

现代管理方法

科学预测与库存管理

吴信琪 主编



大连海运学院出版社

前 言

本书主要是根据英国经营管理教授 C、D、刘易斯(Lewis)所著《Industrial and business forecasting methods—a practical guide to exponential smoothing and curve fitting》和《Scientific inventory control》两书编译而成。本书系统地阐述了在工商业中常用的预测方法和库存管理模型,内容丰富,通俗易懂,理论联系实际,并注意与计算机程序运用相结合。本书第一篇的预测技术主要论述适用于短期预测的指数平滑法及适用于中期预测的回归和曲线拟合方法等。通过本书预测技术的介绍“使具有时间序列资料的人们能够十分简便地实现其预测目标”。本书的第二篇库存管理模型其特点是“做为一种尝试,试图填补和实际有着联系的简单库存模型与文献中普遍出现的库存管理有关的复杂数学理论之间的空档”。主要论述了单产品的库存分析和多产品的库存分析。每章节后面附有一定量的练习题和其答案,以便读者具体利用。为了便于读者参考,在本书之后给出一个完整的中英文对照基本术语汇编,且在附录 A 中给出若干预测方法的计算机流程图;在附录 B 中提供一个公式摘要,这样,当精通每章所介绍的运算之后,应用时就只需要参考这个附录。对于书中未详细叙述的内容都在每章节之后引出一定数量的参考文献。

随着我国经济体制改革的不断深入发展,一场冲破旧的经济体制束缚,建立新的经济格局的改革浪潮正在冲刷着祖国大地。而改革春风正在吹拂着中国经济之掘起,社会主义市场经济体系正在逐步形成。在这种形势下摆在工商企业家面前的将是一场激烈的市场竞争和急速地引进现代化科学管理方法的崭新局面。遵照‘洋为中用’消化吸收西方先进科学技术的宗旨,编译者将本书奉献于世。它将为广大工商企业改革家们和从事有关预测和库存管理科技人员提供迈进科学管理大门的工具。它也将为普通院校和成人高校的工商经济、管理专业的广大师生从事学习、教学和科研提供一本能够开拓思路,理论联系实际的有价值的参考工具书。

参加本书编译工作的有吴信琪、尹建东、姜秀文、刘福成、王德信、于永成、卢润基。由吴信琪担任主编,尹建东和姜秀文担任副主编,由大连管理干部学院经管系主任赵善济教授主审,吴宏章副教授参加了审阅工作。

限于编译者水平,书中错误和不当之处在所难免,请广大读者指正。

编译者

1993年7月于大连

目 录

第一篇 预测技术

第一章 短期预测(指数平滑法)..... (1)

引言..... (1)

第一节 稳定情况的预测..... (4)

第二节 非稳定情况的预测——线性和季节性变化 (18)

第三节 预测误差的离差度量 (39)

第四节 短期预测体系的监控(平滑误差方法) (45)

第五节 自适应预测 (58)

第六节 资料特征的识别——自相关的利用 (69)

第七节 马尔柯夫分析预测 (82)

第二章 中期预测(回归与曲线拟合)..... (108)

引言..... (108)

第一节	一元线性回归(趋势分析).....	(110)
第二节	曲线拟合——可由直线方程表达的 曲线.....	(126)
第三节	曲线拟合——能够由修正指数曲线 表达的曲线.....	(151)
第四节	多元线性回归.....	(166)
第五节	中期预测体系的监控(V-MASK/CUSUM 方法)	(194)

第二篇 库存管理模型

第三章	单产品库存分析.....	(207)
第一节	库存管理导引.....	(207)
第二节	再订货水平策略:再订货水平和补充 订货量的分开计算.....	(226)
第三节	再订货水平策略:再订货水平和补充 订货量的相结合计算.....	(253)
第四节	循环策略:再订货循环策略,受周期检 查支配的再订货水平策略,(s,S)型策略	(265)
第四章	库存排队.....	(279)
第一节	库存过程中的库存排队.....	(279)

第二节 缓慢流动备件的库存排队·····	(296)
第五章 多产品的库存分析·····	(305)
第一节 多产品的库存系统·····	(305)
第二节 存贮范围分析·····	(331)
第六章 库存管理的进一步探讨·····	(344)
第一节 库存环境的模拟·····	(344)
第二节 库存管理问题的一般处理·····	(369)
本书基本术语汇编(中英文对照)·····	(380)
附录 A 预测方法的计算机流程图 ·····	(386)
附录 B 公式摘要 ·····	(392)
附录 C 正态分布表 ·····	(416)
附录 D 累积泊松分布表 ·····	(417)
附录 E 指数分布表 ·····	(418)
附录 F F 分布表 ·····	(419)

第一篇 预测技术

第一章 短期预测(指数平滑法)

引言

短期预测一般涉及到：

(1)与少于一年的时间周期(如周、月、季度等)相联系的材料；

(2)预测是与一特殊项目联系着，且每一时间周期都要对其预测值进行修正的情况；

(3)要求预测项目相当多的情况；

(4)对特殊项目或产品进行预测的情况，且在每个时间周期的基础上用于(a)分析需求量，且估计它所占有的库存量及生产进度，(b)分析销售额，从而帮助估计现金流量和了解市场销售情况。

显然，为了适合于这些方面的应用，最适宜的预测模型(或模型系列)必须具有如下特点：

(1)运行费用低廉 这是指预测执行，定期修正和存贮所要求的花费；

(2)适应性强 能够提供各种不同且密切相关的模型类

型,以适应于预测所要求的项目和情况的广泛变化;

(3)自动化程度高 带来人工中断的次数最少;

(4)将能够证实,无论是在文献方面或为计算机设计计算方法上都是简便有益的。

在1960年前产生的建立在指数加权平均值基础(集中归为指数平滑法)上的预测方法的研究范围已显示最大限度地满足上述要求。

超出传统移动平均值概念的指数平滑法的优越性致使今天规模最大的制造集团都使用了它们,且不光是工业而且商业部门已完成设有它们的计算机设计计算方法。

第一章中的第一节论述了稳定情况下的预测。引入了简便的指数加权平均值概念。所有平滑法都是建立在这一概念基础上的。第二节论述了不稳定情况下的预测,介绍了对于增长和季节性情况是必要的较复杂的各种基本预测模型。第三节探讨了预测误差散布的各类估计量。第四节对于短期预测的自动控制特别地发展了平滑技术。第五节探讨了自适应预测方法的可能性。第六节尽管没有特殊地建立在指数平滑法基础上,但探讨了在识别资料特征上的自动校正分析的利用和对于确定适当预测模型类型所必须的每个要素。

在本书第一篇的预测方法中必须以数学术语来表达。为了不使非专业人员阅读本书时感到困难,在此,我们先将书中所用变量和代数式的表达符号加以简介,只要理解了这些简单的概念在后面的阅读中就不会感到困难了。

例如,我们举一个朴素的预测方案,“让下个月期望需求的预测等于本月的需求”这句话可简便地写成

$$\text{FORECAST}_{\text{下月}} \text{ 等于 } \text{DEMAND}_{\text{本月}}$$

利用预测和需求的第一个字母来分别表示这两个变量，且引出相等符号“=”，这个预测方案就可写成

$$f_{\text{下月}} = d_{\text{本月}}$$

为使这个等式规整，我们需要将下标下月和本月简化和一般化。最简单的方法是将月（或另外的情况下，根据周期或是周甚至是天）看作为时间周期，且全部都归为发生（或目前）的时间。于是，如果我们将目前时间写成 t ，则将来时间就可用 t 后面加上一个正数来表示（如 $t+1, t+2$ 等），而过去时间可用在 t 后面减去一个正数来表示（如 $t-1, t-2$ 等），这样就把下标表示发展成为指示时间的指标。用这种方法，就可将上面等式写成如下的一般化的代数等式形式：

$$f_{t-1} = d_t \quad (1-0.1)$$

通过一个更实际的预测方案，对照其书写规定可以看出符号表达式是非常简便的。这个预测方案为“下个月的期待需求将等于最近六个月需求或销售数字的算术平均值”。这个冗长的陈述能够以如下等式形式简便地表达出来：

$$f_{t-1} = \frac{1}{6} \sum_{i=-5}^{t-1} d_i \quad (1-0.2)$$

其中和号 $\sum_{i=-5}^{t-1}$ 在这种情况下意味着 d_i 从 i 等于 t 直到 $t-5$ 的值的和（即 $t, t-1, t-2, t-3, t-4$ 和 $t-5$ ）。展开和式，这个等式为：

$$f_{t-1} = \frac{1}{6} (d_t + d_{t-1} + d_{t-2} + d_{t-3} + d_{t-4} + d_{t-5}) \quad (1-0.3)$$

这是等式(1-0.2)的另一种形式。

这就引出了符号表达与代数等式的概念。本书中所介绍的材料是经过谨慎的审选，它不会比上面例子更复杂。

第一节 稳定情况的预测

稳定情况是指虽然观测值从一个时间周期到下一个周期在波动,但它们的平均值在适当长的时期内却保持稳定。为说明这一点,图 1—1.1 给出了相对于时间的一系列需求值的曲线。

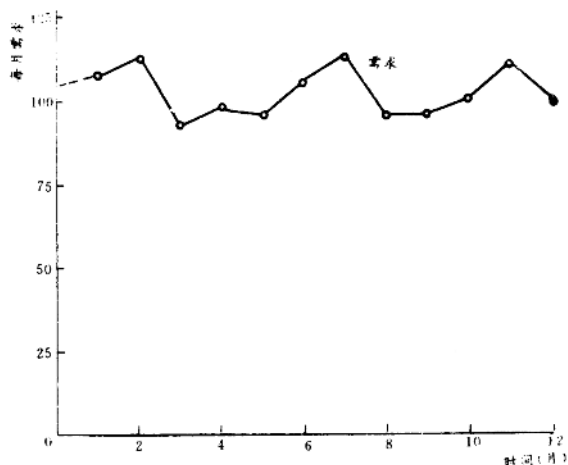


图 1—1.1 典型的稳定情况

从图中可以看出在一年时期内每月平均值大约为每月 100 个产品,且这个平均数字随时间既无重大增长也无重大下降。这是一种典型稳定情况,它的个别值在稳定的平均数字上下合理地波动。

考查图 1—1.2, 它展示出一种完全不同的情况。在这里, 平均值明显地不是稳定的, 是随时间增长的。这种情况是由于产品保持它的迅速扩大市场势头或产品获得稳定(甚至下降)市场的增长势头所引起的。究竟市场条件的什么类型能产生这类值, 只能由销售和市场的情报来识别, 但无论是什么理由, 这类预测情况显然要比图 1—1.1 中所描绘的那类更复杂。我们将它放在第二节做为非稳定情况的两种可能线性类型之一来单独论述。

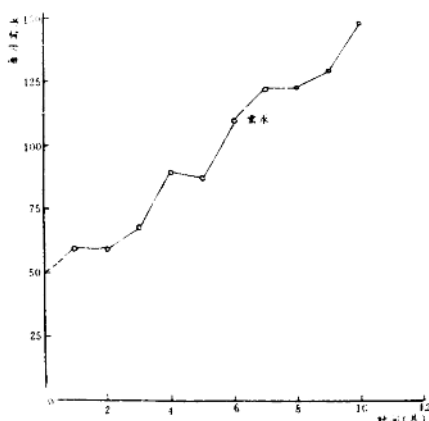


图 1—1.2 非稳定情况

在讨论包含在预测内的数学技术之前, 最好先讨论一下预测体系期待着什么。首先, 它应当能够被评价。因为预测是建立在过去情报基础上的, 所以预测总存在着某种程度上的

误差。据此,预测体系的最合乎逻辑的目标应当是在稍长时期内的预测误差达到最小。因为预测误差既能够是正又能够是负(即预测能够小于或大于所发生的实际值),所以各个误差的简单累积和将不能指出预测误差是否已达最小,因且这种和不管所使用的预测体系将总是趋向零(参看本书第二章第四节中的 CUSUM 技术的讨论)。更有效的估计是误差平方累积和,因为无论原始数据是正还是负,各个的平方总产生正结果。于是所有个别误差都为误差平方的累积和作出了贡献。

一旦接受在一些预测体系中所提出的某种程度的误差,则显然预测只能是期望发生的一种平均值,而误差便均匀地分布在那个平均值的两边。在实际中一般假设这些误差的概率分布是按照众所皆知的高斯或正态分布进行分布的。这一点将不是免强的或在这里进一步解释为,除去说每个时间周期的平均值不太低时,这个假设是合理的真实之外,如果这个平均值一般大于 10,则我们在短期预测中所关心的各项假设一般是成立的。

假设误差服从正态分布,则我们需要散布某种度量或误差围绕平均数的离差程度。将离差的通常度量称为标准偏差,普遍用希腊字母 σ 表示。图 1—1.3 中指出了由于基础资料模型的变化,标准偏差迅速增长的情况。对于这种情况,由于平均值保持在接近每月 75,甚至后面变化也是这样,所以预测没有明显的变化。显然,值的散布或变动在六个月后已经有了变化,且在一个有效预测体系中,由于标准偏差 σ 的改变而产生的这种变化是值得注意的。

存在着两个基本参数,我们希望在任何预测体系中来估量它们:第一个是实际预测,它预告未来的期望或平均值为什

么样值时是可靠的；第二个是标准偏差，它度量了个别值关于平均数的散布或离差。第一和二节介绍在不同类型情况下预测期望值的方法，第三节讨论怎样估价标准偏差，同时叙述另外一种度量预测准确性的评价方法。

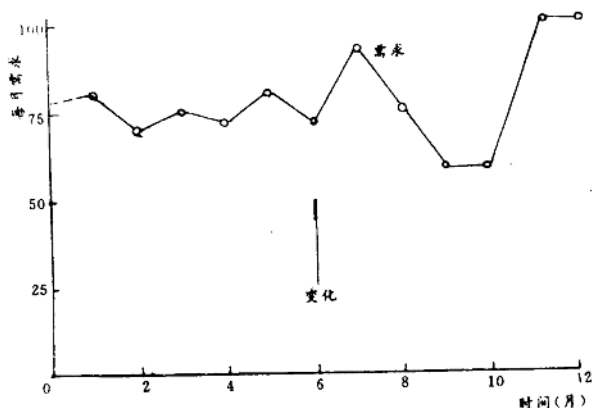


图 1—1.3 标准偏差迅速增长情况

一、预测的时间周期

短期预测体系将以每个时间周期中的个别值的总体做为资料的单一条款来处理，如每天的需求，每周的销售，每月的产品等。由于在时间周期的长度增加时，可增加样本的规模，因此就降低了相继的每个周期的个别值的变化量，这样就能够做出更准确的预测。然而，在相同的时间内，对于资料中的真实或实际变化，预测体系的反映速度随较长的时间周期在明显地降低。因此只有通过预测的时间周期的适当选择可使

这两个影响达到抵销。

保证在两个时间周期内至少发生一个非零值,即在一个时间周期内发生一个非零值的概率为 50% 的期间便给出了预测时间周期的最小值。这是一个最小量,但若全面考虑,则可以要求一个较长的间隔。

如果时间周期是大于或等于一周和一个日历月(或更实际些是定货的计划或账目周期)是最典型的,则对于工商业资料在两个周期范围内发生一个非零值的这个准则便能经常满足。

在预测产生之前时间周期的数目称为预测水平(线)。

二、移动或滚动平均数*

预测每个时间周期上平均期望值的一种传统方法是对最近过去几个时间周期上的过去个别值取平均数,这种移动平均数已在前面引言中提到,且定义为

$$m_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t-n+1}^t d_i \quad (1-1.1)$$

或写为

$$m_t = m_{t-1} + \frac{1}{n} (d_t - d_{t-n}) \quad (1-1.2)$$

后面这个式子的简单含意是移动平均数的当前值等于前一期的移动平均数加上资料的当前值与比现在旧 n 个周期的资料值之差的 $\frac{1}{n}$ 倍。

对于稳定情况,在计算出 m_t 之后,就得到所要的预测,且它不仅适合于下一个周期,而且对于任何未来周期都是适用

* 近代纯理论统计家称其为自回归过程。

的。然而,这并不意味着,人们做了对于今后六个月的预测,这个估计值就不能在下个月修改。如果下个月资料可用来改善该估计值时,则只留下五个月要进行预测了。这非常符合计划安排,对于第一和第二个月是确定的,但对于第三和第四个月只是试探性的。再以同样方式检查时,试探计划在下两个月就跟着变成确定的,因为随着时间的推进,将来资料被接受,所以模糊的预测能够变成明确了。

表 1—1.0 是使用移动平均数在预测某厂产品销售额的一个应用实例。实例中给出了三个月和五个月的移动平均数。

表 1—1.0 某厂产品销售额的移动平均数预测

(1) 月份	(2) 期数	(3) 观察值(销售额)	(4) 三个月移动平均数	(5) 五个月移动平均数
1	1	200.0	—	—
2	2	135.0	—	—
3	3	195.0	—	—
4	4	197.0	176.6	—
5	5	310.0	175.8	—
6	6	176.0	234.2	207.5
7	7	155.0	227.5	202.5
8	8	130.0	213.3	206.5
9	9	220.0	153.3	193.5
10	10	277.0	168.3	198.0
11	11	235.0	209.2	191.4
12	12	—	244.2	203.5

表 1—1.0 中第 4 列的三个月移动平均数是利用当月与前两个月销售额计算的。例如,前三个月的移动平均数 176.6 是 1、2、3 月的算术平均数,即 $(200+135+195)/3=176.6$ 。这个数可做为 4 月份的预测值。第 4 列中的最后一位数 244.2 是 9、10、11 月的算术平均数,可以作为 12 月份的预测值。同样,第 5 列中的 207.5 是 1、2、3、4 和 5 月份的算术平均值,作为 6 月份的预测值。第 5 列中最后一位数 203.5 是 7、8、9、10

和 11 月份的算术平均数,作为 12 月份的预测值。显然,如果新销售额已知,就很容易重新计算移动平均数。

在实际中使用移动平均数有如下几个缺点:

(1)开始的移动平均数,当由新资料开始计算移动平均数时,因为对于前 $n-1$ 个周期各个别值都必须是有用的,所以直到 n 个周期都已经通过为止,才能进行真正的预测。

(2)在移动平均数的情况下,包含在平均数中的所有资料都是等“权”的,且包含的太旧的资料显然是给它以零权。一个项的权表明了该项对平均数贡献值的比例。在移动平均数的情况下,对于包含在平均数中的所有项其权均为 $\frac{1}{n}$,而对于不包含在平均数中的项其权均为零。

非等权的方法应当是愈新近的资料比较旧的资料愈重要,因而其权就愈高。

使用非等权的方法来解决提出的这个特征,且无论是建立在分数或 10 进位小数概念基础上的两种可能的加权平均数由下面等式(1—1.3)和(1—1.4)分别给出。值得注意的是在两种情况下,权的总和均为 1。由定义知,对于真正平均数这总是必要的。

$$m_t = \frac{1}{2}d_t + \frac{1}{4}d_{t-1} + \frac{3}{16}d_{t-2} + \frac{1}{16}d_{t-3} \quad (1-1.3)$$

或

$$m_t = 0.4d_t + 0.3d_{t-1} + 0.2d_{t-2} + 0.1d_{t-3} \quad (1-1.4)$$

(3)在移动平均数的情况下,必须保留的过去资料的数量会变得太多。六个周期的移动平均数已在这儿讨论过,但在实际中,为得到一个不过份敏感的平均数,却需要资料直止达到 20 个周期。

(4) 由于移动平均数的敏感性或反应速度是与包含在平均数中的时间周期数 n 成反比的, 而改变 n 的值是最困难的, 所以敏感性的改变是困难的, 这一点在初始平均数的情况中已做了说明。

通过权级数为指数的特殊类型的移动平均数能够克服移动平均数所呈现的最不利因素。

三、指数加权平均数*

假设用其值随时间按指数规律减少的权级数来代替上面使用的权系统。

定义这个级数为

$$\alpha + \alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2 + \alpha(1-\alpha)^3 + \cdots + \alpha(1-\alpha)^n$$

对于实际平均数要求这个级数的和必须是 1, 且如果 α 在 0 与 1 之间, 它的和确实为 1。例如, 如果 $\alpha = 0.2$, 则得到这个级数为

$$0.200 + 0.160 + 0.128 + 0.102 + 0.082 \text{ 等等}$$

我们不仅看到它的和趋近于 1, 而且也可看出其中的权随着时效的增加在减少。

使用指数加权级数, 可构成一个指数加权平均数

$$u_t = \alpha d_t + \alpha(1-\alpha)d_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 d_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^3 d_{t-3} + \cdots \quad (1-1.5)$$

或写成另一种形式

$$u_t = \alpha d_t + (1-\alpha)[\alpha d_{t-1} + \alpha(1-\alpha)d_{t-2} + \alpha(1-\alpha)^2 d_{t-3} + \cdots] \quad (1-1.6)$$

通过将所有下标减去 1 可将由 (1-1.5) 所确定的 u_t 变成

* 近来在高等统计教材中也混乱地将其叫做“移动平均数”过程。