

经济计量学教程

姜诗章 王锦功 欧阳植 编著



吉林大学出版社

前 言

本书是一本经济计量学教科书。它是为适应我国社会主义经济发展对于数量分析的理论和方法越来越多的需要而编写的。它是在吉林大学经济学科的研究生、经济信息管理和概率统计专业的本科生的教学中，多次试用的经济计量学讲义基础上，经两次修改而成的。

全书分三部分：一是单一方程模型问题，二是联立方程模型问题，三是时间序列模型问题。这三部分基本上包括了经济计量学的主要内容。在编写过程中，我们注意研究了国内外有关专著的特点，尽量吸取它们的最新成果，并结合作者开展这方面工作的一些成果，力求比较系统地介绍经济计量学的理论、方法和应用。书中的实例计算过程简便，分析处理完整，并附有语言程序。各部分处理相对独立，各章配有一定数量的习题。采用这样的处理方法，将会使读者在掌握基本概念，提高理论水平，以及联系实际等方面有所裨益。

作为本书的读者，只要具有高等数学、线性代数、概率统计及西方经济学的一些基本知识即可读懂本书。

本书可作为大专院校财经、管理和应用学科的本科生及研究生的教材或教学参考书，也可作为从事上述专业的研究人员和科学工作者的参考书。由于篇幅限制，凡在概率统计书中可查到的统计数值表均未收进本书。

《经济计量学教程》编写成书，一直得到吉林大学管理科学系领导的大力支持和热情鼓励。同事和听课的同学对本书的结构安排也提出了许多宝贵意见和建议。这对提高本书的质量无疑起了很大的作用。在此谨向他们以及为本书编写出版工作

费了心血的同志致以诚挚的谢意。

限于作者的水平，书中难免会有缺点乃至错误，恳切希望读者批评指正。

作 者

1988年3月于吉林大学

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 什么是经济计量学.....	(1)
§ 1.2 经济计量学的目的.....	(3)
§ 1.3 经济计量模型的概述.....	(6)
问题与习题一.....	(13)
第二章 简单线性回归模型	(14)
§ 2.1 问题的提出及数学模型.....	(14)
§ 2.2 简单线性回归模型.....	(18)
§ 2.3 简单相关.....	(40)
问题与习题二.....	(50)
第三章 多元线性回归模型	(53)
§ 3.1 多元线性回归模型的矩阵形式及最小二乘估计.....	(53)
§ 3.2 模型参数的LS估计的性质及其分布.....	(61)
§ 3.3 模型参数的显著性检验.....	(65)
§ 3.4 最小二乘法的程序设计.....	(72)
§ 3.5 逐步回归计算.....	(81)
§ 3.6 广义最小二乘法.....	(87)
§ 3.7 线性约束条件下的参数估计及检验.....	(92)
问题与习题三.....	(103)
第四章 多重共线性检验	(109)
§ 4.1 多重相关系数和偏相关系数.....	(109)
§ 4.2 多重共线性存在的原因及后果.....	(113)
§ 4.3 多重共线性检验及计算程序.....	(117)

§ 4.4 克服多重共线性的方法	(123)
问题与习题四	(125)
第五章 模型扰动项若干假定的检验	(127)
§ 5.1 模型异方差的检验	(129)
§ 5.2 模型序列相关的检验	(140)
问题与习题五	(158)
第六章 特殊解释变数	(160)
§ 6.1 渐近性、一致性的基本概念	(160)
§ 6.2 工具变数法	(163)
§ 6.3 滞后变数	(168)
§ 6.4 虚拟变数	(179)
§ 6.5 时间变数	(185)
问题与习题六	(187)
第七章 联立方程模型概述及其识别	(189)
§ 7.1 引言	(189)
§ 7.2 模型的结构式与简化式	(191)
§ 7.3 联立方程带来的问题	(195)
§ 7.4 模型识别的概念	(197)
§ 7.5 模型识别的阶条件和秩条件	(200)
问题与习题七	(207)
第八章 联立方程模型的参数估计	(209)
§ 8.1 递归系统	(209)
§ 8.2 间接最小二乘法	(211)
§ 8.3 工具变数法	(215)
§ 8.4 二阶段最小二乘估计	(217)
§ 8.5 有限信息估计(最小方差比估计)	(224)
§ 8.6 三阶段最小二乘估计	(231)
§ 8.7 k -级估计式	(237)
§ 8.8 联立方程模型的应用	(241)

问题与习题八	(261)
第九章 时间序列模型	(264)
§ 9.1 确定性时间序列模型	(264)
§ 9.2 随机时间序列模型	(269)
§ 9.3 随机时间序列模型的估计	(296)
§ 9.4 模型预测的应用	(304)
§ 9.5 时序模型的进一步讨论	(313)
问题与习题九	(318)
附录 1 一般回归程序	(320)
附录 2 逐步回归程序	(321)
附录 3 综合联立方程模型程序	(327)
附录 4 自回归动平均时序模型程序	(343)
附录 5 杜宾-瓦特森检验表	(348)
参考文献	(350)

第一章 绪 论

§1.1 什么是经济计量学

经济计量学(Econometrics)是定量描述经济关系和经济规律活动的一门学科。“经济计量学”一词,是1926年挪威的经济学家弗里希(R.Frisch)仿照“生物计量学”提出的。他于1933年在《经济计量》创刊号上对什么是经济计量学做了这样的描述:“用数学方法探讨经济学可以从好几个方面着手,但任何一方面都不能与经济计量学混为一谈。经济计量学与经济统计学决非一码事;它也不同于我们所说的一般经济理论,尽管经济理论大部分具有一定的数量特征;经济计量学也不应视为数学应用于经济学的同义语。经验表明,统计学、经济理论和数学这三者对于真正了解现代经济生活中的数量关系来说,都是必要的,但本身并非是充分条件。三者结合起来,就有力量,这种结合便构成了经济计量学”。这就使人们对经济计量学的定义有了一定的认识,经济计量学是经济学、数理经济学、数理统计学三者相结合的一门综合性的学科。

构成经济计量学的三者之间关系究竟如何呢?

经济学通常以文字叙述和演绎推理的方法研究经济规律。数理经济学则以数学符号描述经济关系。这两者将经济行为视为定性的关系,本质上没有区别。经济计量学则不然,它虽然和数理经济学一样,用数学符号阐述经济关系,但它认为经济行为是极其复杂的,用有限个变量联系在一起的方程不足以说明经济行为的全部,现实生活还受多方面的不确定的因素支配着,这些不确定的因素有客观的,也有主观的。另外由于原

料的观察数据很难得到精确的实际数值。因此，经济关系是一种非确定性的相关关系。这正是经济计量学研究的内容。

举个例子可以说明它们之间的差异。

经济理论研究表明，某一商品的需求量(Q)取决于它的价格(P)，其它商品价格(P_0)，消费者的收入(Y)，消费倾向 t 。而数理经济学则将它抽象成如下数学公式

$$Q = b_0 + b_1P + b_2P_0 + b_3Y + b_4t \quad (1.1)$$

这里 Q 与 P, P_0, Y, t 是一种确定性的函数关系， b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 是未知数。严格地讲，只要作5次观测，便可确定 $b_0, b_1, \dots, b_4$ 的值。但是， P, P_0, Y, t 这4个因素还不能代表影响需求的全部因素，因此数理经济学也就不能为上述经济关系的系数提供比较精确的数值。

然而，在经济生活中，决非象数理经济学描述的上述经济关系那么简单，诸如社会保有量，政策的变化，人口的迁徙，甚至象战争、天气等因素，都会对需求量产生影响。在经济计量学中用一个随机因素 u 来综合表示主要因素 P, P_0, Y, t 以外的一切其它因素。显然，将需求关系表示为

$$Q = b_0 + b_1P + b_2P_0 + b_3Y + b_4t + u \quad (1.2)$$

更符合实际。

而数理统计学是研究随机现象的一般统计规律性的。经济行为中的大量现象具有随机性，具有一定的特殊性。经济计量学就是研究带有某些特殊性的随机现象，如“试验”不可重复性等，这些特殊问题需要有一些特殊的处理方法，这就构成了经济计量学的重要内容。

经济计量学的先决条件和最终归宿都是经济理论。它以经济理论为主体，作为存在的必要条件。经济理论应该先行。经济理论作出关于经济行为的假设，利用经济计量学理论和方法，对这种假设作出检验。当然，最后还得以经济理论为依据，如果所得的模型（如估计的参数，预测的结果），与经济理

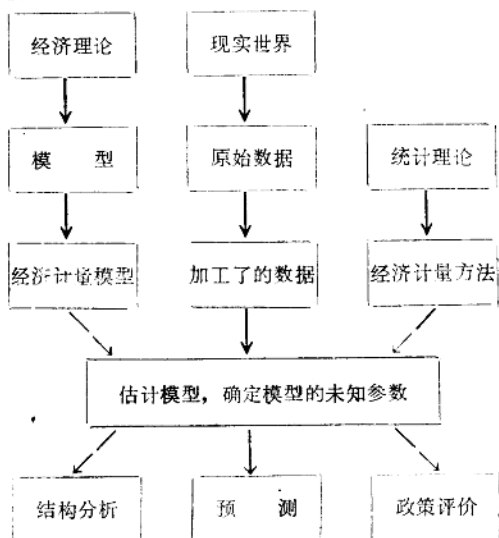
论相违背，则需修改或重新确定模型。

当然这并不排斥经济计量学的能动作用，如果用经济计量方法得到的结果与某一经济理论不符，而经过实践检验，模型是正确的，便可对经济理论作适当的修正和补充。事实上，对某些经济现象，不同流派有不同的解释，就足以说明经济理论也要不断更新和发展。

从上述分析，我们可以看出，经济计量学同经济理论、数理经济学、数理统计学之间的关系。经济计量学是这些学科的综合与发展，它不同于上述任何一门单独的学科，而是一门边缘学科。

§1.2 经济计量学的目的

经济计量学的理论与方法基本围绕三个主要目的即结构分析、经济预测和政策评价而展开的，其流程图示如下：



一、结构分析

所谓结构分析包含两重意思，即研究分析经济变量之间的内在联系和检验经济理论。例如生产函数

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}e^{\gamma} \quad (1.3)$$

其中 K 为投入的资金， L 为投入的劳力， Y 为产品产出。通过适当的方法，对模型参数 A, α, β 进行估计，尔后通过 $\alpha + \beta$ 的取值，分析模型规模报酬的增减性，分析 Y, K, L 的内在联系。

经济理论与其它理论一样，需要通过实践来检验，检验经济理论与经济行为的现实是否相符。(1.3)给出的生产函数，就需要通过事实检验产出 Y 与投入要素 K, L 是否具有 (1.3) 的形式， K, L 对 Y 的解释说明能力如何等。

需强调指出，这种检验不能只通过一两次典型调查解决。另外，检验允许有一定的随机误差，但不允许有系统误差。

二、经济预测

预测就是根据客观事物的过去和现在的发展规律，借助于科学的方法和技术手段，对未来的发展趋势和状况进行描述分析，形成科学的假设和判断。这里的预测指经济预测。它在国民经济管理中有着极其重要的地位。例如，在月初就想知道当月的工业产值、某种产品的需求量、人口就业的变化趋势等等。通过这些值及变化趋势的研究，制定合理的先行政策。这样的经济规划，对于发展中的国家，尤为重要。

三、政策评价

政策评价是经济计量学的最终目的，也是最重要的应用。它是指一个决策者从众多决策中通过比较，选择一种最优政策来执行之，这一过程就是政策评价。更具体地讲，就是对于所建立的模型，应用各种经济计量方法，确定经济指标系数的估计值。根据这些估计值，可以获取经济理论中的有益信息，例如弹性，乘数，生产技术系数，边际效益等。了解有些数值，无论对于

政府制定经济政策，还是对于厂商做出决策，都是至关重要的。有时对可控制的其它因素不同状态的“试验”，进行政策模拟，以作出最后的决策。

下面以需求函数为例，简述一下经济计量学的上述三个目的以及这三个目的的密切相关性。

例1.1 需求函数。某地区根据不同时期不同家庭的户计调查资料，得到了该地区的猪肉综合需求函数为

$$Y = 0.4P^{-0.7}X^{0.8} \quad (1.4)$$

其中 P 为每 500 克猪肉价格， X 为人均月收入， Y 为人均月需求量。（本题以 500 克即斤为其重量单位）。

需求函数 (1.4) 与经济理论是相符的。当价格上升时需求量下降，当收入增加时需求量上升。

根据 (1.4)，如果该地区人月均收入为 50 元，猪肉每 500 克 1.30 元，则可预测人均月需求量为

$$Y = 0.4 \times 1.3^{-0.7} \times 50^{0.8} = 7.61$$

这无疑对安排、调节养猪生产是有益的。

由 (1.4) 可以得到需求关于价格的偏弹性为

$$\sigma_P = -\frac{\partial Y}{\partial P} \frac{P}{Y} = 0.4 \times (-0.7) \times P^{-1.7} X^{0.8} \frac{P}{Y} = -0.7$$

同理可得，需求关于收入的偏弹性为 $\sigma_X = 0.8$ 。

σ_P 表明当价格增加 1% 时，需求减少 0.7%； σ_X 表明当人均收入增加 1% 时，需求增加 0.8%。

假如政府为了调动农民养猪的积极性，决定猪肉提价 30%。同时，又不使消费者受太大损失，可决定每人每月补贴 2.5 元。根据 (1.4) 式，记

$$f(X, P) = 0.4P^{-0.7}X^{0.8}$$

由全微分公式得

$$dY = f'_X(X, P)dX + f'_P(X, P)dP$$

近似地有

$$\begin{aligned}\Delta Y &\approx \frac{\partial f(X, P)}{\partial X} \Delta X + \frac{\partial f(X, P)}{\partial P} \Delta P \\ &= f(X, P) \left(\frac{0.8}{X} \Delta X - \frac{0.7}{P} \Delta P \right)\end{aligned}$$

当 $P = 1.30$, $X = 50$ 时, 由于 $\Delta X = 2.5$, $\Delta P = 0.39$, 则

$$\Delta Y \approx 7.61 \left(\frac{0.8 \times 2.5}{50} - \frac{0.7 \times 0.39}{1.3} \right) = -1.3$$

计算结果表明, 在这种决策下, 可以估计每月猪肉人均需求量减少 1.3×500 克 (即 1.3 斤)。

为了保持需求量不减少, 在提价 30% 的前提下, 通过计算可知大约人均每月应补贴 13 元方能达到目的。

§1.3 经济计量模型的概述

所谓模型就是对实际现象的描述。不同方式的描述可以得到不同类型的模型。例如, 用文字、语言逻辑演绎的方法来描述经济行为、价格规律等, 可得语言逻辑模型; 用图表形式 (如需求曲线、供给曲线) 确定平衡价格关系, 可得几何模型; 用原子模型描述质子、中子、电子围绕原子核的轨道运转得物理模型; 用代数方程、解析表达式如 (1.1) 式需求函数描述实际现象, 得到代数模型等等。一般而言, 经济计量模型属于代数模型。

模型是实际现象的高度概括。模型适用的范围, 远超过它自身的实际背景。如动力学模型, 依据流体力学的基本原理, 描述流体的规律性, 现已在物质、资金的流动、积累、平衡的研究 (物理模型、系统动力学模型) 等方面得到广泛的应用。

建立合适的模型是科学性与艺术性的结合。所谓好的模型体现在实际性和能控性上。实际性是指模型能反映实际世界; 能控性意味着略去一些次要的信息, 简化过程, 使之能使

用。反之，如果模型高度实际，但太复杂，以致不能控制使用；或者尽管简单可控但不反映实际，这样的模型都是不可取的。

经济计量模型是以经济理论为指导，利用数学与数理统计方法建立起来的代数模型。任何一个实际问题的经济计量方法的研究，一般可分为三个阶段：确定模型，估计参数，检验参数并评价模型。关于这三个阶段，下面分别作简要的介绍。

一、模型的确定

模型的确定，是以经济理论为指导，以研究对象所提供的可利用的信息为基础，确定一组反映客观经济行为运转机制过程的数学公式。这就要求模型的研究者熟悉一定的经济理论，了解研究对象的变化规律，参考已有的研究成果，综合分析研究，以便建立合适的模型。

确定模型应以实际性和能控性为原则，将实际问题高度抽象，使之纳入某一模式。这是解决问题的最重要的一步。这一步实际上是将研究的实际现象转化成数学问题。这一转化过程需要考虑以下问题。

1. 模型中包括的变量（因素）

为预测、控制、解释某个经济变量（因变量），需要弄清与该变量有关的变量（自变量，解释变量）。

首先，根据经济理论和专家的意见，寻找有关的变量及变量的延迟（包括间接因素），给出变量间的因果流。

其次，面对众多的变量，为使模型能控，应选择其主要变量。这可参考他人研究的已有成果来确定，也可按照某种准则来确定，如按照残差平方和，方差贡献的大小或主成分的方法来选择主要变量。

总之，最终引入模型中的解释变量数目不宜过多，它们应是最重要的且彼此不相关的。在保证一定现实性的条件下，模型中包括的变量数越少越好。

2. 模型采用的数学形式

模型包含的变量数确定之后,那么这些变量之间的联系选择什么样的数学形式,无疑是很重要的。原则上,模型的数学形式总是可以确定的。不妨记为

$$Q_z = f(P_z, P_o, Y, t) + u$$

然后,用多项式次数从低次到高次逐步逼近。也可根据前面所提到的语言模型、几何模型等转换成经济计量模型,或者根据不同经济流派提出的各种数学形式加以分析比较,以确定符合实际的效果好的数学形式。

有时通过各种解释变量与因变量的散点图,来确定因变量与各解释变量之间的近似关系。例如

$$Y = f(X_1, X_2, X_3) + u \quad (1.5)$$

若能近似得出

$$Y = a'_1 + a_1 X_1 + V_1$$

$$Y = a'_2 + a_2 \frac{1}{X_2} + V_2$$

$$Y = a'_3 + a_3 X_3^2 + V_3$$

就考虑用

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 \frac{1}{X_2} + a_3 X_3^2 + u$$

来近似表示。尽管这种形式比较复杂,但它有时比线性函数更接近实际。

3. 未知参数的先验信息

模型解释变量的系数(待估计的未知参数)根据经济学理论和常识,有时有一定的先验信息。例如在模型(1.2)中,价格 P 与需求量 Q 是负相关的,有 $b_0 < 0$;收入 Y 与 Q 是正相关的,有 $b_1 > 0$ 。再如消费 C 与收入水平 Y 的简单线性模型

$$C = b_0 + b_1 Y + u \quad (1.6)$$

中,系数 b_1 是边际消费倾向,应满足 $0 < b_1 < 1$,还可预计常

数减距 $b_0 > 0$ 。

确定模型的上述三个方面是不可分割的，需反复分析综合的结果，并在各种比较中同时进行。它在经济计量研究中是最重要又是最困难的。如果模型中遗漏了起重要作用的因素，或者模型的数学形式不正确，均可能得到不正确的结果，以此为依据的分析和预测，当然是不可靠的。

二、模型的估计

模型的估计就是利用统计数据资料所提供的信息去估计变数间的关系和参数的数值。这一点包含以下几个方面：

1. 数据的收集与处理

数据的来源与模型的特点有关。宏观经济模型的数据，由于无法重复“试验”，只能从政府部门公布的统计资料中得到。而微观经济模型则可以重复“试验”，因此所用的数据，要符合随机样本的特征，即具有代表性和独立性。

就数据的纵向、横向来看，可分为时间序列数据和截面数据。

时间序列数据是指变量的各个时期的数据。例如 1949—1985 年间国民收入的数据，便是国民收入这个变量的时间序列数据。此外，在微观经济模型中，某一变量重复抽样得到的数据，例如从家计调查资料中，取得的 500 个家庭的人均收入数据，可视为人均收入这个变量的时间序列数据，不同的家庭，可认为是不同的时点。

截面数据是指模型中各变量在同一时点的数据。如模型 (1.3) 中 t 时期的工业总产值 Y ，投入的资金 K 与劳力 L 便是一组截面数据。同样在家计调查中，如果某家庭在猪肉价格为 1.3 (元/斤)，人均收入为 50 (元/月) 时，人均月消费猪肉 7 斤，那么数组 (7, 1.3, 50) 就是截面数据。

就数据使用目的来看，可分为训练数据和检验数据。前者是估计模型所用的数据，后者是进一步检验模型优劣所用的数

据。一般说来，用训练数据建立模型，对于训练数据的拟合比较好。因此评价模型的优劣，重要的是看模型对检验数据的拟合程度，以预测为主要目的的更应如此。

从数据的特点来看，可分为定量数据和定性数据。可以用连续的量来度量的因素是定量变量，其结果就是定量数据。如果因素的度量没有数量关系，如经济发展速度的快与慢，酒的质量好与坏等等，并对有些定性变量所处的不同状态加以数量化（虚拟变量），就是定性数据。

估计模型需要收集大量的统计数据。但是取得的数据，却往往不能直接用于模型的估计。比如，有时要按某种口径将时间序列数据按某基年的不变价格来折算。除此以外，由于数据的失误、异常或者某些时点的截面数据不完全等原因，需要对有些收集的原始数据作一些加工处理。比如对于截面数据的短缺部分，可用截面数据中的其它数据折算，或通过时间序列的内插外推来补充。

在收集的数据中，有时还会混有一些“异常数据”。数据的异常有主观上的原因：统计部门报表的失误或数据转抄时的误差。这种异常数据就是错误数据。还有客观上的原因：社会的剧变，例如战争、自然灾害、政策失误等，使经济行为异常，从而导致数据的异常。异常数据往往使模型估计失真，在建立模型过程中不容忽视。对异常数据，通常根据不同的情况，采取修正、加权、引进虚拟变数等处理方法，以克服它所带来的不稳定性。

异常数据的发现是很重要的。在模型建立中，先对取得的数据按一定的统计方法和计算程序进行检验，常常能发现异常数据。这样的方法（如灵敏度分析），读者可在回归诊断等有关著作中查到。

上述的对统计数据进行内插外推、修正、加权等处理过程就是数据的加工处理。

2. 模型条件的分析

每个模型，都有相应的条件。只有满足条件，模型的解才有实际意义。拿回归模型来说，一般要求它满足如下条件。

条件1：模型中的解释变量之间不能存在严重的相关性。

条件2：每一时点的扰动项均值和方差皆相同，不同时间点的扰动项不相关。

在实际问题中，现实系统与描述它的模型的条件完全相符是不可能的。如宏观模型中，数据可供选择的余地太小，因为大多数经济变量在经济生活中有相同的变化趋势，使得解释变量之间存在相关性。另外，因变量的滞后作为解释变量被引入模型，使得扰动项在不同时点相关，从而扰动项产生异方差性。因此，上述条件不满足。在实际处理中，我们只要求能基本相符就可以了。而对于那些严重不符条件的情形，必须通过适当的方法进行调整，使之基本上符合条件，以便使建立的模型不致偏离实际太远。

3. 估计方法的选择

从模型整体角度来看，估计方法有单一方程法和联立方程法。就模型参数的估计，通常有最小二乘法，广义最小二乘法，工具变量法，极大似然法， K -级估计法，二阶段最小二乘法等等，使用不同的方法，一般将会得到不同的结果。

究竟应采取什么方法，不能一概而论，这要看实际问题的特点和建模目的如何。如以预测为主，则应以训练数据和检验数据的拟合误差最小为前提来选择相应的方法；若以结构分析为主，则应强调未知参数估计的无偏性、有效性和一致性等。

三、模型的参数检验与功效的评价

模型的参数检验与功效的评价，主要是运用数理统计中关于假设检验的原理，验证已经估计的参数与理论结果是否一致，验证所建立的模型是否符合实际。若不然，就进行修正，