

预测学及其应用



王永初 编著

科学技术文献出版社重庆分社

预测学及其应用

王永初 编著

科学技术文献出版社重庆分社

内容简介

预测学是人们了解未来的一门科学，是近代社会学、经济学、系统学、数学发展的产物。本书系统地介绍预测学的基本概念与方法，着重介绍经验预测、外推预测、随机过程预测、季节性模型变量预测、状态预测及滤波预测等内容，并列举现实生活与工作中遇到的大量例子，说明上述方法的应用。本书内容深入浅出，可供从事经济、供销、市场、工农业生产、地震、气象等行业的科技人员和大专院校师生参考。

预测学及其应用

责任编辑：林云梯

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路132号

新华书店·重庆发行所 发行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：17.875 字数：39万

1986年11月第一版

1986年11月第一次印刷

科技新书目：131—296

印数：4500

书号：17176·463

定价：3.60元

前 言

“未来怎么样？”总是人们思考的一个重要课题。有一位诗人讲过这样一句话：未来会三倍胜于现在。但是，天有不测风云，人有旦夕祸福，要驾驭未来，就要用科学的方法预测未来。预测学是人们研究与了解未来的一门科学，它还是帮助人们运用科学知识的一门综合性与边缘性学科，它是控制论、系统科学、生态学、心理学、社会经济学发展的必然结果。预测对人们形成决心，作出决策，都有重要的作用。研究预测的目的不外乎有两个：预测未来出现的事件于国于民有利，我们尽量促使它成为现实，并因势利导，推波助澜；预测未来出现的事件于国于民有害，我们就尽量避免它成为现实，即防患于未然。今天，技术市场竞争剧烈，一个好的行政领导者，一个厂长，一个研究所所长，无不对该地区、该厂、该所未来的发展倾注全部心血。一个地震工作者，时刻关心着正确预报某地区未来可能出现的地震；一个供销人员往往感兴趣的是未来产品的可能销售量；一个医疗保健部门关心的是某种疾病在未来的发病率；一个环境工作者可能担心的是未来的环境会不会受到工业化带来的严重污染；一个生态学家考虑的是未来的生态环境会不会受到破坏，会不会保持平衡。因此可以毫不夸张地说，预测学同每一个人，乃至国家、世界的命运无不休戚相关，因此是一门大家都关心的科学。

编著此书的目的，在于为读者提供预测学基础知识。我们之所以有条件撰写此书，是因为前人为我们做了大量的研

究和实践工作，例如费歇尔、布朗、卡尔曼、波克斯、阿斯托姆以及我国的许多经济学家、人口学家、地质学家、生态学家都在预测方面做出过重大贡献。

由于经验不足、水平不高，书中肯定会有不少缺点与错误，欢迎读者与专家们批评指正。

编著者

1985年7月

目 录

第一章 概述	(1)▶
一、预测学研究的基本内容.....	(1)▶
(一) 寻找因果关系.....	(1)▶
(二) 完善逻辑判断方法.....	(3)▶
(三) 研究信息来源的可信程度.....	(4)▶
(四) 寻找定量的关系.....	(5)▶
二、经典预测方法的总结.....	(10)▶
(一) 直观经验预测法.....	(10)▶
(二) 类推预测法.....	(16)▶
(三) 投入产出法.....	(19)▶
(四) 市场预测.....	(25)▶
三、预测学发展的一些概念.....	(30)▶
(一) 关于信息的概念.....	(30)▶
(二) 关于滤波的概念.....	(36)▶
(三) 关于系统动态学的概念.....	(43)▶
第二章 趋势外推预测法	(55)▶
一、趋势外推预测的简易方法及应用的实例.....	(55)▶
(一) 直线外推方法与应用实例.....	(55)▶
(二) 指数外推法与应用实例.....	(58)▶
(三) 多项式外推方法及其应用.....	(70)▶
(四) 双模外推预测法.....	(75)▶
二、生长曲线外推法.....	(81)▶
(一) 皮尔 (R. Pearl) 模型方法.....	(82)▶

(二) 甘培茨模型法·····	(89)
(三) 瑞顿诺 (L. Ridenour) 模型法·····	(92)
(四) 移相正弦函数法·····	(93)
(五) 生长曲线方法的应用·····	(94)
三、最小二乘法·····	(99)
(一) 线性多项式拟合·····	(99)
(二) 非线性多项式拟合·····	(112)
(三) 指数方程式拟合·····	(123)
(四) 皮尔模型系数的确定·····	(127)
四、回归分析·····	(132)
(一) 基本计算式·····	(132)
(二) 应用举例: 农作物收获量的预测·····	(141)
(三) 利用回归分析方法求生长曲线模型系数·····	(143)
(四) 回归效果的检验·····	(147)
第三章 平稳随机现象的预测 ·····	(156)
一、基本概念·····	(156)
(一) 线性平稳时间序列的特点·····	(156)
(二) 计算出的自相关函数的可信性检查·····	(161)
(三) 平稳时间序列的谱密度·····	(162)
二、平稳过程的基本模式·····	(165)
三、自回归过程·····	(168)
(一) 自回归模式的确定·····	(168)
(二) 应用举例: 产品月销售总额的预测·····	(170)
(三) 马尔柯夫过程·····	(178)
四、移动平均过程·····	(181)
(一) 移动平均过程模式的确定·····	(181)
(二) 应用举例: 根据投入量决定产出量·····	(184)

(三) 移动平均过程与自回归过程的对偶关系	(187)
五、自回归-移动平均混合过程	(190)
(一) 模式系数的确定	(190)
(二) 应用举例: 化学反应器浓度变化的预测	(197)
(三) ARMA模式与AR及MA模式的转换	(202)
(四) 三种平稳过程模式的比较	(207)
六、平稳随机过程在工业控制中的应用	(210)
第四章 非平稳时间序列信息的预测	(217)
一、若干非平稳时间序列的例子	(217)
二、线性平稳时间序列信号的特点	(220)
(一) 某地方工业总产值的预测	(220)
(二) 美国IBM公司日库存量的预测	(225)
三、线性非平稳过程的典型模式	(230)
(一) 非平稳过程转化成平稳过程的实例	(231)
(二) 差分因子的实质	(241)
(三) ARIMA模式的转化	(243)
(四) ARIMA模式结构的判断	(245)
四、ARIMA模式的解	(249)
五、预测函数的修改	(263)
(一) ARIMA(1, 1, 1)过程预测函数的修改	(263)
(二) ARIMA(0, 1, 1)过程预测函数的修改	(276)
(三) 具有确定性偏移的ARIMA(0, 1, 1)模式	(288)
(四) ARIMA(0, 2, 2)过程预测函数的修改	(293)
第五章 季节性过程的预测	(302)
一、同期预测方法	(303)
二、年与月双重周期季节模型法	(308)
(一) 年与月双重周期的季节模型	(308)

(二) 年与月双重周期预测函数的修改	(312)
(三) 年与月双重周期模式参数的确定	(318)
(四) 应用举例: 某国际航线乘客月流通量的 预测	(320)
三、指数平滑-预测法	(332)
(一) 总体水平的预测概念	(332)
(二) 一阶指数平滑预测法	(334)
(三) 改型指数平滑-预测法	(346)
(四) 指数加权平均移动模型法	(357)
四、判断季节性模型的经验方法	(372)
五、分离确定性与随机性模型的方法	(381)
(一) 举例说明一太阳黑子数的预测	(383)
(二) 方差分析方法	(393)
(三) 傅里叶周期函数分析法	(400)
(四) 正交函数分析法	(414)
第六章 系统状态的预测	(419)
一、状态预测的例子	(421)
(一) 人口增长问题	(421)
(二) 生态平衡问题	(423)
(三) 细菌繁殖问题	(427)
(四) 同位素衰减状态的预测	(429)
(五) 生物竞争问题	(430)
二、状态方程式的解	(431)
(一) 无强迫作用的系统状态方程式的解	(433)
(二) 有强迫作用的系统状态方程式的解	(450)
(三) 离散时间系统状态方程式的解	(456)
(四) 应用举例	(464)

三、平衡状态的预测·····	(474)
(一) 判断系统稳定的条件·····	(474)
(二) 应用举例·····	(484)
四、具有随机因素干扰的状态系统·····	(504)
(一) 预测原理·····	(504)
(二) 应用举例·····	(508)
第七章 数字滤波的预测方法·····	(513)
一、利用陷波滤波器的预测方法·····	(514)
(一) 陷波滤波器的理想特性·····	(514)
(二) 频率特性的不同描述形式·····	(516)
(三) 陷波滤波器的实现原理·····	(525)
(四) 陷波滤波器的设计要求·····	(528)
(五) 陷波滤波器的频率特性·····	(529)
(六) 陷波滤波器的带宽·····	(531)
(七) 多级点阻滤波器·····	(532)
(八) 陷波滤波器在预测中的应用·····	(533)
二、利用低通、高通或带通滤波器进行预测·····	(535)
(一) 滤波器型式的选择·····	(535)
(二) 应用举例：设备事故的预测·····	(539)
三、利用回响信号滤波器进行预测·····	(544)
(一) 补偿滤波原理·····	(544)
(二) 应用举例·····	(545)
四、利用维纳滤波器原理进行预测·····	(545)
(一) 维纳滤波器原理·····	(545)
(二) 预测原理·····	(549)
(三) 预测一步的滤波器脉冲响应因子的确定·····	(551)

五、利用微分器与积分器的预测方法.....(554)

参考文献.....(559)

第一章 概 述

一、预测学研究的基本内容

凡是涉及对事物或事件未来行为或状态的估计都属于预测学研究的内容，预测学是介于自然科学和社会科学之间的一门边缘科学。从人们的日常生活到国家大事，从社会、经济、政治、军事到各门科学技术，无不具有探索未来、了解未来的任务。预测学也称“未来学”。预测学作为一门独立的学科始于本世纪60年代末，至今才经历了二十多年的历史，但预测的方法早在古代就有之，不过以往基本上是一些经验的推理方法。直至1937年预测学在美国被用于研究“技术发展的趋势”，预测了许多即将涌现的新兴技术，人们才开始认识到预测学在国计民生中的重要作用，从而进行了内容极其广泛的研究，这些内容包括如下几个方面。

（一）寻找因果关系

因果分析是从社会学发展起来的，社会学认为任何事物的形成与发展都有其客观的原因，科学技术的突破也是由于客观需要而产生的。譬如第一次世界大战前后，由于军事上的需要，苏联的柯尔莫果洛夫与美国的维纳都差不多同时发明了火炮跟踪控制系统。需要是创造和发明的动力，而创造与发明是需要产生的必然结果。现实生活中可以找到许多这方面的例子，如电子技术与数字计算机发展要求元器件迅速

更新换代，结果在1946年出现了真空管计算机，1959年出现了晶体管计算机，1965年出现了集成电路计算机，1971年出现了大规模集成电路计算机。在此基础上人们就预言70年代将出现超大规模集成电路的计算机，因果分析方法已成为人们研究并预测政治事件的重要方法，譬如第二次世界大战之前，人们根据希特勒的法西斯政权称霸全球的野心，就预测第二次世界大战不可避免地会发生，从而在决策上给予认真对待，增加了挫败希特勒侵略战争的可能性。因果分析得出的结果，常常在政治生活中产生不可低估的作用。

从动态学的角度看，因是激励源，果是响应源。因激励

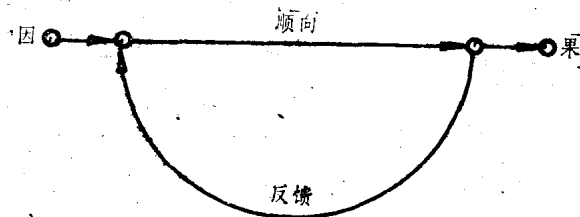


图1-1 因果关系说明

源通过顺向通道引起果响应源的响应。果的响应效果通过反馈通道将信息反射到激励源，使响应的效果随时得到修正。

图1-1表示单回路信息传输的因果关系。激励源相当于外因，顺向通道相当于内因，外因通过内因起作用，正是这种道理。一个政治事件或一个社会经济问题，因果关系的信息联系是错综复杂的，思维判断也是一种极其复杂的模式。因果关系的研究越来越多地借助于数学模型、信息网络和电子数字计算机，通过模拟和仿真，获得正确的预测。

因果关系是属于动态学研究的范畴。

(二) 完善逻辑判断方法

逻辑判断是一种推理的或者辨证演绎的方法。这种方法包括三个基本步骤：(1) 假定前提；(2) 创造性思维；(3) 推出结论。门捷列夫发现元素的周期律可以作为这种方法的说明。门捷列夫根据元素随着原子量增加所表现出来的规律性，将元素排列成一个表，同一属性的元素归并为一类，当时在这个表中有些空格，尚无对应的元素，门捷列夫根据这些空格所处的位置，预言存在有当时还未发现的元素。这种预测新元素发现的方法符合逻辑，是一种科学的方法。

辨证演绎方法的研究围绕如下几个方面：

- (1) 确定正确的前提，例如门捷列夫元素周期表的前提是“事物由量变到质变”。
- (2) 归纳实验材料，得出假设性的初步结论。
- (3) 从初步结论出发，修改可能差错的实验数据。
- (4) 作出预言，并由实践或实验加以验证。
- (5) 对确立的前提加以肯定或否定。

辨证演绎法对于科学家从事研究工作有较大的帮助。例如1938年德国科学家哈因等发现的铀裂变可以作为辨证演绎法应用的一个说明。

- (i) 确立前提：铀裂变，裂片质量为铀质量的一半。
- (ii) 归纳实验材料，得出假设性的初步结论：哈因的实验结果否定了意大利科学家误用铅罩住试样而得出没有裂变的错误结论，也否定了瑞士科学家虽发现了铀裂变但却否定此实验结果的错误结论。哈因得出初步结论：铀裂变。
- (iii) 修改了其它科学家用料不纯得出的试验结论。

(iv) 预言：铀裂变，裂片质量为铀质量的一半。

(v) 重复试验肯定预言的正确性。

思维逻辑判断的方法是属于社会学研究的范畴，目前正在向预测学方面渗透。

(三) 研究信息来源的可信程度

预测的依据是信息。正确的决策有赖于正确的预测，而正确的预测来源于正确的信息。一个可靠的信息可能救活一个企业，而一个不可靠的信息(情报也是信息)可能导致一个战役的失败。信息除了应用滤波方法去伪存真提高可信性外，还需要研究可靠信息的来源。所谓“谣言重复多次 会有人相信”，说明错误的信息来回传送-反馈，引起共鸣、共响，使错误的信息湮没正确的信息。正因为这样，对于信息的传输要求绝对的稳定性。信息的来源有两种，一种是经过亲自试验获得，用这种“投石问路”的方法取得信息的速度比较慢，但可信程度要高些；“马路消息”取得信息的速度快，但可信性要低些。社会调查、历史资料研究、科学试验是获取信息的一个重要来源，调查得来的资料赋有不同级别的权威性。例如市井问路，一人说大概往东，一人说大概往西，两者的权威性相同，因此获得的问路信息等于零。反之，如果有一人说肯定往东，“肯定”的权威性大于“大概”的权威性，则问路的信息应该是往东。如果有两个人肯定说往东，则往东信息的权威性大大增加，可信性更大。对于科学技术的发展与突破的预测，咨询的对象就应该是某一方面的行家。对地震、风暴、洪水、干旱等自然现象的预测，时常是通过对历史资料的总结和对各种自然条件进行归纳而作出的，现象在那一

年出现，那一年信息的权威性就大。

信息学是一门科学，同预测学有着密切的联系，信息学在预测学中的应用是预测学研究的一个重要内容。

(四) 寻找定量的关系

许多预测问题，定性的说明已经满足不了社会和自然科学发展的需要。各行各业对于未来的关心已不满足于定性的了解，要求有更加确切的数量和时间的概念。定量预测的研究愈来愈多地借助于数学方法（如概率论与统计数学，线性代数，运筹学，不明集理论），而数学方法的应用是通过系统学逐步移植到预测学中来的。

1. 寻找运动规律

事物（或事件）的运动（或变化）规律基本上可以分成两大类型：确定性运动规律与随机性运动规律。图1-2说明一个确定性变量变化规律的寻找过程。假设预测的起点为1，终点为36，由点1至点36存在着许多可能变化的轨线，图中

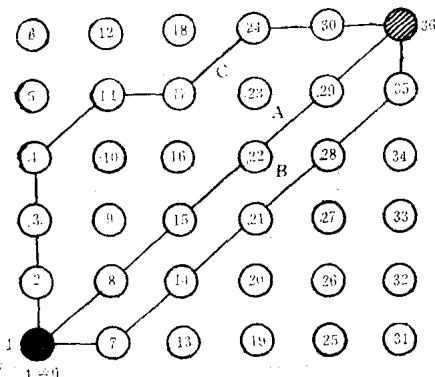


图1-2 运动规律的说明

表示其中三种可能出现的轨线A、B与C。假设一个点至相邻的另一个点的运动时间相等，一旦运动轨线确定以后，我们就可以知道某一时间 t 运动点所处的位置。譬如预测变量沿着B轨线运动，我们可以从B轨线预测不同时间预测变量所处的位置：

$$t = 0 \quad y = 1$$

$$t = 1 \quad y = 7$$

$$t = 2 \quad y = 14$$

$$t = 3 \quad y = 21$$

$$t = 4 \quad y = 28$$

$$t = 5 \quad y = 35$$

$$t = 6 \quad y = 36$$

假定现在观察的时间为 $t = 0$ ， $t > 0$ 以后的时间在我们观察时尚未到来，是属于未来的时间，预测的定义就是由事件的现在状态来估计事件的未来状态。

随机性运动规律，是指事物在运动变化过程中，某一个时间的具体数值很难说得很确切，譬如农作物的收获量。要具体地进行定量分析，就要求采用概率统计方面的知识，且其所得到的预测值同实际结果不一定一致，只能认为具有一定范围的可信性。在预测问题中，属于确定性方面的问题是不多的，基本上可以说是属于随机过程方面的问题。对于这种问题，预测的主要工作是寻找预测变量的变化轨线，所采用的方法是线性或非线性的最小二乘法、回归分析法以及生长曲线模型法等。

2. 分离预测变量

许多预测问题的预测变量，从记录数据观察好像没有什么规律可循，但仔细分析还是可以发现其规律性。例如，逐