

经济系统建模与仿真

屠仁寿 编著

中国科学技术大学出版社



中财 B0048470

经济系统建模与仿真

屠仁寿 编著

17310/20

中国科学院图书馆藏书

号 427724

书号 F224.1/62

中国科学技术大学出版社

1991·合肥

内 容 简 介

本书介绍模型研究方法在经济管理中的应用,将经济系统建模与计算机辅助仿真融为一体进行讨论。

本书为适应经济管理现代化、科学化的需要,引入经济数学方法以及系统论、控制论、现代计算机仿真等自然科学的方法,渗透到经济管理领域的研究之中,将定性研究和定量研究相结合。全书共分6章,第1章概述经济模型化方法。第2章为建模与仿真方法学。第3~6章介绍了几类有代表性的典型模型:经济数学模型——经济计量、投入产出、线性规划;经济控制论模型;系统动力学模型;离散事件系统模型。内容兼顾了理论性与实用性。

本书可供经济类、管理类、系统工程、系统仿真等有关专业的高等院校师生作为教材及参考用书,也可供上述领域的研究人员和工程技术人员使用参考。

(皖)新登字 08 号

图书在版编目(CIP)数据

经济系统建模与仿真/屠仁寿 编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,1994年2月

ISBN 7-312-00560-8

I 经济系统……

I 屠仁寿 编著

Ⅱ ①经济 ②模型 ③计算机仿真

IV C

凡购买中国科大版图书,如有白页、缺页、倒页者,由本社

出版部负责调换

AS778A

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路96号,230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

*

开本:787×1092/16 印张:19.75 字数:502千

1994年2月第1版 1994年2月第1次印刷

印数:1—3000册

ISBN 7-312-00560-8/C·24 定价:14.00元

前 言

当代,由于社会生产过程的范围扩大与复杂化,人类经济活动的交流与合作日益发展,互相渗透、相互影响和作用也日益增长。因而,导致各种经济活动呈现更加错综复杂、变化不定的现象,使人们产生变化莫测、难以驾驭之感。

但是,国民经济中任何复杂的经济现象,其内涵、构成和发展并不是杂乱无章的,它本身的演变严格遵循客观的变化规律,如整体性、相对性、有序性、动态性等。因此,根据系统论的观点,可以对经济活动过程进行定性和定量剖析。通常,把国民经济中一切活动的现象与过程视为所研究经济系统活动的映像,从而去寻求所研究问题的内部结构因素与其外部行为变化之间联系的规律性。也就是说,国民经济中出现的各种经济现象,总是通过从量变到质变来显示它们活动的特征的。因此,可通过适当的科学分析方法和途径来探求其变化规律,即:这些规律是客观存在的,是可以认识 and 控制的。

这个现实,要求从事经济领域工作的人们掌握认识、分析事物变化的观点、方法和工具,弄清经济活动变化的规律,从而提高控制经济活动的能力和质量、效能,以及适应环境变化的能力。

在人类认识和控制经济活动的过程中,认识是控制的基础,并且二者都是在不断演变的“信息”这个基体上进行的,即依赖于信息。这里,研究和处理经济活动中的信息,并不关心信息的载体,而是寻求经济活动中的系统结构成分,及其相互联系的某些属性概念,以及量变、质变的规律。这样,研究经济活动,首先应关注事物属性概念的描述,用适当的科学方法和工具描述事物发展过程中信息的演变与处理。在实践中,人们通过建立反映真实系统中所关心的基本属性的集合——模型,作为真实系统的映像,然后用对这个映像的属性研究来替代对真实系统的研究,目前已发展成为行之有效的模型研究方法。本书将围绕用模型研究经济行为的主题,介绍模型建立和模型分析研究的概念、方法和工具。

人类对事物属性概念的描述,通常用语言、文字来实现;有时,为了描述和处理信息过程的需要,也采用了几何图形、数学符号或其它形式来加以表达。也就是说,事物属性的有关信息,可采用不同的数学或逻辑形式描述,这些描述允许通过变换和类比方法,使被研究的经济活动抽象为统一的概念,如经济领域中的经济模型。这样,就可借助经济模型这个概念来认识和研究经济活动,使得抽象后的形式化研究对象——经济模型,替代与其在某些属性上相似的经济活动本身——原型。这个原型,可以是具体的或者是抽象的,是现行的或者设计中的系统和过程,这种替代使经济活动的研究得以深化。对活动本质的研究,有助于人们对经济活动的控制。

经济学家研究现实的经济现象,由于实际问题错综复杂、变化不定,包含一些次要的随机因素,而在研究中往往需要抓住本质的、决定性因素之间的因果关系,形成有普遍意义的经济理论。经济理论是实践经验的高度概括,而抽象的经济模型则是经济理论的简明表达。

经济模型是认识复杂经济现象和过程内在规律性的有效工具,它使定性和定量分析结合

起来,实现完善的模型化过程。经济模型的主要表达方式有:语言文字、几何图形、数学符号。每种描述都具有各自的特色,如:语言文字的分析比较细腻;几何图形描述则比较简明清楚;而数学符号的分析表达较为严谨。作为经济活动分析的工具,它们建立的信息模型本质上是没有什么区别的,只是对信息的描述和处理采用了不同的形式和过程。如:文字经济模型(Literary Economic Model)的假设和结构,使用了语言文字,推理过程使用了文字逻辑;而数学经济模型(Mathmatic Economic Model)采用数学方程进行描述,应用数学定理实现推理过程。

由此可见,对经济活动中的各种现象,可以采用数学公式和逻辑关系的假设,构造相应的经济模型,利用这种模型进行某种变换;或者通过实验,获取对所研究对象某些行为的了解,进而对经济现象的属性作某些定量化分析,探索其规律性。

由于经济模型注意了合理的抽象化和容许的理想化,并废弃了实际现象中那些与具体研究内容无关的属性,使得经济模型集中指示经济活动中最本质的东西——基本规律。从而,经济模型将为认识和控制经济活动提供有效的帮助。

采用数学或逻辑关系构造的经济模型,假若模型表达非常简单的关系,就可直接利用数学方法或者逻辑推理,取得问题结论的精确描述,或者数值解,即得到模型的分析解。然而,实际的经济系统十分复杂,通常不可能、也不允许通过分析取得模型解。因此,就需要借助研究对象属性抽象后的模型,间接地对真实系统的某些侧面进行实验研究。这种在模型上的实验研究,为经济学和管理科学的研究提供了重要手段。目前,在管理科学中已形成一个重要分支,是广泛应用的方法之一,已成为进行各种各样经济系统分析、战略研究、运筹规划,以及预测、决策领域研究的强有力工具。这种在模型上进行实验研究的方法,通常称为系统仿真或系统模拟。

利用对象模型对对象进行研究,是人类研究自然界最古老的科学工程方法之一。除历史上的物理模型的模型研究方法,在今天许多工业系统的实验研究中仍然应用外,当今采用形式化模型(数学模型)的方法去研究自然界,则成为现代科学工程方法的基础,绝大部分的科学研究工作中都离不开形式化过程和建模问题。建立系统模型,运转并实验这个模型去研究一个现有的或设计中的系统的方法,称为仿真。

目前,经济模型的仿真研究,主要是指经济模型的计算机仿真。即把经济模型程序化,然后将与经济模型相应的计算机程序在计算机上运行,进行各种研究。也就是说,在规定研究的时间范围内,利用计算机运行经济模型,从运行结果的数值来估量经济模型的行为,并根据所获得的各种数据估算真实系统各种期望的特性。这样,经济模型的仿真研究,使国民经济中各种社会和经济现象的定性、定量研究得以在实验室内进行,为经济管理的科学化与现代化提供了实现的可能性。

本书主要围绕经济系统的模型化以及模型研究的计算机仿真技术介绍有关内容。经济系统建模与仿真,是经济学、管理科学领域的重要研究课题,它探索解决现代经济管理问题的一些有效的科学概念、原理、方法和工具,是一门发展中的边缘学科,有待于在实践中充实完善。本书借助现代的科学方法论,如系统论、控制论、经济学、管理科学和计算机仿真技术等,在科学的基础上分析探索社会经济活动的内在规律,指示经济活动中各种经济现象有关属性演变的信息过程,采用多种不同的描述形式,充分利用类比相似的思维方法,建立经济活动抽象的概念模型。由于经济模型的研究涉及广泛的应用领域,本书仅重点围绕经济模型计算机仿真技术这个中心,阐述有关的建模与仿真的方法学,并结合介绍的方法与工具,充分注意实际应用

中的案例剖析。

全书分两大部分,共6章。第一部分介绍经济模型化的有关概念、原理和方法学,包括:第1章经济模型概述,第2章建模与仿真的方法学。第二部分通过四类有代表性的典型经济管理模型,介绍多种形式的描述与研究方法,包括:第3章经济数学模型,介绍经济计量模型、投入产出模型和线性规划模型,这三种类型各具特色。第4~6章则分别介绍经济控制论模型、系统动力学模型和离散事件系统模型。在内容阐述上,以介绍基本概念、原理为基础,着重解决实际应用中的问题。

本书除可用作系统工程、管理工程、管理科学、经济管理类,以及管理信息系统、系统仿真等有关专业高年级学生和研究生教科书或参考用书外,同时充分注意了从事经济、管理领域研究与管理工作的需要。

在本书的出版过程中,谈淑英、瑞云、王力、钱杰等同志给予了具体帮助,做了大量工作。在此谨致谢忱。

由于经济系统建模与仿真是一门发展中的边缘学科,涉及广泛领域的知识,加之作者水平有限,书中难免有很多不妥与错误之处,恳请读者批评指正。

屠仁寿

1993年6月于合肥

中国科学技术大学

目 次

前言	(I)
1 概述	(1)
1.1 计量经济	(1)
1.2 经济模型化	(3)
1.2.1 经济过程计量与模型化起源	(4)
1.2.2 模型化方法	(6)
1.2.3 经济模型概述	(7)
1.3 经济预测	(9)
1.4 经济模型的应用	(10)
1.4.1 经济模型应用简况	(11)
1.4.2 推进应用需要注意的问题	(14)
2 建模与仿真方法学	(16)
2.1 建模与仿真	(16)
2.1.1 计算机辅助的模型研究	(16)
2.1.2 系统、模型与仿真	(17)
2.1.3 计算机仿真方法	(20)
2.2 数学模型	(21)
2.2.1 数学模型的作用与目标	(21)
2.2.2 系统的数学模型	(23)
2.2.3 数学模型的划分方法	(27)
2.3 数学建模方法学	(31)
2.3.1 建模过程的信息源	(31)
2.3.2 建模途径	(32)
2.3.3 模型的可信度	(35)
2.3.4 建模过程	(36)
2.4 “软”系统建模方法学的探讨	(38)
2.4.1 “软”系统数学建模存在的困难	(39)
2.4.2 软领域建模方法学的发展途径	(41)
2.5 全局建模的计算机环境	(44)
2.5.1 “全局建模”概述	(44)
2.5.2 实体结构概念	(46)
2.5.3 实验框架的作用	(49)
2.5.4 “库”——全局建模的计算机环境	(50)
2.5.5 应用案例:大学公共汽车系统	(53)

3 经济数学模型	(61)
3.1 经济计量模型	(62)
3.1.1 经济计量模型的建立	(62)
3.1.2 案例:简单的经济计量模型	(66)
3.1.3 经济计量模型的应用	(73)
3.2 投入产出模型	(78)
3.2.1 国民经济投入产出表	(78)
3.2.2 投入产出基本数学模型	(83)
3.2.3 投入产出模型的应用	(88)
3.2.4 投入产出分析法的应用案例	(91)
3.3 线性规划模型	(95)
3.3.1 线性规划问题的数学模型	(96)
3.3.2 线性规划模型的应用	(101)
3.3.3 对偶问题与目标规划法	(109)
3.3.4 线性规划方法的应用案例	(111)
4 经济控制论模型	(116)
4.1 经济控制论概述	(117)
4.1.1 经济控制论的研究内容与应用	(117)
4.1.2 经济控制论模型简述	(119)
4.2 经济系统的状态空间表示与求解	(128)
4.2.1 经济系统的状态空间表示	(128)
4.2.2 动态经济系统的求解问题	(141)
4.2.3 小结	(146)
4.3 动态经济系统的一些重要性质	(147)
4.3.1 动态经济系统的可控性与可观性	(147)
4.3.2 动态经济系统的稳定性	(155)
4.4 动态经济系统的反馈与控制	(166)
4.4.1 反馈控制与状态反馈	(166)
4.4.2 输出反馈	(171)
4.4.3 最优控制的提法	(178)
4.5 经济控制论模型的应用案例	(180)
4.5.1 模型描述的案例	(180)
4.5.2 稳定性分析的案例	(181)
4.5.3 经济系统运动分析与调节的案例	(184)
4.6 结语:动态经济系统的仿真	(186)
5 系统动力学模型	(188)
5.1 系统动力学概述	(188)
5.1.1 系统动力学的发展与应用	(188)
5.1.2 系统动力学的特点与功能	(190)
5.2 系统动力学的建模原理与方法	(193)
5.2.1 与建模有关的基本问题	(193)

5.2.2	模型框架——因果反馈图	(194)
5.2.3	系统动力学模型——系统流图与构造方程式	(200)
5.2.4	系统动力学流图案例	(207)
5.2.5	流图设计	(215)
5.3	系统动力学仿真语言 DYNAMO	(219)
5.3.1	DYNAMO 语言概述	(220)
5.3.2	DYNAMO 方程式语句与命令语句	(222)
5.3.3	延迟、平滑的概念及其处理	(229)
5.3.4	函数	(235)
5.3.5	人口子模型的 DYNAMO 程序案例	(237)
5.3.6	世界模型的 DYNAMO 程序案例	(238)
5.4	系统动力学模型应用案例	(245)
5.4.1	零售商库存管理模型	(245)
5.4.2	生态平衡模型	(248)
5.4.3	石油供需模型	(253)
5.4.4	结束语	(257)
6	离散事件系统模型	(258)
6.1	离散事件系统的仿真模型	(258)
6.1.1	离散事件系统	(258)
6.1.2	离散事件系统的仿真模型	(260)
6.1.3	离散事件系统的拥挤现象	(263)
6.2	离散事件系统的仿真方法	(270)
6.2.1	概述	(270)
6.2.2	排队系统的手工仿真案例	(271)
6.2.3	离散事件系统的仿真方法	(274)
6.3	离散事件系统的仿真语言	(280)
6.3.1	离散事件仿真策略与结构模型	(280)
6.3.2	GPSS 仿真语言	(281)
6.3.3	GPSS-F 仿真语言	(289)
6.3.4	离散事件仿真的计算机语言	(304)
参考文献		(305)

1 概 述

经济学所要研究的课题是：如何有效地利用各种可供选择的有限资源，以求人类现在和将来无限欲望的最大满足。

经济管理的现代化和科学化，主要是解决管理决策的优化问题，即力图使宏观或微观的决策达到最合理或最满意的程度，以满足用最少的代价取得最大效益的经济效率原则。

现代经济制度不论是市场经济、计划经济，还是二者的混合，都涉及经济管理的科学化。所谓“科学化”，就是按客观规律办事。实现决策科学化的困难在于：如何从错综复杂的社会经济现象中，去剖析各种经济活动的客观规律。只有认识了规律，才能按规律办事，驾驭规律，从而能动地使客观世界最大限度地满足人类的欲望。

这个课题的解决，要借助广泛的学科领域的成就，除了经济学外，还要依赖于预测科学、决策科学、管理科学、系统工程、行为科学，等等，它们从不同的角度提供认识客观世界的观点、方法和工具。这里从有限的视角，介绍与经济系统建模与仿真有关的一些内容。

1.1 计 量 经 济

国民经济是一个多质多变量的复杂体系，社会经济现象是质和量的统一。经济现象的质和量的特征共同存在于社会经济活动的过程中，各种经济现象总是通过质变和量变这两种形式来显示它们的活动特征的。

经济学中有些问题不直接表现为数量，对它们的认识主要是依靠直观推理和逻辑分析。政治经济学主要就是研究这一类质的问题，如生产资料所有制，产品分配形式，以及某一经济系统的目的、职能和生产性质等问题。通常，这类问题很难以数量关系表现出来，但有时对这类问题辅以定量分析也是必要和可能的，对这样一些显示出质的规律性的问题，也可借助某些基本数学原理进行分析。例如，将最优化策略方法用于经济系统，从理论上论证局部和全局的关系，等等。

量的问题，则属于计量经济学研究的范畴。计量经济学是从数量上研究物质资料的生产、交换、分配、消费等经济关系和经济活动规律及其应用的科学。计量经济学是把经济理论和社会经济实际两者结合起来，研究各种经济量。例如，社会需求、供给、生产、投资、消费等方面的各种数值关系和数值规律，建立、估计和检验各类经济模型。这些研究可用于结构分析、预测未来和进行政策评价。

实际问题中有些是量和质的规律性交织在一起，其数量关系不能直接表现出来，往往需要用间接的方法来解决。

由于任何经济现象都是质和量的统一，质是量的基础，而一定的量是质存在的必要条件。

所以定性分析是定量分析的基础,而定量分析则使定性分析更加准确可靠,使对质的规律性的认识更加深入全面,从而能深刻揭示经济现象的本质和它们相互之间的关系。

经济学应用数学方法对经济数据进行统计分析处理,使经济学研究定量化、科学化、模型化,这是经济学自身发展的必然要求。但是,这绝不意味着忽视经济原则,重视质的研究才能保证在揭示社会经济现象质的规律性的基础上进行量的规律性认识的深化。

一切社会的经济现象,不仅和与它有关的其它现象一起构成一个相关的统一体,而且内部也存在着许多彼此密切联系、互相影响的因素。在一定条件下,相互联系和影响的因素产生各种演变活动,这种状况表明,在经济现象的内部和外部联系中存在一定的因果关系。这样,就有可能利用这种因果关系去引导经济活动朝着人们预期的方向和规模发展。除了上述因果关系外,经济领域内还大量存在随机现象,随机性和因果性是经济现象所固有的两个基本特征。

为了探求经济现象的内部和外部联系中所固有的随机性和因果性特征,通常采用数理统计分析方法进行统计分析,并用图表形式或以数学方程表现的函数来实现。计量经济学主要运用数学方程式组成的数学经济模型来描述经济领域中的数量联系。对于错综复杂的经济关系,经济数学模型只是现实经济关系的抽象,近似模拟现实的经济关系。无论以何种数学方法作为研究手段,都要求根据实际的统计资料或抽象调查资料,运用数理统计分析方法来估算参数,简化结构,估计和调整随机误差,探求和发现经济活动的规律性和因果关系。

在实际问题中,需要选择和使用某一给定的统计分析方法去求解问题,采用多变量统计分析进行数据处理,建立宏观或微观经济数学模型,需要研究如下几方面的问题:

1. 简化数据结构,选择变量子集合

当给定一组抽样数据或统计数据后,所选取的变量或指标是否需要这么多;是否可以找到一个基本结构;或者在众多变量所构成的集合中,是否可以找到一个最佳变量子集合,该子集合所包含的变量能够反映总体结构。进行简化结构的处理,对研究经济现象之间的规律、构造模型、简化抽样调查方案都有极重要的意义。这种处理方法的目的是抓住主要矛盾,舍弃次要因素,从而获得好的效果。

采用主成分分析、因子分析、对应分析等方法,可以达到简化结构的目的。

2. 进行数值分类处理,进行分类研究,构造分类模式

在经济管理的许多研究中,往往需要把性质相近的经济现象归为一类。这样,将大量错综复杂的经济特征分别归类以后,便于找出它们内部的规律性。同一类内的经济特征有相同的规律性,不同类经济特征有不同的规律性。对于多变量数值的分类处理,通常用聚类分析、判别分析等方法。

3. 构造模型和模型外推

计量经济学的目的在于探索客观经济过程的数量规律,把所要考察的对象描述成能够用数学方程表达的形式,即建立计量经济模型。计量经济模型实质上是数理统计中回归模型的应用和发展。在多元分析应用中,有两大类模型:预测模型和描述性模型。对于预测模型,通常采用回归分析方法解决,如果预测量是一个因变量,可应用多元线性回归、多元逐步回归、拟线性回归分析方法处理;如果预测量是多个因变量,可应用多因变量对多自变量的三角回归处理。对于描述性模型,通常采用聚类分析等方法处理。

4. 研究时间序列变化趋势

在经济活动中,一般都是用时间序列数字来反映经济发展状况。找出影响时间序列的各种因素,测定其对时间序列的影响程度。如:利用时间序列分析调整整个经济活动中,经济发展波

动形成循环的性质,以及影响它的主要原因。

时间序列分析是研究经济活动发展趋势的最重要的统计方法之一。用时间序列分析方法和马尔科夫概率分析可以处理随时间变化的经济活动。

通常,对一个问题不是孤立地寻求一种统计分析方法来解决,而是综合应用多种统计方法。例如,为了构造计量经济模型,构造的方法和步骤是:首先根据经济理论和定性分析结果设计理论模型;根据对实际经济活动的观察,抽取相应的统计数据,并对该数据进行初步精炼;然后利用统计分析方法(如相关分析、主成分分析等)研究被抽取变量之间的相关联系,选择最佳变量子集合;在此基础上构造计量经济模型;最后对模型进行优化处理,并在经济活动中开展应用。图 1.1 给出了构造计量经济模型的过程。

关于统计分析的具体内容与方法,可参阅罗积玉、邢瑛编著的《经济统计分析方法及预测》一书。

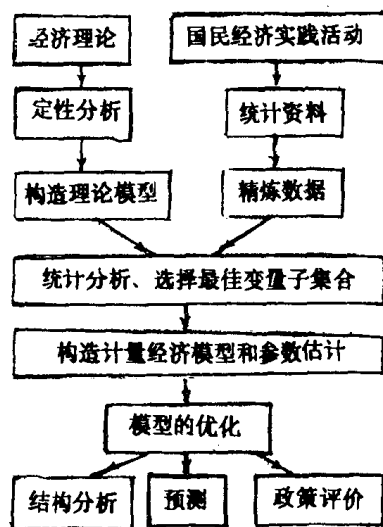


图 1.1 计量经济模型构造方法

1.2 经济模型化

国民经济是很复杂的动态系统,它由许多相互联系的部门组成。这些部门之间由劳动力、物质、能量、信息和资金等作用相互联系着,为了保证国民经济能按比例平衡地最优增长,就需要在国民经济系统内实行科学管理。这就需要对发生在国民经济系统内的各种过程和现象加以系统的研究,识别各个组成子系统之间直接的和反馈的联系,决定它们行动的结构和规律,以及系统整个机制内部每个组成部分所起的作用。

为经济发展规定恰当的目标和正确的途径,离不开经济模型和以它为基础所进行的分析研究。建立和运用各种经济模型,进行比较正确的预测,对提高宏观决策和计划的科学性,减少和防止失误,是必不可少的。模型方法是改进国民经济管理的现代方法,可补充国民经济管理中传统的常规方法之不足。传统方法是依赖经验进行定性分析的方法,没有深入进行量的分析,没有形成科学的分析程序。这种分析方法的有效性,在很大程度上取决于个别管理者的素质,并且也较难作为一种智力技术传授给更多的管理人员。

模型方法则是一种科学的方法,它能把国民经济中各种错综复杂的数量联系,在一定的模型内协调一致后进行平衡分析和优化研究,并使国民经济管理中应用计算机成为可能。各种经济管理模型的建立和应用,是推动国民经济管理方法和手段实现现代化、科学化的重要因素,并将引起管理思想、管理系统和管理人员朝着现代化的方向变革。

系统论、控制论等现代科学的方法论在社会经济领域中的应用,使擅长用洞察和分析的经济学家和采用计量经济模型的自然科学工作者结合起来,将更加深化定性、定量规律性的研

究。经济活动与经济现象的模型化研究，将为国民经济管理的科学化、现代化发挥重要的作用。

1.2.1 经济过程计量与模型化起源

经济学形成和发展的过程，也是不断运用数学方法的过程。当政治经济学作为一门学科出现时，经济过程计量与模型化的趋向也开始了。由于需要描绘支配生产、分配和交换的规律，以及经济发展的机制，促进了逐步采用计量和模型法代替用语言文字表达的解说法。

16 世纪出现了最早的经济理论——以研究交换为中心的理论，如威廉·佩蒂(1623—1687)，他科学地解释了以劳动为基础的价值理论。在模型法之前，他用抽象的方法指出，价值是由商品中包含的劳动所决定的。他认识到，仅做定性分析，而不以定量计算为基础，在经济现象中的研究工作是不能取得进展的。他的这个观念促使他写了《政治算术》一书，在这部著作的前言中，他提出了研究经济现象这个概念的基础：“取代使用比较级或最高级的词汇及思维论证，我将采用一种用数字、重量或度量来表示的语言。”在他的经济研究中，他一直忠于这个原则。

佩蒂的研究，涉及那个时代的很多经济问题。他关心货币问题，如关于正确流通所必须的货币量；也研究过价值问题、生产劳动问题，以及确定土地租金问题，等等，为剩余价值理论奠定了最初的基础。他用定量计算和某些已经数学化的模型，研究了他所谓的政治价格(价值)围绕自然价格(价值)的波动，以及价值、数量和劳动生产率之间的函数关系。

17 世纪，出现了魁奈(F. Quesnay) 等的以研究农业和总资本的再生产为中心的问题。

魁奈(1694—1774) 构造了第一个宏观经济模型，试图对生产进行理论分析。在 1758 年写成的著名著作《经济表》里，他综合地提出了简单资本主义生产的四个主要组成部分：生产、分配、流通和消费。根据图 1.2 所示的这个模式，他分析了国民产品在各阶级之间流通的方式，以及在一个生产循环和几个流通循环之间重新建立生产的初始条件。他也把生产资本分为固定资本和流动资本，同时确定了两种资本存在的比率(5 : 1)。

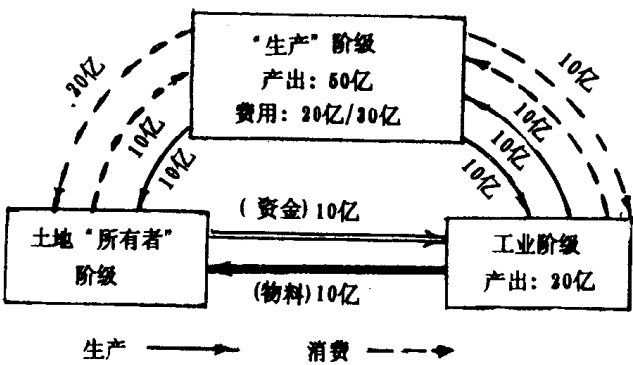


图 1.2 简单资本主义生产

很明显，利用《经济表》中的分析，取得的抽象水平能帮助了解商品流通和货币流通，代表了资本循环的形式。魁奈也考察了生产消费和非生产消费之间的关系，以及联系工业和农业的流量等等。这个模型已包含了投入-产出平衡模型的萌芽，它的丰富思想在今天的经济研究中也是有意义的，在后来很多著名学者重新考虑这个模型的应用过程中不断得到发展。

1776年,人们把魁奈设计的经济表列成表1.1的投入-产出平衡表的形式。列表中,把国民经济分成两个主要部分:工业和农业,重点是考虑它们之间的联系。

表 1.1 魁奈经济表

单位:10 亿

生产	农业	工业	最终消费	总计
农业	2	1	2	5
工业	1	/	1	2
总计	3	1	3	7

若用 X_1 和 X_2 分别表示农业和工业的生产产量,用 Y_1 和 Y_2 分别表示农业和工业的最终消费,根据表中的数据,可写成下列方程组:

$$\begin{cases} 0.4X_1 + 0.5X_2 + Y_1 = X_1 \\ 0.2X_1 + Y_2 = X_2 \end{cases}$$

解上面的方程组,可得:

$$\begin{cases} X_1 = 2Y_1 + Y_2 \\ X_2 = 0.4Y_1 + 1.2Y_2 \end{cases}$$

1776年,亚当·斯密(A. Smith)出版了《国民财富的性质和原理的研究》(简称《国富论》),集当时一切经济思想之大成。书中以更高的水平发展了价值-劳动模型,证明了价值的来源是所有商品生产部门内人的劳动,同时也开始了系统地分析取决于供求关系的价格围绕价值波动的模型。从而形成了统一和完整的科学体系。

以亚当·斯密为代表,包括了李嘉图(D. Ricardo)、马尔萨斯(T. R. Malthus)等人,直到约翰·穆勒(G. S. Mill)为止,统称为古典学派。例如,李嘉图(1772—1823)根据对某些系统的研究,发展了前人的工作,指出了人的劳动是价值的唯一源泉,以更精确的方式定义了价值、使用价值、价格的范畴等等,制定的模型也强调了制成品在确定价值时的作用。

19世纪,随着第一次产业革命的完成、经济危机的产生、阶级斗争的激化和社会主义思想的产生,古典学派分为根本对立的两大派别:由李嘉图到马克思为一大派,发展为社会主义经济学;由马尔萨斯到凯恩斯为一大派,发展为近代资本主义经济学。由于各国资本主义发展的特点不同,近代资本主义经济学又分为许多学派。及至当代,各个流派的经济学有各种不同的立场和观点,不易明确加以区别,但大致可按对市场机制依赖程度的大小,分为自由派和保守派。

伴随经济学的发展过程,计量与模型化的研究也在不断深化。例如,卡尔·马克思(1818—1883),在涉及经济过程研究时,曾使用过模型化方法,把这种方法看作是科学的研究工具。他按系统的观点分析经济现象,强调经济活动中各部门之间建立的联系,指出它们之间存在的相互作用。在对经济过程的深入分析中,他把经济看作一个复杂的动态系统,强调价值规律在资本主义商品生产的控制和自控中起作用。

马克思非常重视数学,广泛地运用模型化方法作为科学认识的工具。因此,在谈到经济危机的定量、定性分析时,马克思说:“关于危机分析问题,我多次设法把它们的上升和下降运动计算成某种不规则的曲线,我曾想(现在仍这样想),掌握足够的材料,这是可能的。据此我们将能用数学的方式建立危机的主要规律”。在研究经济现象的过程中,他科学地使用模型化方法的例子,可参见马克思《资本论》第二卷中的扩大再生产图式,如图1.3所示。

列举的这些学者,在研究经济机制时都使用了科学的计量与模型化方法,所取得的成果

对经济学的发展作出了巨大贡献。在经济研究中，他们都把经济视为一个由大量彼此相互作用的子系统组成的统一系统，并且广泛地使用了逻辑模型化的方法。

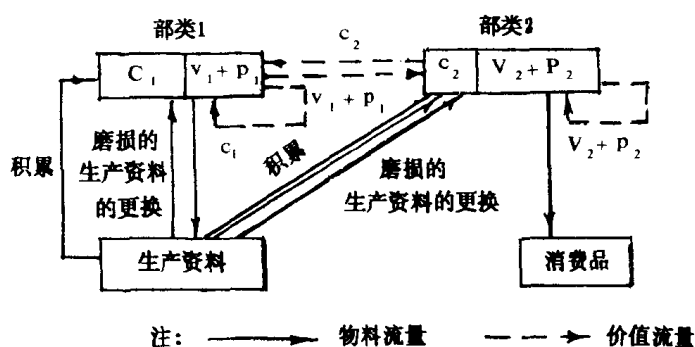


图 1.3 马克思的扩大再生产图式

1.2.2 模型化方法

在古代的社会实践中，很早就使用了模型化方法。目前，模型化方法已发展为认识科学的一个重要分支，它有助于对复杂现象的洞察和了解，已成为认识客观世界和指导行动的强有力的工具。

模型化方法是根据所分析的真实系统（原型）和模型之间建立的对应关系，利用模型替代对原型的研究。模型化研究所取得的对模型的分析结果，间接地产生了与认识原型有关的新信息。也就是说，通过模型的某些算法研究所得的信息，可转化为真实系统有关的新信息。假若，在模型化过程中，原型系统与模型之间具有同构的对应关系，则可通过模型研究去分析真实系统的结构、运行和行为性质的一系列信息。

模型化过程可分为三个阶段。即：

1. 模型化系统的分析阶段

分析所要研究的系统，了解它的性质、信息背景、环境等，并把它反映为一组关系传给模型。

模型化的第一阶段，是深入分析原系统的有关信息的详细情况。例如，分析经济系统演变过程的初始状态、发展速度、系统构造——子系统之间的联系及联系强度等等，得到一组关系，这种关系的描述就是原来系统的模型。例如，分析所得的关系是一组微分方程，则这组由微分方程描述的模型，就称为原系统的数学模型。

2. 模型的研究阶段

这个阶段是采用现有的科学方法、手段与工具来研究模型。由于模型的描述方法不同，使用的推理过程也不相同。例如，上述用微分方程组描述的系统数学模型，可能要用到微分方程理论、动态系统的定性理论、解微分方程组的方法和技术，问题复杂的还可能要利用计算机来辅助分析。通过对模型——微分方程组的研究，取得一系列定量关系的新信息。

当然，国民经济是一个复杂的系统，它的状态演变受到广泛因素的制约和影响。通过模型分析，要了解系统的结构、可观察性、可控制性、动态稳定性等方面重要的信息。这就要借助控制论研究经济系统模型，应用经济数理逻辑等方法和技术，通过对模型的深入剖析，以获取深化认识的新信息。

3. 对原型的深化认识阶段

通过模型研究,将获取的认识——新信息及其解释,返回到所要研究的系统——经济活动,从而在更高水平上丰富对原系统机制的理解。

经济模型化过程,是通过掌握经济系统运动的规律,获取有关系统结构、功能和行为新信息的有效途径,进一步改进计量和模拟自然与社会经济现象的方法,使之能更精确地表达客观世界的现实。强调模型化方法在实践和认识方面的价值,以及在了解和控制国民经济范围内各种复杂活动过程中所起的作用,是很重要的。

每一个模型化过程中的抽象过程,并不意味离开具体实践,而是通过模型化方法更深入社会经济活动过程中的机理。模型除了具有认识作用外,还可通过启发,在对过程更高水平理解的基础上,更好地实现有效的控制。例如,在预测、计划和资金等的经济分析活动中,利用模型化并辅以计算机仿真技术,就可模拟国民经济中系统增长的各种抉择方案,预见发展趋势,确定按比例平衡最优发展的途径。

模型化研究方法,强调计量分析国民经济各部分之间的联系,揭示其中发生的各种过程的各个方面规律性的内容。经济系统模型化方法,为研究经济管理的客观规律提供了有效的科学工具,将在社会经济发展的各种经济活动中不断提高人的有效干预作用。

1.2.3 经济模型概述

为了计量和最优控制国民经济中发生的各种过程,就要求在经济机制和经济模型法之间建立密切的相互联系。经济模型是对复杂的客观经济过程的高度抽象,用来了解经济系统的运转机制,是进行分析和决策的有力工具。例如,它可用于政策评价,检验和评价各种可供选择的政策,确定各种政策对某些关键变量的影响;亦可用于经济预测,对各种经济活动中经济变量的未来变化进行预测,这种预测是科学的预测。

经济系统的模型,以数学或非数学的形式反映经济机制内系统的结构、行为和功能,以及它在国民经济范围内具体的演变。经济模型化是模型研究在经济领域中的应用,这种研究方法允许利用已有的知识和数学提供的方法和技术。

经济模型必须忠实地反映经济空间内发生的过程,建立模型要反复探索,不断改进。通过解释模型所得的结果与实际现象相比较,以验证模型的表达能力和设计模型所作假设的有效性,这是一个反复修正的过程。在从实践到理论和从理论到实践的过程中,使模型成为沟通经济理论和经济实践之间的桥梁。

经济模型化也包含行动的因素,它在国民经济管理领域中的应用,是使科学变为生产力的实例。通过模型化深化认识,用于预测社会经济发展的客观规律,对提高国民经济各种活动的效率将产生积极的作用。经济模型化以定性、定量的形式揭示经济机制各部分和它的组织与管理的相互作用,以增加生产和提高全部经济活动的效率为其研究目的。因此,它有利于国民收入的增加、国民总财富的增多,以及人们物质和文化生活水平的提高。

经济模型化已成为分析经济增长与社会发展各种问题的有效工具。随着生产的发展及其复杂性的增加,对经济领域中的过程建立经济模型的必要性就更明显,以保证获取最大经济效率的有效决策。

经济过程的计量,不仅要借助数学这一有效的工具,引进量的概念和定量分析技术;而且要利用社会科学和自然科学领域中的各种成就,运用科学方法探索经济现象。也就是说,除了

将一些数学分支,如经济分析、微分方程、线性代数、概率统计、集合论、拓扑学、运筹学、模糊数学等引入经济学外,还要使其它学科,如系统论、控制论、信息论,以及计算机科学等,同经济学研究紧密结合起来。

数学方法的发展,使数学在经济研究中的论证和分析能力也产生了新的进展。计算机技术使过去用数学分析方法不能求解的实际问题,在许多方面变得轻而易举,解决了数值求解的可能性。数学描述、分析计算功能的发展,使数学成为科学的“语言”,它不仅用于记录和加工客观过程,而且已成为描述理论和经验、概念的一般科学思维方法而进入各个领域。数学方法和各学科的结合,推动了各学科的发展。更重要的是,利用计算机进行模型研究成为辅助经济现象研究的重要手段,使得过去不能进行实验研究的经济学在计算机上找到了“实验基地”,提供了经济科学进行实验研究的现实条件。

定量研究经济现象,就是把考察的对象描述成能用数学方法解答的程度,即建立经济的数学模型。建立经济数学模型是极为复杂、细致的过程,是科学和“技艺”的统一。通常是在对经济过程进行定性分析的基础上,应用系统分析方法建立描述性模型。即把研究对象视为一个由许多相互依赖、相互制约、相互作用的各部分组成的,具有特定功能的整体——系统。并将系统从环境中分离出来,通过输入与输出和系统发生关联。然后通过输入或者输出部分的追踪分析,建立系统的输入部分,经历系统内各子系统的转换,变成输出部分的各种关系,这些关系包括时间上的、空间上的、结构上的、经济上的、技术上的,以及其它各种功能性的关系。最后将这些关系尽可能用数学方程表示出来。

由于客观经济过程的复杂性,实际上不可能要求模型对研究对象的每个细节和演变情况都进行详细描述,而只能根据研究目的,对客观经济现象作某些简化假设,经过这种理想化过程,使抽象出来的模型既能反映研究对象的主导因果关系,同时也能比较容易进行理解和求解。这是应用定量分析建立数学模型的一个原则。

理论抽象和建立模型,需要对客观经济现象进行深入分析,特别是要注意社会科学的某些理论解释、变量选择和处理。例如,计量经济模型在西方国家的应用,多半是以凯恩斯理论为基础的,主要是围绕国民生产总值及其要素,为解决失业和通货膨胀等问题。在中国应用这一模型就要考虑社会主义经济的特点,过去在计划经济体制下,就应以社会主义扩大再生产和国民经济综合平衡理论为指导,把社会主义经济关系中各种因素及相互关系分析清楚;此外,西方经济计量分析中常用的资本主义劳动概念,应代之以生产资料与劳动力,等等。更重要的是,要考虑情况的变化,例如,我国计划经济与市场调节相结合,指令性计划向指导性计划的过渡等等,不断给经济模型化提出新的课题。

综上所述,模型构造的方法受到客观经济现象的性质和目标的影响。但是,不论建立怎样的模型,它们都是对真实的客观经济现象在一定程度上的近似,而不是客观现象本身。因此,模型必须集中于所研究的主题,把无关紧要的因素尽可能进行简化。也就是说,构造模型要洞察经济现象的实质,应用科学的方法和熟练的技巧,反复探索,把近似性控制到合适的程度。

正确地理论抽象并建立合适的模型之后,进行模型研究的关键就取决于假设的条件和因素是否正确。对未来某些因素的假设也是一个重要问题,例如,使用回归分析、经济计量模型、投入产出模型、系统动力学模型等,都需要对自变量、外生变量、最终需求等因素的未来值作出假设,模型的精度与这些因素假设的准确程度有关。这些因素的未来值的假定必须有科学的工作程序,例如,为了对经济计量模型的外生变量作出正确假设,可通过时间序列分析的预测方法预测,或者通过大量调查研究来确定。最终假设是否正确,还要进行实践检验,不断进行修