



普通高等教育“十三五”规划教材

统计预测与决策

陈华友 周礼刚 刘金培 陶志富 编著



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

统计预测与决策

陈华友 周礼刚 编著
刘金培 陶志富

安徽省质量工程项目统计学特色专业和
省级教学研究项目资助图书

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍常用的统计预测与决策方法。统计预测方法主要包括定性统计预测、统计回归预测、时间序列分解法和趋势外推法、马尔可夫预测、平稳时间序列预测、模糊时间序列预测、灰色系统预测、神经网络预测和组合预测方法；决策方法主要包括不确定型决策、风险型决策、多目标决策和序贯决策等。本书注重阐述统计预测与决策模型的基本原理和方法，使之具有一定的系统性和新颖性；同时也介绍了各类模型的特点和适用范围，并给出应用案例，突出学以致用。另外，每章都配有适量的习题，部分习题具有一定的拓展性。

本书可作为高等院校统计和应用统计专业的教材，也可以作为数学与应用数学专业、系统工程专业、工商管理等专业的大本科生或研究生的教材，或者可作为工程技术人员、管理人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

统计预测与决策/陈华友等编著. —北京：科学出版社，2018.4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-056994-3

I. ①统… II. ①陈… III. ①统计预测-高等学校-教材②统计决策理论-高等学校-教材 IV. ①C8②O212.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018) 第 051677 号

责任编辑：张中兴 梁 清 / 责任校对：张凤琴

责任印制：吴兆东 / 封面设计：迷底书装

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>

北京九州迅驰传媒文化有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2018年4月第 一 版 开本：720×1000 B5

2018年4月第一次印刷 印张：17 1/2

字数：353 000

定价：59.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

前 言

在现实世界中,复杂系统无处不在.例如,我们研究的社会系统、经济系统和生物系统等均为复杂系统.由于科学技术和全球经济取得了前所未有的快速发展,复杂的社会经济系统面临一个变化迅速的外界环境.不确定因素的显著增加使得人们从心理上迫切要求了解和掌握未来.古人云:“凡事预则立,不预则废,”可见预测的重要性.预测就是对未来事物的可能变化情况做出事先推测.科学的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来揭示客观事物的发展变化的规律,从而逐步形成了预测学.决策泛指做出决定.决策学就是在管理过程中寻求最佳行动方案的科学.管理的关键在于决策,决策的前提就是预测,可见预测和决策关系十分密切.

统计预测与决策是统计学和应用统计学专业的一门重要的必修课程.该课程的教学不仅要求在人才培养的过程中要强化理论知识的教育,而且要重视应用能力的培养.我校统计学专业是安徽省高等学校省级教学质量与教学改革工程的特色专业,本书是编者承担的安徽省质量工程项目统计学特色专业(2014tszy003)和省级教学研究项目(统计学课程中统计建模教学方法的创新与实践研究,2015jyxm047)的部分研究成果.我们在参阅大量的国内外统计预测与决策方面的相关教材和研究文献的基础上,结合编者多年的教学和研究经验,以及我们对统计预测与决策的理解编写了本书.本书主要介绍一些常用和新近发展起来的统计预测与决策的理论和方法.

在编写过程中我们注意到以下两个方面.一个方面是力求常用统计预测与决策方法的系统性介绍,同时兼顾一些最新的科研成果,以增加授课内容新颖性和前沿性.另一个方面是考虑到预测与决策方法具有良好的应用背景,增加一些实证分析的内容,尽量做到理论和应用的统一.

本书内容适合统计学和应用统计学专业的特点和要求,同时兼顾数学与应用数学专业、信息与计算科学专业、经济统计学专业、系统工程、管理科学与工程和工商管理等专业要求,可作为相关专业的本科生或研究生的教材,也可作为工程技术人员、管理干部和相关学者的参考书.

本书的出版得到了安徽省质量工程项目统计学特色专业和省级教学研究项目的资助,以及科学出版社的大力支持和帮助,我们在此一并表示衷心的感谢.

本书共15章.陈华友编写第1章、第2章、第10—12章,周礼刚编写第13—15章,刘金培编写第3章、第5章、第9章,陶志富编写第4章、第6—8章.全书由

陈华友负责统稿和定稿工作。

尽管我们为提高教材的质量作了不少的努力,但是由于我们的学识水平有限,书中难免存在疏漏和不足,欢迎读者不吝赐教,以便今后进一步修改和完善。

作 者

2017年9月

于合肥安徽大学磬苑校区

目 录

前言

上篇 统计预测

第 1 章 统计预测概述	3
1.1 统计预测的概念	3
1.2 统计预测方法的分类	4
1.3 统计预测的原则和步骤	5
1.3.1 统计预测的原则	5
1.3.2 统计预测的步骤	6
1.4 统计预测的发展现状	7
1.4.1 不确定性预测方法	8
1.4.2 组合预测方法	9
1.5 统计预测与决策的关系	10
习题 1	11
第 2 章 定性统计预测方法	12
2.1 定性预测概述	12
2.2 德尔菲法	13
2.2.1 德尔菲法的实施过程	13
2.2.2 德尔菲法特点	14
2.2.3 专家意见的统计处理	15
2.2.4 德尔菲法在中国生物制药行业技术预测分析中的应用	16
2.3 主观概率法	17
2.3.1 主观概率法	17
2.3.2 主观概率预测方法的案例	18
习题 2	19
第 3 章 统计回归预测方法	21
3.1 一元线性回归预测方法	21
3.1.1 回归模型的建立	21
3.1.2 一元线性回归模型参数的估计	22
3.1.3 一元线性回归模型的检验	22

3.1.4	一元线性回归模型的预测	24
3.2	多元线性回归预测方法	25
3.2.1	多元线性回归模型	26
3.2.2	参数估计	27
3.2.3	统计检验	27
3.2.4	多元线性回归模型进行预测	29
3.3	非线性回归预测方法	31
3.4	主成分回归预测方法	32
3.4.1	主成分分析	32
3.4.2	主成分回归预测	36
	习题 3	38
第 4 章	时间序列分解法和趋势外推法	40
4.1	时间序列以及时间序列分解	40
4.1.1	时间序列的含义	40
4.1.2	时间序列确定性因素分解	41
4.2	趋势外推法概述	42
4.2.1	趋势外推概念	42
4.2.2	趋势外推法分类	43
4.2.3	趋势外推模型的选择	44
4.3	多项式曲线趋势外推法	46
4.3.1	二次多项式曲线预测	46
4.3.2	三次多项式曲线预测	48
4.4	指数曲线趋势外推法	50
4.4.1	指数曲线预测	50
4.4.2	修正的指数曲线预测	52
4.5	生长曲线趋势外推法	53
4.5.1	Gompertz 曲线模型	53
4.5.2	Logistic 曲线模型	55
4.6	曲线拟合优度分析	57
	习题 4	59
第 5 章	马尔可夫预测方法	60
5.1	马尔可夫链基本理论	60
5.2	马尔可夫预测方法	64

5.3 市场占有率预测	65
5.4 股票价格走势预测	67
习题 5	70
第 6 章 平稳时间序列预测方法	72
6.1 平稳时间序列	72
6.1.1 平稳时间序列概念	72
6.1.2 平稳性检验	73
6.2 平稳时间序列模型及识别	78
6.2.1 $AR(p)$ 模型	78
6.2.2 $MA(q)$ 模型	79
6.2.3 $ARMA(p, q)$ 模型	81
6.2.4 $ARMA(p, q)$ 模型定阶	82
6.3 平稳时间序列模型的参数估计	86
6.3.1 矩估计	86
6.3.2 最小二乘估计	88
6.4 平稳时间序列模型的预测	88
6.4.1 $AR(p)$ 序列预测	89
6.4.2 $MA(q)$ 序列预测	90
6.4.3 $ARMA(p, q)$ 序列预测	91
习题 6	92
第 7 章 模糊时间序列预测方法	94
7.1 模糊时间序列	94
7.1.1 模糊数学基本概念与理论	94
7.1.2 模糊时间序列模型	95
7.2 一阶模糊时间序列预测方法	96
7.3 高阶模糊时间序列预测方法	101
7.3.1 高阶模糊时间序列分析简介	101
7.3.2 高阶模糊时间序列分析模型建立	102
7.4 多因素模糊时间序列预测方法	104
7.4.1 多因素高阶模糊时间序列分析	104
7.4.2 多因素高阶模糊时间序列模型建立	107
习题 7	110
第 8 章 灰色系统预测方法	112
8.1 灰色预测 $GM(1, 1)$ 模型	112
8.1.1 灰色系统基本概念	112

8.1.2	GM(1, 1) 预测模型的基本原理	112
8.2	GM(1, 1) 模型检验	115
8.2.1	GM(1, 1) 模型残差检验	115
8.2.2	GM(1, 1) 模型后验差检验	115
8.2.3	GM(1, 1) 模型关联度检验	116
8.3	GM(1, 1) 残差模型	116
8.4	GM(n, h) 模型	118
8.4.1	GM(1, h) 模型	118
8.4.2	GM(n, h) 模型	121
	习题 8	123
第 9 章	神经网络预测方法	124
9.1	BP 神经网络预测模型	124
9.1.1	人工神经元数学模型	124
9.1.2	BP 神经网络的结构	125
9.1.3	传递函数 (激活函数)	126
9.1.4	BP 神经网络学习算法及流程	127
9.2	BP 神经网络的 MATLAB 工具箱函数	128
9.2.1	数据的预处理和后处理	128
9.2.2	创建网络	129
9.2.3	设定参数	129
9.2.4	训练网络	130
9.2.5	BP 神经网络的仿真	130
9.2.6	模拟输出	130
9.3	神经网络预测案例	130
	习题 9	134
第 10 章	组合预测方法	135
10.1	组合预测的概念及分类	135
10.2	非最优正权组合预测模型权系数的确定方法	137
10.2.1	几种常规的非最优正权组合预测模型权系数的确定方法	137
10.2.2	非最优组合预测系数确定方法的应用举例	139
10.3	以预测误差平方和达到最小的线性组合预测模型	140
10.3.1	最优线性组合预测模型的建立	140
10.3.2	最优线性组合预测模型的解的讨论	142
10.4	基于相关系数的最优组合预测模型	144
10.4.1	基于相关系数的最优组合预测模型	144

10.4.2 实例分析	146
10.5 基于 IOWA 算子的组合预测方法	148
10.5.1 OWA 算子和 IOWA 算子的概念及性质	148
10.5.2 基于 IOWA 算子的组合预测模型	150
10.5.3 实例分析	152
习题 10	155

下篇 统计决策

第 11 章 统计决策概述	159
11.1 决策问题的基本概念	159
11.1.1 决策的基本概念	159
11.1.2 统计决策的三个基本概念	159
11.2 决策的种类	160
11.3 决策的过程与决策分析的要素和原则	161
11.3.1 决策的过程	161
11.3.2 决策分析	162
11.3.3 决策的原则	162
习题 11	163
第 12 章 不确定型决策方法	164
12.1 乐观准则决策方法	164
12.2 悲观准则决策方法	165
12.3 乐观系数决策方法	165
12.4 等可能性准则决策方法	166
12.5 后悔值准则决策方法	166
12.6 信息集成法在决策中的应用	167
12.6.1 多属性决策方法	167
12.6.2 基于 OWA 算子的多属性决策方法	169
12.7 几种决策方法的比较分析	170
习题 12	172
第 13 章 风险型决策方法	175
13.1 风险型决策的基本问题	175
13.2 风险型决策的期望值准则	176
13.3 决策树分析法	178
13.4 风险决策的灵敏度分析	180

13.4.1	敏感性分析的概念和步骤	180
13.4.2	两状态两行动方案的敏感性分析	180
13.4.3	三状态三行动方案的敏感性分析	181
13.5	效用理论及风险评价	183
13.5.1	效用的含义	183
13.5.2	效用曲线	184
13.5.3	效用曲线的类型	185
13.5.4	效用曲线的应用	186
13.6	连续型变量的风险型决策方法	188
13.6.1	边际分析法	188
13.6.2	标准正态分布决策法	191
13.7	主观概率决策法	193
13.7.1	主观概率的基本概念	193
13.7.2	主观概率的估计方法	194
13.7.3	主观概率决策	196
13.8	贝叶斯决策法	197
13.8.1	贝叶斯决策的概念和步骤	197
13.8.2	后验预分析	198
13.8.3	贝叶斯决策	202
	习题 13	204
第 14 章	多目标决策方法	208
14.1	多目标决策概述	208
14.1.1	多目标决策过程	208
14.1.2	多目标决策问题的要素	210
14.2	层次分析法	214
14.2.1	层次分析法的基本原理	214
14.2.2	层次分析法的基本步骤	220
14.3	字典式法	222
14.4	TOPSIS 法	223
14.5	ELECTRE 法	227
14.5.1	级别高于关系的性质	228
14.5.2	级别高于关系的构造	229
14.5.3	级别高于关系的应用	230
14.5.4	算法步骤	231
14.6	LINMAP 法	234

14.7 优劣系数法	239
习题 14	244
第 15 章 序贯决策方法	247
15.1 单目标确定性序贯决策	247
15.2 单目标随机性序贯决策	251
15.3 马尔可夫决策	255
15.3.1 状态转移概率矩阵及其决策特点	255
15.3.2 马尔可夫决策的应用步骤	256
15.4 多目标序贯决策	259
15.4.1 多目标序贯决策的理论模型	259
15.4.2 多目标序贯决策的分层解法	260
习题 15	263
参考文献	265

上篇

统计预测

第1章 统计预测概述

1.1 统计预测的概念

中国有两句古话：“凡事预则立，不预则废”和“人无远虑，必有近忧”。这正是对预测的重要性所做的经验总结。统计预测是适应社会经济的发展和管理的需要而产生、发展起来的。随着人类社会的发展，生产力得到了较大的提高。特别是作为生产力的第一要素的科学技术水平显著地提高，科学的统计预测逐步取代了迷信占卜和经验预测而发展成为一门学科。统计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。特别是第二次世界大战以后，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统计预测的重要性，这也就成为统计预测学科进一步发展的推动力。

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

首先，从统计预测工作来看，它是指一种实践活动。统计预测是如何利用统计方法，对不确定的事件或未知的事件根据其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。亦即根据已知推断未知的过程。

其次，从统计预测结果来看，它是统计预测工作的成果和“产品”。具体表现为统计预测工作过程所获得的统计预测值。这些统计预测值是反映社会经济现象的数量特征及其规律性。

最后，从统计预测学来看，它是阐述统计预测方法的一门学科和理论。科学统计预测方法是采用科学的统计判断和计量方法，对未来事件的可能变化情况做出事先推测的一种技术。统计预测学是一门统计模型应用的方法论学科。科学统计预测方法要求根据社会、经济和工程领域的历史和现实统计资料，综合多方面的信息，运用定性和定量相结合的统计分析方法，来揭示客观事物的发展变化的规律，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。统计预测结果是统计预测工作的成果。统计预测学是统计预测工作的理论概括和总结，因此统计预测学阐述的统计预测方法对统计预测工作起着指导作用。统计预测工作一方面接受统计预测方法对其的指导作用，另一方面可以用来检验统计预测理论方法正确与否，从而促进统计预测理论

方法的发展. 统计预测学与预测工作、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.

统计预测学已发展成为一门综合性的学科, 它突破了自然科学和社会科学的界限. 目前统计预测学应用研究领域有很大的开拓, 它广泛应用于人口、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. 可见统计预测方法与各个学科、各个部门均有密切联系. 同时统计预测学理论研究有了新的进展, 但是我们还不能说统计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.

现代统计预测理论由五个基本要素组成: 预测者、预测依据、预测方法、预测对象、预测结果. 五个基本要素的关系如图 1.1.1 所示.

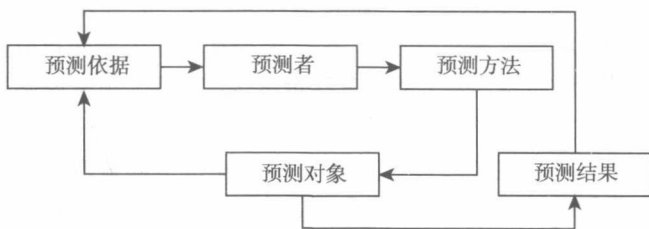


图 1.1.1 统计预测五个基本要素之间的关系

1.2 统计预测方法的分类

根据其目标和特点不同, 统计预测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, 对事物的未来性质做出描述. 一般地, 定性预测方法适用于缺少历史统计资料, 而需要在更多地依赖专家经验的情况下使用. 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如下:

(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、复杂的情况下, 难以做出定量分析, 此时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,其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、经验和能力等,因此它缺乏成套的数学模型,难以对事物发展做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、灰色预测法、Box-Jenkins 模型法、经济计量模型法、组合预测方法等等。

(1) 强调对事物发展的数量方面进行较为精确性的预测。这主要通过历史统计数据建立相应的统计模型对事物发展做出数量上的预测。

(2) 强调对事物发展的历史统计资料和统计模型利用的重要性,且要利用计算机应用软件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,计算机的普及和若干统计软件的开发,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,预测者必须掌握统计方法、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,以及统计预测方法的选取等。同时若预测对象的系统结构发生质的变化时,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 统计预测的原则和步骤

1.3.1 统计预测的原则

一般而言,统计预测遵循以下基本原则。

(1) 连贯性原则。统计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统计预测系统结构的连贯性。

(2) 相关类推原则。统计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统计预测模型后,根据相关因素发展变化来类推统计预测对象的规律。

(3) 概率性原则。统计预测对象的发展既受到偶然因素的影响,又受到必然因