

甘肃民族出版社

农业生产组织和规划
的经济数学方法

宋宾周 邱菀华 译

2.5

农业生产组织和规划的经济数学方法

Тунеев М.М., Сухоруков В.Ф.

Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства: Учеб. пособие.—2-е изд., перераб. и доп.
—М.: Финансы и статистика, 1986.—

宋宾周 邱菀华 译

甘肃民族出版社出版发行
(兰州第一新村81号)

天水新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张6.75 字数161,000

1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

印数: 1—1,120

ISBN 7-5421-0094-7/F·4 定价: 4.25元



译者序

十九世纪以来,经济数学方法在国民经济各部门逐步得到了推广和应用。在农牧业及人文学科领域经济数学方法的应用上,苏联一直处于先进水平。M·M·图涅耶夫和B·Φ·苏霍鲁科夫的《农业生产组织和规划的经济数学方法》一书,总结了苏联在这方面的研究成果。书中叙述了经济数学最优化技术在农牧业管理中的应用,介绍了许多有价值的企业效益最优化模型和求解方法,并用具体实例,以说明提出问题、收集数据、分析计算结果的原则和步骤。每章后都附有复习题,为读者检查学习效果提供了很大的方便。本书是按苏联农业高等院校开设的“农业生产组织和规划的经济数学方法”这门课程的要求编写的,已被苏联农业部高等和中等农业教育总局批准作为各农业高等院校经济专业的教材,并再版多次,实为一本不可多得的好书。

我国有关这方面的研究,已有不少成果,但正式出版的书,却犹如凤毛麟角。我们特将此书翻译出来,以饕读者。旨在为满足我国社会主义建设现代化的要求,适应改革开放的形势,推进我国在这方面的研究工作。

在翻译过程中,对原书公式、表格等中的个别问题,凡查证后觉得有误者,均作了改正,并以“译者注”进行说明。

本书全部译稿由宋启荣同志作了仔细校对,考荣中同志对本书的翻译给予了极大支持,校正了原书的一些数据,特在此表示深切的感谢。由于国内俄文工具书较缺乏,加之译者水平有限,所以错误之处,在所难免,敬请广大读者不吝指教。

译者

1990.10于北京

本书经苏联农业部高、中等农业教育管理总局批准作为农业高等学校的教材。

本书根据莫斯科财经统计出版社
一九八六年第二版翻译

前 言

在1986—2000年期间，根据苏联经济和社会发展的基本方针，确定农业的主要任务是：发展农工综合体和实现粮食规划。农工综合体的根本任务是：争取农产品的稳定增长，以求全国食品和农业原料有可靠保证；围绕粮食规划，集中各部门的力量，最终使各项工作取得较高效益。实现粮食规划的基本方针之一是，使农工综合体的各部门均衡地、按比例地发展，并改善经营管理、计划安排和完善用经济手段刺激生产的方法。在农业发展中，必须以集约化为基础，保证高速度发展生产，高效益使用土地和推广应用科学成就与先进经验。现阶段应注重提高农业的专业化、集约化程度，加强农庄间的生产协作。首要的任务是完成生产的全盘机械化，扩大土壤改良面积，提高农业的化学化水平。

在农工一体化方面，苏联已向前迈进了一大步。苏共中央委员会和苏联部长会议通过了《关于进一步完善农工综合体管理》的决议。认为必须成立苏联加盟共和国国家农工委员会。

经济数学方法和电子计算机的应用，能够挖掘尚未充分利用的生产能力；能够更深入、更精确地研究农工综合体内部复杂的国民经济问题，其中包括对农业生产的分析、计划和管理。每一学科的发展，首要的是改进研究方法，以便更深入地掌握该学科固有的生成规律。卡·马克思强调指出，任何一门科学只有当成功地应用数学时方可达到完美。这恰好说明为什么数学方法被迅速而广泛地应用于人类知识的各个领域（经济、生物、医学等等）。每个复杂的系统都可以用数学准确地描述，面对各种各样数据的

收集、整理，只有用现代化的数学方法和电子计算机才有可能。

经济数学方法应理解为求解科学理论及实践中各种经济问题的数学方法（如数学规划、概率论、排队论、博弈论、网络方法、数理统计等）的集合。但是，还没有充分把握将某种量化结果立即用于规划和管理国民经济的实践中。为此，必须搞清楚这种结果的自然属性，而这点只有在深刻理解马列主义经济理论的基础上才能作到。如果不考虑这点，则所得结果，从数学的角度看，是很理想的，但从经济学观点看，则完全无用。如果“经济最优值”和“数学极值”的概念不相符合，则经济数学的计算结果是假定的、无实际意义的，因而无实际应用价值。由此可见，运用经济数学方法时，起主要作用的是经济理论，数学是工具，只起辅助的次要作用。要提出有根据的建设性意见，就必须在与定量分析紧密地、辩证地结合成一体的条件下，进行定性分析。但是，马列主义经典著作中不止一次地指出，在经济学中数学的作用很大。卡·马克思认为，用数学可以推导出资本主义经济危机的规律。他在给弗·恩格斯的信中指出，从有足够的经过检验的材料制成的有价格、贴现率等项目的统计表中，可以得出经济危机的主要规律*。卡·马克思所编制的资本复现模型，虽简单，但应用广泛。它是将数学用于经济学的典范。符·伊·列宁也多次用数学来研究经济学。

许多科研单位和农业院校、苏联国家及各加盟共和国农工生产计算中心，各州、区农工联合体生产计算中心都在研究经济数学方法，并使之应用于农业的规划与管理中。

经济数学方法在农业中主要应用于以下三方面：

研究和解决农庄内部经济分析和规划中遇到的经济数学问题。

*原文：卡·马克思，弗·恩格斯文集第33卷第72页；中文：《马克思全集》第33卷第87页。——译注

研究和解决农工联合体及农工综合工程各个环节上的经济数学问题。

研究和解决各部门经济分析和规划中遇到的经济数学问题。

在研究第一方面的问题时,由于较易获得所需的可靠数据,所以不难用电子计算机求解,也无需多方合作耗费精力。这方面的优化任务有:农庄各养殖场饲料的利用;无机肥和有机肥的利用;汽车、拖拉机总存贮量及其利用;农庄内运输的调配;畜牧业发展计划;植物栽培计划;农业生产结构;农庄内各分场、工厂、班组及其下属各单位的布局及专业分工;集体农庄及国营农场业务组织机构的配置计划等。

第二方面的问题是随农工联合体的组成而提出的。所包括的优化任务不仅有农产品的生产,而且有联合体内部对农产品的工业性再加工。

第三方面的问题是研究和解决州、区、加盟共和国和全苏范围内整个农业和农工综合体各部门的发展问题。研究和解决这方面的问题必须要多方合作,有时甚至需要好几个科研所参加。这方面的主要工作任务是,农业生产在各地地区的布局及专业分工。苏联国内各大区解决这类问题的经验表明,其效益是很高的。这方面的任务还有,各农庄、州、区、加盟共和国对农产品收购计划的优化。目前有必要在州和加盟共和国这一级内完成农工联合体发展的优化任务。这类问题的顺利解决,会促进全苏农工联合体效益的提高。本教材是按“农业生产组织和规划的经济数学方法”这门课程的要求编写的,其目标是建立能反映各级管理部门及整个农业经济组织过程的优化模型。

要掌握经济数学方法,必须较好地了解其他几门学科,如:政治经济学、农业生产组织及经济组织、数学规划、概率论、数理统计等。没有较深厚的生产组织及经济方面的知识,就不可能正确地提出问题,并对所提出的问题进行仔细地研究、分析和求

解。不了解数学关系、算法和逻辑知识，就不可能对用数学公式表达的问题有明确的概念，也不可能对最优解中的有效数据有深刻的理解。

农业经济过程的模拟方法是我们的主要研究方法。它是本教材各章探讨问题所用的工具。

本课程的基本任务是：正确地提出经济数学问题；研究各问题的数学模型结构；选择模拟对象的最主要因素，找出他们之间的量化关系；掌握各种关系和条件的数学表达方式；分析计算机求解结果。

本教材中除涉及优化解的经济数学分析、模型系统、数学模拟的一般问题外，还包括了一些具体的，有较大特色且实用的农业生产的分析和规划模型。

目 录

译者序.....	(1)
前 言.....	(1)
第一章 数学模拟的理论基础.....	(1)
1.1 经济数学模型和模拟.....	(1)
1.2 线性经济数学模型.....	(3)
1.3 模拟的基本阶段.....	(7)
1.4 经济数学问题的提出 ——基本的总体模型和分解法模型.....	(9)
1.5 模拟的基本方法.....	(19)
第二章 最优解的经济数学分析.....	(37)
第三章 农业分析、规划和预测的经济数学模型系统	(48)
3.1 应用经济数学模拟方法制定农业规划时进行系统 处理的客观必要性.....	(48)
3.2 农业经济数学模型的分类原则.....	(50)
3.3 构造经济数学模型系统的概念和原则.....	(53)
3.4 农业规划模型系统的特征.....	(56)
3.5 模型系统计算的一致性 ——最优目标系统.....	(59)
3.6 系统的数据和软件.....	(61)
第四章 农业企业中饲料利用的模拟.....	(63)
4.1 饲养牲畜的最优日料计算.....	(63)
4.2 最优配制饲料利用计划的编制模型.....	(69)

第五章	播种面积和施肥基数的结构模拟.....	(90)
5.1	畜牧业产量已知的条件下饲料作物播种面积的最 优结构模型.....	(90)
5.2	农场肥料利用的优化模型.....	(103)
第六章	部门间专业化和协调关系的模拟.....	(134)
6.1	部门间最优协调的静态模型.....	(125)
6.2	农业企业最优发展的线性动态模型.....	(141)
第七章	畜群周转和结构的模拟.....	(145)
第八章	农机、拖拉机站和汽车库的结构及其利用模拟	(160)
第九章	农业生产布局和专业分工的模拟.....	(176)
第十章	农产品的收购模拟.....	(190)

第一章

数学模拟的理论基础

1.1 经济数学模型和模拟

近年来，认识各种各样现象和过程规律性的基本方法之一是，在科学和实践中广为应用的模拟方法。模拟就是构造模型的过程，借助这类模型能研究不同本质对象间的作用（活动）。

模型的最一般涵义是指研究对象的活动流程及其假定简化形式。模型的概念与两个客体的相似性分不开。把其中一个看成是原型，另一个就是它的模型。模型与所模拟的对象的适应度是不同的。模型是一种重要的进行科学抽象的工具，它能使被研究对象的最本质特征在研究中分解出来。在某些情况下，模型可能与其模拟对象外部相似，但有些参数（如规模大小，运动速度等）并不相同。这就是通常的物理模型（如飞机模型、船舶模型、水电站和天文馆模型等）。物理模拟方法已成功地应用于科学和技术中。但是，不是在所有情况下都能使用物理模拟方法的。如果研究的对象或系统相当复杂，那么只能用抽象的数学模型代替物理模型。描述系统的数量特征的数学模型，已用于人类知识海洋的各个领域。

数学模拟是认识所有现象和过程内部规律性时常用的有效工具。数学模拟可用于研究被模拟系统间相互联系和依赖的数量关系，并可促进系统的进一步发展和作用的充分发挥。但是，要使模拟成为认识的有效工具，必须要求构造出与被研究系统完全适应

的数学模型。数学模型是由数学公式、不等式和方程式组成的系统。它们都能说明原型中所产生的现象和过程，只是有精确度高低之别而已。因为用同样的符号和标志可以描述各种过程，又因为数学模型可以抽象地用一般方式表示和描述大量的复杂过程和现象，所以，数学模型被广泛地应用在科学和实践中。

苏联科学院院士B.C.涅姆钦诺夫建立的经济数学模型已用于对苏联各种不同的经济过程和现象的实际研究中。

对经济数学模型的实质，B.C.涅姆钦诺夫言简意赅地表述如下：“经济数学模型，是经济现象间共同关系和规律用数学形式的集中表示”。

各种系统中，经济系统是最复杂的。只有充分详细地了解清楚，包括认识其各独立因素间的数量关系，相互之间的影响程度及对生产的最终结果的影响程度之后，才能正确地予以描述。因此，模型应能以某种精确度反映真实过程，反映经济系统与外部条件给予它的约束条件间的相互关系。模型要凭借可靠的数据。但是，即使是最复杂的、最庞大的模型，也不可能非常详尽地反映被模拟系统的各个方面。当然，这也是不必要的。对模拟系统间的一切联系和依存关系的数量属性，并不总是确切地了解。而且，这可能使模型变得复杂而累赘，以至于不可能用它求解具体的经济问题。因而，数学模拟要求抽象化，应避开模拟客体的非本质方面。也就是说，应描述其最具特征和规律性的东西。当然，抽象化是有界限的，超出这个界限，模型的附加条件就太多了，将无法得出可行解。因此，在模拟过程中必须规定抽象的界限。规定界限时，务必记住，任何经济数学模型都是它所表示的经济现象的数量和质量特征的辩证统一体。没有或破坏了模型的这个统一体，就可能导致得出不理想的，实际上也是不适用的解。

综上所述，模拟的艺术在于，深入地研究和了解现象的本质

属性，用数量形式反映其属性，保留现象的基本特征，抛弃其非实质性特征。

在卡·马克思的著作里，有一些对相当复杂的经济现象进行科学抽象和数学模拟的典型例子。例如，卡·马克思在分析资本主义生产关系的基本类别时，就应用了数学模型（包括简单的和扩大资本再生产的模型）。

研究国民经济中的经济过程，还可利用其他方法，例如科学试验的方法。但是经验证明，较为经济而迅速的研究方法，还是经济数学方法。用电子计算机求解，与具体的经济条件、地区远近、季节及其他外部因素都无关，并且可以一直解到求出无偏差的、有充分依据的有效结果为止。应当指出的是，可以借用现成的、经过检验效益高而实用的典型模型。本教材主要探讨的各种线性规划模型就属这一类。当没有任何一个已知模型可以解决提出的经济问题时，则要创建一个原模型。该模型应经历必要的一切后续阶段，直至通过实际鉴定，此后才可在生产中应用。

1.2 线性经济数学模型

我们来探讨用线性规划方法求解经济问题的要求。如果无法拟定这些标准形式的和非标准形式的要求，就不能正确求解经济问题。**线性规划方法**应理解为可以求得经济问题最优解的方法。这类方法，具有线性的一组不等式或关系式表示的约束条件，它们从属于由通用的、与最优性标准相符的线性关系式构成的目标函数。现在让我们来研究线性规划问题的标准形式。由上述定义可知，**任何问题应该都用数学形式表示**。如果问题不能表示成数学关系式，就不可能用数学方法求解。

要求之一是：**任何问题**的已得解**不应当违背常规**。为了说明这一要求与其它要求，在此举一个最简单的线性方程组为例：

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &= 300, \\ 6x_1 + 8x_2 &= 1500 \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

解这个方程组得： $x_1 = 450$ ， $x_2 = -150$ 。为了证明此解的正确性，应将所得 x_1 和 x_2 的值代入原方程组中。从纯数学的观点来看，这个解没有任何值得怀疑的地方。但是，这是一个经济问题，所以我们要给出具体参数的经济意义。

设农庄拥有300公顷耕地和1500人/日的劳力贮备。需要确定两种农作物（假设为燕麦和大麦）在下列约束条件下的播种面积。播种每公顷燕麦需要劳力6人/日，而播种每公顷大麦需要8人/日。如果拟定问题时考虑了以上参数，那么，其数学形式将与式（1.1）没有区别。但是，它的解，即 x_1 和 x_2 的值，从经济意义上来看将是荒谬的。因为农作物播种面积，象任何一个经济范畴内的数据一样，不可能为负数。因此，必备的要求应是：凡包含在线性规划中的变量，都应是**非负值**。事实上，农作物的面积要么大于零，要么等于零（等于零表示不播种农作物）。如果线性方程组中有变量取负值，即便是某一个变量取负值，就称为**不可行**。方程组（1.1）显然是不可行的。因为如设全部耕地都种燕麦，则需劳力1800人/日（ 6×300 ），而按问题提出的条件，农庄总共只安排1500人/日。所以，第一个方程所表示的约束（两种作物播种面积为300公顷），与第二个方程所表示的约束（劳力消耗总和可能等于1500人/日）不协调，即不可行。

为了消除方程组（1.1）的不可行性，需将劳力贮备增加到2000人/日。这时，方程组形式为：

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &= 300 \\ 6x_1 + 8x_2 &= 2000 \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

在这种情况下，燕麦播种面积 $x_1 = 200$ 公顷，大麦播种面积 $x_2 = 100$ 公顷。因此，现在变量都取正值，从而消除了方程组的不可行性，所有变量为非负值。但是，在大多数实际问题中，消除不

可行性并不这么顺利。就是对方程组作经济和逻辑分析，也往往不能奏效。用电子计算机求解，可发现不可行性，并有助于确定消除它的方法。

要求之二是：**方程组是不确定型的**。这时，要假设好几个可行解，否则想选出最优解是困难的。方程组 (1.2) 只有唯一解。这一点，只要用不同于已得解 ($x_1 = 200, x_2 = 100$) 的其他任何值代换 x_1, x_2 ，就可以证实。在数学上，这种具有唯一解的方程组，叫做确定型的。

为了得到不确定型方程组，应将 (1.2) 中的等号换成不等号：

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &\leq 300 \\ 6x_1 + 8x_2 &\leq 2000 \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

现在的问题是，在该约束条件下，找出土地和劳力资源可能没有被全部利用时的农作物播种面积 x_1 和 x_2 。这无论在数学上，还是在经济上都是合乎常规的。事实上，经常出现这种情况，当一些资源明显不够用，而要求一定用完另一些资源时，将导致消极的结果。我们把不等式 (1.3) 变成下列方程式：

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 &= 300 \\ 6x_1 + 8x_2 + x_4 &= 2000 \end{aligned} \right\} \quad (1.4)$$

新方程组的变量增加了。新变量 x_3, x_4 的经济意义是： x_3 表示可能没有被利用的耕地（公顷）数， x_4 表示可能没有用上的劳力（人/日）数。

方程组 (1.4) 是可行的，因为当 $x_3 = x_4 = 0$ 时，它有正数解。但是，方程组 (1.4) 是不确定型的，因为它的解不止一个，而有许多个。为了证明这一点，我们能写出方程组 (1.4) 的好几个可能解。其中之一如上面所列： $x_1 = 200, x_2 = 100, x_3 = x_4 = 0$ ；第二个解： $x_1 = x_2 = 0, x_3 = 300, x_4 = 2000$ ；第三个解： $x_1 = 300, x_2 = x_3 = 0, x_4 = 200$ ；第四个解： $x_1 = 200, x_2 = x_3 = 50, x_4 = 400$ 。这种例子可以继续举下去，而方程组 (1.4)

也因此被确认为是不确定型的。

方程组的不确定性，在理论上有着严格的数学论证。这里只给出结论：当一个可行方程组的变量个数大于方程的个数时，这个方程组是不确定型的。但是这里又出现了一个问题：如果方程组有许多解，究竟哪一种解是最优（最好）的？寻求最优解的过程中，我们应取一种能评定解为最优的特征，这种特征被称为**最优性标准**。

在线性规划问题里，通常认为的最优解就是其中某个量达到最大或最小值。所以，线性规划问题又称为**极值问题**。

因此，在找最优解之前，必须确定最优性标准。对于经济问题，通常是求最高产量或最低成本。然而光用最优性标准的简式表示是不够的，应当用数学方程式来表示，这就是**目标函数**。

现在来研究方程组(1.3)。假设每公顷燕麦的产值为200卢布，每公顷大麦的产值为250卢布。我们把问题表示成：在土地和劳力资源有限的条件下，寻求两种农作物（燕麦和大麦）的播种面积，以获取最大总产值。

(1.3)式加上目标函数后可以写成：

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &\leq 300 \\ 6x_1 + 8x_2 &\leq 2000 \\ 200x_1 + 250x_2 &\rightarrow \max \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

在具体问题(1.5)中里，尽管是假设性的，但是包含所有线性规划问题所必须的约束条件。它与其他实际问题不同的只是规模和外部结构。

综上所述，对线性规划问题的标准形式的要求包含以下几个方面：

所有的约束条件应该是线性的不等式或方程式；

线性方程组应该是不确定的，多方案的，即有多个可行（非负）解；

为了选择最优解，必须给定最优化标准，并用在求解过程中

得到的最大或最小值目标函数的形式表示。

任何一个能满足上列约束的问题都可求解，即能求出目标函数的极值。为使所得解实际上成为可行的，就必须满足多数经济组织、工艺、技术等能表征问题实质的约束条件。换句话说，对过程和现象的模拟，应当具有统一的质量和数量特性。**数学的极值与经济的最优值应相吻合。**例如，要确定奶牛最优日料，其约束条件应包含一昼夜必须的营养成分。假如这种日料是一种混合饲料，它要能满足营养价值约束要求。在数学上尽管解是正确的，但由于它不能满足动物对某些特殊饲料的生理要求，这种日料是不可行的。所以要成功地应用经济数学方法，就必须具有工艺学、经济学和经济问题方面的良好知识。

1.3 模拟的基本阶段

经济数学模拟过程按条件可以区分为各个不同的、但有相互联系的几个阶段：

提出问题和论证最优性标准；

拟定数学模型的结构；

收集和整理原始数据；

构造问题的增广矩阵(数学模型)；

分析和校正电子计算机所得解。

下面让我们更详细地探讨每个阶段的实质内容：

提出问题和论证最优性标准 在本阶段，首先要对问题作出清晰的表达，以便揭示已知的和未知的参数和目标。提出问题时，应以对被模拟对象有较好的了解为基础。

最优性标准，照例应该和经济系统的主要目标相适应。但是，不可能总是用一个最优性标准形式表示。所以，问题中要计入一些附加约束条件，或在求解时，连续用好几个最优性标准，