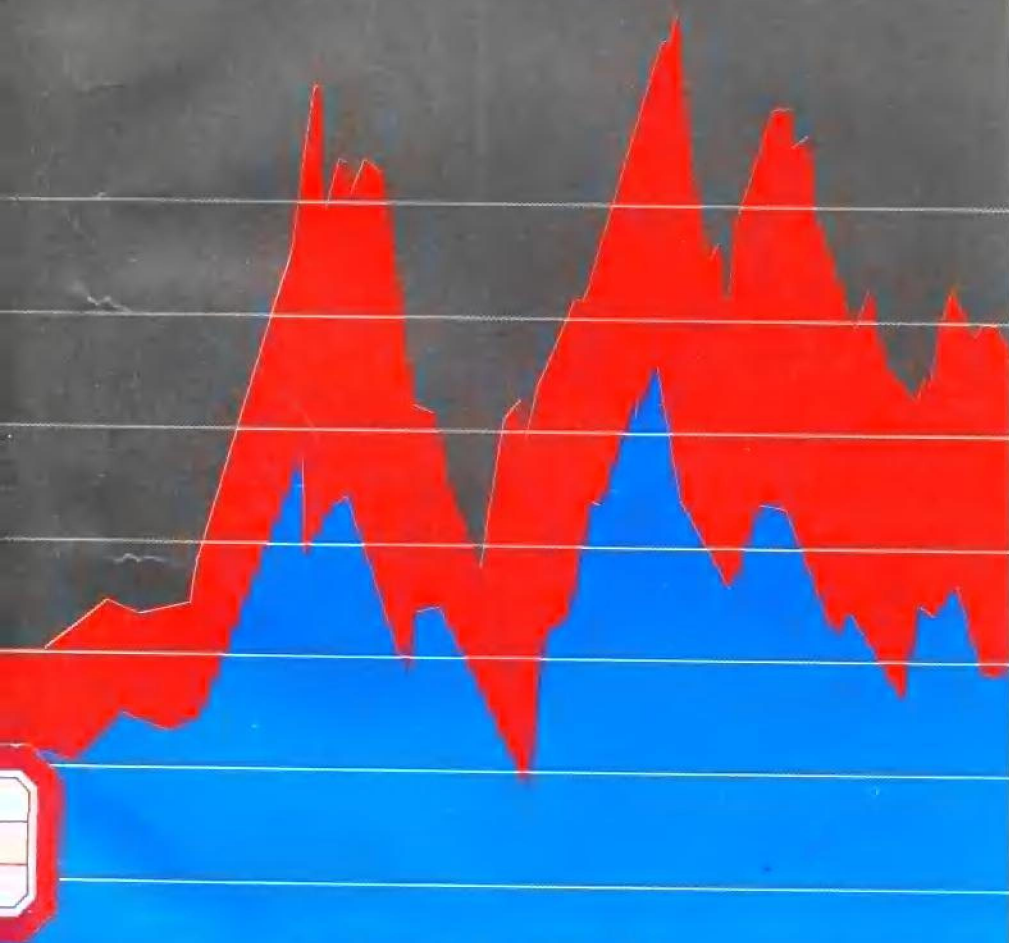


经济时间序列分析

JINGJISHIJIANXULIEFENXI

王耀东 张德远 张海雄 编著



上海财经大学出版社

经济时间序列分析

王耀东 张德远 张海雄 编著

上海财经大学出版社

责任编辑:王联合

封面设计:周卫民

经济时间序列分析

王耀东 张德远 张海雄 编著

上海财经大学出版社出版

(上海市中山北一路 369 号 邮编: 200083)

新华书店上海发行所发行 上海印刷七厂一分厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 11.5 字数 280 千

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—3000

ISBN7-81049-054-0/F·34

定价: 24.00 元

序

时间序列分析在经济统计和预测技术中占有重要地位,它的起源由研究经济中的价格波动而引发。到了四五十年代,随着电子工业的发展、概率论中随机过程理论研究的重大进展,时间序列就与无线电工程、控制论等紧密相联,频谱分析技巧大大发展。第二次世界大战以后,由于 Box 等人的研究,时域的方法有了突破,并在经济预测中大显身手,受到经济界的广泛注意。到了 80 年代,邹至庄的计量经济学把时间序列作为第三部分,与回归、联立方程并列成为一大支柱。

这几年来,由于对经济研究越来越多地应用数学方法,新的模型、新的问题不断涌现,例如混沌现象的发现也是与时间序列的研究分不开的。

近年来有一些著名的统计学家、经济学家前来上海财经大学讲授时间序列和有关的经济分析的课程,例如芝加哥大学的刁锦寰教授、密芝根大学的 Kish 教授等。王耀东、张德远和张海雄同志在吸收这些专家讲课内容的基础上,结合我国实际,消化整理,写出这一本能够反映时代特点的经济时间序列分析的教材,是一件不容易的事。

这本书的特点是有丰富的实例,重点不在于数学上的严密推导和追求结论的一般化,而在于经济、管理方面的分析和方法的介绍,使读者容易接受、容易使用,这一特色决定了本书可以预期会受到相当的欢迎。

我相信这本书的出版,对提高经济、管理类学科本科高年级学生、研究生以及青年教师的理论和应用的水平,会有很好的推动作用。预祝本书出版成功。

张尧庭

1996 年 1 月

前 言

时间序列分析是概率统计学中的一个比较新的分支。随着概率统计方法的应用越来越普遍,时间序列分析方法也越来越显得重要。时间序列分析主要是对随时间变化而不确定的数据进行定量分析。经济分析涉及到大量的时间序列数据,例如,物价指数、产品销售量、股票价格指数和广告支出与销售收入等等。通过对这些数据有效的分析,无疑可以提高经营决策水平。

本书主要包括时间序列分析中的时域分析方法,涉及到单变量和多变量时间序列分析,传递函数模型、干预分析和异常值检验等较新的内容。本书可分为四个部分:第一部分,基本知识,包括第一章导论和第二章基本概念;第二部分,一元时间序列分析和建模,包括第三章至第八章,介绍一元平稳、非平稳和季节时间序列模型、模型的识别、参数估计、模型选择和预测,此外,还有对一元时间序列受外界影响,用干预分析和异常值检测进行处理;第三部分,多元时间序列分析,包括第九章传递函数模型和第十章向量时间序列模型的建模,并给出了一些实例;第四部分时间序列分析的专题讨论,包括第十一章的状态空间模型、卡尔曼滤波和第十二章的非线性时间序列模型。

此外,本书还提供了一个附录,介绍了时间序列分析的一些常用软件,如SCA统计软件、SAS统计软件、SPSS统计软件、Minitab统计软件和TSP统计软件等等。

本书具有以下几个特点:一,内容新颖,包括近年来时间序列分析在时域方面的最新进展。二,简洁通俗,叙述方法结合经济数据建模过程展开叙述逻辑,以数据分析出发,讲解如何分析实际数据,以数据自身特征建立模型,再对模型进行预测和结构分析。用尽量少的

数学理论说明统计问题,许多数学证明并不十分详细,有兴趣的读者可查阅本书所提供的有关材料。三,实用性强,本书从现实世界的实际数据出发,使用了上海延中实业股票收盘价数据、英国的利率数据、上海证券指数的收盘价、Lydia Pinkham 公司的年度广告费和销售数据、美国杂货零售的月数据、美国 1867 年至 1948 年生猪价格指数等数据。通过对实际数据的分析来解说本书的时间序列分析的理论和方法。最后,内容翔实,本书概括了时间序列时域分析近十年来的新发展,还提供了较详尽的参考书目。

本书可作为财经管理类大专院校工商管理专业和统计专业的教材,也可作为其他非财经管理类院校统计专业、定量分析专业的参考书,还可作为广大经济研究和管理工作者自学时间序列分析的主要参考书,可根据各层次读者教学和实际需要选讲和选读。本书另有配套习题,需要者可与我们联系。

本书编写时具体分工是:王耀东编写了前言、第一章、第二章的第五节、第八章、第十章至第十二章以及附录;张德远编写了第四章至第七章、第九章和第十章的第五、六节;张海雄编写了第二章的前四节和第三章。书稿完成后,王耀东、张德远对全书作了修改,最后由王耀东审核定稿。

在本书的写作过程中,张尧庭教授、黄树颜教授和姜国麟先生对撰写此书提出了宝贵意见。作者在与我校金融数学研究中心的张人骥、刘弘和陆天虹等人的研讨过程中受到了很大的启发,促使本书更加完整。黄树颜教授和朱平芳副教授审阅了全稿。本书的出版还得到了上海财经大学神舟经贸公司的部分资助,我校赵增川同志也为本书图形的打印提供了大力支持,在此,谨向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误在所难免,在此恳请读者批评指正。

作者

1996 年 1 月

目 录

第一章 导论	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 实例分析	(5)
第二章 基本概念	(11)
第一节 随机过程	(11)
第二节 平稳时间序列	(15)
第三节 随机过程的特征描述	(26)
第四节 时间序列滑动平均和自回归表示	(33)
第五节 线性差分方程	(36)
第三章 线性平稳时间序列模型	(40)
第一节 自回归过程	(40)
第二节 滑动平均过程	(54)
第三节 $AR(p)$ 和 $MA(q)$ 过程的两重关系	(61)
第四节 自回归滑动平均 $ARMA(p,q)$ 过程	(64)
第四章 非平稳时序模型和季节时序模型	(73)
第一节 均值非平稳	(74)
第二节 自回归求和滑动平均($ARIMA$)	(76)
第三节 方差和自协方差非平稳	(86)
第四节 季节时间序列模型	(89)

第五章 模型识别	(95)
第一节 模型识别步骤	(96)
第二节 实例分析	(100)
第三节 推广样本自相关函数和其他识别步骤	(116)
第六章 参数估计、检验和模型选择	(122)
第一节 矩方法估计	(122)
第二节 极大似然法估计	(125)
第三节 非线性估计	(131)
第四节 时序分析的最小二乘估计	(134)
第五节 诊断校验	(136)
第六节 实列分析	(138)
第七节 模型选择准则	(140)
第七章 预测	(143)
第一节 引言	(143)
第二节 最小均方误预测	(144)
第三节 预测的计算	(148)
第四节 以前观测值加权平均的 ARIMA 预测	(151)
第五节 适时修正预测	(153)
第六节 最后预测函数	(154)
第七节 实例分析	(156)
第八章 一元时间序列建模的发展	(161)
第一节 干预模型	(161)
第二节 干预分析实例	(165)
第三节 时间序列中的异常值	(170)
第四节 异常值分析的实例	(176)

第九章 传递函数模型	(180)
第一节 单输入传递函数模型.....	(180)
第二节 互相关函数和传递函数模型.....	(184)
第三节 构造传递函数模型.....	(187)
第四节 传递函数模型的预测.....	(198)
第五节 多重输入传递函数模型.....	(205)
第十章 向量时间序列分析	(208)
第一节 协方差和相关矩阵函数.....	(208)
第二节 向量过程的滑动平均和自回归表示.....	(210)
第三节 向量自回归滑动平均模型.....	(212)
第四节 非平稳向量自回归滑动平均模型.....	(224)
第五节 向量时间序列模型识别.....	(225)
第六节 模型的拟合和预测.....	(237)
第七节 实例分析.....	(239)
第十一章 状态空间模型和卡尔曼滤波	(253)
第一节 引言.....	(253)
第二节 状态空间和 ARMA 模型之间的关系	(254)
第三节 状态空间模型拟合和典型相关分析.....	(260)
第四节 实例分析.....	(264)
第五节 卡尔曼滤波.....	(269)
第十二章 非线性时间序列分析	(274)
第一节 概述.....	(274)
第二节 双线性模型.....	(285)
第三节 门限自回归模型.....	(302)
第四节 门限自回归滑动平均模型.....	(318)
第五节 自回归条件异方差.....	(320)

第六节 广义自回归条件方差模型.....	(331)
附录 经济时间序列分析常用软件简介.....	(342)
参考文献.....	(352)

第一章 导论

第一节 引言

时间序列是指被观察到的依时间为序排列的数据序列。它是可以得到一个真实的有限的数据集合。我们熟悉的这些序列有产量、收入和 GNP 数据等等。时间序列分析是用来分析这些数据的一种十分有效的方法。其目的在于：

1. 预测序列的未来发展情况；
2. 分析序列的基本趋势、季节和随机项的组成；
3. 分析特定的数据集合、拟合理论模型，尤其是建立数学模型，进而进行模型结构分析和实证研究。

大部分分析假定存在一类数据序列和分析的数学结构，以此结构为基础进行一些推广。通常假定序列是平稳的或可以用几种基本方法使之平稳，例如，对原数据用差分和用回归法除去趋势项。通常我们在检验分析时，假定统计模型拟合最好，甚至在只能用图形方法时，也是这样。我们注意到在时间序列中检验假定是一件困难的工作，例如，检验一个序列是否真正平稳或序列趋势的精确性如何。在经济和商业应用中有许多观察形成的时间序列，例如，GNP、失业统计和股票指数等，我们想要理解这些序列与他们自己的过去、以及其他序列的关系，这些序列的重要特点是他们很少重复，我们只有这些序列的一次实现。这样我们构造一时间序列 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ (Z_i 为随机变量) 的模型时，我们只得到 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ 的一次观察，这不同于通常的统计分析。例如，令 $X =$ 掷骰子的结果，令 X_i 是第 i 次掷的结果，这样， $X_1, X_2, \dots$ ，是 X 的不同的实现。

另外,困难还在于经济和商业时间序列的结构经常是逐渐变化的,不满足通常的模型结构不变的假定。

时间序列分析的最基本的理论基础是 40 年代分别由 Norbert Wiener 和 Andrei Kolmogorov 独立给出的,他们对发展时间序列的参数模型拟合和推断过程作出了贡献,提供了与此有关的重要的文献,促进了时间序列分析方法在工程领域上的应用。本世纪的 70 年代,G. P. Box 和 G. M. Jenkins 发表专著《时间序列分析:预测和控制》,对平稳时间序列数据,提出了自回归滑动平均模型,以及一整套的建模、估计、检验和控制方法。使时间序列分析广泛地运用成为可能。

应用时间序列分析沿着两种不同的分析方法、线路发展,但两者相差并不是很大。其一为频域法,强调谱密度和时间序列谱分解,大多是对时间序列作非参数描述,较多地应用于工程学和物理学科,它在经济学上也受到一定的重视。第二种方法是时域法,是相关函数的方法处理随机过程,如用 ARIMA(自回归求和滑动平均)参数模型拟合观测序列并进行相关分析,更复杂的是用传递函数模型和多元 ARMA 模型来拟合观测值,其中重要的一类模型是 ARMA 模型,它是 AR(自回归)和 MA(滑动平均)模型的混合。

当我们拟合一个平稳时间序列为 ARMA 模型时,先通过差分法或适当的变换使非平稳序列化为平稳序列,我们更要考虑的是参数化和记忆特征的有效性,用这种参数方法拟合序列为某种特定的结构,只用很少量的参数,从而使参数的有效估计成为可能。当然,用非参数的谱分析的方法也能使用较少的观察值进行分析,但是,时域参数化方法提出了一种更实用的方法,即从一个序列的过去值出发,直接进行分析,找出其数据特征,并构造出其模型,再利用模型对该序列的未来进行预测。

时间序列模型是一种基于序列的历史记录进行建模的一种方法,它也包括少数几个相关序列联立模型或传递函数模型的方法,即用一个序列和它的过去值、现在值和其他少数相关序列进行建模的

方法。

相对于一个序列的过去值可用传统的 Box 和 Jenkins 方法建模,最近 Box 教授和刁锦寰教授等人对多元时间序列建模作出了一些探索。多元时间序列分析是为了两个目的:第一,分析某序列与其他相关序列相互关系可以帮助我们理解除了该序列自身过去值提供的信息以外,其他序列对该序列变化所产生的影响;第二,分析结构关系,当构造出一个序列与其他序列相关的向量时间序列模型以后,我们便可找出序列之间的结构关系,这便于对序列进行结构分析,这也是将传统的时间序列方法和结构分析方法相结合。

在 70 年代末,Box 和刁锦寰教授在处理洛杉矶的环境数据时,提出了干预分析和异常值检验方法。刁教授和 Box 教授在 1981 年又提出了多元时间序列建模方法。在本书中我们用 Box(1980)提出的科学建模方法探索对多元时间序列迭代建模的方法。

在最近十年里,在多元时间序列分析、状态空间法和非线性时间序列分析方面有许多新的进展,其中重要的内容包括处理 ARCH 模型的方法、门限自回归模型、协整、降秩模型、纯分量模型(Scalar component models)和状态空间模型。本书将对这些新的进展作一些介绍。

经济时间序列的经验分析有着很长的历史,在 Spanos(1986)的《经济计量学建模的统计学基础》一书和 Nerlove 等人(1979)的《经济时间序列分析:综述》一书的第一章有较详细的介绍。当 Yule(耶鲁)、Slutsky(斯拉茨基)和 Wold(沃尔特)提出时间分析之时,主要的经济计量学的研究工作是在于综合“Fisher 范例”——融合线性回归模型的描述统计和概率积分而成为计量经济学。Haaremo 在 1943 年发表的“联立方程系统的蕴涵”是联立方程系统建立发展的一个重要里程碑,它为 Cowles 基金会的研究提供了研究进度表。它显著地集中了统计学家和经济计量学家的智慧,引进了基于极大似然概念的估计和假设检验新技术,建立了联立方程模型的框架。他们的结果收集在 Koopmans(1950),Hood 和 Koopmans(1953)的书里,同时也

提供了经济计量学以后 25 年的主要的研究方向,占主导地位的是线性回归模型和与其有关的误差识别分析、联立方程模型及其识别和估计。

另一方面,经济时间序列分析的研究主要是关于一个序列建模的技术。经济学家主要关心的是将一个序列分解成一系列非观察部分,一般地考虑分解成趋势项、周期、季节和不规则项,这与长期展开(或长摆)相联系,还涉及商业周期、季节变动、瞬间影响概念等等。另一方面,运筹学研究者主要关心预测,并发展了可行的和基于局部趋势和水平的计算技术,这些研究对“指数平滑”的残差项表示成不可观察项提供了帮助。由此,这两者为经济时间序列分析提供了一个较统一的分析框架。

60 年代后期经济计量学和时间序列分析的研究显得分离太远,以至于两者综合的框架显得不可能。解决这种分歧的是在 70 年代 Box 和 Jenkins(1976)出版的著名的《时间序列分析:预测和控制》一书,该书发展了一种广义类的自回归求和滑动平均过程的可行的建模步骤,由此,戏剧性地改变了这种分歧。这些观点的比较可见于 Hendry, Leamer 和 Sims 在 1987 年会上的文章, Pagan(1987)一文给出了对这几种方法的综述。尽管还存在许多争论,但这些方法确实提供了传统经济计量和时间序列技术综合的基础。

经济计量学在近十年来得到了重要发展。例如, Hendry 等人提出的“广义到特定”的建模方法、协整分析和 Sims 等人提出的向量自回归方法,都离不开将时间序列分析方法结合进经济计量学。

在我国,时间序列分析在经济中的应用,主要是确定性时间序列分析,包括指数平滑法、滑动平均法、时间序列的分解等等。处理时间序列的不确定性还不普遍。从 80 年代初开始应用 Box-Jenkins 法于经济预测。90 年代以来,时间序列分析方法应用于经济政策评价和宏观经济建模开始引起学术界的广泛重视。

目前,很多经济学家还没有认识到时间序列分析方法在经济研究方面的重要性。本书试图在这方面做一些工作,通过实际的经济时

间序列的分析,了解和掌握时间序列分析的方法在分析经济和管理时间序列数据中的作用,进而掌握这种方法。

本书以 Box 和 Jenkins 的建模方法为主,讲解单变量和多变量的时间序列建模方法。此外,还包括近年来发展起来的新方法。例如,干预分析、异常值检验和协整分析等。最后还将论述状态空间模型、卡尔曼滤波和非线性时间序列模型的新进展。

第二节 实例分析

下面我们看一些实例,以了解经济和管理中时间序列现象存在的普遍性。

例 1.1 上海延中实业股票收盘价

上海延中实业股份有限公司是上海首家向社会公开发行股票的企业。1985 年 1 月发行股票 500 万元,其中由上海延中复印工业公司出资 30 万元。上海延中实业股票收盘价基本反映了沪市股票的大致走向。

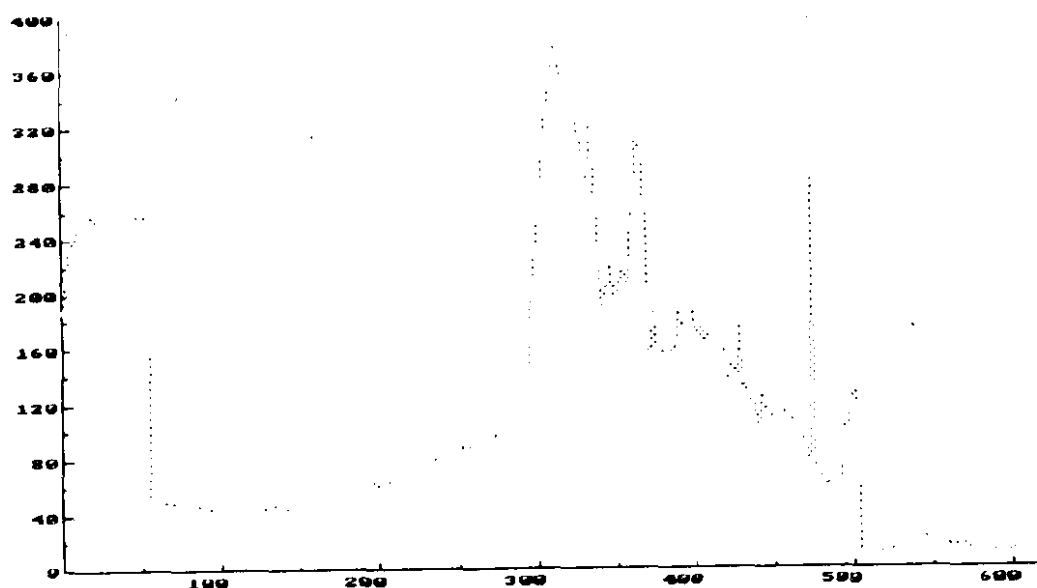


图 1.1 延中实业股票收盘价(1990. 12. 19—1993. 5. 25)

例 1.2 上海证券指数收盘价

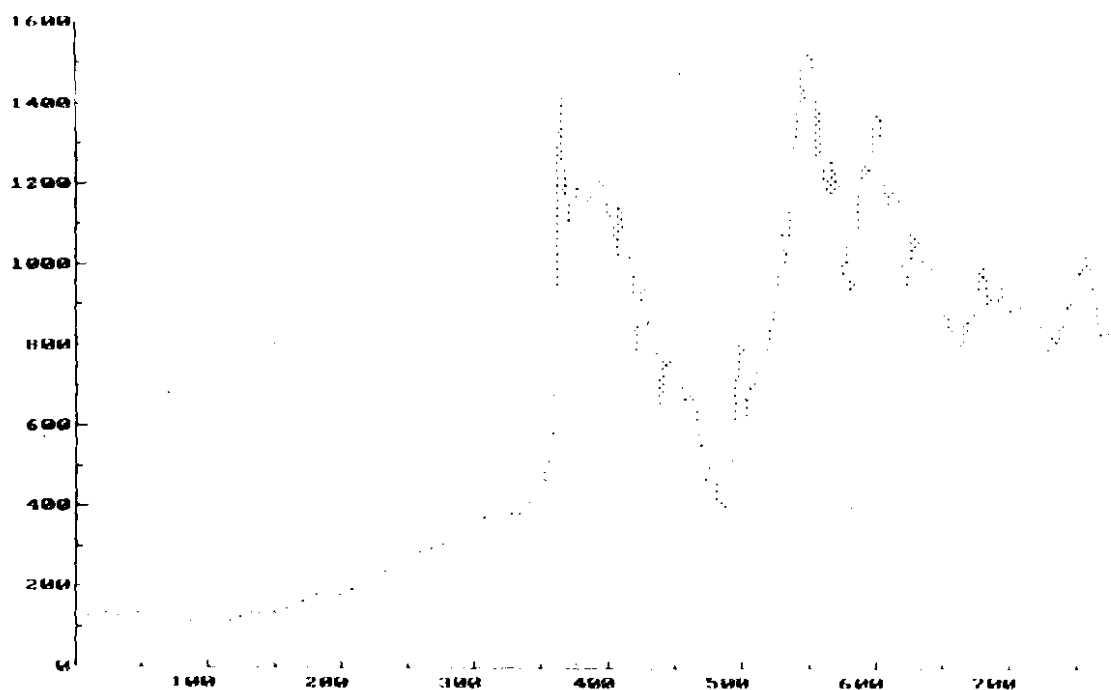


图 1.2 上证指数收盘价(1990. 12. 19—1993. 12. 31)

上海证券交易所从1990年12月19日开业至1992年5月20日实行了限价管理,上海证券指数逐日上升,但是,从5月21日以后价格全部放开,上海证券指数当天因政策变化,这一天上升近千点,不知政策因素对该序列影响程度如何?

例 1.3 国际航空公司每月总客运数

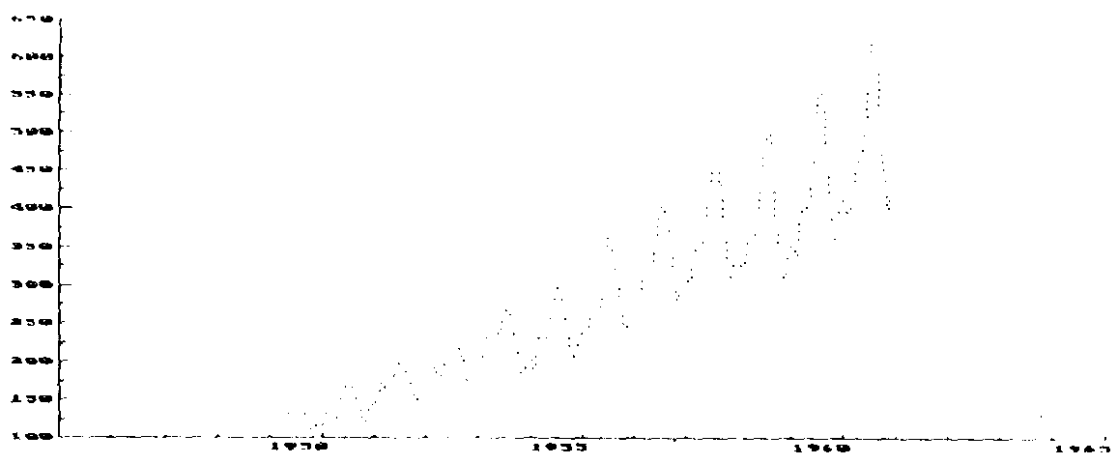


图 1.3 国际航空公司月客运数

从中可以看出:总的客运数逐年增长,呈周期性变动,每年有二个客运高峰。这种表现在商业数据中非常常见,但表现在不同月份之

间联系不大,而连续几年相同月份数据之间相关性较大。

例 1.4 美国零售月数据

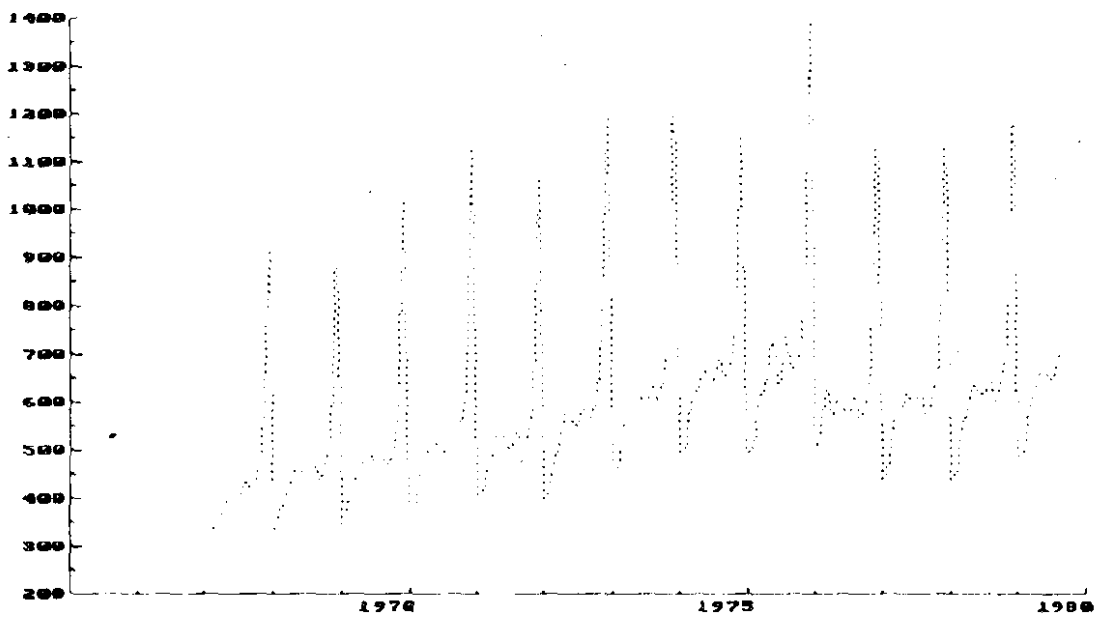


图 1.4 美国零售月数据时间序列图

这是美国普查局 1967 年 1 月至 1979 年 8 月杂货零售的数据，从数据中可以看出，整个序列呈周期性变动，但到末尾一段，从 1977 年 1 月至 1979 年 8 月，这段时间的序列似与前一段序列的外推相比，似乎整段序列的水平发生了变动。

例 1.5 Lydia Pinkham 公司年广告和销售数据(1907—1960)

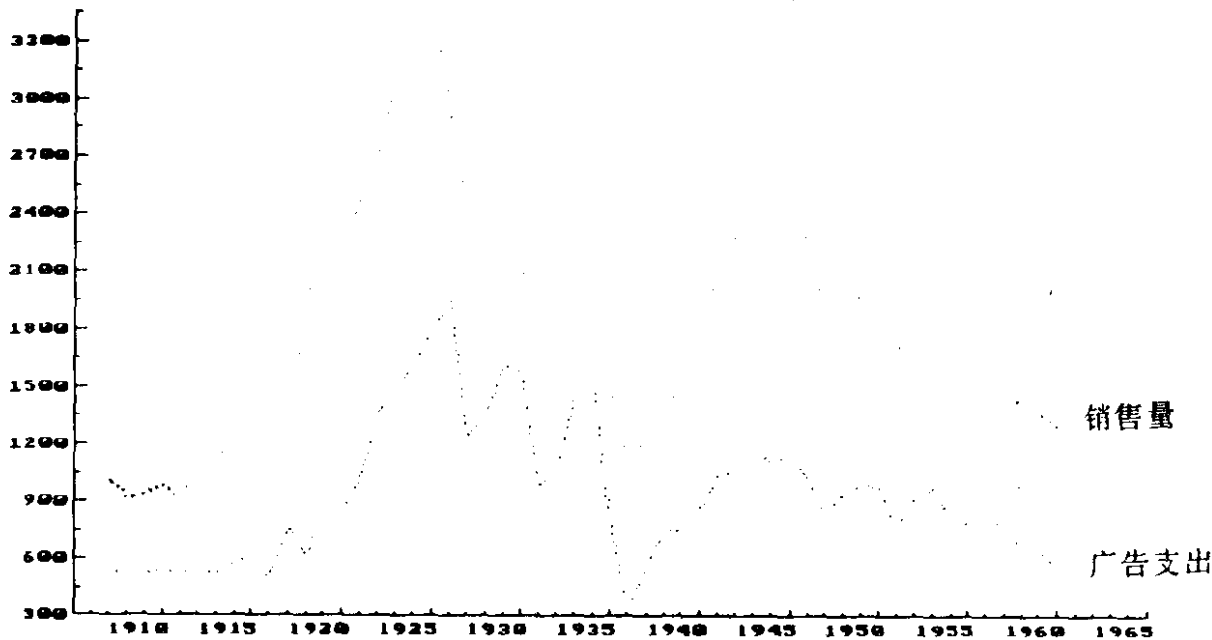


图 1.5 Lydia Pinkham 年广告和销售数据