

第 1 章 绪 论

“夫运筹帷幄之中，决胜于千里之外”。运筹学把科学的方法、技术和工具应用到包括系统管理在内的各种问题上，以便为那些掌管系统的人们提供最佳的解决问题的方法。

本章主要介绍运筹学的由来和发展，运筹学的性质与特点，运筹学的主要内容和运筹学的发展趋势。

1.1 运筹学的由来和发展

一般说来，运筹学起源于第二次世界大战。但在这之前已有蕴含运筹学思想和方法的书籍和论文出现。例如，早在 1939 年苏联的学者康托洛维奇(Л. В. Канторович)在《生产组织与管理中的数学方法》中，已提出了类似线性规划的模型，并给出了“解乘法”的求解方法(属于运筹学的规划论)；A. K. Erlang 在 1909 年发表了关于用概率理论来研究电话服务的论文(属于运筹学中的排队论)。因此运筹学的起源还能追溯到更早。

运筹学作为一门学科，起源于第二次大战期间的军事运筹活动。20 世纪 40 年代初，是第二次世界大战最紧张时期，当时英、美两国发明和制造了包括雷达、火炮、深水炸弹等一批新式武器，但如何有效地使用这些武器却远远落后于这些武器的制造。英国军方于 1939 年 9 月从全国各地调来一批科学家，共 11 人，他们中有将军 1 人，数学家 2 人，理论物理学家 2 人，应用物理学家 1 人，测量学家 1 人，生物学家 3 人，来到英国皇家空军指挥部，组成了以著名的物理学家、诺贝尔奖金获得者 P. M. S. Blackett 为核心的世界上第一个运筹学小组，他们的任务就是应用系统论的观点，统筹规划的方法研究作战问题。

战后，运筹学的活动从军事扩展到工业和政府等部门，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。1948 年，美国麻省理工学院设置运筹学课程。1950 年，英国伯明翰大学开设运筹学课程。而且在 1950 年，第一本运筹学杂志《运筹学季刊》于英国创刊。

我国从 20 世纪 50 年代开始了运筹学的理论研究及推广应用。50 年代中期由钱学森、许国志等教授由西方引入。1970 年后，华罗庚教授在全国范围内推广统筹法和优选法，一大批数学家开始研究运筹学。中国运筹学会于 1980 年成立。1982 年，作为正式成员加入了国际运筹学联合会。

运筹学作为一门学科，在理论和应用方面，无论就广度还是深度来说都有着无限

广阔的前景. 它不是一门衰老过时的学科, 而是一门处于年轻发展时期的学科, 这从运筹学目前的发展趋势便可看出.

运筹学的理论研究将会得到进一步系统、深入地发展. 数学规划是 20 世纪 40 年代末期才开始形成的. 经过十多年的时间, 到了 20 世纪 60 年代, 它已形成了应用数学中一个重要的分支, 各种方法和各种理论纷纷出现. 但是, 数学规划也和别的学科一样, 在各种方法和理论出现以后, 自然要走上统一的途径. 而目前这种由分散到统一, 由具体到抽象的过程正在形成, 而且将得到进一步的发展.

运筹学中建立模型的问题将日益受到重视. 从事实际问题研究的运筹学工作者, 常常感到他们所遇到的困难是如何把一个实际问题变成一个可以用数学方法或别的方法来处理的问题.

运筹学的发展将进一步依赖于计算机的应用和发展. 电子计算机的问世与广泛的应用是运筹学得以迅猛发展的重要原因. 实际问题中的运筹学问题, 计算量一般是很大的, 只是有了存储量大, 计算速度快的计算机, 才使得运筹学的应用成为可能, 并反过来推动运筹学的进一步发展.

1.2 运筹学的性质和特点

运筹学是一门应用科学, 至今还没有统一确切的定义. 现提出以下几个定义来说明运筹学的性质和特点. 莫斯(P. M. Morse)和金博尔(G. E. Kimball)曾对运筹学下的定义是: “为决策机构在对其控制下业务活动进行决策时, 提供以数量化为基础的科学方法.” 它强调运筹学是决策的数量方法. 另一定义是: “运筹学是一门应用科学, 它广泛应用现有的科学技术知识和数学方法, 解决实际中提出的专门问题, 为决策者选择最优决策提供定量依据.” 这定义表明运筹学具有多学科交叉的特点, 运筹的目标是最优策略. 许国志曾对运筹学下的定义是: “运筹学研究事物存在形态、数量以及最佳事物的事理科学.” 它是相对于研究物体运动变化规律的“物理科学”而提出的.

为了有效地应用运筹学, 前英国运筹学学会会长托姆林森提出六条原则:

- (1) 合伙原则. 是指运筹学工作者要和各方面人, 尤其是同实际部门工作者合作.
- (2) 催化原则. 多学科共同解决某问题时, 要引导人们改变一些常规的看法.
- (3) 互相渗透原则. 要求多部门彼此渗透地考虑问题, 而不是只局限于本部门.
- (4) 独立原则. 在研究问题时, 不应受某人或某部门的特殊政策所左右, 应独立从事工作.
- (5) 宽容原则. 解决问题的思路要宽, 方法要多, 而不是局限于某种特定的方法.
- (6) 平衡原则. 要考虑各种矛盾的平衡、关系的平衡.

1.3 运筹学的主要内容

运筹学发展到现在虽然只有 60 多年的历史, 但内容丰富, 涉及面广, 应用范围大, 已形成了一个相当庞大的学科. 它的主要内容包含线性规划、非线性规划、整数

规划、动态规划、网络分析、排队论、决策论、对策论等。它们中的每一个部分都可以独立成册，都有丰富的内容。

上述的前四个部分统称为规划论，它主要解决两个方面的问题。一个问题是对给定的水力、物力和财力，怎样才能发挥他们的最大效益；另一个问题是对给定的任务，怎样才能用最少的人力、物力和财力去完成它。

网络分析主要研究解决生产组织、计划管理中诸如最短路径问题，最小连接问题，最小费用流问题及关键线路图等。

排队现象在日常生活中屡见不鲜，如乘客等待乘车，船舶等待装卸，机器等待修理等。它们有一个共同的问题，就是等待时间长了，乘客会自动离去影响效益或影响生产任务的完成；如果增加车辆，装卸码头，修理工是解决了等待时间长的问题了，但又会蒙受车辆、码头和修理工空闲的损失，这类问题的妥善解决是排队论的任务。

决策问题是普遍存在的，凡属“举棋不定”的事情都必须作出决策。人们之所以举棋不定，是因为人们在着手实现某个预期目标时，面前出现了许多情况，又有多种行动方案可供选择，决策者如何从中选择一个最优方案，才能达到他的预期目标，这是决策论研究的任务。

对策论是研究具有利害冲突的各方，如何制定出对自己有利从而战胜对手的斗争策略。

1.4 运筹学的数学模型

运筹学在解决问题时，按研究对象不同可构造各种不同的模型。模型是实际系统或过程的代表或描述，它能反映实际且具有足够的精确度，是研究者对客观现实经过思维抽象后用文字、图表、符号、关系式以及实体模样描述所认识到的客观对象。模型的有关参数和关系式较容易改变，这样有助于问题的分析和研究。利用模型可以进行一定的预测灵敏度分析等。

模型有三种基本形式：①形象模型；②模拟模型；③符号或数学模型。目前用得最多的是符号或数学模型。构造模型是一种创造性劳动，成功的模型往往是科学和艺术的结晶，构模的方法和思路有以下五种：

(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。运筹学中已有不少现存的模型，如线性规划模型、排队模型、决策和对策模型等。这些模型都有很好的求解方法及求解的软件，但用这些现存的模型研究问题时，要注意不能生搬硬套。

(2)类比法。有些问题可以用不同方法构造出模型，而这些模型的结构性质是类同的，这就可以互相类比。如物理学中的机械系统、气体动力学系统、水力学系统、热力学系统及电路系统之间就有不少彼此类同的现象。甚至有些经济系统、社会系统也可以用物理系统来类比。在分析一些经济社会问题时，不同国家之间有时也可以找出某些类比的现象。

(3) 数据分析法. 对有些问题的机理尚未了解清楚, 若能搜集到与此问题密切相关的大量数据, 或通过某些试验获得大量数据, 这就可以用统计分析法建模.

(4) 试验分析法. 当有些问题的机理不清, 又不能做大量试验来获得数据, 这时只能通过做局部试验的数据加上分析来构造模型.

(5) 想定(构想)法. 当有些问题的机理不清, 又缺少数据, 又不能做试验来获得数据时, 例如一些社会、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, 对于将来可能发生的情况给出逻辑上合理的设想和描述. 然后用已有的方法构造模型, 并不断修正完善, 直至比较满意为止.

模型的一般数学形式可用下列表达式描述:

$$\text{目标的评价准则} \quad U = f(x_i, y_j, \xi_k)$$

$$\text{约束条件} \quad g(x_i, y_j, \xi_k) \geq 0$$

其中: x_i ——可控变量;

y_j ——已知参数;

ξ_k ——随机因素.

目标的评价准则一般要求达到最佳(最大或最小)、适中、满意等. 准则可以是单一的, 也可是多个的. 约束条件可以没有, 也可有多个. 当 $g(x_i, y_j, \xi_k) \geq 0$ 取等式时, 即为平衡条件. 当模型中无随机因素时, 称它为确定性模型, 否则为随机模型. 随机模型的评价准则可用期望值, 也可用方差, 还可用某种概率分布来表示. 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. 也可按使用的数学工具将模型分为代数方程模型、微分方程模型、概率统计模型、逻辑模型等. 若用求解方法来命名时, 有直接最优化模型、数字模拟模型、启发式模型. 也有按用途来命名的, 如分配模型、运输模型、更新模型、排队模型、存储模型等. 还可以用研究对象来命名, 如能源模型、教育模型、军事对策模型、宏观经济模型等.

1.5 运筹学的应用

在介绍运筹学的简史时, 已提到了运筹学在早期的应用主要在军事领域. 第二次世界大战后运筹学的应用转向民用, 这里只能对某些重要领域给予简述.

(1) 市场销售. 主要应用在广告预算和媒介的选择、竞争性定价、新产品开发、销售计划的制订等方面. 如美国杜邦公司在 20 世纪 50 年代起就非常重视将运筹学用于研究如何做好广告工作、产品定价和新产品的引入. 通用电力公司对某些市场进行模拟研究.

(2) 生产计划. 在总体计划方面主要用于总体确定生产、存储和劳动力的配合等计划, 以适应波动的需求计划, 用线性规划和模拟方法等. 如巴基斯坦某一重型制造厂用线性规划安排生产计划, 节省 10% 的生产费用. 还可用于生产作业计划、日程表的编排等. 此外, 还有在合理下料、配料问题、物料管理等方面的应用.

(3) 库存管理. 主要应用于多种物资库存量的管理, 确定某些设备的能力或容量, 如停车场的大小、新增发电设备的容量大小、电子计算机的内存量、合理的水库容量

等. 美国某机器制造公司应用存储论后, 节省 18% 的费用. 目前国外新动向是将库存理论与计算机的物资管理信息系统相结合. 如美国西电公司, 从 1971 年起用 5 年时间建立了“西电物资管理系统”, 使公司节省了大量物资存储费用和运费, 而且减少了管理人员.

(4) 运输问题. 这涉及空运、水运、公路运输、铁路运输、管道运输、厂内运输. 空运问题涉及飞行航班和飞行机组人员服务时间安排等. 为此在国际运筹学协会中设有航空组, 专门研究空运中的运筹学问题. 水运有船舶航运计划, 港口装卸设备的配置和船到港后的运行安排. 公路运输除了汽车调度计划外, 还有公路网的设计和分折, 市内公共汽车路线的选择和行车时刻表的安排, 出租汽车的调度和停车场的设立. 铁路运输方面的应用就更多了.

(5) 财政和会计. 这里涉及预算、贷款、成本分析、定价、投资、证券管理、现金管理等. 用得较多的方法是统计分析、数学规划、决策分析. 此外还有盈亏点分析法、价值分析法等.

(6) 人事管理. 这里涉及六个方面, 首先是人员的获得和需求估计; 第二是人才的开发, 即进行教育和训练; 第三是人员的分配, 主要是各种指派问题; 第四是各类人员的合理利用问题; 第五是人才的评价, 其中有如何测定一个人对组织、社会的贡献; 第六是工资和津贴的确定等.

(7) 设备维修、更新和可靠性, 项目选择和评价.

(8) 工程的优化设计. 这在建筑、电子、光学、机械和化工等领域都有应用.

(9) 计算机和信息系统. 可将运筹学用于计算机的内存分配, 研究不同排队规则对磁盘工作性能的影响. 有人利用整数规划寻找满足一组需求文件的寻找次序, 利用图论、数学规划等方法研究计算机信息系统的自动设计.

(10) 城市管理. 这里有各种紧急服务系统的设计和运用, 如救火站、救护车、警车等分布点的设立. 美国曾用排队论方法来确定纽约市紧急电话站的值班人数. 加拿大曾研究一城市的警车的配置和负责范围, 出事故后警车应走的路线等. 此外还有城市垃圾的清扫、搬运和处理; 城市供水和污水处理系统的规划等.

我国运筹学的应用是在 1957 年始于建筑业和纺织业. 在理论联系实际的思想指导下, 从 1958 年开始在交通运输、工业、农业、水利建设、邮电等方面都有应用. 尤其是在运输方面, 从物资调运装卸到调度等. 在粮食部门, 为解决合理粮食调运问题, 提出了“图上作业法”. 我国的运筹学工作者从理论上证明了它的科学性. 在解决邮递员合理投递路线时, 管梅谷提出了国外称之为“中国邮路问题”的解法. 在工业生产中推广了合理下料、机床负荷分配. 在纺织业中曾用排队论方法解决细纱车间劳动组织、最优折布长度等问题. 在农业中研究了作业布局、劳力分配和麦场设置等. 从 20 世纪 60 年代起我国的运筹学工作者在钢铁和石油部门开展较全面的和深入的应用; 投入产出法在钢铁部门首先得到应用. 从 1965 年起统筹法的应用在建筑业、大型设备维修计划等方面取得可喜的进展. 从 1970 年起在全国大部分省、市和部门推广优选法. 其应用范围有配方、配比的选择, 生产工艺条件的选择, 工艺参数的确定, 工程设计参数的选择, 仪器仪表的调试等. 在 20 世纪 70 年代中期最优化方法在工程设

计界得到广泛的重视。在光学设计、船舶设计、飞机设计、变压器设计、电子线路设计、建筑结构设计和化工过程设计等方面都有成果。从 20 世纪 70 年代中期排队论开始应用于研究矿山、港口、电讯和计算机的设计等方面。图论曾用于线路布置和计算机的设计、化学物品的存放等。存储论在我国应用较晚，20 世纪 70 年代末在汽车工业和其他部门取得成功。近年来运筹学的应用已趋向研究规模大和复杂的问题，如部门计划、区域经济规划等；并已与系统工程难以分解。