

经济量化分析

——方法与应用

郭菊娥 编著



陕西人民出版社

序

客观事物具有质和量两个方面。一门科学对所研究的对象既要进行定性研究,又要进行定量分析,两者具有密切联系。数学是研究客观世界数量规律和空间形式的科学,各个领域在进行定量分析时必然会应用一些数学方法。马克思曾经指出,一种科学只有当它成功地应用数学的时候,才能达到完善的地步。目前国内外在经济领域已经应用了很多数学方法,并且形成了经济学和数学之间的很多交叉学科,其中应用很广泛、效果较好的至少有以下四个方面:(1)经济计量模型;(2)投入产出技术;(3)数学规划方法;(4)决策方法。

我国在上述四方面都已进行了很多理论研究和实际应用。特别从70年代初中国科学院推动和发起编制中国1973年投入产出表以来,已经形成定期编制国民经济投入产出表的制度。国家统计局每五年编制一次全国投入产出表。有关部门并进行了大量应用工作,在投入产出理论研究方面也有很多创新,获得国际上很多著名学者的重视和好评。

郭菊娥的著作《经济量化分析——方法与应用》对上述四个领域所涉及的经济量化技术进行了比较全面而又有重点的介绍,在理论方法和实际应用上作者有很多创新和改进,我期望这本书的出版对于推动数量经济学的发展,提高我国的经济管理水平,帮助读者掌握和应用经济量化技术将起到重要的作用。

陈锡康

1997年2月20日

前言

纵观 1969—1996 年著名诺贝尔经济学奖获得者的研究成果,使我们清楚地看到有 80% 左右的获奖研究成果,是从数量经济学、科学决策等量化分析技术的研究。其中在创立与应用计量经济学以及计量经济学的建模和理论研究方面作出杰出贡献而获奖的 R·弗里希, J·丁伯根, L·克莱因和 T·霍韦莫尔;在投入产出分析理论研究方面作出杰出贡献而获奖的 W·列昂惕夫;在组织内部决策、金融市场及其支出决策、投资决策的数学模型研究方面作出开拓性贡献而获奖的西蒙和托宾;在非合作博弈论的均衡研究方面作出开拓性贡献而获奖的约翰·豪尔绍尼和纳什以及赖因哈德·泽尔腾等等。这说明要在经济研究领域取得高质量的研究成果,不仅要重视经济理论的研究,而且更应重视经济量化分析技术的研究,并把两者的研究很好的融为一体。

任何事物既有质的规定性(由事物内部矛盾的特殊性决定),又有量的规定性(由事物的范围、规模、程度、速度、等级和次序决定),都是质和量的统一体。其发展变化,总是从量变开始,当量变达到一定的程度,才会引起质变,也就是说,量变是质变的必要准备,质变是量变的必然结果。量变是渐进的、连续的,质变则是非连续的(称为突变或飞跃)。这就要求我们在分析问题、认识问题、解决问题时,不仅要进行细致的定性研究,而且要进行大量翔实的定量研究,并真正做到定性研究与定量研究紧

密切结合。经济量化分析方法,以现代数学方法为工具,以计算机技术为手段,研究分析现实中的经济问题。马克思曾经指出,一种科学只有当它成功地应用数学的时候,才能达到完善的地步。《数学发展与数学教育》杂志这样写道,现代科学技术的巨大发展主要是由于数学的巨大发展,是由于数学在社会科学、自然科学中的渗透。由此可以看出,在经济研究中广泛应用数学方法的必要性及可行性。

本书吸收了我参加的两项国家自然科学基金项目和陕西财经学院的科研项目《经济量化分析技术》的研究成果,以近几年我给陕西财经学院硕士生多次讲授管理数学方法的讲稿为基础而编写成的。在编著过程中,有时为了部分内容体系的完整,适合教学用书的特性,还参考了若干书籍和研究论文,引用了少量他人的思想,在此特作以说明,并向有关人士表示感谢。全书共分五个部分(共十六章)。第一部分,给出经济计量模型的理论推导以及在解决实际问题时的具体应用实例;第二部分,给出投入产出理论价格模型、价格影响模型、价格变动模型、价格局部均衡模型、广义投入产出价格模型的理论推导以及这些模型在分析研究价格问题的具体应用和这些模型之间的联系与区别;第三部分,给出线性规划、整数规划、动态规划、参数规划问题的具体求解方法的理论推导和具体的应用;第四部分,给出单目标、多目标决策问题的定性决策方法和定量决策方法以及这些方法在解决决策问题的具体应用;第五部分,给出投入占用产出模型、单部门区域间投入占用产出模型以及两模型之间的关系,在此基础上建立了中国经济发展模型体系。

从上述内容可见,本书既不是单纯具体方法的理论推导,也不是单纯把具体数学方法转化为算法,更不只是具体方法应用

的案例,而是三者的结合,故命名为《经济量化分析——方法与应用》。在本书的研究和写作过程中得到我的导师、中国科学院系统科学研究所陈锡康研究员的亲切关怀和指导,在此特表示衷心的感谢!陕西人民出版社的李志清同志和常平阳同志对本书的出版给予了有力的支持;陕西财经学院科研处和研究生部的同志对我从事研究和教学改革给予大力支持和关怀,借此机会向他们表示衷心的感谢!由于本人水平有限,在经济量化分析方面学识肤浅,书中难免会有谬误,恳请读者批评指正,提出宝贵意见。

作者

1997.2.10 于陕西财经学院

目录

第一部分 经济计量模型及其应用	(1)
第一章 经济计量模型的理论推导.....	(1)
第二章 经济计量模型的应用.....	(37)
第二部分 投入产出价格定量分析方法及应用	(66)
第三章 投入产出理论价格模型.....	(66)
第四章 投入产出价格影响与价格变动模型.....	(78)
第五章 投入产出价格影响局部闭模型与广义投入 产出模型.....	(97)
第六章 投入产出价格影响与价格变动模型的应用	(107)
第三部分 数学规划方法	(149)
第七章 线性规划.....	(149)
第八章 整数规划.....	(213)
第九章 动态规划.....	(240)
第十章 参数线性规划.....	(265)
第四部分 决策方法及其应用	(271)
第十一章 决策的概念与定性决策方法.....	(271)
第十二章 单目标决策方法.....	(289)
第十三章 方案有限的多目标决策方法.....	(320)
第十四章 方案无限的多目标决策方法.....	(368)
第五部分 投入占用产出分析技术与递阶优化模型	(396)

第十五章	投入占用产出分析技术及其应用·····	(396)
第十六章	中国经济递阶优化发展模型体系·····	(417)
参考文献	·····	(427)

第一部分

经济计量模型及其应用

第一章 经济计量模型的理论推导

第一节 经济计量模型的概念

经济计量学是一门经济学科,它同统计学、数学和计算技术等学科密切相关。英文“Econometrics”最早由挪威经济学家 R. Frish 于 1926 年提出,中文译名为经济计量学与计量经济学。经济计量学是英文直译,强调该学科的主要内容是经济计量的方法,是估计经济模型与检验经济模型;计量经济学的译名强调该学科是一门经济学科。

一、经济计量学同经济理论、统计学、数学和计算技术的关系

1. 同经济理论的关系

经济理论是建立经济计量模型的指导思想和理论基础。经济关系实质上是指经济变量之间的数量关系;经济结构是特定

经济系统内相互联系的各种经济关系的综合。由此可知,经济计量模型同经济理论的关系实际上是同数理经济学之间的关系。因为数理经济学是数学方法、数学符号、数学语言所表达的经济理论,并对其进行公式化描述。两者的区别在于数理经济学是对经济关系或经济结构进行定性描述,只能确定包含在理论模型中经济参数的符号,即变量间相互影响的方向;经济计量模型是对经济关系或经济结构进行定量描述,根据经验统计资料得到模型中经济参数的具体数值。

2. 同统计学的关系

经济统计学的主要任务在于搜集现实经济活动中的数据,并对其数据进行加工、整理。它能为建立经济计量模型提供有效的统计数据。建立经济计量模型所使用的经济计量方法一般是在数理统计方法的基础上形成的,是对社会经济活动中搜集的资料进行统计分析和多变量间进行因果关系分析。

3. 同数学和计算技术的关系

数学和计算技术是经济计量学研究的工具与手段。数学为建立和应用经济计量模型提供数学理论和数学方法;计算技术为统计数据建立数据库,为数据加工整理建立执行软件(TSP软件),对经济计量模型中的参数进行估计,可应用于政策模拟和经济预测。

综上所述,我们有理由认为经济计量模型是在经济理论的指导下,根据统计资料,利用统计数据处理方法和数学方法来建立揭示研究经济关系或经济结构中各因素之间因果关系的一个或一组数量关系式,它是多门学科综合的结果。这就要求在经济计量学的研究中,人们不仅要重视经济计量学的方法研究,而且更要重视经济行为理论的探讨和数据质量,真正认识到模型方

法只有正确地模拟了研究对象的行为规律,才能起到它作为“经济实验室”的作用。

二、组成经济计量模型的要素

组成经济计量模型有四大要素:经济变量、经济参数、方程式和随机扰动项。

1. 经济变量

它是具有特定经济内涵的变量,也称经济指标。从不同角度可以对经济变量进行分类:

(1)按模型所描述的经济系统可划分为:内生变量和外生变量。前者是由经济系统本身因素决定;后者是由系统外部的因素决定。外生变量影响和制约内生变量,而内生变量不会影响外生变量,但内生变量之间可相互影响。

(2)按照经济变量数理性质可分为:固定变量和随机变量。前者取值具有确定性;后者按既定概率取一切可能值。

(3)按时期可分为:本期变量(取其当期值)、滞后变量(取其历史值)和超前变量(取其未来值)。

(4)按单个方程式所描述的因果关系可划分为:被解释变量(即方程式中的因变量)和解释变量(即方程式中的自变量)。

(5)按照统计资料可划分为:定量变量和定性变量。前者是可观测的,并可获得统计数据;后者不能直接得到观测数据。

(6)按照可控性可将外生变量划分为:可控外生变量和非可控外生变量。前者是人为可以控制的;后者是人们无法按其意愿操纵的。

2. 经济参数

它表示经济系统的稳定特征,一般是未知的,经济理论只可

能确定其符号或范围。对特定的样本采用经济计量方法可得到其估计值。

3. 方程式

它是经济变量之间依赖关系的数学描述。可从各种角度对其进行分类：

(1)按经济特性可划分为：描述经济主体经济行为的行为方程式；描述生产要素投入同产品产出之间、工艺技术之间的技术方程式；描述各项法规数量规律的法规方程式；描述经济变量定义或经济均衡条件的恒等式。

(2)按数理性质可分为：确定方程式和随机方程式。前者不包含随机扰动项，变量相应的系数一般为既定的，因而不需进行估计；后者包含随机扰动项，其参数一般是未知的，需进行估计。

(3)按其数学形式可分为：线性方程式和非线性方程式。

4. 随机扰动项

它是方程式的重要组成部分，包含省略误差和测量误差，主要由下列几方面构成：省略次要的，暂时难于量化的，缺少观测值的解释变量；选择数学方程式时引进的误差；人们无法预料的偶然现象（例如自然灾害，重大政治事件等）；变量观测值的测量误差。它是随机变量，一般假定它遵从一定的概率分布；它是不可观测的，人们不能得到其实际观测值。

三、建立经济计量模型的步骤

建立经济计量模型并用于研究客观经济现象，一般需要经历以下几个阶段。

1. 理论模型的设计

根据研究的目的，对所研究的经济活动进行深入的分析，选

择模型中将包含的变量,并根据经济行为理论和样本数据所显示出的变量之间关系,建立描述这些变量之间关系的数学表达式,即理论模型。

(1)确定模型所包含的变量。经济计量学方法是定量分析经济活动中各因素间的因果关系的方法,即因果分析法。如果选择某变量作为经济系统的“果”,那么重要的是正确地选择作为“因”的变量。可作为“因”的变量一般为外生经济变量、滞后变量和虚变量三类。在单方程经济计量模型中,称“果”为被解释变量,“因”为解释变量。

确定模型所包含的变量时,对虚变量的设置应持慎重的态度,不能滥用;同时还应正确把握所研究经济活动中的变量,搞不好在选择变量时就会出现错误。例如:

农业总产值 $=0.7854+0.2448\times$ 粮食产量 $+0.0534\times$ 农机动
力 $-0.2127\times$ 受灾面积

这里选择了可以用农机动、受灾面积解释的粮食产量作为解释变量。因为粮食产量和农业总产值都是农业生产的结果,即用结果不能解释结果。

(2)确定模型的数学形式。根据经济行为理论,选择适当的数学形式描述模型所包含变量间的关系;根据样本数据作出解释变量与被解释变量间关系的散点图,由散点图显示的变量之间的函数关系作为理论模型的数学形式;根据样本数据采用不同的数学形式进行试模拟,然后选择模拟结果较好的一种。

(3)拟定模型中待估参数的符号及其大小的理论期望值。模型中待估参数的数值,要待模型估计、检验后才能确定,但对于它们的符号和大小范围,在很多情况下可以根据对所研究经济活动的认识事先加以估计,并用以检验模型的估计结果。例如:

Cobb-Douglas 生产函数： $Y = AK^\alpha L^\beta$

其中，待估参数 $A > 0, 0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$ ， α 和 β 分别表示资本 K 和劳动力 L 的产出弹性。

2. 样本数据的收集

根据理论模型中变量的含义、口径，收集并整理样本数据。样本数据的质量直接影响模型的质量。

(1) 几类常用的样本数据。时间序列数据是一批按时间先后排列的统计数据，一般由统计部门提供。在应用样本数据时要注意数据的口径，当口径不一致时要认真调整。

截面数据是一批发生在同一时间截面上的调查数据。

虚变量数据一般情况下取 0 和 1。

(2) 选择样本数据的出发点。选择样本数据，不仅要考虑数据的可得性，而且还要考虑数据的可用性。如果模型研究是为了预测，对参数估计值的最小方差性要求较高；如果研究目的是进行结构分析或政策评价，那么参数估计的无偏性更为重要。

(3) 样本数据的质量。数据质量问题大体上可以概括为：完整性、准确性、可比性和一致性。

所谓完整性是系统对数据的要求。经济数据作为系统状态和其内部机制及外部环境的数量描述，必须是完整的。否则，模型就无法运行。

所谓准确性包含两方面内容，一是数据必须准确反映它所代表的经济主体的状态，二是数据必须是模型研究中所要求的数据。

所谓可比性就是数据的口径问题。一般人们得到的经济统计数据可比性都比较差，原因在于统计范围口径的变化和价格口径的变化，必须进行处理后才能为研究所用。如果数据是不可

比的,当然找出的规律并不反映经济活动本身的固有规律。

所谓一致性就是样本与母体必须一致。原因在于回归分析是通过样本数据估计母体的参数。

3. 模型参数的估计

模型参数的估计方法是经济计量学的核心内容。在获得理论模型所要求的样本数据之后,就可以选择适当的方法对模型中的参数进行数量估计。常用的经济计量学估计方法如表 1—1 所示。

表 1—1 模型参数经济计量学估计方法

模型	最小二乘法类型	最大似然法类型	备注
单方程模型	普通最小二乘法 广义最小二乘法 工具变量法	最大似然法	
联立方程模型	普通最小二乘法 间接最小二乘法 二段最小二乘法 K 级估计法	有限信息的最大似然法	单方程方法即对其中每个方程式单独估计参数
	三段最小二乘法	完全信息的最大似然法	联立方程组方法即对全部方程式同时估计参数

4. 模型的检验

经济计量学模型建立后必须通过经济意义检验、统计检验、经济计量学检验和应用检验。

(1)经济意义检验。检验模型是否符合经济意义,检验求得的参数估计值的符号与大小是否与人们的经验和经济理论所拟

定的期望值相符合。如果不符,则要查找原因和采取必要的修正措施。例如:

全民工业固定资产原值 = $2.07596 \times$ 工业部门新增固定资产 + $1.002 \times$ 上年全民工业固定资产原值

根据统计口径,方程中的两个参数取值应该位于 0 与 1 之间,这样两参数不符合拟定的期望值。

(2)统计检验是由统计理论决定的,目的在于检验模型参数估计值的可靠性。通常广泛应用的统计检验准则有拟合优度检验(R^2 —可决系数)、变量显著性检验(t —检验),方程的显著性检验(F —检验)和估计值标准差检验。

(3)经济计量学检验。它是检验模型的古典假定是否成立。主要包括检验解释变量之间的多重共线性,随机扰动项的序列相关性和异方差性。

(4)模型应用检验。检验估计值的稳定性以及相对样本容量变化时的灵敏度,确定所建立的模型是否可用于样本观测值以外的范围,即就是模型的稳定性检验、精度检验和预测能力检验。具体做法是:

利用扩大了样本重新估计模型参数,将估计值和原来的估计结果进行比较,并检验其间差异的显著性。将所建立模型用于样本以外某一时期的实际预测,并将这个预测值和实际的观测值进行比较,然后检验其间差异的显著性。

从建立经济计量模型的步骤中,不难看出应用经济计量学方法,除了需要从数学上掌握理论方法之外,更重要的是从经济学上把握所研究的经济现象,从统计学上选择样本数据。由此可见,经济计量学确实是经济理论、统计学和数学的结合。

第二节 多元线性经济计量 单方程式模型

一、多元线性经济计量模型的设定

1. 多元线性经济计量的理论模型

多元线性经济计量的理论模型为：

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \cdots + \beta_k X_k + U$$

$$\text{即: } Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} + U_i \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

其中, Y_i 为被解释变量; X_{2i}, \dots, X_{ki} 为 $(k-1)$ 个解释变量; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ 为未知参数; U_i 为随机扰动项; i 为观察值下标; n 为样本容量(合理的样本容量是 $n > 30$ 或 $n > 3k$; 最低样本容量是 $n > k$)。

写成矩阵向量形式为：

$$Y = X\beta + U \quad (2)$$

其中：

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_{21} & \cdots & X_{k1} \\ 1 & X_{22} & \cdots & X_{k2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & X_{2n} & \cdots & X_{kn} \end{bmatrix}$$

2. 多元线性经济计量模型的基本假设

多元线性经济计量模型的基本假设为：

(1) 随机性。即 U_i 为随机变量。

(2) 零均值。对任何 i, U_i 的期望值均为零 ($E(U_i) = 0$)。这表明 U_i 在零左右分布, 且其加权平均值为零。

(3) 同方差。对任何 i, U_i 的方差为常数 δ_i^2 (称 δ_i^2 为总体方差且 $V_{\sigma}(U_i) = \delta_i^2$)。这表明 U_i 分布集中程度都是一样的。

(4) 无序列相关。对任何 $i, j (i \neq j), U_i$ 和 U_j 是无关系的, 即它们的协方差为零 ($COV(U_i, U_j) = 0$)。

(5) 解释变量 $X_{ji} (j = 2, 3, \dots, k)$ 为固定变量, 即在反复随机抽样中它们总是取固定值。这表明矩阵 X 是固定的, 并且 X_{ji} 同 U_i 是不相关的。

(6) 矩阵 X 是满列秩的, 即秩 $(X) = k < n$ 。这表明 X_{ji} 之间不相关, 且 k 阶方阵 $X'X$ 是可逆的。

(7) 正态性。 U_i 遵从正态分布。

假设 (1)(2)(3)(4)(7) 合在一起可写为 $U_i \sim N(0, \delta_i^2)$ 或 $U \sim N(0, \delta_i^2 I)$, 其中 0 为 n 维零向量, I 为 n 阶单位矩阵。由此可推出 $Y_i \sim N(E(Y_i), \delta_i^2)$, 其中:

$$E(Y_i) = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki}$$

称为总体回归超平面。

根据基本假设在选择解释变量时, 要注意不要漏掉主要解释变量; 解释变量要与被解释变量高度相关; 解释变量相互之间无关 (即无多重共线性)。提出这些假设, 并在满足假设的情况下开始进行模型参数估计方法的研究, 对违背假设的模型需要进行专门研究。