

运筹学原理与应用

〔美〕哈维·M·瓦格纳 著

邓三瑞 王元超
秋 同 俞鸿森 等译

栗 滋 校

国防工业出版社

运筹学原理与应用

〔美〕 哈维·M·瓦格纳 著

邓三瑞 王元超 等译
秋 同 俞鸿森
粟 滋 校



国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

运筹学方法是解决复杂的经营管理决策问题并使之获得最大经济效益的有效工具。本书是运筹学理论与应用方面的入门读物,内容广泛,全书共二十二章,系统地介绍了线性规划、网络模型、动态规划、整数规划、非线性规划和随机模型等的理论、方法和应用。在编写上采用通俗口语形式,论述深入浅出,易为初学者理解和接受。每章末附有大量不同类型的习题,有利于读者通过习题演算能熟练地掌握运筹学方法。

本书可供大专院校有关专业的师生、各行业企事业单位从事经营管理工作的干部和工程技术人员学习参考。对从事运筹学研究的科研人员也有一定参考价值。

PRINCIPLES OF OPERATIONS RESEARCH

With Applications to Managerial Decisions

(Second Edition)

HARVEY M. WAGNER

Prentice-Hall, Inc.

*

运筹学原理与应用

〔美〕 哈维·M·瓦格纳

邓三瑞 王元超 等译

秋 同 俞鸿森

粟 游 校

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张48³/₄ 1134千字

1992年2月第一版 1992年2月第一次印刷 印数: 0,001—1,000册

ISBN 7-118-00817-6/F·46 定价: 39.30元

译者的话

近些年来,在我国国民经济的一些部门和领域里,运筹学方法已受到日益广泛的重视。这是由于随着科学技术的迅速发展和生产的高度社会化,经营管理问题日趋复杂,尤其是经济改革和对外开放以来,给各部门的组织管理和经营决策,带来了许多新问题。面对这种新情况,单凭过去那种以经验、直观判断和定性分析为基础的管理方法是无法解决的,而以近代数学为基础,以电子计算机为手段的运筹学方法正是解决这些复杂的经营决策问题并使之获得最大经济效益的有效工具。

本书是运筹学理论和应用的入门读物,主要是为打算从事或正在从事经营管理工作,但尚未具备运筹学知识的大学生、从事经营管理的干部和工程技术人员编写的。本书内容广泛,涉及运筹学的各主要分支,其中包括线性规划、网络模型、动态规划、整数规划、非线性规划和随机模型等。在编写上采用通俗口语形式,论述深入浅出,易为初学者所接受。全书着重于讲授运筹学的基本概念和实际应用,注重于训练建立各种规划模型的技巧,而不拘泥于数学理论和公式的推导以及概念的严密性。对各种模型和算法都通过大量实例加以说明,易于理解,实用性强。本书每章末都附有大量不同类型的习题,有利于读者通过演算,能熟练地掌握运筹学方法。

本书原著是美国耶鲁大学运筹学课程的教科书,作者哈维·M·瓦格纳是该校组织和管理学院的教授,兼任一些大公司的经营顾问,有丰富的教学和实际经验。原著的第一版本曾获美国奥莎·兰吉斯特和爱尔兰优秀书奖。作者在第二版中对书里的一些章节作了更新、补充和改写,内容越加充实,也更易为读者所理解和接受。本译本是根据原著第二版版本译出。

参加本书翻译的有:邓三瑞(第1、11章),俞鸿森(第2、9、13章),王元超(第3、6、7、12章),李启聪(第4、8章),李谋琦(第5、10章),秋同和春异(第14~22章并附录)。全书由栗滋校对。在翻译过程中,对原著中已发现的错误都作了改正,必要的地方加了注解,但由于我们水平有限,缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

序 言

本书主要是为那些打算在商业、非营利事业或者政府部门中以行政管理人员、主管人员、经理、或咨询人员为职业，但尚未学过运筹学的大学生而编写的。本书论述内容宽广，因而对于那些将要成为教师和研究人员的學生，以及那些希望了解运筹学最新成就的实际工作者来说都是很有帮助的。本书可作为商业、经济、工程、文艺、公共行政管理等专业的大学本科生和研究生，供半学年或一学年的入门课程教材。

本书的中心目标是要回答这样一个问题：运筹学的基本概念是些什么？本教材并不要求读者预先在商务管理、工业工程、数学、统计、概率论和经济学等学科方面具有高级的训练。所以本书的许多主要概念并不建立在读者已精通这些学科领域的基础上。然而，本教材也确实假定读者对于这些科目并不是完全一无所知的。

主要目的

初学的学生常常提出这样的问题：“如果我想当经理而不是当专家，那么，关于运筹学必须学些什么呢？”还有，“如果我要用运筹学去解决一些实际问题，又必须学些什么呢？”遗憾的是，单靠一门入门性的运筹学课程，对哪一个问题也不能作出完整的回答。然而，象这样一门课程，对第一个问题会比对第二个问题回答得好一些。

联系到上述两个问题，本书的主要目的是：

1. 向读者介绍运筹学中既是基本的、又是经得起时间考验的重要概念。
2. 使那些只能学一门运筹学入门课程的学生，对于鉴别运筹学方法的效用及其固有的局限性具有充分的理解能力和信心。
3. 使学生对运筹学有一个深入的总体观念，从而引导和激励这些未来的专家们继续去学习和研究。
4. 向学生论证和阐明运筹学方法论的内在关联性。

凡经教师指定采用本书作为教材的学生，经过学习，在表达和建立复杂决策环境的形式模型[●]方面，在洞察需要解决的关键问题方面，在从各种含有众多关键要素的实际情况中分离出基本现象方面，他们的技巧和能力都已有所提高。当面临各种实际的管理问题时，他们由于掌握了分析问题的基本原则，也就学会如何对多种重要的可供选择的方案，作出完美而又深刻的评价，以及学会如何去获得严格缜密的洞察力。

范围与重点

在运筹学方面取得成就的实践者常常指出：运用课题本身所用到的数学方法来描述课题的特征，很可能导致极大的错误。他们的理由是，实际生活中的决策并不来自贴在它上面的技术标签，例如这是线性规划问题，或者这是风险分析模拟问题，等等。因

● 形式模型 (formal models) 是指数学模型、逻辑模型等主要不靠语句陈述或形象描写的模型。——译者注

此, 作为一个经理, 他必须能够识别运用哪些现有的方法 (如果有的话) 才能对采取适当的行动做出有价值的见解。假定这些意见是对的, 那么, 为什么我们还要按标准的数学方法, 而不是从列举各式各样的管理问题着手来编写这本教材呢? 对于这一点还得作以下的说明。

数以百计的教师所积累起来的教学经验表明: 对于只有有限的时间用来学习这门课程的初学者来说, 当他们能够熟练地识辨决策问题的形式结构时, 也就能更好地掌握建立模型的方法。虽然由于采取了这种教学观点在教室中牺牲了现实主义, 但这样培养出来的学生却能有效地越过数学方法与应用之间的距离。

然而, 为了告诫学生不要误认为运筹学就是一堆数学公式的同义语, 我们花费了不少心力, 不厌其烦地用文字语句来陈述每一种模型和方法技巧对于制订决策所起的作用。曾经在科学、工程或者数学方面受过训练的学生, 对于本教材不用简洁的数学风格来编写, 有时会表示惊讶, 甚至感到不耐烦。但是, 我们认为除了数学公式的细节外, 还要考虑每一种解题方法的更为深刻一层的意义, 从长远看, 能够更好地培养出在实际应用中取得成功的管理人才和分析家。

虽然, 在内容取材以及在论述问题的深度方面, 我们不得不花费相当大的气力来判断取舍。关于这一点, 二十余年来在商业和政府部门中应用运筹学的第一手经验, 给了我们相当大的影响。书中所列举的许多例题, 常常就是取自我们遇到过的实际问题, 只不过改头换面把规模适当缩小而已。我们所选择的具体模型, 其复杂程度, 以及如何依次逐步展开, 凡此种种, 都反映了我们对于大多数学生应怎样才能学会正确鉴别和掌握运筹学关键概念的见解。

本书自始至终把注意力集中在从运筹学的答案所得到的信息的价值上, 并力图对假想的例题应如何用于实际情况作出准确的表达。本教材要培养和提高学生用数学公式来表达问题和建立模型的技巧, 特别是要提高把用文字语句描述的决策问题转化为等价的数学模型的技巧。本书还阐明了模型假设的严格程度和重要性、初始假设与由此导出的结果之间的联系、以及为实用目的所作的假设的严肃性。最后, 本教材还借助于一些重要的例题, 来阐明建立模型、求解模型的多种意义的解释、以及从一般性的模型引导出有意义的特例等的过程和用处。

我们在教材中准备了深度和复杂程度不同的内容, 以供教师根据所授班级的情况来选择最为适合的章节题材。本书中凡标以 * 号的章节或在 ► … ◄ 之间的补充材料, 都可以略去不读而不致造成前后脱节。

对数学程度的要求

微分运算只在第 14、15 和 20 章中才用到。积分运算只在第 20 章和附录 I 中用到。不过, 本教材的大部分都假定读者具有大体相当于标准大学初等微积分的数学水平, 或学过一门正规的有限数学●课程所达到的程度。第 16 章要首次用到初等概率论。两个附录和大部分选读材料 (即标有 * 号或在 ► … ◄ 之间的材料) 均涉及到技术的细节, 往往要求具有较高级别的数学素养。

● 有限数学 (finite mathematics) 系指一般的代数, 还可包括线性代数、逻辑代数等。——译者注

对学生的建议

如果读者早先学过微积分和统计学基础(或概率论)的话,你会回想起,你并不需要教师的帮助就能理解微积分的大部分内容,而对统计学或概率论的内容则需要教师的指导才能充分理解。这在学生中是非常普遍的现象。读者同样也会发现,当然也是你意料到的事,学习运筹学象学习统计学和概率论,而不象学习微积分那样,十分需要依靠教师详细解说本书的概念和方法。因为有一些概念是错综复杂的,读者可能需要读过好几页之后才能理解其全部涵义,所以要准备耐心地读下去,有时还需要反复重读。我们极力避免给出一些容易使人产生误解的简单的数字例题,使读者在求解每章末尾的习题时不致发现自己没有充分的能力去求解它。因此,读者仔细地研究各章节的数字例题将是有益的。

如果教师给你指定了各章末尾的习题,那么,不要等到再也不能拖延的最后一分钟才动手去做。数字练习题虽然简单易做,可是若要想在一个晚上把它们做完,也会使人感到厌倦的。多数学生会发现,在解答本书中的各种列式题时,需要有一个“酝酿期”,因此,要打算用几天的时间来思考这类习题。

令人惊讶的是,要对运筹学问题做出毫不含糊的文字描述是一件困难的事。一些善于思考的学生曾不止一次地发现某些题目中存在着模糊的措词,而这些题目却是我们早先指定给其他班级学生做过的,他们并没有遇到困难就得到了所求的答案。因此,如果读者对某一习题认为有某种令人困惑的模棱两可之处,就请你试用切合实际的方法去解它,并在练习簿上写明求解该题时所采用的特定假设。借助于这种做法也就能很好地达到练习的目的,也就是说,让自己对于用数学式来表达问题进行实际的练习。

对教师的建议

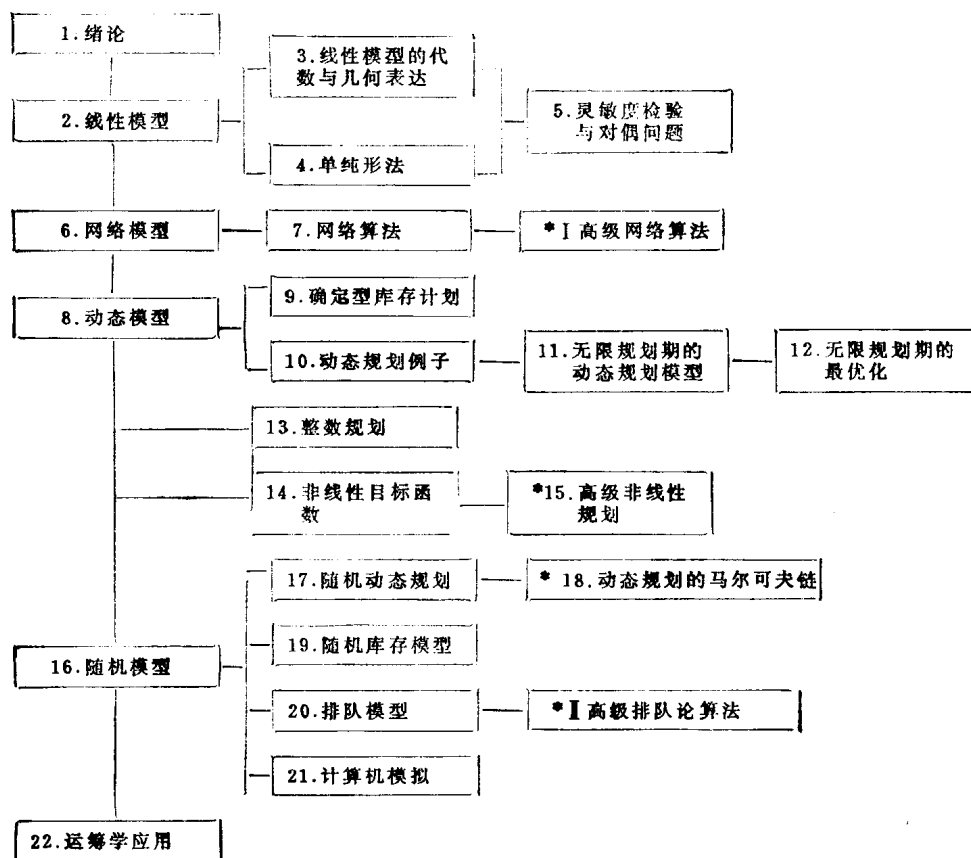
要把本书的全部内容即使安排在一个学年的入门课程中,也显然是太多了。我们有意地使本书选材广泛,目的是能使教师们在选择所要侧重的内容方面,有相当大的灵活性。图A表明了本书各章之间的逻辑结构。

在一个学年的入门课程中,如果学生具备了初等概率论和微积分的知识,教师可以只讲授第1章至第8章、第10章、第13章、第16章和第17章,以及第19章至第22章,并可跳过其中所有标有*号的章节以及用►…◄标记的补充材料。如果教师不想应用微积分,则可以略去第20章。如果学生对概率论基础尚不熟悉,那么,可只讲授第1章至第8章、第10章、第13章和第20章,并从第9章和第11章至第15章中选取某些专题。

在用一学期讲授数学规划模型的导论性课程中,教师可讲授第1章至第8章,以及第10章、第13章和第20章,并跳过其中所有带*号的章节和有►…◄标记的补充材料。如果用一学期讲授概率模型的导论性课程中,则可以选定第1章、第16章和第17章以及第19章至第22章的内容,也可跳过其中的选读的补充材料。

为了帮助教师选择其他有关的讲授内容,图B列出了各章的“直接先修”章。一般地说,各章节的难度是依次递增的。虽然也可以把动态规划(第8章、第9章和第10章的内容放在线性规划之前来讲授,但是,在讲授动态规划时,我们假定学生对多变量受

约束的最优化模型及其求解方法已有了一些了解,所以通常还是把上述的讲授次序倒过来比较可取。



图A 各章间的组织结构

本书的第二版已经把某些专题内容改写得比较浅近易懂,使初学者更容易接受;凡是基本概念已有所改变的主题,我们已把其内容作了更新。具体地说,主要对第6章、第7章、第10章、第13章、第16章和第21章等章节作了修改。第6章和第7章中关于网络的材料现在已重新予以组织,使得每一种算法都与模型的描述和应用相配合。在附录I中,我们增补了“非均衡状态”的算法。在第10章中要求把讲述动态规划模型的步子放慢;新增加的材料包括了一些算好的数字例题,用以阐明求解问题的方法和步骤。第13章中关于整数规划的模型和方法的解释做了大幅度的重新编写,以反映近年来计算技术方面所取得的新经验;在实践中行之乏效的方法均已略去。第16章中关于随机规划的材料,也作了修改,使之更适合于入门课程的要求。最后,第21章中关于计算机模拟方法的内容做了扩充和重新编写,以突出这种方法在建立模型方面的优越性。

书中备有一千多道习题,其中许多习题都是由若干小题组成的。本书第二版的大多数篇章都增添了新的习题。题目划分为四大类。复习题是为紧密结合教材内容而设的,用以检查学生是否掌握了基本概念。列式题是由“文字题”组成的,用以检查学生是否能够把文字描述的问题转换成精确的数学模型。计算题是用来练习各种算法的应用题。思考题主要是为水平较高的学生列出的。教师也可以从这些习题中挑选一些作为讲授的

内容。许多习题中的某些小题还有“选择余地”，教师应当确定其中某些适当的小题给学生练习。

章次	与本章密切相关的章次
2 线性模型·····	1
3 线性模型的代数与几何表达·····	2
4 单纯形法·····	2
5 灵敏度检验与对偶问题·····	3, 4
6 网络模型·····	2, 5
7 网络算法·····	6
8 动态模型·····	1, (7)
9 确定型库存模型·····	8
10 动态规划例子·····	8
11 无限规划期的动态规划模型·····	10
12 无限规划期的最优化·····	11
13 整数规划·····	7
14 非线性目标函数·····	5
15 高级非线性规划·····	14
16 随机模型·····	6
17 随机动态规划·····	10, 16
*18 动态规划的马尔可夫链·····	12, 17
19 随机库存模型·····	(9), 16
20 排队模型·····	16
21 计算机模拟·····	16
22 运筹学的应用·····	1
*附录 I 高级网络算法·····	7
*附录 II 高级排队论算法·····	20

注：第 16 章至第 21 章需要概率论知识；

第 14 章、第 15 章和 16 章需要微分知识；

第 20 章和附录 II 需要积分知识；

() 中的章次表示最好阅读一下，但不是必读的。

图 B

将本书与运筹学方面的其它基本教材作一比较，读者会注意到，本书的章节标题目录有几点与众不同：我们在入门水平上，把某些专题内容，诸如无限规划期动态规划、整数规划、非线性规划、随机规划和动态规划的马尔可夫链等，都做了引申论述，而这些专题在别的教材中，如果也有的话，只不过是简略地提一下而已。与其它教材对比，我们没有整章整章地论述更新理论和对策论（或称博弈论）方面的问题。一些重要的（设备）更新模型纳入在有关动态规划的章节里。除了第 5 章的习题 35 含有两人零和矩阵对策的基本定理之外，对策论已被略去。因为在运用运筹学的实践中我们发现，对实际的竞争性与合作性的决策行为，对策论并没有提供经营管理性质的洞察能力。

哈维·M·瓦格纳

目 录

第1章 行政决策的艺术和科学	1	4.2 本章目标的评价	66
1.1 写在前面	1	4.3 算法	69
1.2 用其它名称	1	4.4 单纯形法介绍	71
1.3 定量分析的范围	4	*4.5 表格表达法	79
1.4 建立模型的重要性	5	4.6 算法的完全性	80
1.5 定量分析过程	7	4.7 适用范围	83
1.6 大为简化的运筹学例子	8	*4.8 收敛性	84
1.7 终于成功	16	*4.9 计算要求	87
1.8 从这里开始	19	*4.10 矩阵表示法	87
复习题	19	复习题	89
第2章 线性最优化模型的数学表达式	22	计算题	91
2.1 引言	22	第5章 灵敏度检验与对偶性	94
2.2 产品结构的选择	25	5.1 优化后分析	94
2.3 饲料配合比的选择	27	5.2 目标函数	95
2.4 液体的混合配比	28	5.3 右侧常数	96
2.5 动态规划——综合生产规划的例子	29	5.4 对偶性	98
2.6 通过运输网络的产品分配	32	5.5 对偶问题的解	103
*2.7 用网络法选择路径	35	5.6 再谈优化后分析	105
2.8 线性最优化模型在工业上的重要性	39	5.7 小结	108
复习题	41	*5.8 对偶单纯形算法	108
列式题	43	*5.9 附加约束和严紧约束	112
思考题	50	*5.10 有上界的变量	113
第3章 线性最优化模型的代数与几何表达	53	复习题	115
3.1 引言	53	计算题	119
3.2 一般的代数表达式	53	思考题	122
3.3 线性最优化模型的标准形式	56	第6章 运输问题	128
3.4 几何解释	57	6.1 网络模型的重要性	128
*3.5 解的多维空间表达	58	6.2 经典的运输问题	128
*3.6 约束条件空间表达	59	6.3 转运模型	133
复习题与计算题	61	6.4 分派模型	138
列式题	65	6.5 运输问题的对偶性	139
第4章 单纯形法求解	66	6.6 运输问题的单纯形法	141
4.1 正确看待理论	66	6.7 关于单纯形法的进一步说明	147
		6.8 灵敏度检验	152
		复习题	155
		列式题	159

计算题	162	10.4 背包问题	257
思考题	165	10.5 设备更新模型	260
第7章 最短路径和其它网络模型	167	10.6 考虑均衡生产的库存模型	262
7.1 问题的焦点	167	10.7 双约束的经营分配问题	267
7.2 最短路径模型	167	*10.8 经营分配——套入问题	268
7.3 一般网络的最短路径算法	169	10.9 多阶段分配的结构	269
7.4 非循环网络的最短路径算法	172	10.10 动态现象的剖析	270
*7.5 关键路线法	174	10.11 运算的可能性	271
*7.6 劳动力调配问题	176	10.12 动态规划方法的适用范围	271
*7.7 网络模型概述	178	复习题	272
*7.8 一般网络问题	181	列式题与计算题	274
*7.9 多种商品问题	182	思考题	278
复习题	183	第11章 无限规划期的决策	282
列式题	185	11.1 具有无限前景的模型	282
计算题	190	11.2 无限流的微妙之处	284
思考题	192	11.3 伐木模型	293
第8章 动态最优化模型介绍	194	11.4 无限期更新模型	296
8.1 动态现象分析	194	11.5 逐次逼近	298
8.2 驿车问题——一个寓言故事	195	11.6 函数空间中的逐次逼近（数 值迭代）	299
8.3 基本库存模型	200	11.7 策略空间中的逐次逼近（策 略迭代）	302
8.4 数值解	204	11.8 再论最短路径问题	304
8.5 灵敏度分析	208	复习题	308
*8.6 战略规划	213	计算题	313
复习题	215	思考题	314
计算题	220	第12章 无限规划期的最优化方法	316
思考题	222	12.1 离散动态规划	316
第9章 库存计划的动态最优化	223	12.2 逐次逼近法	318
9.1 利用库存结构的特殊性	223	12.3 求每期最小平均收益	321
9.2 凸费用函数与凹费用函数	223	12.4 策略迭代的数值例题	325
9.3 具有凸费用函数的库存模型	226	12.5 基本库存模型	330
*9.4 凸费用模型规划期变动的分析	230	12.6 线性规划方法	334
9.5 具有凹费用的批量库存模型	231	12.7 结束语	338
9.6 求解凹费用模型的算法	233	复习题	340
*9.7 凹费用模型的规划期变动的分析	236	列式题与计算题	345
复习题	238	思考题	346
计算题	240	第13章 整数规划与组合模型	349
思考题	245	13.1 寻求点金术	349
第10章 动态规划的其它例子	249	13.2 整数规划表达式	352
10.1 提示	249	13.3 分枝限界算法	360
10.2 单约束的经营分配问题	249		
10.3 投资预算问题	253		

13.4	背包问题	368	*16.6	多级线性模型	508
13.5	分枝限界算法的推广	371	*16.7	二次判别函数(线性决策规则)	513
	复习题	376		复习题	515
	计算题	382		列式题与计算题	521
	列式题	382		思考题	523
	思考题	387	第17章	随机动态规划模型	525
第14章	非线性目标函数的最优化	393	17.1	引言	525
14.1	非线性规划介绍	393	17.2	物力分配的例子	525
14.2	方向与重点	397	17.3	引进新产品——决策树	527
14.3	单一变量非线性函数的最优化	398	17.4	初等库存模型	529
14.4	求解无约束多变量的非线性函数的最大值	403	17.5	最优批量模型	532
14.5	最速上升法	407	17.6	随机更新模型——设备更换	535
14.6	二次规划	412	*17.7	销售预测问题	540
14.7	可分规划	420	17.8	适用性与计算可行性	541
*14.8	直接线性化	425		复习题	541
*14.9	求凸性目标函数的最大值	428		列式题与计算题	545
	复习题	429		思考题	553
	计算题与列式题	435	第18章	动态规划的马尔可夫链	556
	思考题	438	18.1	引言	556
第15章	非线性规划的高级算法	440	18.2	随机最短路径模型	556
15.1	大步解法	440	18.3	有贴现($\alpha < 1$)的无限规划期	561
15.2	凸组合法	442	18.4	等价平均收益($\alpha = 1$)	566
*15.3	凹单纯形法	446	18.5	线性规划法	573
*15.4	其它方法	450	*18.6	计算的考虑事项	575
15.5	非线性约束条件的最优化	452	*18.7	设备更新模型的马尔可夫链型式	576
15.6	可行方向法	455		复习题	578
15.7	最优解的理论性质	458		列式题与计算题	582
*15.8	再谈二次规划	462		思考题	587
15.9	障碍函数方法	466	第19章	概率性库存模型	592
15.10	一般化的规划算法	470	19.1	新方向	592
*15.11	线性规划的分解	474	19.2	库存管理的科学方法	592
	复习题	477	19.3	库存分析的基础	594
	计算题	483	19.4	静态(单一决策)模型	596
	列式题与数值题	484	19.5	经济定货批量模型	605
	思考题	487	19.6	随机动态连续检查模型	612
第16章	随机规划模型入门	489	*19.7	随机动态定期检查模型	620
16.1	不确定性的影响	489	19.8	关于算法的若干补充说明	624
16.2	在不确定的环境中的决策	491		复习题	625
16.3	使用均值的谬误	498		列式题与计算题	631
16.4	两级线性模型	501		思考题	634
16.5	机会约束模型	505	第20章	排队模型	635

Ⅷ

20.1	引言	635	22.3	怎样顺利地实施运筹学计划	703
20.2	排队模型的分类	636	22.4	怎样管理运筹学的工作班子	706
20.3	到达间隔时间的概率分布	638	附录		708
20.4	服务时间的概率分布	643	附录 I	网络的高级算法	708
20.5	具有泊松输入和指数服务的单个 服务员模型 ($M/M/1$)	646	I.1	通过适当网络的 最大流	708
20.6	具有泊松输入和指数服务的多服 务员模型 ($M/M/S$)	656	I.2	运输模型的解	711
*20.7	生死过程	660	I.3	不均衡的算法	715
*20.8	其它排队模型	664	计算题	722	
	复习题	665	附录 I	排队模型的高级算法	723
	列式题与计算题	669	I.1	引言	723
	思考题	671	I.2	具有泊松输入和一般 服务分布的单一服务 员模型 ($M/G/1$)	725
第21章	管理系统的计算机模拟	673	I.3	具有一般输入与指数 服务分布的单一服务 员模型 ($GI/M/1$)	730
21.1	所用的方法都不灵怎么办?	673	* I.4	具有一般输入与指数 服务分布的多数服务员 模型 ($GI/M/S$)	733
21.2	正确的模拟	676	* I.5	具有一般输入与一般 服务的单一服务 员模型 ($GI/G/1$)	734
21.3	证券市场模拟的例子	677	复习题	735	
21.4	建立模拟模型	680	附录 II	忙碌期间的概率: $P[n \geq S]$ ($M/M/S$ 模型)	737
21.5	怎样标记时间	681	参考文献		738
21.6	计算机语言	684			
*21.7	模拟试验的设计	685			
*21.8	随机现象的产生	690			
*21.9	紧要关头扭转局面的方法	696			
	复习题	696			
	列式题	699			
第22章	运筹学的应用	700			
22.1	引言	700			
22.2	怎样在管理中应用运筹学	700			

第 1 章 行政决策的艺术和科学

1.1 写在前面

你也许会好奇地想知道，象**运筹学**这样一门深奥的学科，何以会招致人们只是为了介绍它的原理竟而着意编写了数百页之多的入门教材。**运筹学**这个词义模糊的字眼是在第二次世界大战期间才显露头角的。在那个时期，这个名词与其所代表的学科的实质内容还是颇为符合的。虽然到了今天，运筹学的应用范畴早已与往昔迥然不同了，可是它的名字却被一成不变地被保留了下来。

现在，有一个由世界范围内的许多专业学会组成的被称为 Operations Research 的联合会。许多工业组织的参谋部门也冠以这个头衔。一些第一流大学设置了以**运筹学**命名的系，它们一直用这个名称来授予高级学位，从而使这个名称带上圣洁的色彩。上述这些既得利益是根深蒂固的，看来**运筹学**这一名词，在我们的有生之年是不大可能被其它更恰当的名称取代了。

尽管我们对这样一个虽不致全然令人误解，但却缺乏清楚表达力的名词感到很不满意而耿耿于怀，但我们还必须对它表示我们的尊重。因为首先提出这个学科名称的科学家毕竟是站在赢得那场战争的胜利国一方的。如果当时敌方（指纳粹德国）首先发明了这种方法，有谁能知道这个世界已产生了一种什么结局呢？

1.2 用其它名称

运筹学还有一些常用的同义语。英国人喜欢用**运用研究** (operational research)，美国人则常常用**管理科学** (management science) 去代替它。管理科学这个名词还由于另一个称之为“管理科学协会”的国际专业组织而得以流行。作为初学的学生，堪称幸运，你们对于这类事情尽可采取超然的态度，而把这个语义学的争端听凭你们的长辈们去辩论解决吧！

为了方便，并求得合理的准确性，你们不妨只把**运筹学**定义为在行政管理中用于解决问题的一种科学的方法。**运筹学**的运用包括：

- 建立数学的、经济学的和统计学的描述或决策和控制问题的模型，来处理各种复杂的和不确定的情况。
- 分析决定所选决策方案将来的可能结果的各种因素及其关系，并拟定出适当的效果度量方法，以便评价各种可供选择的行动方案的利弊。

有人认为，**运筹学**涉及的理论是对机构的日常业务活动实施经常性监督的理论——实际上，决策和管理问题也确实常常涉及到机构的某些日常“**运筹或筹划**”。这类的例子有编制生产进度和库存管理、设备维修，以及服务设施的人员配备等。

但是，有许多**运筹学**的研究工作还要处理其它一些与日常筹划行动只有间接关系的决策问题。这些研究通常都有一套规划方针，例如决定公司生产线的广度、制订工厂发

展的长远计划、设计批发分配系统的仓库网络、通过“合并”或“收买”其它公司而开辟新业务等等。

实际上, operations(运筹)这个词已不足以概括其现代应用的广泛范围。更糟的是research一词常给人以这种方法是有多大实际应用价值的错误印象。情况恰好与此相反, 在过去二十多年内, 运筹学已一再被证明是解决许多关键的实际管理问题的一种强有力的和行之有效的方法。读者在本章中就会了解到其中大致的原委, 而当你读完本书的主要章节后, 你将会获得事情的全貌。

在复杂和不确定的环境中作出较好决策 决策分析是用来说明本书主题的一个比较适当的词, 强调制定决策或采取行动是运筹学一切应用的核心。

决策分析是把大型问题分解成为若干个子部分, 而处理和判断这些子部分就会比较容易。把每一个单元部分经过仔细考查研究之后, 再将其结果综合起来, 就不难洞悉问题的实质所在。读者也许会感到奇怪, 所遇到的决策问题为什么那么复杂。

一个原因在于, 在现代的经济活动中, 技术、环境和竞争等因素以错综复杂的方式互相作用着。例如, 一个工厂的生产计划必须考虑到买主的需要(其中还要考虑到竞争对手削价的可能而作必要的调节)、原材料和中间库存的要求、设备能力、设备发生故障的可能性以及制造过程中的种种限制, 等等。因此, 要制定出一个现实而又经济合算的生产计划实非易事。

在制订决策的实际情况中, 造成复杂性的其它原因还有: 组织上可能(或许只是半自觉地)在追求某些前后不一致的目标; 制订所需决策方案的责任和权力可能在组织内部就非常混乱; 公司经营活动所处的经济环境可能是不确定的等等。

显著的特性 解决各种管理问题可以有许多途径, 而这些途径大多数是互相关联的。的确, 还没有一条明确的界线可用来区分哪些解决办法是由运筹学专业作出的, 哪些解决办法是由工业工程师、经济规划的专门经济学家、或信息管理系统的财务、会计分析专家作出的。但是, 大多数的运筹学应用都具有某些与众不同的特征。具体地说, 为任何具体问题提出的解决方法, 必须包含下列的性质才能称之为运筹学的方法,

1. **要把主要精力放在制订决策上。** 分析的主要结果必须对执行行动具有直接而又明确的涵义。

2. **要根据经济效率判据进行评价。** 必须根据能明确反映企业将来利益的可测定的几种数值, 来比较和选择各种可行的行动方案。对于商业公司来说, 可测定的数值一般包括各种可变费用、收入、流动资金以及扩大投资的利润率。必须对所推荐的解决方案权衡利弊得失, 并在那些有时相互矛盾的因素之间, 进行协调以取得适当的平衡。

3. **要依靠形式数学模型。** 处理数据的程序应当十分明确, 使任何分析人员都能掌握它。而且不论由谁来进行, 都可以用相同的数据推导出相同的结果。

4. **要依靠电子计算机。** 这一点并不是绝对的必要条件, 但由于数学模型的复杂性、待处理的数据量大, 或者是由于为实现有关的管理操作和控制系统所需要的运算量很大, 电子计算机就成为必需的条件了。

我们确信科学 一个公司要接受运筹学的哲理, 就必须相信运用这种科学的方法对管理决策的分析会有所贡献。采用运筹学的方法, 要求人们对于把系统方法用于决策的潜在利益具有信心。

科学方法在其他学科中（例如物理现象的研究）应用的合理性，是很少会引起人们的怀疑的。化学家和物理学家在积累了数百年的经验之后，发展了卓有成效的实验技术。但是，把科学方法用于重大问题的决策，其价值则尚未很好地确立起来。要使众人承认其价值，首先要求人们怀有象诗人科勒里奇（S.A.Coleridge）[●]在别的问题上所描述的那样“满心情愿，消除疑虑”的态度。下面谈谈这个道理。

要让一家公司用多数人认为够得上是真正“科学的”实验方法，来检验运筹学在解决问题上的价值，就算是有的话，也是罕见的。设想一家公司打算用数学模型方法来拟定它的年度经营计划。由于该公司所处的经济环境年年不同，而且也决不可能使历史完全重演，因此，也就不能保证该模型所产生的解决办法一定会比公司现行的规划方法胜出一筹。

试考虑另一个例子。假定人们为某公司提出一种管理库存量的运筹学模型。在这里我们也要检验新的模型是否肯定会比现有的方法有所改进，可是这种检验在本质上就受到了限制。虽然，我们可以用已往的统计数据，借助于新模型的法则来进行计算，并将其计算结果与以往的实际结果加以比较，来检验是否有所改进。但这种比较方法对受控变量来说，也不是真正科学的办法。这是因为，首先我们只能假定已往的统计数据预示着在将来所要发生的事情。其次，如果提出的模型法则改进了服务状况，而且顾客也认识到这种改进的话，则顾客的需求就可能增加。换句话说，正是运用了所提出的策略本身就能改变环境。

当然，当一位经理在接受某一具体的运筹学解决办法之前，应当对其合理性进行多种方式的检验，包括历史的对比。可是在做出这些检验之后的有些时候，即使是在理想的情况下，这位经理还得把科学方法具有内在优点这个事实当作公理来接受。在结束本节之前，我们再提出三点进一步引申的看法：

第一，即使可以使某一公司确信用科学方法辅助决策是有价值的，但它不一定就要接受某项具体的运筹学研究结果认为它是实用的。因为，这个研究课题的构思很差，或者是难以执行的。

第二，信赖科学并不意味着屏弃预感和直觉。正好相反，科学本身的历史就充满了由于偶然的机、预感、运气——甚至幻想而获得重要发现的史实。行为科学家到现在还未能开创出引向如此灿烂辉煌成就的道路。而大多数善于利用其预感的行政人员，却也显得具有很高的知识水平和业务水平。所以，问题不在于应该在什么时候运用科学，什么时候依靠直觉，而在于如何把二者有效地结合起来。

第三，要证明所提出的解决办法比老办法肯定有所改进是有一定困难的，但这种困难并非运筹学所独有。因为人们不可能重演历史，为了接受任何别的解决办法——包括保持现状在内，也需要出自信任的行动。

过去、现在和未来 虽然运筹学一词是在第二次世界大战期间提出来的，但这一学科的科学起源却可追溯到更远的时代。原始的数学规划模型早在1759年和1874年就分别由经济学家魁奈（Quesnay）和华莱士（Walras）提出。冯·诺伊曼（Von Neumann）于1937年和库特罗维奇（Kantrovich）于1939年也提出过类似的但较为复杂的经济模型。

● 英国诗人和批评家（1772—1834）。——译者注

若当 (Jordan) 于1873年, 闵可夫斯基 (Minkowski) 于1896年和弗卡斯 (Farkas) 于1903年, 即在19至20世纪交替时期奠定了线性模型的数学基础。早期发展的另一例子是由马尔可夫 (Markov, 1856—1922) 完成的动态模型, 这是一项继往开来的创新工作。还有两个实例是在1920年《商业和工业工程》杂志发表的对经济库存管理富有革新精神的建议, 和由厄兰 (Erlang, 1878—1929) 完成的有关排队现象的开拓性论文。

虽然这些早期的创始工作获得了公众的承认和赞扬, 但决策分析的数学模型用于商业界则还只是近些年的事。其原因何在? 至少有两个重要的因素。首先, 自从第二次世界大战以来商业竞争的压力有了惊人的增长。大公司的管理人员现在已感到维护利益的根本途径在于改进传统的资料收集和分析方法。其次, 快速电子计算机的迅猛发展和普遍应用, 促进了更加先进的评价决策方案方法的发展。

大多数公司的总经理在今后数年内, 在他们的办公桌上装有可以随时询问行情的计算机控制台的设想还是一种幻想。但许多工业公司的财务副经理早已用这种控制台去估算重要的投资方案。这样的前景是越来越接近了。

1.3 定量分析的范围

即使定量分析对于管理决策过程具有重大的意义, 但不论系统设计得如何巧妙先进, 一个运筹学系统也决不会提供业务所需的全部信息。更进一步地说, 为了真正成功地实施运筹学系统, 不仅需要应用数学, 而且还必须应用行为科学, 这是因为最后综合起来的系统一定要与人相互作用。此外, 建立运筹学系统的全部过程, 除了涉及符号和数据的逻辑运算外, 还包括判断的运用。下面我们将讨论定量分析范围的各个方面。

能解和不能解的问题 如上所述, 一个有经验的管理人员在开始实施一个运筹学系统时, 必须弄清楚模型是否贴切。当然, 仅仅做到这一点是不够的。因为公司的主人还要求这些人员担负精明地管理公司的责任, 管理人员除了初步检验并采纳模型外, 还必须继续很好地运用其直觉判断的本领。他们必须通过这种途径或那种方式密切监视系统, 以保证基本模型能保持其有效性, 尤其是要继续恰当地应用模型, 为公司的实际决策问题提供实质性的依据 (作为管理人员必须防止那种把模型看作是真实的化身, 以及随之而来的认为其答案是神圣不可改变的)。

新近实施的运筹学系统很可能会引起信息结构的重新组织和扩展。其结果是管理人员的行动可能与没有这种信息情况下所可能采取的行动不同。然而, 这并不背离这样一个事实, 即采取行动的是管理人员而不是模型。

总而言之, 任何一个运筹学模型本身决不会完善得可以完全独立; 它不能完全脱离由知识渊博的管理人员所做的判断。定量分析的界限总是明显的, 因为管理人员所能提出的问题是无限多的, 而单独一个模型所能提供的答案, 从其内在性质来说却是有限的。

系统是为人而设立的 显然, 成功地实现一个运筹学系统较之仅仅设计一个数学上正确的模型, 在内容上更为丰富。系统必须在较大的经营管理活动范围内运用。模型必须考虑各种数据的来源, 既要考虑数据的质量, 也要考虑负责收集数据人员的目标和专门技能。系统还必须反映负责审查解析结果的管理人员对信息的要求, 特别是要反映管理人员所需要的说明和解释性评论。