

基于指数平滑技术的装备维修备件需求预测

刘晓春, 黄爱军, 马芳, 张永亮, 彭江

(中国卫星海上测控部, 江苏 江阴 214431)

摘要: 以装备维修备件的需求量预测问题为研究对象, 运用指数平滑预测技术, 构建了装备维修备件需求量预测模型, 并借助Excel环境对某装备维修备件的需求量进行了预测。预测结果表明, 该方法为科学预测装备维修备件的需求量提供了一种可行的方法。

关键词: 指数平滑技术; 维修备件; 需求预测; 装备保障

中图分类号: TJ07 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)06-0109-04

Requirement Forecast of Equipment Maintenance Parts Based on Exponential Smoothing Method

LIU Xiao-chun, HUANG Ai-jun, MA Fang, ZHANG Yong-liang, PENG Jiang

(Marine Satellite Measurement and Control Establishment of China, Jiangyin 214431, China)

Abstract: A requirement forecasting model of equipment maintenance parts was established based on exponential smoothing method. Excel was employed to forecast the equipment maintenance parts requirement. It was concluded that forecasting method provides a scientific and viable approach for the requirement forecasting of equipment maintenance parts.

Key words: exponential smoothing method; maintenance part; requirement forecasting; equipment support

装备维修备件的需求量预测直接影响装备保障的质量与效率, 尤其是装备数量规模编配少、使用效率低、实战验证难的特种武器装备, 其维修备件的需求预测尤为困难, 甚至成为装备保障工程的一个重点、难点问题。装备维修器材是装备技术保障的核心, 装备维修器材的消耗规律是进行装备维修器材科学保障、评估等的基础^[1-2]。准确预测维修器材需求量是制定装备保障计划的重要依据。针对某特种

装备维修保障的实践数据, 结合指数平滑预测技术, 对该装备维修备件的需求量进行了预测和分析。

1 维修器材数量的计算模型

目前, 在装备维修器材需求量预测方面使用较多的方法是时间序列法^[3], 包括移动平均法和指数平滑技术。指数平滑技术通过某种方式, 消除数据的

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 刘晓春(1981—), 女, 山东莱阳人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为系统工程与决策分析。

随机波动,从而找出时间序列的变化趋势。它通过不同时期历史数据赋予的不同权数来推测预测对象未来的发展趋势,在一定程度上对数据在不同时间点上的有效性进行区分^[4]。

1.1 指数平滑技术的工作原理

指数平滑技术适用于简单的时间分析和中、短期预测。对时间序列 x_1, x_2, \dots, x_t , 其一次指数平滑迭代公式见式(1)。

$$S_t^{(1)} = \alpha x_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{(1)} \quad t=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: $S_t^{(1)}$ 为一次指数平滑值; α 为加权系数, $0 < \alpha < 1$ 。

装备维修备件的需求量通常在一个水平附近上下波动,即时间序列具有水平变化趋势时,对此类维修备件的指数平滑预测模型可以采用一次指数平滑公式,见式(1)。 $S_0^{(1)}$ 的值从式(1)中无法获取,对此通常做法是:如果时间序列具有水平变化趋势时,可以直接取前一期的原始数据 x_0 作为本期的一次指数平滑值,即 $S_0^{(1)} = x_0$ 。

当时间序列存在线性变化趋势时,则需要二次指数平滑。当时间序列存在复杂曲线趋势时,则需要用到三次或多次指数平滑。考虑到研究对象的特点,这里只研究一次指数平滑模型。

假设 x_t 的序列长度为无穷大,则存在关系式见式(2)。

$$S_t^{(1)} = \alpha x_t + (1 - \alpha) S_{t-1}^{(1)} = \alpha x_t + \alpha (1 - \alpha) x_{t-1} + \alpha (1 - \alpha)^2 x_{t-2} + \dots + \alpha (1 - \alpha)^j x_{t-j} + \dots = \alpha \sum_{j=0}^{\infty} (1 - \alpha)^j x_{t-j} \quad (2)$$

可见,式(2)等号右边实际上是时间序列 $\{x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-j}, \dots\}$ 的加权平均。时间越近的数据加权系数越大,越远的数据加权系数越小,而加权系数 α 的取值体现了新观察值与原平滑值之间的比例关系。可见, α 取值的选择在指数平滑技术中非常重要。 α 越大,有效数据个数越少; α 越小,有效数据个数越多。 α 一般取 0.01~0.3 之间^[5]。

1.2 加权系数 α 的确定方法

加权系数 α 也称为平滑系数,其确定方法一般有经验判断法、试算法。Excel 环境对数据处理的强

大功能,使得人们可以借助其数组公式快速准确地计算不同平滑系数情况下的预测值及预测标准误差,选取标准误差最小的系数作为指数平滑的最优系数。平滑系数确定后,可以根据模型公式进行预测值计算,然后进行误差计算。主要采用均方误差

MSE 对预测误差进行评价, $MSE = \sum_{t=1}^n \frac{e_t^2}{n}$, 其中, $e_t = Y_t - S_t$, Y_t 为第 t 个样本预测值, S_t 为第 t 个样本实际值, n 为原始数据样本数。

指数平滑最优系数的获取是一类最优化问题,通常可以用建立线性规划模型的方法进行求解得到。显然,可以借助 Excel 的强大功能实现最优平滑系数的计算。

2 实例分析

以某型装备维修备件的需求预测问题为例,借助 Excel 进行需求量的预测。该型装备维修备件从 2010 年 4 月至 2011 年 9 月之间的消耗量记录数据见表 1。

表 1 某型装备维修备件的消耗量的历史观测值

Table 1 History data of the maintenance spares-parts' consumption

序号	月份	备件消耗量/件
1	2010.04	19
2	2010.05	22
3	2010.06	24
4	2010.07	20
5	2010.08	23
6	2010.09	22
7	2010.10	21
8	2010.11	23
9	2010.12	20
10	2011.01	27
11	2011.02	26
12	2011.03	22
13	2011.04	21
14	2011.05	26
15	2011.06	22
16	2011.07	26
17	2011.08	28
18	2011.09	24

2.1 Excel环境下的平滑参数运算

Excel自带的指数平滑预测工具不能对平滑系数 α 的值进行优选,所以模型预测值与实测值的偏差(这里研究均方误差MSE)往往无法进行大小的比较。这里借助Excel的规划求解功能,求解以均方误差MSE值最小为目标函数,平滑系数 α 为自变量的优化问题^[4]。

规划求解的主要操作步骤如下。

1) 输入原始数据,包括月份和备件的实际消耗量,设定指数平滑值、平滑系数和均方误差MSE所在列,做好规划求解的模型布局。

2) C单元是指数平滑值所在的列,应当依据指数平滑技术的基本原理,设置该列对应单元格的函数公式。在C2单元格输入公式“=B2”,完成指数平滑初始值的设定。

3) 在C3单元格输入公式“=E2*B2+(1-E2)*C2”,按照这种计算规律,同时将C4至C20单元格内的函数式编辑完毕。至此完成了依据指数平滑预测模型的平滑值计算公式进行平滑值计算的过程。

4) 在F2单元格输入公式“=SUMXMY2(B3:B19,C3:C19)/COUNT(C3:C19)”完成规划求解目标函数式的设置,即规划求解目标函数为“均方误差最小”。显然,规划求解的自变量应为平滑系数 α ,因此设定规划求解的自变量单元格为E2。

5) 进行规划求解,点击“工具”-“规划求解”菜单,在弹出的对话框内输入规划求解的各项参数,如图1所示。其中,设置目标单元格为“F2”,等于“最小值”。可变单元格即规划求解模型的自变量为单元格“E2”。平滑系数值在0~1之间,因此,规划求解模型的约束条件为“E2≤1”和“E2≥0”。



图1 规划求解对话框

Fig. 1 Dialog box of programming solving

6) 点击“求解”后,系统自动进行计算,得到规划求解的目标最优值(即均方误差MSE最小值)和自变量的最优值(最佳平滑系数 α)。计算结果如图2所示。

月份	消耗量	指数平滑值	平滑系数 α	均方误差MSE
1				
2	1	19	0.320	3.5299218
3	2	21		
4	3	24		
5	4	20		
6	5	23		
7	6	23		
8	7	24		
9	8	25		
10	9	20		
11	10	21		
12	11	26		
13	12	22		
14	13	21		
15	14	26		
16	15	23		
17	16	25		
18	17	24		
19	18	24		
20		24.90		

图2 Excel环境下的最优平滑参数运算结果

Fig. 2 Results of optimal smoothing coefficient under Excel

2.2 需求预测结果分析

图2显示最优平滑参数值为0.320,根据指数平滑预测模型的原理,计算得到新一轮的预测值。维修备件的实际消耗量与预测值的曲线如图3所示。指数平滑预测模型可以将原始实测数据进行科学处理后,消除历史统计序列中的随机波动,找出其主要发展趋势。可以看出,指数平滑值的变化趋势更连续、更清晰。

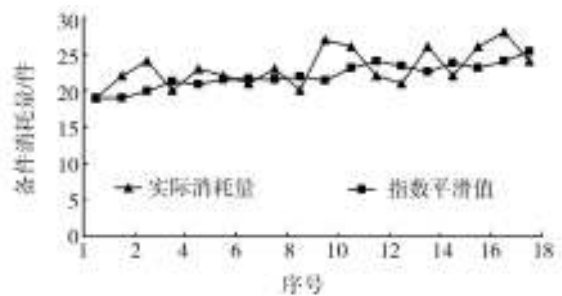


图3 实际值和指数平滑预测值曲线

Fig. 3 Curves of actual value and exponential smoothing forecasting value

找到时间序列的变化规律后,指数平滑预测模型的根本任务是支持决策者对研究对象的未来进行中短期的预测。从图2中单元格“C20”的数据可知,下一期即2011年10月份的装备维修备件需求量为24.90,四舍五入为25。

最优平滑参数值 α 为 0.320, 按照一次指数平滑预测的迭代公式 $S_t^{(1)} = 0.32x_t + 0.68S_{t-1}^{(1)}$, 可以逐步计算外推出下一期的维修备件需求量。

3 结论

采用指数平滑预测技术, 充分合理利用历史数据, 实现维修器材需求量的准确预测和资源的优化配置, 利用指数平滑法预测维修器材需求量是较为科学有效的。指数平滑技术能够较科学、客观地反映历史数据发展变化的趋势。然而, 运用指数平滑模型法进行预测时可能无法揭示研究对象的系统内部各影响因素之间的内在关系和因果关系, 它仅仅将时间作为预测目标的单一影响因素。因此, 对实

际问题进行预测时, 必须掌握所研究系统未来发展的主要影响因素, 在此后的研究中应结合其他方法进行预测才能达到更佳的效果。

参考文献:

- [1] 甘茂治, 康建设, 高崎. 军用装备维修工程学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [2] 闫肃, 闫鹏程, 孙江生, 等. 边海防部队武器维修器材包装研究[J]. 包装工程, 2012, 33(5): 143—145.
- [3] 单志伟. 装备综合保障工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [4] 徐大江. 预测模型参数的指数平滑估计法及其应用的进一步研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999(2): 25—30.
- [5] 王长江. 指数平滑法中平滑系数的选择研究[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2007(6): 25.

(上接第 53 页)

40 Hz 附近外, 在 75 Hz 附近前控制点也出现了控制超差。随着试验的进行, 控制器将控制超差又控制在容差范围内。因此, 在该频率点依然存在振动控制超差的危险, 同时由于第 3 阶模态是试验件前端与试验夹具的共同弯曲振动, 该阶模态完全可以通过增大夹具刚度来改变模态频率, 从而消除试验中由于该模态被激发而造成控制超差的可能。

4 结论

在两点激励振动试验中, 试验件的动力学特性会对控制结果造成很大的影响。当试验件的某个模态被激发后, 会造成试验件局部响应过大, 最终造成试验控制超差甚至根本无法控制的现象。因此, 在设计两点激励振动试验时, 有必要首先对试验件开展模态分析, 从而找出容易造成试验控制超差的模态频率。对由于试件本身的动力学特性所造成的可能控制超差“危险”频率点做到心中有数; 同时验证试验夹具的设计, 确保不会因为试验夹具原因带来新的控制超差“危险”频率点。

参考文献:

- [1] HAMMA G A. Multiple Vibration Exciter Control Replicates

the Real World in Your Laboratory[J]. STI Journal, 1989, 1(2): 1—4.

- [2] 冯咬齐. 多自由度振动试验技术及其应用[C]// 中国宇航学会结构强度与环境工程专业委员会暨中国航天第八专业信息网 2003 年度技术信息交流会论文集. 2003: 248—252.(余不详)
- [3] 徐明. 飞机外挂多输入多输出振动试验技术[C]// 首届全国航空航天领域中的力学问题学术研讨会论文集(下册). 2004: 259—262.(余不详)
- [4] 高贵福, 王刚, 赵保平. 细长体复杂结构双振动台振动试验方法标准编制若干问题研究[J]. 航天器环境工程, 2009(1): 116—117.
- [5] 陈家焱, 周建川, 陈章位, 等. 多点同步并激振动试验控制系统的设计与实现[J]. 系统工程与电子技术, 2010, 32(12): 76—80.
- [6] SMALLWOOD D O. Multiple Shaker Random Control with Cross Coupling[C]// Proceedings of the IES. 1978: 341—347.(余不详)
- [7] SMALLWOOD D O. A Random Vibration Control System for Testing a Single Item with Multiple Inputs[R]. Albuquerque: SAE Transactions, 1983.
- [8] DAN Lehmann. A Dual-shaker Random Vibration Testing Control System [C]// Proceedings of the IES. 1985: 507—511.
- [9] 李蓓蓓. 振动分析的有效工具——功率谱密度[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 46—47.