

经济数学方法与模型

高等学校文科教材

陈锡康 李秉全 阎树海 薛新伟 著

(修订本)

中国财政经济出版社

高等学校文科教材

经济数学方法与模型

(修订本)

陈锡康 李秉全 著
阎树海 薛新伟

中国财政经济出版社

高等学校文科教材
经济数学方法与模型

(修订本)

陈锡康 李秉全 著
阎树海 薛新伟

*

中国财经出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县西定安印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32开本 28印张 555,000字

1985年12月第1版 1985年12月北京第1次印刷

印数: 1—14,000

统一书号: 4166·629 定价: 4.05元

序 言

数学是以真实的外界现象和过程、以抽象的数量关系形式反映客观规律的。马克思认为：一种科学只有当它成功地利用了数学的时候，才能达到完善的地步。近代科学的发展愈来愈证明了马克思的预见。现在，许多重大科学技术问题不利用数学方法便不能解决。在经济研究中，数量关系起着相当重要的作用，不能不是利用数学的重要领域。

随着社会主义现代化建设的进展，我国经济学界和经济管理部门越来越意识到利用数学方法解决经济中问题的重要性。不少单位成立了研究机构，举办训练班；不少经济院校开设了应用数学方法和电子计算机的专业。目前的问题是普遍感到教材缺乏。为了适应新的形势，中国科学院系统科学研究所运筹管理室（原数学研究所运筹室经济数学方法组）的同志，在国家统计局领导同志的关怀下，编写了本书。

~~经济数学方法~~是在经济研究和计划工作中应用数学方法和电子计算机的简称。它的内容非常丰富，应用极为广泛。本书不是介绍经济数学方法的全貌，只是着重介绍它的四个方面的内容：

（1）投入产出模型；（2）最优计划模型；（3）统筹方法；（4）经济预测模型。这四个方面目前研究比较深入，对经济计划工作较为适用，应用效果也比较明显。

本书可作为大专院校财经专业的教材，也可以供有志于研究和应用经济数学方法的读者参考。在讲授和阅读本书前要求首先掌握线性代数和数学分析的一般知识。为此，我们编写了两个数

学附录。对于没有学过高等数学的读者，可先阅读数学附录1，再阅读正文。

本书由陈锡康主编。陈锡康、李秉全、阎树海、薛新伟分头执笔，联合写成。具体分工如下：陈锡康：第一章第一、三、四、七节，第二章各节，第四章第三节；李秉全：第一章第二、五、六节；阎树海：第三章各节；薛新伟：第四章第一、二节。数学附录1由薛新伟、阎树海编写。数学附录2由李秉全编写。

在编写过程中得到国家统计局、国家计委计算中心的关怀和帮助。书稿经天津财经学院张耀梓同志审阅，提出了不少宝贵意见，特此致谢。本书的主要内容，曾由作者在中国人民大学工业经济系、清华大学经济管理工程系进行过试讲，得到了这两个系的老师和同学很多帮助，在此一并致谢。

经济数学方法与模型是一门新的学科，有些方面还不够成熟；同时由于时间短促，水平有限，谬误之处，恳切希望批评指正。

再 版 序 言

本书这次再版时，作者对原书各章节作了很多重要的补充和修改。如第一章增加了两节，即投入产出模型中的若干方法论问题（第八节）和动态投入产出模型（第九节），在第二章中增加了一节，即多目标问题（第八节），由陈锡康编写。在第六节中补充了石油化工企业成本价格模型，由李秉全编写。对其他两章和数学附录也作了很多修改和补充。

除原作者外，中国科学院系统科学研究所任贵全、张毛利、李皓等同志也参加了编写和修改工作。该所很多同志曾给予帮助，特此致谢。

作 者

一九八五年一月

目 录

第一章 投入产出模型	(1)
第一节 历史及动态简述	(1)
第二节 全国价值型投入产出模型	(12)
第三节 全国实物型投入产出模型	(49)
第四节 地区模型及地区间模型	(88)
第五节 企业投入产出矩阵模型	(114)
第六节 价格形成与成本核算模型	(150)
第七节 投入产出模型与环境保护	(209)
第八节 投入产出模型中的若干方法论问题	(222)
第九节 动态投入产出模型	(252)
第二章 最优计划模型	(271)
第一节 运输问题	(271)
第二节 生产任务分配问题和资源最优利用问题	(320)
第三节 存储问题与生产力布局问题	(344)
第四节 国民经济综合平衡规划模型	(384)
第五节 单纯形方法	(405)
第六节 对偶问题及其经济意义	(459)
第七节 动态规划的基本思想及其在经济计划工作中的若干 应用	(487)
第八节 多目标问题	(504)
第三章 统筹方法与经济管理	(528)
第一节 工序流程图及其结构	(530)
第二节 工序流程图的画法	(535)

第三节	工序流水线的参数计算与关键线路的确定	(547)
第四节	计划安排与管理	(565)
第五节	考虑随机因素	(577)
第六节	甲醇生产加热炉大修理计划	(585)
第四章	经济预测	(590)
第一节	一元回归	(590)
第二节	多元线性回归	(615)
第三节	经济预测	(647)
数学附录 I		(676)
相关系数检验表		(713)
T分布表		(714)
F分布表		(715)
数学附录 II		(719)

第一章 投入产出模型

第一节 历史及动态简述

一、投入产出模型的产生及其推广

数学是研究客观世界中的数量关系和空间形式的一门科学。任何一门科学、任何一个研究领域，如果要对研究对象的数量方面进行研究，特别是要进行比较精确的数量分析，就必须利用数学方法。

对经济现象不仅应该进行定性的研究，而且必须进行定量的分析。这两者是密切联系，缺一不可的。在利用数学方法研究经济现象的过程中产生了很多经济数学模型。目前看来，其中理论上比较成熟，并且在实际中得到广泛应用的主要有投入产出方法、最优计划方法与模型、统筹方法和经济预测模型四种。

投入产出模型是利用数学方法和电子计算机来研究经济活动的投入与产出之间的数量关系，特别是研究和分析国民经济各个部门在产品的生产与消耗之间的数量依存关系的一种经济数学模型。

投入是指进行一项经济活动的消耗，如在生产中消耗的一定数量的原材料、辅助材料、燃料、动力、设备等。产出是指从事经济活动的结果，如生产活动的结果就得到了一定数量的产品。在各种经济活动的投入与产出之间具有一定的数量规律性，这也就是投入产出模型所应当研究和反映的。

投入产出模型在三十年代产生于美国。美国经济学家列昂节夫 (Wassily Leontief) 在1936年发表了《美国经济系统中的投入和产出的数量关系》一文, 1941年出版了《美国经济结构 1919—1929》一书, 1953年与其它经济学家合作, 出版了《美国经济结构研究》一书。在这些著作中, 列昂节夫提出了投入产出模型, 奠定了投入产出模型的方法基础, 并实际编制了美国经济的1919年、1929年和1939年的投入产出表。

编制国民经济平衡表的问题最早由苏联提出, 并于二十年代进行了编制。十月革命胜利后, 在生产资料公有制的基础上, 苏联要求用计划指导国民经济, 使得国民经济各个部门能够相互协调地高速度发展。1924年, 苏联中央统计局开始编制 1923/1924 年的国民经济平衡表, 如各种生产资料和消费品的实物平衡表、社会产品生产和分配平衡表、生产性消费棋盘式平衡表等, 并于 1926年公布了部分结果。这是世界上第一批用来拟订经济发展计划和据以分析经济发展情况的国民经济平衡表。当时平衡表的一个编制者已经发现并指出在国民经济各个部门之间存在着连锁联系。但是在这些平衡表中, 没有把各个部门、各种产品的投入和产出联系起来加以考察, 没有利用数学方法进行数量分析。在以后的三十多年中, 苏联虽然编了更多的平衡表, 但同样没有做到这一点。

列昂节夫对苏联二十年代编制平衡表的工作有一定了解, 经过长期研究, 提出了投入产出方法。他把各部门的投入和产出在一个表格中联系起来加以考察, 设计了投入产出模型, 并且利用一些数学工具, 如线性代数和矩阵等, 进行了计算。这种计算是在直接消耗系数和完全消耗系数的基础上进行的。应该指出, 各种产品之间的直接消耗系数及它具有相对稳定性问题, 法国经济学家, 洛桑学派的奠基人瓦拉西在一般均衡理论模型中早已采

用了。另外，关于完全消耗系数及其计算公式，俄国经济学家德米特里也夫在他的著作《经济概论》(1904年)中也已经提出来了。德米特里也夫所提出的单位产品对劳动的完全消耗量的计算公式与列昂节夫在投入产出模型中的计算公式是相符的。列昂节夫的投入产出模型是在前人工作的基础上进行的。

这个方法产生以后，最初并未引起美国政府和各国经济学界的重视。第二次世界大战期间，各国政府加强了对经济的控制和干预，需要有一个比较科学、比较精确的经济计算工具，这个方法才逐渐引起注意。当时美国总统罗斯福下令美国要生产5万架飞机。要完成这项任务，必须生产更多的铝。但是，当时没有考虑到完全消耗问题。铝是用电解法生产的。为了生产铝，需要消耗大量电力。而为了传输和使用这些电力，就需要大量的铜。这就造成了铜的严重紧张。于是不得不向国库借用存银来代替铜，为冶铝设备输电。因此，美国政府深切感到需要有更完备的方法来研究经济。1944年，列昂节夫完成了美国经济1939年投入产出表(96个部门)。美国劳动部劳动统计局立刻利用它来预测美国1945年12月的就业情况。当时已经假设第二次世界大战会在1945年6月30日结束，战后的经济状况是深为人们关切的一个问题。由于这个方法比传统的方法更科学，于是在1949年，美国劳动部和美国空军协作，开始编制美国经济1947年的投入产出表。这个表包含500个部门，由劳动部劳动统计局组织了一个有50—75人参加的小组，工作了三年左右，花费150万美元，到1952年秋才基本编成。

五十年代，在资本主义国家曾出现一个编制投入产出表的热潮。苏联和东欧国家也在五十年代末期开始重视这个方法，先后编制投入产出表^①。发展中国家也纷纷编制投入产出表。据不完

^① 在苏联称为部门联系平衡表或部门间产品生产与分配平衡表。

全统计，编制投入产出表的国家，在1950年前只有美国、英国、丹麦、荷兰、挪威、加拿大、澳大利亚7个，到1955年有25个，1960年有57个，1970年已有86个。据不完全统计，目前共有90多个国家编制了投入产出表（英国勃来特福特大学收集了87个国家的400个全国性投入产出表）。联合国统计司在1968年正式规定，投入产出为国民经济核算的一个重要组成部分，并制订了编制投入产出表的标准部门分类目录、指标解释和计算方法。

随着投入产出技术在世界上的迅速推广，为了交流经验和共同讨论理论方面和应用过程中出现的一些问题，先后举行了七次国际投入产出技术会议。第七次会议于1979年4月在奥地利的英斯布鲁克举行。参加会议的有44个国家的390位代表。会议主题是“世界经济结构的变化”，也就是讨论投入产出世界模型，利用它来研究世界经济问题。

我国六十年代初，在中国科学院数学研究所运筹室^①和经济研究所成立了专门的小组，研究投入产出方法，开始进行这方面的宣传、介绍和理论探讨工作。部分高等院校也开始从事这方面的研究。在此期间，经济研究所曾赴山西省调查编制地区投入产出表的条件和可能性的问题；数学所运筹室则在鞍山钢铁公司和一部分化工厂利用投入产出方法研究厂内平衡问题，引起了工厂同志的兴趣和重视。

“文化大革命”期间，投入产出方法的研究和应用工作处于停顿状态。为了使投入产出方法在我国的经济工作中发挥一定的作用，中国科学院系统科学研究所的研究人员在1972年多次向国家计委介绍投入产出方法，并且提出了编制国民经济投入产出表和在经济计划工作中应用电子计算机和投入产出方法的建议。

^① 现为中国科学院系统科学研究所。

在国家计委的支持下，国家计委计算中心、中国人民大学、北京经济学院和中国科学院系统科学研究所的同志，从1974年9月开始，着手编制我国1973年国民经济投入产出表。经过两年的努力，这个表编制成功，并在电子计算机上计算了各类产品的直接消耗系数和完全消耗系数，以后又用这个投入产出表的资料进行了很多经济分析和试验性的计划应用工作。1979年，我国代表在奥地利召开的第七届国际投入产出技术会议上，介绍了我国编制的第一个国民经济投入产出表，即1973年61类主要产品投入产出表的编制情况以及应用中的若干方法问题，引起了各国代表的重视和兴趣。

1980年6月，系统科学研究所六位科学工作者提出了编制新的国民经济投入产出表并在计划工作中应用投入产出方法的建议，得到了国务院领导同志的支持，并要求有关部门进行组织落实。经济理论界的同志在1979年以后也提出要重视投入产出方法，并且做了很多工作。目前我国投入产出表的编制与应用工作已有很大进展：

从全国来说，已经编制了：1973年国民经济投入产出表、1979年国民经济投入产出估算表和1981年国民经济投入产出表。

从地区来说，山西、广东、上海、天津、北京、黑龙江、河南、辽宁等省市编制了投入产出表。

从部门来说，已经编制了全国农业投入产出表、化工部门投入产出表、冶金部门投入产出表等。

就企业来说，已经有鞍山钢铁公司、天津化工厂、上海高桥化工厂、北京国棉一厂、天津自行车厂、大连钢铁厂、杭州钢铁厂等先后编制了企业投入产出表。

这些表与传统的计划方法、经验相结合，对于改进经济管理和加强国民经济综合平衡起了一定作用。

二、投入产出技术在各经济工作中的应用状况

投入产出技术在经济工作中的作用大致如下^①：

(一) 在苏联和东欧一些国家中，主要是利用这个模型为编制计划特别是编制中期和长期计划服务。

根据目前已公布的材料和报道，苏联共编了1959年、1966年、1972年、1977年全国性的分别按货币度量和按实物度量的投入产出表。例如，1959年以货币度量的投入产出表分83个部门，以实物度量的投入产出表按157种主要产品编制。除了全国性投入产出表以外，还编制了许多地区报告平衡表，如各加盟共和国、各大经济区的平衡表。匈牙利从1957年开始编表，1961年以后每年都编。投入产出表在计划工作中的作用大致有两方面：

第一，使国民经济计划在部门比例上能据以保持一定平衡。首先，编制过去年份的投入产出表，计算出一套各个部门、各种产品的直接消耗系数和完全消耗系数，然后通过有系统地运用这些经过修改的消耗系数，使得各部门的生产计划相互衔接，保持一定的平衡。

利用这个方法也可以检查现行的国民经济计划在部门比例上是否合适，以保证计划的平衡性，预防出现严重的比例失调现象。

第二，据以编制最优的国民经济计划。把投入产出模型和数学规划方法结合起来就可以编制一个既使国民经济各部门相互平衡、保持一定比例，又使得某一个目标达到最大的计划，例如国民收入发展速度最快，长时期内生产的消费品数量最多的计划等。

^① 参阅：陈锡康《投入产出技术在经济工作中的应用情况及发展方向》，《中国经济问题》1979年第4期。

苏联在1969年和1974年的“关于编制国民经济发展的国家计划的方法指示”中，都在专门部分规定了制订和应用投入产出模型的方法；在编制1971—1975、1976—1980两个五年计划中，都应用了投入产出模型；在目前制订的1981—1985年计划，以及到1990年的长期发展计划中，也都广泛采用了投入产出模型。这些模型，在长期计划的预备阶段（确定主要指标的最初设想）、制订控制指标阶段以及最后编制详细的计划草案阶段，都起着重要作用。

编制年度计划主要是根据五年计划规定的指标，利用实物价值型投入产出模型进行的。

一些东欧国家的情况和苏联大致相同。

南斯拉夫还利用这个方法进行外汇分配。按照新的计划体制，各部门所赚得外汇的大部分由各部门自行支配。问题在于所赚得的外汇不仅应属于最终的出口者，而且应属于所有对这些出口产品有贡献的单位，例如为这些产品提供原材料、辅助材料、动力的部门。但这些部门又需要其他部门提供产品，这种关系是极为错综复杂的。如考虑不周，计算不正确，就会影响其他部门发挥生产积极性。如何在各部门之间分配这些外汇呢？他们是利用投入产出方法计算各部门的出口附加价值量来解决的。

（二）利用投入产出技术进行经济预测。

目前投入产出技术应用得最广泛的是进行经济预测。例如通过编制联合国世界模型，预测世界经济到2000年的发展情况，包括全世界和各地区国民生产总值的增长情况、进出口数量、对外贸易、就业情况等。

通过编制各国投入产出模型，在一定假设下，可以预测各国今后的经济发展情况。例如英国编制了剑桥多部门动态模型，预测到1990年英国经济发展将很缓慢。按国内生产总值计算，1985

年比1978年增长12%，1990年比1978年增长24%，年平均增长率仅为1.8%。1985年前对外贸易每年都略有盈余，1985年盈余200余万英镑。1987—1990年将出现逆差，预计在1990年逆差为410万英镑。同1980年相比，1990年的粗钢、生铁、电机、发动机的生产量都将下降，而化工产品、农产品产量将大大上升。

西班牙通过编制多部门动态模型，得到了1976—1985年国民生产总值、投资总额、就业人数等六个方案，以及13个部门的预计发展情况。

这些预测数据不仅是各国政府确定经济政策、制订经济方案的重要依据，对一些大企业决定经营方针、投资方向及规模也有很大用处。例如美国的兰德公司就通过编制投入产出表作经济预测来为大资本家服务。每年有30—40个企业来要求它预报美国经济的发展状况。该公司作出按现行价格计算的一年以后的美国215—230个部门的产量增长情况以及按不变价格计算的各部门五年和十年后的情况。美国的马利兰大学利用 INFORUM 模型^①预测美国185个部门今后发展状况及赢利情况。这项工作得到美国15家私人公司、美国政府的几个部门和若干外国团体的支持。

一般的经济计量学模型往往只对国民经济中的部分综合性经济指标进行预测，预测期一般不超过二年。而投入产出技术可以不仅对综合性经济指标，而且对各部门的很多指标进行中期甚至长期的预测。

(三) 利用投入产出技术研究采取一项重要的经济政策对经济的影响。

例如美国曾利用投入产出表来研究工资提高10%以后各部门商品价格上涨的百分比。商品价格的上升，一方面是由于本部门

^① INFORUM是Interindustry Forecasting at the University of Maryland的缩写。可译为马利兰大学部门间预测模型。

工资增长所引起的，另一方面是由于其他部门工资增长、价格上升而造成的间接影响。研究表明，美国的建筑业产品价格上升最快，约为7%；而农产品受影响最小，约上升1.3%。工资提高10%以后，生活费用将上升3.8%，职工的实际得益仅为6.2%。

又如美国曾利用投入产出技术研究能源政策和美国经济增长的关系。自1973年开始，世界石油价格迅速上升。美国过去对原油价格采取控制的办法，所以国内价格一直低于世界市场价格，其后果是国内原油消费量增长很快，原油的进口量也大幅度上升。为了改变这种状况，联邦能源委员会制订了四种能源政策，利用投入产出技术分别研究采取这四种能源政策对经济的影响。结果表明，原油价格上升到国际市场价格后，原油的消费量和进口量的增长速度将大幅度下降，但各部门生产的发展速度也大为下降：1985年美国的国民生产总值将因而减少0.60—2.73%，1990年的国民生产总值将减少1.18—5.27%，2000年的国民生产总值将减少1.54—11.93%。利用投入产出技术，还分别计算了各部门生产受影响的数字。

又如意大利的经济学家计算了财政资源再分配（如国家对各部门的投资额和补助金数量）对这个国家部门结构和就业的影响。

（四）利用投入产出技术计算产品的社会必要劳动消耗量，研究产品的价格形成问题。

利用投入产出方法可以计算出产品的社会必要劳动消耗量，即计算出各种产品的价值量，从而为合理订价提供科学的依据。

匈牙利在1965年到1968年期间曾经利用投入产出方法计算了5,000多种产品的价格，为1968年的价格改革作了准备。根据计算，1968年前农产品的价格约低40%左右，而工业品、建筑业产品的