

运筹与管理科学丛书 4

组合预测方法 有效性理论及其应用

陈华友 著



科学出版社
www.sciencep.com

022/120

2008

运筹与管理科学丛书 4

组合预测方法有效性 理论及其应用

陈华友 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书研究预测方法的有效性理论及其应用,建立了基于不同准则的组合预测模型.在模型的构造方面,建立了基于预测有效度准则的最优组合预测模型、基于多种诱导有序加权平均算子的最优化组合预测模型、基于相关性指标的最优组合预测模型、基于非线性加权平均的最优组合预测模型等;在模型的有效性理论的探讨方面,针对多种准则下最优组合预测提出了优性组合预测、预测方法优越和冗余度等概念,给出了非劣性组合预测、优性组合预测、冗余预测方法的存在性以及冗余预测信息的判定;在模型的应用方面,探讨了组合预测技术在证券组合投资、剩余劳动力优化配置、组合赋权决策等领域的应用.

本书可作为高等院校应用数学、运筹学、统计学、管理科学和系统工程专业的高年级本科生和研究生教材,也可作为工程技术人员、管理干部和相关学者的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

组合预测方法有效性理论及其应用 / 陈华友著. —北京: 科学出版社, 2008
(运筹与管理科学丛书; 4)

ISBN 978-7-03-020213-0

I. 组… II. 陈… III. 组合数学-数学预测 IV. 022

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196409 号

责任编辑: 赵彦超 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 2 月 第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2008 年 2 月 第一次印刷 印张: 17

印数: 1—3 000 字数: 315 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《运筹与管理科学丛书》序

运筹学是运用数学方法来刻画、分析以及求解决策问题的科学。运筹学的例子在我国古已有之，春秋战国时期著名军事家孙臆为田忌赛马所设计的排序就是一个很好的代表。运筹的重要性同样在很早就被人们所认识，汉高祖刘邦在称赞张良时说道：“运筹帷幄之中，决胜千里之外。”

运筹学作为一门学科兴起于第二次世界大战期间，源于对军事行动的研究。运筹学的英文名字 Operational Research，诞生于 1937 年。运筹学发展迅速，目前已有众多的分支，如线性规划、非线性规划、整数规划、网络规划、图论、组合优化、非光滑优化、锥优化、多目标规划、动态规划、随机规划、决策分析、排队论、对策论、物流、风险管理等。

我国的运筹学研究始于 20 世纪 50 年代，经过半个世纪的发展，运筹学队伍已具相当大的规模。运筹学的理论和方法在国防、经济、金融、工程、管理等许多重要领域有着广泛应用，运筹学成果的应用也常常能带来巨大的经济效益。由于在我国经济快速增长的过程中涌现出了大量迫切需要解决的运筹学问题，因而进一步提高我国运筹学的研究水平、促进运筹学成果的应用和转化、加快运筹学领域优秀青年人才的培养是当今我们面临的十分重要、光荣、同时也是十分艰巨的任务。我相信，《运筹与管理科学丛书》能在这些方面有所作为。

《运筹与管理科学丛书》可作为运筹学、管理科学、应用数学、系统科学、计算机科学等有关专业的高校师生、科研人员、工程技术人员的参考书，同时也可作为相关专业的高年级本科生和研究生的教材或教学参考书。希望该丛书能越办越好，为我国运筹学和管理科学的发展做出贡献。

袁亚湘

2007 年 9 月

序 言

复杂的社会经济系统面临一个变化迅速的外界环境。由于预测的不确定性因素显著增加,利用传统的单个预测模型进行预测的缺陷表现为信息源的不广泛性以及模型设定形式的敏感性等。因此,采用单个预测模型进行预测往往难以达到较为理想的预测效果。为了分散预测的风险,组合预测方法应运而生。

组合预测方法有效性理论的研究已经引起学术界的关注。本书建立了基于不同准则的组合预测模型。在模型的构造方面,建立了基于预测有效度准则的最优组合预测模型、基于多种诱导有序加权平均算子的最优化组合预测模型、基于相关性指标的最优组合预测模型、基于非线性加权平均的最优组合预测模型等;在模型的有效性理论探讨方面,针对多种准则下最优组合预测提出了优性组合预测、预测方法优越和冗余度等概念,给出了非劣性组合预测、优性组合预测、冗余预测方法的存在性以及冗余预测信息的判定;在模型的应用方面,探讨了组合预测技术在证券组合投资、剩余劳动力优化配置、组合赋权决策等领域的应用。作者在写作过程中注意到以下两个方面:一是力求理论上的系统性和新颖性;二是考虑到组合预测方法具有良好的应用背景,增加了一些实证分析的内容,尽量做到理论和应用的统一。

自1998年以来,作者一直从事组合预测方法的理论和应用研究。2005年,作者主持了国家自然科学基金项目“诱导有序加权平均组合预测模型的构建及其有效性理论和应用研究”(70571001);2007年,作者主持了安徽省自然科学基金项目“基于多种不确定型偏好信息及其集结算子的群决策模型方法”。本书是这两个项目研究的一个阶段性成果。同时,本书也是作者多年来在组合预测和决策分析方面的理论研究和应用研究成果的一个系统总结。作者感谢国家自然科学基金委员会和安徽省自然科学基金委员会对本书的资助。作者是安徽大学数学创新团队的重要成员,也要感谢安徽大学创新团队对本书的资助。

本书可作为高等学校应用数学、运筹学、统计学、管理科学和系统工程专业的高年级本科生和研究生教材,也可作为工程技术人员、管理干部和相关学者的参考书。

在本书的编辑出版过程中,得到了科学出版社编辑的大力支持和帮助,作者在此表示衷心的感谢。

最后,向多年来关心支持我的工作的领导、老师、同事和家庭表示衷心的感谢。

由于本人的学识水平有限,书中难免存在缺点和错误,欢迎读者不吝赐教。

陈华友

2007年10月于合肥

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 预测的基本概念及其遵循的基本原则	1
1.2 对传统预测方法的评价	2
1.3 组合预测方法研究的现状	3
1.4 本书的主要内容	5
第 2 章 常用的单项预测模型	8
2.1 时间序列预测模型	8
2.1.1 具有局部水平趋势的平滑预测模型	8
2.1.2 具有线性趋势的外推预测模型	10
2.2 回归分析预测模型	13
2.2.1 未知参数向量的最小二乘(LS)估计和性质	14
2.2.2 随机误差方差的估计	16
2.2.3 回归预测模型的统计假设检验	18
2.2.4 回归模型预测方法	20
2.3 随机时间序列预测模型	21
2.3.1 平稳时间序列	21
2.3.2 平稳随机时间序列模型及识别	23
2.3.3 平稳随机时间序列模型的参数估计	25
2.3.4 平稳随机时间序列模型的预测方法	27
2.4 灰色系统预测模型	28
2.4.1 GM(1,1)预测模型的基本原理	29
2.4.2 GM(1,1)预测模型的检验	30
2.4.3 灰色关联度计算式及改进	31
2.5 季节变动时间序列的预测模型	33
2.5.1 季节变动时间序列乘法型预测模型	33
2.5.2 季节变动时间序列乘法型渐近预测模型	34
2.5.3 实例分析	37
第 3 章 非最优的组合预测模型	40
3.1 组合预测的分类	40

3.2	非最优正权组合预测模型权系数的确定方法	42
3.2.1	几种常规的非最优正权组合预测模型权系数的确定方法	42
3.2.2	非最优组合预测系数确定方法的应用举例	44
3.3	组合预测权系数确定的一种合作对策方法	46
3.3.1	组合预测方法的合作对策描述	46
3.3.2	实例分析	48
3.4	熵值法及其在确定组合预测权系数中的应用	50
3.4.1	确定组合预测加权系数的熵值法的基本原理	50
3.4.2	实例分析	52
第4章	基于预测误差指标的最优组合预测模型	55
4.1	预备知识	55
4.1.1	凸集和凸函数	55
4.1.2	非线性规划问题的最优性条件	57
4.2	以预测误差平方和达到最小的线性组合预测模型	60
4.2.1	最优线性组合预测模型的建立	60
4.2.2	最优线性组合预测模型的解的讨论	62
4.3	以误差绝对值和达到最小的线性组合预测模型	64
4.4	以最大误差绝对值达到最小的线性组合预测模型	65
4.5	以预测误差全距作为目标函数的组合预测模型	66
4.6	非负可变加权系数的组合预测模型	69
4.6.1	非负变权组合预测模型建立的必要性	69
4.6.2	最优的非负可变加权系数的组合预测模型的建立	70
4.6.3	以误差绝对值之和达到最小的非负可变加权系数的组合预测模型	72
4.6.4	以全距达到最小的非负可变加权系数的组合预测模型	73
4.7	基于预测误差指数的最优组合预测模型的实例分析	73
4.7.1	组合预测效果评价的指标体系	73
4.7.2	实例分析	74
第5章	基于预测有效度的最优组合预测的有效性理论	76
5.1	预测有效度的一般数学表达形式	76
5.2	基于一阶预测有效度的组合预测模型	78
5.2.1	预测有效度的概念和分类	78
5.2.2	基于预测有效度准则的组合预测模型	79
5.3	基于一阶预测有效度的非劣性组合预测和优性组合预测存在的条件	82
5.3.1	基于一阶预测有效度的组合预测模型的几个概念	82
5.3.2	基于一阶预测有效度的非劣性组合预测和优性组合预测存在的条件	84

5.3.3 实例分析	87
5.4 基于一阶预测有效度组合预测方法冗余信息的判定	88
5.5 基于二阶预测有效度的优性组合预测模型	91
5.5.1 几个推广的概念	92
5.5.2 非劣性组合预测和优性组合预测存在的充分条件	94
5.5.3 冗余信息的判定定理	97
5.5.4 组合预测模型的近似求解方法	102
5.5.5 实例分析	104
5.6 回归型组合预测模型的权系数估计及其显著性检验	106
5.6.1 组合预测线性模型的建立	106
5.6.2 含等式约束的组合预测线性模型的权系数 LS 估计及其性质	107
5.6.3 组合预测的权系数显著性检验	109
第 6 章 非线性加权平均的最优组合预测的有效性理论	110
6.1 基于 L_2 和 L_1 范数的加权几何平均组合预测方法	110
6.1.1 基于 L_2 范数的加权几何平均的组合预测模型	110
6.1.2 基于 L_1 范数的加权几何平均的组合预测模型	111
6.1.3 实例分析	113
6.2 基于 L_1 范数的加权几何平均组合预测方法的性质	115
6.2.1 几个概念	115
6.2.2 非劣性和优性组合预测存在性	116
6.2.3 预测冗余信息的存在性及判定	118
6.3 调和平均的组合预测方法的性质	120
6.3.1 基于误差平方和准则的调和平均组合预测模型	120
6.3.2 基于几何距离准则的调和平均组合预测模型几个概念	122
6.3.3 非劣性组合预测和优性组合预测存在的条件	123
6.3.4 冗余单项预测方法的一个判定	125
6.4 广义加权算术平均组合预测法的最优化理论基础及性质	126
6.4.1 广义加权算术平均组合预测法的最优化理论基础	126
6.4.2 广义加权算术平均组合预测法的几个概念	128
6.4.3 广义加权算术平均组合预测法的数学性质	129
第 7 章 基于相关性指标的最优组合预测的有效性理论	133
7.1 基于相关系数的优性组合预测模型的性质	133
7.1.1 组合预测协方差信息矩阵性质及模型	133
7.1.2 基于相关系数的非劣性组合预测和优性组合预测的存在性	135
7.1.3 冗余预测方法的存在性及其判定	138

7.1.4 实例分析	141
7.2 基于灰色关联度的组合预测模型的性质	143
7.2.1 几个概念及基于灰色关联度最大化组合预测模型	144
7.2.2 非劣性组合预测和优性组合预测存在的条件	146
7.2.3 冗余预测方法的一个判定	147
7.3 基于向量夹角余弦的组合预测模型的性质	149
7.3.1 符号说明及概念	149
7.3.2 基于向量夹角的余弦的非劣性组合预测和优性组合预测的存在性	151
7.3.3 基于向量夹角的余弦的冗余预测方法的存在性及其判定	153
7.3.4 实例分析	156
7.4 基于 Theil 不等系数的优性组合预测模型的性质研究	158
7.4.1 符号说明及基于改进的 Theil 不等系数的组合预测模型概念	158
7.4.2 基于改进的 Theil 不等系数的组合预测模型的性质	161
第 8 章 基于诱导有序信息集结算子的最优组合预测模型及其有效性理论	166
8.1 三种主要的有序信息集结算子和诱导有序集结算子	166
8.1.1 OWA 算子和 IOWA 算子的概念及性质	166
8.1.2 OWGA 算子和 IOWGA 算子的概念及性质	172
8.1.3 OWHA 算子和 IOWHA 算子的概念及性质	174
8.2 基于 IOWA 算子的组合预测方法	178
8.2.1 基于 IOWA 算子的组合预测模型	178
8.2.2 基于 IOWA 算子的组合预测模型的求解	180
8.2.3 实例分析	181
8.3 基于 IOWGA 算子的组合预测方法	183
8.3.1 基于 IOWGA 算子的组合预测模型的建立	184
8.3.2 实例分析	185
8.4 IOWHA 算子及其在组合预测中的应用	187
8.4.1 基于 IOWHA 算子的组合预测模型	187
8.4.2 基于 IOWHA 算子的组合预测模型实例分析	188
8.5 一类基于 OWA 算子的组合预测模型及其性质	190
8.5.1 基于 OWA 算子的组合预测模型的建立	191
8.5.2 一类基于 OWA 算子的组合预测模型的性质	193
第 9 章 组合预测技术的应用研究	197
9.1 多属性决策中最优组合赋权方法研究	197
9.1.1 组合赋权方法概述	197
9.1.2 基于离差平方和的最优组合赋权方法的基本原理	198

9.1.3 基于离差平方和的最优组合赋权方法的实例分析	205
9.1.4 基于离差最大化准则下的多属性决策的最优组合赋权方法	207
9.1.5 基于离差最大化准则下的最优组合赋权方法的实例分析	210
9.2 最优证券组合投资决策动态模型研究	211
9.2.1 以方差作为风险度量指标的证券组合投资动态模型	211
9.2.2 以绝对离差作为风险度量指标的组合证券投资动态模型	214
9.3 证券组合投资的多目标区间数线性规划模型	216
9.3.1 证券组合投资的多目标区间数线性规划模型的建立	216
9.3.2 证券组合投资的多目标区间数线性规划模型的求解	217
9.3.3 证券组合投资的多目标区间数线性规划模型的实例分析	218
9.4 剩余劳动力配置的结构模型研究	220
9.4.1 剩余劳动力转移结构的合理性分析	220
9.4.2 剩余劳动力转移结构的多目标规划模型	221
9.4.3 模型的求解	222
第 10 章 组合判断矩阵及相关决策问题	224
10.1 组合判断矩阵的相容性与一致性关系	224
10.1.1 基本概念	224
10.1.2 组合判断矩阵的相容性与一致性的主要结果	226
10.1.3 应用举例分析	229
10.2 模糊判断矩阵的相容性研究	230
10.2.1 模糊判断矩阵的相容性概念	231
10.2.2 模糊判断矩阵的相容性与一致性的关系	233
10.2.3 基于相容性的模糊判断矩阵的一致性改进方法	235
10.2.4 应用举例分析	236
10.3 模糊判断矩阵排序的最小偏差法的性质	239
10.3.1 基本概念	239
10.3.2 模糊判断矩阵排序的最小偏差法	239
10.3.3 模糊判断矩阵排序的最小偏差法的性质	242
10.3.4 实例分析	244
10.4 两类区间数判断矩阵的一致性	245
10.4.1 若干概念	245
10.4.2 两类区间数判断矩阵的一致性主要结果	246
参考文献	252
《运筹与管理科学丛书》已出版书目	257

第1章 绪 论

1.1 预测的基本概念及其遵循的基本原则

预测是为适应社会经济的发展与管理的需要而产生和发展起来的. 预测作为一种社会实践活动, 已有几千年的历史. 可以说, 自人类有文明历史以来, 就存在预测活动. 古代的预测与占卜术密切相关, 是在先兆、经验的前提下推测未来. 由于当时人们对客观物质世界的认识水平较低, 古代的预测多半具有唯心主义和封建迷信的色彩.

随着人类社会的发展, 社会生产力得到了较大提高. 特别是作为生产力第一要素的科学技术水平的显著提高, 科学预测逐步取代了迷信预测和经验预测而发展成为一门学科. 预测学就是总结预测活动的经验所形成的理论概括, 它产生的历史并不长. 预测真正成为一门自成体系的独立的学科仅仅是近几十年的事情. 特别是二次世界大战以后, 由于科学技术和世界经济取得了前所未有的快速发展, 社会经济现象的不确定因素显著增加, 诸如政治危机、经济危机、能源危机、恐怖活动等. 所有这些不确定因素增加了人们从心理上了解和掌握未来的必要性和迫切性. 人们日益意识到科学预测的重要性, 这也就成为预测学进一步发展的推动力.

对于“预测”一词, 可以从不同的角度来理解. 它有三个含义, 即预测工作、预测结果、预测学.

首先, 从预测工作来看, 它是指一种实践活动. 预测是根据不确定事件或未知事件的过去和现状的信息来推知、估计未来, 探索事件发展变化的规律. 即根据已知推断未知的过程.

其次, 从预测结果来看, 它是预测工作的成果和“产品”. 具体表现为预测工作过程所获得的预测值. 这些预测值反映社会经济现象的数量特征及其规律性.

再次, 从预测学来看, 它是阐述预测方法的一门学科和理论. 科学预测方法是采用科学的判断和计量方法, 对未来事件的可能变化情况作出事先推测的一种技术. 预测学是一门应用方法论的学科. 科学预测方法要求根据社会经济现象的历史和现实, 综合多方面的信息, 运用定性和定量相结合的分析方法, 揭示客观事物的发展变化规律, 并指出事物之间的联系、未来发展的途径和结果等.

上述三个含义既有区别也有联系. 预测结果是预测工作的成果. 预测学是预测工作的理论概括和总结, 因此, 预测学阐述的预测方法对预测工作起着指导作用. 预测工作一方面接受预测方法对其的指导作用, 另一方面可以用来检验预测理论方法

的正确性,从而促进预测理论方法的发展.预测学与预测工作、预测结果之间的关系表明理论来源于实践,又反过来服务于实践,体现着理论与实践的辩证关系.

预测学突破了自然科学和社会科学的界限,已发展成为一门综合性的学科,目前预测学应用研究有很大的拓展,广泛应用于人口、环境、资源、教育、金融、交通运输、城市规划、医药卫生、材料科学、科技管理等领域.可见,预测方法与各个学科、各个部门均有密切联系.同时,预测学理论研究有了新的进展,但是我们还不能说预测学已经发展得很成熟.它在以较快的速度继续向前发展.在发展过程中不断地吸收其他学科的营养,进一步丰富和完善自己.

一般而言,预测遵循以下基本原则^[1]:

(1) 连贯性原则.预测对象具有的规律性不仅在过去和现在起作用,而且在未来的一段时间内继续发挥作用,这种连贯性包括时间的连贯性和预测系统结构的连贯性.

(2) 相关类推原则.预测对象的发展变化与某些因素密切.有的呈正相关关系,有的呈负相关关系.因此,类推原则要求在建立适当的预测模型后,根据相关因素发展变化来类推预测对象的规律.

(3) 概率性原则.预测对象的发展既受到偶然因素的影响,又受到必然因素的影响.概率性原则要求利用统计方法可以获得预测对象发展的必然规律.

1.2 对传统预测方法的评价

预测根据其目标和特点不同,可以分成不同的类别.传统的预测方法按属性不同,可以分为定性预测方法和定量预测方法.

定性预测方法就是以人的经验、事理等主观判断为主的预测方法,对事物未来的性质作出描述.一般地说,定性预测方法适用于缺少历史统计资料,而更多地需要依赖专家的经验的情况下使用.定性预测方法通常有德尔菲法、主观概率法、市场调查法、领先指标法、模拟推理法和相关因素分析法等.定性预测法的特点可归纳为:

(1) 强调对事物发展的性质进行描述性的预测.这主要通过专家的经验以及分析判断能力,尤其是在对预测对象所掌握的历史数据不多或影响预测对象因素众多、复杂,难以作出定量分析的情况下,定性预测方法是较好的可行方法.

(2) 强调对事物发展的趋势、方向和重大转折点进行预测.例如,某商品在市场上所处的阶段、市场总体形势的变化、国家产业政策的变化、新产品的开发、企业经营环境分析等.

从上面定性预测方法的特点可知,定性预测法的优点在于预测事物未来发展性质方面,且定性预测法的灵活性较强,能充分发挥人们的主观能动性.同时,定性预

测法预测简单迅速,可节省一定的人力、物力和财力.当然,定性预测方法也存在缺点.表现为它受人们的主观因素的影响较大.这是因为定性预测方法主要依赖于人们的知识、经验和能力的大小等,因此缺乏成套的数学模型,难以对事物发展作出数量上的精确度量.

定量预测方法就是利用预测对象的历史和现状的数据,按变量之间的函数关系建立数学模型,从而计算出预测对象的预测值.显然,定量预测方法适用于历史统计资料较为丰富的情况.定量预测方法通常有移动平均法、指数平滑法、线性回归法、非线性回归法、马尔可夫预测法、投入产出预测法、灰色预测法、Box-Jenkins模型法、经济计量模型法、干预分析模型法等.定量预测方法的特点可归纳如下:

(1) 强调对事物发展的数量方面进行较为精确的预测.这主要通过历史统计数据建立相应的数学模型,对事物发展作出数量上的预测.

(2) 强调对事物发展的历史统计资料利用的重要性.目前,国民经济核算体系及其他统计数据正好为定量预测法提供了信息来源.

(3) 强调建立数学模型的重要性,且要利用电子计算机来解决定量预测法中复杂的数学模型的参数计算问题.目前,电子计算机的迅速发展和普及,为定量预测法提供了良好的技术条件.

从上面定量预测方法的特点可知,定量预测法的优点偏重于预测事物未来发展数量方面的准确描述.它较少依赖于人的知识、经验等主观因素,而是更多地依赖于预测对象客观的历史统计资料,利用电子计算机对数学模型进行大量的计算而获得预测结果.其缺点是:对预测者的素质要求较高,预测者必须掌握数学方法、计算机技术及相应的专门理论;另外,定量预测法的精确度较多地依赖于统计资料的质量和数量.同时,若预测对象的系统结构发生质的变化,相应的统计数据发生较大的波动,此时定量预测法难以获得满意的预测结果.

1.3 组合预测方法研究的现状

实际的预测对象可能是较为复杂的社会经济系统,有多种错综复杂的因素对其产生影响.有些是基本因素,有些是偶然因素.预测者常常在不同的假设条件下,采用不同的单项预测方法对同一预测问题建立多种预测模型,然后按照统计假设检验,从众多的预测方法中选择结果最好的一个,而排除了其他单项预测方法.这是不是提高预测精度的最佳的办法呢?回答是否定的.

显然,不同的定性预测模型方法和定量预测模型方法各有其优点和缺点,它们之间并不是相互排斥,而是相互联系、相互补充.由于每种预测方法利用的数据不尽相同,不同的数据从不同的角度提供各方面有用的信息.在预测的过程中,如果想当然的认为某个单项预测方法的预测误差较大,就把该种预测方法弃之不用,这

可能造成部分有用的信息丢失. 因此, Bates 和 Granger^[2] 于 1969 年首次提出一个合理的做法, 即综合考虑各单项预测方法的特点, 将不同的单项预测方法进行组合, 提出组合预测方法的概念. 也就是说, 即使一个预测误差较大的预测方法, 如果它包含系统独立的信息, 当它与一个预测误差较小的预测方法组合后, 完全有可能增加系统的预测性能.

若预测者只用一种预测方法进行预测, 则这种预测方法的选择是否适当就显得很重要. 如果预测者选择预测方法不当, 就可能要冒一定决策失误的风险. 在预测实践中, 若把多种单项预测方法正确地结合起来使用, 则会使得组合预测结果对某个较差的预测方法不太敏感. 因此, 组合预测一般能提高预测的精确度和可靠性.

所谓组合预测就是设法把不同的预测模型组合起来, 综合利用各种预测方法所提供的信息, 以适当的加权平均形式得出组合预测模型. 组合预测最关心的问题就是如何求出加权平均系数, 使得组合预测模型更加有效地提高预测精度. 组合预测在国外称为 combination forecasting 或 combined forecasting, 在国内也称为综合预测等.

1969 年, Bates 和 Granger^[2] 首次对组合预测方法进行系统研究. 其研究成果引起预测学者的重视. 20 世纪 70 年代以后, 组合预测方法的研究进一步得到了重视. 1989 年, 国际预测领域的权威学术刊物 *Journal of Forecasting* 还出版了组合预测方法专辑^[3~13]. 这充分说明了组合预测方法在预测学中的重要地位^[14].

最近十几年, 国内预测学界也非常重视组合预测方法的研究, 取得一系列的研究成果. 唐小我教授的研究成果尤其突出^[14~22,26]. 组合预测方法的研究成果主要发表在《管理科学学报》^[21]、《系统工程理论与实践》^[24,25]、《电子科技大学学报》^[18]、《预测》^[16]、《系统工程学报》^[37]、《系统工程理论方法应用》^[27]、《控制与决策》^[23] 等学术刊物上.

以上各种不同的组合预测方法中, 实际应用和理论研究最多的是最小方差方法, 且大体上以绝对误差作为准则来计算出组合预测方法的权系数向量. 但是, 评价预测精度的指标除了绝对误差以外, 还可以用相对误差指标或预测精度指标来反映. 因此, 目前组合预测方法的研究并不完善, 需要进一步加强研究.

对国内外文献的系统分析表明, 相关研究呈现以下特点:

(1) 提出多种准则下的组合预测模型, 对组合预测模型的求解和有效性的实证研究较为深入, 但缺乏多种准则框架下的组合预测模型有效性的理论研究成果. 目前, 国内外学者主要提出以下一些组合预测方法: 最小方差方法^[2,28~31,36]、无约束最小二乘方法^[32]、约束最小二乘方法^[33,34]、Bayes 方法^[35,38]、基于不同准则和范数的组合预测方法^[38,39]、递归组合预测方法^[40,41] 等.

(2) 对组合预测方法的有效性的理论研究已经引起学术界的关注. 文献 [40] 针对无非负约束的以误差平方和达到最小的组合预测模型提出了优性组合预测的概

念, 并利用组合预测绝对误差信息矩阵的性质判断简单平均方法是优性组合预测的条件; 文献 [42] 研究了该模型组合预测误差的界; 文献 [72] 提出了基于预测有效度的组合预测模型, 并给出组合预测权系数的线性规划的求解方法; 文献 [73] 针对此模型探讨其有效性; 文献 [74] 研究了考虑预测精度标准差的预测有效度的组合预测模型的性质. 但是, 总体来说, 针对其他准则^[43]下的组合预测模型及加权调和平均组合预测模型^[44], 加权几何平均组合预测^[45]的有效性的理论研究成果尚需进一步研究.

(3) 现有的组合预测方法根据单项预测方法的种类不同而赋予不同的加权平均系数, 其特点是同一个单项预测方法在各个时点的加权平均系数是相同的. 然而, 实际的情况是同一个单项预测方法在不同时刻的表现并不相同, 即在某个时点上预测精度较高, 而在另一时点上预测精度较低, 有必要讨论有序加权几何平均的新的组合预测模型, 新模型赋权的基本思想是依据每个单项预测方法在各个时点的拟合精度的高低进行有序赋权.

1.4 本书的主要内容

本书的主要内容包括 10 章, 具体安排如下:

第 1 章是绪论. 首先叙述了预测的基本概念, 然后分析了定性预测方法和定量预测方法的特点, 指出了两种预测方法的信息互补性, 说明了组合预测方法产生的背景, 最后综述了组合预测方法研究的国内外现状, 指出了进一步加强研究的必要性.

第 2 章是常用的单项预测模型. 主要介绍常用的单项预测模型的预测方法, 包括时间序列预测模型、回归分析预测模型、随机时间序列预测模型、灰色预测 GM(1, 1) 模型、季节变动时间序列的预测模型.

第 3 章是非最优组合预测模型研究. 由于在求解最优组合预测模型时, 最优组合预测的权系数有可能出现负的情况, 而负的组合预测的权系数没有实际的意义. 所以通常有两种解决问题的办法: 一是在最优组合预测模型中增加非负约束条件; 二是研究满足非负约束的非最优组合预测模型. 因此, 本章进一步探讨确定组合预测的权系数的非最优组合预测模型, 以满足决策者的需求.

第 4 章是基于预测误差指标的最优组合预测模型. 目前, 国内外学者提出各种不同的组合预测方法主要是以绝对误差作为准则来计算出组合预测方法的权系数向量. 本章介绍了几种主要的组合预测模型、包括以预测误差平方和达到最小的线性组合预测模型、以离差绝对值和达到最小的线性组合预测模型、以最大离差绝对值达到最小的线性组合预测模型、以组合预测误差全距作为目标函数的组合预测模型、非负可变加权系数的组合预测模型, 最后给出基于预测误差指标的最优组合

预测模型的实例分析.

第5章是基于预测有效度的最优组合预测的有效性理论. 目前组合预测模型大多研究的是关于最小方差方法的模型解的求法、组合结构特征以及预测误差平方和的取值范围^[56,59]等问题. 因此, 本章重点提出了基于预测有效度组合预测模型, 针对基于一阶或二阶预测有效度的组合预测模型, 提出了若干新概念, 并对其几个基本问题进行研究. 这些基本问题包括非负权重最优组合预测方法的预测有效度是否一定大于各个单项预测方法预测有效度中的最大者; 当参加组合的预测方法增多时, 非负权重最优组合预测方法的预测有效度是否一定增大; 最优组合预测方法是否存在冗余预测方法以及冗余信息的判定等. 最后对回归型组合预测模型进行权系数估计及其显著性检验.

第6章是非线性加权平均的最优组合预测模型的有效性理论. 本章提出了基于 L_2 和 L_1 范数的加权几何平均组合预测方法, 给出模型的求解方法, 并进行了实例分析. 同时, 针对基于 L_1 范数的加权几何平均组合预测方法, 调和平均的组合预测方法的性质进行了研究, 并对广义加权算术平均组合预测法的最优化理论基础及性质进行了探讨.

第7章是基于相关性指标的最优组合预测模型的有效性理论. 基于相关性指标的最优组合预测模型是研究组合预测方法的一个新途径. 本章针对四种基于相关性指标的最优组合预测模型, 即基于关联度最大化组合预测模型、基于相关系数最大化组合预测模型、基于夹角余弦最大化组合预测模型、基于 Theil 不等系数最小化组合预测模型, 研究了它们的基本结构特征. 在提出新的优性组合预测、预测方法优越、冗余度等概念的基础上, 探讨了非劣性组合预测、优性组合预测以及冗余预测方法的存在性, 并给出冗余信息的判定定理. 实例分析表明, 这些方法有较大的实际应用价值.

第8章是基于诱导有序信息集结算子的最优组合预测模型及其有效性理论. 组合预测方法之所以能提高预测精度, 是因为它能有效地提取各单个的预测模型提供的有用信息, 因此, 组合预测方法的实质也是一种信息的有效集成方法. 有序加权平均算子和诱导有序加权平均算子均是介于最大算子与最小算子之间的一种信息集成方法, 常规的加权算术平均算子是其特例. 本章探讨了有序加权平均算子和诱导有序加权平均算子的概念和性质. 在此基础上提出了基于 IOWA 算子的组合预测方法、基于 IOWGA 算子的组合预测方法和基于 IOWHA 算子的组合预测方法, 给出了相应的权系数的确定的数学规划方法. 实例分析结果表明, 模型能有效提高组合预测精度. 本章最后探讨了一类 OWA 算子的组合预测模型的有效性理论.

第9章是组合预测技术的应用研究. 从信息的利用角度来看, 组合预测综合利用各种单项预测方法所提供的信息, 以适当的加权平均形式得出组合预测模型. 因此, 组合预测方法可以降低信息的不完备性, 从而使得组合预测模型更加有效地提

高预测精度. 本章把组合预测技术的基本思想移植到其他领域, 扩大其应用范围. 本章探讨了组合预测技术在多属性决策 (或多指标评价)、证券组合投资、剩余劳动力配置等方面的应用.

第 10 章是组合判断矩阵及相关决策问题研究. 由于决策问题的复杂性, 决策者很难直接提供方案的排序结果, 而是给出方案两两比较的判断矩阵的偏好信息. 目前从判断矩阵中元素表现的方法来划分, 可分为互反判断矩阵和模糊 (或互补) 判断矩阵两大类. 有关互反判断矩阵的研究已趋于完善, 而模糊判断矩阵尚在研究之中. 本章研究组合判断矩阵的相容性与一致性关系, 根据模糊判断矩阵互补性的特点, 提出一个相容性的新指标, 并研究模糊判断矩阵相容性和一致性的关系, 在相容性概念的基础上, 研究了加权几何平均组合判断矩阵的相容性以及相容性和一致性的关系. 在相对较弱的条件下, 获得了组合判断矩阵不仅与其自身的特征矩阵具有满意的相容性, 而且它还与加权几何平均组合排序向量所构成的特征矩阵具有满意的相容性. 这在群组决策中使用加权几何平均向量排序法提供理论依据. 另外还探讨了模糊判断矩阵的相容性研究、模糊判断矩阵排序的最小偏差法的性质等.