

初等运筹学教程

〔日〕OR演習部会编

国外现代管理初级读物

GUO

WAI

XIAN

DAI

GUAN

I

CHU

JI

DU

WU

机械工业出版社

国外现代管理初级读物

初等运筹学教程

〔日〕OR 演習部会编

郑大本 胥庆澜 张福德 译
钱忠浩 校订



机械工业出版社

初等ORテキスト

OR 演習部会編

日科技連 1977

* * *

初等运筹学教程

〔日〕OR 演習部会編

郑大本 胥庆澜 张福德 译

钱忠浩 校订

*

机械工业出版社出版《北京阜成门外百万庄南街一号》

（北京市书刊出版业营业许可證出字第 117 号）

北京市巨山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $11 \frac{1}{8}$ · 字数 242 千字

1983年8月北京第一版·1983年8月北京第一次印刷

印数 00,001—31,000 · 定价 1.15 元

*

统一书号：15033·5590

《国外现代管理初级读物》

出版前言

为了普及现代管理知识，我们选择了一批国外企业管理科学的入门书籍和基础读物，编成《国外现代管理初级读物》供读者选用。

这批图书，力求反映国外企业经营管理科学的某些最新成果，内容也较为通俗易懂，可供管理专业的师生、各级管理人员以及广大爱好企业经营管理科学的读者学习、参考。

一九八一年八月

译 者 的 话

本书是日本普及运筹学的一本教材。自一九七二年三月出版后，已重印了四次。全书包括：概率型决策问题、线性规划、进度计划、排队论、库存管理、预测、模拟、经济效益计算、设备更新与维护、动态规划、模式化共十一章。每章后都附有习题，并在书后附有各章习题的答案。

本书从研究企业管理与技术经济分析的实际问题出发，通过例题建立数学模型，介绍了各种数学模型的解法，并对解法中的有关理论问题进一步加以阐述。书中做到理论与实际紧密结合，运算方法条理性强。内容系统全面、叙述清楚、简明易懂。

本书可作为大专院校管理工程、系统工程等专业师生的参考用书。也可供工交部门、企业和设计科研等单位从事管理工作和技术经济分析的专业人员及领导干部参考。

全书内容共十一章，其中：前言、第2、3、5、6章由郑大本译；第1、4、8、9、10章及习题答案由张福德译；第7、11章由胥庆澜译，并审阅了全书译文。全书由钱忠浩校订。

由于译者的水平有限，译文中难免有不妥和错误之处，诚恳地希望读者批评、指正。

译者

1982年7月

前 言

运筹学 (operations research 简称 OR) 作为制定、执行计划和管理的手段, 已在日本各种类型的企业里应用。OR 的特点在于, 从复杂而现实的具体事件中, 抽象出若干本质的因素, 在此基础上, 针对实际问题建立一个模型, 再利用这个模型, 研究出各种方案 and 对策, 根据研究的各种方案 and 对策结果, 对实际行动作出决策。从这种意义上说, 建立模型是决定 OR 成败的关键。学习先辈所建立起来的各种各样的模型, 是有着重要意义的。

本书是初学 OR 读者的入门书, 同时, 对于学习过 OR 的人来说, 也有助于把他们已获得的知识加以系统化。本书特别以 OR 的核心内容, 即以建立模型问题为重点加以阐述。

本书的结构是以〔例题〕为中心, 接着是例题的〔解〕, 进而加以〔说明〕。也就是基本结构为〔例题〕+〔解〕+〔说明〕。

首先, 提出〔例题〕, 使读者知道问题的所在, 通过求〔解〕, 掌握解决该问题的运筹学方法和建立模型的方法, 进而通过〔说明〕, 达到对问题更加广泛、深入的理解。这是一种归纳的学习方法, 这种方法在 OR 教学工作中是一个极为有效的方法。

这些例题原来是日本科学技术联合会 (财经) 主办的 OR 教学课程中所出的习题。讲授这门课需要 6 个月的时间, 每个月都布置了习题, 并要求学员于下个月交出习题答案。OR

习题辅导部负责出题及批改作业的工作，该辅导部积累了十多年来所遇到的问题，掌握了许多初学者容易发生错误和难以理解的资料。开展OR教学工作，在选用〔例题〕方面，有这么丰富的经验和学识的人组成的单位，在日本恐怕还是为数不多的。可以确信，本书所采用的〔例题〕和〔习题〕都作过研究，实践证明它的教学效果是好的，其难易程度也是合适的，并具有实用性。

如上所述，本书是OR习题辅导部的创作成果。此次出版，各章编写工作分工如下：

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| 第1章 概率型决策问题 | 加藤幸彦(明治制菓) |
| 第2章 线性规划 | 古林 隆(埼玉大学) |
| 第3章 进度计划 | 柳沢 滋(冲电气工业)
刀根 薰(庆应义塾大学) |
| 第4章 排队论 | 加藤幸彦 |
| 第5章 库存管理 | 柳沢 滋 |
| 第6章 预测 | 長尾成吾(通产省) |
| 第7章 模拟 | 反町洋一(三菱综合研究所) |
| 第8章 经济效果计算 | 内藤晶一(电信电话公司) |
| 第9章 设备的更新与维修 | 掖木次男(防卫厅) |
| 第10章 动态规划 | 渡边 忠(防卫厅) |
| 第11章 模式化 | 柏井澄夫(防卫厅) |

读者通过学习本书，如能在各自岗位上运用OR有所帮助，全体作者将深感欣慰。

日本科技联合会事业部的三田征夫先生和鍋本秀吉先生

承担了讲授 OR 课，给予了很大支持；日本科技联合会出版社的福岛梧郎先生为出版本书做出很大努力，谨借此机会深表谢意。

执笔人代表

刀根 薫

1972年2月28日

〔参 考 资 料〕

OR 入门课程时间分配之一例

(5 天一期, 举办两期)

〔前期〕

时间 日	9:00~12:00,	13:00~14:00	14:00~17:00
1	第 1 章	1.1~1.4 节	习题(1)
2	第 2 章	2.1~2.3 节	习题(2)
3	第 2 章	2.6~2.7 节	习题(3)
4	第 3 章	3.1~3.4 节	习题(4)
5	第 4 章	4.1~4.4 节	习题(5)

〔后期〕

时间 日	9:00~12:00,	13:00~14:00	14:00~17:00
6	第 5 章 第 6 章	5.1~5.4 节 6.1~6.2 节	习题(6)
7	第 7 章	7.1~7.4 节	习题(7)
8	第 8 章 第 9 章	8.1~8.2 节 9.1~9.3 节	习题(8)
9	第 10 章 第 11 章	10.1~10.2 节 11.1~11.5 节	习题(9)
10	综合性习题、讨论、答疑等		

这个方案是在十天之内学完全书各章节, 内容是相当多的。在企业组织教学时, 要结合企业的具体情况, 对一些章节进行取舍, 时间也要灵活地安排。

目 录

前言

第1章 概率型决策问题	1
1.1 概率论问题	1
1.2 条件概率	5
1.3 不相容事件	10
1.4 后验概率	13
1.5 马尔科夫过程	17
习题	21
第2章 线性规划	22
2.1 线性规划	22
2.2 单纯形法	22
2.3 罚金法	35
2.4 改进单纯形法	37
2.5 对偶单纯形法	43
2.6 条件变化时的求解方法	49
2.6.1 常数项和系数的变化	49
2.6.2 增加变量和约束条件	53
2.7 运输问题	55
习题	60
第3章 进度计划	64
3.1 什么是进度计划	64
3.2 箭头图	64
3.3 PERT 计算	70

X

3.4 三点估计法	78
3.5 人员的分配	82
3.6 关键路线法 (CPM)	95
3.7 车间进度计划	103
习题	113
第4章 排队论	118
4.1 排队论问题	118
4.2 单窗口的排队问题	119
4.3 多窗口的排队问题	128
4.4 到达时间间隔和服务时间的分布与排队	133
4.5 队长有限制时的排队	142
4.6 结束语	147
习题	148
第5章 库存管理	149
5.1 什么是库存管理	149
5.2 经济订货量	149
5.3 订货点法	153
5.4 定期订货法	159
习题	162
第6章 预测	164
6.1 关于预测方法	164
6.2 时间序列分析	166
6.3 回归分析 (单一方程式模型分析)	173
6.4 计量模型分析 (联立方程式模型分析)	182
习题	191
第7章 模拟	194
7.1 什么是模拟	194
7.2 随机数	195
7.3 模拟模型 I	201

7.4 模拟模型Ⅰ	208
7.5 模拟用程序语言	216
习题	221
第8章 经济效果计算	225
8.1 什么是经济效果计算	225
8.2 通过评价资金的时间价值进行比较	229
8.2.1 现值系数、资本回收系数、年金现值系数	230
8.2.2 年金终值系数、偿债基金系数	234
8.3 一般方案的经济比较	239
8.3.1 从互不相容的方案中进行选择	240
8.3.2 补加利润法	247
习题	255
第9章 设备的更新与维修	257
9.1 什么是设备的更新与维修	257
9.2 设备更新问题	257
9.3 随时间而劣化的问题	263
9.4 可靠性问题	270
习题	273
第10章 动态规划	275
10.1 什么是动态规划	275
10.2 确定型多阶段问题	276
10.3 多阶段决策过程和最优化原理	285
10.4 概率型多阶段问题	288
10.5 应用上的问题	291
习题	293
第11章 模式化	294
11.1 本章的特点	294
11.2 什么是模式化	294
11.3 决策者所定问题的模式化	297

Ⅱ

11.4 研究问题的模式化	304
11.5 建立模型	306
习题	307
习题答案	309
附表 1 正态分布表	342
附表 2 随机数表	343

第1章 概率型决策问题

我们实际碰到的问题是很复杂的,即使有某些类似之处,但仍千差万别。严密地说,完全相同的问题是根本不存在的。因此,有时要直接就实际问题本身求解往往是不可能的。因而,通常的解法是,抓住实际问题的本质加以简化,尽可能地把实际问题化成已知其解法的一类问题,在此基础上求解。一旦把问题化成某种类型,则其大体方案就基本确定。因为运筹学(OR)所要解决的问题是很复杂的问题,所以必须重视这种建立数学模型的过程。

然而,由于我们碰到的实际问题,多多少少地都包含有不确定的因素,因此,大体上可以划分为两种研究方法:第1种方法是可以完全不考虑这种不确定因素;第2种方法是以适当形式来考虑这种不确定因素。第1种方法称为确定型决策模型,其典型模型有线性规划模型等;本章介绍第2种方法,即考虑到不确定因素时的研究方法,以概率型决策方法为中心加以介绍。

1.1 概率论问题

在考虑不确定因素时,也有各种研究方法。其中一些基本类型有如下述。

〔例题1.1〕

有相邻的A、B、C三个商场,都在进行商品大拍卖。这

些商场，分别都对每买 500 元 $\ominus$ 商品的顾客发给 1 张彩票。彩品金额如表 1 所示。

表 1.1

A		B		C	
彩品金额	概 率	彩品金额	概 率	彩品金额	概 率
500 000元	1/500 000	100 000元	1/100 000	10 000元	1/10 000
10 000元	1/10 000	10 000元	1/5 000	1 000元	1/500
1 000元	1/500	10元	1	600元	1/200
100元	1/50	—	—	100元	1/10

假设某位顾客正想买 500 元的商品，因为服务状况、距离等其它条件大同小异，所以打算只凭彩票的好坏来选取商场。试问应该到哪个商场去买东西。

〔解〕

这个问题至少可以作为 3 种类型的问题来建立模型。

(1) 如果从每 1 张彩票的彩品期望值着眼，根据下面的计算可知，到 C 商场去买东西最有利。

即，分别用 $E(A)$ 、 $E(B)$ 、 $E(C)$ 表示在 A、B、C 商场买东西时每 1 张彩票的彩品的期望值，则 $E(A)$ 、 $E(B)$ 、 $E(C)$ 为：

$$E(A) = 500\,000\text{元} \times \frac{1}{500\,000} + 10\,000\text{元} \times \frac{1}{10\,000} \\ + 1\,000\text{元} \times \frac{1}{500} + 100\text{元} \times \frac{1}{50} = 6\text{元}$$

$$E(B) = 100\,000\text{元} \times \frac{1}{100\,000} + 10\,000\text{元} \times \frac{1}{5\,000} \\ + 10\text{元} \times 1 = 13\text{元}$$

$\ominus$ 本书将日元简译为元——译者。

$$E(C) = 10\,000 \text{元} \times \frac{1}{10\,000} + 1\,000 \text{元} \times \frac{1}{500} + 100 \text{元} \times \frac{1}{10} = 16 \text{元}$$

(2) 彩票这种东西都是碰运气, 总想叫它中彩价值越大越好。因此, 有这种想法的人恐怕要选 A 商场。

(3) 最想保险的人, 也许要到 B 商场去买东西, 因为在最坏的情况下, 也能得中 10 元彩品。

〔说明〕

(1) 概率型模型

当选定某一方案时, 就要知道所确定方案的概率, 进行方案选择时, 就可以分别求出所得利润 (或亏损) 的期望值 (即无限次地选取那种方案时的利润或亏损的理论平均值), 选取使利润的期望值为最大 (或者亏损的期望值为最小) 的方案, 用这种形式建立的模型, 称为概率型模型。

在本例中, 由于只能买 500 元的商品, 因而只能得 1 张彩票。因此, 在 C 商场买东西时, 实际上, 只能有下述 5 种情况之一。

① 中 10 000 元

② 中 1 000 元

③ 中 600 元

④ 中 100 元

⑤ 不中

看起来, 根据期望值, 即根据无限次试验情况下的理论平均值做出判断, 似乎有些不合理, 然而这却是通常用的价值判断方法。

例如, 掷 1 次骰子打赌, 出 1 个点赢 3 000 元; 出 1 个以上的点, 输 3 000 元。由于这种打赌只搞 1 次, 则其结果只有两种情况: 或者赢 3 000 元, 或者输 3 000 元, 因此,

期望值为:

$$3\,000\text{元} \times \frac{1}{6} + (-3\,000\text{元}) \times \frac{5}{6} = -2\,000\text{元}$$

无需计算,很明显这是不公平的。

通过上述例子可知,不需要对任何问题都千篇一律地建立概率模型求其利润的期望值(或亏损的期望值)。

擅长于数学的人,往往偏向于把什么问题都作成概率型模型。但是,应该牢记,思考方法和研究方法是多种多样的。有时根据情况可以不考虑风险,建立确定型模型。有时则应在承认风险的前提下,建立极大极大模型或极小极大模型。

(2) 极大极大模型

在最理想的情况下,选取使利润为最大(或亏损为最小)的方案,按这种形式对问题建立模型时,称之为极大极大模型。在工厂企业经营方面,这种例子也许比较少,但在赌博和抽彩票等情况下,按极大极大模型来建立模型时,大多数情况是适当的。这是因为,不管原来选取什么方案,在大多数情况下,期望值必定为负。

(3) 极小极大模型

估计到最不理想的情况,选取获得最大利润(最小亏损)的方案,将这种类型的问题加以模型化,称之为极小极大模型。企业的原则是必须稳定,按极小极大模型加以模型化较为常见。尤其是经营管理方面的人员,多半倾向于采取这种方法。

如上所述,即使完全相同的问题,往往因决策者的方针不同,也会建立不同的模型。而且,某一模型(即所谓问题),例如,作为概率问题来建立模型进行决策时,只要在计算上没有错误(例如上例的C商场),它的解事实上就已确定。