

运筹学

(第三版)

《运筹学》教材编写组 编

清华大学出版社



内 容 简 介

本书在修订版基础上,吸收了广大读者的意见,做了局部调整和修改。除原有线性规划、整数规划、非线性规划、动态规划、图与网络分析、排队论、存储论、对策论、决策论、目标规划和多目标决策以外,增加了启发式方法一章。

本书着重介绍运筹学的基本原理和方法,注重结合经济管理专业实际,具有一定的深度和广度。书中每章后附有习题,便于自学。有些部分的后面增补了“注记”,便于读者了解运筹学各分支的发展趋势。

本书可作为高等院校理工科各专业的教材,亦可作为考研研究生的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学/《运筹学》教材编写组编. —3版. —北京:清华大学出版社,2005.6
ISBN 7-302-10214-7

I. 运… II. 运… III. 运筹学—高等学校—教材 IV. O22

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第139321号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084
社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:魏荣桥

印装者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:30.5 字数:721千字

版 次:2005年6月第3版 2005年6月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10214-7/F·1041

印 数:1~20000

定 价:39.00元

序 言

(修订版)

为了实现我国的四个现代化,我们不但要学习和掌握先进的科学技术,而且要学习和掌握现代化的科学管理方法。近几年来,我们从管理实践中更加认识到,由于计划和管理不当,在时间、人力、物力和资金等方面造成了很大的浪费,从而给我国的经济建设带来了严重损失。为了适应现代化管理的需要,最近几年在我国许多工科院校中,相继建立了一些工业经济、工商管理或系统工程等系或专业,并且都开设了运筹学的课程。

运筹学是近几十年来发展起来的一门新兴学科。它的目的是为行政管理人员在做决策时提供科学的依据。因此,它是实现管理现代化的有力工具。运筹学在生产管理、工程技术、军事作战、科学试验、财政经济以及社会科学中都得到了极为广泛的应用。

应用运筹学去处理问题时,有两个重要的特点:一是从全局的观点出发;二是通过建立模型,如数学模型或模拟模型,对于要求解的问题得到最合理的决策。在建立模型和求解的过程中,往往要用到一些数学方法和技巧。因此,许多运筹学工作者,特别是中国的运筹学工作者,往往都是来自数学专业。由于这个原因,目前国内流行的有关运筹学的教科书,多半偏重于数学方法的论证,对于解决实际问题时所需要的建立模型的概念与解题的技巧不够重视。这种情况不太适宜于工科院校学生的需要。本书是专为工科院校的经济管理专业的学生编写的。内容上力求深入浅出,文字通俗易懂,方法上着重于思路和几何的直观解释,并尽量结合经济管理专业举一些实例。

本书自1982年出版以来,受到工科院校从事运筹学教学的老师和学习运筹学的学生们的欢迎,1990年修订版已经被国家教委管理工程专业教材委员会推荐为经济管理类通用教材。在总结多年本书教学经验基础上,吸收了广大读者的意见,作者们做了进一步修改和增补,增加了绪论部分、目标规划、多目标决策等,原来各章也根据不同情况做了修改。它的出版无疑对我国运筹学教学以及促进运筹学的研究都将是有意义的。

中国数学会运筹学会 许国志 桂湘云

第三版前言

1980年11月在天津大学召开了教育部直属高等工科院校经济管理工程专业的第二次座谈会(管理工程专业协作组会议)。会上讨论了六门课的教学大纲。与会运筹学教师虽然初次见面,但志同道合地决定集体编写《运筹学》教材。参加编写的作者有:李维铮、郭耀煌、甘应爱、田丰、郑大本、李梅生、胡运权、钱颂迪、顾基发、李德。《运筹学》试用教材的编写完成后,于1982年2月由清华大学出版社出版。该书是国内首次出版的运筹学大学教材,受到各方面普遍的关注。经各校使用后,总结经验,在1990年出版了修订版,参加修订的作者有:甘应爱、田丰、李维铮、李梅生、陈秉正、郑大本、胡运权、顾基发、郭耀煌、钱颂迪、薛华成。现又经过14年。运筹学的研究和应用在我国获得了更大发展。为适应当前高校运筹学教学和科研的需要,本教材再次修订和出版第三版。参加这次修订的作者,除个别的还年轻外,大部分作者已退居二线或已退休。本教材从开始编写到第三版出版,自始至终充分体现了作者之间的真诚合作精神。当第三版出版时,我们深深地怀念已去世的作者李德、郑大本、李维铮三位教授。

这次修订的主导思想是:教材中的内容都是运筹学的基础知识,所以全书的内容不做大变动,在文字表达和内容阐述方面力求简明正确。修改陈旧的内容,个别的章节给予重写,如修订后网络计划一章的术语与符号都符合新的技术规程,适当增加新内容。

我国拥有资源量,按人均来看,是一个资源相对贫乏的国家。如何合理、有效、经济地利用资源,是一个迫切需要研究解决的问题。提高管理工作的效能和效益,使人尽其才,物尽其用,将运筹学的方法应用于实践,运筹学的应用有着广阔的前景。管理工作、科学工作者和从事工程科学管理的人们都需要学习和掌握这门科学,以适应我国21世纪经济建设的需要。

参加本次修订的作者为:

- | | |
|-------------|-------------------------------------|
| 一、绪论 | 顾基发(中国科学院系统科学研究所) |
| 二、线性规划和目标规划 | 钱颂迪(南京航天管理干部学院)
胡运权(哈尔滨工业大学管理学院) |
| 三、整数规划 | 李维铮(天津大学管理学院) |
| 四、非线性规划 | 郭耀煌(西南交通大学经济管理学院) |
| 五、动态规划 | 甘应爱(华中科技大学) |
| 六、图与网络分析 | |
| 第10章 | 田丰(中国科学院系统科学研究所) |
| 第11章 | 钱颂迪 |
| 七、排队论 | 李维铮(天津大学管理学院) |
| 八、存储论 | 李梅生(华中科技大学) |

九、对策论 陈秉正(清华大学管理学院)

十、决策论

第 15 章 钱颂迪

第 16 章 顾基发

十一、启发式方法

第 17 章 郭耀煌

本书如有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作者

目 录

一、绪 论

第 1 节 运筹学的简史	1
第 2 节 运筹学的性质和特点	2
第 3 节 运筹学的工作步骤	3
第 4 节 运筹学的模型	3
第 5 节 运筹学的应用	4
第 6 节 运筹学的展望	6
参考资料	7

二、线性规划与目标规划

第 1 章 线性规划与单纯形法	8
第 1 节 线性规划问题及其数学模型	8
第 2 节 线性规划问题的几何意义	16
第 3 节 单纯形法	20
第 4 节 单纯形法的计算步骤	28
第 5 节 单纯形法的进一步讨论	32
第 6 节 应用举例	38
习题	44
第 2 章 对偶理论和灵敏度分析	47
第 1 节 单纯形法的矩阵描述	47
第 2 节 改进单纯形法	48
第 3 节 对偶问题的提出	51
第 4 节 线性规划的对偶理论	53
第 5 节 对偶问题的经济解释——影子价格	60
第 6 节 对偶单纯形法	61
第 7 节 灵敏度分析	63
第 8 节 参数线性规划	70
习题	73
第 3 章 运输问题	78
第 1 节 运输问题的数学模型	78
第 2 节 表上作业法	79
第 3 节 产销不平衡的运输问题及其求解方法	89
第 4 节 应用举例	91

习题	97
第 4 章 目标规划	101
第 1 节 目标规划的数学模型	101
第 2 节 解目标规划的图解法	103
第 3 节 解目标规划的单纯形法	104
第 4 节 灵敏度分析	106
第 5 节 应用举例	108
习题	111
参考资料	113

三、整数规划

第 5 章 整数规划	114
第 1 节 整数规划问题的提出	114
第 2 节 分支定界解法	115
第 3 节 割平面解法	118
第 4 节 0—1 型整数规划	122
第 5 节 指派问题	126
习题	131
参考资料	132

四、非线性规划

第 6 章* 无约束问题	133
第 1 节 基本概念	133
第 2 节 一维搜索	146
第 3 节 无约束极值问题的解法	151
第 7 章* 约束极值问题	171
第 1 节 最优性条件	171
第 2 节 二次规划	175
第 3 节 可行方向法	177
第 4 节 制约函数法	180
习题	187
参考资料	190

五、动态规划

第 8 章 动态规划的基本方法	191
第 1 节 多阶段决策过程及实例	191
第 2 节 动态规划的基本概念和基本方程	193
第 3 节 动态规划的最优性原理和最优性定理	201
第 4 节 动态规划和静态规划的关系	203

习题	211
第 9 章 动态规划应用举例	213
第 1 节 资源分配问题	213
第 2 节 生产与存储问题	224
第 3 节* 背包问题	233
第 4 节* 复合系统工作可靠性问题	236
第 5 节 排序问题	238
第 6 节 设备更新问题	241
第 7 节* 货郎担问题	244
习题	245
参考资料	250

六、图与网络分析

第 10 章 图与网络优化	251
第 1 节 图的基本概念	251
第 2 节 树	255
第 3 节 最短路问题	261
第 4 节 网络最大流问题	268
第 5 节 最小费用最大流问题	274
第 6 节 中国邮递员问题	276
习题	281
参考资料	284
第 11 章 网络计划	286
第 1 节 网络计划图	286
第 2 节 网络计划图的时间参数计算	290
第 3 节 时标网络计划图	294
第 4 节 网络计划的优化	295
第 5 节 网络计划软件	298
参考资料	300

七、排队论

第 12 章 排队论	301
第 1 节 基本概念	301
第 2 节 到达间隔的分布和服务时间的分布	306
第 3 节 单服务台负指数分布排队系统的分析	313
第 4 节 多服务台负指数分布排队系统的分析	322
第 5 节 一般服务时间 $M/G/1$ 模型	329
第 6 节 经济分析——系统的最优化	331
第 7 节 分析排队系统的随机模拟法	335

习题.....	339
---------	-----

八、存储论

第 13 章 存储论	343
第 1 节 存储论的基本概念.....	343
第 2 节 确定性存储模型.....	346
第 3 节 随机性存储模型.....	358
第 4 节 其他类型存储问题.....	373
习题.....	374
参考资料.....	376

九、对策论

第 14 章 对策论基础	377
第 1 节 引言.....	377
第 2 节 矩阵对策的基本定理.....	380
第 3 节 矩阵对策的解法.....	393
第 4 节* 其他类型对策简介	403
习题.....	410
参考资料.....	412

十、决策论

第 15 章 单目标决策	413
第 1 节 决策的分类.....	413
第 2 节 决策过程.....	414
第 3 节 不确定型的决策.....	416
第 4 节 风险决策.....	419
第 5 节 效用理论在决策中的应用.....	425
第 6 节 决策树.....	428
第 7 节 灵敏度分析.....	431
习题.....	432
参考资料.....	435
第 16 章* 多目标决策	436
第 1 节 引言.....	436
第 2 节 基本概念.....	436
第 3 节 化多为少的方法.....	440
第 4 节 分层序列法.....	447
第 5 节 直解求非劣解.....	448
第 6 节 多目标线性规划的解法.....	449
第 7 节 层次分析法.....	453

参考资料..... 458

十一、启发式方法

第 17 章 启发式方法 460

 第 1 节 基本概念..... 460

 第 2 节 应用及例子..... 462

 习题..... 472

 参考资料..... 474

一、绪论

第1节 运筹学的简史

运筹学作为科学名字出现在 20 世纪 30 年代末。当时英、美对付德国的空袭,雷达作为防空系统的一部分,从技术上是可行的,但实际运用时却并不好用。为此一些科学家研究如何合理运用雷达开始进行一类新问题的研究。因为它与研究技术问题不同,就称之为“运用研究”(operational research)(我国在 1956 年曾用过运用学的名词,到 1957 年正式定名为运筹学)。为了进行运筹学研究,在英、美的军队中成立了一些专门小组,开展了护航舰队保护商船队的编队问题和当船队遭受德国潜艇攻击时,如何使船队损失最少的问题的研究。研究了反潜深水炸弹的合理爆炸深度后,使德国潜艇被摧毁数增加到 400%;研究了船只在受敌机攻击时,提出了大船应急转向和小船应缓慢转向的逃避方法。研究结果使船只在受敌机攻击时,中弹数由 47% 降到 29%。当时研究和解决的问题都是短期的和战术性的。第二次世界大战后在英、美军队中相继成立了更为正式的运筹研究组织。并以兰德公司(RAND)为首的一些部门开始着重研究战略性问题、未来的武器系统的设计和其可能合理运用的方法。例如为美国空军评价各种轰炸机系统,讨论了未来的武器系统和未来战争的战略。他们还研究了苏联的军事能力及未来的预报,分析苏联政治局计划的行动原则和将来的行动预测。到 20 世纪 50 年代,由于开发了各种洲际导弹,到底发展哪种导弹,运筹学界也投入了争论。到 20 世纪 60 年代,参与了战略力量的构成和数量问题研究,除军事方面的应用研究以外,相继在工业、农业、经济和社会问题等各领域都有应用。与此同时,运筹数学有了飞快的发展,并形成了运筹学的许多分支。如数学规划(线性规划、非线性规划、整数规划、目标规划、动态规划、随机规划等)、图论与网络、排队论(随机服务系统理论)、存储论、对策论、决策论、维修更新理论、搜索论、可靠性和质量管理等。作为运筹学的早期工作其历史可追溯到 1914 年,军事运筹学中的兰彻斯特(Lanchester)战斗方程是在 1914 年提出的。排队论的先驱者丹麦工程师爱尔朗(Erlang)1917 年在哥本哈根电话公司研究电话通信系统时,提出了排队论的一些著名公式。存储论的最优批量公式是在 20 世纪 20 年代初提出的。在商业方面列温逊在 20 世纪 30 年代已用运筹思想分析商业广告、顾客心理。线性规划是由丹捷格(G. B. Dantzig)在 1947 年发表的成果。所解决的问题是美国制定空军军事规划时提出的,并提出了求解线性规划问题的单纯形法。而早在 1939 年前苏联的学者康托洛维奇(Л. В. Канторович)在解决工业生产组织和计划问题时,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。由于当时未被领导重视,直到 1960 年康托洛维奇再次发表了《最佳资源利用的经济计算》一书后,才受到国内外的一致重视。为此康托洛维奇得到了诺贝尔奖金。值得一提的是丹捷格认为线性规划模型的提出是受到了列昂节夫的投入产出模型(1932 年)的影响。关于线性规划的理论是受到了冯·诺依曼(Von Neumann)的帮助。冯·诺

依曼和摩根斯坦(O. Morgenstern)合著的《对策论与经济行为》(1944年)是对策论的奠基作,同时该书已隐约地指出了对策论与线性规划对偶理论的紧密联系。线性规划提出后很快受到经济学家的重视,如在第二次大战中从事运输模型研究的美国经济学家库普曼斯(T. C. Koopmans),他很快看到了线性规划在经济中应用的意义,并呼吁年轻的经济学家要关注线性规划。其中阿罗、萨缪尔逊、西蒙、多夫曼和胡尔威茨等都获得了诺贝尔奖金,并在运筹学某些领域中发挥过重要作用。回顾一下最早投入运筹学领域工作的诺贝尔奖金获得者、美国物理学家勃拉凯特(Blackett)领导的第一个以运筹学命名的小组是有意义的。由于该小组的成员复杂,人们戏称它为勃拉凯特马戏团,其实是一个由各方面专家组成的交叉学科小组。从以上简史可见,为运筹学的建立和发展作出贡献的有物理学家、经济学家、数学家、其他专业的学者、军官和各行业的实际工作者。

最早建立运筹学会的国家是英国(1948年),接着是美国(1952年)、法国(1956年)、日本和印度(1957年)等。到2005年为止,国际上已有48个国家和地区建立了运筹学会或类似的组织。我国的运筹学会成立于1980年。在1959年英、美、法三国的运筹学会发起成立了国际运筹学联合会(IFORS),以后各国的运筹学会纷纷加入,我国于1982年加入该会。此外还有一些地区性组织,如欧洲运筹学协会(EURO)成立于1975年,亚太运筹学协会(APORS)成立于1985年。

在20世纪50年代中期钱学森、许国志等教授将运筹学由西方引入我国,并结合我国的特点在国内推广应用。在经济数学方面,特别是投入产出表的研究和应用开展较早。质量控制(后改为质量管理)的应用也有特色。在此期间以华罗庚教授为首的一大批数学家加入到运筹学的研究队伍,使运筹学的很多分支很快跟上当时的国际水平。

第2节 运筹学的性质和特点

运筹学是一门应用科学,至今还没有统一且确切的定义。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。”它首先强调的是科学方法,这含义不单是某种研究方法的分散和偶然的应用,而是可用于整个一类问题上,并能传授和有组织地活动。它强调以量化为基础,必然要用数学。但任何决策都包含定量和定性两方面,而定性方面又不能简单地用数学表示,如政治、社会等因素,只有综合多种因素的决策才是全面的。运筹学工作者的职责是为决策者提供可以量化方面的分析,指出那些定性的因素。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,如综合运用经济学、心理学、物理学、化学中的一些方法。运筹学是强调最优决策,“最”是过份理想了,在实际生活中往往用次优、满意等概念代替最优。因此,运筹学的又一定义是:“运筹学是一种给出问题坏的答案的艺术,否则的话问题的结果会更坏。”

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。在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。

第3节 运筹学的工作步骤

运筹学在解决大量实际问题过程中形成了自己的工作步骤。

(1) 提出和形成问题。即要弄清问题的目标,可能的约束,问题的可控变量以及有关参数,搜集有关资料;

(2) 建立模型。即把问题中可控变量、参数和目标与约束之间的关系用一定的模型表示出来;

(3) 求解。用各种手段(主要是数学方法,也可用其他方法)将模型求解。解可以是最优解、次优解、满意解。复杂模型的求解需用计算机,解的精度要求可由决策者提出;

(4) 解的检验。首先检查求解步骤和程序有无错误,然后检查解是否反映现实问题;

(5) 解的控制。通过控制解的变化过程决定对解是否要作一定的改变;

(6) 解的实施。是指将解用到实际中必须考虑到实施的问题,如向实际部门讲清解的用法,在实施中可能产生的问题和修改。

以上过程应反复进行。

第4节 运筹学的模型

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是较容易改变,这样是有助于问题的分析和研究。利用模型可以进行一定预测、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、投入产出模型、排队模型、存储模型、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(scenario)。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 是等式时,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。

第5节 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、销售计划的制定等方面。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析,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……

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。在粮食部门的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。

第 6 节 运筹学的展望

关于运筹学将往哪个方向发展,从 20 世纪 70 年代起西方运筹学工作者有种种观点,至今还未说清。这里提出某些运筹学界的观点,供研究参考。美国前运筹学会主席邦特(S. Bondar)认为,运筹学应在三个领域发展:运筹学应用、运筹科学和运筹数学。并强调发展前两者,从整体讲应协调发展。事实上运筹数学到 20 世纪 70 年代已形成一系列强有力的分支,数学描述相当完善,这是一件好事。正是这一点使不少运筹学界的前辈认为,有些专家钻进运筹数学的深处,而忘掉了运筹学的原有特色,忽略了多学科的横向交叉联系和解决实际问题的研究。近几年来出现一种新的批评,指出有些人只迷恋于数学模型的精巧、复杂化,使用高深的数学工具,而不善于处理面临大量新的不易解决的实际问题。现代运筹学工作者面临的大量新问题是经济、技术、社会、生态和政治等因素交叉在一起的复杂系统。因此,从 20 世纪 70 年代末至 20 世纪 80 年代初不少运筹学家提出:要大家注意研究大系统,注意与系统分析相结合。美国科学院国际开发署写了一本书,其书名就把系统分析和运筹学并列。有的运筹学家提出了“要从运筹学到系统分析”的报告。由于研究新问题的时间范围很长,因此必须与未来学紧密结合。由于面临的问题大多是涉及技术、经济、社会、心理等综合因素的研究,在运筹学中除常用的数学方法以外,还引入一些非数学的方法和理论。曾在 20 世纪 50 年代写过“运筹学的数学方法”的美国运筹学家沙旦(T. L. Saaty),他在 20 世纪 70 年代末提出了层次分析法(AHP),并认为过去过分强调调巧的数学模型,可是它很难解决那些非结构性的复杂问题。因此宁可用看起来是简单和粗糙的方法,加上决策者的正确判断,却能解决实际问题。切克兰特(P. B. Checkland)把传统的运筹学方法称为硬系统思考,它适用于解决那种结构明确的系统以及战术和技术性问题,而对于结构不明确的,有人参与活动的系统就不太胜任了。这就应采用软系统思考方法,相应的一些概念和方法都应有所变化,如将过分理想化的“最优解”换成“满意解”。过去把求得的“解”看作精确的、不能变的凝固的东西,而现在要以“易变性”的理念看待所得的“解”,以适应系统的不断变化。解决问题的过程是决策者和分析者发挥其创造性的过程,这就是进入 20 世纪 70 年代以来人们愈来愈对人机对话的算法感兴趣的原因。在 20 世纪 80 年代中一些重要的与运筹学有关的国际会议中,大多数认为决策支持系统是使运筹学发展的一个好机会。进入 20 世纪 90 年代和 21 世纪初,发生两个很重要的趋势。一个是软运筹学崛起。主要发源地是在英国。1989 年英国运筹学学会开了一个会议,后来由罗森汉特(J. Rosenhead)主编了一本论文集,后来被称为软运筹学的“圣经”。里面提到了不少新的属于软运筹的方法。如软系统方法论(SSM; Checkland)、战略假设表面化与检验(SAST; Mason & Mitroff)、战略选择(SC; Friend)、问题结构法(PSM; Bryant & Rosenhead)、超对策(hypergame; Benett)、亚对策(Metagame; Howard)、战略选择发展与分析(SODA; Eden)、生存系统模型(VSM; Beer)、对话式计划(IP; Ackoff)、批判式系统启发(CSH; Ulrich)等。2001 年该书出版修订版,增加了很多实例。另一个趋势是与优化有关的,即软计算。这种方法不追求严格最优,具有

启发式思路,并借用来自生物学、物理学和其他学科的思想来解寻优方法。其中最著名的有遗传算法(GA;Holland)、模拟退火(SA;Metropolis)、神经网络(NN)、模糊逻辑(FL;Zadeh)、进化计算(EC)、禁忌算法(TS)、蚁群优化(ACO;Dorigo)等。目前国际上已有世界软计算协会。2004年召开第9届国际会议。但都是在网络上开会,并且有杂志:Applied soft computing。此外在一些老的分支方面,如线性规划也出现新的亮点,如内点法;图论中出现无标度网络(scale-free network)等。总之运筹学还在不断发展中,新的思想、观点和方法不断地出现。本书作为一本教材,所提供的一些运筹学思想和方法都是基本的,作为学习运筹学的读者必须掌握的知识。

参 考 资 料

- [1] Moder J J, Elmaghraby S E. Handbook of Operations Research. Foundations and Fundamentals, Vol. 1; Models and Application, Vol. 2. Von Nostrand Reinhold Company, 1978
- [2] Morse P M, Brown A A etc. Systems Analysis and Operations Research tool for policy and program planning for developing countries, National Academy of Sciences, 1976
- [3] 日本运筹学会. OR事典(1975); OR事典(增补别册)OR事例集(1983). 日科技连出版社
- [4] Haley K B. Operational Research'78. North Holland Publish Company, 1979
- [5] Brans J P. Operational Research'81. North Holland Publish Company, 1981
- [6] Saaty T L. Mathematical Methods of Operations Research, McGraw Hill Book Company Inc. 1959
- [7] Brans J P. Operational Research'84. North Holland Publish Company 1984
- [8] Checkl and P B. Systems thinking, systems practice. Wiley, Chichester, 1981
- [9] Rosenhead J. Mingers J. Rational analysis for a problematic world revisited. Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict. Wiley, Chichester, 2001
- [10] 顾基发, 唐锡晋. 软系统工程方法论与软运筹学. 系统研究. 杭州: 浙江人民出版社, 1996