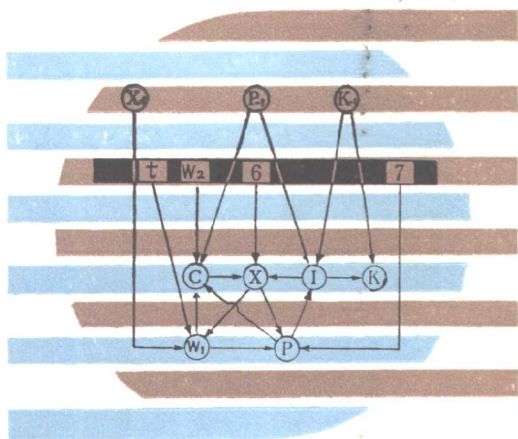


运筹学与 数量经济学基础

[荷兰]亨利·塞尔 等著

张玉纲 杨小凯 译



湖南科学技术出版社

运筹学与数量经济学基础

亨利·塞尔
〔荷兰〕 约翰·C.G.布特 著
图恩·克洛克
张玉纲 杨小凯 译

湖南科学技术出版社

HENRI THEIL, JOHN C.G. BOOT, TEUN KLOEK
OPERATIONS RESEARCH
AND QUANTITATIVE ECONOMICS
An Elementary Introduction
INTERNATIONAL STUDENT EDITION
MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1965

运筹学与数量经济学基础

(荷兰)亨利·塞尔等著

张玉纲 杨小凯译

责任编辑：陈增林

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1981年9月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：9.25 字数：200,000

印数：1—11,000

统一书号：4204·3 定价：0.78元

译 者 的 话

要实现四个现代化,经济管理必须现代化,运用科学方法管理经济已成为当务之急。数量经济学是一门新兴的边缘学科,它的一些方法可供我们借鉴。为此,经我国经济学家乌家培同志的推荐,我们译出了此书,以供学习参考。

本书全面系统地介绍了数量经济学的基本知识,其内容与国内沿用的数量经济学概念是吻合的。它以实现综合平衡、进行经济预测为中心,运用投入产出法和经济模型方法,讨论了国民收入,投资和就业等宏观经济问题;又以企业管理为中心,运用运筹学方法,讨论了生产、库存和销售等微观经济问题。虽然它所运用的方法涉及到众多的数学领域,如线性规划、网络分析、概率论、排队论及对策论等,但它避免了抽象的推理和繁复的演算,而是通过列举有趣的实例来加以说明,因此只需具备中学数学知识就不难读懂。全书反映了现代管理科学和经济计量学等边缘科学相互渗透的特点,并兼顾到这些学科的专业性和边缘性。因此,本书既可作为一般读者的入门书,也可作为大学经济系和工科院校企业管理课程的教学参考书,并适合于各种类型的经济管理学习班教学之用。

前 言

数学的重要性日益提高，这是当今世界引人瞩目的特点之一。过去，把数学研究称为封闭体系，是不致被指责为言不符实的。那时数学这个领域是在中学和大学里学习研究的。如果有人要对数学作更深入的研究那当然是可以的，但他就只能以中学或大学的数学教师为职业，他的任务就是帮助下一代人了解这个领域。但是，今天我们已经普遍认为数学在许多部门有广泛的应用——这一进展是与新的数学方法以及电子计算机的发明密切相关的。只需举一个例子就能说明这一点：由于电子计算机的应用，宇航员以每小时约20,000英里的速度飞越太空的径迹可以在几秒钟之内精确计算出来。

早先，数学主要应用于物理科学方面。经济计量学是一个重要的新领域，它涉及到经济学的数学和统计方面。它可以溯源到十九世纪中叶，当时欧洲的统计学者开始分析家庭收支预算。运筹学是最近发展起来的一个领域，它涉及到企业管理的数学方面，如有效计划和库存控制等。运筹学（通常简称为OR）*主要是在第二次世界大战中，英国不得不独立作战时发展起来的。当时为了提高海运效率、开展反潜艇战、组织有效的轰炸等目的，决定动员科学家参与决策。这些科学家来自各个基础学科（有数学家、物理学家、生物学

* 管理科学（简称为MS）是与之密切相关的学科，只是范围略广一些。

家等等), 其中有些人战后改行研究管理问题。

本书试图在非专业性的水平上对经济计量学和运筹学的方法和技能作一介绍。实际上, 只消粗略地翻阅一下本书, 就能看出书中公式和符号相当少。当然, 不可能完全不使用数学符号。不过我们只要求读者略知一二即可。譬如, 读者应该知道 x 和 y 代表变量(可以变化的事物, 如月产量)而 a 和 b 代表常数, 如 3 和 4; 应该知道 $y = a + bx$ 是线性方程, 可以用平面上的一条直线来表示; 还应该知道 $y = a + bx + cx^2$ 是二次方程, 可以用一条曲线来表示。读者应该记得什么是平方根; 应该懂得一个数的平方永不为负。只要知道这些就够了, 而且其中一些内容在第一章里还作了简单解释。

本书并不能使读者成为经济计量学或运筹学方面的专家。要成为专家必须通过研究院水平的学术研究。本书的对象是; 希望了解这一领域概貌的一般读者; 想在决定专业之前了解这门学科的大学生以及不想钻研数学方法但感到有必要(完全正确!)了解这一领域目前的进展的研究生。为此, 我们编写了十三章, 每章的篇幅不大, 第V页上绘了个示意图。图中方框右下方的字母表示难易程度。标有A的章节是毫不费力的; 标有B的章节略为难些; 标有C的则更难些。难度不一定与所用的数学的量相一致。例如, 第二章(标有B的一章)的困难之处主要在于陈述较长, 因而要领会清楚需要几分努力。第十二章(标有C的一章)的推理过程比较抽象, 但它所包含的数学一点也不难。

这些章节用箭头相连接。如果有箭头从某一章指向另一章, 这就表示在读另一章之前要先读这一章。例如, 第一章应在第二章之前阅读; 第三、四章应在第五章之前阅读; 但第三章不必在读完第一、二章后阅读; 第四章不必在读完前

三章后阅读。这并不是说第四章与第三章毫无关联。这样的关联是有的，但其主要作用是表示第四章与前面章节的顺序关系，即使没有读过前三章也不致影响对第四章的理解。读者会注意到，有两个箭头指向第五章。这表示作者建议按所标顺序阅读，如果不顾这一顺序则对理解会有某些影响。这一示意图表明，阅读任何一章时，都不需要先阅读两章以上的篇幅。

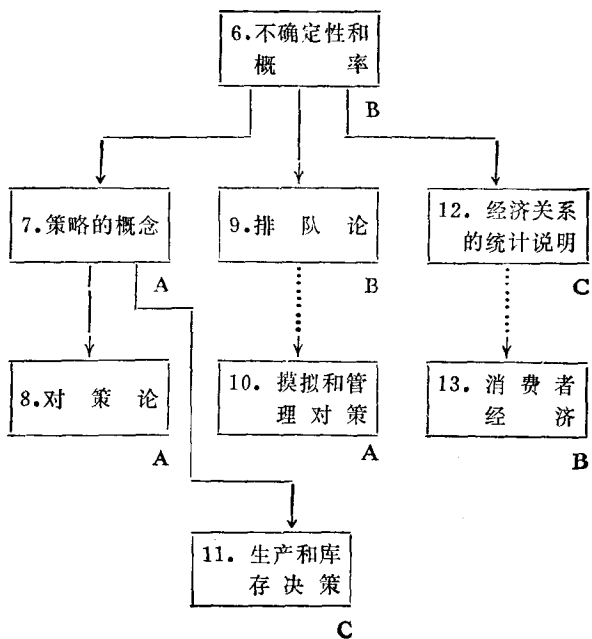
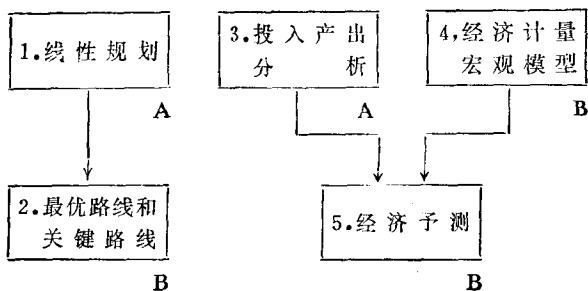
学习商业和工程技术的学生所关心的是企业管理问题，他们可以阅读下列章节：

1. 线性规划
2. 最优路线和关键路线
6. 不确定性和概率
7. 策略的概念
8. 对策论
9. 排队论
10. 模拟和管理对策
11. 生产和库存决策

学习经济学的学生关心的是经济计量学而不是管理问题，他们可以阅读下列章节：

1. 线性规划
3. 投入产出分析
4. 经济计量宏观模型
5. 经济预测
6. 不确定性和概率
12. 经济关系的统计说明
13. 消费者经济

本书末尾附有后记，其中概述了所论及的专题和示例。



读者先看一下后记就不难对本书的内容有一个印象。

亨利·塞尔
约翰·C·G·布特
图恩·克洛克

目 录

译者的话	(I)
------------	-------

前言	(II)
----------	--------

第一章 线性规划	(1)
----------------	-------

1—1 线性规划问题的结构	(1)
---------------------	-------

1—2 收音机产量	(4)
-----------------	-------

1—3 图解法	(6)
---------------	-------

1—4 对于不同利润率的解	(11)
---------------------	--------

1—5 松弛变量	(13)
----------------	--------

1—6 单纯形法入门	(16)
------------------	--------

1—7 边界约束条件有什么价值?	(19)
------------------------	--------

1—8 一位工厂主	(21)
-----------------	--------

第二章 最优路线与关键路线	(30)
---------------------	--------

2—1 救火!	(30)
---------------	--------

2—2 西北角法则	(33)
-----------------	--------

2—3 最优解的条件	(38)
------------------	--------

2—4 怎样求最优解	(45)
------------------	--------

2—5 答问比赛	(50)
----------------	--------

2—6 关键路线	(52)
----------------	--------

2—7 本书的关键路线	(55)
-------------------	--------

第三章 投入产出分析	(59)
------------------	--------

3—1 经济的相互依存关系	(59)
---------------------	--------

3—2	实际应用的投入产出表	(63)
3—3	投入产出分析的目的和假设	(67)
3—4	投入产出分析的方法	(70)
3—5	若干深入一步的细节	(75)
3—6	阻塞	(80)
第四章 经济计量宏观模型		(83)
4—1	关于经济相互依存关系的若干进一步设想	(83)
4—2	一个最简单的模型	(85)
4—3	小型美国模型	(88)
4—4	对克莱因的美国模型的进一步探讨	(91)
4—5	长远影响	(96)
4—6	大型模型	(98)
第五章 经济预测		(102)
5—1	预测是艺术还是科学?	(102)
5—2	投资民意测验一例	(106)
5—3	以经济计量宏观模型为依据的预测	(112)
5—4	荷兰中央经济计划的预测值	(114)
5—5	根据投入产出表作预测	(118)
第六章 不确定性和概率		(126)
6—1	不确定性: 普遍现象	(126)
6—2	古典概率论基本原理	(127)
6—3	离散分布	(131)
6—4	期望与方差	(132)
6—5	连续分布	(135)
第七章 策略的概念		(143)
7—1	策略与权变	(143)
7—2	策略的示例	(144)
7—3	填格游戏	(145)

7—4	为什么要运用策略	(148)
7—5	投资的选择	(150)
7—6	策略的三个条件	(153)
第八章 对策论		(156)
8—1	两条航空线	(156)
8—2	对策、步、策略	(158)
8—3	极小极大和鞍点	(161)
8—4	混合策略	(164)
8—5	图解法	(168)
8—6	极小极大定理	(169)
8—7	多人非零和对策	(174)
第九章 排队论		(177)
9—1	排队问题	(177)
9—2	顾客的到达	(178)
9—3	服务	(181)
9—4	排队的平均长度	(183)
9—5	优先	(186)
9—6	机器和维修工	(189)
第十章 模拟和管理对策		(194)
10—1	人造黄油工厂	(194)
10—2	更深入一步的细节	(200)
10—3	象棋和垄断	(203)
10—4	冰箱	(205)
10—5	局中人面临的问题	(207)
10—6	在董事会办公室里	(209)
第十一章 生产和库存决策		(213)
11—1	最优批量	(213)
11—2	灵敏度分析	(216)

11—3	较为复杂的费用函数	(219)
11—4	费用极小化问题	(224)
11—5	线性决策法则	(228)
11—6	实例	(232)
11—7	未来决策的预测	(235)

第十二章 经济关系的统计说明 (240)

12—1	问题的提出	(240)
12—2	信息的两个来源	(240)
12—3	散布图	(242)
12—4	最小二乘法	(244)
12—5	统计估计的原理	(248)
12—6	随机样本和无偏估计	(250)
12—7	回归分析中的估计	(253)
12—8	标准误差	(260)
12—9	结束语	(263)

第十三章 消费者经济 (266)

13—1	消费者的行为	(266)
13—2	实际收入和相对价格	(267)
13—3	购买量	(269)
13—4	收入弹性	(271)
13—5	价格弹性	(273)
13—6	预算调查	(274)
13—7	质量和数量	(278)
13—8	影响消费者需求的其他因素	(280)

后记 (282)

第 一 章

线 性 规 划

1—1 线性规划问题的结构

我们以G.J.斯蒂格勒所作的调查研究为依据,开始讨论线性规划问题。正如许多家庭主妇曾经做过的那样,他试图订出能保证一个人在一年内健康生存的最便宜的食谱。这样一份食谱显然应能满足多种营养需求:它应包含足够的维生素、脂肪、蛋白质、热量、矿物质等等——一共是九种。这份食谱从77种不同的食物中选配,这些食物的价格和营养成分是已知的。根据这些数据进行的计算表明,能满足所有九种营养需求的最便宜的食谱由九种食物组成。以后将要证明,这一数目上的一致并非偶然的巧合。食谱指定的食物只包括面粉、粗玉米粉、炼乳、花生酱、猪油、牛肝、包菜、土豆和菠菜。这并不是一份美味的食谱。如果将口味和花色之类的因素考虑在内,那就能订出一份更为可口的食谱,但开支肯定也会更高。顺便提及的是,这类问题的一个变例——订出一份能满足各种营养需求而热量尽可能少的食谱——的解答,可以在每周的妇女杂志上找到。

这个问题的结构是这样的:未知数是要购买的各种食物的数量。在数学上,这样的未知数习惯用一个符号,譬如 x ,来表示。于是77种不同食物的购买量就可以用 x_1 、 x_2 、 $\dots$ 、 x_{77} 来表示。假如第一种食物是鱼肝油,第二种是小萝

卜，……，最后一种是甜菜，那么 x_1 就表示要买的鱼肝油的瓶数； x_2 是小萝卜的捆数；……； x_{77} 是甜菜的磅数。我们用 x_i 来表示这些不同的量，下标 i 可以取1到77之间的值。

现在这个问题就可以用数学式表示了。目标是要订出可能的最便宜的食谱，因此首要问题是找出成本的表达式。令 p_i 表示各种商品的价格。显然， p_1 表示一瓶鱼肝油的价格； p_2 是一捆小萝卜的价格；……； p_{77} 是一磅甜菜的价格。这样就不难得知 x_1 瓶鱼肝油的价格是 p_1x_1 美元。同样， x_2 捆小萝卜的价格是 p_2x_2 美元。这两项合起来的价钱是 $p_1x_1 + p_2x_2$ 美元。因此，购买 x_1 瓶鱼肝油、 x_2 捆小萝卜、……和 x_{77} 磅甜菜的总价钱就是

$$C = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_{77}x_{77}。$$

这称为目标函数。 C 值必须取极小值。目标函数是未知量 x_i 的线性函数，这就是说它的形式是“ p_1 乘以 x_1 ，加上 p_2 乘以 x_2 ，加上……”，其中价格 p_1 、 p_2 、…… p_{77} 为已知数*。

怎样来解使目标函数值为极小的问题呢？可能有人会认为，所有的 x_i 应为零，因而什么也别买。这样开支确实最少，实际上等于零。但是这样的“食谱”不能满足营养需求，也就是不能满足所谓的边界条件。试以热量需求为例。医生认为，一个成年人一年至少需要800,000卡热量。已知一瓶鱼肝油含有 c_1 卡；一捆小萝卜含有 c_2 卡；……；一磅甜菜含有

*若干变量 x_1 、 x_2 、……的线性函数(无“常数项”)具有下列简单性质：若所有变量的值都加倍，则函数值也加倍，即

$$\begin{aligned} p_1(2x_1) + p_2(2x_2) + \dots + p_{77}(2x_{77}) &= 2p_1x_1 + 2p_2x_2 + \dots \\ &+ 2p_{77}x_{77} = 2(p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_{77}x_{77}) = 2C \end{aligned}$$

同样，如果将 $7x_i$ 代换 x_i ，函数值显然会变成原来的7倍，二次函数不具备这样的性质，例如， $3y^2$ 是 y 的二次函数。以 $2y$ 代换 y 得出该函数的新值 $3(2y)^2 = 3 \times 2^2 \times y^2$ ，是原来值的四倍而不是二倍。

c_{77} 卡。如果买 x_1 瓶鱼肝油、 x_2 捆小萝卜、…… x_{77} 磅甜菜，则总共含有

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_{77}x_{77} \text{ 卡热量。}$$

这一总和至少应达到800,000卡。因此对于热量需求可写为：

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_{77}x_{77} \geq 800,000。$$

对于维生素、脂肪、蛋白质等也有类似的规定，于是一共得出九个边界条件。请注意，这种边界条件的左边与目标函数一样，也是 x_i 的线性函数。

条件已经列得差不多了，但还不完全。还必须明确规定 x_i 值不得为负。显然，不可能买回负数瓶鱼肝油或负数磅甜菜。但计算机可不管这个不言自明的规定。因此，必须明确列出

$$x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \cdots, 77)。$$

总之，77种食物中每一种的购买量必须为零或正。这些约束称为非负条件。

至此，这个线性规划问题已用数学式表示出来了。问题是要确定未知数的值。未知数是77种食物的购买量，这些量是受人支配的，也就是说它们可以由实际处理这个问题的人（在本例中是家庭主妇）来确定。此人必须决定这些未知数的值，因此这些未知数称为决策变量。此项决策以什么为标准呢？决定的标准是，它应使线性目标函数取极小值。在本例中就是要使这份食谱的开支为最小。不过这一最小化并不是无条件的，因为解答还必须满足：(1) 所有决策变量的非负条件；(2) 边界条件。在本例中，这些约束条件呈不等式形式，它们是由热量、蛋白质等需求所确定的。决策变量的线性表达式必定至少等于某一定数。这个数可以为零（如在非负条件

场合)或800,000(如本例中的热量规定),或任何其他数值。实际上,它也可以是“至多等于某值”形式的不等式。譬如,下列形式的约束条件便属于这一种:“医学上不希望一个人一年内摄食的热量大于二百万卡。”如所述,所有这些不等式都是决策变量的线性不等式。

也可能有这样的情况,目标函数要取极大值而不是极小值。不过,应该懂得这种区别在数学上是无关紧要的,因为使开支为最少等价于使开支的负值为最大。下面就是一个取极大值的例子。

1—2 收音机产量

未知元较少(2个而不是77个决策变量)的问题有助于说明解题方法。假设有一家收音机制造厂只生产两种型号的收音机,一种是能保证高保真度的普通型;一种是有较多旋钮和较精细刻度盘的高级型,这是无线电技术的最新产品。这两种收音机每台的利润分别为20美元和30美元。决策变量是普通收音机和高级收音机的日产量。如果这家厂每天生产 r_1 台普通收音机和 r_2 台高级收音机,则每天产出的利润是

$$20r_1 + 30r_2,$$

单位为美元。这个函数是厂方的总利润,厂方希望它尽可能地大。(这里不必声明 r_1 和 r_2 不得为负。)虽然看起来这家厂应该只生产利润较高的高级收音机,但生产能力的限制使这无法实现。

假设该厂的生产在两条生产线上进行——一条生产价廉的普通收音机;另一条生产精工细作的高级收音机。这两条