

基于灰色模型企业电能预测系统的研究

孟祥忠 林存海

(青岛科技大学 自动化与电子工程 青岛 266042)

摘要: 能源预测在企业管理中起着重要的作用。为了解决电力能源预测系统存在的问题,先使用一个经典的灰色预测模型 GM(1,1)进行建模,通过 MATLAB 仿真软件,然后根据企业前九个月的电能消耗数据预测后 3 个月的电能消耗数据,画出仿真曲线。最后利用改进的灰色模型 PGM(1,1)再进行仿真,比较仿真结果曲线发现改进的预测算法模型具有更小的平均相对误差,PGM(1,1)算法克服了 GM(1,1)灰色模型中数据可能存在短时间内出现波动的情况,使预测模型的结果更加接近企业实际的电能消耗数据。

关键词: 灰色理论;预测模型;能源预测;MATLAB 仿真

中图分类号: TP2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 120.5010

Based on grey model to predict enterprise power system research

Meng Xiangzhong Lin Cunhai

(College of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Energy forecasting is important in enterprise management, In order to solve the problems existing in the system of power energy forecasting, To use a simple grey forecasting model GM (1, 1) was simulated firstly, Through Matlab simulation software, Then according to the enterprise for the first nine months of the power consumption of data to predict three months after the power consumption of data. Draw the simulation curve, lastly, Using the improved gray model PGM (1, 1), Comparing the simulation results curve found improved prediction algorithm model has a smaller average relative error, PGM (1, 1) algorithm to overcome the GM (1, 1) grey model mutation of data in a short period of time, Make the results of the prediction model is more close to the enterprise actual power consumption data.

Keywords: grey theory; prediction model; energy forecasting; MATLAB simulation

1 引言

企业电能预测是企业管理的主要技术难题之一。由于企业电能预测受电能稳定性、工人工作效率、产品需求量、设备运行情况等诸多因素的印象,使得能够成功预测电能需求成为许多企业的共同难题,特别是一些耗能大、电网复杂企业。目前,许多企业往往根据往年的电能数据统计,简单的进行估计,没有引入科学的预测模型,随着神经网络的兴起,不少学者利用神经网络的自组织学习功能,从动态监测数据中找出其蕴含的规律对电能进行预测,但建立的模型往往不能同时对短期用电量进行预测^[1]。

灰色理论也已应用于电能预测领域,目前使用的主要是经典 GM(1, 1)模型。与各种经验曲线模型类似,利用灰色模型可以进行短期电能预测。但在工程实际中由于检测条件的限制,几乎很难达到预期目标。在已有的利用灰色模型预测电能案例中,没有克服灰色模型中数据可能存

在短时间内出现波动的情况。本文预测将改进的灰色模型 PGM(1,1),作为一种尝试,克服数据波动问题。

2 灰色理论 GM(1,1)模型的建立

2.1 灰色预测模型

我国学者邓聚龙根据现有成熟时间序列分析方法理论创立灰色理论,它以“整体数据中一部分透明一部分灰色”的不确定结构为研究对象,主要方法是对整体已知的信息进行生成、开发,处理,获取有价值的信息,实现对系统的状态、变化规律的正确描述和有效控制,灰色预测就是根据灰色理论进行建立的,它根据少量条件建立灰色预测模型,从而预测以后的系统运行情况,邓聚龙教授提出的 GM(H, N)模型(其中 G 代表灰色、M 代表模型、H 代表阶数、N 代表变量数)为灰色系统的预测、决策与控制奠定了基础,是灰色预测理论的核心^[2]。

灰色系统常常采用灰色理论方法进行研究,用于灰色

研究方法的结构往往既含有透明条件又含有灰色条件,即对灰色过程进行研究。其具体方法是通过分析系统中各个因素,找出系统中各个因素之间的联系,通过对原始数据进行处理计算(一般是进行一次累加)来探寻系统变化的规律,将原始数据变成一种数据序列,这种数据序列具有较强的规律性。然后建立一个微分方程,这个微分方程是以数据序列为基础生成的,从而对未来数据进行预测。

2.2 灰色 GM(1,1)预测模型的建立步骤

GM(1,1)模型可以有效的处理原始序列中存在的随机性和波动性,使提供的数据对于灰色模型来说更加有效^[3]。为了减弱原始序列的随机性和波动性,为灰色模型提供更有效的信息,利用灰色预测模型对原始数据进行预处理。

1)对原始数据进行预处理生成累加数列如下:

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (1)$$

原始数列为:

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (2)$$

式中:

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

2)建立 GM(1,1)模型

假设预处理后的数列 $X^{(1)}$ 满足方程(灰色理论称为白化方程)^[4]:

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (4)$$

式中: a 为发展灰数, b 为控制灰数。

白化方程的时间响应函数为:

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(1) - \frac{b}{a})e^{-at} + \frac{b}{a} \quad (5)$$

时间响应函数离散化得到时间响应序列:

$$x^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

3)求解参数 a, b

利用最小二乘法准则求解 a, b 的估计值:

$$u = \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = (B^T \cdot B)^{-1} B^T Y \quad (7)$$

式中:

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^1(2) + x^1(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^1(3) + x^1(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^1(n) + x^1(n-1)] & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

于是得到预测值:

$$x(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}, k = 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad (9)$$

再对预测值进行逆处理(累减),得到原始预测值:

$$x^0(k+1) = x^1(k+1) - x^1(k), k = 1, 2, 3, \dots, n-1 \quad (10)$$

2.3 灰色 GM(1,1)预测模型的改进模型 PGM(1,1)

GM(1,1)预测模型中矩阵 B 中的向量是取得两个数据之间的平均值,为了更好地避免数据突变带来的误差,提出了该进的 PGM(1,1)模型^[5],该模型的不同之处就是在矩阵 B 中加入了权重因子 P ,通过选择不同的权重因子 P ,得出不同的预测结果^[6],然后比较结果的误差大小,在一系列的预测结果中选择最优的预测结果,并且确定最优的权重值 P 。PGM(1,1)的 B 矩阵如下:

$$B = \begin{bmatrix} -P[x^1(2) + x^1(1)] & 1 \\ -P[x^1(3) + x^1(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -P[x^1(n) + x^1(n-1)] & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

2.4 模型的验证

设 $x^{(0)}$ 为原始数据, $\bar{x}^{(0)}$ 为预测数据。绝对残差为 $\Delta^{[7]}$,相对残差为 Φ ,平均相对残差为 $\bar{\Phi}$,精度为 P 。模型验证有如下公式:

$$\Delta(i) = |x^{(0)}(i) - \bar{x}^{(0)}(i)|, i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\Phi(i) = \frac{x^{(0)}(i) - \bar{x}^{(0)}(i)}{x^{(0)}(i)} \times 100\%, i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$\bar{\Phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Phi(i) \quad (14)$$

$$P = (1 - \bar{\Phi}) \times 100\% \quad (15)$$

对于平均相对残差 $\bar{\Phi}$,一般要求 $\bar{\Phi} < 20\%$,最好 $\bar{\Phi} < 10\%$;对于精度 P ,一般要求 $P > 80\%$,最好 $P > 90\%$,称模型为残差合格模型。

3 模型仿真与分析

选取某煤矿的一年的电能消耗量为原始数据,其中前 9 个月的数据作为建模样本,后 3 个月数据作为预测检验样本,如表 1 所示。

表 1 煤矿电能消耗量数据

月份/月	1	2	3	4	5	6
用电量/(万 kW·h)	3 077	1 802	2 566	2 493	3 169	3 116
月份/月	7	8	9	10	11	12
用电量/(万 kW·h)	3 709	4 319	3 707	3 835	4 203	4 135

利用 MATLAB 仿真得到 GM(1,1)预测值^[8]和实际值的对比如图 1 和 2 所示。

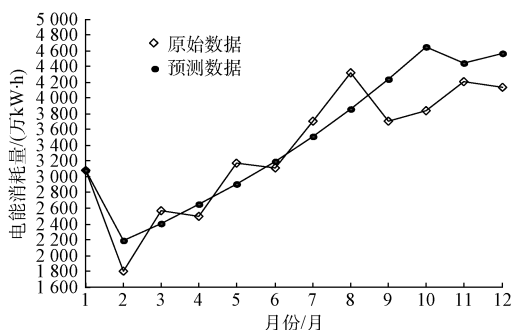


图1 GM(1,1)预测模型仿真图

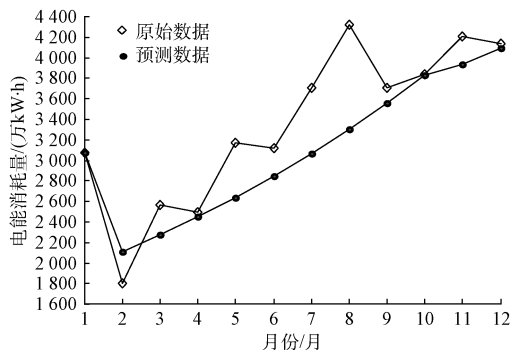


图2 PGM(1,1)预测模型仿真图

根据公式得到灰色预测模型的平均相对残差为2.5%,精度为97.5%。属于“最好”等级^[9]。

从仿真的结果比较来看,PGM(1,1)模型比GM(1,1)模型预测的更精确,随着对GM(1,1)模型研究的逐步深入,发现GM(1,1)模型的仿真误差与发展系数有关,模型的规律随开发系数的增加而增加,且随着模拟误差的增加而迅速增加^[10]。

4 结 论

对企业能源的合理分配和使用的预测,可以使得企业管理部门事先了解企业能源消耗的情况,提前做好准备、合理制定能源使用的方案,避免出现由于生产用能源预计不足的情况,导致企业生产过程出现能源吃紧现象,是企业能源管理系统的一项核心技术^[11]。本研究课题利用灰色理论原理,建立GM(1,1)灰色预测模型对煤矿电能消耗进行预测,并且根据模型本身的问题提出了改进型的预测模型PGM(1,1),能有效的克服数据在短时间内出现剧烈的突

变对预测造成的干扰,有效地提高了预测速度和预测精度;最后通过两组实例数据的对比分析,验证了所提模型和算法的有效性。

参考文献

- [1] 于明,王磊.基于改进BP神经网络的光伏发电系统输出功率短期预测模型[J].电力系统保护与控制,2012,40(11):93-98.
- [2] 唐丽芳,贾冬青,孟庆鹏.用MATLAB实现灰色预测GM(1,1)模型[J].沧州师范专科学校学报,2005,24(2):35-37.
- [3] 张玉堂,程新文.灰色模型与智能算法组合模型在变形预测中的应用[J].地理空间信息,2011,9(2):109-112.
- [4] 程松林,任利伟.基于灰色和神经网络的最优组合预测分析[J].上海电机学院学报,2009,12(2):157-160.
- [5] 王守相,张娜.基于灰色神经网络组合模型的光伏短期出力预测[J].电力系统自动化,2012,36(19):37-41.
- [6] 刘祥妹.基于BP神经网络的组合预测技术在企业能源管理系统中的应用研究[D].青岛:青岛科技大学,2012.
- [7] 杨少梅,梅林.基于GM(1,1)模型的新能源预测及分析[J].华北电力大学学报,2011,38(4):106-109.
- [8] 朱登远,常晓凤.灰预测GM(1,1)模型的MATLAB实现[J].河南城建学院学报,2013(3):65-68.
- [9] 于婷婷.基于组合算法的预测方法分析与研究[D].青岛:青岛理工大学,2012.
- [10] 张文昌,祝连庆,娄小平.基于灰色预测恢复算法的流式细胞仪多参数提取[J].仪器仪表学报,2015,36(7):40-45.
- [11] 王典.基于Hadoop平台的电能预测管理系统研究与应用[D].武汉:武汉工程大学,2012.

作者简介

孟祥忠,1964年出生,博士,硕士生导师,研究方向为智能控制理论与应用、电力系统监控与保护技术。

林存海,1989年出生,硕士研究生,研究方向为控制科学与工程。

E-mail:948634597@qq.com