



实用运筹学

模型、方法与计算

韩中庚 主编

LINGO



清华大学出版社

022/113

2007

韩中庚 主编
郭晓丽 杜剑平 宋留勇 编

实用运筹学

模型、方法与计算

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要是根据运筹学的学科特点,对传统运筹学的内容和方法做了较大的改革,其主要特点是:“掌握概念、介绍原理、注重方法、淡化理论、突出实用”。即各章都详细讲解基本概念和数学模型,简单介绍一般原理和算法,重点讲授应用方法,淡化理论推导和计算,借助于功能强大的数学软件 MATLAB 和专业的优化软件 LINGO 来求解模型,特别突出解决实际问题的“实用性”。

主要内容包括:绪论、线性规划、运输规划、整数规划、目标规划、非线性规划、动态规划、图与网络分析、存储论、排队论、对策论和决策分析 12 个章节。其中每一章都包括问题的提出和数学模型、一般的求解方法介绍、软件求解实现、应用案例分析和应用案例练习等内容。书中的所有例题和练习题全部是实际的应用问题,共包含 60 多个应用案例分析和 100 多个应用练习题。最后给出了介绍 LINGO 和 MATLAB 软件使用方法的两个附录。

本书可作为信息与计算专业或工科各专业的本科生、非运筹学专业的研究生运筹学课程的教材,也可以作为其他专业学生相关课程的参考教材,以及从事相关研究工作的工程技术人员的参考书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

实用运筹学 模型、方法与计算/韩中庚主编. —北京:清华大学出版社,2007.12
ISBN 978-7-302-16148-6

I. 实… II. 韩… III. 运筹学 IV. O22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 144888 号

责任编辑:刘 颖

责任校对:焦丽丽

责任印制:李红英

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:20.5 字 数:419 千字

版 次:2007 年 12 月第 1 版 印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.80 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026601-01

前言

运筹学是运用代数学、统计学等现代应用数学的方法和技术,通过建立数学模型分析研究各种(广义)资源的运用、筹划及相关决策等问题的一门新兴学科。其目的是根据实际问题的具体要求,通过定量的分析与运算,对资源运用、筹划及相关决策等问题做出综合最优的合理安排,以使有限的资源发挥更大的效益或作用。

运筹学作为一门科学最早起源于 20 世纪 30 年代末,运筹学早期的研究和应用都是围绕着军事领域的实际问题展开的,一些研究成果在第二次世界大战中取得了辉煌战果,也充分地显示出了运筹学应用的巨大威力。在第二次世界大战结束以后,随着工业的恢复与繁荣,关于运筹学的研究工作在非军事领域也得到了迅速发展。特别是在 20 世纪 60 年代以后,随着运筹学的理论和方法的不断发展和进一步的完善,使得运筹学的应用范围越来越广泛,其应用学科的地位也被牢固地确立下来。科学技术的飞速发展和研究水平的不断提高,促进了计算机技术的发展,特别是个人计算机的出现和普及,以及软件技术的快速发展,进一步推动了运筹学的发展和应用范围的日益扩大。时至今日,运筹学已经成为各行各业进行管理决策的一个基本工具。

运筹学作为一个较新的学科,经历了半个多世纪的发展里程,以较为成熟的内容形成了运筹学的理论与方法的基本框架,传统运筹学的基本内容主要包括:线性规划、整数规划、非线性规划、目标规划和动态规划(简称五规划),以及对策论、存储论、排队论、决策论和图论(简称五论)等。这“五规划”和“五论”完整的理论体系和方法内容都早已被人们普遍接受,甚至每一部分的基本概念与模型、基本理论和方法、求解算法和步骤等都形成了一定模式,多少年来变化甚少。尤其是现有的一般运筹学的教材几乎无一例外地同属于一个模式。譬如,对于线性规划的内容,总是从一般概念和解的一般理论,到单纯形法和对其对偶理论等,大量的时间和篇幅都是在讲单纯形法与对偶理论,特别是单纯形法的表上作业法,耗时费力。再如,对于非线性规划的内容,总是从一般概念和最优化理论出发,到无约束和有约束问题的各种求解方法,大量的时间和篇幅都是在理论推导上,既复杂又烦琐。诸如此类的问题,人们都已司空见惯,习以为常。这也就使得国内的教材无论是理科用的,还是工科用的,甚至是运筹学专业和非运筹学专业用的教材都千篇一律,同一模式,内容相近,表述也大同小异。对非运筹学相关专业的学生而言,在实际的教学中教师教得很辛苦,学生学得很累,往往效果也不理想。课下经常有学生问:“现在的计算机和专业

的工具软件功能已经非常强大了,还讲这些烦琐的东西干什么?”这个问题虽然问得有点儿简单化,但也给我们教运筹学的教师一些启发,促使我们来思考一个现实的问题,运筹学作为一门实用性强、与实际联系密切的应用学科,如何体现其时代特色和实际的需求?又如何体现运筹学的实用地位和应用价值?怎么样用最短的时间教会学生用运筹学的知识和方法来解决实际中的相关问题?尤其是在轰轰烈烈的教学改革的大潮中,运筹学不能保持沉默和无动于衷。因此,我们认为大学的运筹学教材,尤其是非运筹学专业使用的教材,从内容到方法的改革应该大有作为。这也是我们为什么要写这本书的原因所在,其主导思想是:“掌握概念、介绍原理、注重方法、淡化理论、突出实用。”这也是这本书的最主要特点,即详细讲解基本概念和数学模型,简单介绍一般原理和算法,重点讲授应用方法,淡化理论推导和计算,借助于功能强大的数学软件 MATLAB 和专业优化软件 LINGO 求解模型,特别突出解决实际问题的“实用性”。据此,将这本书起名为《实用运筹学——模型、方法与计算》。

我们正是在这样的指导思想之下,针对工科(非运筹学专业)的本科生和研究生运筹学课程的教学进行了两年多的教学改革实践,实践结果证明是成功的。具体表现为在不增加学时的情况下,使得授课信息量大大增加,纯粹的求解计算内容基本不讲,具体的工作都让计算机去做了。教学过程同计算机和工具软件的使用相结合,使学生的兴趣倍增,内容的更新使教师教着省力,学生学着轻松。同时,通过大量的实际案例的分析和练习,教学更接近实际的科研工作,大大地加强了学生用所学知识和方法来解决实际问题的数学建模能力和素质,这也是培养创新人才所需要的。为此,我们认为,这应该是运筹学课程的教学内容和方法改革的一个主流方向。

本书适用于信息与计算专业或工科各专业的本科生、非运筹学专业的研究生运筹学课程的教材,授课内容可以根据具体的学时和要求进行选择。本书也可以作为其他相关专业学生的相关课程的参考教材,以及从事相关研究工作的工程技术人员参考之用。

本书由解放军信息工程大学韩中庚教授任策划,并主编,郑州轻工业学院郭晓丽副教授(博士)和解放军信息工程大学的杜剑平、宋留勇参加编写。具体分工如下:韩中庚编写绪论和第1~6章,郭晓丽编写第7章和第9章,杜剑平编写第8章、第11章和第12章,宋留勇编写第10章和两个附录。最后由韩中庚统稿。

本书的编写出版得到了解放军信息工程大学的支持和资助,特别是得到了信息工程大学机关、信息工程学院、郑州轻工业学院各级领导的关心和支持。在编写过程中得到了解放军信息工程大学信息工程学院指挥管理系刘向明主任的关心与鼓励,以及全体教员和郑州轻工业学院信息与计算科学系同仁们的帮助。在此,编者以诚挚的心情一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中肯定有不少的错漏,恳请各位同行和热心的读者不吝赐教。

编 者

2007年5月于郑州

目 录

前言	I
第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的由来	1
1.2 运筹学的定义	3
1.3 运筹学的研究对象和目的	4
1.4 运筹学的研究理论	5
1.5 运筹学的研究方法和步骤	7
第 2 章 线性规划	9
2.1 线性规划的问题及其数学模型	9
2.2 线性规划解的概念与理论	14
2.3 线性规划的求解方法	15
2.4 线性规划的对偶问题	17
2.5 线性规划的灵敏度分析	19
2.6 线性规划问题的软件求解	21
2.7 应用案例分析	23
2.8 应用案例练习	34
第 3 章 运输规划	40
3.1 运输规划的问题与数学模型	40
3.2 运输规划的 LINGO 求解方法	43
3.3 应用案例分析	43
3.4 应用案例练习	47
第 4 章 整数规划	51
4.1 整数规划的问题与数学模型	51

IV 目 录

4.2	整数规划的求解方法	52
4.3	0-1 整数规划及求解方法	55
4.4	整数规划的 LINGO 求解方法	58
4.5	应用案例分析	60
4.6	应用案例练习	71
第 5 章	目标规划	76
5.1	目标规划的问题与数学模型	76
5.2	目标规划的求解方法	80
5.3	目标规划的 LINGO 求解方法	82
5.4	应用案例分析	83
5.5	应用案例练习	89
第 6 章	非线性规划	94
6.1	非线性规划的问题与数学模型	94
6.2	无约束非线性规划的求解方法	96
6.3	带约束非线性规划的最优性	100
6.4	带约束非线性规划的求解方法	101
6.5	非线性规划的软件求解方法	105
6.6	应用案例分析	107
6.7	应用案例练习	118
第 7 章	动态规划	121
7.1	动态规划的问题与数学模型	121
7.2	动态规划的求解方法	127
7.3	应用案例分析	129
7.4	应用案例练习	138
第 8 章	图与网络分析	144
8.1	图的基本概念	144
8.2	图的存储结构	146
8.3	最短路问题	147
8.4	最大流问题	149
8.5	旅行商问题	151

8.6	最小生成树问题	152
8.7	匹配与指派问题	154
8.8	应用案例分析	155
8.9	应用案例练习	166
第 9 章	存储论	170
9.1	存储的问题与数学模型	170
9.2	确定性存储模型	172
9.3	随机性存储模型	178
9.4	带约束的存储模型	182
9.5	应用案例分析	184
9.6	应用案例练习	192
第 10 章	排队论	195
10.1	排队论的基本概念与模型	195
10.2	排队模型及其分类	199
10.3	单服务台的排队模型与求解	201
10.4	多服务台的排队模型与求解	206
10.5	排队系统的最优化问题	210
10.6	应用案例分析	212
10.7	应用案例练习	223
第 11 章	对策论	225
11.1	对策问题与对策论的概念	225
11.2	矩阵对策模型	228
11.3	双矩阵对策模型	238
11.4	应用案例分析	241
11.5	应用案例练习	247
第 12 章	决策分析	250
12.1	决策的基本概念	250
12.2	确定型决策	253
12.3	不确定型决策	254
12.4	风险决策	256

VI 目 录

12.5 多目标决策	259
12.6 应用案例分析	267
12.7 应用案例练习	279
附录 A LINGO 使用简介	283
附件 B MATLAB 优化工具箱的使用简介	308
参考文献	318

绪 论

1.1 运筹学的由来

运筹学(operational research,缩写 O. R.)的“运筹”就是运算、筹划的意思.实际上,在现实生活中几乎在每个人的头脑中都自然地存在着一种朴素的“选优”和“求好”的思想.例如,当准备去完成一项任务或去做一件事情时,人们脑子里自然地会产生一个想法,就是在条件允许的范围内,尽可能地找出一个“最好”的办法,去把需要做的事情做好.实际上这就是运筹学的基本思想.

运筹学作为一门科学最早出现在 20 世纪 30 年代末,也就是 1938 年,第二次世界大战前夕,英国面临如何抵御德国飞机轰炸的问题.当时德国拥有一支强大的空军,而英国是一个岛国,国内任何一个地方离海岸线都不超过 100km,当时这段距离德国飞机仅需飞行 17min.英国的飞机要在 17min 内完成预警、起飞、爬高、拦截等动作,在当时技术条件下是非常困难的,因此要求及早发现目标是非常必要的.英国无线电专家沃森·瓦特研制出了雷达,但是后来在几次演习中发现,虽然雷达可以探测到 160km 以外的飞机,可是由于没有一套快速传递、处理和显示信息的设备,所探测到的信息无法提供给指挥员使用,从而不能发挥雷达的作用.当时英国的鲍德西雷达站负责人 A. P. 罗威建议马上开展对雷达系统运用方面的研究.为区别于技术方面的研究,他提出了“operational research”这个术语,原意为“作战研究”.他们后来的研究成果应用于实战取得了辉煌战果.此后,在英国和美国的军队中成立了一些专门的研究组织.所研究的问题涉及护航舰队保护商船队的编队与防御问题、潜艇的搜索识别问题、反潜深水炸弹的合理爆炸深度问题等.当时所研究和解决的问题都是短期的和战术性的问题,第二次世界大战结束以后,在英美两国的军队中相继成立了正式的运筹学研究组织.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,例如,未来的武器系统的设计和其合理运用的方法,各种轰炸机系统的评价,未来的武器系统和未来战争的战略部署,以及苏联的军事能力和未来的发展预测等问

题.到了20世纪50年代,由于多种洲际导弹的出现,导弹系统到底向何处发展,在运筹学界也引起了一场争论.进入了20世纪60年代,运筹学的研究转入了战略力量的构成和数量问题的研究,同时除了军事领域的应用研究以外,相继在工业、农业、经济和社会问题等各领域都有了应用.与此同时,运筹学的研究进入了快速发展阶段,并形成了运筹学的许多新的应用分支.

值得一提的是,作为运筹学的早期工作,其历史可追溯到1914年,英国的工程师兰彻斯特(Lanchester)最早用微分方程来研究作战双方的兵力使用问题,被称为兰彻斯特战斗方程.1917年丹麦工程师埃尔朗(Erlang)在哥本哈根电话公司研究电话通信系统时,提出了排队论(queueing theory)的一些著名公式,为排队论的形成和发展奠定了基础.存储论(inventory theory)的最优批量公式是在20世纪20年代初提出的.线性规划是丹捷格(G. D. Dantzig)1947年发表的研究成果,所解决的问题是美国空军做军事规划时提出的,并提出了求解线性规划问题的单纯形法.事实上,前苏联的学者康托洛维奇早在1939年在解决工业生产组织和计划问题时,就已提出了类似于线性规划的模型,并给出了“解乘法”的求解方法.由于当时未引起领导层的重视,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,才受到国内外科学界的一致重视.为此康托洛维奇获得了诺贝尔经济学奖.后来阿罗、萨缪尔逊、西蒙、多夫曼和胡尔威茨等也都是因为在这一领域的突出工作获得了诺贝尔经济学奖,并在运筹学某些领域中一直发挥着重要的作用.由此,我们也可以清楚地看到,在历史上为运筹学的创立和发展作出突出贡献的有物理学家、经济学家、数学家、军事学家,以及各行业的专家和实际工作者.

自20世纪50年代起,虽然欧美一些国家将这种用于作战研究的理论和方法广泛用于社会和经济各领域,并且仍沿用原词(operational research),但使其含义有了很大的扩展.O. R.传入中国后,曾一度被译为“作业研究”或“运用研究”.1956年,中国学术界通过钱学森、许国志等科学家的介绍,在了解了这门学科后,有关专家就译名问题达成共识,即译为“运筹学”.其译意恰当地反映了运筹学既源于军事决策,又军民通用的特点,并且赋予其作为一门学科的含义.同时,相继有以华罗庚教授为首的一大批数学家加入到了运筹学的研究队伍,使中国运筹学研究的很多分支很快跟上国际水平,并结合我国的特点在国内进行了推广应用.特别是在经济领域,关于投入产出表的研究与应用、质量控制(质量管理)等方面的应用很有特色.

随着运筹学适用于军事领域的相关理论、方法及应用的不断扩展,军事运筹理论研究工作得到了快速深入的发展,军事运筹理论逐步地成为一门独立的军事学科,亦称之为“军事运筹学”.

1.2 运筹学的定义

现在,运筹学虽然是大家公认的一门重要的应用学科,对于运筹学的性质、特点和作用都没有争议,但是运筹学作为一门学科至今还没有一个统一而又确切的定义.下面给出几种关于运筹学的描述.

著名学者莫尔斯和金博尔在《运筹学方法》一书中称运筹学是“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”.

美国1978年出版的《运筹学手册》称:“运筹学是用科学方法去了解 and 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.”

联合国国际科学技术发展局在《系统分析和运筹学》一书中,对运筹学所下的定义是:“能帮助决策人解决那些可以用定量方法和有关理论来处理问题的方法.”

运筹学的权威丘奇曼(Churchman)称:“运筹学是运用科学的方法、技术和工具来处理一个系统运行中的问题,使系统的控制得到最优的解决方法.”

英国运筹学会称:“运筹学是把科学方法应用在指导和管理有关的人员、机器、物资以及工商业、政府和国防方面资金的大系统中所发生的各种问题,帮助主管人员科学地决定方针和政策.”

美国运筹学会称:“运筹学所研究的问题,通常是在要求分配有限资源的条件下,科学地决定如何最好地设计和运营人机系统.”

另外对运筹学还有许多不同的提法,如“应用的科学”、“量化的常识”、“决策的科学方法”、“管理的数学方法”、“作业的科学分析”等.

在我国关于运筹学的描述也有不同的说法.

(1) 运筹学是“运用系统科学方法,经由模型的建立与测试以便得到最优的决策”.

(2) “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,解决实际提出的专门问题,为决策者选择最优决策提供定量依据.”

(3) 在《中国管理百科全书》中写到:“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.”

(4) 在《辞海》中写到:“主要研究经济活动和军事活动中能用数量来表达的有关运用、筹划与管理等方面的问题.它根据问题的要求,通过数学的分析与运用,做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的目的.”

上述所有关于运筹学定义的描述,均强调“最优决策”,其中最优的“最”是过分理想了,在实际生活中的很多问题往往很难做到最优,通常会用“次优”、“满意”等概念代替“最优”.因此,运筹学的定义又可描述为:“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。”

尽管关于运筹学定义的描述不尽相同,但都包含有共同的内容,如“科学的”、“系统的”、“最优的”、“数量化的”、“决策”等。在理解上有很大的不一致,因为运筹学是一门应用学科,涉及面太广,现在看来不可能用一两句话能够完整准确地概括出来,不可能给它下一个严格的数学定义。

1.3 运筹学的研究对象和目的

1.3.1 运筹学的研究对象

运筹学的研究对象是社会、经济、生产管理、军事等活动中的决策优化问题。在这里所说的活动泛指在社会环境、经济基础、军事力量建设和运用中,为达到一定目的而进行的资源运用活动。而决策优化则在于寻求合理有效的资源运用方案或使方案得到最大改进。其资源包括各种活动中所使用的人力、物力、财力或时间等。因此,所说的决策优化可以是相关领域的科学管理中各个方面和各个层次的问题。

运筹学与其他的应用学科不同的地方就在于它是从决策优化的角度研究各种经济和军事等活动中的问题,且力求不仅从定性的方面,而且着重从定量的方面提供可操作的决策优化理论和方法。随着科学技术的发展,尤其是高科技在各个领域的应用,各种资源的建设和运用变得更加复杂。如果不深入地从定性和定量的两个方面来研究其决策问题,那么很难实现科学的管理和决策。从这个意义上讲,运筹学以其特有的研究对象而成为一门重要的应用学科。运筹学是运用自然科学、社会科学、军事科学的相关理论,在研究分析社会、经济、军事领域问题的运用实践活动中产生的交叉学科。它与数学、物理学和计算机技术等都有密切的关系。

1.3.2 运筹学的研究目的

运筹学的研究目的包括对社会、经济、生产管理、军事等活动中决策问题的优化理论方法研究和依据研究结果提出决策方案两个方面。不论从哪一方面来说,其目的都是要实现决策的优化,即为决策者更好地做出运用各种资源的决策提供有定量依据的决策方案。这个目的也充分说明了运筹学的研究方法和适用性的特点。下面从以下四个方面进一步说明:

(1) 运筹学的研究应明确决策目标,并能紧紧围绕着这一目标,强调目标的优化和实现这一目标的行动方案的优化。

(2) 运筹学的研究成果,无论是要做出运用资源的最优行动方案,还是要做出这种行动方案的科学方法,其成效应当主要依靠改变资源的应用方式或方法,即能合理有效地运

113页

(3) 运筹学的研究所给出的决策方案必须有定量的依据,且可操作性强.当然,在多数的问题中,定量的表述不一定是问题的全部,诸如政治、传统、道义等方面的因素在有些问题中也是很重要的.因此,在做出行动方案时,除了定量依据外,也要尽可能地把所涉及的某些非定量的依据考虑进去.

(4) 运筹学的研究是为决策者做决策提出建议,因此,表达研究成果的技术是运筹学研究重要的组成部分.所有的科学成果都有向其他人员传达研究成果的信息.但是运筹学的研究成果通常是要传达给非科技人员的决策者,对于研究成果的表述要尽量做到通俗易懂,当然,也要求决策者尽可能地增强对运筹学研究的了解,以便更有效地发挥运筹学在决策中的作用.

1.4 运筹学的研究理论

运筹学是与自然科学、社会科学、军事科学相结合而发展起来的一门交叉性新兴学科,它的内容十分广泛,且在不断发展.目前,关于运筹学的理论体系还没有形成统一的看法,但大体上其理论主要包括一般方法论、基础理论、基本理论和应用理论四大部分内容.

1.4.1 一般方法论

它是解决相关决策问题的研究与实践的一般方法,主要包括:问题的定量描述方法;问题研究的一般步骤;研究工作的有效组织方法;情况调查和数据搜集方法;各种备选方案的运行实验和检验方法等.

1.4.2 基础理论

运筹学的基础理论是用科学方法来研究资源的运用活动规律而建立起来的,是可以应用于各种科学领域的一般性理论.这些理论的研究对象是在一定程度上通过数学抽象而建立起来的“数学模型”.按照数学模型对客观现象的反映深度,可以将基础理论分为三类:

(1) **经验模型理论** 它是由实验或观察数据而建立的经验或预测模型的理论方法.这类模型主要反映实际现象的行为特性,所用的工具主要是概率统计的知识.

(2) **解析模型理论** 它是针对专门的应用问题建立起来的解析模型及其求解的理论,能够充分地反映实际现象行为的深层机制.这类模型可以分为确定型、随机型和冲突型三类,对于确定性模型的理论有线性规划、整数规划、几何规划、非线性规划、目标规划、动态规划、图论和网络分析、最优控制理论等;对于随机模型的理论有随机过程、排队论、存储论、决策分析等;对于冲突模型的理论有对策论等.

(3) **仿真模型理论** 它是从内在机制和外部行为两方面结合对所研究的实际现象或过程进行仿真分析的理论,如网络仿真模型、系统动力学模型、蒙特卡罗仿真模型等。

1.4.3 基本理论

概率论与数理统计——它是运筹学中最基本的数学工具,在运筹学的研究中广泛应用。概率论是从定量的角度研究随机现象,从而获得相应变化规律的理论;数理统计则是研究如何有效地搜集、利用随机数据,找出随机现象数量指标分布规律及其数字特征的理论。很多实际问题和基础数据均可运用上述理论进行描述或处理。

数学规划理论——研究如何将有限的人力、物力、财力和时间等资源进行最适当、最有效的分配和利用的理论,即研究某些可控因素在某些约束条件下寻求其决策目标(指标值)为最大(或最小)值的理论。根据问题的性质与处理方法的不同,它又可分为线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划、多目标规划等不同的理论。

决策论——研究决策者如何有效地进行决策的理论和方法。决策论能够指导决策人员根据所获得系统的各种状态信息,按照一定的目标和衡量标准进行综合分析,使决策者的决策既符合科学原则,又能满足决策者的需求,从而促进决策的科学化。

排队论——研究关于公用服务系统的排队和拥挤现象的随机特性与规律的理论。排队论特别在军事领域常用于作战指挥、通信与后勤保障、C⁴I(communication, command, control, compute, intelligence)系统的运行管理等领域的分析研究。

存储论——研究合理、经济地进行物资储备的控制策略的理论。在经济管理、军事后勤管理等领域都有广泛的应用。

网络分析——通过对系统的网络描述,应用网络优化理论研究系统并寻求系统优化方案的方法。广泛应用于交通运输、军事指挥、装备研制、后勤保障与管理等活动中的组织计划、控制协调等方面的运筹分析。

对策论——研究冲突现象和选择最优策略的一种理论。适用于各种经济行为、社会管理、军事外交等领域的对抗和冲突条件下决策策略等方面的运筹分析。

其他相关的理论与方法——在研究解决实际中有关决策的问题时,还经常用到一些相关理论和方法,如模糊数学、灰色系统理论、系统动力学、决策支持系统、计算机仿真与模拟等。

1.4.4 应用理论

随着自然科学、社会科学和军事科学的不断发展,运筹学在各相关领域中的应用研究日益广泛和深入,特别是在各专门科学领域应用实践的基础上,已经或正在形成一系列针对不同层次、面向专门领域的理论和方法。其所涉及的应用领域有管理运筹应用理论、经济运筹应用理论、控制运筹应用理论、军事运筹应用理论、工程运筹应用理论等。

1.5 运筹学的研究方法和步骤

1.5.1 运筹学模型的建立方法

用运筹学在研究解决实际问题时,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、关系式以及实体模型描述所认识到的客观对象.利用模型可以对实际问题进行适当的定量分析、帮助决策者做出预测和决策等.通常的模型有三种基本形式:形象模型、模拟模型和数学模型.实际中,用得最多的是数学模型.数学模型的目标评价准则一般要求达到最佳(最大或最小)、适中或满意等,准则可以是单一的,也可以是多个的.约束条件可以没有,也可以有多个.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、对策模型、经济模型等.

构建数学模型的方法和思路一般认为有以下五类.

(1) **直接分析法** 按决策者对问题内在机理的认识和理解直接构造出相应的数学模型.运筹学中有很多成熟的数学模型,如线性规划模型、运输模型、分派模型、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,但是,实际中使用这些模型研究问题时要有针对性地灵活运用,不能生搬硬套.

(2) **类比分析法** 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、热力学系统等.电路系统之间也有很多彼此类同的现象,甚至有些经济、社会及军事系统等也可以与物理系统来进行类比.在分析某些政治、经济、社会 and 军事的问题时,不同的国家之间、不同的团体之间、不同的组织之间在某些问题上都可能有一些可类比的现象.

(3) **数据分析法** 对于实际中有些问题的机理尚未了解清楚,如果能搜集到与此问题密切相关的大量数据信息,或者通过某些试验获得大量的数据信息,那么就可以利用统计分析方法来建立问题的数学模型.

(4) **试验分析法** 实际中,往往是有些问题的机理并不清楚,而且又不能通过大量的试验来获取数据,这时为了研究问题的需要,只能通过做某些局部的试验,采集一些相关数据,加上一定的分析来构造问题的数学模型.

(5) **逻辑分析法** 如果有些问题的机理不清,又缺少数据,同时又不能通过试验来获取数据时(例如一些政治、社会、经济、军事领域的问题),那么人们只能在已有的知识、经

验和某些研究的基础上,对于系统将来可能发生的变化情况做出逻辑上合理的推断和描述.然后用已有的方法来构造相应的模型,并不断地进行修正和完善,直至比较满意为止.

1.5.2 运筹学的研究方法

运筹学的研究方法除了遵循一般的科学研究方法外,还有其特殊的研究方法,主要有以下三种方法.

(1) **实验方法** 在可控条件下的各种活动实验中,验证运筹学的某一理论符合实际问题的程度和预测方案实施的可能效果,从而丰富和发展运筹学的理论和方法,进一步研究解决更广泛的问题.

(2) **总结经验方法** 运筹学的理论和方法,大多是从社会、经济、生产和军事活动的实践中总结出来的一些定量分析理论和方法,这些理论和方法具有一定的普遍性.因此,当在现实生活中遇到同类性质的问题时,可以采用相应的理论和方法进行研究和分析.由于实际中的问题复杂多变,在利用这些理论和方法分析问题的结果时,必须通过大量的实践进行检验和修正.

(3) **人-机结合方法** 由于计算机技术的飞速发展,拓展了运筹学的研究方法和应用范围,从而出现了一些适用于运筹学理论研究的人-机结合的新方法.尤其是功能强大的工具软件的出现,使得那些原来只能用几种简单常用的研究方法而难以深入探索的一些层次较高、内容比较复杂的问题得以解决,甚至原来认为不可能解决的问题现在也可以解决.

1.5.3 运筹学的研究步骤

运筹学在解决大量实际问题的过程中,形成了自己的研究步骤.

(1) **提出问题** 首先分析实际问题背景和相关因素及其关系,弄清要解决问题的目标、可能的约束条件、问题的可控变量以及有关参数,搜集与其相关的数据资料,再综合概述为适合运筹学研究的问题.

(2) **建立模型** 把所研究的问题中可控变量、参数、目标与约束之间的关系用一定的数学模型表示出来.

(3) **求解模型** 用各种手段(主要是解析方法、数值方法,也可用其他方法)来求解数学模型.解可以是最优解,或次优解,也可是满意解.对于复杂的数学模型可以使用计算机来求解,或借助于工具软件求解,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,然后检验解是否能够较好地反映和解释现实问题.

(5) **解的控制** 通过控制解的变化过程,决定是否需要对模型和解作一定的改进和修正.

(6) **解的实施** 要将所得到的问题的解,用到实际中去,就必须考虑到解的实施问题.如向实际应用部门讲清模型和解的用法,以及在实施中可能出现的问题和解决的方法等.