

二十一世纪普通高等院校实用规划教材·经济管理系列



# 管理运筹学

GUANLI YUNCHOUXUE

孟丽莎 主 编  
丁四波 李凤廷 副主编

- 先进性与基础性相统一 •
- 教材建设与教学改革相统一 • 综合性与针对性相统一 •

清华大学出版社



二十一世纪普通高等院校实用规划教材 经济管理系列

# 管理运筹学

孟丽莎 主 编  
丁四波 李凤廷 副主编

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

“管理运筹学”是高等院校经济管理类专业一门重要的专业基础课,掌握运筹学整体优化的思想和若干定量分析的优化技术,以便能正确运用各类模型分析、解决复杂的实际问题,是培养和提高学生科学思维、科学方法、实践技能和创新能力的有效途径。

本书精选了大量的案例,在面向应用、兼顾算法的原则下,系统地介绍了在经济管理中应用最为广泛的线性规划、对偶理论与灵敏度分析、整数规划、目标规划、运输问题、图论与网络分析、动态规划、存储论、决策分析、博弈论等理论和方法。各章均配有多媒体课件、习题及答案、计算机算法软件使用说明等。

本书理论与实践相结合,注重培养学生解决实际问题的能力,可作为高等院校经济管理专业本科生、MBA的教材,也可作为工程技术人员和工商企业管理者的自学参考书。

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

管理运筹学/孟丽莎主编;丁四波,李凤廷副主编.--北京:清华大学出版社,2011.9

(二十一世纪普通高等院校实用规划教材 经济管理系列)

ISBN 978-7-302-26425-5

I. ①管… II. ①孟… ②丁… ③李… 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(2011)第 163018 号

责任编辑:刘天飞 郑期彤

封面设计:山鹰工作室

版式设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:21.75 字 数:471 千字

版 次:2011 年 9 月第 1 版 印 次:2011 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:38.00 元

# 前 言

管理运筹学主要研究人类在经济管理活动中对各种经济资源的运用及筹划活动，其目的在于了解和发现这种运用及筹划活动的基本规律，以便发挥有限资源的最大经济效益，达到总体最优化的目标。近年来，管理运筹学的研究与实践得到了长足的发展，在工程、管理、科研以及国民经济发展的诸多方面都发挥了巨大的作用。随着计算机等信息技术的发展，作为一门优化与决策的学科，管理运筹学的方法和手段更是如虎添翼，该课程已经成为经济管理类专业一门重要的专业基础课。

本书面向培养应用型人才的教學需要编写，在选择教材内容及确定知识体系、编写体例时，注意学生素质教育和创新能力、实践能力的综合培养，减少了繁杂的数学演算，使用大量的案例增加了实证性教学内容，强化用运筹学的方法和手段解决实际问题的建模和优化的能力。具体而言，本书有以下特点。

(1) 强调先进的教学思想和教学理念。重先进思想与坚实基础的结合、重理论和实践的结合、重方法工具与创造性思维的结合。强调基本概念、基本原理与技能的训练，对比较成熟的运筹学分支要求做到概念准确、原理清楚、方法熟练、注重创新应用，并完全与管理实践相结合。

(2) 强化应用能力和解决实际问题的技能训练。本着“学以致用”的改革理念，强化“管理”背景，与我国工商管理的实际紧密结合，注重对实际应用能力的训练，大量的建模题型和案例分析能够使学生尽快掌握分析问题和解决问题的能力。突出使用计算机软件解决管理问题，每章的最后一节详细介绍了运筹学专用软件 WinQSB 的使用方法，结合该章案例，将计算机解题的步骤图文并茂地展示出来，使学生能够很快掌握软件的使用法。

(3) 课程体系和教学内容更加优化。在不失科学性和逻辑性的前提下，叙述较为通俗、简洁，减少了复杂的数学推导和证明，降低了经济管理类学生学习的困难。书中有大量经济管理问题的实例，通过学习可提高学生建模和对优化结果分析应用的能力。

本书体系完整，结构严谨，写作行文简明、流畅。

参加本书写作的是省级精品课程“运筹学教学团队”的成员，这是一支老、中、青相结合的教学团队，他们将多年的运筹学教学经验、丰富的实践经验和扎实的专业知识结合在一起，编撰了本书。具体分工如下：绪论、第一章由孟丽莎编写；第二、三、五章及附录由丁四波编写；第四、十、十一章由闫运生编写；第六、九章由李凤廷编写；第七、八章由任明利编写；由孟丽莎、丁四波、李凤廷统稿。



为方便教师教学, 本书配有内容丰富的教学资源包(包括精致的电子课件、教案、案例库及案例分析、习题集及参考答案), 下载地址为 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>。

本书在编写过程中参考了多本著作、论文和教材, 多在参考文献中列明, 在此向所有的专家学者致谢。

编 者



# 目 录

第一章 绪论 .....	1	第九节 线性规划问题的 WinQSB 求解 ...	43
第一节 运筹学的起源与发展 .....	1	习题 .....	46
一、运筹学的起源 .....	1	第三章 对偶理论与灵敏度分析 .....	49
二、运筹学的发展 .....	3	第一节 单纯形法的矩阵描述 .....	49
第二节 运筹学释义与分支 .....	4	第二节 线性规划的对偶问题 .....	52
一、运筹学释义 .....	4	第三节 原问题与对偶问题的关系 .....	55
二、运筹学分支 .....	6	一、对称对偶线性规划 .....	55
第三节 管理运筹学模型与研究方法 .....	7	二、非对称对偶线性规划 .....	56
第四节 管理运筹学的应用 .....	9	第四节 对偶问题的基本性质 .....	58
第二章 线性规划 .....	12	一、对称性 .....	58
第一节 线性规划问题的提出 .....	12	二、弱对偶性 .....	59
第二节 线性规划问题的数学模型 .....	14	三、最优准则定理 .....	59
一、投资问题的数学模型 .....	14	四、对偶定理 .....	60
二、配料问题的数学模型 .....	15	第五节 对偶问题的经济含义 .....	60
三、人力资源问题的数学模型 .....	17	第六节 对偶单纯形法 .....	64
四、合理下料问题的数学模型 .....	18	第七节 灵敏度分析 .....	66
五、运输问题的数学模型 .....	20	一、目标函数中价值系数的灵敏度	
第三节 两个变量问题的图解法 .....	21	分析 .....	66
第四节 线性规划问题的标准形式 .....	24	二、在约束条件中资源系数的灵敏度	
第五节 线性规划问题解的概念和性质 .....	26	分析 .....	69
第六节 单纯形法的基本原理 .....	28	三、约束条件的系数矩阵的灵敏度	
一、单纯形法的思路 .....	28	分析 .....	71
二、确定初始基本可行解 .....	31	四、增加一个新变量的灵敏度分析 ...	74
三、最优性检验 .....	32	五、增加约束条件的灵敏度分析 .....	75
四、基变换 .....	33	第八节 WinQSB 的灵敏度分析 .....	76
第七节 单纯形表 .....	34	习题 .....	81
第八节 单纯形法的进一步讨论 .....	39	第四章 整数规划 .....	85
一、大 M 法 .....	39	第一节 整数规划的例子 .....	85
二、两阶段法 .....	41	一、下料问题 .....	85



二、背包问题.....	86	第五节 运输问题的 WinQSB 求解.....	157
第二节 分枝定界法.....	86	习题.....	160
第三节 割平面法.....	92	<b>第七章 图论与网络分析.....</b>	<b>163</b>
第四节 0-1 整数规划.....	96	第一节 图的基本概念及图的模型.....	163
一、完全枚举法.....	96	一、图的基本概念及图的模型	
二、0-1 规划隐枚举法.....	97	概述.....	163
第五节 指派问题.....	101	二、图模型举例.....	164
一、指派问题的标准形式及其数学		第二节 图论中的基本概念.....	166
模型.....	101	第三节 最短路问题.....	168
二、匈牙利法.....	102	一、求解最短路问题的狄克斯托	
第六节 整数规划的 WinQSB 求解.....	104	算法.....	168
习题.....	106	二、最短路问题的应用.....	171
<b>第五章 目标规划.....</b>	<b>108</b>	第四节 最小生成树问题.....	175
第一节 问题的提出.....	108	一、求解最小生成树问题的破圈	
一、目标规划的基本概念.....	109	算法和避圈算法.....	175
二、目标规划的数学模型.....	112	二、最小生成树问题的应用.....	179
第二节 目标规划的图解法.....	113	第五节 最大流问题.....	180
第三节 目标规划的序贯式法.....	115	一、最大流的数学模型.....	180
第四节 目标规划的单纯形法.....	116	二、最大流问题的网络图论解法.....	181
第五节 目标规划问题的应用.....	118	第六节 最小费用最大流问题.....	185
第六节 目标规划的 WinQSB 求解.....	121	一、最小费用最大流的数学模型.....	185
习题.....	124	二、最小费用最大流的网络图论	
<b>第六章 运输问题.....</b>	<b>127</b>	解法.....	187
第一节 运输问题的数学模型.....	127	第七节 中国邮递员问题.....	191
一、问题描述.....	127	一、哥尼斯堡七桥问题与欧拉图.....	191
二、数学模型.....	127	二、中国邮递员问题.....	192
三、模型特点.....	129	三、求解中国邮递员问题的奇偶	
第二节 表上作业法.....	130	点图作业法及其改进.....	192
一、确定初始基可行解.....	130	第八节 图论问题的 WinQSB 求解.....	194
二、最优解的判别.....	138	一、最小生成树问题.....	194
三、基可行解的改进.....	141	二、设备更新问题.....	195
第三节 产销不平衡的运输问题.....	143	三、最大流问题.....	197
第四节 运输问题的应用.....	146	四、最小费用最大流问题.....	198
		习题.....	200

<b>第八章 动态规划</b> .....	202	补充.....	239
第一节 多阶段决策过程最优化举例.....	202	四、模型四：允许缺货、边补充边消耗	242
第二节 动态规划的基本概念、最优化原理和基本方法.....	205	五、模型五：价格有折扣的存储模型	245
一、基本概念.....	205	第三节 单周期随机存储模型	248
二、最优化原理和动态规划的基本方法.....	207	一、模型一：需求是离散型随机变量	249
第三节 建立动态规划模型的基本要求与求解步骤.....	208	二、模型二：需求是连续型随机变量	251
一、建立动态规划模型的基本要求.....	208	第四节 其他类型存储问题	252
二、动态规划的求解步骤.....	209	一、库存有限制的存储问题	252
第四节 动态规划的应用.....	210	二、易腐物品的存储问题	255
一、资源分配问题.....	210	三、具有概率约束的存储问题	255
二、背包问题.....	213	四、多品种多级库存的存储问题	256
三、生产存储问题.....	215	五、供应链中的存储问题	257
四、设备更新问题.....	218	第五节 存储模型的 WinQSB 求解	260
五、系统可靠性问题.....	221	一、求解确定型存储模型	261
第五节 动态规划问题的 WinQSB 求解.....	223	二、求解单周期随机存储模型	264
一、最短路问题.....	223	习题	265
二、生产存储问题.....	224	<b>第十章 决策分析</b> .....	267
三、背包问题.....	225	第一节 决策分析的概念	267
习题	226	一、自然状态	267
<b>第九章 存储论</b> .....	229	二、方案	267
第一节 存储论的基本概念.....	229	三、收益	268
一、问题描述.....	229	四、决策准则	268
二、基本概念.....	230	第二节 不确定型决策	268
第二节 确定型存储模型.....	233	一、乐观准则	269
一、模型一：不允许缺货、瞬时补充	233	二、悲观准则	269
二、模型二：不允许缺货、边补充边消耗	236	三、适度乐观准则	270
三、模型三：允许缺货、瞬时		四、等概率准则	270
		五、后悔值准则	271
		第三节 风险型决策	271
		一、最大可能准则	272







二、期望收益准则.....	272	二、策略集.....	293
三、贝叶斯决策.....	272	三、参与方的收益.....	294
四、决策树.....	274	四、对策的结构和分类.....	294
第四节  效用理论.....	276	第二节  矩阵对策.....	295
一、效用函数.....	276	一、数学描述.....	295
二、效用曲线.....	277	二、具有混合策略的对策.....	298
三、效用曲线的类型及应用.....	279	三、最优策略的性质.....	300
第五节  层次分析方法及应用.....	279	第三节  矩阵对策的一般解法.....	302
一、层次分析法概述.....	280	一、矩阵对策的简化.....	302
二、构造判断矩阵.....	281	二、矩阵对策的线性规划解法.....	303
三、层次单排序及一致性检验.....	282	三、特殊解法.....	304
四、近似计算.....	283	第四节  二人有限非零和对策.....	308
五、层次总排序及一致性检验.....	283	一、基本概念与定理.....	308
第六节  决策分析的 WinQSB 求解.....	287	二、非合作对策.....	311
一、效益表分析.....	288	三、合作对策.....	313
二、决策树图.....	289	第五节  博弈论的 WinQSB 求解.....	316
习题.....	290	习题.....	317
<b>第十一章  博弈论.....</b>	<b>292</b>	<b>附录  习题参考答案.....</b>	<b>319</b>
第一节  对策的概念和分类.....	292	<b>参考文献.....</b>	<b>336</b>
一、局中人.....	293		



# 第一章 绪 论

运筹学研究人类对各种资源的运用及筹划活动，其目的在于了解和发现这种运用及筹划活动的基本规律，以便发挥有限资源的最大效益，达到总体最优化的目标。运筹学在商业活动和行政事务中的早期应用可以追溯到几个世纪以前，系统的运筹学理论则起源和发展于 20 世纪 40 年代前后。在不到 100 年的历程中，它发展迅速，运用广泛，成效显著，如今已经成为一门独立的基础学科和应用科学，在工业、农业、商业、国防、科技等诸多方面都发挥了巨大的作用。管理运筹学是运筹学与人文科学交叉后形成的，管理运筹学运用运筹学的基础理论和方法研究解决工商管理实践活动中需要定量决策的问题，在经济管理界的应用十分广泛和深入，已成为现代化管理不可或缺的强有力工具。

通过本章的学习，可以了解运筹学的起源与发展、运筹学学科释义以及运筹学主要分支的研究对象和内容，初步了解管理运筹学模型的构建及研究方法，并通过运筹学在管理工作中的应用案例，对管理运筹学要解决的问题及达到的效果有一个基本认识。

## 第一节 运筹学的起源与发展

### 一、运筹学的起源

运筹学作为一门科学是在 20 世纪 40 年代前后发展起来的，但是它的某些分支却形成得更早些，它的某些思想萌芽甚至可以追溯到上古时期。

朴素的运筹学思想在中国古代历史发展中源远流长。早在公元前 6 世纪春秋时期，著名的军事家孙武所著的《孙子兵法》就是当时军事运筹思想的集中体现。公元前 4 世纪战国时期，孙臧的“斗马术”则蕴涵着对策论的某些思想。“孙臧斗马术”说的是春秋战国时期齐王与田忌赛马的事。齐王和田忌赛马，规定各自从自己的上、中、下三个等级的马中各选一匹来参赛，说好输一匹付出千金，胜一匹可获千金。当时齐王的上、中、下三马均比田忌的强。前两局比赛，田忌用上、中、下三马对齐王上、中、下三马，结果田忌均以 0:3 输掉。当时，田忌的谋士孙臧一直在场观赛，就给他出了主意，叫他用下马对齐王的上马，中马对齐王的下马，上马对齐王的中马，结果以 2:1 胜了齐王，以劣胜优，可见古人早已研究过在多个策略中选择最优策略的运筹思想了。公元前 3 世纪楚汉相争中，刘邦称誉张良“夫运筹帷幄之中，决胜千里之外”，是对其运筹思想的高度评价。北宋时期的沈括关于行军作战中军粮供应与行军进退关系的分析计算则是更具有现代意义的运筹范例。国外也有这样的史例，如公元前 212 年古希腊科学家阿基米德曾应海伦皇帝的邀请，



为叙拉古(Syracuse)城策划粉碎罗马海军对该城的围攻。这在国外许多有影响的运筹学著作中被认为是所知最早的运筹学活动,然而比我国的这类活动晚了许多年。

除军事运筹思想的成功应用之外,在我国古代一些浩大的工程活动中也有大量运筹思想的应用典籍。最著名的是“丁渭修皇宫”,故事发生在宋真宗祥福年间,宰相丁渭主持皇宫失火后的修复工作。由于取土的地方太远太费工,他就让人在皇宫前大街上取土烧砖。没几天大街就挖成了大沟,他把汴河的堤挖开使水流入沟中,各处来的竹木排筏和船运杂材就经过沟中运到宫门前面,工程完毕后,再将废砖碎瓦等填回沟中,修复大街。这个办法使“取土、运料、回填废料”三件事一下子都办了,而且“计省费以亿万计”。这种施工方案是对工程中的人力、物力、财力等资源进行的最佳统筹安排,是运筹学的核心思想。类似的事例还有宋仁宗庆历年间,黄河决口封堵过程采用了分阶段作业方案,把该方案从经济、人力和效果各方面与旧方案进行比较,论证了分阶段作业优于一次作业。更远年代的如西汉首都长安的选址、水陆枢纽的设计及对宫殿、街道、市井等的统筹布局以及汉宣帝时在首都长安的粮食供应与储存中实现合理物流的运筹思想等。

尽管这些朴素的运筹思想在国内和国外的历史中都可以找到不少的记载,但由于古代社会生产力水平低下,生产组织结构简单,人们在生产实践和其他实践中从事的管理活动也不复杂,对面临的各种决策问题并不需要十分高深的定量分析方法就能解决,所以各种运筹思想的萌芽只是停留在自发地和零星地应用在个别问题上,远没有形成一种系统的科学方法。

18世纪英国发起第一次工业革命以后,随着近代资本主义生产的迅速发展,生产规模越来越大,生产组织机构日趋复杂,人们在经济管理面临着越来越复杂的决策问题。传统的经济模式和定性分析已不能作出满意解释,促使人们萌生运用定量分析的方法去进行尝试的初步愿望,而当时数学科学的新成果也为此准备了基本工具,使人们这种愿望成为可能并开始变为现实。特别自20世纪泰勒(F. W. Taylor)提出科学管理以后,吸引了更多的人去尝试运用数量方法研究已经提出的各种管理问题,并且取得了一些重要成果。例如:

1736年,欧拉解决了著名的哥尼斯堡七桥问题,为“图论”的发展奠定了基础。

1905年,丹麦电话工程师爱尔朗(A. K. Erlang)开始研究运用数学模型解释电话自动拨号设备在不同时间内服务频数的波动现象,1917年,他发表了这方面的研究成果,初步奠定了“排队论”的理论基础。

1915年,哈里斯(F. W. Harris)推导出物资储备的简单经济订货批量公式,开创了“存储论”研究的先河。

1921年,法国数学家波雷尔(Emile Borel)首次撰文讨论“对策论”的问题。

1931年,里昂惕夫(W. W. Leontief)开始研究美国经济部门之间投入与产出关系的平衡模型,该模型已具线性规划模型的雏形。

以上事实表明,这一时期人们已从不同层次和不同角度展开了数量方法的理论研究和应用研究,并且促成了运筹学某些分支的奠定。但由于当时生产实践对数量方法的需求还

不够迫切，加上数学和计算手段的限制，致使许多应用研究未进一步获得显著成果。

## 二、运筹学的发展

运筹学概念和方法的系统提出是在 20 世纪第二次世界大战期间。二次大战期间，英国对德国宣战。由于英国是一个岛国，英伦三岛上任何一块陆地到海岸的距离都不超过 70 英里，这个距离，德国的轰炸机只需 17 分钟就能飞到，因而防空就成了英国政府的首要任务。英军如何能够尽早地发现敌机，使自己的防空战斗机有时间起飞、爬高并能在敌机深入到中心区之前进行迎击呢？为了解决这个问题，英国政府于 1934 年 12 月成立了防空科学调查委员会，以研究当前的科学技术到底有多少能用来加强目前的防空。直到 1935 年初，这个委员会在研究死光的过程中，提供了一种用无线电对飞机定位的可能，于是全面开展了今天我们称之为雷达的研究工作。直到 1938 年，才确认雷达在探测飞机的技术上是可行的。1938 年 7 月，英国在沿岸建了四个雷达站，并进行了一次防空演习，但结果令人失望，因为单个雷达可以探测飞机，而多个雷达同时工作就会导致无线电波互相干扰，使接收到的信息相互矛盾，也就是整个雷达系统不能协调地开展工作。为了使这些雷达站接收到的信息协调一致，建立一个反空袭雷达控制系统势在必行。1940 年 8 月，在得过诺贝尔奖金的物理学家布莱克特教授领导下成立了一个研究小组。这个特殊小组第一次应用了 Operational Research 这个名词，意思是军事活动研究(简称 OR，又译为操作研究或作业研究)。当时这个小组包括物理学家、数学家、生理学家、天文学家、军官等人，人们戏称它为“布莱克特马戏团”。这个 OR 小组对雷达系统的应用进行了模拟试验，最后有效地解决了这个问题。后来研究工作从空军扩展到海军和陆军，不久美国、加拿大等国也成立了 OR 小组，在“二战”期间成功解决了许多非常复杂的战略和战术问题，比如飞机出击的时间和队形、商船护航的规模、水雷的布置、对深水潜艇的袭击以及战略轰炸等。从此，以 OR 命名的一门新兴学科就初步创立起来。

第二次世界大战结束后，从事这项活动的许多专家转移到经济部门、民用企业、大学和研究所。OR 的研究中心也从英国转移到了美国，从军事部门转移到了管理部门，研究的范围也渐趋扩大。20 世纪 50 年代，由于大规模新兴工业的出现，同行业间的竞争加剧，迫切需要对大型工业复杂的生产结构和管理关系进行研究，做出科学的分析和设计；产品更新换代的加速，使得生产者必须密切注意市场情况和消费者的心理分析；计算机的出现，使需要大型运算的复杂问题的解决得以实现。管理的需要使 OR 这门学科得到迅速发展，其标志是 1949 年线性规划理论的建立；1951 年非线性规划理论的创立；1954 年网络流理论的建立；1955 年随机规划的创立以及 1958 年整数规划理论的创立。其他，如排队论、存储论和马氏决策理论也在同期得到了迅速的发展。与此同时，大批专门从事 OR 研究的公司和研究所也相继成立，如 RAND 公司就成立于 1949 年，世界上第一份 OR 杂志于 1950 年出现，第一个 OR 学会“美国 OR 学会”于 1952 年成立。到 20 世纪 50 年代末期，英美两国



几乎所有工业部门都建立了相应的组织。1959年，英、美、法三国发起成立了国际运筹学会联合会(IFORS)，进入21世纪，已有48个国家或地区的OR组织成为其正式会员。

在中国，现代OR的研究是从20世纪50年代后期开始的。在钱学森、华罗庚、许国志等老一辈科学家的推动下，Operational Research被引入中国，并根据古代汉书中“运筹于帷幄之中，决策于千里之外”所表达的思想与这门学科的内涵和背景的一致，把这门学科定名为“运筹学”。1956年，我国第一个运筹学小组在中国科学院力学研究所成立，并于1958年组建成运筹学研究室。同年，中国科学院数学研究所在华罗庚教授的领导下也开始从事运筹学的研究，并于1959年建立了运筹学研究室。从那时开始，在钱学森、华罗庚、许国志、越民义教授的直接指导和积极参与下，运筹学在中国取得了蓬勃的发展。运筹学中的“图上作业法”、“打麦场的选址问题”和“中国邮递员问题”就是在那个时期提出并研究解决的典型问题。华罗庚先生从1965年起的10年中走出中国科学院研究所，在全国推广“优选法”和“统筹法”，对中国运筹学的研究和运用起到了极大的推动作用。1980年，中国数学学会运筹学分会在山东济南成立，1982年加入国际运筹学会联合会并创刊《运筹学杂志》。1991年中国运筹学会正式成立并开始定期主办学术会议。一批学者走出国门积极与国外同行进行交流，取得了令国外同行瞩目的成果，为我国经济建设和国际学术地位的确立做出了极大贡献。

## 第二节 运筹学释义与分支

### 一、运筹学释义

运筹学使用科学的方法去研究人类对各种资源的运用及筹划活动的基本规律，以便发挥有限资源的最大效益，达到总体全局优化的目标。这里的“资源”是广义的，既包括物质材料，也包括人力设备；既包括技术装备，也包括社会结构。由于运筹学研究的广泛性和复杂性，学术界对运筹学还没有一个明确的定义，现筛选出以下几个定义来说明运筹学的研究对象及特点。

英国运筹学会给运筹学下的定义是：运筹学是一系列科学方法的应用。在工业、商业、政府部门及国防中，用这些方法处理大量的人员、机器、材料和资金等复杂问题。这种方法的特点是科学地建立系统模型，包括度量各种因素，例如分析机会和风险，以此预测和比较各种决策、策略或控制的结果，使管理机构科学地确定它的政策及其行动。

美国运筹学会的定义为：运筹学是研究用科学方法来决定在资源不充分的情况下如何最好的设计人-机系统，并使之最好运行的一门学科。

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。

有关运筹学的定义和研究虽有不同，但都表明：运筹学是一门独立的新兴科学，有它本身特定的研究对象，它有自成系统的基础理论，以及相对独立的研究方法和工具。它的发展与社会科学、技术科学和军事科学的发展紧密相关，已成为工程与管理学科不可缺少的基础性学科。它的方法和实践已在科学管理、工程技术、社会经济、军事决策等方面起着重要的作用并已产生巨大的经济效益和社会效益。同时，运筹学以越来越快的速度渗透到信息科学、生命科学、材料科学和能源科学等前沿基础性研究中去，又成为这些学科所不可缺少的研究工具。总之，运筹学是一门基础性、交叉性、实用性均很强的学科。

中国运筹学会将运筹学学科按其内涵分成三大部类：第一类是运筹学的基础理论，包括规划理论、随机运筹理论、组合及网络优化理论、决策理论；第二类是有特定对象的运筹学理论与方法，包括工业运筹学，农业运筹学，交通运输运筹学，公用事业运筹学，军事运筹学，金融、市场、保险运筹学等；第三类是运筹学同其他自然科学和人文科学的交叉，例如计算运筹学、工程技术运筹学、管理运筹学，生命科学运筹学等。本书取名《管理运筹学》，根据《中国企业管理百科全书》可释义管理运筹学是应用分析、试验、量化的方法，对经济管理系统中人力、物力、财力等资源进行统筹安排，为决策者提供有依据的最优方案，以实现最有效的管理的一门学科。

管理运筹学作为一门定量决策科学，利用数学、计算机科学以及其他科学的新成就，研究经济管理系统中运行的数量化规律，合理使用与统筹安排人力、物力、财力等资源，为决策者提供有依据的决策方案，以实现最有效的管理并获得满意的经济效益和社会效益。它具有如下主要特点。

(1) 管理运筹学研究解决问题的基础是最优化技术，并强调系统整体最优。管理运筹学针对研究的经济问题，从系统的观点出发，以整体最优为目标，研究各组成部分的功能及其相互间的影响关系，解决各组成部分之间的利害冲突，求出使所研究的经济问题达到满意效果的解，并寻找一个好的行动方案付诸实施。

(2) 管理运筹学研究解决问题的优势是应用各学科交叉的方法，具有综合性。经济系统有人、财、物，其投入产出的过程会涉及工程技术、生理、心理、仿生、艺术等学科的知识，要有不同学科知识专长、多方面专家经过共同协作集体努力才能获得成果。

(3) 管理运筹学研究解决问题的方法具有显著的系统分析特征，要将一个经济系统用数学描述，不管使用什么方法，几乎都需要建立数学模型和利用计算机求解，这为大型经济问题实现科学决策提供了可能。

(4) 管理运筹学研究解决问题的过程具有连续性。经济问题的决策会受到企业内外各种因素的影响，预测和实施过程中的数据会根据变化不断修正，因此，只有通过连续研究才能最大限度获得符合经济运行规律的解。

(5) 管理运筹学具有强烈的实践性。管理运筹学的目的在于解决实际经济运行系统中



的问题，它所使用的全部假设和数学模型无非都是解决实际问题的工具，因此，繁杂的计算原理和过程可以简化或舍弃，重点应是对结果的分析和应用。

## 二、运筹学分支

### 1. 线性规划

线性规划(linear programming)是解决在线性约束条件下追求最大或最小的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在完成任务的前提下追求最小成本的时候，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，最大利润(或最小成本)的目标也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来解决。线性规划建模相对简单，有通用算法和计算机软件，是运筹学中应用最为广泛的一个分支。用线性规划求解的典型问题有运输问题、生产计划问题、下料问题、混合配料问题、人力资源调配问题等。

当线性规划要求某些决策变量或全部变量的解是整数时，就称为整数规划(integer programming)。

### 2. 非线性规划

当线性规划模型中目标函数或约束条件不全是线性的，对这类模型的研究便构成非线性规划(nonlinear programming)的分支。由于大多数工程物理量的表达式是非线性的，因此非线性规划在各类工程的优化设计中得到较多的应用。它是优化设计的有力武器。

### 3. 动态规划

动态规划(dynamic programming)是研究多阶段决策过程最优化的一个运筹学分支。有些经济管理活动由一系列相互关联的阶段组成，在每个阶段依次进行决策，而且上一阶段的输出状态就是下一阶段的输入状态，各阶段决策之间互相关联，因而构成一个多阶段的决策过程。动态规划研究多阶段决策过程的总体优化，即从系统总体出发，要求各阶段决策所构成的决策序列使目标函数值达到最优。

### 4. 图论与网络分析

生产管理中经常遇到工序间的合理衔接搭配问题，设计中经常遇到研究各种管道、线路的通过能力，以及仓库、附属设施布局等问题。这种模型把研究对象用节点表示，对象之间的关系用边(或弧)来表示，点、边的集合构成了图。图论是研究由节点和边所组成的图形的数学理论和方法。图论中的重要问题是网络，将庞大复杂的工程和管理问题用网络描述，可以使解决方法达到最优化。

### 5. 存储论

存储论(inventory theory)是研究物资管理、采购设备、资源的一套数学理论。如工厂生产需储备一定的原材料和零部件,如果储备太多,积压了资金,造成了浪费,如果储备太少,可能会造成生产上的停工待料,因此就必须根据生产活动的连续性决定最佳存储量,使得订购费、库存费以及缺货所带来的损失的费用总和为最小。

### 6. 排队论

排队论(queueing theory)是研究排队拥挤现象的一门科学。在生产和生活中,存在着大量有形和无形的拥挤和排队现象。排队系统由顾客和服务机构组成。从顾客的立场出发,希望多设服务机构,以减少排队现象和时间;而从服务机构的立场出发,显然服务机构愈多,则人力、物力和开支也愈大,服务成本增多是不经济的。那么,究竟设置多少个服务机构才能减少排队现象,缩短排队时间,又不造成服务成本的升高呢?这个问题就是排队论研究的主要课题。

排队论可用来解决电话局、水库、港口码头、飞机跑道等的设计问题以及一些军事问题。

### 7. 博弈论

博弈论(game theory)是描述和研究斗争态势的抽象模型并给斗争双方提供对策方法的一门数学理论,也称为对策论。分析存在利害关系的两个主体的行动及其结果时采用的模型叫做博弈。

在博弈中,人们总希望自己取胜,但由于博弈有对手,所以每一方为取胜所做的努力往往会受到对手的干扰。因此,人们要想获得尽可能好的结局,就必须考虑对手可能怎样决策,从而选出自己的对策。对策选择不同,其最后的结局会差别很大,如“孙臆斗马术”。博弈论可用于商品、消费者、生产者之间的供求平衡分析,利益集团间的协商和谈判,以及军事上各种作战模型的研究等。

### 8. 决策论

决策是指为最优地达到目标,依据一定的准则,对若干备选行动的方案进行的抉择。决策论(decision theory)研究在决策环境不确定和风险情况下对几种备选方案进行决策的准则和方法。

## 第三节 管理运筹学模型与研究方法

很多学科在研究中广泛使用实验的方法,但管理运筹学研究的系统往往不能搬到实验





室来, 代替的方法是建立这个问题的数学或模拟的模型。管理运筹学研究 and 解决问题的核心是正确建立模型和使用模型。学习管理运筹学最重要的技巧就是提高对管理运筹学数学模型的表达、运算和分析能力, 成功的模型往往是科学和艺术的结晶。

管理运筹学模型的一般形式可作如下表述。

$$\begin{aligned} \text{目标的评价准则:} \quad & \max(\min) Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{约束条件:} \quad & \text{s.t.} \begin{cases} g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (\text{或} =, \text{或} \geq) 0, i = 1, 2, \dots, m \\ x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned}$$

式中,  $x_j$  为决策变量,  $Z$  为目标函数,  $g_i$  为约束条件。模型的目标是在满足约束条件的前提下, 使目标函数达到最大或最小。

目标函数可以是单一的, 也可以是多个的。当目标函数和约束条件都是线性函数时, 称模型为线性的, 否则称为非线性模型。当模型中不含随机因素时, 称它为确定模型, 否则称为随机模型。当可控变量只取离散值时, 称为离散模型, 否则称为连续模型。

应用管理运筹学解决实际问题的步骤一般如下所述。

(1) 提出并形成问题。任何管理上的决策问题在进行定量分析前, 都需要认真地进行定性分析。首先要提出问题, 明确问题的实质及关键所在, 这就要求对经济系统进行深入的调查和分析, 确定问题的界限, 选准问题的目标。

(2) 建立模型。模型是对现实世界的事物、现象、过程和系统的简化描述, 是对实际问题的抽象概括和严格的逻辑表达。如在经济管理中, 对人力、设备、材料、资金的利用安排都可以归纳为所谓资源的分配利用问题, 可建立起一个统一的规划模型, 对规划模型的研究和优化代替了对一个个具体问题的分析解决。模型还为应用计算机来解决实际问题搭起了桥梁。

(3) 分析并求解问题。根据所建模型的性质及其数学特征, 选择适当的求解方法, 求出模型的最优解、次最优解和满意解。

(4) 检验并评价模型。模型分析和计算得到结果以后, 尚需按照它能否解决实际问题, 主要考虑达成目标的情况, 选择合适的标准, 并通过一定的方法对模型结构和一些基本参数进行评价, 以检验它们是否准确无误, 否则就要考虑改换或修正模型, 增减计算过程中所用到的资料或数据。

(5) 应用或实施模型的解。经过反复检查以后, 最终应用或实施模型的解, 就是提供给决策者一套有科学依据的并为解决问题所需要的数据、信息或方案, 以辅助决策者在处理问题时做出正确的决策和行动方案。

需要指出的是, 经济管理系统存在着大量的不确定性和非定量因素, 因此, 管理运筹学仅仅依靠数学模型做定量分析很难处理好系统的优化问题。所以其研究方法已经开始出现向将定量分析、定性分析及计算机模拟等相结合的综合优化分析方法发展的趋势。