



中国物流与采购联合会指定
现代物流管理系列教材

主编◎白世贞

新编现代物流学

物流运筹学

物流服务学

现代物流解决方案

物流企业客户服务

全球物流管理

物流运输与配送管理实务

物流企业质量管理

服务贸易与物流服务管理

供应链与第三方物流策划

逆向物流

物流企业资本运营与管理

第三方物流模式与运作

物流外包实务

物流企业人力资源管理

物流

运筹学

Logistics operational research



中国物资出版社

F252
B139-3

现代物流管理系列教材

物 流 运 筹 学

主 编 白世贞
副主编 田世海 张玉斌

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

物流运筹学/白世贞主编. —北京: 中国物资出版社, 2006. 2
(现代物流管理系列教材)

ISBN 7 - 5047 - 2462 - 9

I. 物... II. 白... III. 物流—物资管理—教材 IV. F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 147226 号

责任编辑 沈兴龙

责任印制 沈兴龙

责任校对 孙会香

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

三河市欣欣印刷有限公司印刷

开本: 787 × 980mm 1/16 印张: 21.25 字数: 335 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7 - 5047 - 2462 - 9/F · 0973

印数: 0001—5000 册

定价: 32.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

序 言

中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《2002年~2005年全国人才队伍建设规划纲要》指出：“进入新世纪，国际形势正在发生深刻变化。随着经济全球化的发展，人才全球化趋势进一步增强，我国加入世界贸易组织后，面临的物流人才问题更加突出。发达国家利用各种手段吸引我国人才，人才竞争日益激烈：全球范围内的经济结构调整对人才素质提出了更高要求；综合国力的竞争更加倚重于科技进步和人才开发。今后5~10年，是我国经济和社会发展的的重要时期，做好加入世界贸易组织后各项应对工作，实现‘十五’计划确定的宏伟目标，把建设有中国特色社会主义事业不断推向前进，人才是关键。抓住机遇，迎接挑战，走人才强国之路，是增强我国综合国力和国际竞争力、实现中华民族伟大复兴的战略选择”。

面对世界经济一体化的进程加快，许多大型跨国集团的进入，我国各级政府部门和许多市场意识敏锐的企业已把物流作为提高竞争能力和提升企业核心竞争力的重要手段，把现代物流理念、先进的物流技术和现代经营与管理模式引入国家、地区经济建设和企业经营与管理之中。但是，我国的物流教育仍十分滞后，造成现代物流综合性人才、企业尤其是流通企业改造传统物流与加强物流管理、城市规划与物流系统运筹、第三方物流企业的运作技术操作等现代物流人才严重匮乏，阻碍了经济的发展和经济效益的提高。据各地人才预测，物流人才是全国12种紧缺人才之一，物流工程规划人员、物流管理人员、物流科研人员、物流师资全面紧缺。到2010年全国大专（高职、高专）以上物流人才的需求量为30万~40万人，国际物流、物流管理、仓储与配送、物流运输、企业物流、物流营销、物流信息处理等技能型操作人才每年需要近10万人。不仅如此，根据我国加入WTO的承诺，物流和分销服务业是全面开放的行业之一，国内市场将会出现高层次、高起点

的激烈竞争的局面，这势必会使本身就匮乏的人才竞争加剧。如果我们不从现在做起，加快我国物流管理与技术人才的培养，终将成为我国物流产业发展的瓶颈，物流产业化和成为 21 世纪新的经济增长点就成了一句空话。因此，加速推动现代物流产业的人才培养工程，实施多层次、多样化的物流教育，是 21 世纪物流产业化发展中保证物流产业形成合理的人才结构，提高我国物流管理水平和经济效益的决定因素。为此，中国物流与采购联合会为了适应物流人才的培养，先后已组织大批著名物流专家、教授组织编写出版了四套现代物流系列教材，引起了物流学术界和企业界的普遍关注，取得了较大的社会效益和经济效益。为了进一步满足物流高等教育、高等职业技术教育和各层次人员培训教育的需求，在中国物流技术协会的指导下，我们根据教育部关于高等院校教育培养规格要求，组织大批物流专家、教授编写了一套最新现代物流管理系列教材。经审定，本套现代物流管理系列教材和相关课程教学丛书，既可作为普通高等院校、高职高专院校的物流及其相关课程的选用教材和教学参考资料，亦可作为各层次成人教育和企业培训教学参考用书，也适合作为广物流从业人员的自学读物；同时，对参加物流职业资格认证考试的人员具有较高的参考价值。

现代物流管理系列教材在编写过程中得到了许多院校和研究机构的专家、教授以及物流企业领导的大力支持，在此一并致谢。由于编写时间仓促，加上编者水平有限，书中有不足之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以使本书日臻完善。

现代物流管理系列教材编审委员会

前 言

物流运筹学是一门定量决策科学，它利用定量分析的方法，尤其是数学方法来研究物流系统中的问题，其独特之处在于为现实的物流问题或未来的物流系统建立数学模型，从而求得物流系统最优运行或最优设计方案，进行科学决策以实现最有效的管理来获得满意的经济效益，是现代物流管理的重要理论基础。

本书根据物流管理、物流工程等相关专业的特点，选择了一些与物流管理、经济计划、交通运输库存管理密切相关的内容。全书共分八章，内容包括：线性规划及其对偶理论、灵敏度分析和参数规划、运输问题、整数规划与指派问题、目标规划、动态规划、图与网络分析、存储论等。本书可作为高等院校物流管理、物流工程等相关专业的本科生、研究生教材，也可供经济管理类专业、系统工程、工业工程等专业的学生参考。

本书在编写中，力求做到以下三点：

1. 以各种实际问题为背景，引出物流运筹学各分支的基本概念、基本模型和基本方法，并且侧重各种方法及其应用，而对其理论一般不作证明。
2. 尽量避免较深的数学论证，对于复杂的运筹学算法，尽可能运用比较直观的手段和通俗的语言来说明其基本思想，并辅以较丰富的算例和实例来说明求解的步骤。
3. 加强基本概念、基本方法的训练。本书每章末都配有适当的习题供读者练习，通过习题来加强对学生建立物流运筹学模型能力的训练，培养他们运用物流运筹学解决实际管理问题的能力。

本书由东南大学白世贞教授任主编，哈尔滨理工大学田世海和哈尔滨商业大学张玉斌任副主编。参加本书编写的还有王文利、李楠、郑小京、孙金花等老师。在本书写作过程中，参考了大量国内外学者的研究成果，书后列出的参考文献仅是其中的一部分，在此谨向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论	(1)
-----------	-----

第一章 线性规划及单纯形法	(15)
---------------------	------

第一节 线性规划问题的提出及其数学模型	(15)
---------------------------	------

第二节 两个变量的图解法	(24)
--------------------	------

第三节 线性规划的标准型与各种解	(29)
------------------------	------

第四节 单纯形法原理	(35)
------------------	------

第五节 单纯形法	(36)
----------------	------

第六节 单纯形法的进一步讨论	(42)
----------------------	------

第七节 应用举例	(54)
----------------	------

习题一	(57)
-----------	------

第二章 线性规划的对偶问题	(63)
---------------------	------

第一节 对偶问题的提出	(63)
-------------------	------

第二节 原问题与对偶问题的关系	(66)
-----------------------	------

第三节 对偶问题的基本性质	(69)
---------------------	------

第四节 对偶单纯形法	(74)
------------------	------

第五节 影子价格	(77)
----------------	------

第六节 灵敏度分析	(78)
-----------------	------

第七节 参数线性规划	(86)
习题二	(90)
第三章 运输问题	(101)
第一节 运输问题的数学模型及其特点	(101)
第二节 表上作业法	(105)
第三节 产销不平衡的运输问题	(120)
第四节 运输问题的灵敏度分析	(134)
习题三	(135)
第四章 整数规划	(148)
第一节 整数规划问题及其数学模型	(150)
第二节 分枝定界法	(152)
第三节 割平面法	(156)
第四节 0-1 规划与隐枚举法	(160)
第五节 指派问题与匈牙利法	(169)
习题四	(176)
第五章 目标规划	(187)
第一节 目标规划问题及其数学模型	(189)
第二节 目标规划的解法	(195)
第三节 目标规划的灵敏度分析	(200)
习题五	(209)
第六章 动态规划	(215)
第一节 多阶段决策问题	(216)
第二节 动态规划的基本概念及最优化原理	(218)
第三节 常见的动态规划应用模型	(222)
习题六	(245)

第七章 图与网络分析	(249)
第一节 图的基本概念	(250)
第二节 树	(255)
第三节 最短路问题	(261)
第四节 最大流问题	(267)
习题七	(285)
第八章 存储论	(291)
第一节 基本概念	(291)
第二节 确定性存储模型	(295)
第三节 随机性存储模型	(312)
习题八	(325)
参考文献	(327)

绪 论



学习目的

了解运筹学的发展简史、运筹学包含的内容、物流运筹学的特点、物流运筹学的工作步骤。

运筹学 (Operational Research) 是 20 世纪 30 年代第二次世界大战期间由于战争的需要发展起来的一门学科。当时, 英国组织了一批自然科学和工程科学的学者和军队指挥员一起, 研究大规模战争提出的一些问题。如轰炸战术的评价和改进、反潜艇作战研究等, 研究结果在战争实践中取得了明显的效果。这些研究当时在英国称为 Operational Research, 直译为作战研究。战争结束以后, 这些研究方法不断发展完善, 并逐步形成学科理论体系, 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. 正式译做运筹学, 包含运用筹划, 以策略取胜之义, 比较恰当地反映了这门学科的性质和内涵。

一、运筹学的发展简史

(一) 创建时期 (1940 ~ 1950 年)

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、学会均寥寥无几。1942 年 (第二次世界大战时期) 英、美对德作战, 研制了雷达、深水炸弹等新型武器, 但新武器的使用远远落后于其武器的先进性, 不能有效阻击敌军。海上商船常遭德潜艇袭击, 因此 (英) 物理学家布

莱克特 (P. M. S. Blackett) 组织 11 人运筹学小组研究“防空袭问题”，即：雷达站的信息以及雷达站同整个防空作战系统的协调问题。

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。

(二) 成长时期 (1950 ~ 1960 年)

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。20 世纪 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、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)。

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。世界各地均成立起研究中心。同时，随着计算机技术的发展，运筹学得到相应的发展。

（三）普及和迅速发展的时期（1960 年～至今）

此阶段的特点是运筹学进一步细分为各个分支，专业学术团体的迅速增多，更多期刊的创办，运筹学书籍的大量出版，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。

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，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中已普遍把运筹学作为一门专业的主干课程列入教学计划之中。中国研究理论达世界水平，但应用远不及。

二、中国历史上的运筹学思想

（一）齐王赛马

齐王要与大臣田忌赛马，双方各出上、中、下马各一匹，对局三次，每次胜负 1000 金。如果按同等级的马比赛，齐王可获全胜，但田忌在好友著名的军事谋略家孙臆的指导下，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。最终净胜一局，赢得 1000 金。

（二）丁渭修皇宫

北宋年间，皇宫因火焚毁，由丁渭主持修复工作。他的施工方案是：先将皇宫前的一条大街挖成一条大沟，将大沟与汴水相通；使用挖出的土就地制砖，令与汴水相连形成的河道承担繁重的运输任务。修复工程完成后，实施大沟排水，并将原废墟物回填，修复成原来的大街，做到减少和方便运输，加快了工程进度。丁渭将取材、生产、运输及废墟物的处理用“一沟三用”巧妙地解决了。

（三）四川天府之国——都江堰水利工程

战国时期（大约公元前 250 年），川西太守李冰父子主持修建都江堰水



利工程。其目标是：利用岷江上游的水资源灌溉川西平原，追求的效益还有防洪与航运。其总体构思是系统思想的杰出运用。都江堰由三大工程及 120 多项配套工程组成：

1. “鱼嘴” 岷江分水工程：将岷江水有控制地引入内江。
2. “飞沙堰” 分洪排沙工程：将泥沙排入外江。
3. “宝瓶口” 引水工程：除沙后的江水引入水网干道。

它们巧妙结合，完整而严密，相得益彰。两千多年来，这项工程一直发挥着巨大的效益，是我国最成功的水利工程。

三、运筹学的含义

运筹学一词起源于 20 世纪 30 年代，它是一门应用科学，至今还没有统一的定义。以下给出运筹学的几种释义：

（一）《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”。

（二）中国大百科全书的释义

运筹学“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，制定行动规划或优选可行方案”。（自动控制与系统工程卷，1991 年版。）

（三）《辞海》（1979 年版）中有关运筹学条目的释义

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，以达到较经济较有效地使用人力物力”。

（四）《中国企业管理百科全书》（1984 年版）中的释义

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”。

四、运筹学的特点

运筹学研究的基本特征是：科学性，实践性，系统性，综合性。

（一）科学性

1. 它是在科学方法论的指导下通过一系列规范化步骤进行的；
2. 它是广泛利用多种学科的科学知识进行的研究。运筹学研究不仅仅涉及数学，还要涉及经济科学、系统科学、工程物理科学等其他学科，它具有跨学科性，互为交叉、渗透的综合学科。

（二）实践性

运筹学以实际问题为分析对象，通过鉴别问题的性质、系统的目标以及系统内主要变量之间的关系，利用数学方法达到对系统进行最优化的目的。更为重要的是用运筹学分析获得的结果要能被实践检验，并被用来指导实际系统的运行。应当指出，为制定决策提供科学依据是运筹学应用的核心，而建立数学模型则是运筹学方法的精髓。学习运筹学要掌握的最重要技巧就是提高对运筹学数学模型的表达、运算和分析的能力。

（三）系统性

运筹学从系统出发，以整体最优为目的，寻求最好方案，付诸实施。它着眼于整个系统而不是一个局部，通过协调各组成部分之间的关系和利害冲突，使整个系统达到最优状态。所谓系统可以理解为由相互关联、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，而是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。



(四) 综合性

运筹学研究是一种综合性的研究,涉及问题的方方面面,要应用多学科的知识,因此,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。

五、运筹学应用的步骤

由于运筹学与许多学科领域、各种有关因素有着横向和纵向的联系,为了有效地应用运筹学,根据运筹学的特征,人们把运筹学应用的步骤归纳为以下几方面内容:

(一) 问题提出

运筹学工作者向管理者咨询、鉴别所要考虑的问题以确定合理的目标,确定决策者期望从方案中得到什么。这个目标不应限制在过分狭小的范围内,也要避免把研究目标作不必要的扩大,然后根据要求收集一些关键数据,并对数据做相应的分析。

(二) 问题表述

这项工作需要与管理人员深入讨论,经常包括与其他职员和业务人员的接触和必要数据的采集,以便了解问题的本质、历史及未来、问题各个变量之间的关系。这项任务的目的是为研究中的问题的内容提供一个模型框架,并为全部以后的工作确立方向。在这里,第一要考虑的是问题是否能够分解为若干串行或并行的子问题;第二要确定模型建立的细节,如问题尺度的确定、可控制决策变量的确定、不可控制状态变量的确定、有效性度量的确定和各类参数、常数的确定。

(三) 方案计划设计

实施一项运筹学研究的过程常常是一个创造性过程,计划的实质是规定出要完成某些子任务的时间,然后创造性地按时完成这一系列子任务。这样

做能够推动运筹学分析者作出结论，有助于方案的成功。若对计划任意延期和误时，会导致分析者的消极工作和管理者的漠不关心。

（四）模型建立

同时引入决策变量，确定目标函数（约束条件）。模型是对各变量关系的描述，是正确研制成功解决问题的关键。构成模型的关系有几种类型，常用的有定义的关系、经验关系和规范关系等。建模过程是一项创造性的工作，在处理实际问题时，一般没有一个惟一正确的模型，而是有多种不同的方案。建模过程是一个演进过程，从一个初始模型往往需要不断地完善，渐渐演化成一个完整的数学模型。

（五）模型优化求解，从模型中形成一个对问题求解的算法

在这一步应充分考虑现有的计算机应用软件是否适应模型的条件，解的精度及可行性是否能够达到要求。一般情况下能找到对模型求解的标准软件。例如，对线性规划问题已有 Excel, MATLAB, Lindo 等标准软件求解。若没有现成可直接应用的计算机软件，要自己编写程序，则需要做以下两步工作：

1. 计算手段的拟订。在模型研制的同时，需要研究如何用数值方法求解模型。其中包括对问题变量性质（确定性、随机性、模糊性）、关系特征（线性、非线性）、手段（模拟、优化）及使用方法（现有的、新构造的）等的确定。

2. 程序明细表的编制，程序设计和调试。对于计算过程需要编制程序来实现计算机运算，运筹学研究应包含算法过程的描述、计算流程框图绘制。程序的实现及调试可以交由程序员完成，或会同程序员完成。

（六）解的检验（验证）、模型的修正

在模型求解后，需要对模型进行检验，以保证该模型能准确反映实际问题，需要检验模型提供的解是否合理，所有主要相关因素是否已考虑，把有效性试验和实行方案所需的数据收集起来加以分析，研究输入的灵敏性，当有些条件变化时，解如何变化，从而可以更准确地估计得到的结果等。验证在运筹学的研究与应用中的重要性无论怎样强调都不会过分。验证包括两个