



普通高等教育“十三五”规划教材



创新系列 · 管理学

管理运筹学

Operations Research for Management

◆ 主 编 卜心怡

◆ 副主编 俞武扬 余福茂 魏洁 莫燕



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



普通高等教育“十三五”规划教材



创新系列·管理学

管理运筹学

Operations Research for Management

◆ 主 编 卜心怡

◆ 副主编 俞武扬 余福茂 魏 洁 莫 燕

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书的编写目的是满足经济管理类各专业本科生的“运筹学”课程教学要求,突出内容讲授的系统性、逻辑性和便利性。本书以运筹学中最基本、最常用、最能反映其思想精髓的核心内容为重点,包括线性规划、运输问题、整数规划、图与网络分析、网络计划、库存论和决策分析。运筹学教学的宗旨是理解其思想精髓和运筹理念,重在培养学生应用其解决实际管理问题的能力。因此,本书章节内容的安排遵循问题导向的逻辑思路,即从管理实践出发提出问题,阐明求解思路和建模方法,剖析算法的核心与实质,给出应用举例。

本书讲解了每种运筹学模型的 Lingo 和 Excel 等计算机软件求解方法,帮助学生应用运筹学模型及方法解决实际问题;对于每种运筹学模型都有案例建模与讨论,通过完整的案例教学,指导学生将运筹学思想应用到实际问题中,通过数学建模、软件求解、结果分析等一系列过程帮助学生提升实际应用能力。

本书适用于经济、管理类各专业本科生的“运筹学”课程教学,也可供工程硕士及相近层次各类学生使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学/卜心怡主编. —北京:电子工业出版社, 2017.1

(华信经管创新系列)

ISBN 978-7-121-30439-2

I. ①管… II. ①卜… III. ①管理学—运筹学—高等学校—教材 IV. ①C931.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 284541 号

策划编辑:王志宇

责任编辑:苏颖杰

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:14 字数:352 千字

版 次:2017 年 1 月第 1 版

印 次:2017 年 1 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254523, wangzy@phei.com.cn。

前 言

运筹学是 20 世纪 40 年代左右发展起来的一门典型的交叉学科。虽然运筹学的发展主要源于第二次世界大战的战事需要,但是其研究思路、方法和工具在第二次世界大战后已经广泛应用于各行各业的运营管理之中。除了解决生产和制造业中的运营问题之外,在 market 需求的牵引下,运筹学作为一门学科不断地发展和外延。越来越多的农业、服务业和其他新兴产业中出现的问题被系统整理和归纳为运筹学中的标准问题。运筹学学科的研究对象在不断扩大,运筹学的研究方法和算法也在不断丰富。针对一些复杂的应用问题,除了传统的数学建模分析方法之外,计算机建模也逐渐成为一种被普遍采用的分析方法。同时,一些智能算法和近似算法也被引入用于求解运筹学领域中的复杂问题。与传统的精确算法相比,这些算法虽然并不能够保证得到复杂问题的最优解,但其在计算效率上具有无法比拟的优越性。通观运筹学的研究领域、研究对象和研究方法,虽然针对具体应用问题的求解方法差异较大,但是运筹学作为一门学科,它主要是以定量分析为主(定量与定性分析相结合),研究和解决现实世界各类企业与组织的生产、经营或者运作中出现的问题。也正是因为运筹学这种应用性和科学性特点,使它成为管理科学、系统科学、工业工程等多个专业的专业基础课和主干课程。

本书的内容和结构有所偏重,更加适用于经济管理类专业本科教学。同时,本书也可以作为经济管理类研究生,包括工商管理硕士 MBA、工程硕士 ME 在内的运筹学课程参考教材。具体来说,本书在编写过程中侧重于:①强调运筹学学科的应用性特点,加强了应用问题建模的分析思路介绍;②强调实际问题的计算机工具求解,加强了工具软件的使用介绍;③强调经济管理类专业本科学生的特点,从文字到图表尽可能直观、深入浅出和通俗易懂;④考虑经济管理类专业本科学生培养的知识结构特点,避免与其他专业基础课重复。除此之外,书中部分文字体现了编者多年教学的心得体会。

本书由多位教师合作完成,其中前言、第 2 章由卜心怡、莫燕教授编写,第 1、4、5 章由俞武扬副教授编写,第 6、7 章由余福茂教授编写,第 3、8 章由魏洁副教授编写。

本书的编写得到了杭州电子科技大学管理学院和浙江理工大学经济管理学院的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,错误和疏漏在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市海淀区万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

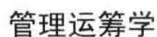
第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的简史	1
1.2 运筹学的分支	2
1.3 运筹学在经济管理中的应用	3
1.4 运筹学的模型	4
第 2 章 线性规划	6
2.1 问题的提出	6
2.2 问题的数学模型	7
2.3 线性规划问题的标准形式	10
2.3.1 标准形式	10
2.3.2 非标准形式线性规划的转换	10
2.4 标准型线性规划解的概念	11
2.5 线性规划的图解法	13
2.5.1 图解法的基本步骤	13
2.5.2 图解法的几种可能结果	14
2.5.3 图解法基本结论	14
2.6 线性规划的单纯形法	15
2.6.1 单纯形法的基本原理	15
2.6.2 单纯形法的基本思路	16
2.6.3 表格形式的单纯形法	19
2.6.4 单纯形法的矩阵表示	21
2.6.5 单纯形法的进一步讨论	23
2.6.6 单纯形法小结	30
2.7 线性规划的对偶问题与灵敏度分析	30
2.7.1 对偶问题的提出	30
2.7.2 对称形式下对偶问题的一般形式	31
2.7.3 非对称形式的原-对偶问题关系	32
2.7.4 对偶问题的基本性质	33
2.7.5 对偶最优解的经济解释——影子价格	35
2.7.6 对偶单纯形法	36
2.7.7 灵敏度分析	38



2.8	线性规划软件求解	42
2.8.1	用 Excel 规划工具求解线性规划模型	42
2.8.2	用 Lingo 软件求解线性规划问题	44
2.9	线性规划应用分析	45
2.9.1	人力资源合理安排问题	45
2.9.2	投资决策问题	48
	习题	50
第 3 章	运输问题	53
3.1	运输问题数学模型	53
3.1.1	产销平衡运输问题数学模型	53
3.1.2	产销不平衡运输问题数学模型	55
3.1.3	运输问题的基本性质	57
3.2	表上作业法	57
3.2.1	初始基可行解的确定	58
3.2.2	解的最优性检验	60
3.2.3	解的改进方法	63
3.2.4	产销不平衡运输问题表上作业法	64
3.3	运输问题软件求解	66
3.3.1	运输问题 Excel 求解	66
3.3.2	运输问题 Lingo 求解	69
3.4	案例分析	73
3.4.1	问题的提出	73
3.4.2	问题分析	74
3.4.3	问题求解	74
	习题	77
第 4 章	整数规划	79
4.1	整数规划数学模型	79
4.1.1	整数规划的一般形式及解的特点	80
4.1.2	含 0-1 变量的整数规划	80
4.2	整数规划模型求解方法	83
4.2.1	分枝定界法	83
4.2.2	割平面法	85
4.2.3	隐枚举法	88
4.3	指派问题及其解法	89
4.3.1	指派问题的数学模型	89
4.3.2	指派问题的匈牙利解法	90
4.3.3	特殊指派问题	92
4.4	整数规划软件求解	93



4.4.1	Excel 求解	93
4.4.2	Lingo 求解	95
4.5	案例分析	96
	习题	100
第 5 章	图与网络分析	102
5.1	图与网络的基本知识	102
5.1.1	图论起源	102
5.1.2	图与网络的基本概念	103
5.1.3	图的矩阵表示	106
5.2	最小树问题	106
5.2.1	树的概念与性质	106
5.2.2	最小生成树问题	107
5.3	最短路问题	108
5.3.1	求解指定两点间的最短路问题(Dijkstra 算法)	109
5.3.2	求解指定点到任意点的最短路问题(主次逼近算法)	110
5.3.3	求解任意两点间的最短路问题(Floyd 算法)	111
5.4	最大流问题	112
5.4.1	最大流的相关概念	112
5.4.2	求最大流的标号算法	113
5.4.3	最小费用最大流问题	114
5.5	图论问题软件求解	116
5.5.1	最小树问题 Lingo 求解	116
5.5.2	最短路问题 Lingo 求解	117
5.5.3	最大流问题 Lingo 求解	121
5.5.4	最小费用最大流问题 Lingo 求解	122
5.6	案例分析	124
	习题	127
第 6 章	网络计划	130
6.1	网络计划技术的起源及发展	130
6.2	网络图的绘制	131
6.2.1	基本术语及一般规定	132
6.2.2	网络图的绘图规则	133
6.2.3	网络图绘制举例	133
6.3	时间参数的计算	134
6.3.1	按节点计算法计算时间参数	135
6.3.2	按工作计算法计算时间参数	138
6.4	网络计划的优化	139
6.4.1	网络计划优化方法分类	139





8.5.2 决策问题 WinQSB 求解	198
8.6 案例分析	202
8.6.1 问题的提出	202
8.6.2 问题分析	203
8.6.3 问题求解	203
习题	206
附录 A 相关证明	209
参考文献	211

第 1 章

绪 论

1.1 运筹学的简史



在公元前 3 世纪的楚汉相争中，汉高祖刘邦的著名谋士张良为推翻秦朝，打败项羽，统一全国立下了盖世奇功，刘邦赞誉他“夫运筹策帷帐之中，决胜于千里之外”。这千古名句也可以说是对张良的运筹思想的赞颂和褒奖，《史记》在《留侯世家》及其他多处也曾提及。这里的“运筹”，指张良在帷幄中制定作战谋略与决策的过程。在西汉时代，“运筹”已被当作制定谋略与决策职能分工的代名词。

运筹学 (Operational Research) 是英国人最早在 20 世纪 30 年代末提出的，美国的写法略有不同 (Operations Research)，直译为“运作研究”，其基本宗旨是运用科学的方法 (如分析、试验、量化等) 来决定如何最佳地运营和设计各种系统的一门学科。我国 1955 年开始研究运筹学时，从《史记》中摘取“运筹”一词作为“Operations Research”的意译，包含了运用筹划、以智取胜的深刻含义。从《史记》对“运筹”的记述表明，我国的运筹思想源远流长，至今对运筹学的发展仍有重要影响。

我国古代有许多关于运筹学的思想方法的典故，例如：

(1) 田忌赛马。孙臆的“斗马术”是我国古代运筹思想中争取总体最优的脍炙人口的著名范例 (记载于《史记·孙子吴起列传》)，成为军事上一条重要的用兵规律，即要善于用局部的牺牲去换取全局的胜利，从而达到以弱胜强的目的。“斗马术”的基本思想是不强求一局的得失，而争取全盘的胜利，这是一个典型的博弈问题。

(2) 丁谓修宫。距今 1000 多年前，开封一场大火使北宋皇城毁于一旦，宋真宗任命大臣丁谓主持重建全部宫室殿宇。当时，皇城都是砖木结构的，建筑材料必须通过汴水运进，因此就有三难：取土之难、运输之难、清场之难。丁谓深思熟虑，规划并实施了一个至今令人拍案叫绝的施工方案：将宫前大街开挖成河，取土烧砖，引汴水入宫，水运建材。皇宫建成后，以废砖烂瓦填平河沟，修复宫前大街。这样，一举解决了取土之难、运输之难、清场之难、可谓“一石三鸟”，使重建皇城事半功倍。

(3) 沈括运粮。沈括 (1031—1095 年) 是北宋时期大科学家、军事家。他在率兵抗击西夏侵扰的征途中，曾经从行军中各类人员可以背负粮食的基本数据出发，分析计算了后勤人员与作战士兵在不同行军天数中的不同比例关系，同时也分析计算了用各种牲畜运粮与人力运



粮之间的利弊，最后做出了从敌国就地征粮、保障前方供应的重要决策，从而减少了后勤人员的比例，增强了前方作战的兵力。

虽然我国很早就有了朴素的运筹思想，而且已经在生产实践中运用了运筹方法，但是运筹学作为一门新兴的学科是在第二次世界大战期间出现的。当时英美联军成立了 Operational Research 小组，通过运用科学方法成功地解决了许多非常复杂的战略和战术问题。例如，如何合理运用雷达有效地对付德军的空袭；如何对商船进行编队护航，使船队遭受德国潜艇攻击时损失最少；如何调整反潜深水炸弹的爆炸深度，使得对德国潜艇的杀伤力最大等。第二次世界大战之后，从事这项工作研究的许多专家转到了经济部门、民营企业、大学、研究所等，继续从事决策的数量方法的研究，运筹学作为一门学科逐步形成并得到迅速发展。第二次世界大战后，运筹学主要在以下两方面得到了发展：一是运筹学的方法论得到快速发展，形成了运筹学的许多分支，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、存储论、搜索论、博弈论等，其中最重要的也许当属 1947 年由丹捷格 (George Dantzig) 提出的求解线性规划问题的单纯形法；二是电子计算机的迅猛发展和广泛应用，使得运筹学方法能成功、及时地解决大量经济管理中的决策问题，因而使得运筹学真正成为广大管理者进行最优决策和有效管理的常用工具之一。

1.2 运筹学的分支



运筹学按要解决问题的差别，归结为一些不同类型的数学模型，这些数学模型构成了运筹学的不同分支。基本的运筹学分支如下：

(1) 线性规划。线性规划是一种在线性约束条件下解决追求最大或最小线性目标函数的方法。例如，当管理者在现有的条件下追求最大利润或是在完成任务的前提下追求最小成本时，如果现有条件（或完成任务的前提）的约束可以用数学上变量的线性等式或不等式来表示，同时目标函数的最大利润（或最小成本）可以用变量的线性函数来表示，那么这样的问题就可以用线性规划的方法解决。线性规划的发展过程中有两个代表人物。一个是苏联学者康托洛维奇 (Kantorovich)，他早在 1939 年解决工业生产组织的计划问题时，就提出了类似线性规划的模型，并给出了“解乘法”的求解方法。1960 年，他编写出版了《最佳资源利用的经济计算》一书，得到了国内外一致重视，为此他于 1975 年与美国经济学家库普曼斯共同获得了诺贝尔经济学奖。另一个在线性规划发展过程中起到重要作用的代表人物是美国数学家丹捷格 (George Dantzig)，他在 1947 年提出了求解线性规划的单纯形法 (Simple Method)，并给出了许多很有价值的理论，为线性规划奠定了理论基础，1953 年他又提出了改进单纯形法。

(2) 非线性规划。当用变量表达的约束条件或目标函数中存在非线性函数时就形成了非线性规划。非线性规划是 20 世纪 50 年代才开始形成的一个运筹学分支。其发展过程中的代表人物是库恩 (H.W.Kuhn) 和塔克 (A.W.Tucker)，两人共同提出的关于最优性条件（后来称为 Kuhn-Tucker 条件）的论文是非线性规划正式诞生的一个重要标志。

(3) 整数规划。整数规划是指一类要求问题中的全部或部分变量为整数的数学规划。整数规划的代表人物是戈莫里 (R.E.Gomory)，他在 1958 年提出了求解整数规划的割平面法，之后整数规划开始形成独立的分支。



(4) 目标规划。目标规划是解决多目标决策问题的一个运筹学分支,能够处理单个主目标与多个目标并存,以及多个主目标与多个次目标并存的问题,由美国学者查纳斯(A. Charnes)和库伯(W.W.Cooper)在1961年首次提出。

(5) 动态规划。动态规划是求解决策过程最优化的数学方法。20世纪50年代初美国数学家贝尔曼(R.E.Bellman)在研究多阶段决策过程的优化问题时,提出了著名的最优化原理,把多阶段过程转化为一系列单阶段问题,利用各阶段之间的关系逐个求解,创立了解决这类过程优化问题新方法。他于1957年出版的名著 *Dynamic Programming* 标志着动态规划这一分支的产生。

(6) 图论与网络优化。图论与网络优化是数学中一门既古老又年轻的学科,它把研究对象用点表示,对象之间的关系用边(或弧)表示,点边的集合构成图。图论最早是由大数学家欧拉(L.Euler)于1736年研究哥尼斯堡城的七桥问题而起步的。图论中有许多经典问题,如四色问题、哈密尔顿(W.Hamilton)回路问题等。1936年匈牙利数学家康尼格(D.König)写的第一本图论专著《有限图与无限图的理论》标志着图论成为了一门独立的学科。

(7) 存储论。存储论研究在各种供应与需求的条件下,应当在什么时候提出多大的订货批量来补充存储,使得订购费、存储费以及缺货所带来的损失费用之总和最小的问题。列温逊(Levinson)在20世纪30年代已经将存储论的思想应用到分析商业广告、顾客心理方面。

(8) 排队论。排队论是解决排队服务系统工作过程优化的模型,它可以帮助管理者对一些包括排队问题的动作系统做出更好的决策。丹麦工程师爱尔朗(A.K.Erlang)是排队论的奠基者,排队论的基本思想就是1909年他在研究电话通信系统时提出的一些著名公式。

(9) 博弈论。博弈论又称对策论,主要研究具有斗争或竞争性质现象的数学理论与方法,博弈论考虑参与博弈的个体的预测行为和实际行为,并研究它们的优化策略。1928年,冯·诺依曼(V.Neumann)证明了博弈论的基本原理,从而宣告了博弈论的正式诞生。1944年,冯·诺依曼和摩根斯坦共著的《博弈论与经济行为》将二人博弈推广到 N 人博弈结构并系统地应用于经济领域,从而奠定了这一学科的基础与理论体系。1950年,纳什(J.F.Nash)利用不动点定理证明了均衡点的存在,为博弈论的一般化奠定了坚实的基础。

(10) 决策分析。指从若干可能的方案中通过决策分析技术,如期望值法或决策树法等,选择其一的决策过程的定量分析方法。1966年美国斯坦福大学教授霍华德(R.A.Howard)在论文中首次使用“决策分析”这一术语,自此,决策分析成为运筹学的一个重要分支,霍华德也是决策分析工具“影响图”的创始人。

1.3 运筹学在经济管理中的应用



运筹学在经济管理中有着广泛而深入的应用。

(1) 生产计划。应用运筹学方法从总体上确定适应需求的生产、存储、资源安排等计划,以谋求最大的利润或最小的成本,主要用线性规划、整数规划等方法来解决此类问题。例如,巴基斯坦一家重型制造厂用线性规划安排生产计划,节省了10%的生产费用。此外,运筹学在生产作业计划、日程表安排、物料管理、合理下料等方面都有应用。

(2) 运输问题。运筹学可应用于确定最小成本的运输线路、物资调拨、运输工具的调度以及工厂选址等。例如,印度的巴罗达市对公共汽车行车路线和时刻表进行研究改进后,该市



公共汽车载运率提高了 11%，减少了 10% 的车辆，既节省了成本又改善了交通拥挤的状况。

(3) 库存管理。存储论与计算机物料管理信息系统相结合，应用于多种物料库存量的管理，确定某些设备的能力或容量，如工厂的库存、停车场大小、发电设备容量大小等。

(4) 市场销售。应用在广告预算的媒体选择、竞争性定价、新产品开发、销售计划的制定等方面，如美国杜邦公司从 20 世纪 50 年代起就非常重视运筹学在市场营销中的应用。

(5) 人事管理。可以应用运筹学方法对人员的需求与获得情况进行预测，确定人员的各种分配问题，对人才进行合理的评价，确定薪资和津贴等。

(6) 设备维修、更新和可靠度、项目选择和评价。如电力系统的可靠度分析、核能电厂的可靠度以及风险评估等。

(7) 工程的最优化设计。在土木、建筑、水利、信息、电子、电机、光学、机械、环境和化工等领域皆有运筹学的应用。

(8) 城市管理。包括各种紧急服务系统的设计和运行，如消防队救火站、救护车、警车等的分布点设立。美国曾用排队论方法确定纽约市紧急电话的值班人数。加拿大曾研究城市警车的配置和负责范围、事故发生后警车应走的路线等。此外，诸如城市垃圾的清扫、搬运和处理、供水和污水系统的规划等都可以应用运筹学的理论与方法。

国际运筹与管理协会 (INFORMS) 及其下属的管理科学实践学会主持评定的弗兰茨·厄德曼 (Franz Edelman) 奖是为运筹学的管理中的应用成就设立的奖项，每年评定一次。表 1.1 列出了发表在著名刊物 *Interface* 上的部分获奖项目。

表 1.1

组 织	应 用	效 果
联合航空公司	在满足乘客需求的前提下，以最低成本进行订票及机场工作班次安排	每年节约成本 600 万美元
Citgo 石油公司	优化炼油程序及产品供应、配送和营销	每年节约成本 7000 万美元
AT&T	优化商业用户的电话销售中心选址	每年节约成本 4.06 亿美元，销售额大幅增加
标准品牌公司	控制成本库存(制定最优再定购点和定购量，确保安全库存)	每年节约成本 380 万美元
法国国家铁路公司	制定最优铁路时刻表并调整铁路日运营量	每年节约成本 1500 万美元，年收入大幅增加
Taco Bell	优化员工安排，以最低成本服务客户	每年节约成本 1300 万美元
Delta 航空公司	优化配置上千个国内航线航班来实现利润最大化	每年节约成本 1 亿美元

1.4 运筹学的模型



在运用运筹学解决问题时，按研究对象的不同可以构造出各种不同的模型。模型是研究者对客观现实经过抽象后用文字、图表、符号、关系式以及实体模样描述所认识的客观对象。模型主要有三种基本形式：形象模型、模拟模型、符号或数学模型。目前应用最多的是符号或数学模型。根据所研究的问题构建模型是一种创造性劳动，成功的模型是科学与艺术的结晶，建模的思路与方法有以下五种。

(1) 直接分析法。按研究者对问题内在机理的认识直接构造出模型。运筹学中有不少现有的模型，如线性规划模型、排队模型、图论模型、存储模型等，这些模型都有很好的求解方法与软件。



(2) 类比法。有些问题可以用不同的方法构造模型,而这些模型的结构或性质比较雷同,这样就可以用类比的方法构建模型,如物理学中的机械系统、气体动力学系统、热力学系统及电路系统之间有不少雷同的现象,就可以用类比法建模。

(3) 数据分析法。当问题的内在机理不是很清楚,但是可以搜集到与此问题密切相关的大量数据时,可以运用统计分析方法构建模型。

(4) 试验分析法。当问题机理不清,又不能获得大量数据时,只能通过做局部试验的方法,利用获得的数据结合分析来构造模型。

(5) 构想法。当有些问题的机理不清,又缺少数据,还不能通过做试验获得数据时,如一些社会、经济、军事问题,人们只能在已有的知识、经验和某些研究的基础上,对于可能发生的情况给出合乎逻辑的设想和描述,然后运用已有的方法构造模型,并不断地加以修正完善。

运筹学研究问题的一般步骤如下所述。

(1) 提出需要解决的问题。确定目标,并分析问题所处的环境和约束条件。抓住主要矛盾,舍弃次要因素。

(2) 建立模型。选用合适的数学模型来描述问题,确定决策变量,建立目标函数、约束条件等,并据此建立相应的运筹学模型。

(3) 求解模型。确定与数学模型有关的各种参数,选择求解方法,求出解。解可以是最优解、次优解、满意解。

(4) 解的检验。首先检查求解步骤和程序有无错误,然后检查解是否反映现实问题。

(5) 解的控制。通过灵敏度分析等方法,对所求的解进行分析和评价,并据此对问题的提出和建模阶段进行修正。

(6) 解的实施。提供决策所需的依据、信息和方案,帮助决策者决定处理问题的方针和行动。

我们要把管理运筹学的教学与当前经济管理的实践紧密结合起来,要认识到学习管理运筹学的目的是用运筹学的方法去解决经济管理中的问题,而不是为学习运筹学而学习。在学习管理运筹学的方法时,一定要结合经济管理中的实际问题,要在解决实际问题的过程中学习运筹学的方法。另外,学习管理运筹学必须使用相应的计算机软件,必须注重学以致用原则。本书结合 Excel 和 Lingo 这两种软件,对管理运筹学中的各种模型和方法给出了相应的软件应用。

第2章

线性规划

本章学习目标

- 掌握线性规划的建模方法以及模型特征;
- 理解单纯形法与对偶单纯形法的基本思想,掌握两种方法的基本步骤、适用前提以及它们之间的区别与联系;
- 理解对偶问题的基本性质、经济解释以及在管理决策中的应用;
- 理解灵敏度分析的作用与意义,掌握灵敏度分析工具与分析内容。

本章需掌握的基本概念与基本方法

- 线性规划与线性规划标准形式;
- 可行解、基解、基可行解、最优解;
- 凸集、顶点、可行域;
- 检验系数、最小 θ 比值;
- 对偶问题与影子价格;
- 图解法、单纯形法、大 M 法、两阶段法、对偶单纯形法;
- 灵敏度分析。

2.1 问题的提出



线性规划是运筹学的一个重要分支,是帮助管理者做出决策的有效方法之一。在经济管理活动中,通常需要对有限的资源寻求最佳的利用或分配方式。任何资源,如劳动力、原材料、设备或资金等都是有限的,因此,必须进行合理的配置,寻求最佳的利用方式。所谓最佳的方式,必须有一个标准或目标,在单一目标问题中,就是使利润达到最大或成本达到最小,由此可以把有限资源的合理配置归纳为**两类问题**:一类是如何合理地使用有限的资源,使经济管理的效益达到最大;另一类是在经济管理的任务确定的条件下,如何合理地组织、安排活动,使所消耗的资源数最少,这是最常见的两类规划问题。

与规划问题有关的数学模型主要由以下内容组成:一部分是约束条件,反映有限资源对经济管理活动的种种约束,或者必须完成的任务;另一部分是目标函数,反映决策者在有限资源条件下希望达到的目标。在学习具体内容之前,要先了解以下问题。

【例 2.1】SY 公司计划生产 I、II 两种家电产品。已知各生产一件产品时分别占用设备的台时(小时/件)以及人工(小时/件)和资源总量,各售出一件产品时的收益(元/件)情况,见表 2.1。问该公司应如何生产可使获取的总收益为最大?这是一个如何合理地使用有限资源产生最大收益的问题。

表 2.1

资源 \ 产品	I	II	现有资源
设备台时	2	3	300
人工	2	1.5	180
收益	100	120	

【例 2.2】某加工厂要制作 100 套钢架,每套要用长为 2.9 m、2.1 m 和 1.5 m 的圆钢各一根。已知原料长为 7.4 m,问应如何下料可使所用材料最省?这是一个典型的在生产任务确定条件下,如何合理地组织生产(下料),使所消耗资源数量最少的问题。

【例 2.3】某商场是个中型百货商场,现在需要对营业员的工作时间做出安排,营业员每周工作五天,休息两天,并要求休息的两天是连续的。问题归结为:如何安排营业员的作息时间,既能满足工作需要,又使配备的营业员人数最少?这是一个人力资源合理安排问题。对营业员的需求进行统计分析,得到营业员每天的需求人数见表 2.2。

表 2.2

时 间	所需营业员人数	时 间	所需营业员人数	时 间	所需营业员人数
星期日	28 人	星期三	25 人	星期六	28 人
星期一	15 人	星期四	19 人		
星期二	24 人	星期五	31 人		

【例 2.4】某部门现拥有资金 100 万元,可在今后 5 年中用于投资,拟议中的项目有 A、B、C、D 四个,各项目的投资周期及收益见表 2.3。需要解决的问题是:假定资金年初投资,投资周期末收回,那么该如何做出投资决策,能使五年末积累的资金最多?

表 2.3

项 目	A	B	C	D
投资周期	1 年	2 年	4 年	5 年
年投资收益率	8%	10%	16%	20%

上述四个问题是典型的线性规划问题,将分别在 2.2 和 2.9 节中加以讨论。

2.2 问题的数学模型

现在运用线性规划数学模型构建思路对例 2.1 和例 2.2 进行讨论。

例 2.1 中,先用变量 x_1 和 x_2 分别表示 SY 公司制造家电 I 和 II 的数量。这时该公司可获取的总收益为 $(100x_1 + 120x_2)$ 元,令 $z = (100x_1 + 120x_2)$ 元,因问题中要求获取的总收益为最大,即 $\max z$ 。 z 是该公司能获取的总收益的目标值,它是变量 x_1 和 x_2 的函数,称为目标函数。