苎麻纤维回潮率测试的不确定性系统模型 USM-1

罗佑新, 李晓峰
(湖南文理学院 机械工程系, 湖南 常德 415003)

摘 要 运用泛灰色不确定性系统理论, 建立了苎麻纤维回潮率测试的不确定性系统模型 USM-1。该模型不需要累加和累减生成, 适合于等间距及非等间距建模, 具有精度高、使用简便等特点。

关键词 不确定性系统; USM-1 模型; 泛灰数学; 苎麻; 回潮率; 数据处理
中图分类号: TS 101.92+1.3 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)01-0042-02

Uncertainty system model USM-1 in testing moisture regain of the ramie fiber

LUO You-xin, LI Xiao-feng
(*Department of Mechanical Engineering, Hunan University of Arts and Science, Changde, Hunan 415003, China*)

Abstract Based on uncertainty system with universal grey mathematics, an uncertainty system model USM-1 to data processing of testing moisture regain of the ramie fiber was put forward. With this model, the data don't need to be preprocessed and the generations of accumulate plus and subtract don't need to be made. The method can be used for model establishing on equal interval, as well as on non-interval. It has high precision and easy to use.

Key words uncertainty system; USM-1 model; universal grey mathematics; ramie; moisture regain; data processing

泛灰信息是一类外延最广的不确定性信息, 它涵盖了随机性、模糊性和未确知性 3 种不确定性信息, 泛灰数学就是实现综合处理不确定性信息的数学, 可称之为不确定性数学[1]。本文以泛灰数学[2,3]为基础, 研究苎麻纤维半制品回潮率电测值 X 与烘箱值 Y 的泛灰不确定性系统模型, 给出了较高精度的检验方法。

1 不确定性系统数据处理模型(USM-1)

由于泛灰集合 G 是包含一切不确定信息(随机的、模糊的、未确知的和灰色的等)的广义不确定信息的集合。因此, 以泛灰数学为基础建立 US 线图数据处理模型[2,3]。

当系统信息可用泛灰数据列

$$X^{(0)} = \{\underline{g}_k \mid k \in i\} = \{(x_k^{(0)}, [\underline{\mu}_k^{(0)}, \overline{\mu}_k^{(0)}]) \mid k \in i)\}, i = 1, 2, \cdots, n$$

表示时, 如果 $X^{(0)}$ 的观测部 $x_k^{(0)}$ 服从规律 L_1, $X^{(0)}$ 的信息部 $\underline{\mu}_k^{(0)}$、$\overline{\mu}_k^{(0)}$ 服从规律 L_2, 则称系统服从 $L_1 - L_2$ 泛灰律, 且单一泛灰序列 $X^{(0)}$ 的观测部与信息部的模型总称为 USM-1。

在灰色系统模型中, 序列一阶线性微分方程模型 GM(1,1) 是应用最广泛的模型。以双非齐次指数泛灰律给出 USM-1 的建模步骤如下:

1) 构造描述观测部变化规律及对应时刻变化律的灰序列

$$\tilde{x}_k^{(0)} = \frac{1}{2}(x_{k+1}^{(0)} + x_k^{(0)}), k = 1, 2, 3, \cdots, n-1$$

$$\tilde{x}_{\Delta k}^{(0)} = \frac{x_{k+1}^{(0)} - x_k^{(0)}}{t_{k+1}^{(0)} - t_k^{(0)}}, k = 1, 2, 3, \cdots, n-1$$

2) 对点列 $(\tilde{x}_k^{(0)}, \tilde{x}_{\Delta k}^{(0)})$, $k = 1, 2, \cdots, n-1$ 做线性回归, 求得回归系数 a

$$\bar{x} = \frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n-1}\tilde{x}_k^{(0)}, \bar{x}_\Delta = \frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n-1}\tilde{x}_{\Delta k}^{(0)}$$

$$a = \frac{\sum_{k=1}^{n-1}(\tilde{x}_k^{(0)} - \bar{x})(\tilde{x}_{\Delta k}^{(0)} - \bar{x}_\Delta)}{\sum_{k=1}^{n-1}(\tilde{x}_k^{(0)} - \bar{x})^2}$$

3) 对点列 $(e^{at_k}, x_k^{(0)})$, $k = 1, 2, \cdots, n$ 做线性回归得线性参数 c、b

$$\bar{e} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}e^{at_k}, \bar{x}_0 = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x_k^{(0)},$$

基金项目: 湖南省教育厅青年资助项目(02B036)
作者简介: 罗佑新(1966-), 男, 教授。主要研究领域包括不确定性理论、混沌理论、神经网络、灰色机械工程学等。

$$c = \frac{\sum_{k=1}^{n}(e^{at_k} - \bar{e})(x_k^{(0)} - \bar{x}_0)}{\sum_{k=1}^{n}(e^{at_k} - \bar{e})^2}, b = \bar{x}_0 - c\bar{e}$$

4) 得观测部 $x_k^{(0)}$ 的非齐次指数模型

$$\hat{x}^{(0)}(t) = ce^{at} + b \qquad (1)$$

5) 建立关于 $\underline{\mu}_k^{(0)}$、$\bar{\mu}_k^{(0)}$ 的拟合模型。

在1)~4)中,将 $x_k^{(0)}$ 换成 $\underline{\mu}_k^{(0)}$,求出相应的 $\underline{a}$、$\underline{b}$、$\underline{c}$ 得到 $\underline{\mu}_k^{(0)}$ 的非齐次指数律

$$\hat{\underline{\mu}}(t) = \underline{c}e^{\underline{a}t} + \underline{b} \qquad (2)$$

在1)~4)中,将 $x_k^{(0)}$ 换成 $\bar{\mu}_k^{(0)}$,求出相应的 $\bar{a}$、$\bar{b}$、$\bar{c}$ 得到 $\bar{\mu}_k^{(0)}$ 的非齐次指数律

$$\hat{\bar{\mu}}^{(0)}(t) = \bar{c}e^{\bar{a}t} + \bar{b} \qquad (3)$$

式(1)~(3)为泛灰系统的双非齐次指数泛灰线图数据处理模型。

2　模型精度检验

对于 US 模型的数据处理模型的精度,除了要检验观测部的精度外,还应检验信息部的模型精度,3 个模型精度要综合考虑,得出系统的泛灰模型精度。对 USM-1 模型同样可以用 GM(1,N) 模型检验的方法进行检验,常用的有 3 种[4]:残差检验、关联度检验及后验差检验。还有一种 C 型关联度的检验方法[3](本文所建模型用此方法检验)。

3　建模实例

以文献[5]的电测法与烘箱值测试结果为依据,考虑到灰色系统建模可以依据少信息或贫信息的原理,假设检测中只进行了 10 次测定。试验数据如表 1 所示。

表 1　电测法与烘箱值测试结果　　%

试验编号	电测值 X	烘箱值 Y	烘箱值(模型值计算值)
1	10.5	10.38	9.785
2	9.2	8.77	8.496
3	8.6	7.94	8.013
4	6.3	6.55	6.643
5	11.3	10.65	10.776
6	9.9	8.86	9.145
7	12.1	11.82	11.954
8	9.8	9.02	9.046
9	9.3	8.42	8.583
10	8.7	8.12	8.089

直接以回潮率电测值 X 与烘箱值 Y 建模型,估计烘箱值 $\hat{Y}$,按本文的方法建立 USM-1 输出结果如下:

$$a = 0.21501, c = 0.5526, b = 4.5018$$

综合关联度 D = (1.1554, 1.2394, 0.8792, 0.9919, 1.0359, 1.0309, 0.9866, 1.0642, -2.7223, 1.0038),整体综合关联度为 0.66647。模型检验为“好”。随后计算观测部模型为 $\hat{Y}(x)$。

$$\hat{Y}(x) = 0.5526 \times \exp(0.21501 \times X) + 4.5018 \qquad (4)$$

平均绝对值相对误差为 1.9336 %。

而文献[6]用灰色预测的等时距 GM(1,1) 模型必须用时间序列 k 与烘箱值 Y 建模,不能用回潮率测量 X 直接建模,当 X 为不等间距时,就不好用时间序列 k 与烘箱值 Y 建模,即使转换后建模也不方便。由此,可以看到本文方法的适应性与科学性。本模型的精度相当于文献[5]的模型 C,该模型的平均绝对误差为 1.95 %,是优化 GM(1,2) 的 2 个参数 α,β 精度高,又能与拟合计算相符,是文献[5]的最佳模型,由此看出本文方法的适应性。同时,运用基于泛灰的不确定性模型,考虑了多种不确定性,因而更具有科学性。

4　结　论

本文运用泛灰色不确定性系统理论,建立了回潮率测试的研究不确定性系统模型 USM-1,给出了精度检验方法,并编制了 MATLAB 程序[6]。该模型不需要累加和累减生成,不仅用于等间距建模,也适合非等间距建模,具有精度高、使用简便等特点,为回潮率测试与工程试验数据处理与试验在线提供了一种通用泛灰不确定性系统模型与方法。计算实例说明了本模型的正确性与有效性。

参考文献:

[1] Wang Qingyin. Uncertainty system theory and its outline[A]. ASSA, 1997.464 - 466.

[2] 王清印. 灰色数学基础[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1996.

[3] 王清印. 预测与决策的不确定性数学模型[M]. 北京:冶金工业出版社,2001.

[4] 薛定宇. 科学运算语言 MATLAB5.3 程序设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2000.

[5] 李晓峰,罗佑新. 苎麻纤维回潮率 GM(1,2) 模型研究[J]. 纺织学报,2001,22(6):28 - 30.

[6] 李晓峰,罗佑新. 灰色系统在工程测试数据处理中的应用研究[J]. 常德师范学院学报(自然科学版). 2001(4):23 - 26.