

装备科技译著出版基金

# Introduction to Operations Research ( Tenth Edition )

# 运筹学导论

( 第10版 )

【美】Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman 著  
李晓松 吕彬 郭全魁 李增华 刘同 译



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

Mc  
Graw  
Hill  
Education

责任编辑：辛俊颖  
责任校对：苏向颖  
封面设计：徐 鑫

# 运筹学导论

(第10版)

Introduction to Operations Research  
(Tenth Edition)



<http://www.mheducation.com>



定价：368.00 元



装备人才战略工程专项资助

# 运筹学导论

## (第 10 版)

Introduction to Operations Research (Tenth Edition)

【美】Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman 著  
李晓松 吕彬 郭全魁 李增华 刘同 译

国防工业出版社

· 北京 ·

# 著作权合同登记 图字:军-2015-034号

## 图书在版编目(CIP)数据

运筹学导论:第10版 / (美)弗雷德里克·S. 希利尔(Frederick S. Hillier),  
(美)杰拉尔德·J. 利伯曼(Gerald J. Lieberman)著;李晓松等译.—北京:国防工  
业出版社,2018.9

书名原文:Introduction to Operations Research (Tenth Edition)

ISBN 978-7-118-11586-4

I. ①运… II. ①弗… ②杰… ③李… III. ①运筹学 IV. ①O22

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第189584号

Frederick S. Hillier, Gerald J. Lieberman

Introduction to Operations Research (Tenth Edition)

ISBN 9780073523453

Copyright© 2015 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and National Defense Industry Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Translation Copyright© 2018 by McGraw-Hill Education and National Defense Industry Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库,信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和国防工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权© 2018 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与国防工业出版社所有。

本书封面贴有McGraw-Hill Education公司防伪标签,无标签者不得销售。

\*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 52 1/4 字数 1400 千字

2018年9月第1版第1次印刷 印数1—1500册 定价368.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776

发行业务:(010)88540717

# 序

《运筹学导论(第10版)》作为运筹学领域的佳作,是美国多所高校的运筹学教材用书,销售量一直名列前茅。原著作者长期从事运筹学的教学和科研工作,是业界的佼佼者。原著具有内容翔实、专业性强、应用价值高等特点,对国内同类著作产生了重大影响。翻译出版该著作,对于丰富和发展我国军事管理学和运筹学理论和方法体系,完善军事管理学的定量研究手段,具有较大的理论价值和实践意义。译著可作为运筹学、管理学、系统工程等专业的教材,也可作为从事军事管理、经济管理等领域的研究人员的参考用书。

10多年来,我一直带领本书的译者从事运筹学研究和教学工作,一直致力于将运筹学理论和方法深度融入军事管理的各个领域、各个环节和各个要素,并开创了装备运筹学研究和教学体系。我非常欣慰地看到译者这么多年来始终坚持运用运筹学的思维、理论和方法解决实际工作中的问题,并取得了一系列丰硕成果。译著的出版是译者从事运筹学工作的再思考、再学习、再研究和再升华。实践探索永无止境、理论创新永无止境,衷心希望译者再接再厉,充分挖掘和发挥运筹学在军事管理决策优化中的作用,取得更多更好的研究成果,为军事管理定量化分析做出更大贡献。

陈庆华

## 译者序

《运筹学导论》于1967年首次出版,至今已出版到第10版,是国际权威的运筹学经典著作,广泛应用于管理学、经济学、军事学等专业领域。原著通过理论与案例相结合、模型与软件相结合、定性与定量相结合等方式,深入浅出地介绍了运筹学相关理论和方法,覆盖了运筹学的各个专业方向,阐述了运筹学的起源、特征和作用,分析了运筹学的各类经典方法,如线性规划、对偶理论、网络优化、博弈论和排队论等,是原著作者几十年研究成果和教学实践的“大集成”。

运筹学是研究经济社会问题的定量分析及决策优化理论和方法的学科,主要运用数学模型、计算机技术和定量分析等方法,揭示研究对象的结构、功能与运行规律。军事管理学是研究军事管理活动及其规律的学科,是融合军事科学、自然科学与社会科学为一体的综合性学科,涉及政治、经济、军事和科技等多个领域。随着新一代信息技术的蓬勃发展,以及大数据和知识经济时代的到来,运筹学与复杂系统、人工智能、管理工程等多学科理论方法的相互渗透和交叉融合,必将成为未来军事管理学的发展方向与趋势。当前军事管理学研究普遍存在定性描述多、定量分析少,宏观概述多、模型仿真少,实践经验总结多、理论方法论证少等问题。翻译出版《运筹学导论(第10版)》一书,对于拓宽国内军事管理学研究思路,改进军事管理学研究手段,丰富和发展军事管理学学科体系,提高军队建设和部队管理决策优化水平,具有较好的理论和实践指导价值。

原著具有以下特点。一是著作经典。原著作者长期从事运筹学教学和科研工作,是运筹学业界的“大师”,《运筹学导论》至今已出版到了第10版,在业内影响深远,获得了运筹学英文出版物最高奖项等多项奖励,是运筹学专业的经典著作之一,为我国运筹学教材的编写提供了重要支撑。二是专注执着。不忘初心,方得始终。原著作者将全部的精力、热情和智慧投入到了运筹学的研究与教学中。原著作者之一弗雷德里克·S.希利尔更是提前退休以便集中精力从事专著的写作。不仅如

此,他对运筹学的执着追求还感染着身边的人,他的爱人、儿子以及学生都参与了原著的撰写。50年如一日的运筹学“长征”路,值得所有人敬佩。三是内容全面。原著内容几乎覆盖了运筹学所有的基础理论、重要方法和先进工具,充分体现了运筹学的发展历程、特点规律、深刻内涵和地位作用。四是实用性强。原著深入浅出,通俗易懂,理论与实践结合紧密,专业解析与科学普及互为补充,案例引导与软件实现深度融合,是解决军事管理实践问题强有力的定量分析手段和工具。

译著共20章,具体分工如下:第1章绪论(郭全魁),第2章运筹学建模方法概述(吕彬、郭全魁),第3章线性规划导论(郭全魁),第4章求解线性规划问题:单纯形法(郭全魁),第5章单纯形法(李晓松),第6章对偶理论(李晓松),第7章不确定条件下的线性规划(李增华),第8章线性规划的其他算法(李晓松),第9章运输与指派问题(李增华),第10章网络优化模型(李增华、李晓松),第11章动态规划(刘同),第12章整数规划(李晓松),第13章非线性规划(李晓松),第14章启发式算法(李晓松),第15章博弈论(吕彬、刘同),第16章决策理论(李晓松),第17章排队论(刘同),第18章库存理论(吕彬),第19章马尔可夫决策过程(吕彬、刘同),第20章仿真(吕彬)。翻译过程中得到了北京赛诺达文信息技术有限公司的大力支持和帮助。

感谢领路人陈庆华教授把我们带入了略显枯燥又令人流连忘返的运筹学领域,感谢他多年来对团队孜孜不倦的引导、帮助和支持。感谢《运筹学导论(第9版)》胡运权等译者在运筹学领域所做出的重要贡献,并对引用他们的翻译成果感到荣幸。

由于译者水平有限,书中难免有翻译不当之处,敬请广大读者批评指正。

译者

2016年12月

## 关于作者

弗雷德里克·S. 希利尔(Frederick S. Hillier)出生在美国华盛顿州的阿伯丁,高中期间曾在华盛顿州的写作、数学、辩论和音乐比赛中获奖,本科毕业于斯坦福大学,是工程学班级的第一名(300多名学生),曾获专业写作 McKinsey 奖、大二学生杰出辩论奖,参加过斯坦福木管五重奏小组的演出,并因在工程学和人文社会科学结合上的突出贡献获汉密尔顿奖。Hillier 博士不仅取得了工业工程学理学学士学位,还获得了 3 项国家奖学金,并用奖学金攻读了斯坦福大学运筹学专业研究生。他获得博士学位后,留在斯坦福大学任教,28 岁时获该校终身教职,32 岁时被聘为教授,还是康奈尔大学、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学者。Hillier 博士在斯坦福大学任教 35 年后,于 1996 年提前退休,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。

Hillier 博士的研究涉及很多领域,包括整数规划、排队论及其应用、统计质量管理以及经费预算与生产系统设计等方面。他的论著领域广泛,一些重要论文至少 10 次被有关专著重新出版。Hillier 博士是美国管理科学研究所和美国海军研究署资助的“关联项目资金预算”研究竞赛的首位获奖者,1995 年,他和 Gerald J. Lieberman 博士还因本书(第 6 版)获美国运筹学和管理科学学会的兰切斯特奖荣誉提名奖,该奖项是各类运筹学英语出版物的最高奖。

Hillier 博士在相关领域专业协会中担任过很多领导职务,如曾任美国运筹学会(ORSA)的财务主管、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 John von Neumann 理论奖评选委员会主席。1993 年,他创办了斯普林格国际系列丛书中的《运筹学与管理科学》,并一直担任编辑。

Hillier 博士除了《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)与《运筹学随机模型导论》(1990)外,著作还有《风险关联投资评估》(North Holland,1969)、《排队论的表和图》(Elsevier North Holland,1981)及《管理科学导论:运用电子表格的建模与案例研究方法》(第5版,McGraw-Hill/Irwin,2003)。

杰拉尔德·J·利伯曼(Gerald J. Lieberman)于1999年去世,曾任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,同时具有工程和运筹统计的背景(拥有库伯大学机械工程学学士学位、哥伦比亚大学数理统计学硕士学位和斯坦福大学统计学博士学位)。

Lieberman 博士是斯坦福大学近几十年来最著名领导人之一,继出任运筹学系主任之后,历任人文和理学院副院长、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。

Lieberman 博士在担任大学领导期间,积极从事教学研究,主要研究运筹学的随机理论,包括应用概率和统计学的交叉知识,出版物涉及可靠性与质量管理、复合系统建模以及有限资源条件下的优化设计等。

Lieberman 博士作为运筹学领域深受尊敬的资深元老,担任过一系列领导职务,包括管理科学研究所的主席,专业荣誉包括当选国家工程院士、获美国质量管理协会的 Shewart 奖以及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,美国运筹学与管理科学研究会因其在运筹学和管理科学方面的杰出贡献授予他具有极高声誉的 Kimball 奖章。

Lieberman 博士除《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)外,著作还有《工业统计手册》(Prentice-Hall,1995)、《非中心 t 分布表》(Stanford University Press,1957)、《超几何概率分布表》(Stanford University Press,1961)、《工程统计学》(第2版,Prentice-Han,1972)、《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)。

# 引　　言

50 年前,当 Gerald J. Lieberman 和我着手编写本书的第 1 版时,我们的目标是写一本有开创性的参考书,它将有助于指导未来运筹学这一新生领域的教育方向。本书出版后,我们一直不清楚这个目标的实现程度,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推移,世界范围内这样的高需求能否继续。

特别高兴的是,本书第 6 版获得了美国运筹学与管理科学研究会(运筹学界最高的职业学会)的兰切斯特奖荣誉提名奖(该奖项用于奖励每年运筹学领域最优秀的英语出版物)。2004 年,本书第 8 版获得了美国运筹学与管理科学研究会专著写作奖,对本书给予了很高的评价,褒奖函如下。

37 年来,本书的各个版本已引导了超过 50 万大学生熟悉运筹学,并吸引了更多的人进入这个领域从事科学活动。很多运筹学的领军人物及教师都是通过本书进入了该领域。本书已翻译成了 15 种其他语言,为运筹学在世界范围内的推广作出了贡献。本书在出版 37 年后仍然保持超群的地位。虽然第 8 版刚发行,其第 7 版在该类图书市场上的占有率达到 46%,在 McGraw-Hill 工程类出版物的国际销售中名列第二。取得上述成就,可概括为以下两点:第一,从学生角度来看,本书有很强的引导力,解释清晰而直观,案例科学实用、条理清晰,软件支持非常得力,数学知识适度;第二,从教师的角度来看,其吸引力在于生动的材料以及十分清晰易懂的语言表达。

50 年前着手编写本书时,Lieberman 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 Lieberman 给我的这个机会。

现在,Lieberman 永远离开了我们,14 年前他因病去世时,我就决定用更高标准继续本书的后续各版,用以纪念 Lieberman。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每一个新的版本,同时也使我能更好地掌握运筹学的发展和新的趋势,使新版本的内容及时得到更新。

## 第 10 版的主要修改

- **教育专用分析解算平台。**本书第 10 版继续提供使用 Excel 和解算机(前线系统公司的产品)计算及解决一些运筹学模型。前线系统公司也提供部分先进的、以 Excel 为基础的软件包。教育专用分析解算平台的最新版软件包,提供了令人兴奋的多用途工具,具备处理本书大多数章节运筹学模型的强大能力,包括线性规划、非线性规划、决策分析、仿真与预测。更正确地说,该平台利用整合的软件包就能够使用电子表格处理大多数运筹学模型,超过了通过 Excel 添加工具处理运筹学问题的方式(过去版本的做法)。我们很高兴能够为学生提供这样一个集成平台——教育专用分析解算平台(ASPE),该平台为学生提供了 140 天的免费认证试用。

同时,该平台可以为不喜好使用电子数据表的用户提供帮助。本书第 10 版还提供了一些其

他吸引人的软件(稍后描述)。此外,通过Excel的标准解算机也可以简单地获得电子数据表模型。我们相信,多数教师和学生将会喜欢上教育专用分析解算平台的强大功能和多种应用。

• **有关鲁棒优化的新小节。**运筹学的典型应用包括预测未来可能的行动,所有模型参数必须建立在对未来限制条件预测的基础上。这有时就造成了巨大的不确定性,即参数可能影响模型最优方案的执行。针对约束的微小改变而产生的无界问题,鲁棒优化技术提供了获得可行或接近最优解的方式,而不用考虑参数估计值的约束。7.4节介绍鲁棒优化方法解决线性规划问题。

• **有关机会约束的新小节。**本书第10版7.5节继续讨论7.4节的有关约束条件变化受到限制的情况,不同的是,本节不针对重要的多条件并发。运用机会约束的作用是:通过每个机会约束改变原始约束,使得原始约束更有可能获得满意的效果。如果原问题是线性规划问题,那么,每个机会约束能够转化为确定性等价的线性规划约束。7.5节描述该方法如何实现。

• **有关补偿随机规划的新章节。**随机规划是解决当参数值不确定性时的线性规划模型(或其他模型)的一个新算法。该方法特别适用于两个(或多个)阶段问题,第二阶段可以补偿第一阶段决策的失误(由于参数错误估计导致结果错误)。7.6节描述补偿随机规划如何处理此类问题。

• **有关不确定线性规划问题的新章节。**线性规划问题的重要假设是确定假设,也就是说,线性规划模型的参数值被认为是已知约束。虽然这个假设很方便,但是却不令人满意。贯彻于运筹学课程最重要的理念是:虽然针对问题通过一些简单的假设建立模型是非常必要的,但是,在解完模型后对这些假设的分析同样非常重要。这一观点要毫不动摇地贯彻到线性规划建模,因为所有的方法学现在已经广泛应用到了处理不确定性下的线性规划问题。其中一个重要的技术是敏感度分析,但是一些其他相对初步的技术现在也已经很好地发展起来了。因此,上一版第6章(对偶理论和灵敏度分析)现在被分为了2章:第6章和第7章。本书第10版第7章包括了上一版第6章有关灵敏度的3节,同时增加了新的3节内容。

• **有关提升运筹学与商业分析关系的新章节。**过去几十年运筹学研究领域发展的重要方向是商业决策,以及商业决策相关的管理决策。虽然商业决策学科与运筹学学科在某些方面有所不同,但是两个学科关系非常亲密。运筹学关注于先进商业分析工具,而商业分析专业人士可能缺乏相关知识。无论如何,运筹学与商业分析的融合发展是未来几年的重要方向。事实上,我们甚至可以想象商业分析可能替代运筹学,成为一门整合的科学。由于两个学科的融合和发展,在运筹学教材中需要对两个学科的关系进行讲解和分析。1.3节详细描述了相关内容。

• **许多新问题或修正问题。**许多新问题已经增加到了新的章节和应用案例中。此外,本书第9版存在的相关问题已经修正。

• **关于重新编排书,以便减少书的字数。**非常不幸的是,本书的每个新版本都明显比前一版本字数多。本书第7版相比以前变得更厚,特别是作为教材显得太厚重。因此,我们在本书第8版和第9版编著过程中努力减少了书的厚度。同时,采取了必要措施避免了后续版本厚度的增加。事实上,这个版本通过各种方式相比第9版减少了很多页。一方面没有添加过多的新材料,另一方面是删除了某些低优先级的材料,包括参数线性规划与灵敏度分析相结合的描述(已经包括在8.2节),以及一个复杂的动态规划案例(Wyndor问题与3个状态变量),该案例通过其他方式更容易解决。最后,最重要的是,删除了2个应用价值较小的内容(马尔可夫链和马尔可夫决策过程的2节)。该内容可以通过本书网站进行学习。由于马尔可夫链是关于概率理论和随机过程的具体运筹学工具,所以更适合在参考文献中补充介绍。

• **反映运筹学的最新发展趋势。**本书第10版力求与时俱进,在运筹学教程中增加了相对较

新的内容,以及确保所有材料已经在本书第 9 版的基础上进行了更新。同时,本书第 10 版还谨慎地更新了每一章的应用案例和参考文献。

## 本书的其他特色

• **强调实际应用。**运筹学研究在全世界众多公司和组织产生了巨大的影响。因此,本书的目标之一就是清晰地向学生介绍这些故事,以激发学生学习相关材料。这个目标通过 4 种方式实现。一是通过书中各章节的有关公司或组织的许多实际运用运筹学的案例,学习书中各章节内容。学生需要阅读相关章节的内容,才能够很好地理解书中的每一个案例。二是通过简单的描述阐述相关运筹学技术的应用(特别是在第 2 章和第 12 章)。三是很多应用案例在章节的结尾和本书网站进行了介绍。四是一些章节的参考文献介绍了很多获得运筹学奖励的应用案例。在这些章节的结尾处包含的问题,需要阅读一个或多个应用案例才能有很好的了解。

• **链接了许多引人注目的运筹学应用的文章。**我们很开心能够与本领域杰出的协会(美国运筹学与管理科学研究会)合作,该学会通过本书的网站提供了近 100 篇有关运筹学应用的论文,包括所有应用案例的详细内容(有关该学会的学报、会议、工作情况、学者得奖和教学资料等信息可登录 [www.informs.org](http://www.informs.org) 查询)。这些文字有助于教师辅导学生深入了解运筹学应用情况。同时,也可以采取案例研讨的方式改进运筹学课程。

• **网站上丰富的补充章节。**此外,网站上提供了本书几乎所有内容和额外材料,包括了 9 个完整的章节和相当多的补充材料,以及大量的附加案例。所有的补充章节包括了问题和参考文献,大部分的补充章节也有习题。如果学生没有通过电子设备获取相关材料,教师应该在讲课中介绍部分补充材料。

• **许多可用的其他示例。**本书网站的一项重要辅导功能是有成套的章节解题案例。我们相信大多数学生会觉得书中的例子已足够,但是部分学生会觉得需要学习额外的例子。这些解题案例可以为部分学生提供额外帮助,同时也有助于备考。我们希望教师能够向学生传达该类解题案例的重要作用。

• **满足灵活的需求。**我们发现教师在运筹学教学中的重点大相径庭。他们有的想强调运筹学的运算和算法;有的强调建立模型,而不关心如何对模型进行计算求解;有的强调运筹学在管理决策中的应用和作用。一些教师关注运筹学确定性模型,而有的关注随机性模型。教师在软件选择方面也有较大差异。本书伟大之处在于满足了上述多样化的需求。此外,本书的编排方式非常有利于教师选择所需要的内容,同时也适用于教师所使用的运筹学软件。

• **定制化的服务。**因为本书具有很大的灵活性,教师可以轻松选择部分内容进行辅导,而不用对本书所有内容进行辅导。幸运的是,McGraw-Hill 出版社为了满足读者需求,提供了定制化的微小版本。使用 McGraw-Hill Create<sup>TM</sup>,可以获得所需要的部分章节内容,还可以轻松地重新排列各章节内容,并快速上传撰写的内容。如果需要,可以搜索本书相关的补充材料。例如,如果你关注电子表格建模和应用,我们建议你查看 Hillier-Hillier 教材中“管理科学入门:电子表格建模和案例研究”一节。根据你的教学风格合理排版所需要的书。Create 甚至可以允许创建个性化的封面,并添加你的姓名、学校和课程信息。订购个性化图书,你将在 3~5 个工作日获得免费的复习书或通过电子邮件快速获得。你可以访问 [www.mcgrawhillcreate.com](http://www.mcgrawhillcreate.com), 并成为注册会员,分享你通过使用 McGraw-Hill 个性化服务教授运筹学课程的经验。

## 本书用途

为了更好地满足学生的需求,同时更能反映当代运筹学实践的要求,本书进行了修订。由于

软件应用与运筹学实践活动的结合更加紧密,书中介绍了多种软件应用方案,为教师选择软件提供了很大的灵活性,随书附带的所有教学资源有助于提高学生的学习能力。因此,本书及其网站为学生提供了一套个性化的教科书,用于补充和支持课堂教学。

我和 McGraw-Hill 编辑团队认为,这次修订使得第 10 版更像一本“学生用书”:清晰、有趣,组织有序的案例和插图,更好的服务于学生找到重要材料和有意思的家庭作业,没有过多的概念、术语和数学公式。我们相信并坚信大多数使用过本书以前版本的教师将会同意这是迄今为止最好的版本。

本书适合初学者。与以前的版本一样,数学一直保持在相对基础的水平。大多数章节(第 1 章~第 15 章)不需要高中代数以外的相关数学知识。微积分仅在第 13 章和第 11 章的一个例子中使用。矩阵概念在第 5 章、第 6 章、第 7 章、8.4 节和第 13 章使用。第 16 章~第 20 章需要先学习一些概率理论,有些部分还要用到微积分。总体来说,针对第 16 章~第 20 章内容以及前几章复杂案例,先学习初等微积分是有用的。

本书的内容主要针对高年级本科生和硕士研究生。因为这本书具有极大的灵活性,可以通过组合多个章节形成运筹学课程。第 1 章和第 2 章为运筹学课程介绍。第 3 章~第 15 章基本上独立于第 16 章~第 20 章,反之亦然。此外,第 3 章~第 15 章的各个章节也是相对独立的,除了都使用第 3 章和第 4 章中提出的基本内容。第 6 章、第 7 章和 8.2 节均由第 5 章导出,8.1 节和 8.2 节用到了第 6 章和第 7 章的部分内容,学习 10.6 节需要先熟悉 9.1 节和 9.3 节中的问题,掌握 10.7 节需要先学习 8.3 节和 9.2 节。第 16 章~第 20 章内容相对灵活,需要了解许多综合知识。

运筹学初级课程安排,一般应涵盖线性规划和数学规划,并且一些概率模型可以在 1/4 学时(40h)或学期中进行部分讲授。例如,一个合理的课程安排应包括第 1 章~第 4 章、第 16 章~18 章和第 20 章,以及第 10 章~第 14 章的部分内容。稍微高级的运筹学课程可在两个季度(60~80h)内完成,排除其中几个章节,如第 8 章、第 15 章和第 19 章。第 1 章~第 9 章及第 10 章的部分是线性规划课程的重要基础(占 1/4 课时)。第 10 章~第 15 章内容是有关确定性模型的课程(占 1/4 课时)。最后,第 16 章~第 20 章内容是有关概率模型的课程(占 1/4 课时)。事实上,后 3 个课程可以作为硕士研究生运筹学的核心基础课程。每个课程在斯坦福大学本科或研究生教学中都进行了规划。

本书网站将提供有关该图书的更新,包括错误修订。网址:[www.mhhe.com/hillier](http://www.mhhe.com/hillier)。

## 致谢

感谢审稿人团队对本书第 10 版提出的意见建议。审稿人包括:

Linda Chattin, 亚利桑那州立大学

Antoine Deza, 麦克马斯特大学

Jeff Kennington, 南卫理公会大学

Adeel Khalid, 南方理工大学

James Luedtke, 威斯康星大学麦迪逊分校

Layek Abdel-Malek, 新泽西理工学院

Jason Trobaugh, 圣路易斯华盛顿大学

Yiliu Tu, 卡尔加里大学

Li Zhang, 赛特多大学

Xiang Zhou, 香港城市大学

另外,感谢通过电子邮件向我们反馈本书第 9 版意见建议的教师和学生。

这个版本是整个团队努力的结晶。我们的案例作者 Karl Schmedders 和 Molly Stephens(我们系的毕业生)为第 7 版撰写了 24 个精致案例,所有这些案例都收录在这个新版本中。博士毕业生 Michael O'Sullivan 为本书第 7 版开发的运筹学辅导工具(基于我儿子 Mark Hillier 为本书第 5 版和第 6 版开发的工具),在本版中继续使用。Mark(与本书第 1 版同年出生,在斯坦福大学获得博士学位,现在是华盛顿大学定量分析的终身副教授),提供了电子表格工具、Excel 文件包(包括许多 Excel 模板)、排队仿真工具,在本版中继续得到应用。他还对教育专用分析解算平台(ASPE)的文本材料提供了重要帮助,并对本书网站上的第 21 章和第 28 章做出了巨大贡献。此外,他更新了本书第 10 版的解题手册。早期版本的解题手册是由一大批博士生逐步完成的,包括本书第 8 版的 Che-Lin Su 和第 9 版的 Pelin Canbolat。最后,感谢我亲爱的妻子 Ann Hillier(斯坦福大学毕业生,选修运筹学),她几乎每天都为我提供重要的帮助。

所有上面提到的个人都是团队的重要成员。我还要感谢 4 个人及其公司为本书提供的软件和素材。斯坦福大学博士研究生 William Sun(Accele 软件公司的首席执行官)和他的团队为本书提供了最早期的软件,并使用 Java 2 实现了本书第 7 版的软件辅导工具,并在后续版本中持续改进。芝加哥大学和 LINDO 系统公司的 Linus Schrage(50 年前跟我学习了运筹学课程),为本书的网站提供了 LINGO 和 LINDO 工具。他还指导了 LINGO/LINDO 工具的改进。另一个长期的朋友,Bjarni Kristjansson(负责 Maximal 软件),在本书网站提供了运筹学辅助工具 MPL/Solvers 和 MPL 教材。还有另一个朋友,Daniel Flystra(前线系统公司的负责人),向本书用户提供了教育专用分析解算平台 140 天的免费许可证。感谢上述 4 个人和他们的公司为本书作出的贡献。

非常荣幸能够与美国运筹学与管理科学研究会合作(从本书第 9 版开始)。学生可以通过阅读该协会高质量的运筹学应用案例而受益。这个卓越的专业运筹学学会为本书提供了章节穿插的应用案例、参考文献中的相关案例,以及部分运筹学获奖案例。

非常高兴能够与 McGraw-Hill 出版社编辑和制作人员进行合作,包括 Raghu Srinivasan(全球出版商)、Kathryn Neubauer Carney(专业编辑)、Vincent Bradshaw(专业编辑)和 Mary Jane Lampe(项目经理)。

希望读者能够通过电子邮件向我提出你的意见和发现的错误,以帮助我们进一步修改本书。我将继续遵守不向任何人(包括你的学生)提供书中习题及案例答案的承诺。

希望你爱上这本书。

Frederick S. Hillier  
斯坦福大学(fhillier@stanford.edu)

2013 年 5 月

# 目 录

<b>第1章 绪论 .....</b>	1
1.1 运筹学的起源 .....	1
1.2 运筹学的本质 .....	2
1.3 分析和运筹的兴起 .....	2
1.4 运筹的影响 .....	4
1.5 算法和运筹课件 .....	5
参考文献 .....	7
习题 .....	7
<b>第2章 运筹学建模方法概述 .....</b>	8
2.1 确定问题并收集数据 .....	8
2.2 构建数学模型 .....	10
2.3 从模型中推演出解决方案 .....	12
2.4 模型测试 .....	13
2.5 模型应用 .....	14
2.6 实施 .....	15
2.7 结论 .....	16
参考文献 .....	16
习题 .....	17
<b>第3章 线性规划导论 .....</b>	20
3.1 原形示例 .....	21
3.1.1 作为线性规划问题建模 .....	22
3.1.2 图解法 .....	22
3.1.3 结论 .....	24
3.1.4 用运筹学课件继续学习过程 .....	24
3.2 线性规划模型 .....	25
3.2.1 模型的标准形式 .....	26
3.2.2 其他形式 .....	26
3.2.3 模型的解相关术语 .....	27
3.3 线性规划的假设 .....	29
3.3.1 比例性 .....	29
3.3.2 可加性 .....	31
3.3.3 可分割性 .....	32
3.3.4 确定性 .....	32

3.3.5 前景假设 .....	33
3.4 附加示例 .....	33
3.4.1 放射治疗的设计 .....	34
3.4.2 区域规划 .....	36
3.4.3 控制空气污染 .....	38
3.4.4 回收固体废弃物 .....	41
3.4.5 人员安排 .....	44
3.4.6 通过配送网络来配送货物 .....	46
3.5 用电子表格建立求解线性规划模型 .....	47
3.5.1 在电子表格上建立模型 .....	47
3.5.2 用 Solver 求解模型 .....	50
3.5.3 用 ASPE 的 Solver 求解模型 .....	54
3.6 构建大型线性规划模型 .....	55
3.6.1 建模语言 .....	56
3.6.2 一个有巨大模型的问题实例 .....	57
3.6.3 导出模型的结构 .....	57
3.6.4 用 MPL 建模 .....	58
3.6.5 LINGO 建模语言 .....	61
3.7 结论 .....	62
参考文献 .....	62
习题 .....	63
<b>第4章 求解线性规划问题:单纯形法 .....</b>	<b>79</b>
4.1 单纯形法的本质 .....	79
4.1.1 示例求解 .....	80
4.1.2 关键求解原理 .....	81
4.2 单纯形法的构建 .....	82
4.3 单纯形法的代数运算 .....	85
4.3.1 初始化 .....	85
4.3.2 最优性检验 .....	86
4.3.3 确定移动方向(迭代步骤1) .....	86
4.3.4 确定停止处(迭代步骤2) .....	87
4.3.5 求新的 BF 解(迭代步骤3) .....	87
4.3.6 新 BF 解的最优性检验 .....	88
4.3.7 第二次迭代和求得最优解 .....	89
4.4 单纯形法的表格形式 .....	90
4.4.1 单纯形法总结(以迭代1为例) .....	90
4.4.2 最小比检验 .....	91
4.4.3 例题的第二次迭代和最优解 .....	92
4.5 破解单纯形法的纠结 .....	93
4.5.1 进基变量的纠结 .....	93
4.5.2 出基变量的纠结——退化 .....	94

4.5.3 没有出基变量——Z 无界 .....	94
4.5.4 多个最优解 .....	95
4.6 适应其他模型形式 .....	96
4.6.1 等式约束 .....	97
4.6.2 负的右端项 .....	100
4.6.3 “ $\geq$ ”形式的约束条件 .....	100
4.6.4 最小化 .....	101
4.6.5 求解放射治疗例子 .....	102
4.6.6 两阶段法 .....	104
4.6.7 无可行解 .....	108
4.6.8 允许为负的变量 .....	109
4.7 优化后分析 .....	110
4.7.1 再优化 .....	111
4.7.2 影子价格 .....	111
4.7.3 灵敏度分析 .....	113
4.7.4 运用 Excel 产生灵敏度分析信息 .....	114
4.7.5 参数线性规划 .....	115
4.8 计算机实现 .....	116
4.8.1 单纯形法的实施 .....	116
4.8.2 本书特色线性规划软件 .....	117
4.8.3 线性规划问题可用软件选项 .....	118
4.9 求解线性规划问题的内点法 .....	118
4.9.1 关键求解原理 .....	118
4.9.2 与单纯形法的比较 .....	120
4.9.3 优化后分析中单纯形法和内点算法的结合 .....	120
4.10 结论 .....	121
附录 4.1 LINDO 和 LINGO 的使用介绍 .....	121
参考文献 .....	124
习题 .....	125
<b>第 5 章 单纯形法 .....</b>	<b>140</b>
5.1 单纯形法基础 .....	140
5.1.1 术语 .....	140
5.1.2 相邻 CPF 解 .....	142
5.1.3 CPF 解的性质 .....	143
5.1.4 扩展形式问题的延伸 .....	145
5.2 单纯形法的矩阵形式 .....	148
5.2.1 求一个基本可行解 .....	149
5.2.2 当前方程组的矩阵形式 .....	151
5.2.3 单纯形法矩阵形式的小结 .....	153
5.2.4 最终的评述 .....	155
5.3 基础的洞悉 .....	155

5.3.1 使适用于其他模型形式 .....	157
5.3.2 应用 .....	157
5.4 改进单纯形法 .....	158
5.5 结论 .....	160
参考文献 .....	161
习题 .....	161
<b>第6章 对偶理论 .....</b>	<b>171</b>
6.1 对偶理论的实质 .....	171
6.1.1 对偶问题的起源 .....	173
6.1.2 原问题——对偶问题关系总结 .....	175
6.1.3 应用 .....	177
6.2 对偶的经济解释 .....	177
6.2.1 对偶问题的解释 .....	178
6.2.2 单纯形法的解释 .....	179
6.3 原问题与对偶问题的关系 .....	180
6.3.1 互补基本解 .....	180
6.3.2 互补的基本解之间的关系 .....	182
6.4 改造适用于其他原问题形式 .....	184
6.4.1 用 SOB 方法决定对偶问题约束形式 .....	185
6.5 对偶理论在灵敏度分析中的作用 .....	187
6.5.1 非基变量系数的改变 .....	187
6.5.2 问题中引入新变量 .....	188
6.5.3 其他应用 .....	189
6.6 结论 .....	189
参考文献 .....	189
习题 .....	189
<b>第7章 不确定条件下的线性规划 .....</b>	<b>196</b>
7.1 灵敏度分析的本质 .....	196
7.2 灵敏度分析的应用 .....	202
7.3 通过电子表格进行灵敏度分析 .....	216
7.3.1 检验模型单个参数变化 .....	217
7.3.2 运用参数分析报告进行系统性灵敏度分析 .....	219
7.3.3 检验模型双向变化 .....	221
7.3.4 利用双向参数分析报告(ASPE)分析上述问题 .....	222
7.3.5 利用灵敏度报告进行灵敏度分析 .....	224
7.3.6 其他类型敏感度分析 .....	228
7.4 鲁棒优化 .....	229
7.4.1 具有独立参数的鲁棒优化法 .....	229
7.4.2 示例 .....	230
7.4.3 拓展应用 .....	231
7.5 机会约束 .....	231

7.5.1 机会约束的形式	232
7.5.2 示例	232
7.5.3 硬约束的处理	233
7.5.4 应用拓展	234
7.6 带补偿的随机规划	234
7.6.1 示例	234
7.6.2 一些典型应用	236
7.7 小结	237
参考文献	238
习题	238
<b>第8章 线性规划的其他算法</b>	254
8.1 对偶单纯形法	254
8.1.1 对偶单纯形法的总结	255
8.1.2 一个例子	255
8.2 参数线性规划	257
8.2.1 参数 $c_j$ 的系统改变	257
8.2.2 参数 $c_j$ 系统变化时参数线性规划过程小结	259
8.2.3 参数 $b_j$ 的系统变化	259
8.2.4 参数 $b_j$ 系统变化时参数线性规划过程小结	260
8.3 上界法	261
8.3.1 一个例子	262
8.4 内点算法	263
8.4.1 概念1和概念2梯度的相关性	264
8.4.2 使用投影梯度以实现概念1和概念2	265
8.4.3 实现概念3的中心化方案	266
8.4.4 本算法的总结与说明	267
8.4.5 内点算法总结	269
8.5 结论	272
参考文献	272
习题	273
<b>第9章 运输与指派问题</b>	279
9.1 运输问题	279
9.1.1 原型范例	279
9.1.2 运输问题模型	282
9.1.3 用Excel建立和求解运输问题	284
9.1.4 一个关于虚销地的例子	286
9.1.5 一个关于虚产地的例子	288
9.1.6 运输问题小结	290
9.2 用于运输问题的单纯形法	290
9.2.1 运输单纯形法的提出	290

9.2.2 初始化 .....	292
9.2.3 最优性检验 .....	297
9.2.4 一次迭代过程 .....	298
9.2.5 运输单纯形法小结 .....	300
9.2.6 本例的特征 .....	302
9.3 指派问题 .....	302
9.3.1 原型范例 .....	303
9.3.2 指派问题模型 .....	303
9.3.3 指派问题的求解步骤 .....	305
9.4 求解指派问题的专用算法 .....	309
9.4.1 等价成本表的作用 .....	309
9.4.2 生成额外零元素 .....	310
9.4.3 匈牙利算法小结 .....	312
9.5 结论 .....	312
习题 .....	312
<b>第 10 章 网络优化模型 .....</b>	<b>325</b>
10.1 原型范例 .....	325
10.2 网络术语 .....	326
10.3 最短路径问题 .....	328
10.3.1 最短路径问题的算法 .....	329
10.3.2 算法在 Seervada 公园最短路径问题中的应用 .....	329
10.3.3 用 Excel 电子表格描述并求解最短路径问题 .....	330
10.3.4 其他应用 .....	332
10.4 最小支撑树问题 .....	332
10.4.1 应用举例 .....	333
10.4.2 算法 .....	333
10.4.3 最小支撑树问题的算法 .....	334
10.4.4 算法在 Seervada 公园最小支撑树问题上的应用 .....	334
10.5 最大流问题 .....	336
10.5.1 应用举例 .....	337
10.5.2 算法 .....	337
10.5.3 最大流问题的增广链算法 .....	338
10.5.4 应用算法求解 Seervada 公园最大流问题 .....	338
10.5.5 寻找增广链 .....	340
10.5.6 用 Excel 描述和求解最大流问题 .....	341
10.6 最小费用流问题 .....	342
10.6.1 一些应用 .....	343
10.6.2 建立模型 .....	344
10.6.3 例子 .....	345
10.6.4 用 Excel 描述和求解最小费用流问题 .....	345
10.6.5 特殊案例 .....	346

10.6.6 小结	348
10.7 网络单纯形法	348
10.7.1 引入上界法	348
10.7.2 基可行解和可行生成树的一致性	349
10.7.3 选择入基变量	350
10.7.4 寻找出基变量和下一个基可行解	351
10.7.5 本例的结尾	352
10.8 项目的时间-费用平衡优化网络模型	354
10.8.1 一个原型实例——Reliable 建筑公司问题	355
10.8.2 项目网络图	356
10.8.3 关键路径	357
10.8.4 各项活动的时间-费用平衡	358
10.8.5 哪些活动应该赶工	359
10.8.6 用线性规划制定赶工决策	360
10.9 结论	363
参考文献	363
习题	364
<b>第11章 动态规划</b>	376
11.1 动态规划的范例	376
11.1.1 例1 驿站马车问题	376
11.1.2 问题的求解	377
11.2 动态规划问题的特性	379
11.3 确定性动态规划	381
11.3.1 例2 医疗队分配问题	382
11.3.2 一种常见的问题范例——工作分配问题	386
11.3.3 例3 向科研小组分配科学家	387
11.3.4 例4 车间雇佣问题	389
11.4 随机性动态规划	394
11.4.1 例5 确定次品限额	394
11.4.2 例6 在拉斯维加斯赢钱	396
11.5 结论	398
部分参考文献	398
习题	398
<b>第12章 整数规划</b>	405
12.1 范例	405
12.1.1 二值整数规划模型	406
12.1.2 用于求解此类模型的软件	407
12.2 整数规划的应用	408
12.2.1 投资分析	408
12.2.2 选址	409
12.2.3 设计生产和销售网络	409

12.2.4	发送运输	410
12.2.5	安排相互联系的活动	410
12.2.6	航空应用	411
12.3	0-1 变量在模型构建中的创新应用	412
12.3.1	“或”约束	412
12.3.2	保留 $N$ 个约束条件中的 $K$ 个	413
12.3.3	有 $N$ 个可能取值的函数	414
12.3.4	固定支出问题	414
12.3.5	一般整数变量的二值表示	416
12.4	一些建模举例	416
12.4.1	例 1 当决策变量是连续变量时的选择	417
12.4.2	例 2 违反比例性	419
12.4.3	例 3 覆盖所有特征	421
12.5	求解整数规划问题的若干展望	423
12.6	分支定界法及其在求解 0-1 整数规划中的应用	426
12.6.1	分支	427
12.6.2	定界	428
12.6.3	剪枝	428
12.6.4	0-1 整数规划问题的分支定界算法总结	429
12.6.5	示例	430
12.6.6	分支定界法的其他方案	433
12.7	用于混合整数规划的分支定界算法	435
12.7.1	混合整数规划的分支定界算法总结	437
12.8	解 0-1 整数规划的分支——切割法	441
12.8.1	背景	441
12.8.2	对纯 0-1 整数规划问题的自动预处理	441
12.8.3	生成纯 0-1 整数规划问题的割平面	444
12.9	同约束规划的结合	445
12.9.1	约束规划的原理	446
12.9.2	约束规划的潜能	447
12.9.3	所有变量取不同值约束	447
12.9.4	元素约束	448
12.9.5	当前的研究	449
12.10	结论	449
参考文献		450
习题		450
第 13 章 非线性规划		465
13.1	应用实例	465
13.1.1	具有价格弹性的产品组合问题	465
13.1.2	运输成本存在总量折扣时的运输问题	466
13.1.3	存在风险的证券投资组合选择	467

13.2 非线性规划问题的图解说明	468
13.3 非线性规划问题的类型	472
13.3.1 无约束最优化	472
13.3.2 线性约束优化	473
13.3.3 二次规划	473
13.3.4 凸规划	473
13.3.5 可分规划	474
13.3.6 非凸规划	474
13.3.7 几何规划	474
13.3.8 分式规划	475
13.3.9 互补问题	475
13.4 单变量无约束优化	476
13.4.1 二分法	476
13.4.2 二分法概述	477
13.4.3 牛顿法	478
13.4.4 牛顿法概述	479
13.5 多变量无约束优化	480
13.5.1 梯度搜索法	480
13.5.2 梯度搜索法概述	482
13.5.3 牛顿法	484
13.6 约束优化的库恩-塔克(KKT)条件	484
13.7 二次规划	488
13.7.1 二次规划的库恩-塔克条件	489
13.7.2 改进单纯形法	490
13.7.3 部分软件选项	492
13.8 可分规划	493
13.8.1 线性规划问题重写	494
13.8.2 展开	497
13.9 凸规划	497
13.9.1 逐次线性逼近算法(弗兰克-沃尔夫算法)	498
13.9.2 弗兰克-沃尔夫算法概述	499
13.9.3 一些其他算法	501
13.9.4 顺序无约束极小化技术(罚函数法)	502
13.9.5 罚函数法概述	502
13.9.6 凸规划的软件部分选项	504
13.10 非凸规划(带电子表格)	504
13.10.1 求解非凸规划问题所面临的挑战	504
13.10.2 利用求解程序找出局部最优解	505
13.10.3 寻找局部最优解的更系统方法	507
13.10.4 进化求解程序	507
13.11 结论	508

参考文献	508
习题	509
<b>第 14 章 启发式算法</b>	529
14.1 通用启发式算法的性质	529
14.1.1 示例:具有多个局部最优解的非线性规划问题	529
14.1.2 示例:旅行商问题	531
14.1.3 子游逆转算法	533
14.2 禁忌搜索	534
14.2.1 基本概念	534
14.2.2 基本禁忌搜索算法概述	535
14.2.3 有约束条件最小生成树问题	535
14.2.4 旅行商问题示例	539
14.3 模拟退火	542
14.3.1 基本概念	542
14.3.2 基本模拟退火算法概要	544
14.3.3 旅行商问题示例	544
14.3.4 非线性规划示例	547
14.4 遗传算法	550
14.4.1 基本概念	550
14.4.2 基本遗传算法概述	551
14.4.3 非线性规划示例的完整版本	552
14.4.4 旅行商问题示例	554
14.4.5 子代的生成程序	557
14.5 总结	558
参考文献	559
习题	559
<b>第 15 章 博弈论</b>	565
15.1 两人零和游戏制定	565
15.2 简单对策求解——典型范例	566
15.2.1 两人零和游戏模型	567
15.2.2 示例变形 1	567
15.2.3 示例变形 2	568
15.2.4 示例变形 3	570
15.3 混合策略游戏	571
15.4 图示求解法	572
15.5 线性规划求解	574
15.5.1 线性规划模型	575
15.5.2 政治竞选问题变形 3 的应用	576
15.6 扩充	577
15.7 结论	578
参考文献	578

习题	578
<b>第16章 决策理论</b>	585
16.1 原型案例	585
16.2 不进行试验的决策	586
16.2.1 此框架下原型实例的建模	587
16.2.2 最大最小收益准则	587
16.2.3 最大似然值准则	588
16.2.4 贝时斯决策准则	589
16.2.5 贝叶斯决策的灵敏性分析	589
16.3 进行试验时的决策制定	590
16.3.1 继续原型实例	590
16.3.2 后验概率	591
16.3.3 试验的价值	593
16.4 决策树	595
16.4.1 建立决策树	595
16.4.2 进行分析	597
16.5 使用电子表格对决策树进行灵敏性分析	598
16.5.1 使用 ASPE 建立 Goferbroke 公司第一问题的决策树	599
16.5.2 Goferbroke 公司完整问题的决策树	600
16.5.3 用电子数据表进行灵敏性分析	600
16.5.4 使用数据表进行系统的灵敏性分析图	602
16.6 效用理论	603
16.6.1 现金的效用函数	604
16.6.2 等价抽奖法	605
16.6.3 对 Goferbroke 公司完整问题应用效用理论	605
16.6.4 评估 $U(M)$ 的另一个方法	607
16.6.5 使用带有效用的决策树分析 Goferbroke 公司问题	607
16.7 决策分析的实际应用	608
16.8 结论	609
参考文献	609
习题	610
<b>第17章 排队论</b>	623
17.1 典型案例	623
17.2 排队模型的基本组成	623
17.3 排队系统实例	627
17.4 指数分布的作用	629
17.5 生灭过程	633
17.6 基于生灭过程的排队模型	637
17.7 非指数分布的排队模型	646
17.8 有优先规则的排队模型	651
17.9 排队网络	655

17.10 排队论的应用 .....	658
17.11 本章小结 .....	660
参考文献.....	661
习题.....	662
<b>第18章 库存理论 .....</b>	<b>681</b>
18.1 示例.....	682
18.1.1 示例1：电视机扬声器生产 .....	682
18.1.2 示例2：自行车批发销售 .....	682
18.2 库存模型组成要素.....	683
18.3 确定性连续监控模型.....	685
18.3.1 基本EOQ模型 .....	685
18.3.2 计划内断货的EOQ模型 .....	687
18.3.3 含数量折扣的EOQ模型 .....	689
18.3.4 一些实用的Excel模板 .....	690
18.3.5 关于EOQ模型的探讨 .....	691
18.3.6 产品需求的不同类型 .....	691
18.3.7 适时制(JIT)库存管理的作用 .....	692
18.4 确定性定期监控模型.....	692
18.4.1 示例 .....	693
18.4.2 算法 .....	694
18.4.3 运用算法求解飞机生产问题 .....	695
18.4.4 最优生产计划 .....	696
18.5 供应链管理的确定性多级库存模型.....	696
18.5.1 二级库存系统模型 .....	697
18.5.2 多级库存系统模型 .....	701
18.6 随机连续监控库存模型.....	709
18.6.1 模型假设 .....	709
18.6.2 选择订货量 $Q$ .....	710
18.6.3 选择再订货点 $R$ .....	710
18.6.4 示例 .....	712
18.7 易逝品单周期随机模型.....	712
18.7.1 易逝品的类型 .....	713
18.7.2 示例 .....	713
18.7.3 易逝品单周期随机模型假设 .....	715
18.7.4 不含初始库存( $I=0$ )和准备成本( $K=0$ )的模型分析 .....	715
18.7.5 初始库存 $I>0$ 、准备成本 $K=0$ 时的模型分析 .....	718
18.7.6 准备成本 $K>0$ 时的模型分析 .....	718
18.7.7 需求呈指数分布时的最优策略近似解.....	720
18.8 收益管理.....	721
18.8.1 基于容量控制的折扣票价模型 .....	722
18.8.2 基于容量控制的折扣票价模型应用示例 .....	723

18.8.3 超售模型 .....	724
18.8.4 超售模型应用示例 .....	726
18.8.5 其他模型 .....	727
18.9 小结 .....	727
参考文献 .....	728
习题 .....	729
<b>第19章 马尔可夫决策过程 .....</b>	<b>746</b>
19.1 典型范例 .....	746
19.2 马尔可夫决策过程模型 .....	748
19.3 线性规划与最优策略 .....	751
19.4 结语 .....	754
参考文献 .....	755
习题 .....	755
<b>第20章 仿真 .....</b>	<b>759</b>
20.1 仿真本质 .....	759
20.1.1 仿真在运筹学研究中的作用 .....	759
20.1.2 离散事件系统仿真与连续系统仿真 .....	760
20.1.3 游戏规则 .....	761
20.1.4 时间步长法步骤简介 .....	765
20.1.5 事件步长法步骤简介 .....	766
20.1.6 更多示例请参阅运筹学课件 .....	768
20.2 仿真应用的部分常见类型 .....	768
20.2.1 排队系统的设计与运行 .....	768
20.2.2 库存管理系统 .....	769
20.2.3 估算按时完成项目的概率 .....	769
20.2.4 制造系统的设计与运行 .....	769
20.2.5 配送系统的设计与运行 .....	770
20.2.6 金融风险分析 .....	770
20.2.7 医保应用 .....	770
20.2.8 其他服务行业的应用 .....	771
20.2.9 军事应用 .....	771
20.2.10 新应用 .....	771
20.3 随机数生成 .....	771
20.3.1 随机数特征 .....	772
20.3.2 随机数生成同余法 .....	772
20.4 概率分布随机观测值的生成 .....	774
20.4.1 简单离散分布 .....	774
20.4.2 逆转换法 .....	775
20.4.3 逆转换方法步骤简介 .....	775
20.4.4 指数分布和厄兰分布 .....	776
20.4.5 正态分布和卡方分布 .....	776

---

20.4.6 舍选法 .....	777
20.5 主要仿真研究概述.....	777
20.6 用电子数据表实施模拟.....	780
20.6.1 库存管理示例——报贩弗雷迪问题 .....	781
20.6.2 上述问题的电子数据表模型 .....	781
20.6.3 分析求解程序平台教学版应用 .....	783
20.6.4 用仿真和 ASPE 求解器进行优化 .....	791
20.7 结论.....	794
参考文献.....	795
习题.....	796