

Mc
Graw
Hill Education

美国麦格劳-希尔教育出版公司工商管理最新教材（英文版）

运筹学导论（第8版）

（美）Frederick S. Hillier Gerald J. Lieberman 著

Introduction to Operations Research (Eighth Edition)

清华大学出版社



运筹学导论

(第8版)

(美) Frederick S. Hillier 著
Gerald J. Lieberman

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.

Authorized adapted English language edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Tsinghua University Press. This edition is authorized for sale only to the educational and training institutions, and within the territory of the People's Republic of China (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.

本书英文影印改编版由清华大学出版社和美国麦格劳—希尔教育出版(亚洲)公司合作出版。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾地区)针对教育及培训机构之销售。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:01-2005-5538

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学导论 = Introduction to Operations Research: 第8版 / (美)希利尔(Hillier, F. S.), (美)利伯曼(Lieberman, G. J.) 著. —影印本. —北京:清华大学出版社, 2006.1

ISBN 7-302-12243-1

I. 运… II. ①希… ②利… III. 运筹学—高等学校—教材—英文 IV. O22

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第151876号

出版者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机:(010) 6277 0175

地址:北京清华大学学研大厦

邮编:100084

客户服务:(010) 6277 6969

责任编辑:王青

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市春园印刷有限公司

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:200×253 印张:40.75

版次:2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-12243-1/F·1417

印数:1~4000

定价:59.00元

出 版 说 明

为了适应经济全球化的发展趋势,满足国内广大读者了解、学习和借鉴国外先进经济管理理论和管理经验的需要,清华大学出版社与国外著名出版公司McGraw-Hill教育出版集团合作影印出版了一系列商科英文版教材。鉴于大部分外版教材篇幅过长,且其中部分内容与我国的教学需要不符,我们请专家学者结合国内教学的实际要求,对所选图书进行了必要的删节。我们所选择的图书,基本上是在国外深受欢迎、并被广泛采用的优秀教材的缩减版,其主教材均是该领域中较具权威性的经典之作。在本书的选书和删节的过程中,我们得到了哈尔滨工业大学胡运权教授的支持、帮助和鼓励,在此表示谢意!

为有效控制定价以便减轻学生购买教材的负担,本书中提及的随附CD-ROM将采取根据教师申请免费提供的方式发放。请教师填写附在本书后面的“教师反馈表”并寄送给清华大学出版社经管事业部。请在信封上注明“索要教辅资料”。

由于原作者所处国家的政治、经济和文化背景等与我国不同,对书中所持观点,敬请广大读者在阅读过程中注意加以分析和鉴别。

我们期望这套影印书的出版对我国经济管理科学的发展能有所帮助,对我国商科的教学,尤其是商学本科的教学能有所促进。

欢迎广大读者给我们提出宝贵的意见和建议;同时也欢迎有关专业人士向我们推荐您所接触到的国外优秀图书。

清华大学出版社经管事业部

2005.12

中国的学生要不要使用英文版的教材，一直有争议。有人认为，我们应该使用自己编写的教材，这样才能更准确地反映我们在课堂上所要表达的观点。用国外的原版教材，有些隔靴搔痒，不能解决中国的实际问题。持不同意见的观点认为，尽管各国在管理体制上有意识、制度、文化等差异，但管理本身是在国际环境下具有共同性的问题。特别是，中国的企业在经济全球化的环境下，需要更多地了解国外的管理理论与现状。在这种情况下，就需要引进一些外版的教材。一则，用于满足我们教学的部分需求；二则，更好地了解外版教材的教学服务体系；三则，为我们的师生创造英语教学的环境。

在进行2004年本科教指委的工作规划时，我曾特别谈及，要加强对本科教育中教书“育人”、服务于学生的使命的认识，继续优化专业课程设计，扩大精品课程建设，增加专业导向课程，尤其要加强对国际商科与经济管理学科教学进展的研究，并引进最新的教学成果，包括教材及教学资源。这一切都是为了更好地为国家与社会培养更好的人才。

为此，清华大学出版社与美国麦格劳-希尔教育出版公司的合作，引进出版这套“精编版”的英文工商管理教材，也是体现这一理念。这套教材吸收国际最新教学成果，提供全方位的教学资源，并借助英语的语言媒介，将会大力提升与发展中国工商管理教学水平，提高学生使用英语语言和网络手段获得长久的终生学习的能力和兴趣，进而提高我国工商界的国际竞争力。这是一件具有重大意义的工作。

讲到美国麦格劳-希尔教育出版公司，就要提到该公司的中国首席代表姜峰先生。我同他认识已经多年了。1995年，他供职西蒙与舒斯特公司北京代表处。从那时起，他便开始来学校拜访，打破我们出版社坐等教师上门的惯例。他这种服务教学的理念就是直接同我们的教师见面，为教师提供教学资源，从早期的印刷版图书到磁盘、光盘，到在线资源、在线系统。这些年，姜峰先生尽管已经换到目前的公司工作，但他始终坚持着这一服务教学的理念，认真实践着他的教育出版观。

在同姜峰先生讨论引进国际上在工商管理教学的最新成果时，基本上确定了引进本套教材及教学资源的基本格调，即对“国际最新教学成果”的几个共同认识：一是国际上教学技术的进展究竟走到了哪一步，我们就引进到哪一步。二是要注意教学技术的发展给教学及教材带来了的影响，我们要借鉴新的教学辅助手段。

最近几年，我在美国授课的过程中，注意到教学网络技术：CMS，课程管理系统。通过这个教学辅助系统，教师可以将所要讲授的课程内容简单地张贴到一个系统化的

网页上,包括教学演示文件PPT、章节提要(Lecture Notes)、在线阅读资料,以及问答题、简答题还有课后大作业等,还可以很简单地开设自己课程的在线论坛BBS。学生在注册后,便成为在线学生,通过该平台与教师交互,完成习题、在线提交作业,在线考试,自动出评测分析报告。这一切是以教师为中心,完全解决了教师对于自己教学内容、以及对学 生及教学过程的网络化数字化管理的问题,并可多次复用、异地复用。这个在线学习系统(BlackBoard, WebCT, eCollege)等不同于国内各高校自己研发的以学籍管理或居于录像、课件的远程教学为中心的校园管理平台,直接解决大学的核心问题:即“大师”们对课程教学内容的管理问题,成为对教师授课最好的在线数字化辅助支持平台。

2003年12月底,从姜峰先生处得知BlackBoard在中国落地,便通过他与赛尔毕博公司接触,很快决定在中国人民大学商学院引进该平台支持教学。2004年的春季学期,我商学院247位教师,所有364门课程全面上线,2000多名学生在线注册学习,引发了人大商学院一场真正意义上的“教学革命”。教师与学生实现了很好地沟通与互动,学生之间也有了很好地学习谈论的天地。目前,我商学院的经验,已经成为赛尔毕博支持国内院校教学上线发展的典范,成为BlackBoard在国内的示范教学网站。

课堂教学同网络平台结合之后,又给教学带来了新的挑战,也给教材和教材的出版商们带来了新的机遇。历史悠久的麦格劳-希尔教育出版公司积极适应这种挑战,在商科及经管教材的出版上做了战略性的调整:即将教材本身做“薄”,出版一批新型的、跨媒介的教材:将研讨性、探索性、展开式的学习内容放到网上,将动态交互性的内容放到网上;印刷版的教材从过去强调各章节内容全面,呈现教学过程、学习环节,转向到注重概念性及引导性,展现学习的核心内容。同时,他们将教材配套的教学资源做得更“全”,将更多的内容上线后全面依托网络,更加动态地呈现教学内容及教学过程;并为不同的教学平台提供完全解决方案,提供跨平台的不同版本的内容“子弹”。无论采用BlackBoard或WebCT等平台,教师们都可以从出版商处获得标准的教学资源包,为自己采用的教材轻松搭建课程网站,实现教学的在线革命。

总之,教学在革命,教学的手段也在革命。我们要看到工商管理教学在国际上的各种变化,努力跟上时代的发展变化,使我们的学生真正获得国际水准的教育。为此,我衷心地感谢这批教材的国外作者们,正是他们不懈的教学实践,为给我们学科的发展带来源源的活力;同时感谢国内外的出版界的人们,感谢他们对教材、教材市场的永恒的追求,不断地帮助我们提升教学的水准;衷心希望这批适应新的教学需要的国际最新教材的出版能抛砖引玉,再次带动整个工商管理教育无论是本科、高职高专教学还是MBA、EMBA教学的发展。

子曰:“学而时习之,不亦悦乎”。在这场教学革命中,我们有更大的勇气面临新的教学的挑战,将中国的工商管理教育推向世界一流的前列!

徐二明

教育部高校工商管理类教学指导委员会主任委员
中国人民大学商学院院长

2004年金秋于北京

作者简介

弗雷德里克·S. 希利尔 (Frederick S. Hillier) 在美国华盛顿州的 Aberdeen 出生和成长, 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, 因在斯坦福 Woodwind Quintet 的表现获二年级大学生杰出辩论奖, 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学士学位时, 获得了三项奖学金 (国家科学基金, 陶·贝塔·派, 丹福斯) 资助其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, 并获得康奈尔大学、卡耐基·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。在斯坦福任教 35 年后, 他于 1996 年提前退休以便集中精力从事专著写作, 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。他论著的领域广泛, 他的一些充满活力的论文多次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”研究竞赛的首名获奖者。他和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。

希利尔博士在各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》和其他两本相关出版物——《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, 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, 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 (库伯大学机械工程学士学位, 哥伦比亚大学数理统计的硕士学位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的领导人之一, 继出任运筹学系主任之后, 还曾任人文和理学院副院长、副教务长和研究主任、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。他的研究重点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广泛的领域。

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服务获 Cuthberston 奖。除此之外, 美国运筹学和管理科学学会因本书第6版给予他和希利尔博士1995年度兰切斯特奖的荣誉提名奖。1996年 INFORMS 因他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相关出版物——《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, 合著名为 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)。

40年前,当杰里·利伯曼(Jerry Lieberman)和我着手本书第1版的写作时,我们的目标是写出一本有开创性的教科书,帮助确立运筹学这个新兴领域的未来教育方向。本书出版后,这个目标实现了多少尚不清晰,但有一点是肯定的,对本书的需求量远超出我们的预期。我们谁都没有料到这样高的世界范围的需求能持续如此之久。

对本书前7版的热烈反响令人欣喜。特别值得高兴的是本书第6版获得了INFORMS兰切斯特奖的荣誉提名(该奖项用于奖励年度运筹学领域最优秀的英语出版物),并得到下面的评语:“这是最新版本,该书向近50万名大学生介绍了运筹学的方法和模型。第6版中增加了很多新内容,写作风格仍保持了作者一贯的条理清晰。在进行表彰时,奖励委员会注意到了希利尔-利伯曼的著作不仅在美国,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。”

40年前开始写作本书时,杰里已经是运筹学领域的杰出成员、有成就的作者和斯坦福大学运筹学系主任,而我则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,我永远感激杰里给我这个机会。

现在杰里已经永远离开了我们。5年前他因病去世时,我决定继承他的遗志坚持用高标准完成本书的后续各版,以此来纪念他。所以我从斯坦福大学提前退休,以便全力完成本书的写作,使我有更多的时间用于准备这个新的版本,同时也使我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促使我选择了下面列出的新话题。

新的话题

本版的目的之一是补充新近发展的变革性的、已实用化的运筹学领域的丰富内容。这些新的进展包括:(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。虽然这些话题通常不列入导论课程中,但由于其对未来运筹学实践工作者不断增长的重要性,有必要将其包含到新的运筹学导论书中,所以我在本版增加了下列新的章节:

- 第11.9节:同约束规划的结合

近年来另一个巨大的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:

- 对第3.6节作了扩展:应用电子表格建立和求解线性规划模型

- 新增了第 6.8 节：应用电子表格进行灵敏度分析
- 新增了第 15.5 节：用电子表格对决策树进行灵敏度分析

但是有些教师更愿意让学生应用方便传统的软件（LINDO 和 LINGO）或最先进的运筹学软件（MPL 和 CPLEX），我在本书中保留了应用三种方案中任一种所需要的全部内容（加上 OR Tutor 和 IOR Tutorial 帮助有效地学习算法），从而避免给使用其他选择方案带来困扰（同时在 CD-ROM 上为每一种选择提供了足够的支持材料）。这些新的电子表格的材料通常放在各章的结尾处（或者放在 CD-ROM 或网上），使用其他软件的读者可以略去这部分材料。同时，我更新了 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）。

我们根据教师的大量反馈对新版的内容进行了安排，增添了下列传统的内容：

- 新的 8.4 节：求解指派问题的特殊算法，即匈牙利法。

其他特征

除了上述修改补充外，本版还在以下方面做了很多扩充：

- 本书的每一章几乎都补充了几个新的例子以便对有需要的学生提供帮助，而又不打乱教材进程（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 CD-ROM 和 OLC 中均增添了每一章的新词汇。
- 在 CD-ROM 和 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）均放在 CD-ROM 和 OLC 中。
- 本书及 CD-ROM 和 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，有兴趣的教师可以从中选取包含在为用户设计的书中的材料（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了更新，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，通过增加包括某些获奖的应用成果在内的大量的新应用，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个新的难易适度的测试题库，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作者都曾成功试用过。

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所帮助。

本书的使用

所有修改努力都是为了使本书能更好地满足今天大学生的需求。无论是新的话题还是广泛的内容更新都使本书更适用于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作为导论性课程的教材。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师选择学生使用的软件提供了很大的灵活性。随本书同时提供的所有教学资源进一步扩大了学习

的范围。因此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所碰到的各种问题。

麦格劳-希尔 (McGraw-Hill) 的编辑小组和我认为，这次的修改努力已使第 8 版更适合作为大学课本——清晰、有趣，组织完善的有用的例子和解释，更好的诱导和前景，易于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是迄今最好的版本，看过本版草稿的人的普遍支持增强了我们的信心。

应用本书作为一门课程教学的前提要求我们做了审慎考虑，同前面几版一样，教学保持在相对初等的水平，第 1 章至第 11 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 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（对偶理论和灵敏度分析）和第 7.4 节（内点算法），但用到的仅限于列在附录 4 中的内容。

本书的主要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，可以有很多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 4 章各章几乎完全独立，第 6 章和第 7.2 节均由第 5 章导出，第 7.1 和 7.2 节用到第 6 章的部分内容，学习第 9.6 节需要先熟悉第 8.1 节和第 8.3 节中的问题构建的内容，掌握第 9.7 节需先学习第 7.3 节和第 8.2 节。

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），例如第 1 章到第 4 章及第 9 到 11 章的部分内容。扩展的初等课程可用两个季度完成（60 至 80 学时），只需增加少数几章，例如第 7 章。对有较好基础的，第 1 章至第 8 章（也可包括第 9 章的部分内容）可组成一门线性规划课程（一个季度）。第 9 章至第 11 章可组织成另一门一个季度的确定性模型的课程。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教材。

此外作为在线学习中心的特色，本书的网页将提供本书不断更新的内容，包括勘误表。要登录该网页请访问 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献计献策。请通过下面给出的电子信箱发送你们的意见、建议和勘误表。在给出我的电子信箱地址时，我再次向老师们保证，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

简 明 目 录

前言	
第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的起源	1
1.2 运筹学的本质	2
1.3 运筹学的影响	3
1.4 算法和运筹学课程软件	5
参考文献	6
习题	7
第 2 章 运筹学建模方法概论	8
2.1 定义问题和收集数据	8
2.2 建立数学模型	12
2.3 由模型中导出解	15
2.4 对模型测试	17
2.5 准备应用模型	19
2.6 实施	21
2.7 结论	22
参考文献	23
习题	23
第 3 章 线性规划导论	25
3.1 范例	26
3.2 线性规划模型	32
3.3 有关线性规划的假设	37
3.4 补充例子	44
3.5 若干经典案例研究	60
3.6 应用电子表格建立和求解线性规划模型	65
3.7 建立大型的线性规划模型	73
3.8 结论	80
附录 3.1 LINGO 构模语言	81
参考文献	90
习题	91
案例 3.1 汽车装配	100

第4章 求解线性规划问题——单纯形法	103
4.1 单纯形法的实质	103
4.2 构建单纯形法	108
4.3 单纯形法的代数	111
4.4 单纯形法的表格形式	117
4.5 计算中相持的突破	121
4.6 改造适用于其他模型形式	124
4.7 优化后分析	142
4.8 在计算机上的实施	150
4.9 解线性规划问题的内点算法	153
4.10 结论	158
附录 4.1 应用 LINDO 的介绍	158
参考文献	161
习题	162
案例 4.1 纺织面料与秋季时装	170
第5章 单纯形法理论	173
5.1 单纯形法基础	173
5.2 改进单纯形法	184
5.3 基础的审视	193
5.4 结论	201
参考文献	201
习题	202
第6章 对偶理论与灵敏度分析	209
6.1 对偶理论的实质	210
6.2 对偶的经济解释	217
6.3 原问题与对偶问题关系	220
6.4 改造适用于其他原问题形式	225
6.5 对偶理论在灵敏度分析中的作用	229
6.6 灵敏度分析的实质	231
6.7 应用灵敏度分析	239
6.8 应用电子表格进行灵敏度分析	259
6.9 结论	275
参考文献	275
习题	276
案例 6.1 控制空气污染	289
第7章 线性规划的其他算法	292
7.1 对偶单纯形法	292
7.2 参数线性规划	295

7.3	上界法	300
7.4	内点算法	303
7.5	结论	314
	参考文献	314
	习题	315
第8章	运输和指派问题	320
8.1	运输问题	321
8.2	用于运输问题的单纯形法	335
8.3	指派问题	350
8.4	求解指派问题的特殊算法	359
8.5	结论	363
	参考文献	363
	习题	364
	案例 8.1 往市场运输木材	372
第9章	网络优化模型	374
9.1	范例	375
9.2	网络的名词术语	376
9.3	最短路问题	380
9.4	最小支撑树问题	384
9.5	最大流问题	388
9.6	最小费用流问题	396
9.7	网络单纯形法	404
9.8	一个项目时间-费用平衡优化的网络模型	414
9.9	结论	426
	参考文献	427
	习题	428
	案例 9.1 Money in Motion	437
第10章	动态规划	440
10.1	一个动态规划的范例	440
10.2	动态规划问题的特征	445
10.3	确定型动态规划问题	447
10.4	随机型动态规划问题	466
10.5	结论	471
	参考文献	472
	习题	472
第11章	整数规划	478
11.1	范例	479
11.2	某些 0-1 整数规划的应用	482

11.3	0-1 变量在模型构建中的创新应用	487
11.4	一些建模例子	493
11.5	求解整数规划问题的若干展望	501
11.6	分支定界法及在求解 0-1 整数规划中的应用	505
11.7	用于混合整数规划的分支定界算法	515
11.8	解 0-1 整数规划的分支-切割法	521
11.9	同约束规划的结合	527
11.10	结论	533
	参考文献	533
	习题	534
	案例 11.1 对能力的担忧	544
第 15 章	决策分析	680
15.1	一个范例	681
15.2	不进行试验的决策	682
15.3	进行试验的决策	687
15.4	决策树	693
15.5	用电子表格对决策树进行灵敏度分析	698
15.6	效用理论	708
15.7	决策分析的实际应用	715
15.8	结论	718
	参考文献	719
	习题	719
	案例 15.1 布雷尼(Brainy)的商务	729
附录		
	4. 矩阵及矩阵运算	1014
	5. 正态分布表	1019
部分习题答案		1021
主题索引		1038

CHAPTER

Introduction

THE ORIGINS OF OPERATIONS RESEARCH

Since the advent of the industrial revolution, the world has seen a remarkable growth in the size and complexity of organizations. The artisans' small shops of an earlier era have evolved into the billion-dollar corporations of today. An integral part of this revolutionary change has been a tremendous increase in the division of labor and segmentation of management responsibilities in these organizations. The results have been spectacular. However, along with its blessings, this increasing specialization has created new problems, problems that are still occurring in many organizations. One problem is a tendency for the many components of an organization to grow into relatively autonomous empires with their own goals and value systems, thereby losing sight of how their activities and objectives mesh with those of the overall organization. What is best for one component frequently is detrimental to another, so the components may end up working at cross purposes. A related problem is that as the complexity and specialization in an organization increase, it becomes more and more difficult to allocate the available resources to the various activities in a way that is most effective for the organization as a whole. These kinds of problems and the need to find a better way to solve them provided the environment for the emergence of **operations research** (commonly referred to as **OR**).

The roots of OR can be traced back many decades, when early attempts were made to use a scientific approach in the management of organizations. However, the beginning of the activity called *operations research* has generally been attributed to the military services early in World War II. Because of the war effort, there was an urgent need to allocate scarce resources to the various military operations and to the activities within each operation in an effective manner. Therefore, the British and then the U.S. military management called upon a large number of scientists to apply a scientific approach to dealing with this and other strategic and tactical problems. In effect, they were asked to do *research on (military) operations*. These teams of scientists were the first OR teams. By developing effective methods of using the new tool of radar, these teams were instrumental in winning the Air Battle of Britain. Through their research on how to better manage convoy and antisubmarine operations, they also played a major role in winning the Battle of the North Atlantic. Similar efforts assisted the Island Campaign in the Pacific.

When the war ended, the success of OR in the war effort spurred interest in applying OR outside the military as well. As the industrial boom following the war was running its

course, the problems caused by the increasing complexity and specialization in organizations were again coming to the forefront. It was becoming apparent to a growing number of people, including business consultants who had served on or with the OR teams during the war, that these were basically the same problems that had been faced by the military but in a different context. By the early 1950s, these individuals had introduced the use of OR to a variety of organizations in business, industry, and government. The rapid spread of OR soon followed.

At least two other factors that played a key role in the rapid growth of OR during this period can be identified. One was the substantial progress that was made early in improving the techniques of OR. After the war, many of the scientists who had participated on OR teams or who had heard about this work were motivated to pursue research relevant to the field; important advancements in the state of the art resulted. A prime example is the *simplex method* for solving linear programming problems, developed by George Dantzig in 1947. Many of the standard tools of OR, such as linear programming, dynamic programming, queueing theory, and inventory theory, were relatively well developed before the end of the 1950s.

A second factor that gave great impetus to the growth of the field was the onslaught of the *computer revolution*. A large amount of computation is usually required to deal most effectively with the complex problems typically considered by OR. Doing this by hand would often be out of the question. Therefore, the development of electronic digital computers, with their ability to perform arithmetic calculations thousands or even millions of times faster than a human being can, was a tremendous boon to OR. A further boost came in the 1980s with the development of increasingly powerful personal computers accompanied by good software packages for doing OR. This brought the use of OR within the easy reach of much larger numbers of people. Today, literally millions of individuals have ready access to OR software. Consequently, a whole range of computers from mainframes to laptops now are being routinely used to solve OR problems.

1.2 THE NATURE OF OPERATIONS RESEARCH

As its name implies, operations research involves “research on operations.” Thus, operations research is applied to problems that concern how to conduct and coordinate the *operations* (i.e., the *activities*) within an organization. The nature of the organization is essentially immaterial, and, in fact, OR has been applied extensively in such diverse areas as manufacturing, transportation, construction, telecommunications, financial planning, health care, the military, and public services, to name just a few. Therefore, the breadth of application is unusually wide.

The *research* part of the name means that operations research uses an approach that resembles the way research is conducted in established scientific fields. To a considerable extent, the *scientific method* is used to investigate the problem of concern. (In fact, the term *management science* sometimes is used as a synonym for operations research.) In particular, the process begins by carefully observing and formulating the problem, including gathering all relevant data. The next step is to construct a scientific (typically mathematical) model that attempts to abstract the essence of the real problem. It is then hypothesized that this model is a sufficiently precise representation of the essential features of the situation that the conclusions (solutions) obtained from the model are also valid for the real problem. Next, suitable experiments are conducted to test this hypothesis, modify it as needed, and eventually verify some form of the hypothesis. (This step is frequently referred to as *model validation*.) Thus, in a certain sense, operations research involves creative scientific