

基于 MATLAB 的县网中长期负荷预测的实现与应用

吴义纯¹, 李瑞君^{1,2}, 李 森¹

(1. 安徽电气工程职业技术学院, 安徽 合肥 230032;

2. 合肥工业大学 仪器科学与光电工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 负荷预测是县级电网规划的基础, 为制定合理的电网发展和投资规划提供依据, 对于保障地方经济发展所需电力供给具有重要实际意义。文中结合县级电网的实际情况, 选用电力弹性系数、线性回归分析、趋势外推、改进灰色预测等方法对实际县级电网电量进行中长期预测, 基于 MATLAB 平台编程实现各种预测方法, 并结合算例加以分析比较, 说明文中预测建模简洁、实用性较强, 基于 MATLAB 的建模方法适用于县级电网实际情况, 能为电网规划的中长期负荷预测提供有效的分析计算工具, 具有较高的应用价值。

关键词: 县级电网; 电网规划; 负荷预测; MATLAB

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)12-0183-04

Realization and Application of Medium and Long Term Load Forecasting Method for County Grid Based on MATLAB

WU Yi-chun¹, LI Rui-jun^{1,2}, LI Miao¹

(1. Anhui Electrical Engineering Professional Technique College, Hefei 230032, China;

2. School of Instrument Science and Opto-electric Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Load forecasting is the foundation of the county power grid planning, providing the basis to make the rational power grid development and investment plan, having important practical significance for power supply to ensure the local economic development. Combined with the actual situation of county grid in the paper, choose the electricity elastic coefficient, linear regression analysis, trend extrapolation, and improvement of the grey forecasting such practical methods to predict the actual electric quantity of county grid in medium and long term, based on MATLAB platform programming, all kinds of methods are achieved, and are analyzed and compared by an example, showing that this forecast modeling is simple and more practical. Modeling method based on MATLAB is applicable to the actual situation at the county level power grid, which may provide the effective analysis tools for medium and long term load forecasting of power grid planning, having higher application value.

Key words: county power grid; power grid planning; load forecasting; MATLAB

0 引言

县级电网规划直接关系到地方经济发展和能源供给, 负荷预测是电网规划的基础, 准确的负荷预测能为电网企业制定合理的发展和投资规划提供依据, 为县域经济的发展提供电力。

负荷预测需要国民经济和电力负荷等历史数据, 以及国民经济发展规划等资料, 往往由于管理和技术力量不足等原因, 一些电量和负荷的历史详细数据不

够确切和全面^[1]。由于受社会、经济、气候等多种不确定因素影响, 很准确地负荷预测是十分困难的, 但在一定条件下, 仍存在着明显的变化趋势^[2], 多年来对其研究方法非常多^[3-6]。在县网规划中往往历史数据不够详实和技术力量薄弱, 如过于追求复杂高深的数学方法, 而忽视了对预测问题的本质性分析, 易走入误区, 往往简单模型优于复杂, 这是因为简单模型比复杂模型的参数易于估计, 且求解结果易于解释、理解和检查, 更容易识别出模型的异常变动^[7]。为此, 文中从县网实际情况出发, 选用弹性系数、回归分析、趋势外推、改进灰色预测等实用方法, 基于 MATLAB 平台编程实现算法, 对实际县网电力电量进行中长期预测, 并加以分析和比较为电网规划中负荷预测提供有效的分析计

收稿日期: 2012-04-19; 修回日期: 2012-07-23

基金项目: 安徽省高等学校省级自然科学基金项目 (KJ2009B158Z)

作者简介: 吴义纯 (1973-); 男, 安徽安庆人, 教授, 博士, 研究方向是分布式发电、电力系统规划。

算工具。

1 各种实用方法介绍

1.1 电力弹性系数法

电力弹性系数是反映一定时期内国民经济的发展与电量需求增长之间的内在关系的宏观指标,其大小与科技与生产力水平、经济与产业结构、产业能耗等密切关系,其变化一般具有规律性,但也存在不确定性。当预测期各年的 GDP 增长率和电能量弹性系数相等时,则某规划年供电量 W_i 为:

$$W_i = W_0 (1 + EG)^i \quad i = 1, 2, 3 \dots$$

式中, W_0 是基准年供电量; E 是电力弹性系数; i 是规划年限; G 是国民经济 GDP 发展增长率。

1.2 回归分析法

回归分析方法通过对变量的观测数据统计分析,如 GDP 值与用电量散点图,从而实现对未来的负荷进行预测。一元线性回归预测模型常常用于中长期负荷预测,回归预测模型为: $Y = a + bX$, 式中, Y 为用电量, X 为 GDP 值, a 和 b 为回归系数,常根据负荷的历史资料采用最小二乘法估计。

1.3 趋势外推法

线性趋势外推法是最简单的外推法,若历史负荷数据构成的曲线近似于直线,则可按直线规律外推事物未来的变化,给出预测值

$$\hat{x}_{i+l} = a_i + b_i l (l = 1, 2, \dots)$$

预测的关键是求出 a_i 和 b_i , 二次指数平滑算法是线性趋势外推法的一种,可以方便求出 a_i 和 b_i , 其实际计算过程如下:

(1) 计算指数平滑序列。

$$S_i^{(1)} = \alpha x_i + (1 - \alpha) S_{i-1}^{(1)}$$

$$S_i^{(2)} = \alpha S_i^{(1)} + (1 - \alpha) S_{i-1}^{(1)} (t = 1, 2, \dots, T)$$

其中, x_i 是历史数据,平滑系数 α 可通过分析预测误差加以优选。

(2) 计算预测直线的截距和斜率。

$$\hat{a}_i = 2S_i^{(1)} - S_i^{(2)}$$

$$\hat{b}_i = \frac{\alpha}{1 - \alpha} [S_i^{(1)} - S_i^{(2)}] (t = 1, 2, \dots, T)$$

(3) 做负荷预测。

$$\hat{x}_{i+l} = \hat{a}_i + \hat{b}_i l = \frac{2 - \alpha}{1 - \alpha} S_i^{(1)} - \frac{1}{1 - \alpha} S_i^{(2)}$$

$$(l = 1, 2, \dots, T - 1)$$

$$x_{T+l} = a_T + b_T l (l = 1, 2, \dots)$$

还需指出,不是在整个时段内拟合一条直线, T 时刻以前的预测值不一定在一条直线上,这与直线拟合如回归方法预测是不同的,当 $t > T$ 时,预测值由直线

计算,是在同一直线上^[8]。

1.4 残差修正灰色预测模型

灰色预测方法常用于负荷预测,为了增加原始历史电力负荷序列 $\{x^{(0)}\}$ 的规律性,弱化其波动性,可采用一次累加等方法获得新的呈单调增长的数据序列 $\{x^{(1)}\}$,以便于用函数去逼近拟合,有

$$x^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}] e^{-ak} + \frac{u}{a}$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

式中, a, u 可以根据历史数据利用最小二乘法得到。

为了有效地提高 GM(1,1) 模型的预测精度,可用残差绝对值序列建立 GM(1,1) 模型对原模型进行修正^[9]。根据 GM(1,1) 模型得到的预测数列与原始数列的差值建立残差序列 $\{e^{(0)}\}$,可以得到残差绝对值序列灰色预测模型,进而可得改进后的修正模型为

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (e^{-a} - 1) [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}] e^{-ak} +$$

$$m(k+1)(e^{-a'} - 1) [e^{(0)}(1) - \frac{u'}{a'}] e^{-a'k}$$

式中, $m(k)$ 为符号函数, a', u' 可以根据残差序列利用最小二乘法得到。

2 基于 MATLAB 的编程实现

MATLAB 是用于数学计算和工程仿真的大型软件,在数值分析、科学计算、算法开发、建模和仿真等方面具有独特的优势^[10],得到广泛的应用^[11,12],可以用于负荷预测的研究,下面主要探讨基于 MATLAB 实现建模的部分方法的关键程序代码。

2.1 电力弹性系数法关键程序代码

$\text{delta}E(i) = (E(i+1)/E(i)) - 1$; % i 是年份, $E(i)$ 是全社会用电负荷, $\text{delta}E(i)$ 是全社会用电增速。

$\text{delta}G(i) = (G(i+1)/G(i)) - 1$; % 求全社会 GDP 增速 $\text{delta}G(i)$ 。

$K(i) = \text{delta}E(i) / \text{delta}G(i)$; % 求各年份电力弹性系数 $K(i)$ 。

$E(i+1) = E(i) * (1 + K(i) * \text{delta}G(i))$; % 求全社会用电负荷预测值。

2.2 回归分析法关键程序代码

$z = [\text{ones}(10,1) \ G']$; % 求回归系数矩阵 z , G 是全社会 GDP。

$[B, \text{BINT}] = \text{REGRESS}(E', z)$; % 求最小二乘估计值, B 是最小二乘估计矩阵, BINT 是估计值置信区间, E 是全社会用电负荷。

$\text{FORE} = z * B$; % 预测各年份的用电负荷, FORE 是预测序列。

2.3 趋势外推法关键程序代码

$s1(i+1) = a * E(i+1) + (1-a) * s1(i)$; % 一阶指数平滑序列, $s1(i)$ 是一阶指数序列, a 是权重系数。

$s2(i+1) = a * s1(i+1) + (1-a) * s2(i)$; % 二阶指数平滑序列, $s2(i)$ 是二阶指数序列。

$\alpha = 2 * s1 - s2$; % α 是预测直线的截距。

$\beta = a / (1-a) * (s1 - s2)$; % 预测直线的截距和斜率, β 是预测直线的斜率。

$fore(i) = \alpha(i-1) + \beta(i-1)$; % 预测值, $fore$ 是预测序列。

2.4 残差修正灰色预测法关键程序代码

参数说明: Var —传统灰色模型预测值; x —原始数据序列; $\alpha error$ —残差绝对值序列最小二乘法估计的参数矩阵; $B error$ —残差绝对值序列累加矩阵; $y error$ —残差绝对值序列累加矩阵平移矩阵; $error var$ —残差绝对值累加数列预测值。

$error(i,:) = var(i,:) - x(i,:)$; % 计算残差序列。

$\alpha error = inv(B error' * B error) * B error' * y error$; % 最小二乘法估计残差绝对值序列参数矩阵。

$error var(i+1,:) = ((abs(error(1,:)) - \alpha error(2,:)/\alpha error(1,:)) * exp(-\alpha error(1,:)) * (i)) + \alpha error(2,:)/\alpha error(1,:)) - ((abs(error(1,:)) - \alpha error(2,:)/\alpha error(1,:)) * exp(-\alpha error(1,:) * (i-1)) + \alpha error(2,:)/\alpha error(1,:))$; % 残差绝对值累加数列估计值。

3 实际应用与分析

3.1 各种方法预测结果

现有 A 县近 10 年来经济发展的 GDP 值和用电量的历史数据如表 1 所示,采用电力弹性系数法、回归分析法、趋势外推法和灰色预测法对未来 5 年的电力负荷进行预测,为该地区电力规划工作提供重要依据。各种方法用电量预测结果见表 2。

表 1 GDP 值和用电量历史数据

(GDP 单位:亿元,用电量单位:亿千瓦时)

年份	1	2	3	4	5
用电量	1.562	1.698	1.846	2.006	2.181
年份	6	7	8	9	10
用电量	2.370	2.549	2.787	3.102	3.274

经比较,用电量预测数据与真实数据偏差不大,基本满足要求,说明各种预测方法都有其理论基础及实用价值。经模型校验,后验差比值分别为: $C1 = 0.096732$, $C2 = 0.14766$, $C3 = 0.11136$, $C4 = 0.042032$, 小误差概率 p 全为 100%。在本县网中,由于残差修正灰色模型预测的后验差比值 C 较小,采用残差修正灰色模型对用电量预测结果较为符合实际,根据此预测

数据,就可以为该区的后面电网系统进行合理的规划提供基础。

表 2 各种方法用电量预测结果(单位:亿千瓦时)

年份	电力弹性系数法	回归分析法	趋势外推法	残差修正灰色模型
1	1.562	1.565	1.562	1.562
2	1.7567	1.6548	1.562	1.7007
3	1.9096	1.9538	1.7796	1.8498
4	2.0761	2.1239	1.9729	2.0125
5	2.256	2.1653	2.1554	2.1902
6	2.4528	2.3249	2.3471	2.3846
7	2.6654	2.4761	2.5509	2.5465
8	2.8667	2.6877	2.7297	2.7591
9	3.1344	3.0221	3.002	3.0898
10	3.4886	3.4015	3.3793	3.2285

3.2 预测方法的分析比较

为了进一步对实用预测方法加以分析和比较,选取 B、C 县级区域电网的用电量进行建模预测,预测结果与用电量真实值比较如图 1、图 2 所示。

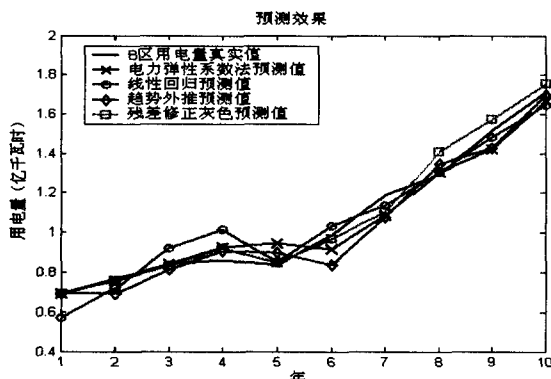


图 1 B 区用电量真实值与各种方法预测值

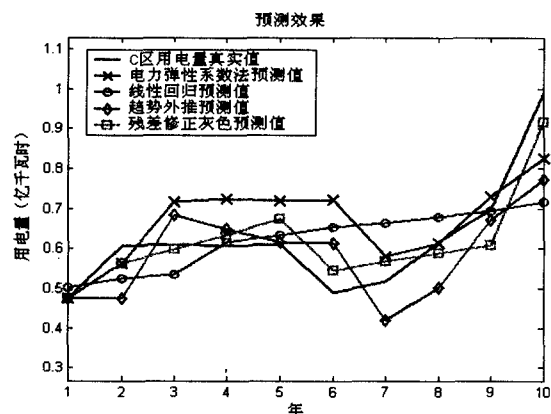


图 2 C 区用电量真实值与各种方法预测值

通过对比图 1、图 2 的预测值与真实值可以看出:

(1) 在负荷按照一定的规律稳定增长的情况下,各种方法预测的效果都比较好,比如 B 区的预测结果。

(2) 如图 2 所示,当负荷发生突变时,各种方法的预测精度都会不同程度的下降,如弹性系数法、趋势外推法预测效果大打折扣;由于残差修正灰色模型对原始数据进行处理弱化其波动性和突变的相对幅度,其

预测效果受影响小些。

(3)数据总体上符合线性规律,用线性回归模型预测的结果相对更准确一些,如 B 区后半段。

(4)对不同规律的数据和在不同数据点的预测精度也相差较大。

可见用电量数据的规律不同,适用的预测模型也不尽相同,而且同一种模型无法适用于所有地区的负荷预测。一般,在实际工作中,不能简单地根据一个预测模型得出结论,应对各种预测方法和模型的预测结果进行分析,相互校核,选择合适的模型。

文中在 MATLAB 环境下实现多种预测方法,为实际电网电力预测提供重要参考。同时,还需指出,所建立数学模型也许能够很好地拟合历史数据,适应了历史数据的变化规律,还需与未来数据相联系方能达到最佳预测结果,为此,还要结合国家产业政策和当地经济发展趋势和规划等,根据需要选择合适的方法,最终得出合理的预测结果。

4 结束语

负荷预测的准确性直接关系到电网投资、网络布局、电网规划与运行的合理性,因县级供电企业技术力量和历史数据有限,更适合选择建模简便、易于实现的实用预测方法,文中基于 MATLAB 工具建模对于实际电力负荷预测提供具有较高的应用价值。

参考文献:

- [1] 左新南,龚里. 县级电网规划负荷预测方法的探讨[J]. 红水河, 2006, 25(2): 135-137.
- [2] 谢洁树. 电力负荷预测的方法研究[J]. 绝缘材料, 2008, 41(4): 67-70.
- [3] 方仍存,周建中,张勇传,等. 基于粒子群优化的非线性灰色 Bernoulli 模型在中长期负荷预测中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32(12): 60-63.
- [4] 李翔,高山,陈昊. 基于变结构协整理论的中长期电力负荷预测模型[J]. 电网技术, 2007, 31(9): 48-52.
- [5] 孟祥萍,冯国杰,余雪芳,等. 模糊层次分析法在系统中长期负荷协调控制预测中的研究[J]. 长春工程学院学报, 2010, 11(3): 38-41.
- [6] 黄永聪,张旭,吴义纯,等. 改进的径向基函数网络的研究及应用[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(5): 158-161.
- [7] 康重庆,夏清,刘梅. 电力系统负荷预测[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [8] 牛东晓,曹树华,卢建昌,等. 电力负荷预测技术及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [9] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [10] 徐金明. Matlab 实用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [11] 向修栋,付云芝. 在 matlab 中实现旋转曲面的动画设计[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(3): 52-55.
- [12] 陈寿文,李明东. Matlab 在蚁群聚类算法数据源产生中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(7): 216-219.

(上接第 166 页)

了其可以扩展系统的安全窗口期。

(4)实验结果证明,应用了全局惩罚因子的激励模型可使得系统不但可出现针对单个攻击节点的安全窗口期,还可能出现全局上的安全窗口期。

参考文献:

- [1] 夏春和,石昀平,李肖坚. 结构化对等网中的 P2P 蠕虫传播模型研究[J]. 计算机学报, 2006(6): 952-959.
- [2] 余一娇,金海. 对等网络中的搭便车行为分析与抑制机制综述[J]. 计算机学报, 2008(1): 1-15.
- [3] Kudtarkar A M, Umamaheswari S. Avoiding white washing in P2P networks[C]//2009 First International Communication Systems and Networks and Workshops. NJ: IEEE, 2009.
- [4] 吴国庆. 对等网络技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(7): 100-103.
- [5] Douceur J R. The Sybil attack[J]. Peer-to-peer systems, 2002, 2429: 251-260.
- [6] Rowaihy H, Enck W, McDaniel P, et al. Limiting Sybil attacks in structured P2P networks[C]//Proceedings - IEEE INFOCOM. NJ, USA: IEEE, 2007.

- [7] Oliver J, Jochen D, Hannes H. Quantitative analysis of the sybil attack and effective sybil resistance in peer-to-peer systems[C]//IEEE International Conference on Communications. New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2010.
- [8] Viswanath B, Post A, Gummadi K P, et al. An analysis of social network-based Sybil defenses[C]//SIGCOMM 10 - Proceedings of the SIGCOMM 2010 Conference. New York: Association for Computing Machinery, 2010.
- [9] Borisov N. Computational puzzles as Sybil defenses[C]//2006 6th IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing. California: IEEE, 2006.
- [10] 李景涛,荆一楠,肖晓春,等. 基于相似度加权推荐的 P2P 环境下的信任模型[J]. 软件学报, 2007(1): 157-167.
- [11] 田慧蓉,邹仕洪,王文东,等. 激励一致的自适应 P2P 拓扑构造[J]. 软件学报, 2006(4): 845-853.
- [12] 石志国,刘冀伟,王志良. 基于时间窗反馈机制的动态 P2P 信任模型[J]. 通信学报, 2010(2): 120-129.
- [13] 楚国锋,陈麒,张鸾. P2P 网络模拟器分析与比较[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(10): 66-69.