

航材消耗的时间序列分析

左召军¹, 钟新辉²

(1. 空军后勤学院, 江苏 徐州 221000; 2. 空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要: 本文采用时间序列分析法对某种航材故障率进行预测, 用移动平均法消除时间序列的长期趋势和周期变动, 然后按月平均法求出季节指数, 并对季节指数进行调整, 然后根据拟合的趋势方程对此种航材的故障率进行预测。其结果能为航材的可靠性保障提供理论依据。

关键词: 时间序列; 消耗率; 季节指数; 预测

中图分类号: V250.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-9654(2004)03-029-04

Forecasting for Aero-Materials' Consumption Rate Based on Time Series Analysis

ZUO Zhao-jun¹, ZHONG Xin-hui²

(1. Air Force Logistics College, Xuzhou Jiangsu 221000; 2. Air Force Engineering University, Xi'an Shaanxi 710038)

Abstract: This paper develops the method of time series analysis to forecast the consumption rate of the aero-material. It dissolves the influences of long-term trend and period alteration by means of move-average method, then calculates the season exponent and adjusts it. The forecast can be done by trend equation that is set up according to the raw data. It's applicable and useful for the materials' reliability and application.

Key words: time series; consumption rate; season exponent; forecasting

一、引言

时间序列分析是根据系统观测得到的时间序列数据, 通过曲线拟合和参数估计来建立数学模型的理论和方法。它一般采用曲线拟合和参数估计方法(如非线性最小二乘法)。航空材料在使用过程中, 要受到工作载荷、高温、潮湿、腐蚀等因素的影响, 航材的状况和系统可靠性都会发生变化。根据已经积累的航材故障原始数据对未来故障进行预测, 能有效地降低维修成本, 并能为航材的可靠性维修和更换提供理论依据。并能根据预测数值对航材的运行状况进行判断和调整。

二、时间序列分析法简介

时间序列分析是根据系统观测得到的时间序列数据, 通过曲线拟合和参数估计来建立数学模型的

理论和方法。它一般采用曲线拟合和参数估计方法(如非线性最小二乘法)进行时间序列的变化主要受到四个因素的影响: 长期趋势因素(T)、季节变动因素(S)、周期变动因素(C)和不规则变动因素(I)。可以认为时间序列是这四个因素的函数, 即:

$$Y_t = f(T_t, S_t, C_t, I_t) \quad (1)$$

时间序列分析的方法有很多, 通常采用乘法模型和加法模型。其中乘法模型应用较为广泛。乘法模型为:

$$Y = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (2)$$

其分析方法是先把季节变动从时间序列中分离出来, 找出季节变动规律, 然后结合长期趋势进行预测。

收稿日期: 2004-05-08

作者简介: 左召军(1979-), 湖南常德人, 在读硕士研究生, 研究方向为系统工程与军事系统工程。

三、计算和分析过程

(一)原始数据

表1列出了航空兵场站某种航材最近三年的消耗率(件/1000小时):

表1 最近3年时间某种航材消耗率数据表

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2001年	4	4.5	5	6	7	7.5	8	9	8	7	6	6
2002年	5	5	6	6	8	9	10	12	9	8	6.5	7
2003年	6	7	6.5	8	10	11	11	13	12	9	8	7

试根据这些数据预测未来两年内这种航材的消耗情况。

(二)季节指数的计算

季节指数的计算是先用移动平均法消除长期趋势和周期变动,然后按月平均法求出季节指数。

首先计算中心化的移动平均数,对计算一次移动平均值。

$$\text{其中 } M_t^{(1)} = \frac{\sum_{i=t-N}^{t+N} Y_i}{2N+1}, (t = 6.5, 7.5, L) \quad (3)$$

移动平均项数等于一个循环周期的期数,即,,定位于相邻两月之间,如表2第4栏。为使移动平均值移置在对应的各月,需要计算二次移动平均数。计算结果列于表2第5栏。

$$M_t^{(2)} = \frac{\sum_{i=t-0.5}^{t+0.5} M_i^{(1)}}{2}, (t = 7.8, L) \quad (4)$$

其中 $i = 1, 2, L$

中心化移动平均数排除了各自之间因季节因素的引起的差异和部分随机因素的影响,可作为长期

趋势估计值,即 $M_t^{(2)} = T$ 。

各个时期的实际值与相应的中心移动平均值 $M_t^{(2)}$ 的比率显示季节变动和随机变动的综合作用。从第1个周期的后半部分开始至第3个周期的前半部分,其中7月份的第一个值为1.08893,第2个值为0.98765,它们的平均值1.03829即为7月份的季节指数。见表2第7栏。

为了进一步改善季节变动值的估计,将季节指数求和求出平均数 S ,以它为修正因子,计算出调整的季节指数 $S^* = S/S$,作为季节变动的估计值。计算数值如表2第8栏。

(三)长期趋势的计算

常用的趋势预测模型为线性趋势模型:

$$T = b_0 t + b_1 \quad (5)$$

运用普通最小二乘法和第4栏数据计算出长期趋势预测模型:

$$T = 0.0757t + 6.3428 \quad (6)$$

表2 最近3年此种航材消耗率计算数据表

季节 (1)	t (2)	故障率 Y_t (3)	一次移动 平均数 $M_t^{(1)}$ (4)	中心化移动 平均数 $M_t^{(2)} = T$ (5)	$\frac{Y_t}{M_t^{(2)}}$ (6)	季节指数 S (7)	季节调整指数 $S^* = \frac{S}{S}$ (8)
2001.1	1	4					
2	2	4.5					
3	3	5					
4	4	6					
5	5	7					
6	6	7.5	6.5000	6.54167	1.14650		
7	7	8	6.58333	6.60417	1.21136		

续上表

季节 (1)	t (2)	故障率 Y_t (3)	一次移动 平均数 $M_t^{(1)}$ (4)	中心化移动 平均数 $M_t^{(2)} = T$ (5)	$\frac{Y_t}{M_t^{(2)}}$ (6)	季节指数 S (7)	季节调整指数 $S^* = \frac{S}{S}$ (8)
8	8	9	6.62500	6.66667	1.35000		
9	9	8	6.70833	6.70833	1.19255		
10	10	7	6.70833	6.75000	1.03704		
11	11	6	6.79167	6.85417	0.87538		
12	12	6	6.91667	7.00000	0.85714		
2002.1	13	5	7.08333	7.20833	0.69364	1.04592	0.95981
2	14	5	7.33333	7.37500	0.67797	0.99711	0.91502
3	15	6	7.41667	7.45833	0.80447	0.85149	0.78139
4	16	6	7.50000	7.52083	0.79778	0.96089	0.88179
5	17	8	7.54167	7.58333	1.05495	0.90374	0.82934
6	18	9	7.62500	7.66667	1.17391	0.96264	0.88339
7	19	10	7.70833	7.79167	1.28342	0.97665	0.89624
8	20	12	7.87500	7.93750	1.51181	0.94385	0.86615
9	21	9	8.00000	8.08333	1.11340	0.89297	0.81945
10	22	8	8.16667	8.25000	0.96970	1.07108	0.98291
11	23	6.5	8.33333	8.41667	0.77228	1.06944	0.98140
12	24	7	8.50000	8.54167	0.81951	1.13350	1.04019
2003.1	25	6	8.58333	8.62500	0.69565		
2	26	7	8.66667	8.79167	0.79621		
3	27	7.5	8.91667	8.95833	0.83721		
4	28	8	9.00000	9.06250	0.88276		
5	29	10	9.12500	9.12500	1.09589		
6	30	11	9.12500				
7	31	11					
8	32	13					
9	33	12					
10	34	9					
11	35	8					
12	36	7					

根据(2)式可得出预测公式为:

$$y_t = (b_0 t + b_1) \cdot S^* \quad (7)$$

式中:

t : 由第1期算起的预测的期数;

y_t : 期预测值;

b_0, b_1 : 趋势直线的参数估计值;

S^* :预测期的季节指数,即本月的调整后的季节指数。

如:2004年1月份的故障预测值为:

$$y_{37.1} = (0.0757 \times 37 + 603428) \times 0.95981 = 8.77622$$

其余各月依此类推计算;计算结果列于表3。

表3 未来两年内此种航材的消耗率预测

年月	t	季节调节指数	消耗预测值	年月	t	季节调节指数	消耗预测值
1	37	0.95981	8.77622	1	49	0.95981	9.64811
2	38	0.91502	8.43594	2	50	0.91502	9.26714
3	39	0.78139	7.26310	3	51	0.78139	7.97291
4	40	0.88179	8.26308	4	52	0.88179	9.06410
5	41	0.82934	7.83436	5	53	0.82934	8.58773
6	42	0.88339	8.41182	6	54	0.88339	9.21429
7	43	0.89624	8.60202	7	55	0.89624	9.41617
8	44	0.86615	8.37879	8	56	0.86615	9.16560
9	45	0.81945	7.98906	9	57	0.81945	8.73345
10	46	0.98291	9.65709	10	58	0.98291	10.54997
11	47	0.98140	9.71655	11	59	0.98140	10.60805
12	48	1.04019	10.37735	12	60	1.04019	11.32226

四、结论

本文利用时间序列法对某种航材故障率进行预测,建立了故障预测的时间序列分析模型,从计算结果来看,时间序列分析可以从一定程度上排除网带故障预测的主观随意性和经验化,得出的结论比较客观和真实。此法也可为其它航材的故障预测提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] Andreas S. Weigend and Neil A. Gershenfeld *Time Series Prediction: Forecasting the Future and Understanding the Past* [M]. Addison Wesley & Longman, 1994.
- [2] Y. Zhu and D. Shasha. *High Performance Discovery in Time Series: Techniques and Case Studies* [M]. Springer-Verlag, 2004.
- [3] A. Maravall and G. Caporello. A tool for Quality control of time series data Program TERROR, Bank of Spain Presented at the conference "Challenges to Central Bank Statistical Activities" [J]. Irving Fisher Committee (ISI) and Bank for International Settlements Basel, 2002, (8).
- [4] 徐国强. 统计预测与决策[M]. 上海:上海财经大学出版社,1998.
- [5] 黄飞. 时间序列法预测某型飞机故障率[J]. 燃气涡轮试验与研究,2001, (1).
- [6] 方泽南,傅尚新等. 时间序列在故障诊断中的应用[J]. 清华大学学报(自然科学版),1998, (3).

[责任编辑 丁海燕]