



辽宁省“十二五”普通高等教育本科省级规划教材

全国普通高等院校
信息管理与信息系统专业规划教材

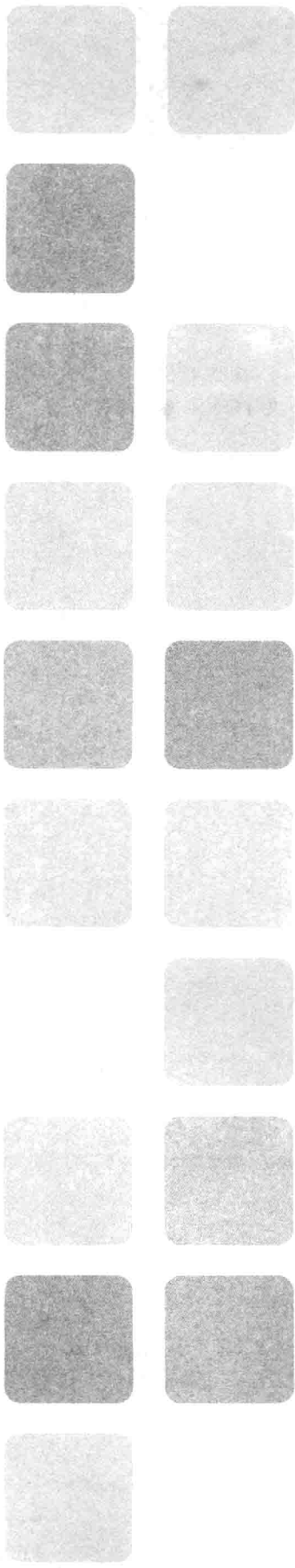
实用管理运筹学 (第二版)

徐家旺 刘 彬 主 编

姜 波 王晓波 副主编

清华大学出版社





全国普通高等院校
信息管理与信息系统专业规划教材

实用管理运筹学

(第二版)

徐家旺 刘 彬 主 编
姜 波 王晓波 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书整合了运筹学和 LINGO 软件两部分的内容,在现有有关运筹学和 LINGO 软件教材的基础之上,从实用角度出发,将运筹学的建模方法、应用实例与 LINGO 软件计算有机结合,涵盖了经常使用的运筹学模型。

本书注重运筹学模型在管理科研和实践中的应用,淡化有关的理论证明,着重从实际应用角度出发,对各种运筹学方法进行详尽的阐述,以运筹学原理和建模为出发点,结合实例讲解各种运筹学方法的建模技巧和求解模型的基本方法,利用 LINGO 软件求解各种模型的编程方法。

本书可以作为大专院校理、工、经、管等各类专业的本科生和研究生教材,是学生、教师、科研人员和管理工作学习运筹学和 LINGO 软件的良好益友,有助于读者使用 LINGO 软件解决科研和管理实践过程中遇到的实际问题。

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

实用管理运筹学/徐家旺,刘彬主编. —2 版. —北京:清华大学出版社,2014

全国普通高等院校信息管理与信息系统专业规划教材

ISBN 978-7-302-35898-5

I. ①实… II. ①徐… ②刘… 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(2014)第 061882 号

责任编辑:白立军

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.75

字 数:653 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 2014 年 8 月第 2 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.50 元

产品编号:058619-01

第二版前言

本书从管理学和经济学的角度介绍运筹学的基本知识,以各种实际问题为背景,引出运筹学主要分支的基本概念、模型和方法,侧重各种方法及其应用,而对其理论一般不作证明,对许多数学公式也回避繁复的数学推导。对于复杂的运筹学算法,大都尽量运用直观手段和通俗语言来说明其基本思想,并辅以较丰富的算例和实例来说明求解的步骤和方法。另外,本书还将 LINGO 优化建模软件引入到各类运筹学模型的实际应用之中,较系统地介绍了利用 LINGO 软件解决各类实际管理问题的编程方法,并给出了求解各类大型运筹学模型的通用 LINGO 程序。

本书自第一版问世以来,在同行专家和广大读者的关怀和支持下,先后被多所兄弟院校选为理、工、经、管等各类专业本科生和研究生的教材或参考书。2013 年,本书第一版被列为辽宁省首批“十二五”普通高等教育本科省级规划教材,被作者所在学校评为精品教材一等奖并获得校级教学成果二等奖。

经过 5 年多的使用和检验,在第一版的基础上,根据教学过程中有关专家、学者的意见,以及各位编者在教学过程中发现的不足,也为了更好地适应读者的要求和教材的定位,我们对第一版的部分内容进行了修订。修订的主要内容如下。

(1) 大幅调整并增加了各章课后的练习题数量,更换了部分章节的例题,使练习题和例题更具有代表性。同时,为了便于读者自学和自查学习效果,在附录中较详细地给出了每章课后习题的参考答案,并在配套资料中给出了每道习题的详细解答过程。

(2) 第二版的第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 7 章基本上是重新编写的。在第 3 章中补充了大量整数规划(尤其是 0-1 整数规划)建模实例;在第 4 章中增加了求解多目标线性规划的逐步法和妥协约束法,增加了数据包络分析和层次分析法等;在第 7 章中增写了纳什均衡等方面的知识。

(3) 在第 9 章中加大了对随机存储模型的介绍,增写了需求是连续的随机型存储模型;在第 10 章中,增写了风险型决策等方面的内容;对其他章节的内容也做了适当的调整,增加了实例,更加注重对 LINGO 软件求解方法的介绍,力求使得第二版比第一版更加实用。

(4) 为了方便教学,我们还编写了与本书内容相配套的电子课件、课后习题详解等,将免费为各位读者提供,欢迎大家向出版社或主编本人索取。

(5) 与本教材相配套,编写了《实用管理运筹学实践教程(第二版)》(书号:9787302359180),由清华大学出版社同步出版,供运筹学实验教学和学生上机实验选用。

本书由徐家旺和刘彬担任主编,姜波和王晓波担任副主编,最后的统稿定稿等工作由徐家旺完成。本书中带 * 号的章节属于中级管理运筹学的内容,供研究生选读,其他章节内容可供本科生选读,各校可根据教学计划中的学时数和具体情况安排。

本书引用了《运筹学》、《运筹学教程》、《运筹学实用教程》、《优化建模与 LINDO/LINGO 软件》及《实用运筹学模型、方法与计算》等教材或著作中的许多例题和习题等,在此

对所有被本书引用资料的作者们表示最衷心的感谢！同时，真诚地感谢第一版各位作者过去付出的努力和辛勤劳动！特别感谢清华大学出版社为本书的修订和出版所做的大量辛勤工作！

由于作者水平所限，书中可能存在一些不妥或需要改进的地方，欢迎广大读者及同行专家批评指正。

徐家旺

2014年5月

第一版前言

从各高校经济管理等文科类专业的课程设置来看,绝大多数专业都将运筹学或管理运筹学作为专业的主干技术基础课程。通过该门课程的学习,使学生掌握运筹学主要分支的基本概念、基本模型与求解模型的基本方法,重点是对各种模型与方法的运用。

据不完全统计,到目前为止,已出版的有关运筹学的教科书已不下百种,适用于各种不同的教学层次。这其中有许多经典之作,被许多高校直接作为本科生或研究生的教材进行讲授,也被大量的从事管理科研和实践的科研人员作为重要的参考资料。但在多年的运筹学教学实践过程中,我们发现,大部分文理兼招而且文科学生占多数的经济管理等文科类专业的本科生和研究生,在学习运筹学课程中的理论证明、繁复的数学推导和复杂的运筹学算法等知识时感到非常吃力,自学起来更加费力,尤其是在遇到规模稍大的实际管理问题时,无法灵活运用所学知识和有效的建模、求解工具去解决。另外,现有的有关运筹学方面的教材内容多,需要的教学课时量大,48 或 64 学时的课堂教学无法完成全部的教学内容。鉴于此,我们尝试着从实用的角度,针对文科学生的特点,结合自己的教学实践,在现有的优秀运筹学教材基础上,注重方法与应用的教学,回避复杂的理论证明和繁复的公式推导,有效控制教学所需学时数,将运筹学的建模方法、应用实例和 LINGO 软件计算有机地结合起来,专门为经济管理等文科类本科生和研究生编写了此书。

本书注重从管理学和经济学的角度介绍运筹学的基本知识,试图以各种实际问题为背景,引出运筹学主要分支的基本概念、模型和方法,侧重各种方法及其应用,而对其理论一般不作证明,对许多数学公式也回避繁复的数学推导。对于复杂的运筹学算法,大都尽量运用直观手段和通俗语言来说明其基本思想,并辅以较丰富的算例和实例来说明求解的步骤和方法,每章的最后配有一定数量的练习题并给出了参考答案,以便于读者自学。

本书由徐家旺(负责第 1 章到第 6 章及两个附录的编写)和孙志峰(负责第 7 和第 8 章的编写)担任主编,姜波(负责第 11 章的编写)、王一女(负责第 10 章的编写)和王晓波(负责第 9 章的编写)担任副主编,最后的统稿由徐家旺完成。

本书引用了《运筹学》、《运筹学教程》、《运筹学实用教程》、《优化建模与 LINDO/LINGO 软件》及《实用运筹学模型、方法与计算》等教材或著作中的许多例题和习题等,在此对所有被本教材引用资料的作者们表示衷心的感谢!

特别感谢高等教育出版社为本书出版所做的大量辛勤工作!

由于作者水平所限,书中肯定存在一些错误和需要改进的地方,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 运筹学的简史	1
1.2 运筹学的定义	2
1.3 运筹学的工作步骤	3
1.4 运筹学的建模方法	4
1.5 运筹学的研究理论	5
1.6 运筹学的应用	6
1.7 运筹学的发展趋势	7
第 2 章 线性规划及其对偶问题	9
2.1 线性规划	9
2.1.1 线性规划问题的数学模型	9
2.1.2 线性规划问题解的概念	13
2.1.3 求解线性规划问题的图解法	14
2.1.4 求解线性规划问题的单纯形法	15
2.1.5 单纯形法的进一步讨论	19
2.1.6 线性规划模型的应用	22
2.2 对偶理论	28
2.2.1 对偶问题的提出	28
2.2.2 线性规划的对偶理论	30
2.2.3 对偶问题的经济解释	34
2.2.4 对偶单纯形法	37
2.3 灵敏度分析	39
2.3.1 价值系数 c_k 的变化分析	40
2.3.2 右端项 b 的变化分析	41
2.3.3 增加一个变量	43
2.3.4 增加一个约束条件	43
2.4 利用 LINGO 软件求解线性规划模型	44
2.4.1 求解线性规划模型的 LINGO 程序	45
2.4.2 LINGO 软件灵敏度分析方法	46
2.5 应用举例——ABC 公司总体计划的制订	49
练习题	55
第 3 章 整数规划与运输问题	62
3.1 整数规划	62

3.1.1	整数规划问题的数学模型	62
3.1.2	整数规划问题实例	62
3.1.3	整数规划问题的解	64
3.1.4	整数规划的求解方法	65
3.1.5	0-1 型整数规划实例	73
3.1.6	0-1 型整数规划的求解方法	80
3.1.7	利用 LINGO 软件求解整数规划	82
3.2	运输问题.....	83
3.2.1	运输问题的数学模型	83
3.2.2	求解平衡运输问题的表上作业法	85
3.2.3	运输问题的变体	92
3.2.4	求解运输问题的 LINGO 程序	95
3.3	指派问题.....	97
3.3.1	指派问题的数学表达式	97
3.3.2	求解指派问题的匈牙利法	97
3.3.3	求解指派问题的 LINGO 程序	100
	练习题.....	103
第 4 章	目标规划.....	108
4.1	目标规划问题的提出	108
4.2	目标规划的数学模型	109
4.2.1	目标规划与线性规划的比较.....	109
4.2.2	目标规划的基本概念.....	110
4.2.3	目标规划的一般模型.....	112
4.3	目标规划的求解算法	114
4.3.1	求解目标规划的图解法.....	114
4.3.2	求解目标规划的单纯形算法.....	115
4.3.3	求解目标规划的序贯式算法.....	121
4.4	目标规划模型的实例	127
* 4.5	求解目标线性规划的逐步法和妥协约束法	134
4.5.1	逐步法.....	135
4.5.2	妥协约束法.....	139
* 4.6	数据包络分析	140
4.6.1	数据包络分析的基本概念.....	140
4.6.2	C^2R 模型.....	141
4.6.3	数据包络分析的求解.....	142
* 4.7	层次分析法	144
4.7.1	层次分析法的基本原理	144
4.7.2	多级递阶的层次结构.....	145

4.7.3	判断矩阵	145
4.7.4	相对重要程度(即权重)的计算	146
4.7.5	一致性检验	147
4.7.6	综合重要度计算	148
	练习题	149
第5章	动态规划	154
5.1	动态规划的实例	154
5.2	动态规划的原理	155
5.3	动态规划的基本概念及数学模型	157
5.4	资源分配问题	162
5.5	背包问题	172
* 5.6	排序问题	177
5.6.1	$n \times 1$ 排序问题	177
5.6.2	$n \times 2$ 排序问题	178
5.6.3	$n \times 3$ 排序问题	180
	练习题	181
* 第6章	非线性规划	183
6.1	非线性规划数学模型	183
6.2	下降迭代算法	187
6.3	无约束极值问题	189
6.4	约束极值问题	191
6.4.1	最优性条件	191
6.4.2	可行方向法	193
6.4.3	制约函数法	194
6.5	非线性规划的 LINGO 软件求解方法	197
	练习题	203
* 第7章	对策论模型	206
7.1	对策论的基本概念	206
7.1.1	引例	206
7.1.2	对策论的基本概念	207
7.1.3	对策行为的 3 个基本要素	208
7.2	矩阵对策模型	210
7.2.1	矩阵对策的鞍点——鞍点对策	210
7.2.2	矩阵对策的混合策略——混合对策	212
7.2.3	混合对策的线性方程组求解方法	214
7.2.4	混合对策的线性规划求解方法	216
7.2.5	利用 LINGO 软件求解矩阵对策	218
7.3	双矩阵对策模型	220

7.3.1 纳什均衡	220
7.3.2 双矩阵对策的纯对策问题	223
7.3.3 混合对策问题	225
7.4 n 人合作对策初步	229
练习题	232
第 8 章 排队论模型	235
8.1 基本概念	235
8.1.1 排队的例子及基本概念	235
8.1.2 符号表示	237
8.1.3 描述排队系统的主要数量指标	237
8.1.4 与排队论模型有关的 LINGO 函数	238
8.2 等待制排队模型	239
8.3 损失制排队模型	241
8.4 混合制排队模型	244
8.5 封闭式排队模型	247
8.6 经济分析——服务系统的最优化	249
8.6.1 系统中服务速率 μ 的优化问题	250
8.6.2 $M/M/S$ 模型中最优的服务台数 S	251
练习题	252
第 9 章 存储论模型	255
9.1 存储论模型的基本概念	255
9.2 确定型存储模型	257
9.2.1 模型 1: 基本的经济订购批量模型	257
9.2.2 模型 2: 允许缺货的 EOQ 模型	261
9.2.3 模型 3: 修正 EOQ 模型	264
9.2.4 模型 4: 不允许缺货、生产需一定时间的存储模型	265
9.2.5 模型 5: 允许缺货、生产时间很短(立即补充)的存储模型	267
9.2.6 模型 6: 价格有折扣情况下的存储模型	268
9.2.7 模型 7: 带有约束的 EOQ 模型	272
9.2.8 模型 8: 带有约束允许缺货存储模型	275
* 9.3 随机存储模型	277
9.3.1 模型 1: 需求是离散的单周期随机存储模型	279
9.3.2 模型 2: 需求是连续的单周期随机存储模型	280
9.3.3 模型 3: 需求为连续型随机变量的 (s, S) 型存储模型	284
9.3.4 模型 4: 需求为离散型随机变量的 (s, S) 型存储模型	286
练习题	288
第 10 章 决策论	290
10.1 决策中的基本概念	290

10.1.1	决策问题的三要素	290
10.1.2	决策的分类	290
10.1.3	决策过程	291
10.2	不确定型决策	292
10.2.1	悲观决策准则	292
10.2.2	乐观决策准则	294
10.2.3	等可能性决策准则	294
10.2.4	最小机会损失决策准则	295
10.2.5	折中主义准则	295
10.3	风险型决策	296
10.3.1	仅有先验信息的贝叶斯决策	296
10.3.2	主观概率	303
10.3.3	利用后验概率的决策方法	305
* 10.4	效用理论在决策中的应用	307
10.4.1	效用曲线	307
10.4.2	效用曲线在风险型决策中的应用	309
10.5	灵敏度分析	310
	练习题	311
* 第 11 章	图论与网络计划	316
11.1	图的基本概念	316
11.2	最小树问题	318
11.2.1	树的概念	318
11.2.2	最小支撑树问题	319
11.3	最短路问题	321
11.3.1	有向图的 Dijkstra 算法	321
11.3.2	无向图的 Dijkstra 算法	325
11.3.3	最短路的 LINGO 求解过程	327
11.4	网络最大流问题	331
11.4.1	网络与最大流的基本概念	331
11.4.2	求最大流的标号法	332
11.4.3	求解网络最大流问题的 LINGO 程序	333
11.4.4	最小费用最大流问题	335
11.5	网络计划	339
11.5.1	网络计划图	339
11.5.2	网络计划图的时间参数计算	341
11.5.3	关键路线与网络计划的优化	347
11.5.4	完成作业期望和实现事件的概率	350
	练习题	352

附录 A 优化建模语言——LINGO 软件使用基础	355
A.1 LINGO 快速入门	355
A.2 LINGO 中的集	356
A.3 模型的数据部分和初始部分	359
A.3.1 模型的数据部分	359
A.3.2 模型的初始部分	362
A.4 LINGO 函数	362
A.4.1 基本运算符	363
A.4.2 数学函数	364
A.4.3 金融函数	365
A.4.4 概率函数	365
A.4.5 变量界定函数	368
A.4.6 集操作函数	368
A.4.7 集循环函数	369
A.4.8 输入和输出函数	370
A.4.9 辅助函数	374
A.5 LINGO Windows 命令	375
A.5.1 文件菜单(File Menu)	375
A.5.2 编辑菜单(Edit Menu)	377
A.5.3 LINGO 菜单	377
A.5.4 窗口菜单(Windows Menu)	385
A.5.5 帮助菜单(Help Menu)	388
附录 B 练习题参考答案	389
参考文献	416

第1章 绪 论

运筹学是管理科学研究的理论基础,运筹学中很多研究方向(如规划论、决策论、博弈论、排队论、存储论等)就是人们从管理实际问题中提出来的。人们在运筹学研究中所创立的方法为解决管理问题提供了有力的工具,运筹学理论结果为管理决策提供科学的依据。可以说,管理科学的发展很大程度上取决于运筹学的发展。

管理运筹学是架构在运筹学基础上的学科,它借助运筹学的理论方法,针对现实中的系统,特别是经济、管理系统进行量化分析,并以量化数据为支撑,去寻求经济、管理系统运行的最优化方案,以此来帮助系统运行的决策者做出科学决策。

在介绍管理运筹学的基本模型、模型的求解及应用之前,首先对运筹学的发展、工作步骤、研究方法、基本理论和基本应用等方面进行简单介绍。

1.1 运筹学的简史

运筹学(Operational Research,简称为 O. R.)的运筹就是运算、筹划的意思。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、美的一些科学家着手就如何合理运用雷达开始进行一类新问题的研究。由于这类问题与研究技术问题不同,当时人们就称之为“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等问题的研究。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可能合理运用的方法。随着世界经济的不断繁荣,人们开始把在第二次世界大战中发挥过重大作用的运筹学迅速地应用到经济领域。很多从事军事运筹学研究的科学家转向工业和经济发展等新的领域。这一时期,出现了很多重要的运筹学成果,如 1947 年丹捷格(G. B. Dantzig)发表了其重要的研究成果,所解决的问题是美国制订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。到 20 世纪 50 年代末,很多标准的运筹学方法,如动态规划、排队论、存储论等都得到了快速发展。

促进这一时期运筹学快速发展的另一因素是计算机技术的发展。由于运筹学中很多复杂问题需要大量计算,在很多情况下,这些计算用手工进行处理几乎是不可能的。因此,能够快速处理大量计算任务的电子模拟计算机的出现和发展,促进了运筹学的迅速发展。

运筹学引进我国是 20 世纪 50 年代中期由钱学森等人首倡的,后来一大批中国学者在推广运筹学及其应用中做了大量工作并取得了很大成绩,发表了不少的专著和论文,在世界上也产生了一定的影响。

目前,经过 70 多年的发展,运筹学已经成为一个门类齐全、理论完善、有着重要应用前景的新兴学科。

1.2 运筹学的定义

运筹学是一门重要的应用科学,对于运筹学的性质、特点和作用都没有争议,但其作为一门学科至今还没有一个统一而又确切的定义。下面列出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:“运筹学是为决策机构在对其控制下的业务活动进行决策时,提供以数量化为基础的科学方法。”此定义首先强调的是科学方法,此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。”此定义表明,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。运筹学强调最优决策,“最”是过分理想了,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不坏的答案的艺术,否则的话问题的结果会更坏。”

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) 《中国管理百科全书》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”。

(4) 《辞海》的解释为“运筹学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”。

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就能够完整地概括出来,也不可能给它下一个严格的数学定义。

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了六条原则。

(1) 合伙原则。指运筹学工作者要和各方面的人,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和关系的平衡。

1.3 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) 提出问题。首先分析实际问题的背景和相关因素及其关系,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,再综合概述为适合运筹学研究的问题。

(2) 建立模型。把问题中的可控变量、参数等与目标及约束之间的关系用一定的模型表示出来。

(3) 求解模型。用各种手段(主要是数学方法,也可用其他方法)求出模型的解。求出的解可以是最优解,但更多的时候是次优解或满意解。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,决定对解是否要做一定的改进和修正。

(6) 解的实施。要将所得到的问题的解用到实际中,就必须考虑实施的问题,如向实际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。

以上过程应反复进行。

在进行运筹学的研究时,除了要遵循一般的科学研究程序外,还有其特殊的研究方法,主要有以下三种。

(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测量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、生产等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及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。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,使得那些原本只能用几种简单常用的研究方法而难以深入探索的复杂问题得以解决,甚至原来认为不可能解决的问题现在也可以解决。

1.4 运筹学的建模方法

运筹学在解决问题时,按研究对象的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较容易改变,因此模型有助于问题的分析和研究,利用模型还可以进行一定的预测和灵敏度分析等。通常的模型主要有三种基本形式,即形象模型、模拟模型和符号或数学模型,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,构建数学模型的方法和思路一般认为有以下五种。

(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。运筹学中已有很多成熟的数学模型,如线性规划模型、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实际问题时,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、热力学系统及电路系统之间就有不少彼此类同的现象,甚至有些经济、社会及军事系统等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、不同团体之间、不同组织之间在某些问题上有时也可以找出某些类比的现象。

(3) 数据分析法。在有些问题的机理尚不清楚时,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等方法来构建问题的数学模型。

(4) 试验分析法。在解决某些实际问题时,问题的机理往往不是十分清晰的,同时又不能做大量试验来获得数据。这时,为了研究问题的需要,只能通过做局部的试验,采集一些相关数据,加上一定的分析来构建问题的数学模型。

(5) 想定(构想)法(Scenario)。当有些问题的机理不清,又缺少数据,而且不能做试验来获得数据时,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 为可控变量; y_j 为已知参数; ξ_k 为随机因素。

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,称它为确定型模型,否则称它为随机模型。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、排队模型、存储模型等。还可以用研究对象来命名,如教育模型、军事对策模型、宏观经济模型等。

1.5 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,其内容非常广泛且在不断发展。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. 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。

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。由实验或观察数据而建立的经验或预测模型的理论方法。此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方法。

(2) 解析模型理论。针对专门的应用问题建立起来的解析模型及求解的理论。这类模型可以分为确定型、随机型和冲突型三类。对于确定型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。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、蒙特卡洛仿真模型等。

3. 基本理论

(1) 数学规划。研究如何将有限的人力、物力、财力和时间等资源进行最合理、最有效地分配和利用的理论,即研究某些可控因素在某些约束条件下寻求其决策目标为最大(或最小)值的理论。根据问题的性质和处理方法的不同,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。

(2) 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。

(3) 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性的理论。