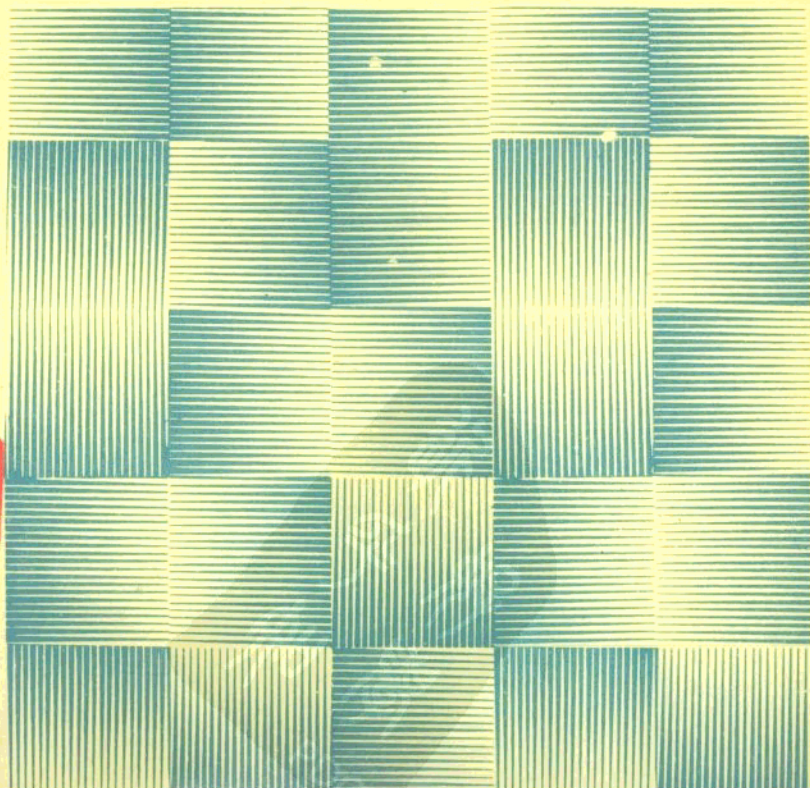


经济定量分析技术

樊恒鑫 叶玉琴 编著

西北大学出版社



前 言

马克思曾经说过：“一种科学只有在成功地运用数学时，才算达到了真正完善的地步。”《经济定量分析技术》一书是根据高等学校本科高年级及研究生教学的需要，着眼于学生未来工作和高技术的需求，充分反映国内外最新学术动态而编著的。学完之后使各类学生及读者能迅速接近当前科技发展的前沿，适应科教兴国的需求。

全书共分七章。由于篇幅的限制，要将所有的经济定量分析技术一一加以详细的介绍是不可能的。为此，我们只选取了一些基本的且具有代表性的给予介绍。第七章在于揭示经济定量分析技术的规律及方向，达到抛砖引玉之目的。

本书各章的内容相对独立，不同专业可根据学生的基础及需要进行删减讲授。

本书除可作为高等院校有关专业的教材或主要参考书外，还可供工业、企业领导和办各类相关专业的培训班选用。

由于作者水平和经验的不足，缺点和错误在所难免。恳请读者及同行专家不吝赐教。

编 者

1995.3

目 录

第一章	经济定量分析技术的基本理论·····	(1)
一、	运筹学模型(Model of Operations Research)	(1)
二、	不动点算法(Fixed Point Algorithm)	(2)
三、	灰色系统(Grey Systems)	(3)
四、	华氏经济数学理论(Hua's Theory on Economic Mathematics)	(4)
五、	经济计量学(Econometrics)	(4)
六、	投入产出分析(Input—Output Analysis)·····	(5)
七、	经济控制论(Economic Cybernetics)	(6)
八、	系统动力学(System Dynamics)	(6)
九、	模糊数学(Fuzzy Mathematics)	(7)
十、	层次分析法(Analytical Hierarchy Process)	(8)
第二章	线性规划应用技术·····	(10)
§ 2.1	线性规划问题的实例和一般形式·····	(10)
一、	线性规划问题的实例·····	(10)
二、	线性规划的一般形式·····	(14)
§ 2.2	线性规划问题的标准型·····	(15)

§ 2.3	线性规划问题的图解法	(18)
§ 2.4	线性规划解的基本性质	(24)
	一、预备知识	(24)
	二、线性规划的基本可行解	(26)
	三、线性规划的解的基本性质	(28)
§ 2.5	单纯形法	(33)
	一、单纯形算法的基本思想	(33)
	二、单纯形表	(34)
	三、基的判别和改进	(39)
	四、计算步骤	(46)
	五、一些理论结果	(50)
§ 2.6	初始基本可行解的求法	(53)
	一、大 M 法	(54)
	二、两阶(演)段法	(58)
§ 2.7	求全部最优解的方法	(62)
§ 2.8	改进单纯形法	(67)
	一、基本思想	(67)
	二、计算步骤	(70)
§ 2.9	对偶线性规划及其性质	(74)
	一、对偶线性规划	(74)
	二、对偶问题的基本性质	(79)
	三、对偶单纯形法	(83)
	四、对偶变量的经济解释——影子价格	(87)
§ 2.10	灵敏度分析	(88)
	一、目标函数中 c_j 的变化	(88)

二、约束方程右端常数项 b_i 的变化	(91)
三、约束系数 a_{ij} 的变化	(93)
四、增加新的约束	(94)
习题	(97)
第三章 非线性规划实用分析技术	(104)
§ 3.1 非线性规划问题的实例和一般形式	(104)
一、非线性规划问题的实例	(104)
二、非线性规划问题的一般形式	(107)
§ 3.2 凸函数与凸规划	(109)
一、凸函数	(109)
二、凸规划	(119)
§ 3.3 最优性条件	(123)
一、无约束极值问题的最优性条件	(123)
二、约束极值问题的最优性条件	(127)
§ 3.4 一维搜索方法	(145)
一、试探法	(146)
二、函数逼近法	(162)
§ 3.5 无约束最优化解析方法	(176)
一、最速下降法	(177)
二、牛顿法	(182)
三、共轭梯度法	(189)
四、变尺度法	(202)
§ 3.6 约束最优化方法	(218)
一、线性逼近法	(218)
二、罚函数法	(222)

三、可行方向法	(238)
习题	(259)
第四章 网络分析技术	(265)
§ 4.1 图·树的概念	(265)
一、图	(266)
二、树	(270)
§ 4.2 一笔画与中国邮递员问题	(275)
一、问题的提出	(275)
二、基本概念	(277)
三、中国邮递员的奇偶点解法(奇偶点图上作业法)	(279)
§ 4.3 最短路问题	(283)
一、有向图	(283)
二、权数 $w_{ij} \geq 0$ 的最短路问题	(285)
三、权数 $w_{ij} < 0$ 的最短路问题	(290)
四、应用举例	(294)
§ 4.4 最大流问题	(298)
一、最大流	(298)
二、增流链	(301)
三、最大流算法	(303)
§ 4.5 最小费用最大流	(307)
一、最小费用增流链	(307)
二、最小费用最大流解法举例	(310)
§ 4.6 统筹分析技术	(316)
一、统筹技术	(316)
二、网络图的绘制技术	(318)

三、网络图时间参数的计算技术·····	(320)
四、关键路线与可能性问题分析技术·····	(327)
五、网络优化技术·····	(330)
习题·····	(339)
第五章 经济中实用决策分析技术·····	(344)
§ 5.1 决策人的类型·····	(344)
一、决策的概念·····	(344)
二、四类决策人·····	(345)
三、决策问题的三要素·····	(346)
四、决策的类型·····	(347)
§ 5.2 确定型决策的求解方法·····	(348)
一、确定型决策·····	(348)
二、求解的方法·····	(348)
§ 5.3 风险型决策准则及其求解方法·····	(353)
一、决策准则·····	(353)
二、求解方法·····	(358)
§ 5.4 灵敏度分析·····	(369)
一、灵敏度分析的作用·····	(369)
二、灵敏度分析的方法·····	(370)
§ 5.5 不确定型决策准则及其求解方法·····	(375)
一、主观概率·····	(375)
二、决策准则·····	(378)
三、决策准则的应用·····	(383)
§ 5.6 效用值决策法·····	(385)
一、效用值(简称效用)·····	(385)
二、效用曲线·····	(389)

三、效用值决策法	(393)
习题	(398)
第六章 模糊数学在经济应用中的分析技术	(402)
§ 6.1 模糊现象	(402)
一、什么是模糊数学	(403)
二、随机性与模糊性	(403)
三、经济活动中模糊数学的处理方法	(406)
§ 6.2 模糊集	(407)
一、集合的概念和运算	(407)
二、偏序集和格	(412)
三、模糊集合的概念	(415)
四、模糊集的运算	(419)
五、入截集及其性质	(420)
六、实数域 R 上的模糊集	(424)
七、凸 F 集和 F 数	(429)
八、扩张原理	(432)
§ 6.3 模糊关系	(433)
一、模糊关系和模糊矩阵	(433)
二、模糊关系的合成及其等价关系	(439)
三、模糊函数	(442)
§ 6.4 模糊综合评判	(445)
一、模糊变换	(445)
二、综合评判的数学模型	(448)
三、模糊综合评判实例一	(452)
四、模糊综合评判实例二	(455)

五、多层次综合评判·····	(464)
六、几种常用的模糊关系运算·····	(468)
习题·····	(471)
第七章 综合分析技术·····	(473)
§ 7.1 区域气象站设立中的聚类分析技术·····	(473)
一、问题的假设·····	(474)
二、模型的建立·····	(474)
三、模型的检验·····	(488)
四、优缺点讨论·····	(488)
§ 7.2 论随机需求下的企业规模最优化分析技术 ·····	(489)
一、进行线性盈亏分析技术·····	(490)
二、计算衡量企业规模的最优化指标·· ·····	(490)
三、遴选最优方案·····	(496)
§ 7.3 线性规划在筹资决策中的分析技术 ·····	(496)
一、财务管理中有关筹资决策的技术 ·····	(497)
二、传统的筹资决策技术·····	(497)
三、运用线性规划进行筹资决策·····	(498)
§ 7.4 企业经营管理中的分析技术——关于对津峪服 务公司的咨询意见·····	(500)
一、困惑·····	(500)
二、运用贝叶斯决策法进行定量分析 ·····	(502)

第一章 经济定量分析技术的基本理论

目前,数学已成了经济工作者的“良师益友”,或者说极其有用的工具。用数学及其分支学科可以分析、研究、计算经济中关于均衡,优化、控制、组织和计划,管理和决策,动态发展,信息处理等许多问题。对于经济数学,众说纷云,但比较一致的看法:经济数学即在经济中应用的数学。是以数学为主体,以其应用对象——经济为客体,具有强烈的实用性。随着经济科学日益向量化的方向发展。用科学分析来解释经济增长,周期波动和经济资源的重新分配等复杂的经济过程已离不开经济数学。本世纪从二十年代以来,创立了许多经济定量分析技术的数学理论,建立了许多经济数学模型。这些经济数学理论及其模型为世界经济腾飞起了无法估量的作用。现将其中一部分经济定量分析技术的数学理论及其模型简要介绍如下:

一、运筹学模型(Model of Operations Research)

第二次世界大战期间,英国东海岸的波德塞(Bawdsey)成立了一个包括数学家、生物学家和物理学家、军事工作者研究小组,专研究用雷达确定敌机位置的方法,以及全国空中和地面防御有关的战略战术问题。其目的是为了最有效地利用有限的军事资源,并在设备和人之间,空中人员和地勤人员之间紧密配合以取得最好的作战效果。这个研究小组的负责人是 A·P·Rowe。从此就标志着运筹学的正式诞生。运筹学虽然诞生在英国,但在美国取得了最快的发展。

美国运筹学会对运筹学是这样定义的：运筹学是涉及科学地决定如何最佳地设计和管理分配有限资源的人机系统。

同样地英国运筹学会对运筹学也有定义：运筹学是把科学方法应用于工业、商业、民政、国防等方面，以指导和处理有关人、机、物、财的大系统中所发生的各种复杂问题，…，目的是帮助主管人员科学地决定方针和行动。

因此说，运筹学是研究有关运用和筹划的学问，是用定量方法，把有关系统先归结成一定的数学模型，然后用数学方法进行定量分析和研究，从而求得该系统最优运行的方案，为管理决策者提供科学依据。

一般人共识运筹学包括线性规划，非线性规划，整数规划，几何规划，多目标规划，动态规划；对比论；决策论；排队论；库存论；图论与网络分析；可靠性理论等众多分支。运筹学的基本思想是在一定的约束条件下争取最佳的效果，这与经济管理的共同要求是一致的。所以运筹学模型在经济管理中也称为经济优化模型。

目前运筹学已应用到经济建设、科学与技术、军事与国防等各个方面。

二、不动点算法(Fixed Point Algorithm)

不动点算法是拓扑学与计算数学相结合的产物。自1967年美国耶鲁大学经济系教授H·E·Scarf对Brouwer不动点提出以有限点列的计算逼近不动点以来，立即引起了许多学者的兴趣，在随后短短的几年时间里，H. Kuhn把单纯剖分引入到算法，B. C. Eaver, R. Saigal和O. Merrill使算法成为从人为始点到不动点的同伦形变过程，并且采用向量标号成功地解决了上半连续集值映射不动点的计算问题。到目前为

至不动点算法已经历始点→重复开始→三明治→变维数重复开始四代算法。

不动点算法的优点：

第一，大范围收敛性质。不动点算法克服了利用计算机迭代求解时选取初始点的困难。可以骄傲地讲，无论从哪一个初始点开始，都可以收敛到原问题。

第二，对函数的假设条件要求较低，即只要函数连续，不要求函数可微。

第三，算法迭代过程中避开了导数运算，只做简单的函数值计算。

第四，算法迭代过程中可同时求出一批解，即进行并列计算。总起来不动点算法思想新颖，通用性强，所需预备知识不多等等。其不足之处只对精度要求高的计算量大。

不动点算法的应用广泛，具体用在非线性规划；非线性方程和方程组数值解；两点边值问题；单参数和多参数分歧问题；对策论与马尔科夫决策理论；经济理论以及纯粹数学某些著名定理的构造性证明等方面。更为大宗的是计算经济平衡点，平衡价格诸方面。目前生态平衡，化学反映平衡已开始应用。

三、灰色系统(Grey Systems)

灰色系统理论是将控制论的观点和方法延伸到社会经济系统之中，是自动控制科学与运筹学各分支的数学方法相结合的新理论。

灰色系统概念是建立在灰箱概念的基础上的，称不确知的系统为灰色系统。灰色系统现已发展为一门横断面宽，渗透力强的新兴边缘学科。

灰色系统这门新兴边缘学科是我国华中理工大学邓聚龙教授 1982 年创立的,邓聚龙教授荣获 1985 年国家教育委员会科学技术进步一等奖。

灰色系统理论沟联自然科学与社会科学,使抽象系统实体化、量化、模型化及最优化,从而具有预测预报的功能,对各种对象进行分析判断和对宏观系统规划决策的功能。以至有人将它与耗散结构论,协同论,超循环论,系统动力学,生命系统理论,泛系统理论并列在一起,是现代系统理论中由中国学者创立的一朵引人注目的奇葩。

灰色系统理论已在经济、农业、医药、生态、气象、政治、历史、文化、教育、出版、交通、运输、管理、工业控制等众多领域显示出极其旺盛的生机和作为新理论新方法的生命力。

四、华氏经济数学理论 (Hua's Theory on Economic Mathematics)

华氏经济数学理论是我国著名数学家华罗庚教授于 1984 年创立的。华罗庚教授在非负矩阵佩隆——弗罗贝尼乌斯定理的基础上提出了正特征向量法的基本理论框架,证明了如果初始投入生产各部门的生产量都得以 $1/g$ 的倍数成倍增长(其中 g 为消耗系数矩阵 A 的最大正特征根),并且可以证明增长的速度不可能超过 $1/g$ 。否则,生产系统一定会失去平衡,发生危机,以至最后崩溃。

五、经济计量学 (Econometrics)

经济计量学是经济学、数学与经济统计学三者相结合而形成的边缘学科,是对经济变量之间相互关系进行定量分析的科学。经济计量学分为理论经济计量学和应用经济计量学两个分支,通常所说之经济计量学指应用经济计量学。

经济计量学是挪威经济学家弗里希与荷兰经济学家丁伯根于 1962 年创立的,两人以此而获 1969 年首届诺贝尔经济学奖。第二次世界大战后,美国著名经济学家在规模与深度上进行提高,使之发展很快。

经济计量学用数学方法,根据实际统计资料,建立数学模型,解释过去,预测未来,规划政策。经济计量学诞生之初,由于计算工具的限制,仅限于计量方法的探讨,且多集中于需求分析。以后到 60 年代有了长足的发展,目前,已形成了系统的理论和方法。通常应用于经济结构分析,政策评估,经济预测或计划论证等方面。

六、投入产出分析(Input—Output Analysis)

投入产出分析是由原美国哈佛大学教授列昂惕夫于 1936 年最早提出来的,列昂惕夫是美籍俄国人。投入产出法问世后,在资本主义国家中引起经济界和官方的重视,在理论和实践上很快成熟起来。由于列昂惕夫首先提出了投入产出法而荣获 1973 年第五届诺贝尔经济学奖。

投入产出分析法分析特定经济系统内投入与产出间数量依存关系的原理和方法。其理论基础是瓦尔拉斯的一般均衡理论。投入产出分析是通过编制投入产出表来实现的。投入产出表分实物表和价值表两种形式。在投入产出表的基础上,可以建立产品平衡模型,价值构成模型。利用这些模型可以进行经济分析,政策模拟,计划论证和经济预测。

经济计量学和投入产出分析在世界各国普遍应用,以至有人说:“每个国家都有一面国旗,一个首都,一张投入产出表,一个宏观经济计量模型”。

七、经济控制论(Economic Cybernetics)

控制论是由美国科学家维纳和冯·诺依曼于1948年创立。几十年来控制论发展十分迅速,形成了包括工程控制论,生物控制论,社会控制论和人工智能等四大分支的庞大学科体系。

经济控制论(社会控制论)是把控制论中运用信息,反馈进行调节和控制的原理及方法应用于经济系统分析、处理之中。具体地讲,经济控制论是从被控制的经济系统中取得信息,再在控制下将其转化为行动方案,并在执行中凭藉反馈对经济活动加以调节。经济控制论中常用的概念有:信息、反馈、调节、控制、模拟等。经济控制论的任务是要建立一套高效率、低成本的经济管理系统。

切记,为了研究和改进经济控制,还可通过模拟来描述经济系统的功能。

八、系统动力学(System Dynamics)

系统动力学(动态学)是由美国麻省理工学院(Slonan)教授福雷斯特(Tay·W·Forrester)所创,是现代反馈理论在经济、管理、组织问题中的应用。系统动力学运用系统模式、反馈、调节和控制原理进一步设计反映系统行为的反馈回路。其目的是用经济、技术原理和现代科技成果建立系统的动态仿真模型,使用计算机对此模型进行模拟试验,不断修改各参数,直到达到模拟目标。

系统动力学的特点是双向因果概念和反馈系统,将研究对象看成完全闭合的系统,只有很少外生变量,极力从系统内部微观结构入手,从把握系统内部结构,参数及总体功能的条件下,分析并把握系统的行为。

九、模糊数学(Fuzzy Mathematics)

模糊数学是美国自动控制专家查德(L. A. Zadeh)教授于1965年创立的。简单地讲模糊数学是用数学方法研究和处理具有“模糊性”现象的数学。

众所周知,模糊现象在客观世界中大量存在着:如大、中、小;好、中、差;宏观经济、中观经济、微观经济等等,它们之间没有很明确的界限。模糊性曾作为精确性的对立面,代表着落后的生产力。而今却能用来描述和解决一系列实际问题,因此具有非常广阔的发展前途,其研究和应用领域已涉及语言、系统科学、信息控制、图形识别、逻辑、意识决策、医学、心理学、社会学、人工智能、网络等学科。我国在理论研究特别是模糊拓扑学方面的研究处于世界领先地位,近几年来,模糊数学在经济界的影响发展很快,在描述和处理各类经济现象中取得了较大的进展。

最后追溯古代伊索朴素地应用模糊语言学解决一个实际难题的例子。

古希腊的《伊索寓言》中,讲有一次,伊索的主人醉后狂言,跟人打赌发誓说:“我能喝干大海,并以我的全部财产和奴隶作赌注”。次日,他酒醒后懊悔莫及,但这一消息已轰动全城,人们聚集在海边等候着他,他不得不求助于聪明的伊索。伊索在讲好条件后给他出了个主意,主人听后如获至宝,急忙飞奔到海边,对蜂拥在那里的人群大声喊到:“现在,我要再说一遍,我能喝干大海。可是如今千万条江河汇入大海,海水里混杂了许多河水,如果有谁能把河水与海水分开,我就能把真正的大海喝干!”因这“海水”是个模糊概念,人们在给它下定义时,往往会漏洞百出,这样伊索便顺利地帮助主人渡过了难

关,自己也得到了报酬。

目前,模糊数学的理论日臻完善,应用极其广泛。

十、层次分析法 (Analytical Hierarchy Process)

层次分析法是美国著名的数学家,运筹学家,匹兹堡大学教授萨蒂在 70 年代初提出来的一种定性定量分析相结合的系统分析方法。

层次分析法的特点是,由于采用定性、定量相结合的分析法,可广泛听取群众意见;并可将分析人员的思维过程系统化,数学化和模型化,真堪称为分析思路清楚的一种分析方法。

层次分析法的步骤有六步:

第一步,明确问题;

第二步,建立层次结构;

第三步,建立判断矩阵;

第四步,建立层次单排序;

第五步,进行层次总排序;

第六步,进行一致性检验。

层次分析法应用在:优先排序、方案生成、政策选择、决定需求、分析资源、结果预测、偏好度量、系统设计、规划制定,冲突解决等方面,特别是在分析一些难以确定的决策问题时具有独特作用。

前面简要地谈论了近代主要的经济定量分析技术的基本理论,以飨读者。

今天在市场经济的冲击下,一位不懂经济数学的经济学家决不是一位杰出的经济学家。英国经济学家希克斯在总结经济学的发展史时指出:亚当·斯密以生产为中心课题,李家