



北京市高等教育精品教材立项项目

经济模型与应用

JING JI MO XING YU YING YONG

张真继 常 丹 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

北京市高等教育精品教材立项项目

经济模型与应用

张真继 常 丹 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

随着我国经济的持续增长,用数学方法定量地研究经济现象,恰当地建立与这些现象有关的经济数学模型,是进一步发现经济增长中存在的问题、分析经济增长规律的关键。北京交通大学经济管理学院于2005年申请到北京市教改课题,开设了实验性课程“经济数学模型与应用”,构建了“经济模型资源平台”。2008年,学院又形成了“厚理博书、践实笃行、自主发展”的经济管理创新人才教育理念,建立起“重资源、重工具、重方法”的探究型实验教学体系。本书即是在此背景下,为经济、金融、工程和管理专业的各类学生编写的一本学习经济数学模型和模型化方法的教材。全书分3篇共11章:基础理论篇、经典模型实验应用篇和研究性实验教学篇,系统而全面地介绍了经济系统的相关理论、经济数学模型的相关概念及模型化方法、经济领域的经典模型,以及利用计算机语言和经济模型资源平台自主研发经济模型的方法。

本书可作为高等院校信息管理、经济贸易、工程管理和工商管理等专业高年级本科生和研究生的教材,也可作为相关领域高级管理人员的参考用书或培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

经济模型与应用 / 张真继, 常丹编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.11
北京市高等教育精品教材立项项目
ISBN 978-7-121-18661-5

I. ①经… II. ①张… ②常… III. ①经济模型—高等学校—教材 IV. ①F224.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第237884号

策划编辑: 刘宪兰

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25.25 字数: 522千字

印 次: 2012年11月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 48.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

近几十年来,各种新技术、新理念的诞生促使经济飞速发展,在经济理论研究、经济系统分析和经济决策方面都取得了丰硕的成果。这些成果的重要标志之一,是经济学的研究与数学领域的结合更加紧密,经济的量化研究成为人们探索和解决经济问题和经济现象的首选方法。随着我国经济的持续增长,用数学方法定量地研究经济现象,恰当地建立与这些现象有关的经济数学模型,是进一步发现经济增长中存在的问题、分析经济增长规律的关键。建立经济数学模型不仅是用数学解决经济问题的第一步,它还贯穿在经济问题研究的全过程中。因此,培养具有一定数学素养、掌握一定数学建模能力的综合型创新人才就显得更加重要。创新性人才培养的总体目标,是培养学生能综合运用科学技术进行科学研究,而其基础目标为要求学生具备扎实的经济/管理学理论基础、掌握科学的方法论,同时能够针对现实经济问题进行调查研究、设计方案、构建模型、实证研究。

北京交通大学经济管理学院早在 2005 年进行实验教学建设时,就申请到北京市教改课题,开设了实验性课程“经济数学模型与应用”,构建了“经济模型资源平台”,为该课程的建设提供了直接有力的资源支撑。2008 年,学院进行了实验教学体系的重构,形成了“厚理博书、践实笃行、自主发展”的经济管理创新人才教育理念,构建了“重资源、重工具、重方法”的探究型实验教学体系。在此背景下,为配合课程教学、总结历年课程的教育教学成果,我们特编写本书,以期在经济、金融、工程和管理专业的各类学生提供一本学习经济数学模型和模型化方法的教材。

本书分为 3 篇(基础理论篇、经典模型实验应用篇和研究性实验教学篇)共 11 章,系统而全面地介绍了经济系统的相关理论、经济数学模型的相关概念及模型化方法、经济领域的经典模型,以及利用计算机语言和经济模型资源平台自主研发经济模型的方法。

“基础理论篇”由 1~3 章构成,概述经济系统的基础概念及常用的控制理论,简要介绍什么是模型和数学模型,并详细讲解经济数学模型的概念和进行经济数学模型化的方法。全篇包括数学模型和经济数学模型共 7 个。

“经典模型实验应用篇”由 4~8 章构成,详细介绍了在预测分析理论、生产成本理论、竞争价格理论、投资预算理论和决策优化理论中,10 个经典经济数学模型的内容和基于“经济模型资源平台”的模型实验过程。

“研究性实验教学篇”由9~11章构成,对经济模型资源平台的功能、使用方法和研发技术进行了介绍,并举例说明了如何利用该平台进行经济数学模型的自主学习和创新研发。

本书为北京市高等教育精品教材立项项目的项目成果,理论与应用并重,既强调相关基础概念、理论的成熟性和系统性,同时还提供足够数量的经济数学模型供学生研究学习,并将经济数学模型的内在特点和进行模型化的理论与实践方法逐一呈现。此外,本书还配有相应的思考题以供扩展学习。本书可作为高等院校信息管理、经济贸易、工程管理和工商管理等专业高年级本科生和研究生的教材,也可作为相关领域高级管理人员的参考用书或培训教材。

本教材由北京交通大学张真继教授和常丹副教授共同编著,负责全书的组织设计、质量控制和总撰定稿,研究生高宇虹、李瑞霞、李丹青、廖伟参与了大量的资料收集及实验操作等相关工作。本书的写作和出版工作获得了“北京市高等学校教育教学改革精品教材立项项目”的资助,得到了北京交通大学教务处的的大力支持与鼓励,以及电子工业出版社刘宪兰编辑的有力配合,在此表示衷心的感谢。本教材引用了相关领域的一些研究成果和参考文献,在此谨向被参考的文献著(作)者表示真诚的谢意。

如何利用数学模型解释经济现象、解决经济领域的问题,同时使用经济数学模型平台和计算机语言进行经济数学模型的自主学习和研发,引导学生由理论认知、综合模拟、研究创新逐步提高理论与实际相结合的能力,是本书编写的一个出发点。作为经济数学模型化方法教育教学的一本探索性教材,本书仍然存在一些不完善之处,在此竭诚希望广大读者对本书提出宝贵意见,以期不断改进。

编著者

2012年3月

第 1 篇 基础理论篇

第 1 章 经济系统	3
1.1 经济系统概述	4
1.1.1 系统概述	4
1.1.2 经济系统	9
1.1.3 经济系统与工程系统的对比	13
1.2 经济社会系统的运作模式	17
1.2.1 经济社会系统	17
1.2.2 经济社会系统各部门的经济活动	18
1.2.3 经济社会系统的效益最大化	19
1.3 经济社会系统中常用的现代控制理论	20
1.3.1 线性系统理论概述	22
1.3.2 非线性系统理论概述	23
1.3.3 最优控制理论概述	24
1.3.4 随机控制理论概述	25
1.3.5 系统辨识理论概述	27
本章小结	29
问题讨论	30
第 2 章 经济数学模型	31
2.1 模型	32
2.1.1 模型的定义	32
2.1.2 模型的分类	32
2.2 数学模型	35
2.2.1 数学模型的概念	35
2.2.2 数学模型的分类	38
2.2.3 数学模型的建模方法和步骤	41
2.2.4 数学模型的应用举例	43
2.3 经济数学模型	50

2.3.1 经济数学模型的概念	50
2.3.2 经济数学模型的分类	53
2.3.3 经济数学模型举例	55
本章小结	62
问题讨论	63
第3章 经济数学模型化	65
3.1 经济数学模型化概述	66
3.1.1 经济数学方法	66
3.1.2 什么是经济数学模型化	66
3.2 经济数学模型化的作用	67
3.2.1 经济数学模型化的三大作用	67
3.2.2 经济数学模型化作用的局限性	68
3.3 经济数学模型化过程	69
3.3.1 模型化方向的表述	69
3.3.2 经济原型的机理分析	71
3.3.3 模型化假说	72
3.3.4 模型的建立	74
3.3.5 模型的数学性质与经济背景	75
3.3.6 解模算法的研制及公式化	77
3.3.7 经济数学模型化过程小结	79
3.4 经济数学模型化案例	80
3.4.1 生产函数模型简介	81
3.4.2 用经济数学模型化方法解决问题	82
3.4.3 本例小结	87
本章小结	88
问题讨论	88

第2篇 经典模型实验应用篇

第4章 预测分析理论	91
4.1 马尔科夫模型	92
4.1.1 预备知识	92
4.1.2 模型介绍	96
4.1.3 马尔科夫链在经济预测等方面的应用	100
4.2 经济周期模型	107
4.2.1 预备知识	107
4.2.2 模型介绍	112

4.2.3 应用案例	117
4.3 模型实验	121
4.3.1 马尔科夫模型	121
4.3.2 希克斯经济周期模型	123
本章小结	124
问题讨论	125
第5章 生产成本理论	127
5.1 乘数原理模型	128
5.1.1 乘数原理	128
5.1.2 模型介绍	136
5.1.3 应用案例	139
5.2 投入产出模型	152
5.2.1 投入产出理论	152
5.2.2 模型介绍	154
5.2.3 应用案例	162
5.3 模型实验	178
5.3.1 乘数原理模型	179
5.3.2 投入产出模型	180
本章小结	182
问题讨论	183
第6章 竞争价格理论	185
6.1 完全竞争市场价格模型	186
6.1.1 预备知识	186
6.1.2 模型介绍	188
6.1.3 应用案例	192
6.2 寡头垄断竞争模型	201
6.2.1 垄断市场	201
6.2.2 模型介绍	211
6.2.3 应用案例	220
6.3 模型实验	226
6.3.1 完全竞争市场价格模型	226
6.3.2 古诺模型	228
本章小结	231
问题讨论	232
第7章 投资预算理论	233
7.1 均值-方差理论	234

7.1.1	资产组合	234
7.1.2	均值-方差模型	241
7.1.3	应用案例	250
7.2	ROSS 套利定价模型	259
7.2.1	预备知识	259
7.2.2	模型介绍	265
7.2.3	应用案例	280
7.3	模型实验	291
7.3.1	资本资产定价模型	291
7.3.2	ROSS 套利定价模型	293
	本章小结	294
	问题讨论	294
第 8 章	决策及最优化理论	295
8.1	动态规划模型	296
8.1.1	动态规划概述	296
8.1.2	模型介绍	299
8.1.3	应用案例	301
8.2	博弈模型	305
8.2.1	博弈论	305
8.2.2	模型介绍	310
8.2.3	应用案例	316
8.3	模型实验	330
8.3.1	动态规划模型	330
8.3.2	博弈论模型	332
	本章小结	333
	问题讨论	334

第 3 篇 研究性实验教学篇

第 9 章	经济模型资源平台	337
9.1	经济模型资源平台简介	338
9.2	经济模型资源平台的功能介绍	339
9.2.1	经济资源模型平台的功能	340
9.2.2	模型管理模块	342
9.2.3	课程管理模块	344
9.2.4	其他模块	346
9.3	经济模型研发技术	347

9.3.1 HTML 技术	348
9.3.2 Excel 技术	350
9.3.3 HTML 结合 MATLAB 技术	354
本章小结	360
问题讨论	360
第 10 章 自主学习经济模型实验	361
10.1 实验目的与要求	362
10.2 实验资料	362
10.2.1 模型背景	362
10.2.2 模型介绍	363
10.3 实验操作指导	364
10.3.1 熟悉模型	364
10.3.2 选择模型	366
10.4 自主学习报告	368
本章小结	378
问题讨论	378
第 11 章 创新研发经济模型实验	379
11.1 实验目的与要求	380
11.2 立项研究经济模型实验	380
11.2.1 立题	380
11.2.2 立项研究报告实例	380
11.3 创新研发经济模型实验	383
11.3.1 模型新建	383
11.3.2 模型操作的设计与实现	385
本章小结	390
问题讨论	390
参考文献	391

第1篇 基础理论篇

CHAPTER ONE

作为经济数学模型学习和研发的基础，本篇将从系统的角度概述经济系统中常用的控制理论，介绍数学模型的概念和建模步骤，详细讲解经济数学模型的含义和进行经济数学模型化的方法。

第1章

经济系统

本章引言

经济系统是由部分组成的整体，在整体中各部分相互依存、彼此协调，在一定的环境下共同完成一系列目标。经济系统有大有小，一个国家的国民经济是一个大系统，它包括生产、交换和流通、分配、消费过程。相应的劳动者个人、企业、部门、地区及单项的经济活动就构成了层次和规模不同的小系统。而经济系统本身又从属于社会系统，是后者的一个重要的子系统。

本章重点

- 了解系统、系统论和系统方法的相关概念；
- 了解经济系统的相关概念；
- 掌握经济系统与工程系统的关系；
- 掌握经济社会系统的运作模式；
- 了解经济社会系统中的现代控制理论。

1.1 经济系统概述

1.1.1 系统概述

1. 系统

1) 系统的含义

系统是指由若干相互联系、相互作用的部分组成,在一定环境中具有特定功能的有机整体。组成系统的各个部分被称为要素、单元或子系统。由于系统可以划分为不同层次的要素,所以要素具有相对性。

学者从不同角度对系统进行了分类:按照自然界从低级到高级的层次,可分为无机系统、生物机体系统、社会系统;按照系统的要素及其形成与人类实践的关系,可以分为自然系统和人造系统;按照系统与环境的联系,可分为封闭系统和开放系统。此外,按系统状态与时间的关系,系统可分为静态系统和动态系统;按系统要素的客观实在性,可分为实体系统和概念系统;按系统功能、目标的多寡,可分为单目标单功能系统和多目标多功能系统;按系统的规模、复杂程度,可分为小系统、大系统、超大系统及简单系统和复杂系统等。

2) 系统的一般特征

系统的一般特征包括集合性、相关性、层次性、整体性、环境制约性、动态性。人造系统,还有目的性的特征。

(1) 集合性。

系统总是由若干元素组成的。单独一个元素不能称为系统。在系统中各元素具有相对独立性,具有可识别的界限或标识。例如,人体由呼吸器官、消化器官、血液循环器官、运动器官、神经器官等部分组成;企业由若干车间、班组、科室组成等。识别系统,必须分析系统的构成元素。

(2) 相关性。

在系统内,各元素不是孤立存在的,而是存在这样那样的联系。所谓系统的联系,是指系统内各部分之间发生的物质、能量、信息的传递和交流,结果是某一部分的变化会导致另外一部分的变化,这就是所谓相关性。例如,企业的销售部门工作不力,会导致正常的采购商品积压;经理的高昂斗志会鼓舞其下属努力工作等。

(3) 层次性。

世界上的绝大多数系统都有复杂的层次结构。例如,联想集团公司由联想电脑、神州数码、联想控股三家法人企业组成;联想电脑公司又由许多部门组成,每个部门由若干员工组成。不同层次具有不同功能:员工层次完成局部工作;部门可以生产部件或提

供诸如采购、会计、人事等某一方面的职能；企业则提供相对完整的商品或配套服务。

（4）整体性和系统的功能。

系统不是若干元素的机械堆砌，而是存在有机联系的整体。系统整体的性质和功能不等于构成系统的各部分性质或功能的加总，人们形象地用“1加1不等于2”表示，这就是著名的贝塔朗菲定律。例如，尽管人体器官都是由细胞、组织构成的，但人体器官的功能却是组成器官的细胞或组织所没有的。

系统的整体性集中表现为系统的功能。系统的功能就是系统对环境的作用，就是系统把环境的输入变成自身输出的转换作用。例如，消化系统的功能就是将食物变成人体活动及生长所需的热量和各种营养。功能是识别系统的直接依据，甲系统之所以区别于乙、丙系统，首先是因为这三者功能不同。例如，我们根据社会功能性质不同把各种组织划分为工厂、学校、医院、商店等，根据功能的水平把医院分成甲级、乙级等。

（5）环境制约性。

系统不是孤立存在的，它要与周围事物发生各种联系。这些与系统发生联系的周围事物的全体，就是系统的环境。系统的功能一方面取决于系统内部的结构和联系，另一方面，系统要受环境的影响和制约，如机器的加工功能受所在厂房的地基，周围的温度、湿度等环境的影响；企业的效益受政治环境、经济环境、文化环境的影响。

（6）动态性。

系统的状态与功能不是一成不变的。系统不仅作为一个功能实体而存在，而且作为一种运动而存在。系统的内部联系是一种运动，系统与环境的相互作用也是一种运动。系统的功能是时间的函数，因为无论系统要素的状态和功能，还是环境的状态都不是一成不变的。例如，企业的人员、资金、设备运行状态都在发生变化，企业环境也在不断变化，因此企业效益必然也会波动。

（7）目的性。

世界上共有两类实体系统：一类是由矿物、植物、动物等自然物天然形成的系统，如天体系统、海洋系统、生态系统等，统称为自然系统；另一类是人们为达到某种目的而人为建立（或改造过）的系统，如生产系统、运输系统、军事预警系统、管理系统等，统称为人造系统。人造系统的目的性表现在功能的人为性方面。人们通过系统要素的选择、联系方式及系统的运动设计反映人们的某种意志，服从于人们的某种目的。例如，运输系统设置多少交通工具，交通枢纽站点如何布局，车辆如何运行等，这些都反映了人们的运输计划，服从于人们的运输目的。

3) 系统科学的理论基础

系统科学涉及广泛的科学技术领域，与社会科学、自然科学、数学科学等有着密切的联系。系统科学的理论基础主要有以下几方面。

(1) 运筹学。

运筹学是系统组织管理的一般科学理论。运筹学的广泛应用,已经在优化各种系统的运行中起到了良好的作用。运筹学是研究系统在给定条件下,统筹规划、合理安排、以求最佳效果的数学方法。因此,系统科学要想寻求实施的最优方案,必须运用运筹学的理论和方法。

(2) 控制论。

控制论是研究系统的调节和控制的一般规律的科学,其主要任务是实现系统的稳定和目标。系统科学要使系统按照最佳的方案实施、运行,必须对系统进行有效的控制,也就需要运用到控制论的理论和方法。

(3) 信息论。

信息论是应用概率论与管理统计研究信息处理和信息传递的科学。系统在规划、研究、设计、控制和管理中,都离不开信息的搜集、处理和传递。

(4) 有关的数学学科。

在系统的规划、研究、设计、使用、控制和管理中,都要进行定量分析。定量分析的基础是各种有关的数学理论和方法,如微积分、概率论和数理统计等。

2. 系统论

1) 系统论的含义

系统论是研究系统的一般模式、结构和规律的学问。它研究各种系统的共同特征,用数学方法定量地描述其功能,寻求并确立适用于一切系统的原理、原则和数学模型,是具有逻辑和数学性质的一门新兴的科学。

系统论是美籍奥地利人、理论生物学家 L. V. 贝塔朗菲 (L. Von Bertalanffy) 创立的。他于 1937 年提出的一般系统论原理奠定了这门科学的理论基础,但是他的论文《关于一般系统论》到 1945 年才公开发表,并且直到贝塔朗菲于 1948 年在美国再次讲授“一般系统论”时,他的理论才开始得到学术界的重视。

系统论认为,整体性、关联性、等级结构性、动态平衡性、时序性等是所有系统的共同的基本特征。这些特征,既是系统所具有的基本思想观点,也是系统方法的基本原则,表现了系统论不仅是反映客观规律的科学理论,还具有科学方法论的含义,这正是系统论这门科学的特点。贝塔朗菲对此曾做过说明:英语 System Approach 直译为系统方法,也可译成系统论,因为它既可代表概念、观点、模型,又可表示数学方法。他说:“我们故意用 Approach 这样一个不太严格的词,正好表明这门学科的性质特点。”

2) 系统论的思想

系统论的核心思想是系统的整体观念。贝塔朗菲强调,任何系统都是一个有机的整

体，它不是各个部分的机械组合或简单相加，系统的整体功能是各要素在孤立状态下所没有的性质。他用亚里士多德的“整体大于部分之和”的名言来说明系统的整体性，反对那种认为要素性能好，整体性能一定好，以局部说明整体的机械论的观点。他同时认为，系统中的各要素不是孤立地存在着，每个要素在系统中都处于一定的位置上，起着特定的作用。要素之间相互关联，构成了一个不可分割的整体。要素是整体中的要素，如果将要素从整体中割离出来，它将失去要素的作用，正如人手在人体中是劳动的器官，一旦将手从人体中砍下来，它将不再是劳动的器官一样。

系统论的基本思想方法就是把所研究和处理的对象当做一个系统，分析系统的结构和功能，研究系统、要素、环境三者的相互关系和变动的规律性，并从优化系统的角度来看问题。世界上的任何事物都可以看成一个系统，系统是普遍存在的。大至渺茫的宇宙，小至微观的原子，如一粒种子、一群蜜蜂、一台机器、一个工厂、一个学会团体等都是系统，整个世界就是系统的集合。

3) 系统论的作用

系统论的任务，不仅在于认识系统的特点和规律，更重要的还在于利用这些特点和规律去控制、管理、改造或创造一个系统，使它的存在与发展合乎人的目的与需要。也就是说，研究系统的目的在于调整系统结构，显示各要素关系，使系统达到优化目标。

系统论的出现，使人类的思维方式发生了深刻的变化。以往研究问题，一般是把事物分解成若干部分，抽象出最简单的因素来，然后再用部分的性质去说明复杂事物。这是笛卡儿奠定理论基础的分析方法。这种方法的着眼点在局部或要素，遵循的是单项因果决定论。虽然这是几百年来在特定范围内行之有效、人们最熟悉的思维方法，但是它不能如实地说明事物的整体性，不能反映事物之间的联系和相互作用，它只适用于认识较为简单的事物，而不胜任于对复杂问题的研究。在现代科学的整体化和综合化发展的趋势下，在人类面临许多规模巨大、关系复杂、参数众多的复杂问题面前，它就显得无能为力了。正当传统分析方法束手无策时，系统分析方法却站在时代前列，高屋建瓴，纵观全局，别开生面地为现代复杂问题提供了有效的思维方式。因此，系统论，连同控制论、信息论等其他横断科学一起所提供的新思路和新方法，为人类的思维开拓了新道路，它们作为现代科学的新潮流，促进着各门科学的发展。

综上所述，系统论反映了现代科学发展的趋势，反映了现代社会化大生产的特点，反映了现代社会生活的复杂性，因此它的理论和方法能够得到广泛地应用；系统论不仅为现代科学的发展提供了理论和方法，而且也为解决现代社会中的政治、经济、军事、科学、文化等方面的各种复杂问题提供了方法论的基础。系统观念正渗透到每个领域。