

Mc
Graw
Hill Education

工商管理优秀教材译丛

管理学系列

I ntroduction to Operations Research Eighth Edition

运筹学导论

第 8 版

(美)

弗雷德里克·S. 希利尔 (Frederick S. Hillier) 著
杰拉尔德·J. 利伯曼 (Gerald J. Lieberman)

胡运权 等 译

Mc
Graw
Hill

清华大学出版社

运筹学导论

第 8 版

(美)

弗雷德里克·S. 希利尔 (Frederick S. Hillier)
杰拉尔德·J. 利伯曼 (Gerald J. Lieberman)

著

胡运权 冯玉强
孙文俊 钱国明

译

Introduction to Operations Research (Eighth Edition)

清华大学出版社

北 京

Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman
Introduction to Operations Research, 8th Ed.
EISBN: 0-07-252744-7

Copyright © 2005 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education(Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2005-5537

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

运筹学导论: 第 8 版/(美)希利尔(Hillier, F. S.), (美)利伯曼(Lieberman, G. J.) 著;
胡运权等译. —北京: 清华大学出版社, 2007. 8

书名原文: Introduction to Operations Research: 8th Edition

ISBN 978-7-302-15120-3

I. 运… II. ①希… ②利… ③胡… III. 运筹学 IV. O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 059524 号

责任编辑: 王 青 陆滢晨

责任校对: 王凤芝

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机: 010-62770175 邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015 客户服务: 010-62776969

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 63 插页: 2 字 数: 1418 千字

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000

定 价: 98.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 019983-01

译序

运筹学导论

Introduction to Operations Research

尽管教学和科研任务非常繁重,但我们还是高兴地接受了清华大学出版社(受美国 McGraw-Hill 出版公司委托)的约请翻译《运筹学导论》(英文原版第 8 版)的任务。

由美国斯坦福大学弗雷德里克·S. 希利尔和杰拉尔德·J. 利伯曼(已故)编著的《运筹学导论》是国际上权威的运筹学的经典著作。本书初版于 1967 年,1980 年我们有幸得到其第 2 版,这是由斯坦福大学到哈尔滨工业大学访问的代表团赠送的。本书的内容叙述和体系安排曾对我国 1982 年由清华大学出版社出版的《运筹学》及国内随后出版的同类教材产生了重大影响。鉴于本书在世界范围内对运筹学发展做出的贡献,1995 年出版的第 6 版获得了该年度的兰切斯特奖的荣誉提名奖,该奖项是运筹学英语出版物的最高奖项。1998 年机械工业出版社影印出版了该书第 6 版的英文原版。

阅读英文原版能使读者原汁原味地了解原作者的精彩文风,但因英语水平及专业词汇上碰到的困难,也影响对原书的消化吸收。这次清华大学出版社先影印了英文原版(第 8 版)的减缩版,再组织出版中文译本,有助于兼顾两方面的长处,克服单独阅读原文版及译本时的不足。

正如作者在本书前言中指出的,第 8 版较之以前各版做了很多修改补充,主要有:①补充了新近发表的变革性的且其中某些已实用化的运筹学领域的丰富内容;②增添了应用电子表格及电子表格软件来建立和求解运筹学模型,特别是数学规划模型的内容;③增加了习题和案例的数量。除此之外,第 8 版还在很多其他方面做了扩充,原书包含 5 个方面内容的附录:运筹学课程软件的文件、凸性、经典的优化方法、矩阵及矩阵运算、正态分布表;还有作者索引及主题索引。考虑到篇幅及一些内容都较浅显,容易从其他书中查找,故本书翻译时将附录、作者索引及主题索引略去。本书译稿在公式符号与字体编排上仍保持原书格式。此外 McGraw-Hill 出版公司未授权出版原书随附的 CD-ROM,故书中一些涉及 CD-ROM 的段落译文中也予略去。还有“前言”中提到本书在线学习的网页,据译者了解,该网页目前只对美国国内读者开放。

参加本书翻译和初校工作的有哈尔滨工业大学管理学院的教师胡运权、冯玉强、张庆普、钱国明、王健、叶强、闫相斌和博士生、硕士生麦强、黄哲、王洪利、雷莹、曹慕昆、王龙、黄福玉、李燕、吕海洋、庞秀丽、黄小勇、于知菲、冯媛、褚芳芳、李长江、张紫琼、刘洋,全书最后由胡运权、冯玉强、孙文俊、钱国明审校、统稿。

由于译者水平有限,加之时间比较仓促,书中难免有翻译不当、不正确之处,欢迎

广大读者批评指正。我们衷心希望本书的翻译出版能对我国运筹学的教学、应用和推广起到促进作用。

清华大学出版社为本书的出版付出了辛勤的劳动,哈尔滨工业大学管理学院管理科学与工程系的秘书张洪欣同志做了很多细致的组织联络工作,管理学院的领导给了很多支持和鼓励,在此一并表示感谢。

译 者

2006年7月于哈尔滨工业大学

关于作者

弗雷德里克·S. 希利尔 (Frederick S. Hillier) 在美国华盛顿州的 Aberdeen 诞生和成长, 他曾在全州高中的作文写作、数学、辩论和音乐比赛中获奖。作为斯坦福大学的本科生, 他在超过 300 名学生的工程班级中名列第一。他因技术写作获 McKinsey 奖, 在斯坦福 Woodwind Quintet 的表现获杰出的二年级大学生辩论奖, 因在工程和人文社会科学结合上的优异成绩获 Hamilton 奖。当他毕业并获工业工程理学士时, 获得了三项奖学金(国家科学基金、陶·贝塔·派、丹福斯)用于在斯坦福大学运筹学专业的研究生学习。获博士学位后, 他留斯坦福大学任教, 并同时获得康奈尔大学、卡内基·梅隆大学、丹麦技术大学、新西兰坎特布里大学、英国剑桥大学的访问邀请。在斯坦福大学任教 35 年后, 他于 1996 年提前退休以便集中精力从事专著的写作, 现为斯坦福大学运筹学的名誉教授。

希利尔博士的研究涉及很多领域, 包括整数规划、排队论及其应用、统计质量管理以及应用运筹学于资金预算及生产系统设计。他的论著领域广泛, 他的一些充满活力的论文至少 10 次以上被选入有关专著重新出版。他是由美国管理科学研究所(TIMS)和美国海军研究署资助的“互相关联项目资金预算”研究竞赛的首位获奖者。他和杰拉尔德·J. 利伯曼博士还因本书第 6 版获美国运筹和管理科学学会 1995 年度的兰切斯特(Lanchester)奖的荣誉提名奖, 该奖项是各类运筹学英语出版物的最高奖。

希利尔博士在他所在的领域的专业协会中担任过很多领导职务, 例如曾任美国运筹学会(ORSA)的司库, TIMS 会议的副主席, 1989 年在日本大阪举行的 TIMS 国际会议的合作总主持人, TIMS 出版委员会主席, 美国运筹学会运筹学选题编委会主席, 美国运筹学会资源计划委员会主席, 美国运筹学会和美国管理科学研究所联合会议委员会主席, 美国运筹学与管理科学研究会(IMFORMS) John von Neumann 理论奖评选委员会主席。目前他担任 Kluwer 科学出版社运筹学和管理科学国际系列出版物的编辑。

除了《运筹学导论》和其他两本配套出版物——《数学规划导论》(第 2 版, 1995)和《运筹学随机模型导论》(1990), 他的著作还有《风险关联的投资评估》(North Holland, 1969), 《排队论的表和图》(Elsevier North Holland, 1981, 合著者有 O. S. 尤、D. M. 爱维斯、L. D. 福赛特、F. D. 罗和 M. I. 雷曼)及《管理科学导论: 运用电子表格的建模与案例研究方法》(第 2 版, McGraw-Hill/Irwin, 2003, 合著者有 M. S. 希利尔)。

杰拉尔德·J. 利伯曼 (Gerald J. Lieberman) 于 1999 年去世, 他曾是斯坦福大学运筹学和统计学的名誉教授, 是该校运筹学系的创建者和系主任。他同时具有工程和运筹统计的背景(在库伯大学获机械工程学士学位, 哥伦比亚大学数理统计的 A. M. 和斯坦福大学统计学博士学位)。

利伯曼博士是斯坦福大学近几十年来最著名领导人之一, 在任运筹学系主任后, 任人文和理学院副院长、副教务长和研究主任、副教务长和研究生部主任、教职员评议会主席、大学顾问委员会成员和 Centennial 庆祝委员会主席, 在斯坦福三任校长期间任教务长或

代理教务长。

在担任大学领导期间,他仍然积极从事专业研究。他的研究主要是运筹学的随机部分,通常是应用概率和统计学的交叉界面,出版物涉及可靠性与质量管理、复合系统建模、包括资源有限条件下的优化设计等较广的领域。

作为运筹学领域受到高度尊敬的资深元老——利伯曼博士担任过一系列领导职务,包括被选为管理科学研究所的主席。他的专业荣誉包括被选为国家工程院院士,获美国质量管理协会的 Shewart 奖,因在斯坦福大学和在行为科学高级研究中心任研究员期间做出的卓越贡献获 Cuthberston 奖。1996 年 INFORMS 因利伯曼在运筹学和管理科学方面的杰出贡献授予他有极高声誉的 Kimball 奖章。

除《运筹学导论》和其他两本配套出版物——《数学规划导论》(第 2 版,1995)和《运筹学随机模型导论》(1990),他的著作还有《工业统计手册》(Prentice-Hall,1995,合著者为 A. H. Bowker)、《非中心 t 分布表》(斯坦福大学出版社,1957,合作者为 G. J. Resnikoff)、《超几概率分布表》(斯坦福大学出版社,1961,合著者为 D. Owen)、《工程统计学》(第 2 版)(Prentice-Hall,1972,合著者为 A. H. Bower)、《管理科学导论:运用电子表格的建模与案例研究方法》(McGraw-Hill/Irwin,2000,合著者有 F. S. 希利尔和 M. S. 希利尔)。

关于案例作者

卡尔·斯凯梅德(Karl Schmedders)是西北大学凯洛格(Kellogg)管理研究生院管理经济与决策科学系的副教授,讲授管理决策数量方法课程。他的研究兴趣包括运筹学在经济理论中应用,具有不完全市场的一般平衡理论、资产定价和计算经济学。斯凯梅德在斯坦福大学获得运筹学博士学位,在该校他为本科生及研究生讲授运筹学,包括一门运筹学的案例研究课。他被邀请在一个由 INFORMS 发起的会议上讲述自己开设案例课的成功经验。在斯坦福大学他多次获教学奖,包括大学知名的 Walter J. Gores 教学奖。在凯洛格管理学院时他已被任命为 L. G. Lavengood 教授。2003 年当在 WHU Koblenz(一所领先的德国商学院)讲授了一门课程后,他获得了该学期学院的最佳教师奖。

莫莉·斯蒂芬司(Molly Stephens)是 Quinn, Emanuel, Unquhart, Oliver & Hedges、洛杉矶办事处的准职员。她毕业于斯坦福大学,获工业工程学士学位和运筹学硕士学位。斯蒂芬司在斯坦福大学工程学院讲授公共演讲课,并担任运筹学案例研究课的教学助教。作为教学助教,她分析了现实世界中的运筹学问题,并将其转化成课堂教学的案例。当她获得一项本科研究的资助,并应邀在 IFORMS 会议上讲述她成功课堂案例教学的总结时,她的研究工作得到了回报,在重新开始奥斯汀得克萨斯法学院为获取 J. D. 学位(荣誉性)的研究生学习时,斯蒂芬司女士是 Anderson 咨询公司的系统集成员,经历了很多真实的案例。

前言

运筹学导论

Introduction to Operations Research

40年前,当 Jerry Lieberman 和我为本书的第1版开始工作时,我们的目标是写出一本有开创性的参考书,它将有助于运筹学这个刚出现领域的未来教育方向。本书出版后,一直不清楚这个目标的达到程度,但有一点是肯定的,对本书的需求量远超出我们的预料。我们谁也无法想象随着时间的进程,这样高的世界范围的需求能否继续。

这种对本书前7版的反响非常令人喜悦。特别兴奋的是本书第6版获得了 INFORMS 的兰切斯特奖的荣誉提名(该奖项用于奖励每年运筹学领域最优秀的英语出版物),并给出了下面的评语“这是本书的最新版本,该书向将近50万大学生介绍了运筹学的方法和模型。第6版中增加了多方面的新内容话题,在内容条理上仍保持了知名作者的写作标准。在进行表彰时,奖励委员会注意到了希利尔、利伯曼著作不仅在美国,而且通过很多外文译本在世界范围对运筹学发展产生的巨大和持续的影响。”

当40年前开始本书工作时, Jerry 已经是运筹学领域的杰出成员,一位有成就的作者和斯坦福大学运筹学科的主席,而我是刚开始职业生涯的年轻助理教授。我非常幸运能有机会同他一起工作并向他学习,我永远感激 Jerry 给我的这个机会。

现在 Jerry 将永远不再同我们在一起,将近5年前他因病去世时,我就决定捡起火炬用高的标准继续本书的后续各版,用以纪念 Jerry。所以我从斯坦福大学提前退休,以便全力完成本书的写作,使我具有比通常更多的时间用于准备这个新的版本,同时也使我能更好地掌握运筹学的发展和新的趋势,并提前完成新版的写作。对发展新趋势的掌握也帮助选择了下面列出的新的话题。

新的话题

本版的一个专门目的是补充新近发展的变革性的、其中某些已实用化的运筹学领域的丰富内容。这些新近的发展包括:(1)应用元启发方法求解大型复杂的问题;(2)约束规划同数学规划(特别是整数规划)的集成,极大地扩展了建立复杂问题模型的能力;(3)应用多阶梯的存储模型支持供应链的管理。虽然这些话题传统上不列入导论课程中,但由于其对未来运筹学实践工作者不断增长的重要性,要求将其包含到新的运筹学导论书中,所以我在这一版中增加了下列新的章节。

- 新的13章:元启发方法。
- 新的11.9节:同约束规划的结合。
- 新的18.5节:用于供应链管理的多阶梯存储模型。

近年来另一大迅速进展是应用电子表格及电子表格软件来建立和求解运筹学模型,特别是数学规划模型和模拟模型,所以本书中增加了下列电子表格的材料。

- 对 3.6 节做了扩展：应用电子表格建立和求解线性规划模型。
- 新的 6.8 节：应用电子表格进行灵敏度分析。
- 新的 12.10 节：非凸规划(用电子表格)。
- 新的 15.5 节：用电子表格对决策树进行灵敏度分析。
- 对 20.6 节全部重写：用电子表格进行模拟。
- 新的 20.7 节：应用 OptQuest 进行优化。

但是有些教师更愿意让他们的学生应用方便传统的软件(LINDO 和 LINGO)或目前技术水平的运筹学软件(MPL 和 CPLEX),我在本书中如同第 7 版中那样保留了足够的应用三种方案中任一种选择需要的内容(加上 OR Tutor 和 IOR Tutorial 帮助有效地学习算法),不给使用其他选择方案带来困扰。所以这些新的电子表格的材料通常放在接近或各章的结束处。对使用其他软件选择的人很容易把这部分材料略去。同时,我已更新了 LINDO/LINGO 和 MPL/CPLEX 的材料,包括反映 MPL 的第 3.7 节内容的扩充(建立大型的线性规划模型)。

我们恳请教师们对这个新的版本的内容安排给予反馈。根据大量的意见,本版中增添了以下传统的内容。

- 新的 8.4 节：求解指派问题的特殊算法,即匈牙利法。
- 在 12.4 节和 12.5 节中增加无约束最优化的牛顿法。

在本书的各部分还可以找到很多较小的补充。

其他特征

除了上述修改补充外,这一版还在以下方面做了很多扩充：

- 几乎本书的每一章都补充了几个新的例子以便对偶尔需要的学生提供帮助,而又不打乱教材进程和对其他人不需要的材料。(本书中没有提出哪些补充例子在教学中是必需的)。所有这些例子同时包括在本书网站的在线学习中心内(OLC)。
- 在 OLC 中均增添了每一章的新词汇。
- 在 OLC 中均增添了各案例的数据文件,使学生将精力集中于分析而不需要进行大量数据的录入。
- 大量补充的参考材料(包括 8 个整章)均方便地放在 OLC 中,代替过去受口令保护的本书网站。
- 本书及 OLC(以及 Hiller-Hiller 的管理科学导论：运用电子表格建模与案例研究方法)的全部参考材料均可在出版社的 PRIMIS 系统中找到,使有兴趣的教师从中选取哪些材料应包含在为用户设计的书中(见 www.mhhe.com/primis/online/ 以获取更多信息)。
- 每章后面的参考文献已仔细地进行更新,提供了最好的新的文献。
- 很多脚注做了补充或更新,以提供最新的文献或目前的研究动向。
- 描述运筹学在现实世界应用的各节,通过增加相当数量的新的应用,包括某些获奖的应用成果加以补充。
- 全书中增加了很多小的补充和更新。

- 增加了提供给教师的一本新的具有适当难度习题的测试题库,该题库内容覆盖全书范围,可用于检验学生课程掌握情况。题库中的大部分习题均被作者在这以前成功试用过。

为完成上述补充和更新,作者做出了巨大的努力,希望能对本书使用者有帮助。

本书的使用

所有修改努力做出的进展,使本书能更好地满足今天大学生的需求,无论新的话题或广泛的内容更新都使本书更适合于作为能反映当代运筹学实践的新的课程。本书内容和规模的压缩使它更适合于作为一门导论性课程的教材。软件的应用同运筹学的实践活动相结合,书中有关多种软件方案,为教员选择学生使用的软件提供了很大灵活性。随同本书的所有教学资源进一步扩大了学习的范围。所以本书能适用于这样的课程教学,即教师希望学生手中的课本能支持和补充课堂教学中碰到的各种问题。

我和 McGraw-Hill 的编辑小组成员认为,这次修改的努力已使第 8 版更适合用来作为大学生课本——清晰、有趣,很好组织过的有用的例子和解释,更好的诱导和前景,易于寻找到重要的材料和有意思的家庭作业,没有过多的概念、术语和数学。我们确信大多数使用过本书以前版本的教师将会同意这次是至今最好的版本,看过本版草稿的人们的普遍热情增强了我们的感觉。

应用本书作为一门课程教学的前提要求我们做审慎考虑,同前面几版一样,教学保持在相对初等的水平,第 1 章至第 14 章中的大部分(导论、线性规划和数学规划)要求的数学不超出高中的代数,微积分仅在第 12 章(非线性规划)和第 10 章(动态规划)的一个例子中用到。矩阵的概念用于第 5 章(单纯形法理论),第 6 章(对偶理论与灵敏度分析),7.4 节(内点算法)和第 12 章,但用到的仅限于在附录 4 中的内容。对从第 15 章到第 20 章,需要先学习一些概率理论,有些部分用到微积分。总的来说,为学习第 15 章到第 20 章的内容和随后各章中更高深的内容,先学习初等微积分是有用的。

本书的主要读者对象为本科高年级学生(包括有很好基础的二年级学生)及一年级的研究生。本书内容组合上有很大灵活性,可以有很好方案来组合一门课程。第 1 章和第 2 章是运筹学课程的介绍,第 3 章和第 14 章(有关线性规划和数学规划)可以同第 15 章和第 20 章分开独立设课。进一步第 3 章至第 14 章,除了它们用到第 3 章和第 4 章中的基础内容外,各章几乎完全独立,第 6 章和第 7.2 节均由第 5 章导出,7.1 节和 7.2 节用到第 6 章的部分内容,学习第 9.6 节需要先熟悉 8.1 节和 8.3 节中的问题构建的内容,掌握 9.7 节需先学习 7.3 节和 8.2 节。在第 15 章至第 20 章中,可以灵活考虑应包含的内容,虽然材料的某些结合是可行的。

初等课程内容可以从全书中抽取包含线性规划、数学规划和一些概率模型,可以安排在一个季度或一个学期内(40 学时),例如从第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 15 章、第 17 章、第 18 章、第 20 章及第 9 章到第 13 章的一部分。扩展的初等课程可用 2 个季度完成(60 学时至 80 学时),只需增加少数几章,例如第 7 章、第 14 章和第 19 章。对有较好基础的,第 1 章至第 8 章(也可包括第 9 章一部分)可组成一门线性规划课程(一个季度)。第 9 章至第 14 章可组织成另一门一个季度的确定性模型的课程。最后第 15 章至第 20 章的内容为运筹学中的随机模型,适合于组成一门一个季度的课程。事实上后面的三门

课程(全部课程内容),可在一年内作为运筹学方法按序开设,可以作为硕士生培养方案的核心课。上述各门课程在斯坦福大学本科及研究生层次均已列出,并且本书被列为推荐的教材。

此外作为在线学习中心的标志,本书的网页将提供本书不断更新的内容,包括勘误表。要进入该网页请访问 www.mhhe.com/hillier。

正如很多人已为本书的这一版做出了重要贡献,我将诚邀你们中的每一个人为本书的下一版作贡献,可通过下面给出的电子信箱发送你们的评论、建议和勘误表。在给出我电子信箱地址时,再次向老师们保证,我将仍然不向任何人(包括你们的学生)提供本书中所有习题和案例的答案。

弗雷德里克·S. 希利尔
斯坦福大学 (fhillier @ stanford. edu)
2004 年 2 月

目 录

运筹学导论

Introduction to Operations Research

前言	5
第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的起源	1
1.2 运筹学的特性	2
1.3 运筹学的影响	3
1.4 算法和运筹学课程软件	4
参考文献	6
习题	6
第 2 章 运筹学建模方法综述	7
2.1 定义问题和收集数据	7
2.2 数学建模	10
2.3 模型求解	13
2.4 检验模型	15
2.5 准备应用模型	17
2.6 实施	18
2.7 结论	20
参考文献	20
习题	20
第 3 章 线性规划导论	23
3.1 原形范例	24
3.2 线性规划模型	28
3.3 有关线性规划的假设	32
3.4 补充例子	38
3.5 若干经典案例研究	52
3.6 使用电子表格建立和求解线性规划模型	57
3.7 建立大型的线性规划模型	63
3.8 结论	69
附录 LINGO 建模语言	69

参考文献	78
习题	78
案例 汽车装配	93
第4章 求解线性规划问题——单纯形法	96
4.1 单纯形法的实质	96
4.2 构建单纯形法	100
4.3 单纯形法的代数	103
4.4 单纯形法的表格形式	108
4.5 计算中相持的突破	112
4.6 改造适用于其他模型形式	115
4.7 优化后分析	132
4.8 在计算机上的实施	138
4.9 解决线性规划问题的内点算法	141
4.10 结论	145
附录 LINDO 的使用介绍	145
参考文献	148
习题	148
案例 纺织面料与秋季时装	160
第5章 单纯形法理论	163
5.1 单纯形法基础	163
5.2 改进单纯形法	173
5.3 基础的审视	181
5.4 结论	188
参考文献	189
习题	189
第6章 对偶理论与灵敏度分析	199
6.1 对偶理论的实质	199
6.2 对偶的经济解释	207
6.3 原问题与对偶问题的关系	209
6.4 改造适用于其他原问题形式	214
6.5 对偶理论在灵敏度分析中的作用	218
6.6 灵敏度分析的实质	220
6.7 应用灵敏度分析	226
6.8 应用电子表格进行灵敏度分析	245
6.9 结论	259

参考文献	259
习题	260
案例 控制空气污染	280
第 7 章 线性规划的其他算法	283
7.1 对偶单纯形法	283
7.2 参数线性规划	286
7.3 上界法	291
7.4 内点算法	293
7.5 结论	303
参考文献	304
习题	304
第 8 章 运输和指派问题	311
8.1 运输问题	312
8.2 用于运输问题的单纯形法	323
8.3 指派问题	338
8.4 求解指派问题的特殊算法	346
8.5 结论	349
参考文献	349
习题	350
案例 向市场运送木材问题	361
第 9 章 网络优化模型	363
9.1 原形范例	364
9.2 网络术语	365
9.3 最短路径问题	368
9.4 最小支撑树问题	371
9.5 最大流问题	375
9.6 最小费用流问题	381
9.7 网络单纯形法	388
9.8 一个项目时间—费用平衡优化的网络模型	395
9.9 结论	405
参考文献	406
习题	406
案例 资金运动	418
第 10 章 动态规划	421
10.1 动态规划的范例	421

10.2	动态规划问题的特征	425
10.3	确定性动态规划	427
10.4	随机性动态规划	444
10.5	结论	449
	参考文献	449
	习题	449
第 11 章	整数规划	458
11.1	范例	459
11.2	0-1 整数规划的应用	461
11.3	0-1 变量在模型构建中的创新应用	466
11.4	一些建模例子	472
11.5	求解整数规划问题的若干展望	479
11.6	分支定界法及在求解 0-1 整数规划中的应用	483
11.7	用于混合整数规划的分支定界算法	493
11.8	解 0-1 整数规划的分支-切割法	498
11.9	同约束规划的结合	504
11.10	结论	509
	参考文献	509
	习题	510
	案例 能力的担忧	525
第 12 章	非线性规划	528
12.1	应用例子	529
12.2	非线性规划的图解解释	532
12.3	非线性规划问题的类型	536
12.4	单变量的无约束优化	541
12.5	多变量的无约束优化	546
12.6	约束优化的 Karush-Kuhn-Tucker(KKT)条件	551
12.7	二次规划	555
12.8	分离规划	561
12.9	凸规划	567
12.10	非凸规划(用电子表格)	575
12.11	结论	579
	参考文献	580
	习题	580
	案例 见识股票选择	598

第 13 章 元启发方法	600
13.1 元启发方法的特点	600
13.2 禁忌搜索	607
13.3 模拟退火	616
13.4 遗传算法	624
13.5 结论	633
参考文献	634
习题	634
第 14 章 博弈论	641
14.1 二人零和博弈模型的构建	641
14.2 解决简单的博弈问题——一个范例	642
14.3 具有混合策略的博弈	647
14.4 图解过程	649
14.5 用线性规划求解	651
14.6 问题的扩展	654
14.7 结论	655
参考文献	655
习题	656
第 15 章 决策分析	663
15.1 原形范例	664
15.2 不进行试验的决策制定	664
15.3 进行试验时的决策制定	669
15.4 决策树	674
15.5 使用电子表格对决策树进行敏感性分析	678
15.6 效用理论	686
15.7 决策分析的实际应用	692
15.8 结论	695
参考文献	695
习题	696
案例 智能商务	711
第 16 章 马尔可夫链	714
16.1 随机过程	714
16.2 马尔可夫链	716
16.3 切普曼—柯尔莫哥洛夫方程	721

16.4	马尔可夫链的状态分类	723
16.5	马尔可夫链的长游程性	725
16.6	第一转移时间/首达时间	730
16.7	吸收态	732
16.8	时间连续的马尔可夫链	734
	参考文献	738
	习题	738
第 17 章	排队论	747
17.1	原形范例	747
17.2	排队模型的基本结构	748
17.3	真实排队系统的例子	752
17.4	负指数分布的作用	755
17.5	生死过程	759
17.6	基于生死过程的排队模型	763
17.7	含非负指数分布的排队模型	773
17.8	具有优先规则的排队模型	780
17.9	排队网络	785
17.10	排队论的应用	788
17.11	结论	791
	参考文献	792
	习题	792
	案例 缩减工序间的在制品	809
第 18 章	存储论	812
18.1	例子	813
18.2	存储模型的要素	814
18.3	确定性连续监控模型	816
18.4	确定性的定期监控模型	825
18.5	用于供应链管理的确定性多梯次库存模型	829
18.6	随机连续监控模型	844
18.7	易腐产品的单期随机模型	848
18.8	实际中的大型库存系统	859
18.9	结论	862
	参考文献	862
	习题	863
	案例 库存控制的重温	877