

文章编号: 1672 - 058X(2011) 02 - 0147 - 03

灰色无偏 GM(1 , 1) 模型在生活能源电力 消费量预测中的应用

梁 武 杜玉霞 高 杨

(宿州学院 数学与统计学院 安徽 宿州 234000)

摘 要: 利用 2000 - 2005 年全国生活能源电力消费量统计数据 , 建立了一个电力消费量预测的灰色无偏 GM(1 , 1) 模型. 模拟结果表明: 灰色无偏 GM(1 , 1) 模型比较合理地反应了生活能源中电力的消费趋势 , 并且预测精度较高、误差较小 , 为电力消费量预测提供了一个科学而有效的方法.

关键词: 灰色系统; 灰色无偏 GM(1 , 1) 模型; 电力消费量

中图分类号: O42

文献标志码: A

灰色系统理论^[1]是 20 世纪 80 年代由我国著名学者邓聚龙教授创立的一门新兴学科 , 它以“部分信息已知 , 部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象 , 主要通过对“部分”已知信息的生成、开发 , 提取有价值的信息 , 实现对系统运行行为的正确认识 and 有效控制. 运用灰色 GM(1 , 1) 模型进行预测时 , 对样本量数据的多少和样本有无规律都适合 , 而且计算量小 , 更不会出现量化结果与定性分析结果不符的情况. 灰色预测方法已广泛应用于各个领域的预测之中^[2-4]. 能源消费品种繁多 , 包括煤炭、焦炭、天然气、液化石油气、煤气、电力、热力、油品等不可再生能源及地热能、太阳能等可再生能源. 从消耗能源品种来看 , 电力和热力是生活用能的主要消费种类. 电力作为一种特殊的商品具有两大特性: 生产、输送与消费同时在瞬间完成的特性; 电力不可储存的特性 , 由此决定了电力需求与经济发展的紧密相关性. 由于电力这种敏感性商品的建设周期较长 , 所以为避免其对社会稳定及投资环境的影响 , 对其建立早期预警系统 , 做到“电力先行”就显得尤为重要. 常见的电力消费量的预测有多元回归分析^[5]、指数回归-ARMA 模型^[6]等. 以 2000-2005 年我国生活能源电力消费量的统计数据为基础 , 建立灰色无偏 GM(1 , 1) 模型 , 该模型本身不存在固有偏差 , 消除了传统灰色预测模型对原始数据序列增长速度不能过快、预测长度不能过长的限制. 通过数据模拟 , 分析比较了传统 GM(1 , 1) 模型与灰色无偏 GM(1 , 1) 模型的精度 , 得到了适合生活能源电力消费量预测的灰色无偏 GM(1 , 1) 模型.

1 灰色无偏 GM(1 , 1) 模型建模步骤

设某系统行为特征量的观测值为 $x^{(0)} = \{ x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(N) \}$, 对 $x^{(0)}$ 进行一次累加生成处理得 $x^{(1)} = \{ x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(N) \}$. 对具有灰指数律的数据序列 , 就可以建立如下无偏灰色模型^[7]:

$$\lambda(x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k-1)) + ax^{(1)}(k) = b \quad (1)$$

其中 $\lambda = \frac{a}{e^a - 1}$, $k = 2, 3, \dots$. a 和 b 是待辨识常数 , 其白化微分方程形式为:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (2)$$

收稿日期: 2010 - 07 - 07; 修回日期: 2010 - 09 - 10.

* 项目基金: 宿州学院校级自然科学研究基金资助(2009yzk22 , 2009yzk24) .

作者简介: 梁武(1982 -) , 男 , 山东烟台人 , 硕士 , 从事数理统计与数据挖掘研究.

建立的生成数据模型: $\hat{x}^{(1)}(1) = x^{(1)}(1) = x^{(0)}(1); \hat{x}^{(1)}(k) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \quad k=2, 3, \dots$. 建立的原始数据模型: $\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1); \hat{x}^{(0)}(k) = (1 - e^{-a})(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-a(k-1)}; k=2, 3, \dots$. 上述灰色模型具有白指数律重合性,它是一种无偏的灰色模型,简记 UGM(1, 1).

模型参数 a, b 的计算方法如下:

由式(1)得 $x^{(1)}(k) = e^{-a}x^{(1)}(k-1) + \frac{b}{a}(1 - e^{-a})$, 令:

$$e^{-a} = \beta_1, \frac{b}{a}(1 - e^{-a}) = \beta_2 \tag{3}$$

取 $k=2, 3, \dots, n$, 有:

$$\begin{aligned} x^{(1)}(2) &= \beta_1 x^{(1)}(1) + \beta_2 \\ x^{(1)}(3) &= \beta_1 x^{(1)}(2) + \beta_2 \\ &\vdots \\ x^{(1)}(n) &= \beta_1 x^{(1)}(n-1) + \beta_2 \end{aligned} \tag{4}$$

令 $C = \begin{bmatrix} x^{(1)}(2) \\ x^{(1)}(3) \\ \vdots \\ x^{(1)}(n) \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} x^{(1)}(1) & 1 \\ x^{(1)}(2) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ x^{(1)}(n-1) & 1 \end{bmatrix}, \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix}$, 则式(4)的矩阵表示式为 $C = A\beta$, 由最小二乘法得

$\hat{\beta} = (A^T A)^{-1} A^T C$, 可得:

$$a = -\ln\beta_1, b = \frac{\beta_2}{1 - \beta_1} a \tag{5}$$

2 UGM(1, 1) 模型的应用

小数据建模是灰色建模的一个重要特点,以下就 2000 - 2005 年全国生活能源电力消费量数据,建立灰色无偏 GM(1, 1) 模型. 数据见表 1. 应用 Matlab 7.0, 分别采用传统 GM(1, 1) 模型及无偏 GM(1, 1) 模型, 获得参数 a, b 及预测模型如表 2.

表 1 全国生活能源电力消费量

	10 ⁹ kW/h					
时 间	2000	2001	2002	2003	2004	2005
生活能源电力消费量	1 672	1 839	2 001	2 238	2 464	2 825

表 2 参数及预测模型

	a	b	预测模型
GM(1, 1) 模型	-0.1	1 530	$\hat{x}^{(0)}(t+1) = 16 972e^{0.1t} - 15 300 \quad \rho \leq t \leq 5$
UGM(1, 1) 模型	-0.095 3	1 540	$\hat{x}^{(0)}(t+1) = 1 693.3e^{0.0953(t-1)} \quad \rho \leq t \leq 5$

应用上述预测模型, 分别求得 2001 - 2005 年预测值见表 3, 预测效果如图 1:

表 3 预测值

	10 ⁹ kW/h					
时 间	2000	2001	2002	2003	2004	2005
GM(1, 1) 模型	1 672	1 785	1 972.3	2 180.2	2 409.2	2 663
UGM(1, 1) 模型	1 672	1 862.6	2 048.9	2 253.7	2 479.1	2 726.9

3 误差分析

按照 $x^{(0)}(k)$ 的拟合序列为 $\hat{x}^{(0)}(k)$ $k=1, 2, \dots, n$ 其平均绝对误差为 $M = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)|$. 在 GM(1,1) 模型中 $M = (54 + 28.7 + 57.8 + 54.8 + 162) / 6 = 49.92$. 在 UGM(1,1) 模型中 $M = (23.6 + 47.9 + 15.7 + 15.1 + 98.1) / 6 = 33.5$. 其平均相对误差为: $H = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left| \frac{[x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)]}{x^{(0)}(k)} \right|$.

在 GM(1,1) 模型中 $H = (0.02936 + 0.01434 + 0.02583 + 0.02224 + 0.05735) / 6 = 2.485\%$.

在 UGM(1,1) 模型中 $H = (0.01251 + 0.02394 + 0.00702 + 0.00613 + 0.03473) / 6 = 1.4055\%$.

4 结束语

从以上模拟的结果可以看出,UGM(1,1)模型的预测精度明显高于传统的GM(1,1)模型,并且误差很小.随着我国经济快速增长,居民收入水平的显著提高,生活能源电力消费量快速增长.准确分析和预测生活能源电力消费量对于了解人们的生活质量、建立节约型社会、扩大内需和促进经济协调发展都有较强的指导意义.此处给出的无偏GM(1,1)模型比较合理地反应了生活能源中电力的消费趋势,为电力消费量预测提供了一个科学而有效的方法.

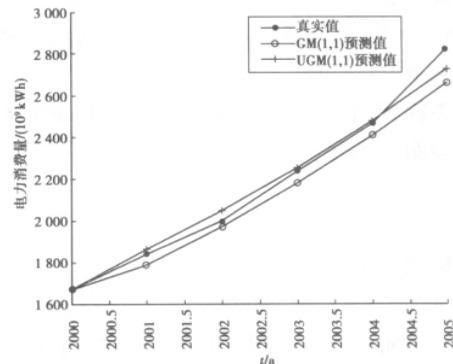


图1 预测效果

参考文献:

- [1] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中工学院出版社,1986
- [2] 唐天国,万星,刘浩吾. 高边坡安全监测的改进GM(1,1)模型预测研究[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(2):307-312
- [3] 罗晓玲,周建新,王玉兰. 基于GM(1,1)模型在高等学校招生人数预测中的应用研究—以四川省普通高校为例[J]. 贵州大学学报:自然科学版,2008,25(4):342-345
- [4] 刘小舟. 灰色系统理论在火灾预测中的应用[J]. 武警学院学报,2007,23(2):55-57
- [5] 蔡火娣,韩兆洲,马文超. 对我国电力消费量的多元回归分析[J]. 统计与决策,2008(14):101-103
- [6] 查奇芬,焦小伟. 指数回归—ARMA模型在我国人均生活电力消费量预测中的应用[J]. 数理统计与管理,2009,28(6):1122-1126
- [7] 马纲,瞿威,芮延年. 灰色无偏GM(1,1)理论应用研究[J]. 中国制造业信息化,2005,34(7):125-126

Application of the Grey Unbiased GM(1,1) Model to the Electricity Consumption Forecast of Living Energy

LIANG Wu ,DU Yu-xia ,GAO Yang

(Department of Mathematics and Statistics ,Suzhou University ,Anhui Suzhou 234000 ,China)

Abstract: Based on the statistic data from 2000 to 2005 about the electricity consumption of living energy of China, a grey unbiased GM(1,1) model is established. The simulation result shows that the grey unbiased GM(1,1) model relatively reasonably reflects the electricity consumption trend of living energy, that the precision of the prediction is relatively high and that the prediction error is comparatively low. In this paper, we obtain an effective performance for the electricity consumption forecast.

Key words: grey system; grey unbiased GM(1,1) model; electricity consumption quantity

责任编辑:代晓红