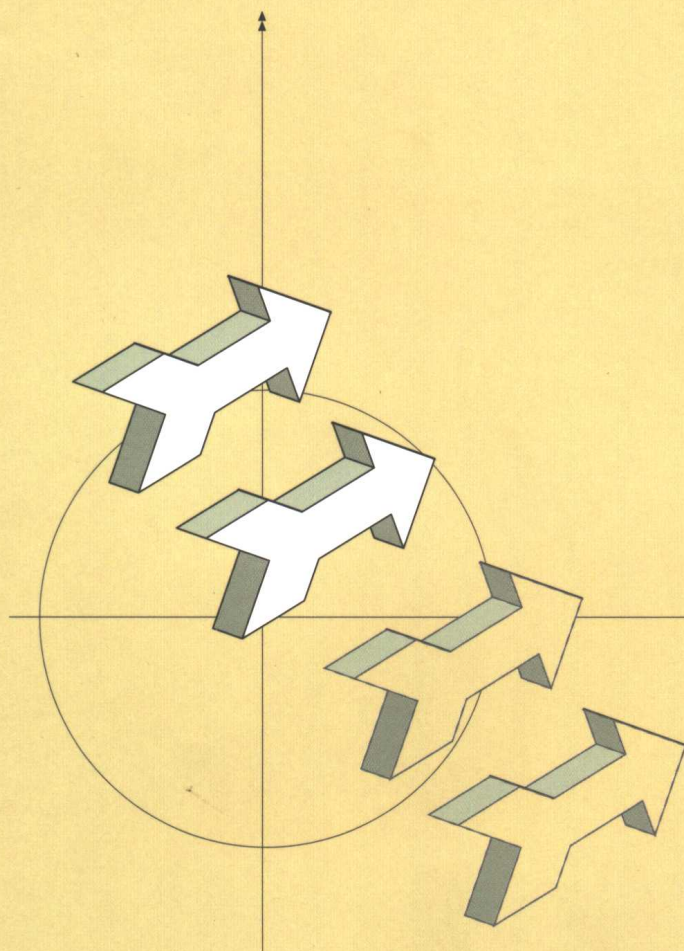


新世纪高校经济学·管理学系列教材

XINSHIJIGAOXIAOJINGJIXUE · GUANLIXUEXILIEJIAOCAI

Y unchouxue

运筹学



主 编 于春田
副主编 王达荣 肖继先

河北人民出版社

022
729
新世纪高校经济学·管理学系列教材

XINSHIJIGAOXIAOJINGJIXUE · GUANLIXUEXILIEJIAOCAI

新世纪高校经济学·管理学系列教材编委会

主任 杨欢进 李保平

编委 (按姓氏笔画为序)

于春田 刘家顺 孙健夫 李保平 张义珍 张玉柯

张瑞恒 武建奇 杨欢进 郭立田 韩同银

运筹学



A1103518

主 编 于春田

副主编 王达荣 肖继先

河北人民出版社

HAM39/08

图书在版编目(CIP)数据

运筹学/于春田主编. —石家庄:河北人民出版社,
2003.8

(新世纪高校经济学·管理学系列教材)

ISBN 7-202-03431-X

I. 运… II. 于… III. 运筹学-高等学校-教材
IV. 022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 067525 号

书 名 运 筹 学

主 编 于春田

副 主 编 王达荣 肖继先

出版发行 河北人民出版社(石家庄市友谊北大街 330 号)

经 销 新华书店

印 刷 河北新华印刷一厂

开 本 720×960 毫米 1/16

印 张 29.75

字 数 539,000

版 次 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数 1—5,000

书 号 ISBN 7-202-03431-X/F·379

定 价 35.60 元

版权所有 翻印必究

总序

新世纪

高校经济学·管理学系列教材

高校教材是各门科学中人类所取得的既有成果的集中体现，是一门学科教学内容和知识体系的载体，是展开教学的基本依据。所以，教材建设是学科建设的基础工程。在人类已经进入 21 世纪的背景下，科学技术发展突飞猛进，知识更新速度加快。中国社会主义市场经济体制的确立，中国加入“WTO”所带来的冲击，对中国高校的教育教学改革提出了更高的要求，也对中国高校的教材建设提出了更高的要求。基于发展河北高等教育、推动河北高校教材建设的历史责任感，河北人民出版社组织河北各高校经济学、管理学各学科的学术带头人和教学骨干，共同编写了这套“新世纪高校经济学·管理学系列教材”。参加的院校有河北大学、燕山大学、河北师范大学、河北农业大学、河北经贸大学、石家庄铁道学院、河北科技大学、河北理工学院、石家庄经济学院等。

本套教材以高校经济类、管理类核心课程为主体，第一批共 13 种，包括：《政治经济学（资本主义部分）》、《政治经济学（社会主义部分）》、《微观经济学》、《宏观经济学》、《管理学》、《统计学》、《财政学》、《货币银行学》、《基础会计学》、《国际贸易》、《市场营销学》、《管理信息系统》、《运筹学》等。

本套教材编委会组织编委、各教材主编和部分作者在石家庄多次就本套教材编写的指导思想、编写体例及主编、副主编、作者的入选资格等进行研究，力图从主编负责制、作者筛选、统一编写体例与编写要求等方面，确保本套教材的编

写质量，力图使本套教材能充分地体现近年来相关学科科学研究、教学内容和课程体系改革研究的新成果，使之适应新世纪高校厚基础、宽口径、高素质的培养要求。本套教材曾送经济学家、河北大学博士生导师刘永瑞教授等专家审阅，他们都给予高度评价。

本套教材主要是按照高校经济学类、管理学类本科学生的教学要求规划设计的，也可供各类继续教育的教学使用。

新世纪高校经济学·管理学系列教材编委会

2003. 6.

前言

新世纪

高校经济学·管理学系列教材

运筹学是 20 世纪 40 年代开始形成的一门应用学科,它广泛应用于工业、农业、交通运输、国防、通信、政府机关等各个部门、各个领域。用运筹学解决实际问题时的系统优化思想,以及从提出问题、分析建模、求解到方案实施的一套严格科学的方法,使得它在培养提高人才素质上起到了十分重要的作用。运筹学已成为高等院校许多专业的必修课。

本书是为适应高等院校各相关专业对运筹学课程教学的需要而编写的。它是在我们多年的教学实践基础上,吸收了目前国内运筹学教材的优秀成果,反映了近年来运筹学的最新发展,涵括了由教育部制定的高等学校经济管理类对运筹学课程要求的基本内容。本书尽量避免复杂的理论证明,力图通俗易懂、简明扼要地讲解运筹学的基本原理以及方法的思路和算法步骤。注意从经济学管理学的角度介绍运筹学的基本知识,试图以各种实际问题为背景引出运筹学各分支的基本概念、模型和方法,并侧重各种方法及其应用。对其理论证明用独立章节给出,可供有兴趣的读者选用。

本书在内容选择上,兼顾了各层次读者的需要,包含了运筹学所有的重要分支,可适合研究生、本科生、专科生等各层次教学的需要。本书每章末都有小结,为帮助读者掌握教材的重点,每章后有习题供读者练习。书末附习题答案,便于读者自学。

全书由于春田教授主编，并编写了第三章、第四章，王达荣教授编写了绪论及第一章、第二章，肖继先教授编写了第六章、第八章、第九章，惠红旗老师编写了第七章、第十一章，张汉斌老师编写了第五章、第十章，尚永胜老师编写了第十二章、第十三章。惠红旗老师进行了全书的汇总编排。

本书在编写过程中得到了有关部门的大力支持，在此表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，书中有不妥或错误之处，请广大读者批评指正。

编 者
2003. 6

绪论	(1)
第一章 线性规划与单纯形法	(5)
第一节 线性规划的基本概念	(5)
第二节 线性规划的标准形式和解的性质	(11)
第三节 单纯形法	(16)
第四节 初始可行基的求法——人工变量法	(26)
第五节 线性规划应用举例	(31)
第二章 对偶理论与灵敏度分析	(45)
第一节 单纯形法的矩阵描述	(45)
第二节 对偶问题的概念	(48)
第三节 对偶问题的基本性质	(54)
第四节 影子价格	(58)
第五节 对偶单纯形法	(59)
第六节 灵敏度分析	(62)
第七节 参数线性规划	(72)
第三章 运输问题	(85)
第一节 运输问题及其数学模型	(85)

第二节	表上作业法	(89)
第三节	产销不平衡的运输问题	(100)
第四节	应用举例	(105)
第四章	目 标 规 划	(113)
第一节	目标规划问题与数学模型	(114)
第二节	目标规划的图解法	(117)
第三节	解目标规划的单纯形法	(121)
第四节	目标规划的灵敏度分析	(124)
第五节	目标规划应用举例	(127)
第五章	整 数 规 划	(134)
第一节	整数规划问题的提出及其特点	(134)
第二节	分枝定界法	(138)
第三节	割平面法	(143)
第四节	0—1 规划	(146)
第五节	指派问题	(151)
第六章	非线性规划	(162)
第一节	基本概念	(163)
第二节	一维搜索	(174)
第三节	无约束极值问题	(181)
第四节	约束极值问题	(185)
第七章	动 态 规 划	(201)
第一节	多阶段决策问题	(201)
第二节	动态规划的基本概念和基本原理	(203)
第三节	动态规划模型及求解方法	(209)
第四节	动态规划应用举例	(215)
第八章	图与网络分析	(236)
第一节	图与网络基本知识	(237)
第二节	树	(242)
第三节	最短路问题	(245)
第四节	最大流问题	(250)
第五节	最小费用流问题	(256)
第六节	中国邮递员问题	(261)
第九章	网 络 计 划	(270)

第一节	网络图	(271)
第二节	关键路线与时间参数	(277)
第三节	网络计划的优化	(283)
第四节	实施计划的管理	(294)
第五节	图解评审法简介	(295)
第十章	排队论	(311)
第一节	排队论	(311)
第二节	$M/M/1/\infty/\infty$ 排队模型	(316)
第三节	其他马氏过程排队模型	(321)
第四节	非马氏排队模型	(332)
第五节	排队系统的经济分析	(336)
第六节	排队系统的模拟分析	(340)
第十一章	存贮论	(348)
第一节	存贮论的基本概念	(348)
第二节	确定型存贮模型	(351)
第三节	随机型存贮模型	(365)
第十二章	对策论	(377)
第一节	对策论的基本概念	(377)
第二节	矩阵对策的基本理论	(382)
第三节	矩阵对策的求解	(389)
第四节	其他对策模型简介	(397)
第十三章	决策分析	(403)
第一节	决策分析的基本概念	(403)
第二节	不确定型决策	(406)
第三节	风险型决策	(411)
第四节	决策树	(416)
第五节	决策的效用分析	(418)
第六节	层次分析法	(422)
第七节	多目标决策分析	(427)
练习题参考答案		(435)
主要参考文献		(463)

绪 论

运筹学是用数学方法研究各类系统最优化问题的学科。运筹学通过建立系统的数学模型并求解,为决策者制定最优决策提供科学依据。

一、运筹学简史

运筹学(Operations Research,简称OR)一词最早出现于1938年。当时正值第二次世界大战前夕,英国为了有效防备德国飞机的入侵,组织有关专家研究整个防空系统,尤其是分散在各地的雷达站的协调配合问题,并以“OR”命名这项研究。二战期间,英美两国中来自不同领域的科学家,组成了若干个运筹学小组,解决战争中的急迫问题,发挥了显著作用,也推动了运筹学的初步发展。战后,许多科学家把注意力转移到经济领域,研究如何使有限资源发挥最大经济效果的问题。1947年,美国数学家丹捷格(G. B. Dantzig),提出了著名的单纯形法解决线性规划问题,是运筹学发展中的一项重大成果。到20世纪50年代,运筹学的各个主要分支已经形成,逐渐成为西方国家大学许多专业的必修课程,运筹学书籍和刊物发行量迅速增加。发达国家众多企业在经营管理中应用运筹学知识,获得显著的效果。计算机技术的飞快进步,有力地推动了运筹学理论的发展和应用的普及。

运筹学在我国起步稍晚一些,50年代起,华罗庚教授在一些经济部门和企业积极推广线性规划、优选法、统筹法等运筹学方法。改革开放以来,运筹学的

理论研究和应用，都在我国有了巨大的发展。许多大学的管理类、财经类专业把运筹学作为一门主干课程列入教学计划，许多其他专业的某些课程中也包含运筹学的内容。现在运筹学在全球范围内已经得到广泛应用，成为各行各业解决管理决策问题的效能卓著的工具。

二、运筹学的主要分支

运筹学的基本特点是建立数学模型，通过模型的分析计算，解决面临的问题。数学模型是对具体事物的抽象描述，是对分散现象的高度概括。在实际生活中，各种不同系统的决策问题是千差万别的，因此运筹学模型也是多种多样的，形成了若干不同的分支。到目前为止，理论比较成熟而且应用广泛的主要有下列分支。

1. 线性规划 (*Linear Programming*)

经营管理的基本问题是资源优化配置问题。线性规划是解决这些问题的有效方法，它把问题归结为在线性约束条件下，决策变量的线性目标函数求极值的数学模型。它的一般解法是单纯形法。

2. 目标规划 (*Goal Programming*)

目标规划是线性规划的推广和发展，它对约束条件与目标函数的处理更加灵活而有弹性，可以容纳更为细致深入的限制与要求，因此能够适用于更复杂的实际问题。

3. 整数规划 (*Integer Programming*)

整数规划是指部分或全体决策变量必须取整数值的线性规划。

4. 非线性规划 (*Nonlinear Programming*)

如果决策问题中约束条件或目标函数包含非线性函数，那么相应的模型构成非线性规划。

5. 动态规划 (*Dynamic Programming*)

若在过程的各阶段都要做出决策，并要求全过程的综合结果达到最优，这种多阶段决策问题属于动态规划的研究范围。

6. 图论与网络分析 (*Graph Theory and Network Analysis*)

工程项目管理中要研究工序的相互关系和合理衔接，各种网络设计中要考虑线路的通过能力。这些问题的研究可以归结为图与网络分析。对于图形中的点和连线赋予不同的具体意义，给连线赋予各种参数，图可以准确表达许多实际问题，为它们的求解提供简便直观的模式。

7. 排队论 (*Queuing Theory*)

在各类社会服务系统中（例如各种收费处、停车场等）由于服务对象的到

达状况和服务时间均具有随机性，必须适当确定系统的服务能力等系统运行参数，才能达到良好的经济效益和社会效益。排队论是关于随机服务系统的理论。

8. 存贮论 (*Inventory Theory*)

一切工商企业都必须制定各类物资的存贮策略（订货数量、订货间隔时间等），以保证生产经营活动的顺利进行，并使得相关费用尽可能低。对这些问题的分析讨论形成了存贮论模型。

9. 对策论 (*Game Theory*)

在很多社会经济活动中，各方参与者（称为局中人）的利益是相互矛盾的。对策论为局中人在对抗性局势下，理性选择行动策略提供科学理论与方法。

10. 决策论 (*Decision Theory*)

在不同的问题中，决策的环境条件与目标不同，形成不同类型的决策模型。如果每个行动方案只有一个可能的结果，决策称为确定性的；如果每个方案在不同条件下，结果可能有好也有坏，决策就存在风险，称为风险型决策。决策论对各类决策问题进行概括和总结，并着重研究应用广泛的风险型决策，讨论降低风险、提高决策科学性的方法。

三、运筹学的工作步骤

应用运筹学方法解决实际问题，大体上要经历以下步骤。

1. 提出和形成问题

明确问题的目标，分析它与各种变动因素的关系，列出所有可能的约束条件（包括系统内部的限制和外部环境的制约）。

2. 收集资料，确定参数

按照第一步所涉及的各个项目，认真收集相关资料，要特别注意资料的完整性与准确性；确定有关参数的值或变化范围。

3. 建立模型

根据问题的性质和特点，建立恰当的模型。

4. 模型求解和检验

选择适当的方法求出模型的最优解或满意解，并对结果进行检验。例如输入历史数据，加以核对。若有不妥，则应对模型做出修改。

5. 解的控制

无论多么完美的模型，也仍然只是对实际系统的近似。另外，实际情况在不断变化，这些都会影响模型应用的效果。因此，必须重视研究当条件发生局部变化（比如某些参数值改变）时，对最优解的影响，并制定相应的解决方案。

运筹学历史较短，是一门还处于蓬勃发展阶段的新兴学科。经济文化和管理

各个领域日新月异的进步，不断向运筹学提出新的课题。在解决这些课题的过程中，运筹学将日臻完善，并对社会的文明和进步做出越来越多的贡献，对我国的现代化事业发挥越来越大的作用。

线性规划与单纯形法

本章学习目的和要求

线性规划是产生较早、理论体系比较完整的运筹学分支,它已经在工、农、商等各个经济部门和军事、文化领域都得到了广泛的应用。单纯形法是求解线性规划的一般方法。

通过本章的教学,要求学生掌握线性规划的图解法,深刻理解单纯形法的解题思路,熟练掌握其运算步骤,并能在实际问题中加以运用。

第一节 线性规划的基本概念

一、线性规划的数学模型

企业在生产经营过程中,经常需要考虑如何合理使用人、财、物等各种资源,以实现最佳经济效益。这些问题往往可以归结为线性规划数学模型。

【例 1.1】某厂生产 P 、 Q 两种产品,主要消耗 A 、 B 、 C 三种原料,已知单位产品的原料消耗数量等资料如表 1—1 所示。

表 1—1

单 位 原 料	产 品 消 耗			
		P	Q	原料总量
A		1	2	8 吨
B		5	2	20 吨
C		0	4	12 吨
产品单价		2 万元	5 万元	

要求确定 P 、 Q 的产量，使产值最大。

设 P 、 Q 的产量分别为 x_1 、 x_2 ，则总产值 $z = 2x_1 + 5x_2$ ，实际消耗的原料 A 的数量为 $x_1 + 2x_2$ ，不能超过 A 的总量，故得约束条件： $x_1 + 2x_2 \leq 8$ 。

同样考虑原料 B 、 C 的限制，可得约束条件：

$$5x_1 + 2x_2 \leq 20 \text{ 与 } 4x_2 \leq 12$$

因此问题归结为下列模型：

$$\max z = 2x_1 + 5x_2$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ 5x_1 + 2x_2 \leq 20 \\ 4x_2 \leq 12 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

【例 1.2】某公司打算利用甲、乙、丙三种原料配置一种新型保健饮料，已知每千克原料中两种主要保健成分 A 、 B 的含量及原料单价如表 1—2 所示。

表 1—2

含 成 分	原 料 量			
		甲	乙	丙
A		20	40	0
B		10	0	20
原料单价（元/千克）		2	2	3

产品质量标准规定每千克饮料中，营养成分 A 、 B 的含量不低于 10 个与 8 个单位。如何制定饮料配方，既满足质量标准又使成本最低？

设每千克饮料中原料甲、乙、丙的投入量分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 千克，那么每千克饮料成本为 $z = 2x_1 + 2x_2 + 3x_3$ 。

每千克饮料中成分 A 的含量为 $20x_1 + 40x_2$ ，不能低于规定标准，故有：

$$20x_1 + 40x_2 \geq 10$$

同样考虑成分 B，可得约束条件：

$$10x_1 + 20x_3 \geq 8$$

这样一来，问题归结为下列模型：

$$\begin{aligned} \min z &= 2x_1 + 2x_2 + 3x_3 \\ &\begin{cases} 20x_1 + 40x_2 & \geq 10 \\ 10x_1 & + 20x_3 \geq 8 \\ x_1, x_2, x_3 & \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

【例 1.3】 A_1 、 A_2 是两个粮库，每月分别可调出粮食 30 吨与 40 吨，三个粮店 B_1 、 B_2 、 B_3 每月的需求量分别为 20 吨、25 吨与 18 吨。粮库与粮店之间每吨粮食的运费如下表 1—3 所示。

表 1—3

单位：元/吨

运 粮 库	粮 店 费			
		B_1	B_2	B_3
A_1		2	3	5
A_2		4	6	3

要求安排粮食调运方案，在满足需求的前提下，使总运费最低。

设从粮库 A_i 到粮店 B_j 的调运量为 x_{ij} ， $i = 1, 2$ ； $j = 1, 2, 3$ ，则总运费为

$$z = 2x_{11} + 3x_{12} + 5x_{13} + 4x_{21} + 6x_{22} + 3x_{23}$$

两个粮库的可调出总量为 70 吨，三个粮店的需求总量为 63 吨，因此需求量一定可以满足。分别考虑三个粮店的需求，可得约束条件：

$$x_{11} + x_{21} = 20$$

$$x_{12} + x_{22} = 25$$

$$x_{13} + x_{23} = 18$$

每家粮库的实际调出量不超过它的可调出量，因此有：

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 30$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 40$$

从而，本问题归结为以下模型：