

农村电力系统负荷预测研究

叶红朝 (河南省烟草公司洛阳市公司, 河南洛阳 471023)

摘要 农村电力系统规划和运行在负荷预测方面是非常重要的。主要叙述了时间序列分析的构思, 模型构建方法的过程及步骤, 假设时间序列, 运用 MATLAB 软件试验, 实现了模型参数的估计的过程和模型的定阶。运用灰色理论法进一步建立灰色模型 GM(1, 1), 且通过灰色关联分析进一步分析出不同模型的灰色关联度, 这样才能更好地选择模型。

关键词 负荷预测; 时间序列法; 灰色模型; 灰色关联度

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)12-03685-03

Research on Load Forecasting of Power System

YE Hong-chao (Luoyang Branch of Henan Tobacco Company, Luoyang, Henan 471023)

Abstract Rural electric power system planning and operation is significant in load forecasting. The conception of time series was elaborated, as well as model construction method and steps. MATLAB software was used to carried out an experiment, realizing model parameters estimation process and model order determination. Grey theory method was used to further establish grey model GM(1, 1), the grey correlation degree was further analyzed.

Key words Load forecasting; Time series method; Grey model; Grey correlation degree

电力负荷预测是完成并实现农村电力系统安全上的基础, 也是基本经济运行的基础。准确的合理的负荷预测有益于提高电力系统运行方面的经济性与稳定性。目前已有各种各样负荷预测的方法。传统预测方法例如趋势外推法、线性回归法、时间序列法等, 直接建立数学表达式, 对这类相关因素和负荷之间的关系用不同的方式表达; 新兴的预测方法如改进模糊聚类算法、灰色预测方法、人工神经网络法、空间负荷预测法及优选组合预测法等, 对搜集来的负荷数据序列进行建模和分析。

随时间变化时间序列是按时间的一定顺序排列的且相互关联的数据序列。时间序列分析的目标是找出它的变化规律, 即线性模型, 模型主要有 3 种: MA 模型(滑动平均模型)、ARMA 模型(自回归滑动平均模型或混合模型)和 AR 模型(自回归模型)。时间序列在工程中最常用于做预报, 如地震预报、水文预报、气象预报、电力负荷预报等。

灰色系统理论是建立在一定时间范围内有变化的灰色过程的预测。虽然在过程中所表现出来的现象是无目的的、杂乱无章的, 但是其本质上则是有序的、有界限的, 因此这些数据集中在一起具备一定的潜在性规律。灰色预测即是利用这些规律来建立灰色模型并对灰色系统进行预测。因而从预测不确定性这方面来说, 利用灰色系统来建立农村电力系统完成负荷预测是十分合适的。

灰色系统理论其中的一种分析方法是灰色关联度分析, 其主要是面对系统动态的、发展过程中的量化分析, 它是根据不同因素间发展态势的相异或相似程度来衡量因素间相关联的程度。灰色关联度的基本概念是根据曲线间相似程度进而来判断关联程度, 其本质上是几种几何形状和曲线间的对比分析, 它认为几何形状越接近, 则发展变化态势越接近, 关联程度越大。为此, 笔者针对 ARMA 模型与灰色预测

模型来进行比较, 进而得出更好的选择模型。

1 ARMA 模型辨识与预测

时序方法建立基础是严密的数学理论, 具有结构简单、方便操作、预测速度快等特点, 相比于其他时序分析预测方法, 它更符合实际应用。ARMA 法的基本思想是: 一串随时间变化进而又互相关联的数字序列, 可以利用与之有关的模型加以近似描述。

1.1 ARMA 模型的定义 设 $\{X_t, t=0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$ 是零均值平稳序列, 满足下列模型:

$$X_t - \varphi_1 X_{t-1} - \dots - \varphi_p X_{t-p} = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

式中, ε_t 是零均值、方差是 σ_ε^2 的平稳白噪声。 X_t 是阶数为 p, q 的自回归序列, 简记为 ARMA(p, q) 序列。当 $q=0$ 时, 它是 AR(p) 序列; 当 $p=0$ 时, 它为 MA(q) 序列。

1.2 模型阶次的确定 AIC 准则即最小信息准则, 与此同时给出 ARMA 模型阶数与参数的最佳估计, 其适用于样本数据较少时的问题。目的是进行判断预测目标及其发展过程, 相比之下与哪一个随机过程最接近。此时只有当样本量足够大, 与样本相关自相关函数才与原时间序列的自相关函数非常接近。运用在具体问题时, 在其规定范围内, 使模型阶数按由低到高, 分别来计算 AIC 值, 最后得出并确定使其值最小的阶数, 即是模型的合适阶数:

模型参数最大似然估计时:

$$AIC = (n-d) \lg \sigma^2 + 2(p+q+2) \quad (2)$$

模型参数最小二乘估计时:

$$AIC = (n-d) \lg \sigma^2 + (p+q+1) \lg n \quad (3)$$

式中, n 为样本数; σ^2 为拟合残差平方和; d, p, q 为参数。 p, q 范围上限当 n 较小时取 n 的比例, 当 n 较大时取 $\lg n$ 的倍数。

对时间序列的 $X_t (t=1, 2, \dots, N)$, 首先要进行相关性分析。相关性分析的任务是计算序列 X_t 的样本自相关函数和样本偏相关函数, 并由它们的截尾性和拖尾性来进行模型类别的判断。可根据表 1 进行模型结构的初选。

基金项目 河南省烟草公司重点项目 (HYKJ201310)

作者简介 叶红朝 (1966-), 男, 河南洛阳人, 农艺师, 从事农业工程和烟草园艺研究。

收稿日期 2014-04-10

表1 ARMA(p,q)模型的序列特征

函数类型	AR (p)	MA (q)	ARMA (p,q)
自相关函数	拖尾	截尾 $k=p$ 处	拖尾
偏自相关函数	截尾 $k=p$ 处	拖尾	拖尾

1.3 应用实例 已知某县的某些年的用电量如表2所示。

在建立 ARMA 模型之前,首要的任务就是检验负荷预测序列是否平稳,如果不平稳,就要对序列进行差分,差分后成为平稳序列,则称其为 d 阶单整序列,其中 d 为差分的次数。通过计算自相关函数和偏相关函数(图1、2),确定取 $d=1$ 。

表2 年用电量

MW

年份	用电量	年份	用电量	年份	用电量
1986	831	1993	1 491	2000	2 617
1987	922	1994	1 677	2001	2 938
1988	986	1995	1 838	2002	3 164
1989	1 016	1996	1 968	2003	3 379
1990	1 097	1997	2 061	2004	3 548
1991	1 210	1998	2 130	2005	3 769
1992	1 356	1999	2 284		

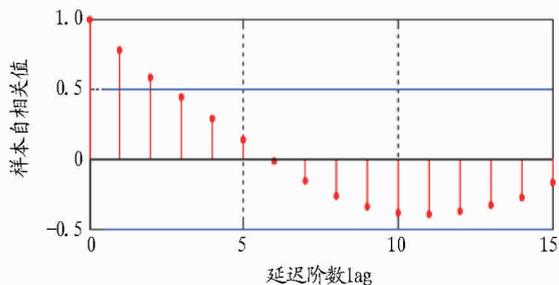


图1 原始数据的自相关函数 ACF 与偏相关函数 PACF

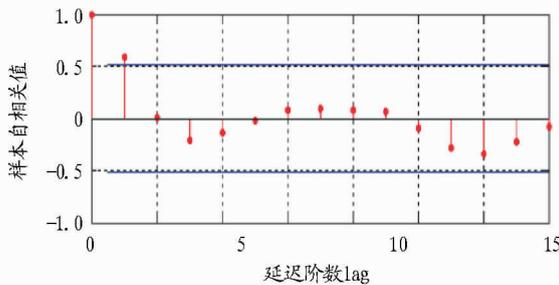
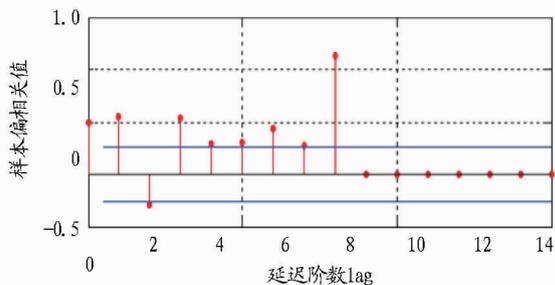
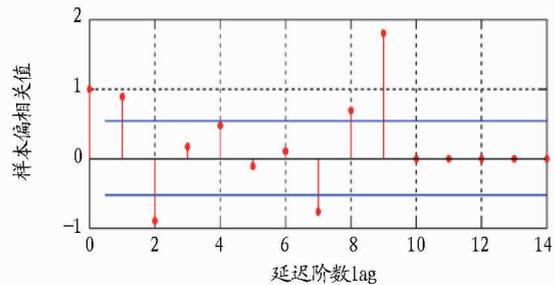


图2 一阶差分后的自相关函数 ACF 与偏相关函数 PACF



利用 ARMA 模型时,由 AIC 最小值得: $p=1, q=2$ 时模型最优,则选择 ARMA(1,2)模型,最后可得预测值如图3、4所示。



图3 ARMA 预测与实际值的比较

通过对时间序列模型用 MATLAB 的编程,明白了时间序列模型的作用及应用范围,更加清除了时间序列的建模过程,时间序列的建模过程实际上是一个循环的过程,也是一个统计的过程,为以后相关数据的处理提供了一种有用的方法。

2 灰色预测模型的建立与预测

GM(1,1)模型是最常用的一种灰色模型,它是由一个只

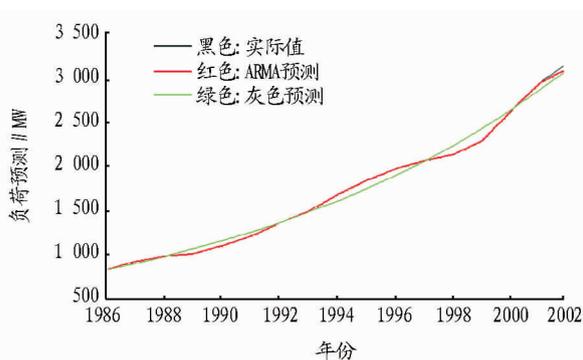


图4 ARMA 预测与灰色预测效果

包含单变量的一阶微分方程构成的模型,是电力负荷预测的一种有效模型,是 GM(1,n)模型的特例。

2.1 GM(1,1)模型建模 灰色预测的具体做法是通过电力系统数据的原始数列做累加生成,使其变为递增数列后进行研究。GM(1,1)模型是常用的灰色预测模型,可用下述微分方程来描述:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \tag{4}$$

式中, $x(1)$ 为原始序列 $x(0)$ 经过一次累加后的生成序列; a 、

u 为参数。该方程的解为:

$$x^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (5)$$

式中, $x^{(0)}(1)$ 为原始序列的第一个数, $x^{(1)}(k+1)$ 为生成序列的第 $k+1$ 点的值。 a, u 参数可按照最小二乘法求出。

$$\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B^{-1}) B^T Y_m \quad (6)$$

其中:

$$Y_m = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}_{n-1}$$

$$B = \begin{bmatrix} -(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \dots & \dots \\ -(x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix}$$

求出 $x^{(1)}(k+1)$ 后, 用下式还原求出 $x^{(0)}(k+1)$: $x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k)$ 。

2.2 应用实例 如上例, 利用原始数据的前 16 个数据作为预测使用值, 后 1 个作为参考值, 则实际值 3 164.0 MW, ARMA 预测 3 103.4 MW, 灰色预测 3 095.5 MW, ARMA 误差 1.92%, 灰色误差 2.16%。可以看出, 时间序列分析的预测值相对于灰色预测模型是较好的; 在众多的预测方法中比较可以看出, 灰色预测模型和 ARMA 模型的预测是较好的预测方法。但实际应用中应根据实际情况具体分析, 以便更好地选择模型。

3 灰色关联分析

对于两个系统之间的因素, 其随时间或不同对象变化的关联性大小的量度, 称为关联度。

3.1 灰色关联度计算步骤

(1) 确定反映系统行为特征的参考数列和影响系统行为的比较数列。

(2) 对参考数列和比较数列进行无量纲化处理。

(3) 求参考数列与比较数列的灰色关联系数 $\xi(X_i)$ 。对于一个参考数列 X_0 有若干个比较数列 X_1, X_2, \dots, X_n , 各比较数列与参考数列在各个时刻(即曲线中的各点)的关联系数 $\xi(X_i)$ 可由下列公式算出:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + 0.5 \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (7)$$

式中, ρ 为分辨系数, $\rho > 0$, 通常 0.5; 二级最大差: $\Delta_{\max} = \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$; 二级最小差: $\Delta_{\min} = \min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 。所以关联系数 $\xi(X_i)$ 也可简化为如下公式:

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{\min} + 0.5 \Delta_{\max}} \quad (8)$$

(4) 求关联度 r_i 。因为关联系数是比较数列与参考数列在各个时刻(即曲线中的各点)的关联程度值, 所以它的数不止一个, 而信息过于分散不便于进行整体性比较。求其平均

值, 作为比较数列与参考数列间关联程度的数量表示, 关联度 r_i 公式如下:

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \quad (9)$$

(5) 关联度排序。在系统发展过程中, 若两个因素变化的趋势具有一致性, 即同步变化程度较高, 即二者关联程度较高; 反之, 则较低。

3.2 应用实例 表 3 是某地区 1997~2004 年用电量的实际值和不同模型的预测结果及与实际值的关联度。由此可以判断模型 1 与实际值的关联度大, 发展趋势更符合。

表 3 不同模型的用电量预测结果

年份	实际值	模型 1	模型 2	模型 3	MW
1997	7 970	7 970	7 960	7 980	
1998	8 980	8 540	8 600	8 700	
1999	9 040	9 420	9 590	9 820	
2000	10 420	10 320	10 570	9 880	
2001	11 110	11 310	11 370	11 410	
2002	12 350	12 380	12 510	12 170	
2003	13 620	13 560	13 750	13 540	
2004	15 010	14 850	15 100	14 940	
关联度	-	0.739 7	0.673 5	0.644 9	

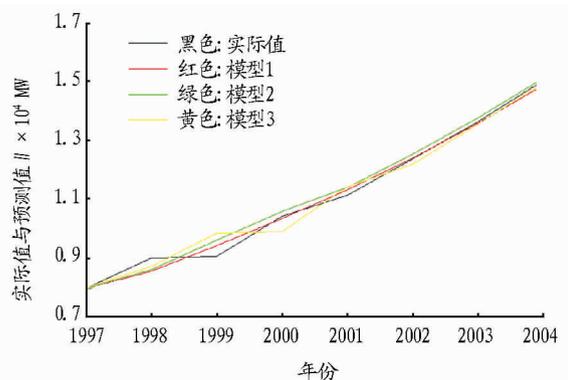


图 5 实际值与预测值的关联图

由此总结可得, 灰色关联分析法的优点为: 具有样本大小不限、原理简单、适用范围广、结果直观的特点, 可用于管理等各个领域, 提供科学的、量化的、可靠的信息, 为制定发展规划提供科学依据。缺点为: 选取不同母指标可能影响结果, 对人的判断有一定影响。

4 结论

时间序列法的优点是计算速度快, 可以反映负荷近期变化的连续性。但由于时间序列方法是假定负荷曲线是平稳的时间序列, 而实际电力系统的负荷并非平稳时间序列。另外, 对天气等影响因素考虑不足, 只适用于负荷变化比较均匀的短期预测。

灰色预测法的优点是要求负荷数据少、短期预测精度高。缺点是数据离散程度越大, 预测精度越差。灰色预测模型对配电网中长期负荷预测是适用的, 预测结果也是符合实际要求的。灰色模型适合于具有指数增长的小样本预测, 在这种预测中, 具有误差小、精度高、可检验的优点。灰色关联

(下转第 3771 页)

大。正如杨庆堃在研究中所提到的,传统的中国宗教,如佛教、道教、儒教,都强调个人的修行;相反,基督教则更强调教徒之间的“分享”,强调每周固定的礼拜、聚会,特别是基督教的团契,“团契”一词在《圣经》中为“相交”的意思,即相互交往和建立关系,旨在上帝与人之间的相交和基督徒之间相交的亲密关系。通过基督教徒稳定的聚会,通过讲经、交流体会、团队活动,彼此间通过相互了解,达到感情的升华也增强了人的包容心^[15]。相对于信奉鬼神的村民来说,信奉基督教的村民在村里的人缘更好,激烈的家庭矛盾发生次数也更少,另外非常明显的就是夫妻间、婆媳间的冲突相对也减少了很多。

4 结语

综前论述,民间信仰是根植于老百姓当中的宗教信仰及其宗教的行为表现^[16]。在我国农村经济体制深刻变革、社会结构深刻变动、利益格局深刻调整、思想观念深刻变化的形势下,在各种思想文化相互交织、相互激荡的复杂背景下,我国农村最容易出现所谓的“不确定性”与“风险性”,诸如生产生活的不确定性、信仰价值体系不确定性、社会道德标准的模糊性等等。面对转型期的各种“不确定性”与“风险性”,很多农民感到精神迷茫、无所适从并充满着恐惧与焦虑,而对稳定性的追求使得社会行为的主体对规范和意义系统表现出一种努力予以捍卫的惯性。然而,有些事件和经历却不容易在现存的意义系统之内得到解释,因此,这些事件既威胁到现存的意义系统的普适性,也威胁到其稳定性。当人们无法通过现实生活中的信仰系统和制度化组织系统、文化系统、生产生活系统对自己的世界观和生产生活意义进行建构并以此来理解周围世界的时候,人们往往通过宗教获取

解释。宗教之中的神灵被认为是正义和公正的化身,能够为信徒带来幸福和美好,消除现实生活的不确定性与风险性^[17]。所以乡村民间信仰是一种维护农村生活秩序不可或缺的重要文化。但农村信仰最终要形成什么样的文化格局,需要更多的探索。

参考文献

- [1] 辞海[M]. 上海:上海辞书出版社,1989:5120;1999年彩图珍藏本4543.
- [2] 李亦园. 文化的图像(下卷)[M]. 台北:台北允晨文化实业股份有限公司,1992.
- [3] 路遥,迪木拉提,姜生,等. 民间信仰与中国社会研究的若干学术视角[J]. 山东社会科学,2006(5):20-31.
- [4] 苗月霞. 乡村民间宗教与村民自治:一项社会资本研究[J]. 浙江社会科学,2006(6):99-104.
- [5] 王铭铭. 中国民间宗教:国外人类学研究综述[J]. 世界宗教研究,1996(2):125-134.
- [6] 费孝通. 美国 and 美国人[M]. 上海:三联书店,1985.
- [7] 蔡少卿. 中国民间信仰的特点与社会功能——以关帝、观音和妈祖为例[J]. 江苏大学学报:社会科学版,2004(4):32-35.
- [8] 王淑娟,明朝旭. 迷信的信息加工机制和心理安慰功能[J]. 赣南师范学院学报,2005(2):41-45.
- [9] 邱国良. 农村宗教信仰的特征与趋势——以中部J省佛教与基督宗教为例[J]. 中国宗教,2011(7):62-63.
- [10] 王燕琴. 民间信仰对中国宗教发展的影响[J]. 宗教学研究,2006(3):215-218.
- [11] 王存奎,孙先伟. 民俗信仰与社会控制[J]. 民俗研究,2008(4):5-15.
- [12] 王佳,司徒剑萍. 当代中国社会的宗教信仰和人际信任[J]. 世界宗教文化,2010(4):78-85.
- [13] 费孝通. 乡土中国[M]. 北京:人民出版社,2001.
- [14] 马克思·韦伯. 道教与儒教[M]. 西安:陕西师范大学出版社,2010.
- [15] 杨庆堃. 中国社会中的宗教[M]. 上海:上海人民出版社,2007.
- [16] 金泽. 能否和谐发展:民间信仰面临的挑战与选择[J]. 福建省社会主义学院学报,2006(1):38-42.
- [17] 吴理财,张良. 农民的精神信仰:缺失抑或转化——对农村基督教文化盛行的反思[J]. 人文杂志,2010(2):175-180.

(上接第3687页)

度的分析可以更好地选择模型,从而提高预测精度。

参考文献

- [1] 卓金武,魏永生,秦建,等. MATLAB在数学建模中的应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.
- [2] 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.
- [3] 夏清,胡左浩,王伯明,等. 电力市场中预测问题的新内涵[J]. 电力系统自动化,1997,21(18):1-6.
- [4] 赵希正. 中国电力负荷特性分析与预测[M]. 北京:中国电力出版社,

2002.

- [5] PAPPAS S S P, EKONOMOU L, KARAMELAS P, et al. Electricity demand load forecasting of the Hellenic power system using an ARMA model[J]. Electric Power Systems Research, 2010, 80:256-264.
- [6] 张善文,雷英杰,冯有前. MATLAB在时间分析中的应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [7] 李维波. MATLAB在电气工程中的应用[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [8] DENG J L. Properties of the Grey Forecasting Model of GM(1,1)[M]. Beijing:China Ocean Press,1988.