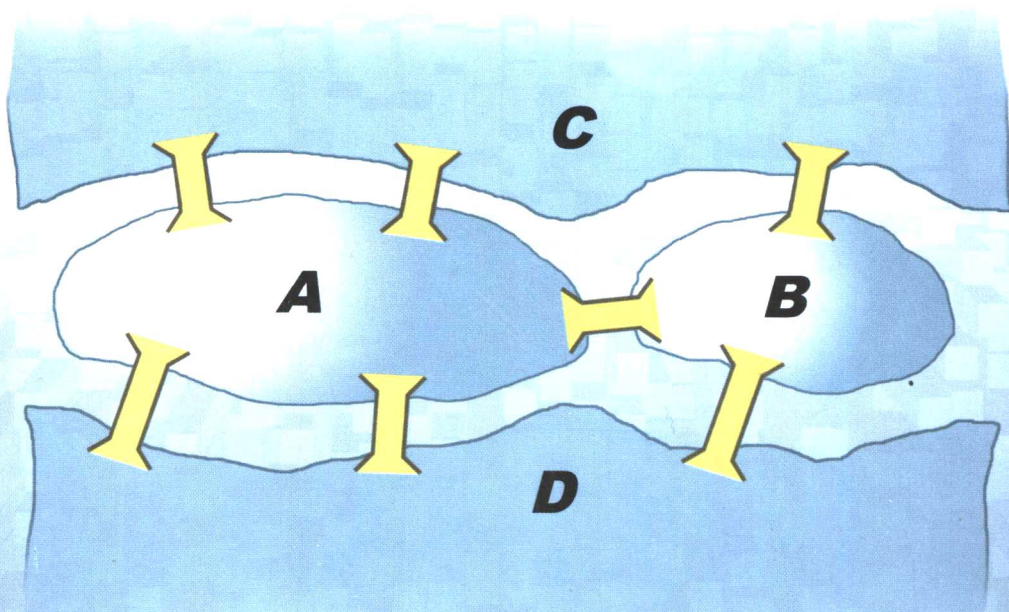


21世纪高等学校教材

运筹学

第2版

主 编 牛映武
副主编 杨文鹏 郭 鹏
李湘露



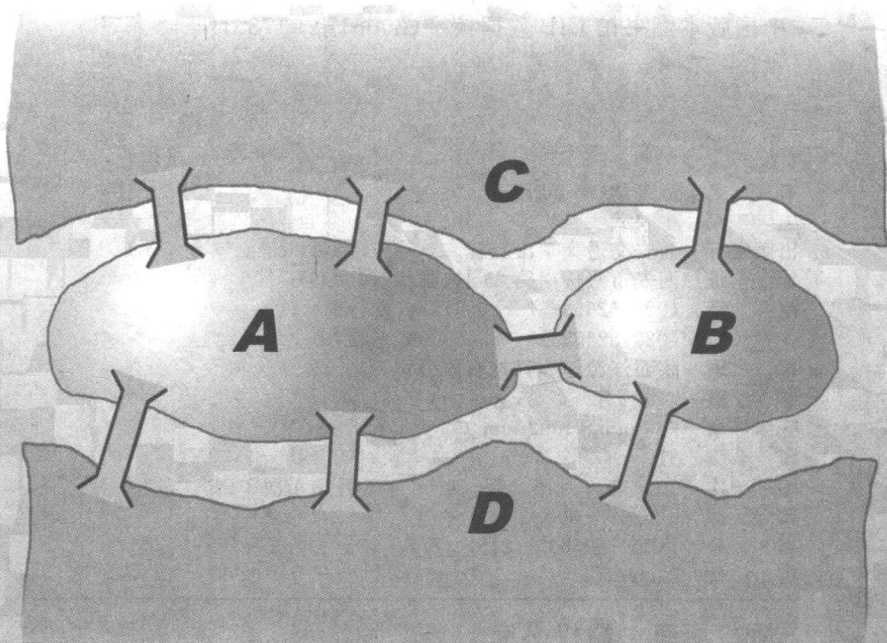
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

21世纪高等学校教材

运筹学

第2版

主 编 牛映武
副主编 杨文鹏 郭 鹏
李湘露



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

内容简介

本书系统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、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)、对策论和非线性规划,附录介绍了 Win QSB 软件的使用方法。重点介绍了运筹学各分支的基本原理和基本方法。本书注重实用性,注重理论联系实际,具有一定的深广度。叙述深入浅出、通俗易懂。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专业和其它专业本科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. —西安:西安交通大学出版社,
2006.5

ISBN 7-5605-2151-7

I. 运... II. 牛... III. 运筹学 IV. O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 047851 号

书 名	运筹学(第 2 版)
主 编	牛映武
出版发行	西安交通大学出版社
地 址	西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话	(029)82668357 82667874(发行部) (029)82668315 82669096(总编办)
印 刷	陕西江源印刷科技有限公司
字 数	749 千字
开 本	787 mm×1092 mm
印 张	31
版 次	2006 年 5 月第 2 版 2006 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0 001~5 000
书 号	ISBN 7-5605-2151-7/F·131
定 价	35.00 元

版权所有 侵权必究

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地感射。

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,我们怀着一种时代的精神、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 版的第十二章模拟论。

(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研究项目中实际做过的。第9章增写了非零和对策、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地谢意。

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 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),方海(第 1 章的部分内容)。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。朱骥同志阅读了全部书稿,并在文字上提出了改进意见。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 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	(89)
2.2.5	目标规划的序贯式算法	(90)
2.2.6	目标规划的多阶段算法	(92)
§ 2.3	目标规划的灵敏度分析	(94)
2.3.1	对偶目标规划	(94)
2.3.2	目标规划的对偶单纯形法	(95)
2.3.3	目标规划的灵敏度分析	(96)
§ 2.4	应用举例	(99)
§ 2.5	本章小结	(103)
习题 2		(104)

第 3 章 整数规划

§ 3.1	整数规划问题	(106)
3.1.1	模型及整数规划的实例	(106)

3.1.2 解的特点	(109)
§ 3.2 割平面法	(110)
§ 3.3 分枝定界法	(115)
§ 3.4 0-1 变量与 0-1 规划	(118)
3.4.1 0-1 变量及其应用	(118)
3.4.2 0-1 规划的解法	(122)
§ 3.5 指派问题	(124)
3.5.1 指派问题的模型	(124)
3.5.2 匈牙利解法	(125)
3.5.3 非标准指派问题	(127)
§ 3.6 本章小结	(129)
习题 3	(129)

第 4 章 动态规划

§ 4.1 多阶段决策问题	(133)
§ 4.2 动态规划的基本概念和最优化原理	(137)
4.2.1 动态规划的基本概念	(137)
4.2.2 最优化原理	(138)
§ 4.3 动态规划模型及求解方法	(139)
4.3.1 动态规划的数学模型	(139)
4.3.2 动态规划的求解方法	(140)
§ 4.4 动态规划的应用	(148)
4.4.1 生产经营问题	(148)
4.4.2 可靠性问题	(156)
4.4.3 二维分配问题	(161)
4.4.4 背包问题	(166)
4.4.5 设备更新问题	(170)
§ 4.5 本章小结	(173)
习题 4	(175)

第 5 章 图与网络分析

§ 5.1 图的基本概念	(179)
5.1.1 图	(179)
5.1.2 有向图	(180)
5.1.3 链和路	(181)
5.1.4 树和根树	(181)
5.1.5 几个例子	(182)
§ 5.2 最小树	(184)
§ 5.3 最短路问题	(186)
5.3.1 Dijkstra 算法	(186)

5.3.2 Ford 算法	(188)
§ 5.4 网络最大流问题	(191)
5.4.1 网络可行流和增广链	(192)
5.4.2 最大流和最小截集	(194)
5.4.3 Ford-Fulkerson 算法	(195)
§ 5.5 最小费用最大流问题	(197)
5.5.1 可行流的费用与定值最小费用流	(197)
5.5.2 增广链 μ 的费用增量	(198)
5.5.3 单位费用增量最小的增广链的求法	(198)
5.5.4 最小费用最大流算法	(199)
§ 5.6 网络计划技术	(201)
5.6.1 绘制工程网络图	(202)
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	(218)
习题 5	(219)

第 6 章 排队论

§ 6.1 排队论的基本概念和研究的问题	(223)
6.1.1 排队系统	(223)
6.1.2 排队系统的组成	(224)
6.1.3 排队系统的符号表示	(225)
6.1.4 排队系统研究的问题	(225)
§ 6.2 排队论中常见的几种理论分布和生灭过程	(227)
6.2.1 泊松分布	(227)
6.2.2 负指数分布	(227)
6.2.3 爱尔朗(Erlang)分布	(228)
6.2.4 生灭过程	(228)
§ 6.3 单服务台指数分布排队系统	(230)
6.3.1 M/M/1/ ∞ / ∞ 排队模型	(230)
6.3.2 M/M/1/ N / ∞ 排队模型和 M/M/1/ ∞ / m 排队模型	(235)
6.3.3 M/M/1/ ∞ / m 排队模型	(238)
§ 6.4 多服务台指数分布排队系统	(241)
6.4.1 M/M/ c / ∞ / ∞ 排队模型	(241)
6.4.2 单队多服务台和多个单队单服务台系统的比较	(243)
6.4.3 M/M/ c / N / ∞ 排队模型和 M/M/ c / ∞ / m 排队模型	(244)
§ 6.5 排队系统的优化	(245)
6.5.1 M/M/1 的最优服务率 μ	(245)
6.5.2 M/M/1/ N / ∞ 模型中最优的 μ	(246)
6.5.3 M/M/1/ ∞ / m 模型中最优的 μ	(247)

6.5.4	$M/M/c/\infty/\infty$ 模型中最优的服务台 c	(247)
§ 6.6	应用举例	(248)
6.6.1	企业对外服务的窗口——客户服务中心	(248)
6.6.2	医院的排队模型	(253)
6.6.3	货船泊位分析	(254)
§ 6.7	本章小结	(255)
习题 6		(255)

第 7 章 存贮论

§ 7.1	存贮系统的描述	(258)
§ 7.2	经济订购批量模型	(260)
7.2.1	基本模型(模型一)	(260)
7.2.2	缺货模型(模型二)	(262)
§ 7.3	生产批量模型	(265)
7.3.1	经济生产批量模型(模型三)	(265)
7.3.2	缺货预约的生产批量模型(模型四)	(267)
§ 7.4	价格折扣和限制库存的模型	(269)
7.4.1	价格有折扣的经济订购模型(模型五)	(269)
7.4.2	存贮场地有限的经济订购模型(模型六)	(270)
§ 7.5	随机型存贮模型	(272)
7.5.1	简单单周期模型(模型七)	(272)
7.5.2	有初始库存量的单周期模型(模型八)	(274)
§ 7.6	本章小结	(276)
习题 7		(276)

第 8 章 决策论

§ 8.1	决策的问题和类型	(278)
8.1.1	决策问题的提出	(278)
8.1.2	决策问题的构成	(280)
8.1.3	决策的分类	(281)
§ 8.2	非确定型决策	(282)
8.2.1	容许的行动方案	(282)
8.2.2	选择最优行动的准则	(282)
§ 8.3	风险型决策	(284)
8.3.1	仅有先验信息的贝叶斯决策	(284)
8.3.2	信息的价值及利用后验概率的决策方法	(292)
8.3.3	马尔可夫决策(Markov decision)	(297)
§ 8.4	效用理论及其应用	(304)
8.4.1	效用的概念	(304)
8.4.2	效用曲线	(305)

8.4.3 效用曲线的应用	(306)
§ 8.5 多目标决策	(307)
8.5.1 多目标最优化问题的基本概念	(308)
8.5.2 多目标最优化问题的评价函数法	(309)
§ 8.6 层次分析法及其应用	(316)
8.6.1 AHP 法原理.....	(316)
8.6.2 层次结构模型和标度	(318)
8.6.3 计算方法与步骤	(320)
8.6.4 应用实例分析	(322)
§ 8.7 数据包络分析法及其应用	(327)
8.7.1 数据包络分析概述	(327)
8.7.2 评价相对有效性的 C^2R 模型	(328)
8.7.3 应用实例分析	(341)
§ 8.8 本章小结	(343)
习题 8	(343)

第 9 章 对策论

§ 9.1 对策论的一般概念	(348)
9.1.1 对策论的三个基本要素	(348)
9.1.2 对策的分类	(350)
§ 9.2 矩阵对策的基本定理	(350)
9.2.1 最优纯策略的鞍点	(350)
9.2.2 混合策略与混合扩充	(354)
9.2.3 矩阵对策基本定理	(356)
§ 9.3 矩阵对策的解法	(359)
9.3.1 等式试算法	(359)
9.3.2 $2 \times n$ 和 $m \times 2$ 矩阵对策的解法	(361)
9.3.3 优超	(366)
9.3.4 线性规划解法	(367)
§ 9.4 非零和对策	(371)
§ 9.5 纳什均衡	(373)
§ 9.6 冲突分析	(376)
§ 9.7 应用举例	(381)
§ 9.8 本章小结	(387)
习题 9	(387)

第 10 章 非线性规划

§ 10.1 预备知识.....	(389)
10.1.1 海赛矩阵与二次型.....	(389)
10.1.2 局部极值与全局极值.....	(391)

10.1.3 凸函数.....	(392)
§ 10.2 非线性规划问题及其基本概念.....	(394)
10.2.1 非线性规划的数学模型.....	(394)
10.2.2 非线性规划的基本概念.....	(395)
§ 10.3 无约束非线性规划.....	(398)
10.3.1 不用导数的一维搜索.....	(399)
10.3.2 使用导数的一维搜索.....	(402)
10.3.3 不用导数的多维搜索.....	(403)
10.3.4 使用导数的多维搜索.....	(404)
§ 10.4 约束非线性规划.....	(417)
10.4.1 最优性条件(库恩—塔克条件).....	(417)
10.4.2 二次规划.....	(420)
10.4.3 可行方向法.....	(422)
10.4.4 非线性规划的线性逼近法.....	(426)
10.4.5 制约函数法.....	(430)
§ 10.5 应用举例分析.....	(435)
§ 10.6 本章小结.....	(437)
习题 10	(438)
附录 Win QSB 解题示例	(442)
主要参考文献.....	(460)
习题答案.....	(462)

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地了解，我们在此做一概括性地介绍。

§ 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，并形成为一门独立的、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，

即开始着手研究战略性问题(包括军事战略问题),其中以美国的兰德公司(RAND)最为著名。从20世纪40年代后半期开始,一些科学家致力于研究运筹学的基础理论,寻找各种分析解决经济管理问题的新方法,从而使得运筹学有了飞快的发展,产生了许多新的分支。如数学规划(线性规划、非线性规划、整数规划、目标规划、动态规划、随机规划等)、图论与网络、排队论(随机服务系统理论)、存贮论、对策论、决策论、模拟论、维修更新理论、可靠性和质量管理等。在1947年前,为运筹学的发展做出了重要贡献的代表人物主要有排队论的先驱者丹麦工程师A. K. Erlang于1917年在研究哥本哈根电话通讯系统时,提出了排队论的一些著名公式。1915年F. W. Harris推导出存贮论中的经济批量公式。1924年W. Shewhart给出了第一张质量控制图。1931年W. Leontief设计出了第一张投入产出表。1944年Von. Neumann和O. Morgenstern合著的《对策论与经济行为》一书成为对策论的奠基作,并已隐约地指出对策论与线性规划对偶理论的紧密联系。而线性规划及其单纯形法则是由美国数学家丹茨格(G. B. Dantzig)于1947年发表的研究成果。

总之,从以上运筹学的产生与发展简史可见,运筹学的发展过程可以划分为三个阶段:第一阶段是1946年以前,属于运筹学萌芽和早期研究时期,主要用于军事。第二阶段是1947年至20世纪60年代上半期,属于运筹学形成和发展时期,运筹学主要用于工厂企业管理,并进行了许多基础性研究,理论上逐渐趋于成熟。这个阶段的主要成果包括第10章中提到的1951年Kuhn-Tucker定理的提出,它成为非线性规划领域中最重要理论成果之一;20世纪60年代提出来的变尺度法(OFP),共轭梯度法(FR)等很多公认的好算法都是这个时期提出来的;包括1954年网络流理论的建立,1955年创立随机规划,1958年创立整数规划及割平面法,1960年Dantzig-Wolfe建立大型线性规划问题的分解算法等等。第三阶段是从20世纪60年代下半期开始,这一时期也可以叫做现代运筹学时期,其主要特征是,研究的系统由小到大,并逐渐和系统分析相结合、和未來学相结合、和社会学相结合。

在我国,运筹学的研究与应用虽然起步较晚,20世纪50年代中期才由钱学森、许国志教授等人由西方引入我国,之后运筹学的发展还是相当迅速的。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,1958年在交通运输、工农业生产等方面都得到应用,产生了独具风格的“图上作业法”。在纺织行业用排队论方法解决细纱车间的劳动组织,最优折布等问题。在解决邮递员合理投递路线时,管梅谷教授在1962年首先提出了这一问题的解法,被国外誉为“中国邮路问题”。1970年前后在著名数学家华罗庚教授的直接指导下,在全国范围内推广统筹方法和优选法,并取得了卓著的成效。也促使一大批数学家加入到运筹学的研究队伍中来,并在运筹学的研究领域内取得了很大成绩,在很多分支领域内跟上了当时的国际水平。近年来,一批有远见的运筹学工作者也在老一辈科学家的带领下茁壮成长。

从国际上建立运筹学学术组织的情况看,最早建立运筹学会的国家是英国(1948年),其次是美国(1952年)、法国(1956年)、日本和印度(1957年)等。1959年,英、美、法三国发起成立了国际运筹学联合会(IFORS),以后各国运筹学会纷纷加入该组织。我国是1982年正式加入该会的,以后又加入了成立于1985年的亚太运筹学协会(APORS)。多年来国际运筹学学术活动非常活跃,并出版学术刊物,促进着运筹学的不断发展。

§ 0.2 运筹学的研究对象、特点,运筹学的模型

0.2.1 运筹学的研究对象与特点

什么是运筹学?至今尚没有一个统一而且确切的定义。《辞海》中给运筹学做的解释是:“20世纪40年代开始形成的一门学科,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、筹划与管理等方面的问题。它根据问题的要求,通过数学分析的运算,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。近年来,它在理论与应用方面都有较大的发展。运筹学的分支有规划论、对策论、排队论及质量控制等。”权威人士 C. W. Churchman 认为,运筹学是“把科学的方法、技术和工具应用到一个系统的各种管理问题上,为掌管系统的人们提供最佳的解决问题的办法”。P. M. Morse 和 G. E. Kimball 曾给运筹学下的定义是:“为决策机构在对其控制下业务活动进行决策时,提供以数量化为基础的科学方法”。上述两种定义都强调了科学方法的重要性。也有人认为:“运筹学是一门应用科学,它广泛运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。”这一定义表明运筹学具有多学科交叉的特点。不管怎样定义运筹学,但可以肯定地说,运筹学是一门跨学科的应用科学。

那么,运筹学的研究对象与特点又是什么呢?可以认为,运筹学研究对象是经济、军事及科学技术等活动中(事实上,它们之间往往是密切相关的)能用数量关系来描述的有关运用、筹划与管理等方面的问题。当然我们这里是着重于经济活动方面的问题以及解决这些问题的原理和方法作为研究对象的。而运筹学研究问题的特点表现为:(1)综合性。透过各种错综复杂的数量关系,抓住主要矛盾,通过对问题的深入分析,建立合适的模型(数学模型或模拟模型),运用各种方法求得问题的最优解(或较优解,或满意解),从而得到合理的工作方案。这就是通常所说的综合优化的规律,它是系统工程的主要理论基础。(2)跨学科性。为了应用运筹学有效地解决问题,必须强调多学科、多部门和多人员的密切合作,强调互相渗透、独立工作(即尊重科学,尊重客观规律)的原则。这一点从运筹学的发展历史和对运筹学定义的讨论中不难理解。(3)实用性。这里有两层含义,一是说运筹学的研究对象都有着实际背景;二是说研究所得到的结果是“可执行”的,是符合实际的。所以在运筹学的有些分支领域里还要对所得的最优解进行灵敏度分析等。

0.2.2 运筹学的模型

运筹学在解决大量实际问题过程中已经形成了自己的工作程序,它包括:

(1) 提出和形成问题。即通过对实际问题的调查研究,弄清问题的目标,可能的约束,问题的可控变量(决策变量属于可控变量)以及有关参数,搜集有关资料。

(2) 建立模型。即把问题中的可控变量、参数和目标与约束之间的关系用一定的模型表示出来。

(3) 求解模型。用各种手段对模型求解,包括对复杂模型用计算机进行求解(精度要求可由决策者提出)。