

经济预测与决策新方法 及其应用研究

唐小我 著

电子科技大学出版社

经济预测与决策的新方法 及其应用研究

唐小我 著

*

电子科技大学出版社出版

(成都建设北路二段四号) 邮编 610054

电子科技大学出版社印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本 850×1168 1/32 印张 5 字数 125 千字

版次 1997 年 3 月第一版 印次 1997 年 3 月第一次印刷

印数 1—2000 册

ISBN 7—81043—591—4/F·67

定价: 6.50 元

内 容 简 介

本书给出组合预测、组合证券投资决策、投入产出预测和盈亏平衡点变动预测的基本理论和最新研究成果。主要内容有：1. 最优组合预测方法和非负最优组合预测的穷举法和树形搜索法等；2. 组合证券投资风险极小化方法和各类有效边界的确定方法，单位风险收益最大化方法和不允许卖空条件下最优投资比例系数的确定方法等；3. 投入产出系统是否可分解的各种判定方法，列昂惕夫逆矩阵的实用计算方法和修订直接消耗系数的矩阵摄动分析法等；4. 盈亏平衡点变动预测的多项式微分法和牛顿法等。

本书可供从事经济预测与决策、管理和系统工程等方面工作的科研人员和管理人员以及高校教师和研究生阅读参考。

作者简介

唐小我，1955年3月出生，男，博士，教授，留英学者，电子科技大学管理学院副院长，获政府特殊津贴专家，电子工业部优秀科技青年，电子工业部有突出贡献的中青年专家和全国教育系统劳动模范等荣誉称号。

主要从事经济预测与决策、投资分析、数量经济和科技管理等方面的研究。在国内外正式发表学术论文97篇，出版著作3本，均获得省部级优秀图书奖或优秀著作奖。

近几年来负责多项国家级和省部级科研项目。作为项目负责人和第一主研1991年以来连续完成两项国家自然科学基金项目“关于建立经济预测模型的算法研究”和“国际投资的组合预测与组合决策方法研究”。即将完成一项国家教委优秀年轻教师基金项目“组合预测与组合决策的新方法及其应用研究”。正在进行一项电子工业部项目“科技管理与科技管理系统研究”。正在进行的项目还有国家自然科学基金项目，国家教委高校博士点基金项目 and 国防科工委基金项目。

作为项目负责人和第一主研，研究成果多次获得省部级科技进步奖。代表性研究成果“经济预测理论及其应用研究”，1994年获电子工业部科技进步一等奖，并被收入《国家自然科学基金资助项目优秀成果选编》。另一项代表性研究成果“组合预测与组合决策新方法及其在国际投资中的应用研究”，1996年获四川省科技进步一等奖。

主要社会兼职：《预测》杂志编委，《系统工程理论方法应用》杂志编委，中国系统工程学会理事兼青年工作委员会委员，中国数量经济学会高等院校专门委员会委员，中国信息协会预测专业委员会委员，中国电子科技战略研究所兼职研究员，国家教委管理类专业教学指导委员会委员，四川省科技顾问团顾问。

目 录

第一章 绪论.....	(1)
§ 1.1 引言	(1)
§ 1.2 国内外研究现状	(1)
§ 1.3 本书的主要内容	(6)
第二章 组合预测方法研究.....	(9)
§ 2.1 引言	(9)
§ 2.2 最优组合预测方法的计算公式.....	(10)
§ 2.3 简单平均法是最优组合预测方法的充要条件.....	(13)
§ 2.4 最优组合预测方法的基本理论.....	(14)
§ 2.5 最优组合预测方法预测误差平方和 上界的估计.....	(21)
§ 2.6 非最优组合预测方法预测误差平方和 上界的估计.....	(24)
§ 2.7 简单平均法的有效性分析.....	(33)
§ 2.8 递归等权组合预测方法的理论分析.....	(35)
§ 2.9 递归等权组合预测方法的最有效替换准则.....	(42)
§ 2.10 变权组合预测模型	(46)
§ 2.11 非负最优加权系数的确定方法——穷举法	(51)
§ 2.12 非负最优加权系数的确定方法——树形分析法	(54)
第三章 组合证券投资决策方法研究	(58)
§ 3.1 引言	(58)

§ 3.2	多元组合证券投资的风险极小化方法·····	(59)
§ 3.3	组合证券投资有效边界的数学表达式·····	(65)
§ 3.4	无风险证券和风险证券相结合组合投资 有效边界的数学表达式·····	(71)
§ 3.5	无风险借款条件下组合投资有效边界 的数学表达式·····	(76)
§ 3.6	单位风险收益最大化方法·····	(78)
§ 3.7	非负最优投资比例系数的确定方法·····	(80)
第四章	投入产出预测方法 ·····	(83)
§ 4.1	引言·····	(83)
§ 4.2	列昂惕夫逆矩阵的计算方法·····	(84)
§ 4.3	修订直接消耗系数的新方法·····	(89)
§ 4.4	投入产出系统可分解性的直接判定法和 $(I - A)^{-1}$ 计算的进一步探讨 ·····	(103)
§ 4.5	投入产出系统可分解性判定的进一步研究—— 列昂惕夫逆矩阵判定法 ·····	(108)
第五章	盈亏平衡点变动预测方法·····	(112)
§ 5.1	引言 ·····	(112)
§ 5.2	盈亏平衡点变动预测的多项式微分法 ·····	(112)
§ 5.3	盈亏平衡点变动预测的牛顿法 ·····	(116)
§ 5.4	线性系统闭环极点的变动分析 ·····	(122)
第六章	应用实例和算例·····	(125)
§ 6.1	组合预测方法应用实例 ·····	(125)
§ 6.2	组合证券投资决策方法应用算例 ·····	(127)
§ 6.3	投入产出预测方法应用实例 ·····	(134)
附录	作者近年来发表的与本书研究内容有关的 主要论文·····	(137)
参考文献	·····	(142)

第一章 绪 论

§ 1.1 引 言

现代控制理论的发展已有 30 多年的历史。现代控制理论中的庞特利雅金原理、贝尔曼动态规划原理以及卡尔曼滤波理论等,已被成功地应用于空间科学和过程控制。近 20 多年来也开始应用于社会经济系统和管理科学。现代控制理论在经济系统和管理科学中的应用,近 20 多年来已成为现代控制理论应用的一个重要方面^[1-12],特别是自动控制学科中的一些预测决策方法已在经济预测与决策方面获得广泛的应用^[13-18]。

自动控制系统和社会经济系统的共同特征是都是系统,都需要考虑建模、预测、决策等方面的问题。本书从控制理论和系统优化的角度对组合预测方法、组合证券投资决策方法、投入产出预测方法和盈亏平衡点变动预测方法等四类重要方法进行深入研究,其学术意义在于通过综合创新,得出一系列新的预测决策方法,完善和发展经济预测与决策学科的理论体系;其实用意义在于为各级经济管理部门和企业提供具有实际可操作性的预测决策方法,使之能减少预测失误,提高决策水平,最终提高管理水平。

§ 1.2 国内外研究现状

1.2.1 组合预测方法国内外研究现状

目前已有很多较为成熟的预测方法可供使用。在预测实践中,

如果仅仅运用一种预测方法,则往往很难进行精确而可靠的预测。如果对同一问题采用多种不同的预测方法,并加以适当组合,则可以较充分地利用各种方法提供的有用信息,达到提高预测精度的目的。这就是组合预测的基本思想。自 J. M. Bates 和 C. W. J Granger 于 1969 年首次提出组合预测方法^[19]以来,国外关于组合预测的研究成果层出不穷^[20-35];我国近十年来也很重视组合预测的研究,取得一系列研究成果^[36-48]。

目前,国内外学者在组合预测方面主要提出以下一些方法,即最小方差法^[19,24,31,37,38],卡尔曼滤波法^[29],无约束最小二乘法^[20],贝叶斯法^[22,25,35],变权组合预测法^[23,41,48],递归等权组合预测法^[39],性能优势矩阵法^[40]。上述各种组合预测方法中,理论研究和实际应用较多的是最小方差法及其扩展。目前关于最小方差法的性质,组合结构特征以及预测误差平方和的取值范围等还研究得较少,这些问题的解决对于促进组合预测方法的研究具有重要的意义。

在求最优组合预测方法时,最优加权系数向量可能有负分量,即某一个或某些加权系数为负。在这种情况下,最优组合预测方法归于失效。为了避免出现负加权系数,人们开始寻找一些满足非负约束的非最优组合预测方法。

文献 [31] 对简单平均法,即 *EW* 法的有效性进行了大量的实证分析,文献 [36] 给出了 *EW* 法的应用条件。文献 [39] 在 *EW* 法的基础上提出了递归等权组合预测方法,即 *REW* 法,并通过一个实例证明了 *REW* 法的有效性。*EW* 法和 *REW* 法的有效性尚需进一步从理论上加以证明。*REW* 法的基本思路还可用于改进其它非最优组合预测方法。这是一个值得探讨的问题。

1.2.2 组合证券投资决策方法国内外研究现状

组合证券投资决策的研究起源于 1952 年。在这一年,

H. M. Markowitz (1990 年诺贝尔经济学奖获得者) 发表了奠基性论文 “*Portfolio Selection*”^[19]。在该文中, H. M. Markowitz 展示了如何利用投资组合分散投资风险, 取得最可能大的投资收益率。自此以后, 投资学界、金融学界以及系统科学界对此问题进行了较为广泛的研究。文献 [53, 61, 67, 68, 71] 研究了组合证券投资决策的有效性和鲁棒性等问题, 文献 [60, 72, 73] 研究了对策理论在组合证券投资决策中的应用, 文献 [54, 55] 研究了投资风险度量问题, 文献 [58, 62] 研究了部分信息条件下的组合证券投资决策问题, 文献 [56] 研究了考虑交易成本条件下的组合证券投资决策问题, 文献 [59] 将组合证券投资决策的原理拓展到产品组合分析。

国内对组合证券投资决策的研究工作起步较晚, 文献 [75, 76] 在国内首次对组合证券投资决策的有关内容作了介绍, 并进行了一定的研究。文献 [79, 81, 85] 探讨了投资风险的分析方法, 文献 [82] 介绍了有效边界理论, 文献 [80, 83, 87, 88] 研究了组合证券投资决策的有关计算方法。目前, 关于组合证券投资决策的研究正在得到国内学术界的日益重视。西方国家中颇有影响的两本著作^[77, 78]已被译成中文正式出版, 这对于促进组合证券投资决策的研究将起到重要的作用。

组合证券投资决策研究中, 最重要的是确定组合证券投资的有效边界。有效边界可分为三种, 即风险证券组合投资的有效边界, 无风险证券和风险证券相结合组合投资的有效边界以及无风险借款条件下组合投资的有效边界。关于这三种有效边界, 目前尚未给出其确切的数学表达式, 开展这方面的研究工作, 对于指导投资者有效地运用组合证券投资决策方法具有重要的实际意义。

在进行组合证券投资时, 部分证券所对应的投资比例系数有可能为负数, 这意味着投资者将卖空相应的证券。如果不允许卖

空，则有必要研究非负投资比例系数的确定问题。目前这方面的工作还开展得不多，有待于进一步深入研究。

组合证券投资的目的是实现投资风险的最小化或收益的最大化。一般说来，不可能同时实现风险最小化和收益最大化。文献[89]提出一种适当兼顾风险最小化和收益最大化的思想，但并未给出具体的计算方法，这方面的研究还有待于进一步加强。

1.2.3 投入产出预测方法国内外研究现状

W. W. Leontief 于 1936 年首次提出投入产出模型^[90]，并于 1953 年建立动态投入产出模型。目前投入产出模型已在 100 多个国家和地区得到推广应用，成为应用得到最为广泛的经济预测方法之一。由于在投入产出模型的创立、研究和应用方面作出重要贡献，W. W. Leontief 于 1973 年获诺贝尔经济学奖。

在 W. W. Leontief 创立投入产出分析方法以后，国外学者对投入产出模型的理论和应用作了较为广泛的研究。在理论研究方面，文献[96]就投入产出模型的分解作了初步的研究，文献[97]将线性投入产出模型扩展到非线性投入产出模型，文献[99]探讨了技术变化对投入产出模型系数的影响，文献[101]对随机参数的投入产出模型进行了初步的探讨，文献[102, 103]对动态投入产出模型进行了探讨。在应用方面，投入产出模型在宏观经济和微观经济两个方面都有较为广泛的应用，涉及到关键部门分析、生产率研究、多种经济成分之间的联系、汇率变动对价格的影响、收入分配问题、能源平衡问题等各个方面^[119]。

我国在 60 年代初期开始学习和研究投入产出模型。多年来，中国科学院系统科学研究所及其前身，一直致力于投入产出模型的研究和推广应用。近年来，我国学者在投入产出模型方面的研究成果不断涌现出来。文献[109]研究了线性多变量调节器在动态投入产出模型控制中的应用，文献[111]和[118]分别利用

模糊系统理论和灰色系统理论对投入产出模型的优化问题进行了研究，文献 [113] 给出了投入产出模型分解的一种新方法，文献 [115] 和 [117] 分别探讨了动态投入产出模型的状态空间最小实现问题以及 LQ 最优控制问题，文献 [121] 进一步考虑了动态投入产出模型在控制变量约束下的反馈控制问题。

投入产出模型大体上可分为静态投入产出模型和动态投入产出模型两大类。目前应用得较多的主要是静态投入产出模型。动态投入产出模型因建模方面的困难，应用实例极少。在静态投入产出模型的理论和应用方面，列昂惕夫逆矩阵的计算，直接消耗系数的修订和投入产出系统的分解等问题，还需要加以进一步研究。由于投入产出模型直接消耗系数矩阵的阶数可高达数十甚至一百以上，列昂惕夫逆矩阵的计算是一件颇为繁难的工作。为了避免高阶矩阵求逆，人们常采用矩阵多项式法。但矩阵多项式法的逼近精度和矩阵多项式次数的确定尚未从理论上得到解决。这一问题的解决将有助于推动投入产出模型的应用。投入产出模型的建立是一项耗费人力、物力和财力的工作。大多数国家都不是采用逐年建立投入产出模型的方法，而是采用逐年修订直接消耗系数的方法。目前，修订直接消耗系数的方法主要有重点系数确定法和 Richard Stone (1976 年诺贝尔经济学奖获得者) 等人创立的 $R.A.S$ 方法^[95]。这两种方法都未能充分利用现有数据所提供的信息。对这两种方法加以改进和提高，是一项很有意义的工作。可分解投入产出模型的分解对于投入产出模型的计算、分析和预测等工作具有简化作用。目前，判定投入产出系统是否可分解的方法有可达性矩阵法和与之等价的图论方法。可达性矩阵 R 可以用布尔代数方法求出^[126]。能否用其它方法求出 R ，是一个值得探讨的问题。另外，目前通常都把投入产出系统是否可分解的判定和列昂惕夫逆矩阵的计算视作两项独立进行的工作，找出二者的联系也是一件很有意义的工作。

1.2.4 盈亏平衡点变动预测方法国内外研究现状

盈亏平衡模型是一种常用的管理决策模型。目前关于这一模型的研究大多集中于线性盈亏平衡模型。文献[129, 130]研究了二次多项式盈亏平衡模型,并将该模型用于最佳产量和盈亏平衡点的确定。文献[131, 132]对任意 n 次多项式盈亏平衡模型进行了探讨并提出临界价格的概念,对价格变动对盈亏平衡点的影响作了初步的分析。

非线性盈亏平衡模型分析问题归结于求 n 次盈亏平衡方程的正实根。盈亏平衡方程的系数取决于收入函数和成本函数的有关参数。当这些参数发生变动时,必然导致盈亏平衡点的变动。研究参数变动对盈亏平衡点的影响,对于搞好经营预测与决策具有重要的意义。这一问题作者称之为盈亏平衡点变动预测问题。关于这一问题,目前国内外都还未开展有关研究。这方面的研究工作亟待进一步加强。

§ 1.3 本书的主要内容

本书利用自动控制理论的思想、观点和方法对经济预测与决策领域中的组合预测方法和组合证券投资决策方法等进行深入系统的研究,提出一系列新方法和改进方法,旨在完善和发展预测与决策的理论方法体系,促进预测决策方法在经济、管理等方面的有效应用。主要内容如下。

第一章是关于经济预测与决策的概述。首先介绍了自动控制理论在经济、管理等方面的应用概况,接着分析了组合预测方法和组合证券投资决策方法等的产生背景、发展历史和国内外研究现状,并提出一些尚待进一步研究解决的问题。

第二章研究组合预测方法。在这章中,利用自动控制理论中

的递推辨识思想、自适应预测思想和系统优化思想对组合预测的 11 个方面进行了研究。在 § 2.2 中导出了最优组合预测方法的计算公式。在 § 2.3 中证明了简单平均法是最优组合预测方法的充要条件为预测误差信息矩阵的行和为某一正常数。在 § 2.4 中对组合预测的两个基本问题给出了完整的理论阐述，导出了冗余方法的判定条件。在 § 2.5 中，导出了最优组合预测方法预测误差平方和的估计公式，并给出了达到其上界的条件。在 § 2.6 中，给出了任意非最优组合预测方法预测误差平方和的估计公式。在 § 2.7 中提出简单平均法有效性概念，给出简单平均法的适用条件。在 § 2.8 中，对递归等权组合预测方法即 *REW* 法的原理进行了理论分析，证明了 *REW* 法的收敛性和非劣性。在 § 2.9 中，给出了 *REW* 法的最有效替换准则。在 § 2.10 中，给出了变权组合预测模型的一种完整算法。在 § 2.11 中，研究了非负最优加权系数向量的存在性和唯一性，并给出确定该向量的穷举法。在 § 2.12 中，给出了穷举法的改进方法即树形分析法。

第三章研究组合证券投资决策方法。本章从系统优化的角度研究风险最小化问题和给定风险水平下的投资收益最大化问题。在 § 3.2 中，给出了风险极小化方法和相应的简化计算公式。组合证券投资决策最核心的工作是确定有效边界。在 § 3.3、§ 3.4 和 § 3.5 中分别对组合证券投资、无风险证券和风险证券相结合组合投资以及无风险借款条件下组合投资的有效边界进行了研究，分别得出了三种有效边界的数学表达式。在 § 3.6 中，将多目标决策问题化为单目标决策问题，导出了单位风险收益最大化方法。在 § 3.7 中研究了不允许卖空条件下的组合证券投资问题，给出了非负最优投资比例系数的确定方法。

第四章研究投入产出预测方法。本章利用自动控制理论中的 Faddeeva 算法，矩阵摄动分析思想和大系统分解方法对投入产出模型的计算，模型系数的修订以及模型的分解作了深入的研究。在

§ 4.2 中, 给出了计算列昂惕夫逆矩阵的两种方法, 即基于 Faddeeva 算法的计算方法和矩阵多项式法。后一方法不是作者所提出的, 但作者给出了确定矩阵多项式次数的原则, 使该法达到实用化程度。在 § 4.3 中, 给出了确定直接消耗系数主要元素的矩阵摄动分析法; 对 R, A, S 方法进行了改进, 提出确定最优制造乘数和最优替代乘数的计算公式, 提出确定 R 和 S 的逐次逼近法。在 § 4.4 中, 给出了判定投入产出系统是否可分解的直接判定法, 还给出了计算列昂惕夫逆矩阵的又一种方法。在 § 4.5 中给出了判定投入产出系统是否可分解的新方法, 即列昂惕夫逆矩阵判定法。

第五章研究盈亏平衡点变动预测问题。在 § 5.2 中, 从多项式微分的角度出发导出了一组盈亏平衡点变动预测公式。在 § 5.3 中, 从牛顿公式出发导出另一组盈亏平衡点变动预测公式。在 § 5.4 中, 将盈亏平衡点变动预测公式应用于线性系统闭环极点的变动分析。

第六章给出了一些应用实例, 用以说明书中提出方法的有效性和先进性。

第二章 组合预测方法研究

§ 2.1 引言

在预测实践中，对于同一个问题，我们常采用不同的预测方法。不同的预测方法往往能提供不同的有用信息，如果简单地将预测误差平方和较大的一些方法舍弃掉，将会丢失一些有用的信息，这是一种浪费，应予以避免。一种合理的作法是，将不同的预测方法进行适当的组合，形成所谓的组合预测方法，以便综合利用各种预测方法所提供的信息，尽可能地提高预测精度。

组合预测在国外称为 Combination forecasting, Combined forecasting 和 Combined forecasting 等，在国内也称为结合预测、综合预测或复合预测。

早在 1954 年，美国人 Schmitt 就研究过组合预测方法的简单应用。1969 年，J. M. Bates 和 C. W. J. Granger 对组合预测方法进行了比较系统的研究^[19]，其研究成果引起了预测学者的重视。进入 70 年代以来，组合预测进一步得到重视。1989 年，国际预测领域的权威性学术刊物 *Journal of Forecasting* 还出版了组合预测专辑，充分说明了组合预测在预测研究中的重要地位。

我国自 1984 年开始研究组合预测，研究成果主要发表于《预测》、《数量经济技术经济研究》、《系统工程理论与实践》、《管理工程学报》和《系统工程理论方法应用》等学术刊物。

现代控制理论中的卡尔曼滤波方法已包含组合预测的思想，但自动控制学界似乎并未对组合预测给予应有的重视，直到 1993 年，《控制与决策》才刊登出第一篇关于组合预测的论文。关于组

合预测的研究还应进一步加强。

本章将介绍作者在组合预测领域中所取得的一些新结果，包括组合结构特征定理，简单平均法是最优组合预测方法的充要条件和递归等权组合预测方法的最优替换准则等。

§ 2.2 最优组合预测方法的计算公式

采用组合预测的关键是确定各个单项预测方法的加权系数。下面，我们来推导最优加权系数的计算公式。

设对于同一预测问题，我们有 $n (\geq 2)$ 种预测方法。记 y_t ——实际观测值， $t=1, 2, \dots, N$ ； f_{it} ——第 i 种方法的预测值， $i=1, \dots, n, t=1, 2, \dots, N$ ； $e_{it}=y_t-f_{it}$ ——第 i 种方法的预测误差， $i=1, 2, \dots, n, t=1, 2, \dots, N$ ； k_i ——第 i 种方法的加权系数， $i=1, 2, \dots, n, \sum_{i=1}^n k_i = 1, f_t = \sum_{i=1}^n k_i f_{it}$ ——组合预测方法的预测值， $t=1, 2, \dots, N$ ； $e_t=y_t-f_t$ ——组合预测方法的预测误差， $t=1, 2, \dots, N$ ；则有

$$e_t = y_t - f_t = \sum_{i=1}^n k_i f_{it} \quad (2.1)$$

记组合预测方法的预测误差平方和为 $J = \sum_{t=1}^N e_t^2$ ，则有

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[k_i k_j \left(\sum_{t=1}^N e_{it} e_{jt} \right) \right] \quad (2.2)$$

记组合预测方法的加权系数向量为 $K = [k_1, k_2, \dots, k_n]^T$ ，第 i 种预测方法的预测误差向量为 $E_i = [e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{iN}]^T$ ，预测误差矩阵为 $e = [E_1 E_2 \dots E_n]$ ，则 J 也可以简洁地表示为

$$J = e^T e = K^T E_{(n)} K \quad (2.3)$$

式中，