

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

管理运筹学

翁翼飞 主编

Guānlǐ Yúncǒuxué



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

管 理 运 筹 学

主 编 翁翼飞

副主编 王幼莉 燕波涛

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

管理运筹学是一门研究资源优化配置及其应用的科学,是自然科学与社会科学的交叉学科。本书讲述了运筹学主要分支的基本原理与方法,包括:线性规则、整数规则、动态规划、图与网络优化、对策论、存贮论、排队论、决策与决策分析等理论与方法,并附有相应的习题和参考答案。适合高等院校经济管理、工程管理等专业作为教材使用,也可以作为有关科教人员的运筹学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

管理运筹学/翁翼飞主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0514 - 8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第201688号

书 名 管理运筹学

主 编 翁翼飞

责任编辑 耿东锋 史凤萍

责任校对 张海平

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516) 83885307 83884995

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 320千字

版次印次 2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷

定 价 19.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

王廷弼	王自学	王春阁	王宪军
牛耀宏	石 兴	刘卫国	刘景山
杜俊林	李玉文	李式范	李兴业
李学忠	李维安	张 军	张 浩
张贵金	陈润叶	周智仁	郝巨才
荆双喜	贺丰年	高丽玲	唐又驰
彭志刚			

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

前言

现代运筹学源于军事科学。管理运筹学是一门研究资源优化配置及其应用的科学,是自然科学与社会科学的交叉学科。管理运筹学以定量化方法和信息技术相结合,寻求在现实中的满意决策方案。目前,管理运筹学在经济管理活动中的应用日趋广泛而深入,不仅可以帮助管理者和决策者解决战术层面的问题以提高劳动生产率、降低成本、提高利润,也可以帮助管理者和决策者解决战略层面的问题,确定经营方向和资源配置范围和强度,打造核心竞争优势。

通过对管理运筹学的学习,学生能够掌握管理运筹学的基本理论、基本方法和典型问题,并且能够培养学生的科学思维能力、系统思考能力、数学运算能力、数学建模能力、运用计算机软件进行模型求解的能力和对结果的分析应用能力等。

本书是为成人高等教育学生量身打造的专门性教材,结合我国经济社会发展的现实情况以及生产和经营管理实际工作的要求,在体例编排和内容选择上充分考虑学生特点,做到内容精练、重点突出、通俗易懂、理论联系实际。具体而言,第一,强化学生定量管理和定量决策的能力;第二,通过大量的案例和习题增加教材的可读性;第三,侧重经济管理活动中的运筹问题,提高教材的应用性和针对性。同时,每章前有学习目标,用以指导学生对重点、难点的把握,章后有一定数量的习题并附参考答案,使学生对所学的理论进一步加深认识和理解。

本书主编为翁翼飞,副主编为王幼莉、燕波涛。全书共分十一章,其中第一章由翁翼飞编写,第二章、第三章由王幼莉编写,第四章、第五章由燕波涛编写,第六章、第九章由唐龙海编写,第七章、第八章由杜航编写,第十章由李特编写,第十一章由孙临琚编写。全书由翁翼飞统稿。

本书的编写工作主要由华北科技学院承担,感谢王廷弼教授和王丹教授的指导;同时,本书得到了中国矿业大学出版社尤其是耿东锋老师和付继娟老师的大力支持,在此表示衷心的感谢!在本书的编写过程中,我们参阅并借鉴了许多著作与文献中的内容,部分已列于书后的主要参考文献中,在此对所有参阅并借鉴的著作与文献的作者表示诚挚的感谢!由于本书编者的水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

翁翼飞

2009年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 运筹学的概念	1
第二节 运筹学的产生与发展	4
第三节 运筹学的主要分支和相关学科	10
第四节 运筹学在管理学中的应用	11
第二章 线性规划	13
第一节 线性规划问题	13
第二节 线性规划问题的图解法	17
第三章 单纯形法	22
第一节 单纯形法的基本思想	22
第二节 单纯形的表格法	24
第三节 人工变量法	28
第四章 线性规划的对偶理论	32
第一节 对偶问题及对偶关系	32
第二节 对偶理论	36
第三节 对偶单纯形法	41
第四节 灵敏度分析	44
第五章 运输问题	54
第一节 运输问题的数学模型	54
第二节 表上作业法	57
第三节 产销不平衡的运输问题	64
第六章 整数规划	71
第一节 整数规划概述	71
第二节 分枝定界法	72
第三节 0—1 型整数规划	75
第七章 动态规划	80
第一节 动态规划的基本概念及原理	82

第二节 动态规划的应用	86
第八章 图与网络优化	108
第一节 图与网络的基本概念	108
第二节 最短路问题	111
第三节 最小生成树问题	114
第四节 最大流问题与最小费用最大流问题	115
第九章 存贮论	126
第一节 存贮问题概述	126
第二节 古典经济采购批量模型	127
第三节 允许缺货的经济批量模型	130
第四节 生产批量模型	131
第十章 排队论	133
第一节 排队论的基本概念	133
第二节 输入与服务时间的分布	137
第三节 生灭过程	138
第四节 最简单的排队系统的模型	140
第十一章 对策论与决策分析	147
第一节 对策论的基本概念	147
第二节 矩阵对策	148
第三节 其他类型的对策论	159
第四节 决策分析基础	160
第五节 层次分析法	167
参考答案	175
参考文献	197

第一章 绪 论

【学习目标】

1. 掌握运筹学的概念和内涵
2. 掌握运筹学发展的阶段
3. 了解运筹学的主要分支及其与管理学科的关系
4. 了解运筹学在管理学中的应用

第一节 运筹学的概念

一、运筹学的名称

从汉语来理解,运筹学就是运营、筹划的科学。事实上,“运筹学”一词来源于英语名词“Operation-al Research”,在美国和加拿大等国称为“Operations Research”,简称 OR。按这一名词的来历,直译应为“作战研究”,因为它最早于 1938 年由英国波德塞科学小组负责人罗韦提出,指该科学小组与皇家空军合作进行的关于防空预警演习中的战术研究工作。因此,罗韦被认为是“运筹学”一词的创始人,而英国的波德塞则被认为是运筹学这一学科的发祥地。

但是,由于社会发展的需要,运筹学内涵越来越丰富,已不再囿于“作战研究”的狭义。因此,早期将这门学科引入我国的著名学者许国志按 OR 的广泛含义将其译为“运筹学”,后于 1964 年由中国数学会正式确定为国内通用的统一名称。

“运筹”一词出《汉书·高帝纪》中的一段话:“夫运筹帷幄之中,决胜千里之外,吾不如子房。”其中,“运筹”一词具有运用筹划、运谋筹策、规划调度、运营研究等内涵。“运筹学”这一中译名称颇具匠心,它有以下优点:① 体现了这是一门科学;② 体现了这一名词的军事来源;③ 反映了这一学科的某些思想萌芽发生于我国的悠久历史;④ 准确而简练地概括了这一学科的丰富内涵;⑤ 比较贴近英语原词的固有含义。

二、运筹学的定义

由于运筹学是一门仍在蓬勃发展着的新兴学科,人们对它的认识也需不断深化,迄今为止,还没有一个公认的运筹学定义,下面列举一些较有影响的解释作为参考。

运筹学的早期先驱者,英国曼彻斯特大学物理教授、著名的诺贝尔奖获得者布莱克特曾于 1941 年在关于运筹学第一份备忘录中把运筹学称为“作战的科学分析”,这被认为是对运筹学所作的最早描述。在 1943 年 3 月修订的第二份备忘录中,他说运筹学的“目的是帮助找出一些方法,来改进正在进行中的或计划在将来进行的作战的效率。为了达到这一目的,

要研究过去的作战来明确事实,要得出一些理论来解释事实,最后利用这些事实和理论对未来的作战作出预测……能够做出的有用的定量预测,往往比想象中可能做出的多得多”。这些关于运筹学的最早描述虽然仅限于作战的范畴,但其基本思想至今仍然普遍有效。

随着运筹学的发展,人们对它的认识也不断深化。1951年出版的莫尔斯和肯保尔合著的《运筹学方法》一书中指出:运筹学是一种科学方法,可以给决策部门提供决策的数量基础,以便能对其指导下的各项活动作出最优决策。1957年出版的彻尔齐曼、艾柯夫和阿诺夫主编的《运筹学导论》一书中指出:运筹学是应用科学的方法、技术和工具来研究系统中的各种运行问题,以便能为决策者提供这些问题的最优方案。1969年出版的米勒和斯塔尔合著的《管理决策与运筹学》一书中指出:运筹学是一种应用的决策理论,是运用科学的、数学的或逻辑的方法,帮助决策者克服他所面临的难题,以求达成理想的决策。1970年出版的谢洛夫和格罗斯合著的《通过运筹学做出决策》一书中指出:运筹学是由多科性训练有素的小组运用系统化的科学方法,以数学模型表示复杂的功能关系,以便提供决策的数量基础以及发掘问题所需的数理分析。英国运筹学会对此的解释是:运筹学是把科学方法应用于工业、商业、民政和国防方面,以指导和处理有关人、机、物、财的大系统中所发生的各种复杂问题;其独特的方法是开发一个科学的系统模式,纳入随机和各种风险的尺度,并运用这个模式预测和比较各种决策、战略,以及控制方案所产生的后果;其目的是帮助主管人员科学地决定方针和行动。

美国运筹学会所作的解释是:运筹学是一种实验与应用的科学,用之于观察、理解和预测有目标的人—机系统的行为;运筹学所研究的,通常是在要求分配有限资源的条件下,科学地决定如何最佳设计和运营人—机系统。我国《现代汉语词典》对运筹学的解释是:数学的一个分支,利用现代数学,特别是统计数学的成就,研究人力物力的运用和筹划,使能发挥最大效率。我国《管理百科全书》的解释是: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。1978年出版的由数十位美国一流运筹学家合著的《运筹学手册》中指出:运筹学就是用科学方法去了解和解释运行系统的现象,它在自然界的范围内所选择的研究对象就是这些系统……这种系统时常包含着人和自然环境中运行的机器,这里所谓机器,其含义是很广泛的,从通常所指的机械器件一直到按照公认的规则运行的复杂社会结构……因此,运筹科学观察运行系统的现象,创造出一些理论(近年来许多运筹学工作者把它们叫做模型)来解释这些现象,用这些理论来描述在条件变化时会发生什么事情,并根据新的观察来检验这些预言……总之,运筹学之所以是一门科学,是因为它用科学方法来创建它的知识;它与其他科学不同的地方在于它研究的是运行系统的现象,这是自然界中较其他科学大大忽略了的部分。

由于运筹学的内涵十分丰富,并且仍在迅速发展和不断变化,因此,很难给出一个言简意赅的定义。实际上,至今人们对运筹学的本质远未了解透彻,在许多关键问题上还存有争议,莫衷一是。譬如,运筹学是一门独立的科学还是属于数学的一个分支;运筹学仅仅是应用科学,还是既为应用科学又为基础科学,等等。在这种情况下,很难给出一个公认的统一定义,只能如同上面列举若干定义那样,从不同角度作出详略不一的解释。应当指出,联合国教科文组织已把运筹学列入基础学科之中。另外,运筹学诞生的实际背景及其广泛应用的丰硕成果,都雄辩地表明它是一门应用科学。因此,我们认为,运筹学是一门独立的新兴

基础科学和应用科学。

三、运筹学的特点

概括起来,运筹学的特点主要有以下方面。

(一) 边缘学科

运筹学的诞生和发展,是许多学科的专家通力协作、共同努力的结果,因此,运筹学是多学科、诸理论交叉渗透而形成的一门边缘学科。

(二) 研究与实践紧密联系

作为一门科学,运筹学不仅包括研究活动,即用科学的方法来创建它的知识,还包括以这些知识的应用为目的的工程活动和其他实践活动。在运筹学的进程中,研究与实践始终紧密联系,互相促进,共同推动运筹学的发展。

(三) 科学与艺术的结合

运筹学不仅是一门科学,也是一门艺术。在运筹学的研究与实践中,往往不只是单纯运用科学方法和科学知识,还要用到发明和设计的艺术及各种各样的联络、解释和实行的艺术。

(四) 利用模型

无论运筹学的理论研究还是应用研究,其核心问题都是如何建立适当的模型(通常是数学模型)以解释运行系统的现象和预测系统未来的情况。运筹学模型大致可分为确定型、随机型、模糊型 3 类。

(五) 数量方法

运筹学是从定量分析的角度研究系统的变化规律,从而对系统未来的情况作出定量预测。它不仅需要利用已有的数学工具(解析数学、统计数学、计算数学、模糊数学等),还创造出一些独特的数量方法。

(六) 试验方法

运筹学还研究并应用试验方法。例如,直接试验中有“优选法”、“调优运算法”、“正交试验法”等,模拟试验中有各种实物模拟法以及计算机模拟法等。

(七) 借助计算机

在运筹学模型的实际应用中,往往需要进行十分浩繁的数值计算,即便那些本身不很复杂的模型也多如此,以致手工计算根本无法胜任,必须借助计算机才能完成。还有一些模型的算法尽管理论上是正确可行的,但受限于目前计算机的功能而无法实现。因此,运筹学的发展有赖于计算机和计算机科学的发展,而研究、改善各种算法的计算机程序也是运筹学的任务之一。

(八) 全局优化

根据系统科学,一个系统的各个局部独自优化,其全局未必为优,甚至不能有效运行;反之,全局优化,局部未必都优。而运筹学总是以全局优化为目标,力求找出全局最优的方案。

(九) 科学决策的依据

运筹学作为一种科学方法,能为现代管理中许多复杂问题提供科学的决策程序、决策模型,以及定量分析的丰富资料和优化方案,从而为科学决策提供重要依据。

(十) 适用面广

运筹学研究的问题存在于不同领域,来自不同部门,虽千变万化却有共同规律可循。运筹学就是不断探索这些规律,并且据以提出一些一般理论和通用方法。因此,运筹学的适用面很广。

第二节 运筹学的产生与发展

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较早,它的某些思想萌芽甚至可以追溯到更早远的古代。概括地说,人们对运筹学的求索过程大致经历了以下 5 个阶段:混沌时期、朦胧时期、初创时期、确立时期和扩展时期。

一、混沌时期

早在上古时期,我们的祖先就萌发了运筹学的某些朴素思想。例如,在我国春秋战国时期的不朽名著《孙子兵法》和《孙臆兵法》中,就蕴涵着对策论和军事运筹学某些思想,而发生子公元前 353 年的“围魏救赵”的桂陵战役,以及公元前 342 年的“逐日减灶”的马陵战役,正是成功运用这种古朴运筹学某些思想的生动体现。国外也有这样的史例,如公元前 212 年古希腊科学家阿基米得曾应海伦皇帝的邀请,为叙拉库斯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一个多世纪。

除了军事活动外,在上古时期的一些浩大的工程活动中,先人也曾运用过运筹学的某些思想,如埃及的金字塔、中国的都江堰等著名古建筑,都凝聚着工程运筹学的古朴思想精华。下面列举三个我国古代蕴含着朴素运筹学思想的经典案例。

(一) 田忌赛马

战国时期,齐威王常邀请武臣田忌赛马赌金,双方约定每方出上马、中马、下马各一匹各赛一局,每局赌注千金。由于在同等马中,田忌的马稍逊一筹,因此每次赛马田忌总输齐王三千金。后来田忌收了一个谋士孙臆,孙臆向田忌献策: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。田忌依计而行,结果一负两胜,净赢千金。在这个典故中,由于孙臆运筹有方,田忌终于以弱胜强。这不仅显示出我国古代运筹学的某些思想精华及实践成就,还蕴涵着现代运筹学的重要分支——“对策论”(或“博弈论”)的某些思想萌芽。

(二) 丁谓挖沟

北宋真宗年间,皇宫失火被毁,主持重建工作的丁谓对这项既定任务进行统筹规划,他抓住取土、运材、除圾三个关键环节,有针对性地采取了一个有力措施——在宫址前的大街上挖一条长沟。这样,先挖沟取土就近烧制砖瓦;再将汴京(开封)附近的汴水引入沟内形成一条水上通道,使载运外地建筑材料的船只、排筏直抵宫址近前;待全部工程完毕,再将失火焚毁和施工中产生的破砖碎瓦等建筑垃圾就近填入沟内,修复大街。在这个典故中,一沟三用,一举数得,节省了大量人力、物力、财力和施工时间。这不仅是我国古代运筹学的又一思想建树和实践成就,还蕴涵着现代运筹学的重要方法之一——“统筹法”的某些思想萌芽。

(三) 沈括运粮

沈括生于北宋时期,是我国历史上著名的科学家,还曾率兵抗击过西夏军队的侵扰。在

他为后世留下的《梦溪笔谈》这一鸿著中,记有他运用定量分析的方法研究军队的人数及其行军的天数与所需粮数和运粮的民夫之间关系的具体实例。沈括认为,自运军粮花费颇大且难以运行,因此夺取敌军的粮食至关重要。尽管沈括运用的定量分析方法与现代运筹学方法相差很大,但仅就其成功运用该法于运筹实践,已堪称运筹史上率先垂范之举,显示出我国古典军事运筹学的卓越思想和悠久历史。

虽然运筹学的某些思想在上古时期就已萌生,但在尔后的中古、近古时期漫长的 2 000 多年中却未得到升华,人们只是偶然地、零散地萌发和运用着运筹学的某些朴素思想,其认识水平远未达到科学的高度。正如恩格斯在其名著《自然辩证法》中所指出的:科学的产生和发展一开始就是由生产决定的。由于古代社会生产力水平很低,生产组织结构也很简单,人们在生产实践和其他实践中从事的管理活动也不复杂,因此对面临的各种决策问题不需要十分高深的定量分析方法也能解决,根本不具备运筹学赖以产生的实际需要和数学基础,自然对运筹学的认识只能停留在零散而粗浅的朴素思想水平上,而对运筹学总体的认识更是混沌未开。

二、朦胧时期

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,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,使人们的这种愿望成为可能并开始变为现实。特别自 20 世纪初美国管理学家泰罗提倡科学管理以后,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。

1905 年,丹麦电话工程师爱尔朗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,哈里斯研究得出物资储备的简单经济批量公式,开创了“存贮论”研究的先河。第一次世界大战期间,爱迪生曾为海军研究商船队的最适当航行策略,以期能将遭受敌人潜艇攻击的损失减至最低限度。1921 年,法国数学家波雷尔首次撰文讨论“对策论”的观念。1922 年,劳滕施特劳赫首次提出用损益平衡图来表述的“量本利分析法”。1924 年,休哈特研究给出质量控制图,推动了“质量控制”理论的研究。1931 年,列昂节夫开始研究美国经济部门之间投入和产出关系的平衡模型,被西方经济学界认为是这方面的首创性研究;然而苏联经济学界认为他们早在 1925—1926 年间编成的《1923—1924 年苏联国民经济平衡表》才是这方面的首次尝试。无论殊荣孰归,都印证了人类这一时期在宏观经济管理方面已经开始了较为复杂的定量分析研究,列昂节夫的模型已具备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与应用研究,并且促成了运筹学某些分支的奠定。但是由于当时的生产实践对数量方法的需求还不够迫切,没有引起学术界的重视,更无人倡导和发展数量方法的基础理论研究,致使许多应用研究都因缺乏理论基础而未获显著成果。因此,这一时期客观上仍不具备运筹学赖以产生的必要条件,而人们对运筹学总体的认识只能算是朦胧时期。

三、初创时期

第二次世界大战为运筹学的产生和发展提供了契机,最先把握这一契机的是反法西斯阵营中的英国,然后是苏美等国。这次大战促成了运筹学的诞生,是运筹学历史上重要的发展时期。

(一) 英国

第二次世界大战期间,作为反法西斯主要前线国之一的英国由于英伦三岛四面环海,受到德国海军的严酷封锁,而英国本土任何地区距海都不超过 100 千米,随时可能遭到来自四面八方的德军飞机的攻击。在此极度危难的形势下,运用科学的方法合理调配和充分利用有限的国防资源以达到最强的战斗力,就成为当务之急。在军界与学术界的共同推动下,运筹学终于应运而生,并日益显示出其重要意义和强大生命力。1935 年,英国科学家为了对付德国空军日愈严重的威胁,已开始进行一项后来被称为“雷达系统”的研究。不久,他们在波德塞成立了研究机构,并安装了新设计的设备。后来又与皇家空军紧密合作,研究如何利用雷达进行防空预警以及如何引导己方的飞机迎击敌机等战术行动。1938 年,波德塞科学小组负责人罗韦把他们从事的战术效率的测量工作称为“作战研究”(Operational Research,即运筹学)。从此,以这一名词为标志的一门新兴科学就初步创立起来。1939 年,在波德塞工作的一位领导人威廉斯教授应邀到皇家空军作战指挥部参加战术评价改进的工作,在其后两年取得了很有价值的成果,并被推广到空军轰炸指挥部、海岸指挥部以及英军防空指挥部。1940 年,布莱克特应邀参加英军防空指挥部的作战研究工作,并成立了一个尔后被称为“布莱克特马戏团”的小组,小组成员包括生理学家 3 人,数学家和数学物理学家各 2 人,天文物理学家、普通物理学家、检测员和军官等各 1 人。组织机构的这种跨学科、多专业的人员配备,以及各类人员之间的紧密合作、良好配合,成为运筹学的一个显著特点,对运筹学的发展产生了积极的影响。1941 年 3 月,布莱克特转到空军海岸指挥部,又成立了一个新的运筹学小组。1941 年 12 月,布莱克特被咨询能否帮助海军部成立一个运筹学小组,为此他写了一份关于“具有作战水平的科学家”的备忘录,对整个英军乃至美国、加拿大、澳大利亚、法国等盟军的运筹学建设都起到了重要作用。1942 年以后,英国各军兵种,包括国内和国外驻军,在每一个大的军事指挥部都成立了运筹学小组,而布莱克特首建的防空指挥部运筹学小组则成为全军运筹学组织的核心。这些运筹学小组在大战期间做了大量卓有成效的工作,为运筹学的发展积累了丰富的素材,其中比较显赫的范例有雷达的合理部署、深水炸弹的最佳定深规范、保持飞机最强战斗力的巡航比率、空军基地飞机种类的合理配置及远航轰炸的最佳编队、海运商船与护航军舰的最佳编队,等等。运筹学在战后得到了高度评价:“如果没有这种技术,英国就不可能赢得这场战争,而很可能被打败”。

(二) 美国

1940 年底,美国国防研究委员会主席康南特访英,对英国空军的作战研究工作和运用效果非常重视,返美后他建议美军也进行这方面的研究,此后,英美两国空军便共同从事这类研究工作。1942 年,美国海军和陆军空战部队及时吸取布莱克特备忘录中的意见,也相继成立了运筹学小组,在大战期间也做了大量出色的工作。例如,从日本到新加坡的海上布雷工作、海军舰艇对付日本空军神风敢死队的策略、B—29 型轰炸机夜袭日本本土的作战策略、海陆军联合作战的策略,等等。其中由莫尔斯主持研究的海陆军联合作战策略被成功地

用于 1944 年盟军在诺曼底半岛的登陆战中,取得了显著战果。战争末期,运筹学小组的活动更加深入,已参与到小规模战斗单位和作战行动中去。战争将近结束时,海军运筹学小组已经有了 70 多位科学家,陆军空战部队已经建立了 20 多个运筹学小组。

(三) 其他国家

在英国的影响下,加拿大皇家空军在 1942 年也接受了运筹学思想,并组织了 3 个小组,澳大利亚、法国等也先后建立了运筹学小组,纷纷从事作战计划的研究,并试用以提高作战效果。大战期间,出于同样的目的,苏联的科学家们完全独立地从事了类似的研究,发展了类似的思想。例如,苏联著名数学家康托格维奇曾于 1939 年在列宁格勒大学作了题为《生产组织与计划中的数学方法》的学术报告,详细介绍了他在关于合理调配和使用资源以便充分发挥其效用的研究中所提出的新的数学方法和理论,以及用以解决工业、建筑业、运输业中的实际问题所得到的一系列成果。在这份报告中已经包含着现代运筹学的某些基本思想。第二次世界大战期间,虽然运筹学已经诞生,但是由于战时的特殊环境,其研究方向主要集中于军事应用方面,其中绝大多数工作都是其他科学中的方法和手段的移植,特别是大多数数学模型都是运筹学小组通过类比其他科学的概念而得到启发,并且直接利用数学分析与概率统计的工具建立起来的,因此理论研究十分薄弱,尚未形成一门学科理论体系。因此,这一时期只是运筹学的初创时期。

四、确立时期

第二次世界大战结束后,运筹学的各个方面,诸如理论、应用、组织、文献、教育等,都得到较大的发展,迅速成长为一门具有许多分支和复杂体系的新兴基础科学和应用科学。

虽然战后军事部门仍然保留了一些必要的运筹学机构,并且继续取得了较多的研究成果,但是运筹学的重心则转移到其他方面尤其是经济管理领域中去了,这是战后运筹学发展的一个显著趋势。此间早期的工作虽然仍从英国开始,却由美国发扬光大并后来居上而领先世界。二战结束之初,百废待兴的英国经济面临着所需资源由于战争的破坏和损耗而严重短缺的困难,因此,如何合理调配并充分利用稀缺的经济资源才能取得最佳经济效果的问题便成为当务之急。而经济组织内与日俱增的复杂性和专门化所产生的各种复杂的决策问题也比战前更为显著地引起社会的关注。越来越多的人,尤其是那些战时曾在军界运筹学小组内工作过而现时已成为企业顾问的科学家们,逐渐认识到现时所面临的这些问题同战时军界所面临的问题基本上是一致的,于是积极促成学术界对运筹学的开发,而战时军界对运筹学的有效运用及其显著成果也逐渐公开,从而激发了企业界对这种新技术的高度重视和迫切需要。在学术界与企业界的共同推动下,短短几年里运筹学就在英国扎下了牢固的根基。美国在此期间对运筹学的认识与实践紧随英国之后,也处于类似的演变过程。由于二战期间美国本土处于战略后方,战争非但没能破坏其经济,反而刺激了军需工业的发展,并带来了 530 亿美元的巨额收入,使其具有了更雄厚的经济实力;战争期间前线国家的大批科技人才纷纷流入美国,并广泛发挥出卓越的才干,又使其具有了雄厚的科技实力。这些得天独厚的条件对战后美国经济与科技的繁荣起到了十分重要的作用。由于具有这种无与伦比的优势,加之战时美国运筹学的发展与英国并无太大差距,因此战后美国在运筹学的发展中很快就后来居上。尤其是 1950 年以后,由于计算机首先在美国诞生并且得以迅速推广应

用,使得过去许多因计算量庞大而无法解决的非常复杂的运筹学应用问题也能迅速解决,更加速了运筹学在美国的发展进程。从此,美国在运筹学发展中便一直保持着这种领先世界的态势。

战后,在学术界与企业界的积极推动下,运筹学不仅发展了原有的技术,还创造了许多新的技术。与此同时,其理论基础也逐渐建立起来。例如,1947年美国学者丹茨格首创了线性规划这一新技术及其理论;1948~1951年,美国学者约翰·库恩和塔克开创了非线性规划基础理论研究并取得重要成果。另外,一些在战前已初步确定或初露端倪的理论,诸如排队论、价值论、存贮论、对策论等这时也得到了进一步发展。1948年4月在英国成立了世界上第一个运筹学专业学术团体——英国运筹学俱乐部,成员有30人;1950年该俱乐部创办了世界上第一种运筹学刊物《运筹学季刊》;1953年该俱乐部更名为英国运筹学会。1949年美国国家研究会成立了运筹学委员会,出版了《运筹学在非军事方面的特殊应用》一书,流行很广。1952年5月美国运筹学会成立,会员有8000人,同年出版了《美国运筹学会会刊》,1956年更名为《运筹学》。1953年美国另一批学者成立了管理科学研究会,会员有6500人,该会是一个国际性组织,不过大多数会员在美国;1954年该会创办机关刊物《管理科学》。

在此期间,运筹学著作、论文集等陆续出现,对运筹学的发展产生了重要影响。例如,1946年在美国政府内部发行,后于1951年公开出版的莫尔斯和肯的尔的著作《运筹学方法》,是第一部对战时整个运筹学工作作出系统专业叙述的书籍;1954年出版的麦克洛斯基和特莱弗森合编的论文选集《管理运筹学(*Operations Research for Management*)》则首次给出一部运筹学简史。此外,运筹学各有关专题的论著也陆续问世。在运筹学教育方面,战争结束初期运筹学工作者对此并不很重视,认为在现成的运筹学活动中的训练和经验就已足够甚至比专门教育更好,但随着运筹学的发展,社会上对运筹学及其专门人才的需要越来越多并且日趋广泛,因此从20世纪50年代初开始,运筹学教育日益受到重视并获得越来越大的发展,运筹学先驱国的许多大学都开设了有关课程,有些国家还普遍开设了各种期限的培训班。

这一时期运筹学在各个方面的发展中成长起来,标志着作为一门科学的运筹学已经屹立于科学之林。从此,运筹科学开始全面扩展并迅速波及世界。

五、扩展时期

1956年以来,运筹学在各个方面都取得了长足进步,而今已经发展成为一个涉及众多领域并拥有庞大结构的科学体系。纵观这一时期,运筹学大致呈现以下4个特点。

第一,学术活动国际化。第一届国际运筹学会议于1957年9月在英国牛津大学召开,有21个国家的250名代表出席。这次会议制订了成立国际运筹学联合会的计划。1959年1月,联合会正式成立,最初只有英国、美国、法国三国的运筹学会,后来许多国家先后成立运筹学会并陆续加入国际联合会。目前,该联合会已是一个拥有包括中国在内的几十个国家的运筹学会和数万名会员的庞大组织,为促进运筹学的国际交流及其在全世界的发展作出了重大贡献。1957年,联合会刊物《国际运筹学文摘》出版,是反映国际运筹学发展最新动态的重要刊物。从1957年第一届国际运筹学会议以后,每隔三年举行一次会议。此外,各种专题学术会议则举行得更多,而区域性、专业性的国际组织也不断出现,各国专家学者

的互访更无以数计。这些国际联系与交流,使运筹学成为一种广泛的世界性学术活动,并且对运筹学的发展产生了重大影响。

第二,学科理论系统化。1955年以后,运筹学创造出更多新技术、新理论。例如,1956年美国杜邦公司创造了“关键路线法”,1958年美国海军部武器局创造了“计划评审术”,二者奠定了网络技术的基础并促进了图论的发展;1957年美国学者贝尔曼创立动态规划分支;1958年美国学者高莫瑞创造了“割平面法”这一求解整数规划的技术,初步创立整数规划分支;1961年美国学者查恩斯和库珀初步创立目标规划分支;1961~1962年美国学者兹恩纳、达芬和彼德松创立了几何规划分支等。这一时期运筹学的各种文献也逐渐增多,正规教材也是在此期间开始出现的。例如,第一部教科书是1957年出版的《运筹学导论》,由美国学者彻尔齐曼、艾柯夫和阿诺夫编写,其广泛使用对于确定运筹学的中心内容起了很大作用。又如,1969年出版的瓦格纳的《运筹学原理和对管理决策的应用》获得了1969年美国运筹学会兰彻斯特奖,也得到广泛使用。20世纪60年代中期以后,运筹学呈现知识爆炸的趋势,各种文献如雨后春笋般层出不穷,以致再也无法罗列它所创造的新知识。由于知识迅速膨胀,运筹学的分支越来越多,内容越分越细,学科理论更加系统化,形成了一个庞大而复杂的理论体系。近年来,软运筹或智能运筹学得到较快发展,产生了遗传算法、神经元网络等新技术。

第三,应用实践广泛化。如果说运筹学在初创时期主要应用于军事作战,在确立时期主要应用于工商管理,那么在其扩展时期则应用得更加广泛,不仅在军事和工商业方面继续保持旺盛态势,在农业、建筑业、能源、交通运输、公用事业、政府工作、文教、卫生、体育、治安、市政、环保、工程设计、社会福利等方面也都得到大量的、成功的应用。可以说,运筹学的应用几乎遍及人类活动的各个领域。

第四,学科结合扩大化。运筹学在初创时期就已体现出学科结合的特点,在其扩展时期这一特点则更加明显。除了早期与数学科学的天然紧密结合,与物理学、生理学、工程技术科学的结合,以及稍后又与管理科学、计算机科学紧密结合外,从20世纪60年代起运筹学还与系统科学结下了不解之缘,并且有力地促进了系统科学的发展。从此,运筹学研究的系统便由小到大,而且对象领域也更加广泛,从物理系统到社会系统,从现在系统到未来系统,都有运筹学的用武之地。这不仅增加了它同未来学和社会科学的结合,还促使其研究方式也从单纯技术型转向技术型与非技术型相结合,从而大大增加了它的适应能力。

随着学科结合面的扩大,为了更好地协调运筹学与各相关学科的关系,运筹学工作者对科学和哲学的兴趣也日益增强,关于运筹学这门科学的本质属性是什么、应遵循哪些准则、发展规律如何等哲学问题自然也就成为一个必须深入探讨的课题。尽管人们在这方面的认识还不深刻且存有争议,甚至对于这门科学的名称也尚有疑义,以致在某种程度上困扰了人们的逻辑性思维,但可以肯定地说,在这门科学的整个发展历史中,人们始终牢记布莱克特的忠告:“运筹学和每门科学一样,不应该照抄别种科学的专门方法,而应该创造出自己的技术,来适应自己的特殊素材和问题。这种技术不应该是僵硬的,而应该随着问题的性质而变化。”因此,运筹学在与其他科学的结合中,必须突出运用、融会贯通、不断创新、独具特色,才能保持强大的生命力,从而蓬勃发展,长盛不衰。

第三节 运筹学的主要分支和相关学科

一、运筹学的主要分支

运筹学发展至今,已经成为一个十分庞大而复杂的学科。这个学科的组成架构中既有理论体系,又有应用体系;既有研究体系,又有教育体系,其内涵十分丰富。运筹学的基本内容可以按照目前学科的分支加以粗略展示,目前运筹学的数十个分支又可按照模型的性质划分为确定型、随机型、混合型、模糊型四类。

(一) 确定型

属于这类模型的主要分支有:线性规划、整数规划、目标规划、非线性规划、几何规划、不可微规划、参数规划、多目标规划、大型规划、图论、网络规划等。

(二) 随机型

属于这类模型的主要分支有:随机过程、排队论、价值论、决策分析、多属性决策、对策论、搜索论、可靠性理论、随机规划、质量控制等。

(三) 混合型

既有确定型又有随机型的分支简称为混合型分支,主要有:动态规划、组合规划、存贮论、模拟论、最优控制论等。

上述各种规划统称规划论或数学规划,其中除动态规划外的各种规划统称静态规划。

(四) 模糊型

自1965年美国著名控制论专家查德始创模糊数学以来,这种新型数学工具便得以迅速推广,几乎渗透到各个科学技术领域。以数量方法为主要特征的运筹学由于引入了模糊数学,从而形成了各种模糊性模型及其相应的新分支,如模糊规划论、模糊图论、模糊排队论、模糊对策论、模糊存贮论等。

二、运筹学的相关学科

如前所述,运筹学是一门边缘学科,它与许多学科交叉或密切相关,其中主要相关学科有:数学科学、系统科学、管理科学、计算机科学。在前面介绍运筹学的特点时已经概要叙述过它同数学科学、计算机科学的关系,这里再概述一下它同系统科学、管理科学的关系。

(一) 系统科学

现代科学的飞速发展,使科学知识发生了“爆炸”,因而各种学科越分越多,越分越细,越来越专门化。但是,人们在实践中所遇到的许多问题都十分复杂,往往要用到许多学科的知识,而非单独某一学科所能解决。例如,美国的“阿波罗登月计划”,其全部任务由地面、空间、登月三部分组成,不仅直接用到火箭技术、电子技术、冶金、机械、化工等多种技术,还用到天文、物理、生物、化学、数学等基础科学的知识,因此,非少数学科和技术领域的少数人所能胜任。实际上,参与这个计划研究与生产活动的有20 000多家厂商、200余所高等院校和研究单位,其中参加人数最多的一年达60余万人。该计划的研究和实施前后历时10年,耗资300亿美元。像这样一项庞大、复杂的系统工程,其计划、组织与实施是靠系统科学的有