的同类书有几个明显的特点。一是注重理论联系实际,注重实用性,克服了运筹数学的某些片面性。书中给出的算法很实用,计算框图和计算步骤清晰简明。二是覆盖面广,除非线性规划部分未写进书中外,其它各主要分支的内容均已包括进去,而且还介绍了一些有应用价值的新方法。三是在内容结构和篇幅上比较紧凑,基本理论和基本概念的阐述准确,尽量避免了冗长的定理证明。例题和习题的选配得当,启发性较好。

相信这本书出版后,一定会在经济管理和其它专业的教学科研工作中发挥出它应有的作用。

游兆永

1993 年 2 月

第 1 版前言

运筹学是近 40 年来发展起来的一门新兴学科。它用定量分析方法为管理决策提供科学依据,因此,它是实现管理现代化必不可少的工具。在社会主义市场经济体制下,如何有效地研究市场,进行科学决策与民主决策尤为重要,在这方面运筹学将起着重要的作用。此外,在工程技术设计、军事科学等各个方面,也将发挥其积极作用。总之,我国的四个现代化离不开运筹学,同时运筹学在我国的发展,亦以四个现代化为依托和背景。

本书最初是在总结各院校多年来教学改革经验的基础上,作为纺织高等院校的统编教材,由原纺织部教育司组织有关院校教师集体编写的。印成讲义后,经各院校普遍使用多次,反复征求使用者意见,进行认真修改定稿的。出版前作者又根据形势的变化,除少数参编者有局部调整外,还对部分内容进行了改编。书中只保留了少量结合纺织行业的例子,但这些丝毫不影响运筹学方法的广泛应用。

本书在编写中,注重实用性,注重理论联系实际。一方面加强了对经济意义和实际背景的描述;另一方面注意对学生实际能力的培养,我们选配了足够数量的、启发性较好的例题和习题,以开拓思路。在选材上,系统性强,覆盖面广。除省略了非线性规划部分外,运筹学其它主要分支的内容均已包括在内;还对实际应用中具有价值的新理论和新方法作了应有的介绍,如多目标决策、层次分析法及模拟技术等,可以适应不同行业、不同教学层次的需要。因此,本书适应性强。在某些章节也包含了作者在科研、教学工作中的研究成果和心得体会。

参加本书编写的同志有:牛映武(绪论、第 7、10 章以及第 1、4 章的部分内容),龚益鸣(第 5、12 章),陶德滋(第 1 章),张立昂、单洪中(第 6、11 章),顾闰观(第 4 章)、关嘉峪(第 2 章),郭大宁、周力(第 8 章),张成现(第 9 章),李湘露(第 3 章)。由牛映武担任主编,龚益鸣、陶德滋担任副主编。

本书由天津市运筹学会名誉理事长、天津大学管理学院李维铮教授担任主审,中国纺织大学管理学院宋福根副教授参加了审稿。审稿人极其认真地审阅了书稿,并提出许多宝贵的改进意见。陕西省工业与应用数学学会理事长、计算数学与应用数学研究所所长、西安交通大学游兆永教授十分关心本书的出版,还专门为本书撰写了序言。原纺织部教育司和纺织管理工程专业教育委员会也曾为本书的出版给予了支持。在此,谨向以上同志表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,错误缺点在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1994 年元月

目 录

第 3 版前言

第 2 版前言

第 1 版序

第 1 版前言

绪论

| | |
|---------------------------------|-----|
| § 0.1 运筹学的产生与发展 | (1) |
| § 0.2 运筹学的研究对象、特点, 运筹学的模型 | (3) |
| 0.2.1 运筹学的研究对象与特点 | (3) |
| 0.2.2 运筹学的模型 | (3) |
| § 0.3 运筹学的未来展望 | (4) |

第 1 章 线性规划

| | |
|--------------------------|------|
| § 1.1 线性规划问题的数学模型 | (6) |
| 1.1.1 线性规划问题的实例 | (6) |
| 1.1.2 线性规划问题的标准型 | (9) |
| § 1.2 线性规划问题的基本性质 | (10) |
| 1.2.1 线性规划的图解法 | (10) |
| 1.2.2 线性规划问题的基与解 | (12) |
| 1.2.3 几何意义上的几个基本概念 | (13) |
| 1.2.4 线性规划问题的基本定理 | (14) |
| § 1.3 单纯形方法的基本思想 | (16) |
| 1.3.1 举例 | (16) |
| 1.3.2 最优性检验及解的判别准则 | (19) |
| § 1.4 单纯形法的计算过程 | (20) |
| 1.4.1 单纯形表 | (20) |
| 1.4.2 单纯形法的计算步骤 | (22) |
| § 1.5 人工变量法 | (25) |
| 1.5.1 大 M 法 | (26) |
| 1.5.2 两阶段法 | (28) |
| § 1.6 对偶问题及对偶关系 | (33) |
| 1.6.1 经济管理问题实例 | (33) |
| 1.6.2 对偶问题的定义 | (34) |
| 1.6.3 对偶关系 | (36) |

| | |
|-----------------------------|------|
| § 1.7 对偶理论 | (38) |
| 1.7.1 对偶问题的基本性质和基本定理 | (38) |
| 1.7.2 对偶问题的经济意义 | (41) |
| § 1.8 对偶单纯形法 | (42) |
| 1.8.1 对偶单纯形法的基本思想 | (42) |
| 1.8.2 对偶单纯形法的计算步骤 | (42) |
| § 1.9 灵敏度分析 | (44) |
| 1.9.1 目标函数价值系数 c_j 的变化分析 | (45) |
| 1.9.2 约束条件中资源数量 b_k 的变化分析 | (47) |
| 1.9.3 技术系数 a_{ij} 的变化分析 | (49) |
| § 1.10 运输问题 | (50) |
| 1.10.1 运输问题的数学模型 | (51) |
| 1.10.2 运输问题基变量的特征 | (53) |
| 1.10.3 表上作业法 | (55) |
| 1.10.4 产销不平衡的运输问题 | (59) |
| § 1.11 应用举例 | (62) |
| § 1.12 本章小结 | (68) |
| 习题 1 | (70) |

第 2 章 目标规划

| | |
|----------------------|-------|
| § 2.1 多目标线性规划问题 | (82) |
| 2.1.1 目标偏差变量的引入 | (83) |
| 2.1.2 多目标线性规划演变为目标规划 | (83) |
| § 2.2 目标规划模型及其求解方法 | (85) |
| 2.2.1 加权法 | (85) |
| 2.2.2 优先级法 | (86) |
| 2.2.3 目标规划的图解法 | (87) |
| 2.2.4 目标规划的基本概念 | (88) |
| 2.2.5 目标规划的序贯式算法 | (89) |
| 2.2.6 目标规划的多阶段算法 | (91) |
| § 2.3 目标规划的灵敏度分析 | (93) |
| 2.3.1 对偶目标规划 | (93) |
| 2.3.2 目标规划的对偶单纯形法 | (94) |
| 2.3.3 目标规划的灵敏度分析 | (95) |
| § 2.4 应用举例 | (98) |
| § 2.5 本章小结 | (102) |
| 习题 2 | (103) |

第 3 章 整数规划

| | |
|--------------|-------|
| § 3.1 整数规划问题 | (105) |
|--------------|-------|

| | | |
|---------------------|-----------------------|-------|
| 3.1.1 | 模型及整数规划的实例 | (105) |
| 3.1.2 | 解的特点 | (108) |
| § 3.2 | 割平面法 | (109) |
| § 3.3 | 分枝定界法 | (114) |
| § 3.4 | 0-1 变量与 0-1 规划 | (117) |
| 3.4.1 | 0-1 变量及其应用 | (117) |
| 3.4.2 | 0-1 规划的解法 | (121) |
| § 3.5 | 指派问题 | (123) |
| 3.5.1 | 指派问题的模型 | (123) |
| 3.5.2 | 匈牙利解法 | (124) |
| 3.5.3 | 非标准指派问题 | (126) |
| § 3.6 | 本章小结 | (128) |
| 习题 3 | | (128) |
| 第 4 章 动态规划 | | |
| § 4.1 | 多阶段决策问题 | (132) |
| § 4.2 | 动态规划的基本概念和最优性原理 | (136) |
| 4.2.1 | 动态规划的基本概念 | (136) |
| 4.2.2 | 最优性原理 | (137) |
| § 4.3 | 动态规划模型及求解方法 | (138) |
| 4.3.1 | 动态规划的数学模型 | (138) |
| 4.3.2 | 动态规划的求解方法 | (139) |
| § 4.4 | 动态规划的应用 | (147) |
| 4.4.1 | 生产经营问题 | (147) |
| 4.4.2 | 可靠性问题 | (155) |
| 4.4.3 | 二维分配问题 | (160) |
| 4.4.4 | 背包问题 | (165) |
| 4.4.5 | 设备更新问题 | (169) |
| § 4.5 | 本章小结 | (172) |
| 习题 4 | | (173) |
| 第 5 章 图与网络分析 | | |
| § 5.1 | 图的基本概念 | (178) |
| 5.1.1 | 图 | (178) |
| 5.1.2 | 有向图 | (179) |
| 5.1.3 | 链和路 | (180) |
| 5.1.4 | 树和根树 | (180) |
| 5.1.5 | 几个例子 | (181) |
| § 5.2 | 最小树 | (183) |
| § 5.3 | 最短路问题 | (185) |

| | | |
|-------|-------------------|-------|
| 5.3.1 | Dijkstra 算法 | (185) |
| 5.3.2 | Ford 算法 | (187) |
| § 5.4 | 网络最大流问题 | (190) |
| 5.4.1 | 网络可行流和增广链 | (191) |
| 5.4.2 | 最大流和最小截集 | (193) |
| 5.4.3 | Ford-Fulkerson 算法 | (194) |
| § 5.5 | 最小费用最大流问题 | (196) |
| 5.5.1 | 可行流的费用与定值最小费用流 | (196) |
| 5.5.2 | 增广链 μ 的费用增量 | (197) |
| 5.5.3 | 单位费用增量最小的增广链的求法 | (197) |
| 5.5.4 | 最小费用最大流算法 | (198) |
| § 5.6 | 网络计划技术 | (201) |
| 5.6.1 | 绘制工程网络图 | (201) |
| 5.6.2 | 计算时间参数和确定关键路线 | (203) |
| 5.6.3 | 网络计划的调整与优化 | (209) |
| § 5.7 | 本章小结 | (217) |
| | 习题 5 | (218) |

第 6 章 排队论

| | | |
|-------|---|-------|
| § 6.1 | 排队论的基本概念和研究的问题 | (222) |
| 6.1.1 | 排队系统 | (222) |
| 6.1.2 | 排队系统的组成 | (223) |
| 6.1.3 | 排队系统的符号表示 | (224) |
| 6.1.4 | 排队系统研究的问题 | (224) |
| § 6.2 | 排队论中常见的几种理论分布和生灭过程 | (226) |
| 6.2.1 | 泊松分布 | (226) |
| 6.2.2 | 负指数分布 | (226) |
| 6.2.3 | 爱尔朗(Erlang)分布 | (227) |
| 6.2.4 | 生灭过程 | (227) |
| § 6.3 | 单服务台指数分布排队系统 | (229) |
| 6.3.1 | M/M/1/ ∞ / ∞ 排队模型 | (229) |
| 6.3.2 | M/M/1/N/ ∞ 排队模型 | (234) |
| 6.3.3 | M/M/1/ ∞ /m 排队模型 | (237) |
| § 6.4 | 多服务台指数分布排队系统 | (240) |
| 6.4.1 | M/M/c/ ∞ / ∞ 排队模型 | (240) |
| 6.4.2 | 单队多服务台和多个单队单服务台系统的比较 | (242) |
| 6.4.3 | M/M/c/N/ ∞ 排队模型和 M/M/c/ ∞ /m 排队模型 | (243) |
| § 6.5 | 排队系统的优化 | (244) |
| 6.5.1 | M/M/1 的最优服务率 μ | (244) |
| 6.5.2 | M/M/1/N/ ∞ 模型中最优的 μ | (245) |

| | | |
|-------|------------------------|-------|
| 6.5.3 | M/M/1/∞/m 模型中最优的 μ | (246) |
| 6.5.4 | M/M/c/∞/∞ 模型中最优的服务台 c | (246) |
| § 6.6 | 应用举例 | (247) |
| 6.6.1 | 企业对外服务的窗口——客户服务中心 | (247) |
| 6.6.2 | 医院的排队模型 | (252) |
| 6.6.3 | 货船泊位分析 | (253) |
| § 6.7 | 本章小结 | (254) |
| 习题 6 | | (254) |

第 7 章 存贮论

| | | |
|-------|--------------------|-------|
| § 7.1 | 存贮系统的描述 | (257) |
| § 7.2 | 经济订购批量模型 | (259) |
| 7.2.1 | 基本模型(模型一) | (259) |
| 7.2.2 | 缺货模型(模型二) | (261) |
| § 7.3 | 生产批量模型 | (264) |
| 7.3.1 | 经济生产批量模型(模型三) | (264) |
| 7.3.2 | 缺货预约的生产批量模型(模型四) | (266) |
| § 7.4 | 价格折扣和限制库存的模型 | (268) |
| 7.4.1 | 价格有折扣的经济订购模型(模型五) | (268) |
| 7.4.2 | 存贮场地有限的经济订购模型(模型六) | (269) |
| § 7.5 | 随机型存贮模型 | (271) |
| 7.5.1 | 简单单周期模型(模型七) | (271) |
| 7.5.2 | 有初始库存量的单周期模型(模型八) | (273) |
| § 7.6 | 本章小结 | (275) |
| 习题 7 | | (275) |

第 8 章 决策论

| | | |
|-------|-------------------|-------|
| § 8.1 | 决策的问题和类型 | (277) |
| 8.1.1 | 决策问题的提出 | (277) |
| 8.1.2 | 决策问题的构成 | (279) |
| 8.1.3 | 决策的分类 | (280) |
| § 8.2 | 非确定型决策 | (281) |
| 8.2.1 | 容许的行动方案 | (281) |
| 8.2.2 | 选择最优行动的准则 | (281) |
| § 8.3 | 风险型决策 | (283) |
| 8.3.1 | 仅有先验信息的贝叶斯决策 | (283) |
| 8.3.2 | 信息的价值及利用后验概率的决策方法 | (291) |
| 8.3.3 | 马尔可夫决策 | (296) |
| § 8.4 | 效用理论及其应用 | (303) |
| 8.4.1 | 效用的概念 | (303) |

| | | |
|-------|--------------------------|-------|
| 8.4.2 | 效用曲线 | (304) |
| 8.4.3 | 效用曲线的应用 | (305) |
| § 8.5 | 多目标决策 | (306) |
| 8.5.1 | 多目标最优化问题的基本概念 | (307) |
| 8.5.2 | 多目标最优化问题的评价函数法 | (308) |
| § 8.6 | 层次分析法及其应用 | (315) |
| 8.6.1 | AHP 法原理 | (315) |
| 8.6.2 | 层次结构模型和标度 | (317) |
| 8.6.3 | 计算方法与步骤 | (319) |
| 8.6.4 | 应用实例分析 | (321) |
| § 8.7 | 数据包络分析法及其应用 | (326) |
| 8.7.1 | 数据包络分析概述 | (326) |
| 8.7.2 | 评价相对有效性的 C^2R 模型 | (327) |
| 8.7.3 | 应用实例分析 | (340) |
| § 8.8 | 本章小结 | (345) |
| 习题 8 | | (346) |

第 9 章 对策论

| | | |
|-------|---|-------|
| § 9.1 | 对策论的一般概念 | (350) |
| 9.1.1 | 对策论的三个基本要素 | (350) |
| 9.1.2 | 对策的分类 | (352) |
| § 9.2 | 矩阵对策的基本定理 | (352) |
| 9.2.1 | 最优纯策略的鞍点 | (352) |
| 9.2.2 | 混合策略与混合扩充 | (356) |
| 9.2.3 | 矩阵对策基本定理 | (358) |
| § 9.3 | 矩阵对策的解法 | (361) |
| 9.3.1 | 等式试算法 | (361) |
| 9.3.2 | $2 \times n$ 和 $m \times 2$ 矩阵对策的解法 | (363) |
| 9.3.3 | 优超 | (368) |
| 9.3.4 | 线性规划解法 | (369) |
| § 9.4 | 非零和对策 | (373) |
| § 9.5 | 纳什均衡 | (375) |
| § 9.6 | 冲突分析 | (378) |
| § 9.7 | 应用举例 | (383) |
| § 9.8 | 本章小结 | (389) |
| 习题 9 | | (389) |

第 10 章 非线性规划

| | | |
|--------|----------------|-------|
| § 10.1 | 预备知识 | (391) |
| 10.1.1 | 海赛矩阵与二次型 | (391) |

| | | |
|-----------|---------------------|-------|
| 10.1.2 | 局部极值与全局极值 | (393) |
| 10.1.3 | 凸函数 | (394) |
| § 10.2 | 非线性规划问题及其基本概念 | (396) |
| 10.2.1 | 非线性规划的数学模型 | (396) |
| 10.2.2 | 非线性规划的基本概念 | (397) |
| § 10.3 | 无约束非线性规划 | (400) |
| 10.3.1 | 不用导数的一维搜索 | (401) |
| 10.3.2 | 使用导数的一维搜索 | (404) |
| 10.3.3 | 不用导数的多维搜索 | (405) |
| 10.3.4 | 使用导数的多维搜索 | (406) |
| § 10.4 | 约束非线性规划 | (419) |
| 10.4.1 | 最优性条件(库恩-塔克条件) | (419) |
| 10.4.2 | 二次规划 | (422) |
| 10.4.3 | 可行方向法 | (424) |
| 10.4.4 | 非线性规划的线性逼近法 | (428) |
| 10.4.5 | 制约函数法 | (432) |
| § 10.5 | 应用举例分析 | (437) |
| § 10.6 | 本章小结 | (439) |
| 习题 10 | | (440) |
| 附录 | Win QSB 解题示例 | (444) |
| | 主要参考文献 | (462) |
| | 习题答案 | (464) |

绪 论

“运筹于帷幄之中，决胜于千里之外”，这是《史记·后汉书》上记载的一句著名的话。1957年我国科学界就把研究有关运用、筹划与管理等经济活动的学科正式定名为“运筹学”。运筹学的英文是“Operational Research”或“Operations Research”，学术界常缩写为“OR”。

为了使读者先对运筹学的概况及其研究问题的特征等有一粗浅的了解，我们在此做一概括性的介绍。

§ 0.1 运筹学的产生与发展

自人类社会诞生以来，人们都一直在经历着运用和筹划的决策过程。而运筹学的一些朴素思想可以追溯到很早以前。历史上曾记载着很多巧妙的运筹事例。例如，广为人知的我国战国时期齐王和大臣田忌赛马的故事：在谋士孙臧的策划下，田忌竟以逊色于齐王马匹的劣势取得比赛的胜利，赢得千金。又如，北宋真宗年间，皇城失火，皇宫被毁，朝廷决定重建皇宫，当时亟待解决“取土”、“外地材料的储运”和“处理瓦砾”三项任务，在修建皇宫负责人丁渭的精心策划下，巧妙地解决了上述三项任务。三国时期的运筹大师诸葛亮，更是众所周知的风云人物。在国外，人们常推崇阿基米德为运筹学的先驱人物，因为他筹划有方，在保卫叙拉古、抵抗罗马帝国的侵略中做出了突出贡献。

但是，运筹学作为一个科学名词出现，并形成一门独立的、具有特色的学科，则是20世纪30年代末以后。运筹学的早期工作应该属于苏联著名数学家、在列宁格勒大学任教的Л. В. Канторович，他在解决工业生产组织与计划问题时，就已经提出了线性规划的模型（他1939年著有《生产组织与计划中的数学方法》，1959年中科院力学研究所运筹室译），但当时并未受到重视。以后，由于第二次世界大战期间军事上的需要及战后经济的发展，它才逐渐产生和发展起来。当时英美等国为了对付德国的侵略，发明制造了包括雷达在内的一些新式武器。但是，武器的有效使用却落后于武器的制造，因而，武器的有效使用成了当务之急。因此，“运用研究”（Operational Research）就成为亟待解决的新课题。于是，英国首先在空军部门成立了防空运筹小组，其成员中包括数学家、物理学家、天文学家、生理学家和军事专家多人，任务是探讨如何抵御敌人的空袭和潜艇。以后在美国等国军队中也成立了一些专门小组，开展了护航舰队保护商船等与战争有关的许多战术性问题的研究。这些运筹小组大量出色的工作，不仅为盟国在军事上重挫纳粹德国做出了重大贡献，也为运筹学的发展积累了丰富的材料。二次世界大战后，一些运筹专家把研究的重点转向了民用问题，转向了国民经济的恢复和发展，