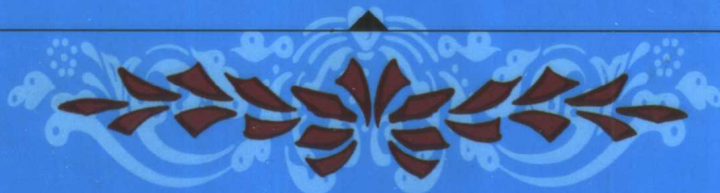


**OPERATIONS
RESEARCH**



运筹学

(第二版)



徐玖平 胡知能 王 绶 编著



科学出版社
www.sciencep.com



运筹学

(第二版)



徐玖平 胡知能 王 绶 编著



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书系统地介绍了运筹学中的主要内容,重点讲述了应用最为广泛的线性规划、动态规划、网络分析、决策分析、对策论、排队论、库存论、可靠论以及模拟与预测技术等定量分析的理论和方法。本书结构体系完整,理论与实际相结合,以大量案例和习题穿插其间,讲述了 LINDO、LINGO、MATLAB 与 WinQSB 等软件工具的使用方法。本书配备教师手册、习题与案例精选集、考试测评系统、多媒体课件以及随时更新的线上教学支持系统,并提供立体化的教学支持。

本书可供高等院校管理、信息科学、应用数学、工程类专业选作本科或研究生教材,也可作为企业管理者、工程技术人员和政府有关部门人员学习科学管理方法的培训读本。

图书在版编目(CIP)数据

运筹学/徐玖平,胡知能,王绶编著. —2 版. —北京:科学出版社,2004
21 世纪高等院校教材
ISBN 7-03-012910-5

I. 运… II. ①徐… ②胡… ③王… 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 011392 号

责任编辑:陈 亮/责任校对:鲁 素
责任印制:安春生/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2004 年 5 月第一次印刷 印张: 29 1/4

印数: 1—6 000 字数: 557 000

定价: 36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

运筹学是利用现代数学研究各种广义资源的运用、筹划与相关决策等问题的一门新兴学科,其目的是根据问题的要求,通过分析与运算,做出综合性的合理安排,使有限资源发挥更大效益。

自 20 世纪 50 年代以来,运筹学的研究与实践在我国得到长足的发展,在工程建设、企业管理、科研规划以及国民经济发展的其他诸多方面都发挥了巨大的效益和作用。随着经济改革开放的深入,作为一门优化决策的学科,运筹学受到了前所未有的重视,运筹学课程逐渐成为管理科学、应用数学、信息技术、工程管理、交通运输等专业的基础课程之一。

进入 21 世纪以来,科技进步与社会发展提出了培养信息社会高素质人才的要求,高等教育改革不断深化,运筹学教育面临着新的挑战和问题,表现为在培养目标上对学生解决实际问题能力的强调和课时总体压缩及多样化的趋势。这就要求教师,一方面要摒弃过去那种光讲理论而轻视甚或忽视实践的教学模式,把引导学生在理解运筹学的基本理论和方法的基础上大幅度提高其运用运筹学方法构建优化决策的能力作为教学的首要目标;另一方面必须大幅度地提高运筹学教学的效率,以更加新颖、有效的教学手段实现教学目标。迎接这些挑战,意味着我们必须重新对运筹学原有的教学体系作全面的审视和思考,根据 21 世纪的人才培养需要,从教学目标、教学内容体系和教学手段三个方面对运筹学教学进行新的定位和改革。

在教育部青年教师科研和教学奖励资助计划的支持下,我们在参考和借鉴国内外大量运筹学优秀教材、学习并融会诸多运筹学课程优秀教师的经验的基础上,推出了这套“基于信息技术平台的立体化运筹学教材系列”。经过 5 年的酝酿和编写,3 年的实际讲授与修订,这套运筹学教材基本上体现了我们对于如何建设 21 世纪运筹学教学体系的一些想法,包含了我们自己在教改中获得的一些经验和成果。

本套教材最大的特点是把教材作为实现教学目标、承载教学内容和融会教学手段的一个基本载体来看待,构建出一个包括教学方案、教师手册、习题案例集、考试测评系统、多媒体教学课件、运筹学软件使用手册、在线教学

支持等在内的内容丰富、结构严密、支持完备的教学体系。“掌握理论、强化应用、突出能力”作为“信息时代的运筹学课程”的培养目标贯穿整个教学体系的建设过程中。

本套教材不同于以往教材的特色有:

(1) 适用性广, 针对性强

目前, 在各个层次的院校中, 相当多的专业都开设了运筹学课程。显然, 不同办学层次、专业背景、学校类型的人才培养目标不同, 学生素质及其知识结构也存在差异, 因而要求运筹学课程在教学内容的选择、难度深浅、教学侧重点等一系列问题上必须做到“量身定做、因材施教”。因此, 有必要分析和归纳不同的人才培养目标, 分类设置不同的运筹学教学目标和要求, 构建出不同的教学内容和结构体系, 以立体化的教材系列和支持体系来代替过去单一的教材。

为此, 我们力图通过教材及支持体系的立体化、教学内容的模块化和强调教师选用教学内容的自主性等个性化定制策略, 构筑出极具弹性又特色鲜明的教学体系, 以便教师能够根据实际的教学需要来选择相近的教学方案和教材。

本系列教材分成五册:

- 《运筹学》
- 《高级运筹学》
- 《运筹学——数据·模型·决策》
- 《运筹学——线性系统优化》
- 《运筹学——非线性系统优化》

前三册教材构成一个纵向系列, 强调运筹学教学目标对学生的原有知识结构以及培养目标的适应性, 在要求牢固掌握运筹学基本知识的基础上, 培养学生运用运筹学方法求解实践问题的能力。此系列适用于把运筹学作为数学与优化决策的接口学科、强调其工具性的运筹学课程。

后两册教材构成一个横向系列, 强调运筹学作为一个学科体系的完备性, 适用于要求从整体上把握运筹学理论、方法和应用的运筹学课程。

另外, 在各册教材的编写过程中, 我们以模块思路组织内容结构, 通过加注星号的方式标注出选用内容, 并配以针对性不同的多种教案、供选讲的习题案例以及繁简不同、可快速调整组合的多媒体教学课件, 构造出一个基本框架相对稳定的教学体系, 但具体教学内容和课时在很大程度上可依教师和教学目标需要进行个性化的调整, 从而提高了教学效率, 加强了教学的针对性。

(2) 强化应用, 突出能力

运筹学真正的价值和魅力在于其为解决各个领域中的决策优化问题提供了一套切实可行的解决办法。我们认为, 运筹学教材应照顾到学科体系的完整性, 为学生打牢理论基础, 但在信息时代对学生动手解决实际问题的能力要求提高的背景下, 更应根据人才培养目标, 突出培养学生的实践能力。

因此, 作为一个基本的设计原则, “强化应用, 突出能力”的要求贯穿于整套教材的编写中。在每册教材中, 我们通过精选的例题和案例来复原典型的运筹

问题的情景,在讲解这些从实践中抽取并经过精心改造和设计的例题和案例的过程中,逐步地建立起学生应该掌握的运筹学理论框架,例题都具有充分的代表性,尽量做到算法有效而互不重复,并基本覆盖各自的教学对象在实际中最常见的运筹学问题的各个类型,从而为学生实际求解提供足够的启示和指导。

尽管计算过程仍然作为教学的一个基本而重要的内容,但从实际运用角度出发,我们更强调应用运筹学软件来解决计算问题。每册教材中都讲解了 LINDO、LINGO、MATLAB 或者 WinQSB 等常用软件的使用方法。

另外,我们非常注意运筹学教材与其他课程的衔接问题,对于涉及到其他课程的一些概念,予以简明的讲解,使之不成为理解和实际运用的障碍。

在对实践要求比较高的《运筹学——数据·模型·决策》中,我们还专门讨论了在实践中解决运筹学问题的流程,侧重讨论了统计数据的获取和分析,以及对运筹学解决方案的评价与反馈等问题。

(3) 易教易学,支持完备

除了精心设计、可供自由选择的教材系列之外,我们还特别注意了教学形式的互动性和多样化。在教材编写体例上,我们借鉴了国外优秀教材的编写规范,同时吸收了国内教材简洁明了的优点,力图做到内容的设置和阶梯难度符合学生的认知规律,强调知识的传授与启发式教学的结合,通过引入实际问题来引发学生的学习兴趣,以简明扼要的讲解来构建学生的知识与逻辑体系,以活跃的思维想象与迂回的教学技巧帮助学生掌握教学难点,以精选的习题来巩固学生的课堂认知,以经典案例的讨论来激发学生的学习热情和主动性,以参考文献的标注来引导学有余力的学生深入探索,最终目的是要通过多样化的教学形式更加鲜明、生动、有效地实现教学的预设目标。

要达到这一目标,首先就要使教师得到更多的教学“装备”、更多的教学支持和指导,使他们从繁忙的科研教学任务和备课的重负中解脱出来,把精力集中到现场教学的组织和控制上。为此,我们为每册书准备了包括教学大纲、教学建议、教学难点和重点提示等在内的教师手册,以及书中所有习题和案例的详细解法,作为对书中内容的补充与扩展的习题案例集,可根据教师要求灵活定制的个性化的多媒体教学课件,包含大型题库的考试测评系统以及随时更新、内容丰富的在线教学支持站点与运筹学教学论坛等。选用本系列丛书的教师可以从 http://www.chinatex.org/index2_14.htm 上得到我们全方位的、完备的教学支持。

具体来说,各教材的特点和适用对象如下:

《运筹学》是教材系列中普适性最强的一本教材,适用于大多数院校各专业本科层次的学生、少数对运筹学要求较严格的专科层次的学生、部分本科未学过运筹学但目前又要求具备一般的运筹学知识的研究生层次的学生。

《运筹学——数据·模型·决策》是教材系列中最突出培养目标的实践

操作性、最强调运筹学作为解决实际问题的“工具性”的一种教材,从这个意义上讲,它非常适合那些希望“最经济地”掌握运筹学知识以尽快地使每一点所学都“见到实效”的学生。我们推荐 MBA 学员、MPA 学员、专科层次学生、在职研究生班以及那些对数量方法要求不是那么高但实践性却很强的专业(比如:企业管理、财会、人力资源等)的研究生使用这种教材。它对先修数学的要求比其他四册教材要稍微低一些,但很注重对运筹方案的制定和评价以及对计算工具的熟练掌握,非常适合于这些将从战略和执行角度来考虑运筹问题的学生。

当然,对实用性的追求会在一定程度上影响学生运筹学知识体系的完整程度。尽管在实践中这不是最重要的,但随着需要求解的问题的复杂性的增强,学生终有一天会认识到他们需要了解更多一些。那么,其他四册书特别是《高级运筹学》将给予他们更多的指导和帮助。

顾名思义,《高级运筹学》适合于那些需要在运筹学上知道得“比一般人更多一点,更深入一点”的学生。它侧重于讲述运筹学更高级、更复杂一些的理论、方法与应用,并对运筹学研究的一些最新进展和最新应用进行了讨论,适用于对数量方法有一定程度要求的研究生(如应用数学、管理科学、信息技术与工程类等专业的研究生),或者学过其他四册书之一、对运筹学感兴趣并希望进一步深造的其他读者。不过,对于学过《运筹学——数据·模型·决策》的读者,我们建议在阅读《高级运筹学》之前,最好再翻阅一下《运筹学》。

《运筹学——线性系统优化》和《运筹学——非线性系统优化》可能适合于要求全面、系统地掌握运筹学的原理、方法与应用的学生。据我们所知,已经有相当一部分院校已经采取类似的教学体系分别教授本科和研究生。这两册教材的特点是按照系统优化的内在逻辑顺序组织教学内容,各部分都有一个从易到难的过程。不过,理论与实际的联系依然体现在书中每一个内容模块中。

总之,在这个系列教材中,我们紧紧围绕着信息时代人才培养目标的特殊性,以信息技术为平台,在运筹学教学上努力做出一些新的探讨和实践,希望能够对新世纪的运筹学教学的进步有所裨益。当然,事物总是在不断革新和进步中发展,本书的不足之处也有待于广大读者和同行的指正。我们真诚地期待您的批评和建议,来信请发至: xujiuping@openmba.com, huzhineng@openmba.com, 或 huzn@email.scu.edu.cn。

徐玖平

2004 年 2 月

常用符号说明

- $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ —— n 维行向量 (或点)
- $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ —— n 维列向量 (或点)
- x_i —— n 维向量 x 的第 i 个分量
- $x > y$ —— x 的每个分量都大于 y 的相应分量
- $\alpha, \alpha_i, \beta, \beta_i, \gamma, \gamma_i$ —— 实数
- $[\alpha, \beta]/(\alpha, \beta)$ —— 闭区间 $\alpha \leq \xi \leq \beta$ /开区间 $\alpha < \xi < \beta$
- $S = \{x|x \text{ 所满足的性质}\}$ —— 满足某种性质的 x 的全体 (集合)
- $S = \{x^1, x^2, \dots, x^n\}$ —— 由 $x^1, x^2, \dots, x^n$ 组成的有限集合
- $\emptyset$ —— 空集
- E^n —— n 维欧氏空间
- $x \in S (x \notin S)$ —— x 属于 (不属于) 集合 S
- $X \cup Y (X \cap Y, X \setminus Y)$ —— X 与 Y 之并集 (交集、余集)
- $X \subseteq (\subset) Y$ —— Y 包含 (完全包含) X
- $\|x\|$ —— x 的范数
- $x^T y = x_1 y_1 + \dots + x_n y_n$ —— 两个 n 维列向量的内积
- $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ —— $m \times n$ 矩阵
- A^T —— 矩阵 A 的转置
- A^{-1} —— 满秩方阵 A 的逆矩阵
- $|A| = \det A$ —— 方阵 A 的行列式
- $\text{tr} A$ —— 方阵 A 的迹
- $f(x)$ —— 向量 x 的函数 (或 n 元函数)
- $\max(a_1, a_2, \dots, a_n)$ —— 数 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 中最大者

$\min(a_1, a_2, \dots, a_n)$ —— 数 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 中最小者

$\max_{x \in R} f(x) (\min_{x \in R} f(x))$ —— $f(x)$ 在 R 上的最大(最小)者

$\exists$ —— 存在

$\forall$ —— 对任意的

$\Rightarrow$ —— 可推出

$\dot{x}, \frac{dx}{dt}$ —— x 对时间 t 的导数

x', x'' —— x 的一阶(二阶)导数

$x_t, x(t)$ —— x 是时间 t 的函数

$\partial_x f, f_x$ —— $f(x)$ 对 x 的一阶偏导

$<, >, \ll, \gg$ —— 小于, 大于, 远小于, 远大于

$\leq, \geq, \neq$ —— 小于等于, 大于等于, 不等于

$\prec, \preceq$ —— 严格地次于(严格地不优于), 次于(不优于)

$\succ, \succeq$ —— 严格地优于(严格地不次于), 优于(不次于)

目 录

引 言.....	1
第 1 章 线性规划	6
1.1 线性规划的模型	6
1.1.1 数学模型	6
1.1.2 标准形式	9
1.2 线性规划的几何思路.....	10
1.2.1 基本概念	10
1.2.2 图解法	11
1.2.3 几何意义	12
1.3 线性规划的单纯形法.....	15
1.3.1 几何语言	15
1.3.2 代数形式	16
1.4 单纯形法的深入讨论.....	22
1.4.1 其他形式	22
1.4.2 解的判别	24
1.4.3 矩阵方法	28
1.4.4 改进单纯形法.....	35
1.5 线性规划的扩展	40
1.5.1 整数规划	40
1.5.2* 非线性规划.....	52
1.5.3* 建模讨论	73
习 题	79
第 2 章 对偶理论	84
2.1 对偶问题.....	84
2.2 基本性质.....	88
2.3 经济解释.....	93

2.4	对偶单纯形法	97
2.4.1	常规对偶单纯形法	97
2.4.2*	人工对偶单纯形法	99
2.5	灵敏度分析	101
2.5.1	变化右边系数	102
2.5.2	变化非基变量系数	104
2.5.3	增加变量	106
2.5.4	变化基变量系数	106
2.5.5	增加约束条件	108
2.6*	参数线性规划	108
2.6.1	变量系数的系统性变化	109
2.6.2	右边系数的系统性变化	110
习 题		112
第 3 章	动态规划	118
3.1	基本理论	118
3.1.1	基本概念	118
3.1.2	基本思想	120
3.1.3	基本方程	123
3.1.4	基本解法	125
3.2	应用举例	132
习 题		144
第 4 章	网络分析	147
4.1	基本概念	148
4.2	树图	149
4.2.1	基本性质	149
4.2.2	最小部分树	150
4.3	网络计划	153
4.3.1	PERT 网络图	153
4.3.2	PERT 网络图的计算	158
4.3.3	PERT 网络图的优化	166
4.3.4*	单代号 PERT 网络图	173
4.4	最小费用流	178
4.4.1	数学模型	179
4.4.2	网络单纯形法	182

4.5	其他网络	189
4.5.1	最短路问题	189
4.5.2	最大流问题	200
4.5.3	运输问题	204
4.5.4	分配问题	211
4.5.5*	旅行推销商问题	217
4.5.6*	中国邮递员问题	221
4.6*	一般化模型	224
	习 题	225
第 5 章	决策分析	232
5.1	基本问题	232
5.2	不确定决策	234
5.3	风险决策	236
5.3.1	先验决策	237
5.3.2	后验决策	238
5.4	效用函数	240
5.5	序列决策	243
5.6	Markov 决策	246
5.6.1	转移矩阵	246
5.6.2	决策方法	249
5.7	多属性决策	252
5.7.1	多目标决策基本概念	252
5.7.2	目标规划	253
5.7.3	多指标决策基本概念	260
5.7.4*	层次分析法	265
5.7.5*	数据包络分析	273
5.7.6*	其他解法	278
5.8*	群决策	281
5.8.1	NGT 法	282
5.8.2	Delphi 法	282
	习 题	286
第 6 章	对策论	291
6.1	矩阵对策	291
6.1.1	基本问题	292
6.1.2	鞍点对策	294
6.1.3	优势原则	295

6.1.4	混合策略	296
6.1.5	求解方法	298
6.2*	其他对策	301
6.2.1	二人无限零和对策	301
6.2.2	多人非合作对策	304
习 题		307
第 7 章	排队论	310
7.1	基本概念	310
7.1.1	模型描述	310
7.1.2	符号表示	312
7.1.3	数量指标	312
7.2	分布函数	314
7.2.1	Poisson 过程	314
7.2.2	负指数分布	314
7.2.3	k 阶 Erlang 分布	315
7.3	生灭过程	316
7.4	生灭过程排队系统	319
7.4.1	M/M/s 等待制排队模型	320
7.4.2	M/M/s 混合制排队模型	326
7.4.3	有限源排队模型	332
7.4.4	依赖状态排队模型	336
7.5	非生灭过程排队系统	337
7.5.1	M/G/1 排队模型	337
7.5.2	M/D/1 排队模型	338
7.5.3	M/E _k /1 排队模型	338
7.6	服务机构串连排队系统	339
7.7	优先服务权排队系统	342
7.8	排队网络	344
7.8.1	串联排队网络	345
7.8.2	Jackson 网络	345
7.9	排队系统优化设计	346
7.9.1	M/M/1 排队模型	347
7.9.2	M/M/s 排队模型	350
7.10	排队系统的随机模拟	352
习 题		353

第 8 章 库存论	358
8.1 问题描述	358
8.2 确定性库存	360
8.2.1 基本模型	360
8.2.2 缺货模型	363
8.2.3 供货有限模型	367
8.2.4 批量折扣模型	371
8.2.5 带约束条件模型	372
8.3 有限阶段确定性库存	374
8.3.1 动态规划解法	374
8.3.2 SM 启发式算法	377
8.4 单周期随机库存	379
8.4.1 无固定订购费	379
8.4.2 带固定订货费	384
8.5 多周期随机库存	389
8.5.1 两周期模型	389
8.5.2 多周期模型	392
习 题	393
第 9 章 可靠论	397
9.1 不可修产品	397
9.1.1 可靠性指标	397
9.1.2 常见寿命分布	399
9.2 不可修系统	400
9.2.1 串联系统	400
9.2.2 并联系统	401
9.2.3 混联系统	404
9.2.4 表决系统	406
习 题	408
附录 A 模拟与预测	409
A.1 模 拟	409
A.1.1 模拟概述	409
A.1.2 随机数的产生	411
A.1.3 随机变量的模拟	411
A.1.4 随机过程的模拟	414

A.2 预 测.....	416
A.2.1 预测的应用.....	417
A.2.2 预测的方法.....	418
附录 B 软件实现	425
B.1 LINDO 与 LINGO	425
B.1.1 LINDO	425
B.1.2 LINGO	428
B.2 MATLAB.....	430
附录 C 案例分析	432
参考文献.....	445
索 引.....	447

引 言

运筹学是研究各种广义资源的运用、筹划以及相关决策等问题的一门新兴学科,其目的是根据问题的要求,通过数学的分析和运算,做出综合性的、合理的优化安排,以便更经济、更有效地发挥有限资源的效益.简略地说,是运用科学的数量方法(主要是数学模型)研究对人力、物力进行合理筹划和运用,寻找科学决策的综合性学科.中国科学家把它译成“运筹学”(operational research 或 operations research),“运筹”一词出于《史记·高祖本纪》:“运筹策帷幄之中,决胜于千里之外.”

在学习这门课程前,我们有必要先概要地介绍运筹学的学科发展、解决问题的思路及其在各个领域的应用情况.

(1) 运筹学的学科发展

在第二次世界大战初期,当时的英美两国的军事部门迫切需要研究如何将非常有限的人力和物力分配到各项军事活动中,以达到最好的作战效果.1935年,英国为了对付德国空中力量越来越严重的威胁,在 Bawdsey 成立了关于作战控制技术的研究机构.1938年, Bawdsey 科学小组负责人 A. P. Rowe 把他们从事的工作称为运筹学 (operational research, 美国则称为 operations research, 直译为作战研究).关于运筹学的一些先驱者的工作,则可以追溯到 1909 年丹麦电气工程师 A. K. Erlang 有关排队论的论文,以及 1916 年英国工程师 F. W. Lanchester 的战争模型等.由于这些工作是孤立的,未形成系统理论,因此,一般认为,运筹学是在第二次世界大战中诞生的, Bawdsey 是运筹学的诞生地,而 1935 ~ 1938 年则是其产生的酝酿时期.1959 年,国际运筹学会联合会 (IFORS) 的成立,标志着运筹学作为一门学科,已经成为现代科学体系中的一个具有广泛而影响深刻的重要成员.

20 世纪 50 年代后期,在钱学森、华罗庚、许国志等老一辈科学家的推动下,运筹学被引入中国,并得到迅速的发展.运筹学中著名的“打麦场的选址问题”和“中国邮递员问题”就是在那个时期提出的.华罗庚先生在 1965 年起的 10 年中与他的学生一起走出研究所,在全国推广“优选法”和“统筹法”,对中国运筹学的研究和应用起到了巨大的推动作用.改革开放以后,随着中国经济与大

规模建设的迅猛发展,市场竞争加剧,产品更新速度加快,科技水平与企业管理水平的提高,促使运筹学在经济和管理领域得到更加广泛的应用,运筹学的研究也进入了一个新的快速发展期.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,运筹学课程也已经成为数学学院、计算机学院、商学院、工学院等学院都开设的一门专业基础课程.

(2) 运筹学的研究思路

运筹学本身就是多学科交叉、结合的结果,它善于从不同学科的研究方法中寻找解决复杂问题的新方法与新途径,其研究方法实际上是各学科的研究方法的结合与集成,特别倚重数学方法、统计方法、逻辑方法、模拟方法等.其中,数学方法(或者说,构造数学模型的方法)是运筹学中最重要方法,所以,从某种意义上说,可以把运筹学中反映数学研究内容的那部分,看成运筹学与数学的交叉分支,称为运筹学数学.它以整体最优为目标,从系统的观点出发,力图以整个系统最佳的方式来解决该系统各部门之间的利害冲突,通过把一个实际问题转化为一个或一组真正能反映问题本质的数学模型,求出问题的“最优解”,为寻求最佳行动方案提供参考.因此,通常在解决实际问题时,要求运筹学研究者与有关的技术人员、管理人员等一起工作并遵循一些基本的研究步骤,见图 0.1.但是,有的问题由于过于复杂,无法形成一个可以利用现有手段解决的数学问题,有的甚至无法形成数学问题,这时就须借助其他的科学方法,如计算机模拟或实验手段来进行求解.

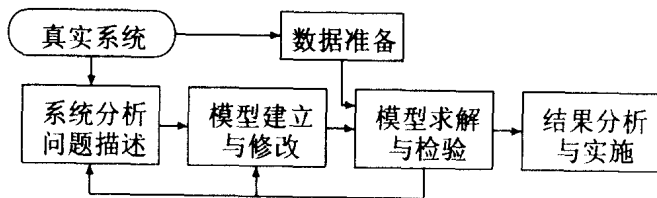


图 0.1 运筹学研究的基本步骤

基于运用筹划活动的不同类型,运筹学者逐步建立起描述各种活动的不同模型,从而发展各种理论,形成不同运筹学分支.研究优化模型的规划论(或数学规划),研究排队(服务)模型的排队论(或随机服务系统),以及研究对策模型的对策论(或博弈论)是运筹学最早的三个重要分支.随着学科发展,运筹学的分支更细,名目更多,例如线性规划与整数规划、图与网络、组合优化、非线性规划、多目标规划、动态规划、随机规划、对策论、随机服务系统(排队论)、库存论、可靠性理论、决策分析、Markov 决策规划、搜索论、随机模拟、管理信息系统等基础学科分支.本书后续章节将介绍大部分理论的基本内