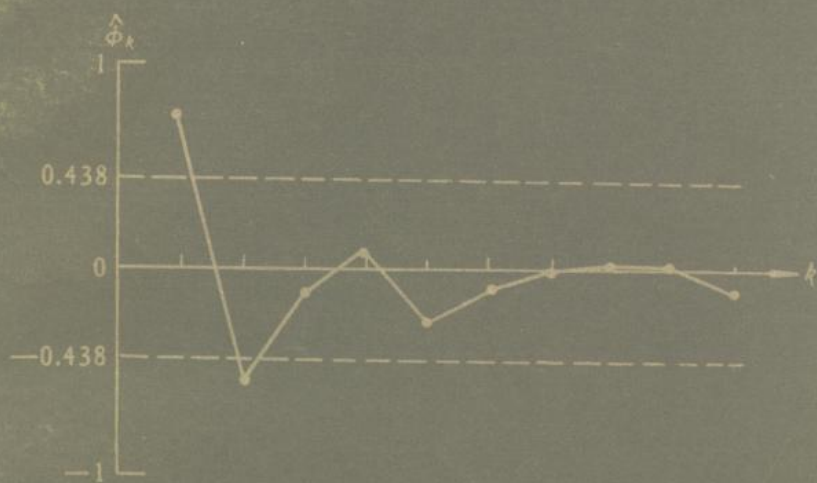




预测计算方法

王 勇 领 编著

科学出版社

预测计算方法

王勇领 编著

科学出版社

1986

内 容 简 介

本书主要介绍了目前已被广泛应用于社会、经济、科学、技术、军事等领域的两类预测方法,其中一类是时间序列预测方法,主要包括各种指数平滑模型和自回归-移动平均模型;另一类是解释性预测方法,主要包括单变量和多变量回归模型、计量经济模型.书中引用了许多实例,具体地介绍了这些预测方法的应用.

本书通俗易懂,适于具有中等文化程度并从事预测、计划与规划工作的各级管理干部阅读,也可供未来研究人员参考.

预 测 计 算 方 法

王勇领 编著

责任编辑 毕颖

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1986年11月第一次印刷 印张: 6 1/2

印数: 0001—6,900 字数: 146,000

统一书号: 13031·3346

本社书号: 5059·13-1

定价: 1.25 元

序 言

运用科学的方法，帮助各级领导作出正确的决策，是一项非常重要的工作。根据我国的实际情况，目前非常需要一本通俗易懂地介绍各种预测方法的普及读物，以供各级领导学习使用。

本书力求以尽可能少的数学知识，介绍一些常用的、行之有效的预测方法，以及在实际应用中如何选择适当的预测模型。书中所有的预测模型都用初等数学的形式表达，使读者容易掌握和应用。作者曾按照这一想法在中国未来研究会历次举办的预测方法研究班上讲授过其中的一些章节，取得了较好的效果。书中所介绍的所有预测模型都已在电子计算机上验证过。这些预测模型也曾用于国家某些经济指标的预测。例如对全国社会商品零售总额、社会商品购买力、本年度货币收入总额等各项指标的预测。经过一段时间的考验，预测的准确度大多比较高，达到了令人满意的程度。

在这里，我特别要感谢中国未来研究会的负责同志和会员朋友们，他们为本书的编写提供了许多宝贵的资料和热情帮助。

由于作者水平有限，书中必定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

作者

1985年1月于北京计算机学院

目 录

序言	1
第一章 引论	1
1.1 一门新兴的学科——未来学	1
1.2 预测方法及其 应用	2
第二章 数据分析	8
2.1 求和的符号表示	8
2.2 算术平均	11
2.3 中位数	12
2.4 范围	14
2.5 平均离差	15
2.6 方差和标准离差	17
2.7 最小二乘法	18
2.8 相关与回 归	20
2.9 相关系数	22
第三章 时间序列分析	27
3.1 时间序列的特征	27
3.2 自相关系数	29
3.3 自相关分析	33
3.4 非平稳时间序列的转化	39
第四章 指数平滑法	44
4.1 移动算术平均法	44
4.2 单指数平滑法	47
4.3 自动调整平滑参数的单指数平滑法	53
4.4 线性指数平滑法	58
4.5 二次曲线指数平滑法	64
4.6 季节性指数平滑法	71

4.7 小结	80
第五章 自回归-移动平均模型	83
5.1 自回归模型	83
5.2 移动平均模型	87
5.3 自回归-移动平均混合模型	90
5.4 自回归-移动平均模型的识别和检验	92
5.5 自回归-移动平均模型的预测应用	97
第六章 单变量回归分析	109
6.1 简单的直线回归模型	109
6.2 回归方程的显著性检验	113
6.3 非线性的转化	116
6.4 小结	122
第七章 多变量回归分析	126
7.1 多变量回归模型	126
7.2 多变量回归方程的显著性检验	130
7.3 逐步回归	136
第八章 计量经济模型	139
8.1 计量经济学的定义	139
8.2 计量经济学的研究目的	139
8.3 建立计量经济模型的步骤	141
8.4 一个简单的宏观经济模型	151
8.5 小结	157
第九章 预测模型的建立、选择和评价	159
9.1 预测模型的建立过程	159
9.2 预测模型的选择	161
9.3 对各种预测模型的评价	166
第十章 计算机预测系统	169
10.1 计算机预测系统概述	169
10.2 一个例子	176
附录一	186

附录二	187
附录三	190

第一章 引 论

1.1 一门新兴的学科——未来学

未来学这个名词，在我国已逐渐为人们所熟悉。实际上，人类从事对未来的研究活动由来已久，它和人类历史一样源远流长。在人类的生产劳动和社会生活中充满着各种各样的推断和设想。科学家们为了探索自然界的奥秘，提出了无数的科学假说和预测；思想家们为了揭开未来社会的帷幕，一直在预测和设想人类的未来世界和理想社会。这种对自然界和社会的发展趋势以及发展前景的探测及描述，无论它是否科学，一直存在于人类活动的各个领域之中。但是千百年来，人们并没有把这种探索未来的活动作为一门专门学科来研究。只是到了近代，特别是第二次世界大战以后，由于科学技术的飞速发展，为人类社会带来了许多新事物、新问题，使人们越来越关心未来可能出现的前景。人们已经深深地感到科学地研究和预测未来的必要性和迫切性，因为人类面临着越来越复杂的决策问题。如果没有科学的预测，就不可能作出正确的决策。要想有正确的决策，就必须先要有科学的预测。未来学正是在这样的客观环境下产生和发展起来的。促使未来学形成和发展的另一个原因是科学技术的发展为未来学提供了有效的、可靠的科学预测手段。从本世纪四十年代开始，直到七十年代末，终于形成一门自成体系的、有现实感的综合性学科。它是社会科学和自然科学的交叉学科。

未来学也称为预测科学。它以预测活动，也就是以研究

社会和科学技术发展变化规律的活动为对象，并根据社会和技术的发展规律，预报社会和技术在未来的发展变化。这门新兴的学科，运用科学的方法和工具，根据事物的发展规律，对社会、经济、科学、技术、军事等五个主要方面的发展变化作出预测，同时估计由于这种发展变化而对未来可能产生的影响，设计应变的对策和行动方案。

未来学除了有它独特的研究对象以外，还具备两个条件，一个是科学的理论基础，另一个是科学的预测方法。这两个条件使未来学具有很强的社会功能，它主要有五个功能。第一，未来研究和预测是为决策服务的；第二，它能够获得尽可能大的经济效益；第三，它能够探测科学技术的发展趋势，帮助人们确定需要发展的重点；第四，它可以促进各个学科和领域间的合作，有利于促进科学技术和社会经济发展的统一；第五，它可以监测和发现事物未来发展过程中的新问题、新情况。为了更好地发挥未来学的社会功能，各国的未来学家和未来研究工作者都在积极地从事未来研究和预测工作，并已在许多领域中获得了引人注目的成果。

1.2 预测方法及其应用

随着未来研究的不断发展，进行预测的方法也就越来越多，预测技术的水平也在日益提高。目前，各种预测方法被广泛地应用于各个领域，例如经济预测、商业预测、人口预测、科学预测、技术预测等等。一般来说，可以把预测方法分成两大类。一类是定性预测，也称为直观性预测；另一类是定量预测，也称为统计预测，因为它采用数学和数理统计的方法进行预测。

(1) 定性预测

定性预测方法的应用历史已经很久了，它的特点是简单易行，至今仍然在各类预测方法中占有重要地位。它主要用于那些无法用数量的形式表达的事物。例如专家对某项工程实施的看法，估计某项政策可能产生的影响等等。定性预测一般都以专家为索取信息的对象，组织各方面的专家运用专业知识和经验，通过直观的方法对过去和现在发生的问题进行综合分析，从中找出规律，对今后的发展趋势和前景作出主观推测。定性预测的优点是在缺乏足够统计数据和原始资料的情况下，或者是在根本没有历史资料的情况下（例如发展某项新产品，兴建某项重大工程等）可以作出比较正确的判断和推测。这在很大程度上需要取决于政策和专家的努力。定性预测没有成形的固定方法，它主要包括征求专家个人意见，组织专家会议，头脑风暴法和特尔斐法。

征求专家个人意见可以最大限度地利用个人的创造能力，不受外界影响。但仅靠个人判断，容易受到专家的知识面以及占有的资料所局限，预测难免带有片面性。

专家会议的信息量比个人判断的信息量大，考虑的因素比较多，提供的方案也较多。有助于交换意见，相互启发。通过内外反馈把专家的思想集中于战略目标，能够为重大决策提出预测。但是它容易受心理因素的影响，例如屈服于权威和多数人的意见，不愿意公开修正自己已经发表的意见等等。

头脑风暴法作为一种创造性的思维方法从五十年开始就在预测工作中得到广泛应用，从那时起到现在，该方法日趋普及。在缺少历史资料的情况下，它几乎是唯一的、行之有效的预测方法。

采用头脑风暴法组织专家会议时，主要有六条原则。一是就所讨论的问题提出具体要求，并且严格规定提出设想时

所用术语，以便限制问题的范围，集中讨论；二是不能对别人的意见提出怀疑，不能放弃和中止讨论任何一个设想，不管这种设想是否适当和可行，都要加以研究；三是鼓励参加者对已经提出的设想进行改进和综合，为准备修改自己设想的人提供优先发言权；四是支持并鼓励参加者解除思想顾虑，创造一种自由的气氛，激发参加者的积极性；五是发言要精炼，简单；六是不允许参加者宣读事先已经准备好的建议一览表。经验表明，利用头脑风暴法组织专家会议进行预测，能够充分发挥专家们的创造性思维，有可能取得比较可靠的预测结果。

特尔斐方法是美国兰德公司在1964年首先用于技术预测的。特尔斐是古希腊传说中的阿波罗神殿所在地，它以神的预言灵验而著称，因而借用其名。

近十年来，特尔斐方法已成为广泛应用的预测方法，是主观预测中的典型。它实际上是专家会议预测方法的进一步发展。首先把要预测的项目写成几个问题，问题必须十分确切。然后选定若干专家，最好包括多方面的专家，向他们邮寄征询表。各位专家在回答问题时，采取保密的方式，在作判断时彼此间不交换意见。答复寄回来后进行一次汇总，汇总的方法一般是确定中位数和中位数左右包含50%应答者的区间，称为四分位区间，列成一个汇集意见表。再把同样的问题连同汇总表又一次寄给各位专家，让他们各自看到全体应答者的意见倾向。各位专家从表中可以比较自己和别人不同的意见，修正自己的意见。同样以保密的方式进行，再把所有专家第二次的意见汇集起来。从第二轮起，只要求对问题有专长的人或者只对比较关心的项目给以回答。征询、应答、汇总反复进行三、四次。应答者的意见将逐渐集中，具有收敛性。这样就能够确定所征询项目的预

期实现的时间或其它指标的预测。

特尔斐方法可以理解为组织集体思想交流的过程，它有以下特点：

一是匿名方式。参加预测的专家互不了解，完全消除了心理因素的影响。专家可以参考前一轮的预测结果，修正自己的意见而无需公开说明，无损自己威望。

二是不断反馈以沟通情况。因为特尔斐方法不同于民意测验，一般要经过三至四轮。在匿名情况下为了使参加预测的专家们掌握每一轮的预测汇总结果，组织者要对每一轮的预测结果作出统计，并作为反馈材料发给每个专家，可以知道全体意见的倾向以及持各种意见的理由，供下轮预测时参考。

三是对预测结果进行统计评估。为了能够定量地评价预测结果，特尔斐方法还采用统计方法来处理预测结果。

特尔斐方法与一般专家预测法相比，虽有优点，但也有缺点。例如每一轮的专家组成可能会发生变化，时间间隔较长，组织者对问题提得不够确切而影响预测精度等等。

（2）定量预测

定量预测也称为统计预测。它用数学、概率论与数理统计的方法对历史数据进行处理，它认为将来是过去和现在的自然延伸。定量预测有两类常用的方法，一类是回归分析，另一类是时间序列分析。这两类方法相辅相成，也可有不同的应用，主要依赖于不同的前提假设条件。

回归分析也称为解释性预测，它假设对一个系统的输入和输出之间存在着某种因果关系。它认为输入变量的变化会引起系统输出变量的变化，并且两者的关系是一个常数。预测工作中的第一件事情就是通过观测系统输出的结果，并对系统的输入数据加以分析、比较，来寻找两者是否存在因果

关系。

例如可以用确定经济系统中的因果关系来预测国民生产总值。如果正确地找出了系统内部的因果关系,只要已知系统在今后某段时间里的输入条件,就可以预测系统未来的状态。例如,我们都知道消费者家庭一年用于消费的支出和他的平均收入有密切的关系。对这样一个消费者系统来说,输入是平均收入,输出是用于消费的支出。需要用定量的方法计算一下,当消费者的收入一年增加一元钱的时候,他用于消费的支出将增加多少钱?这对消费品市场来说是一个非常有用的资料,对国家制定各项经济政策具有重要的参考价值。假设计算的结果是,当消费者一年的收入每增加一元钱时,他用于消费的支出相应地增加了八角。那么政府在制定工资政策时就要考虑对国民经济的影响,生产部门应当增加多少消费品的生产,才能满足因为收入增加而消费者对市场消费品的需要。

用回归分析方法所建立的因果模型不仅能够用于预测,而且还能够用来解释系统内部运行的原因和各个因素之间的关系,对长期预测来说是一种有效的方法。

时间序列分析与回归分析有明显的不同之处。时间序列分析把系统看成是一个“暗盒”,它并不关心影响这个系统运行的因素是什么,而且也不想去花费精力寻找这些因素是什么,而是把这个系统看作是不需要外界知道的“生成过程”。持这种观点有两条理由。其一是对一个系统人们往往不知道它是如何运行的,即使了解这个系统的运行状况,也往往难以对它加以度量,因为很可能无法使用定量的分析方法;其二是有时候人们只关心观测和预测将会发生什么事情,而并不想知道为什么会发生这种事情。例如从十八世纪到二十世纪,许多人只关心太阳黑子的数量,而很少了解产生太阳黑子或能量

的原因是什么。即使缺少这些知识，同样不能阻挡那些收集和分析太阳黑子变化频率的研究人员的工作。终于有一个名叫舒斯特 (Schuster) 的学者发现了太阳黑子的变化规律，用时间序列分析的方法来预测太阳黑子的变化状况。

时间序列分析方法只依赖于历史观测数据和它的数据模式。它把所有的观测数据按时间的顺序排列起来，第一步先对这些数据加以描述，例如用图的形式表达出来；第二步就是用适当的数理统计方法对这个时间序列加以解释，确定它的数据模式；第三步是对时间序列进行预测；第四步根据预测结果设法加以控制，以便达到预期的效果。

回归分析方法包括简单回归模型、多变量回归模型、计量经济模型等。时间序列分析方法包括指数平滑模型、自回归-移动平均模型等等。这些模型都已经成为应用广泛的预测方法，所以也是本书将要讨论的主要内容。但是实践证明，仅有正确的预测方法还不够，还需要有先进的科学技术手段，例如使用电子计算机。此外，对各项发展的预测是否准确，还取决于资料是否齐全和准确。因此，预测方法、工具和资料是从事预测工作的三项必不可少的因素。

第二章 数据分析

2.1 求和的符号表示

在对大量数据进行处理时，经常遇到对相同性质的数据相加。例如对某项产品的生产量按月统计，到年底再把12个月的产量相加起来，我们可以用一个简单的符号表示这12个月的生产量之和。用 x_i 表示月产量， x_1 表示1月份的产量， x_2 表示2月份的产量，以此类推， x_{12} 表示12月份的产量。再用 Σ 表示这12个月的生产量之和，则有如下表达式

$$\sum_{i=1}^{12} x_i = x_1 + x_2 + \cdots + x_{12}. \quad (2.1)$$

如果有 n 个数据 $x_1, x_2, \cdots, x_n$ ，这 n 个数的和有如下表达式

$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \cdots + x_n. \quad (2.2)$$

例 2.1

已知 $x_1 = 3$, $x_2 = 9$, $x_3 = 11$.

求 $\sum_{i=1}^3 x_i$.

解
$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 x_i &= x_1 + x_2 + x_3 \\ &= 3 + 9 + 11 \\ &= 23. \end{aligned}$$

例 2.2

已知 $x_1 = 9, x_2 = 6, x_3 = 5, x_4 = 8, x_5 = 12$.

求 (1) $\sum_{i=1}^5 (x_i - 5)^2$;

(2) $\left(\sum_{i=3}^4 x_i \right)^2$

(3) $\sum_{i=1}^3 (x_i^2 - 2x_{i+1})$.

解

$$\begin{aligned} (1) \quad & \sum_{i=1}^5 (x_i - 5)^2 \\ &= (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 5)^2 + (x_3 - 5)^2 + (x_4 - 5)^2 \\ &\quad + (x_5 - 5)^2 \\ &= (9 - 5)^2 + (6 - 5)^2 + (5 - 5)^2 + (8 - 5)^2 + (12 - 5)^2 \\ &= 75. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad & \left(\sum_{i=3}^4 x_i \right)^2 \\ &= (x_3 + x_4)^2 \\ &= (5 + 8)^2 \\ &= 169. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (3) \quad & \sum_{i=1}^3 (x_i^2 - 2x_{i+1}) \\ &= (x_1^2 - 2x_2) + (x_2^2 - 2x_3) + (x_3^2 - 2x_4) \\ &= (81 - 12) + (36 - 10) + (25 - 16) \\ &= 104. \end{aligned}$$

例 2.3

$$\text{求证 } \sum_{i=1}^n (ax_i + b) = a \sum_{i=1}^n x_i + nb \quad (2.3)$$

证明

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (ax_i + b) &= (ax_1 + b) + (ax_2 + b) + \cdots + (ax_n + b) \\ &= ax_1 + ax_2 + \cdots + ax_n + b + b + \cdots + b \\ &= a(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) + nb \\ &= a \sum_{i=1}^n x_i + nb. \end{aligned}$$

例 2.4

求证 当 $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ 的时候,

$$\text{有 } \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2. \quad (2.4)$$

证明

$$\begin{aligned} &\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 \\ &= \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 2mx_i + m^2) \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2m \sum_{i=1}^n x_i + nm^2 \\ &= \sum_{i=1}^n x_i^2 - 2 \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right) \sum_{i=1}^n x_i + n \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \end{aligned}$$