

基于 Gompertz 的气象水文装备维修器材消耗量分析与预测

沈永伟

(总参气象水文局, 北京 100081)

摘要: 利用由 Gompertz 曲线推导出的生命周期曲线建立了气象水文装备维修器材消耗-时间模型。计算表明, 由 Gompertz 曲线推导出的生命周期曲线可以较好地反映气象水文装备维修器材消耗量与时间之间的关系, 所建模型的预测结果也较好, 具有较高的实用性, 为探索气象水文装备维修器材消耗规律提供了一种简单有效的科学方法。

关键词: Gompertz 曲线; 气象水文装备维修器材; 消耗量

中图分类号: E92; TH765 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)02-0097-03

Analysis and Forecast of Maintenance Materials and Parts of Meteorological and Hydrological Equipment Consumption Based on Gompertz Curve

SHEN Yong-wei

(PLA General Staff Meteorological and Hydrological Department, Beijing 100081, China)

Abstract: Maintenance materials and parts consumption-time model of meteorological and hydrological equipment was established using the life cycle curve deducted from Gompertz curve. Computation results showed that the life cycle curve can better reflect the relationship between maintenance materials and parts consumption of meteorological and hydrological equipment and time; the forecasting results obtained from the model are preferable; the model has higher practicability. The purpose was to provide a valid and scientific approach for investigating consumption rule of maintenance materials and parts of meteorological and hydrological equipment.

Key words: Gompertz curve; maintenance materials and parts of meteorological and hydrological equipment; consumption

装备维修器材是实施装备维修保障的重要物质基础^[1]。装备维修器材需求量是确定维修器材请领量、采购量、储备量的重要依据, 是编制维修器材请领计划、采购计划和平衡分配计划的重要因素^[2]。科

收稿日期: 2010-11-24

作者简介: 沈永伟(1970—), 男, 浙江桐乡人, 硕士, 主要研究方向为信息作战指挥学、军事气象水文保障学。

学、准确地预测装备维修器材的需求数量,是装备器材保障工作的重要内容和装备器材科学管理的前提。装备维修器材需求量的影响因素较多,具有复杂性、随机性等特点。目前,在装备维修器材需求量预测方面较多地使用经验判断法、指数平滑法、基于装备维修器材消耗定额等^[3]传统方法,但因其人工干预较多,主观性较强,预测精度不高;Gompertz模型因具有人工干预少,预测精度较高,简单适用的特点得到广泛使用^[4-7]。

1 Gompertz 曲线预测方法

Gompertz 曲线是由英国统计学家和数学家 B. Gompertz 于 1825 年首先提出用作控制人口增长率的一种模型,可以利用它来进行产品生命周期预测及销量的预测^[8]。其预测模型^[9-10]为:

$$\hat{y}_t = ka^{b^t}, (k>0, 0<a\neq 1, 0<b\neq 1) \quad (1)$$

式中: \hat{y}_t 为预测值; k, a, b 为待估参数, k 为 \hat{y}_t 的上限逼近值; 0 为 \hat{y}_t 的下限逼近值; a 决定曲线的位置; b 决定曲线中间部分的斜率; t 为时间权数。由于气象水文装备维修器材消耗量是受多种因素影响的随机数据,因此具有不确定性和波动性,研究长期趋势时采用 Gompertz 曲线加以分析预测较为合理。

Gompertz 曲线预测方法步骤如下。

- 1) 给出原始时间数据列 y_t 。
- 2) 将原始时间数据列取常用对数得 $\lg y_t$ 。
- 3) 根据三和法将时间数列 $\lg y_t$ 等分为 3 部分,分 m 个时期求出。

$$S_1 = \sum_{t=1}^m \lg y_t, S_2 = \sum_{t=m+1}^{2m} \lg y_t, S_3 = \sum_{t=2m+1}^{3m} \lg y_t$$

- 4) 根据公式求出 Gompertz 曲线方程的参数:

$$b = \left(\frac{S_3 - S_2}{S_2 - S_1} \right)^{1/m}$$

$$\lg a = (S_2 - S_1) \frac{b - 1}{b(b^m - 1)^2}$$

$$\lg k = \frac{1}{m} \left(S_1 - \frac{b(b^m - 1)}{b - 1} \lg a \right)$$

- 5) 取反对数,求出 a, k ,代入 Gompertz 曲线方程,并检验曲线方程与实测值的拟合情况,计算相关指数。

- 6) 根据 $\hat{y}_t = ka^{b^t}$ 预测并验证预测精度。

2 应用举例

某部气象仪器修理所继电器年消耗量历史模拟数据见表 1。

表 1 继电器年消耗量历史模拟数据

Table 1 Simulation data of historie year consumption of relay

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
消耗量/个	114	118	120	123	124	126	126	128	129	126

根据此历史数据采用 2000—2008 年所求得 Gompertz 曲线方程,并用此方程对 2009 年的消耗量进行预测和检验。

- 1) 设原始消耗量数据列为:

$$y_t = \{114, 118, 120, 123, 124, 126, 126, 128, 129\}$$

- 2) 对 y_t 取常用对数得:

$$\lg y_t = \{\lg 114, \lg 118, \lg 120, \lg 123, \lg 124, \lg 126, \lg 126, \lg 128, \lg 129\}$$

- 3) 根据三和法计算得:

$$S_1 = \sum_{t=1}^3 \lg y_t = 6.207\ 968$$

$$S_2 = \sum_{t=4}^6 \lg y_t = 6.283\ 697$$

$$S_3 = \sum_{t=7}^9 \lg y_t = 6.318\ 170$$

- 4) 求出 Gompertz 曲线方程的参数:

$$b = \left(\frac{S_3 - S_2}{S_2 - S_1} \right)^{1/3} = 0.769$$

$$\lg a = (S_2 - S_1) \frac{b - 1}{b(b^3 - 1)^2} = -0.076$$

$$\lg k = \frac{1}{3} \left(S_1 - \frac{b(b^3 - 1)}{b - 1} \lg a \right) = 2.115$$

- 5) 对 $\lg a, \lg k$ 取反对数,得:

$$a = 0.838, k = 130.514。$$

代入式(1)得:

$$\hat{y}_t = 130.514 \times 0.838^{0.769t}$$

下面讨论计算值与实测值的拟合情况。

计算相关指数:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^9 (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^9 (y_i - \bar{y})^2}$$

$$= 1 - \frac{1.995\ 520}{194.888\ 889} = 0.989\ 8$$

由于 R^2 的值接近 1, 说明拟合程度较好, 所以有实际应用价值。

计算预测值时, 将上述运算结果列入表 2 并验证预测精度。

表 2 继电器 Gompertz 曲线计算

Table 2 Computation Gompertz curve of relay

年份	t	$\lg y_i$	趋势值 \hat{y}_i	残差 ε_i
2000	1	2.056	113.96	0.032
2001	2	2.071	117.58	0.410
2002	3	2.079	120.45	-0.453
2003	4	2.093	122.70	0.296
2004	5	2.100	124.46	-0.463
2005	6	2.100	125.83	0.165
2006	7	2.110	126.89	-0.898
2007	8	2.056	127.72	0.275
2008	9	2.071	128.36	0.637

Gompertz 曲线表示了继电器的年消耗量的长期趋势。根据上述结果可得出继电器的年消耗量的 Gompertz 曲线趋势图, 如图 1 所示。

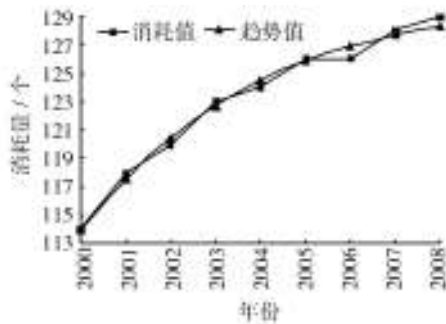


图 1 继电器年消耗量的 Gompertz 曲线趋势

Fig. 1 Gompertz curve trend diagram of the year consumption of relay

将 $t=10$ 代入 Gompertz 曲线方程, 得到 2009 年消耗量预测值: $\hat{y}_{2009} = 128.87$, 而实际值 $y_{2009} = 126$, 预测精度为 97.72%。

3 结语

1) Gompertz 曲线模型具有较好的远期预测功能和饱和值预测功能, 可以定量地描绘出维修器材消耗量的发展曲线, 为气象水文装备保障决策提供了科学依据。为便于应用, 可将全部计算及预测过程编成计算机程序。只要按要求输入观测数据, 计算机自动完成建模过程, 得出建模样本后多个时间序列点的预测值, 同时显示或打印建模样本和预测值随时间变化的曲线图。

2) Gompertz 曲线模型要求样本个数能被 3 整除, 这样的样本容量要求不会给收集数据带来困难。

3) 对所建 Gompertz 曲线模型采用相关性检验, 此模型具有很好的可用度和可信性, 可对维修器材的长短期消耗量进行较好的预测。

4) Gompertz 曲线预测方法, 适用于有小波动、单调并开始转低后逐渐增长到一定时期基本稳定的数列。

参考文献:

- [1] 梁海斌, 高崎, 康建设, 等. 军械维修器材管理学[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 吴宝军. 基于卡尔曼滤波算法装备维修器材需求量预测[J]. 四川兵工学报, 2009, 30(8): 99—101.
- [3] 王宏焰, 高崎, 王家鹏. 装备维修器材消耗预测综述[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(5): 92—94.
- [4] 余闯, 刘松玉. 路堤沉降预测的 Gompertz 模型应用研究[J]. 东南大学学报, 2005, 26(1): 82—86.
- [5] 张志强, 张润楚. Gompertz 模型在老龄阶段的修正及模拟[J]. 数学的认识与实践, 2002, 34(1): 36—40.
- [6] 刘奇, 冯静, 周经伦. 基于 Gompertz 模型的液体火箭发动机可靠性增长分析[J]. 航天动力学报, 2004, 19(3): 419—423.
- [7] 单超, 单永森, 赵杨东. Gompertz 模型改进及其在交通预测中的应用[J]. 科技导报, 2009, 27(18): 82—85.
- [8] 曹艳华, 郭金茂, 徐达. 装备维修性增长的 Gompertz 模型[J]. 装甲兵工程学院学报, 2007, 21(4): 24—27.
- [9] 张良华, 吴明飞, 葛卫华. 基于 Gompertz 曲线的防化装备维修器材消耗量时间序列分析与预测[J]. 防化学报, 2009(4): 48—49.
- [10] 雷冠丽. Gompertz 曲线在耐用商品拥有量预测中的应用[J]. 数学的实践与认识, 1991, 21(2): 5—7.