



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育管理科学与工程类规划教材

运筹学教程

第 5 版

胡运权 主编 郭耀煌 副主编



清华大学出版社

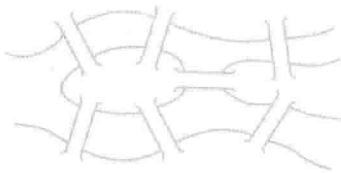


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育管理科学与工程类规划教材

运筹学教程

第 5 版

胡运权 主 编
郭耀煌 副主编



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书由国内著名高校长期从事运筹学教学的教师集体编写而成,其内容紧密结合经济管理类专业的特点。本书系统地讲述了线性规划、目标规划、整数规划、非线性规划、动态规划、图与网络分析、排队论、存储论、对策论、决策论的基本概念、理论、方法和模型,以及数据包络分析、运筹学问题的启发式算法等。各章后均附有习题,附录中给出了习题参考答案与提示,以帮助复习基本知识和检查学习效果。第5版根据运筹学近年发展作了更新,增加了运筹学应用软件的介绍,并利用互联网和数字平台增加了拓展内容、即练即测题和自我测试题及答案。

本书可作为高等院校经济管理类和理工类专业本科生、研究生的教材,也可作为工程技术人员和经济管理干部进一步提高管理理论水平的自学参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

运筹学教程/胡运权主编. —5版. —北京:清华大学出版社,2018(2018.9重印)
ISBN 978-7-302-48125-6

I. ①运… II. ①胡… III. ①运筹学—高等学校—教材 IV. ①O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 202044 号

责任编辑:高晓蔚

封面设计:傅瑞学

责任校对:宋玉莲

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载:<http://www.tup.com.cn>,010-62770175-4506

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

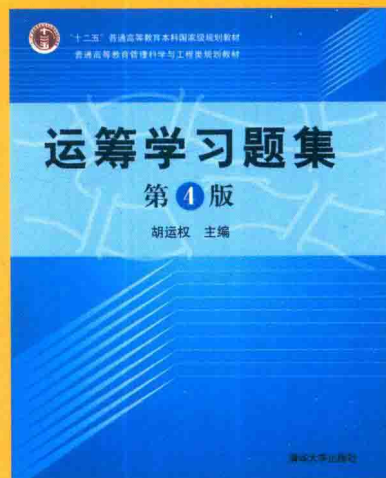
开 本:185mm×230mm 印 张:27.25 插 页:1 字 数:624千字

版 次:1998年8月第1版 2018年7月第5版 印 次:2018年9月第2次印刷

定 价:49.00元

产品编号:076566-01

胡运权 教授，博导，著有《运筹学教程》《运筹学习题集》《运筹学基础及应用》，译著有《运筹学导论》等。在哈尔滨工业大学管理学院从教已有50余年，为本科生、研究生开设过运筹学、管理数量分析、决策理论与方法、高级统计学等课程。发表论文150多篇。曾三次获省部级教学成果奖，三次获部级科技进步奖。



第5版前言 PREFACE

运筹学是一门研究如何有效地组织和管理人机系统的科学。由于它同管理科学的紧密联系,它在研究解决实际问题时所蕴含的系统整体优化思想,以及从提出问题、分析建模、求解到方案实施的一整套严密科学方法,使它对管理学科的发展和管理人才的培养起到了重要作用。运筹学已成为经济管理类专业本科普遍开设的一门重要专业基础课和研究生层次的学位课,也是各管理专业学位和一些工科专业的必修课程。

本书出版的宗旨是力求根据 21 世纪经济管理人才对运筹学教学的需求,既反映这门学科的新进展,又深入浅出地阐明运筹学的基本概念、理论和方法,各类模型的结构特征、经济含义及其在管理中的应用。本书主要对象是经济管理类专业的大学本科生、研究生,同时也兼顾理工类专业本科生、研究生和实际工作部门人员的需要。

本书出版以来,深受广大读者的厚爱,从 1998 年 6 月至今已印刷 58 次,累计近 60 万册,使编者深受鼓舞。正如我们在第 1 版前言中写的,要让我们的教材满足 21 世纪的需要,不是一代人所能完成的,要持续修订,要不断汲取国外经典教材和运筹学实践应用成果的精华,同时不断总结提炼我们自己的教学经验和体会。本书是由国内著名高校第一线工作的、已从事运筹学教学数十年的教师合作编写的,大家以锲而不舍的精神,力求使本教材不断开拓创新,做到与时俱进。

同上一版相比,第 5 版在内容上作了一些修改,并利用互联网和数字平台增加了一些拓展内容、即练即测题和自我测试题。具体包括:(1)对书中一些内容进行了补充:在目标规划一章中,在求解目标规划单纯形法一节中增加了对优先因子给定权重的计算方法和优先级分层优化计算两种比较实用的算法,对策论一章中增添了合作对策的核心和 Shapley 值;(2)改写了个别例题,增添了 20 多道习题;(3)适当删减了一些内容,如对策论在信息经济学中的应用,动态规划中有关高维问题的降维法和疏密格子点法,以及一些数学推导过繁、过深的内容;(4)各章末增加了即练即测题(共 101 道选择题),作为拓展资源,供学生测试学习效果;(5)将原书绪论第五节运筹学算法与应用软件简介作了较大补充,比较细致介绍了 LINDO、LINGO、WinQSB、MATLAB 等软件求解运筹学模型的步骤和例子,并将其作为拓展资源(附录 A);(6)将各章习题参考答案作为拓展资源(附录 B);(7)提供了 3 份自我测试题和答案作为拓展资源(附录 C);(8)对一些内容的前后叙述顺序作了调整,以有利于教学和自学。

另外,本书还利用在线学习平台提供了更加丰富的数字课程体验,见书后说明。

本书的编写分工：胡运权(哈尔滨工业大学管理学院)编写绪论和第一、二章，对第十三章作了一些补充；郭耀煌(西南交通大学经济管理学院)编写第三、六、十四章；龚益鸣(复旦大学管理学院)编写第四、五、十一章；程佳惠(清华大学经济管理学院)编写第七、八、九章；陈秉正(清华大学经济管理学院)编写第十、十二、十三章。全书由胡运权任主编，郭耀煌任副主编。本次修订时，仍先由各作者按总的修订原则，对自己分担的章节进行修改、补充，最后由胡运权负责总纂，并编写了各章增列的即练即测题、答案和附录 A、附录 C。

本书前几版编写过程中，曾得到清华大学出版社《运筹学》一书主编钱颂迪等教授的指导，受到国内很多运筹学精品课程教材的启示，清华大学出版社的编辑更为本书的编辑出版花费了大量辛勤劳动，谨在此一并表示感谢。

一本好的教材，重在特色，贵在质量。为此需要不断磨砺，反复修改提高。本书作者将为此继续努力。鉴于作者水平有限，书中难免有不妥或错误之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2018年6月

教学支持说明

▶▶ 课件申请

尊敬的老师：

您好！感谢您选用清华大学出版社的教材！为更好地服务教学，我们为采用本书作为教材的老师提供教学辅助资源。鉴于部分资源仅提供给授课教师使用，请您直接手机扫描下方二维码实时申请教学资源。



任课教师扫描二维码
可获得教学辅助资源

▶▶ 样书申请

为方便教师选用教材，我们为您提供免费赠送样书服务。授课教师扫描下方二维码即可获取清华大学出版社教材电子书目。在线填写个人信息，经审核认证后即可获取所选教材。我们会第一时间为您寄送样书。



任课教师扫描二维码
可获得教材电子书目



清华大学出版社

E-mail: tupfuwu@163.com

电话：8610-62770175-4506/4340

地址：北京市海淀区双清路学研大厦B座509室

网址：<http://www.tup.com.cn/>

传真：8610-62775511

邮编：100084

年轻人的

全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试
系统集成项目管理工程师(中级)

强化备考班 ▶

新知识课堂

 文泉课堂
WWW.WQKETANG.COM

清华大学出版社
出品的在线学习平台

平台功能介绍

► 如果您是教师，您可以



► 如果您是学生，您可以



► 如何加入课程

1 找到教材封底“数字课程入口”

范例



2 刮开涂层获取二维码，扫码进入课程

范例



获取帮助

扫一扫直接进入
平台使用指南

获取更多详尽平台使用指导可输入网址
<http://www.wqketang.com/course/550>
如有疑问，可联系微信客服：DESTUP

目 录 CONTENTS

绪论	1
第一节 运筹学释义与发展简史	1
第二节 运筹学研究的基本特征与基本方法	3
第三节 运筹学主要分支简介	5
第四节 运筹学与管理科学	8
第五节 运筹学应用软件简介	10
第一章 线性规划及单纯形法	11
第一节 线性规划问题及其数学模型	11
第二节 图解法	15
第三节 单纯形法原理	19
第四节 单纯形法计算步骤	26
第五节 单纯形法的进一步讨论	30
第六节 数据包络分析	35
第七节 其他应用例子	38
习题	43
第二章 线性规划的对偶理论与灵敏度分析	49
第一节 线性规划的对偶问题	49
第二节 对偶问题的基本性质	53
第三节 影子价格	58
第四节 对偶单纯形法	60
第五节 灵敏度分析	63
第六节 参数线性规划	71
习题	75
第三章 运输问题	81
第一节 运输问题及其数学模型	81

第二节	用表上作业法求解运输问题	84
第三节	运输问题的进一步讨论	94
第四节	应用问题举例	99
习题	.....	102
第四章	目标规划	105
第一节	目标规划问题及其数学模型	105
第二节	目标规划的图解法	108
第三节	解目标规划的单纯形法	110
第四节	目标规划的灵敏度分析	114
第五节	目标规划应用举例	116
习题	.....	118
第五章	整数规划	122
第一节	整数规划的数学模型及解的特点	122
第二节	解纯整数规划的割平面法	126
第三节	分支定界法	130
第四节	0-1 型整数规划	134
第五节	指派问题	140
习题	.....	145
第六章	非线性规划	149
第一节	基本概念	149
第二节	一维搜索	160
第三节	无约束极值问题	166
第四节	约束极值问题	170
习题	.....	182
第七章	动态规划	185
第一节	多阶段决策过程的最优化	185
第二节	动态规划的基本概念和基本原理	187
第三节	动态规划模型的建立与求解	191
第四节	动态规划在经济管理中的应用	201
第五节	马氏决策规划简介	213
习题	.....	217

第八章 图与网络分析	222
第一节 图与网络的基本知识	223
第二节 树	231
第三节 最短路问题	236
第四节 最大流问题	241
第五节 最小费用流问题	247
习题	250
第九章 网络计划	255
第一节 网络图	255
第二节 时间参数的计算	259
第三节 网络计划的优化	269
第四节 图解评审法简介	275
习题	281
第十章 排队论	286
第一节 引言	286
第二节 生灭过程和 Poisson 过程	292
第三节 $M/M/s$ 等待制排队模型	294
第四节 $M/M/s$ 混合制排队模型	301
第五节 其他排队模型简介	307
第六节 排队系统的优化	312
习题	316
第十一章 存储论	320
第一节 存储问题及其基本概念	320
第二节 确定型存储模型	322
第三节 单周期的随机型存储模型	330
第四节 其他的随机型存储模型	335
第五节 存储论应用研究中的一些问题	338
习题	341

第十二章 对策论	344
第一节 引言	344
第二节 矩阵对策的基本理论	347
第三节 矩阵对策的解法	355
第四节 其他类型对策简介	361
习题	376
第十三章 决策分析	378
第一节 决策分析的基本问题	378
第二节 风险型决策方法	380
第三节 不确定型决策方法	385
第四节 效用函数方法	389
第五节 层次分析法	394
第六节 多目标决策分析简介	398
习题	405
第十四章 运筹学中的启发式方法	408
第一节 启发式方法的概念	408
第二节 应用问题举例	410
习题	422
附录	424
参考文献	425

绪 论

第一节 运筹学释义与发展简史

运筹学一词起源于 20 世纪 30 年代。据《大英百科全书》释义,“运筹学是一门应用于管理有组织系统的科学”,“运筹学为掌管这类系统的人提供决策目标和数量分析的工具”。《中国大百科全书》的释义为:运筹学“是用数学方法研究经济、民政和国防等部门在内外环境的约束条件下合理分配人力、物力、财力等资源,使实际系统有效运行的技术科学,它可以用来预测发展趋势,制订行动计划或优选可行方案”(《自动控制与系统工程》卷,1991 年版)。《辞海》(1979 年版)中有关运筹学条目的释义为:运筹学“主要研究经济活动与军事活动中能用数量来表达有关运用、筹划与管理方面的问题,它根据问题的要求,通过数学的分析与运算,作出综合性的合理安排,以达到经济有效地使用人力、物力”。《中国企业管理百科全书》(1984 年版)中的释义为:运筹学“应用分析、试验、量化的方法,对经济管理系统中人、财、物等有限资源进行统筹安排,为决策者提供有依据的最优方案,以实现最有效的管理”。

运筹学一词在英国称为 operational research,在美国称为 operations research(缩写为 O. R.),可直译为“运用研究”或“作业研究”。由于运筹学涉及的主要领域是管理问题,研究的基本手段是建立数学模型,并比较多地运用各种数学工具。从这点出发,有人将运筹学称作“管理数学”。1957 年我国从“夫运筹帷幄之中,决胜千里之外”(见《史记·高祖本纪》)这句古语中摘取“运筹”二字,将 O. R. 正式译作运筹学,包含运用筹划,以策略取胜等意义,比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。

朴素的运筹学思想在我国古代文献中就有不少记载,例如齐王与田忌赛马和丁渭主持皇宫的修复等事。齐王与田忌赛马说的是一次齐王和田忌赛马,规定双方各出上、中、下三个等级的马各一匹。如果按同等级的马比赛,齐王可获全胜,但田忌采取的策略是以下马对齐王的上马,以上马对齐王的中马,以中马对齐王的下马,结果田忌反以二比一获胜。丁渭修复皇宫的故事发生在北宋时代,皇宫因火焚毁,由丁渭主持修复工作。他让人在宫前大街取土烧砖,挖成大沟后灌水成渠,利用水渠运来各种建筑材料,工程完毕后再以废砖烂瓦等填沟修复大街,做到减少和方便运输,加快了工程进度。但运筹学这个术语的正式使用是在 1938 年,当时英国为解决空袭的早期预警,做好反侵略战争准备,积极

进行“雷达”的研究。但随着雷达性能的改善和配置数量的增多,出现了来自不同雷达站的信息以及雷达站同整个防空作战系统的协调配合问题。1938年7月,波得塞(Bawdsey)雷达站的负责人罗伊(A. P. Rowe)提出立即进行整个防空作战系统运行的研究,并用“operational research”一词作为这方面研究的描述,这就是O. R. (运筹学)这个术语的起源。1940年9月英国成立了由物理学家布莱克特(P. M. S. Blackett)领导的第一个运筹学小组,后来发展到每一个英军指挥部都成立运筹学小组。1942年美国 and 加拿大也都相继成立运筹学小组,这些小组在确定扩建舰队规模、开展反潜艇战的侦察和组织有效地对敌轰炸等方面做了大量研究,为取得反法西斯战争的胜利及运筹学有关分支的建立作出了贡献。1939年苏联学者康托洛维奇(Л. В. Канторович)出版了《生产组织与计划中的数学方法》一书,对列宁格勒胶合板厂的计划任务建立了一个线性规划的模型,并提出了“解乘法”的求解方法,为数学与管理科学的结合做了开创性的工作。

第二次世界大战以后,运筹学的活动扩展到工业和政府等部门,它的发展大致可分三个阶段。

(1) 从1945年到20世纪50年代初,被称为创建阶段。此阶段的特点是从事运筹学研究的人数不多,范围较小,运筹学的出版物、学会等寥寥无几。最早英国一些战时从事运筹学研究的人积极讨论如何将运筹学方法应用于民用部门,于1948年成立“运筹学俱乐部”,在煤炭、电力等部门推广应用运筹学,取得一些进展。1948年美国麻省理工学院把运筹学作为一门课程来进行介绍,1950年英国伯明翰大学正式开设运筹学课程,1952年在美国卡斯(Case)工业大学设立了运筹学的硕士和博士学位。第一本运筹学杂志《运筹学季刊》(*O. R. Quarterly*)1950年于英国创刊,第一个运筹学会——美国运筹学会于1952年成立,并于同年出版《运筹学学报》(*Journal of ORSA*)。1947年丹齐克(G. B. Danzig)在研究美国空军资源的优化配置时提出了线性规划及其通用解法——单纯形法。20世纪50年代初用电子计算机求解线性规划获得成功,1951年莫尔斯(P. M. Morse)和金博尔(G. E. Kimball)合著的《运筹学方法》一书正式出版。所有这些,标志着运筹学这门学科基本形成。

(2) 从20世纪50年代初期到50年代末期,被认为是运筹学的成长阶段。此阶段的一个特点是电子计算机技术的迅速发展,使得运筹学中一些方法如单纯形法、动态规划方法等,得以用来解决实际管理系统中的优化问题,促进了运筹学的推广应用。50年代末,美国大约有半数的大公司在自己的经营管理中应用运筹学,如用于制订生产计划,进行物资储备、资源分配、设备更新等方面的决策。另一个特点是有更多刊物、学会的出现。从1956年到1959年就有法国、印度、日本、荷兰、比利时等10个国家成立运筹学学会,又有6种运筹学刊物问世。1957年在英国牛津大学召开了第一次国际运筹学会议,以后每3年举行一次。1959年成立国际运筹学联合会(International Federation of Operations Research Societies, IFORS)。

(3) 自20世纪60年代以来,运筹学开始普及和迅速发展。此阶段的特点是运筹学

进一步细分为各个分支,专业学术团体迅速增多,更多的期刊创办,运筹学书籍大量出版,以及更多学校将运筹学课程纳入教学计划之中。第三代电子数字计算机的出现,促使运筹学得以用来研究一些大的复杂的系统,如城市交通、环境污染、国民经济计划等。

我国第一个运筹学小组于1956年在中国科学院力学研究所成立,1958年建立了运筹学研究室。1960年在山东济南召开全国应用运筹学的经验交流和推广会议,1980年4月成立中国运筹学学会。在农林、交通运输、建筑、机械、冶金、石油化工、水利、邮电、纺织等部门和军事领域,运筹学的方法已开始得到应用推广。除中国运筹学学会外,中国系统工程学会以及与国民经济各部门有关的专业学会,也都把运筹学应用作为重要的研究领域。我国各高等院校,特别是各经济管理类专业已普遍把运筹学作为一门专业主干课程列入教学计划之中。

由于运筹学在提高组织机构的效率方面已取得显著成效,它的影响还在继续扩展。目前国际上著名的运筹学刊物有: *Management Science*, *Operations Research*, *Interfaces*, *Journal of Operational Research Society*, *European Journal of Operations Research* 等;国内刊登运筹学研究成果的刊物主要有:《运筹学学报》《运筹与管理》《系统工程学报》《系统工程理论与实践》《系统管理学报》《系统工程》《数量经济技术经济研究》《中国管理科学》等。

第二节 运筹学研究的基本特征与基本方法

运筹学研究的基本特征是:系统的整体观念、多学科的综合以及模型方法的应用。

(1) 系统的整体观念。所谓系统可以理解为是由相互关联、相互制约、相互作用的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。例如一个企业的经营管理由很多子系统组成,包括生产、技术、供应、销售、财务等,各子系统工作的好坏,直接影响企业经营管理的好坏。但各子系统的目标往往不一致,生产部门为提高劳动生产率,希望增大产品批量;销售部门为满足市场用户需求,要求产品适销对路,小批量,多花色品种;财务部门强调减少库存,加速资金周转,以降低成本等。运筹学研究中不是对各子系统的决策行为孤立评价,而把有关子系统相互关联的决策结合起来考虑,把相互影响和制约的各个方面作为一个统一体,从系统整体利益出发,寻找一个优化协调的方案。

(2) 多学科的综合。一个组织或系统的有效管理涉及很多方面,运筹学研究中吸收来自不同领域、具有不同经验和技能的专家。由于专家们来自不同的学科领域,具有不同的经历和经验,增强了发挥小组集体智慧、提出问题和解决问题的能力。这种多学科的协调配合在研究的初期,在分析和确定问题的主要方面,在选定和探索解决问题的途径时,显得特别重要。

(3) 模型方法的应用。在各门学科的研究中广泛应用实验的方法,但运筹学研究的系统往往不能搬到实验室中,替代方法是建立问题的数学模型或模拟的模型。应当指出,