



考虑春节影响的售电量预测结果修正方法

刘建¹, 赵加奎¹, 陈雨泽¹, 方学民², 刘玉玺¹, 王树龙¹, 陈雁¹, 欧阳红¹

(1. 国网信息通信产业集团有限公司, 北京 100085; 2. 国家电网有限公司, 北京 100032)

摘要: 考虑春节对不同行业的影响, 提出了一种考虑春节因素影响的月度售电量预测结果修正方法, 首先利用历史春节日期距 1—3 月第一天的天数和历史各行业 1—3 月的售电量占第一季度售电量的占季比进行曲线拟合, 然后利用预测年份春节日期距 1—3 月第一天的天数和拟合函数计算预测年份 1—3 月售电量占季比的预测值, 最后利用各月占季比预测值对国家电网公司 1—3 月的售电量预测结果进行修正, 得到春节因素修正后的售电量预测结果。实证研究结果表明, 本文提出的售电量预测结果修正方法能够有效地降低第一季度售电量预测误差。

关键词: 售电量; 春节; 回归分析; 最小二乘法

中图分类号: TM715

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019041

An adjustment method for electricity sales forecasting result considering the effects of spring festival

LIU Jian¹, ZHAO Jiakui¹, CHEN Yuze¹, FANG Xuemin², LIU Yuxi¹,
WANG Shulong¹, CHEN Yan¹, OUYANG Hong¹

1. State Grid Information & Telecommunication Group Co., Ltd., Beijing 100085, China

2. State Grid Corporation of China, Beijing 100032, China

Abstract: The effects of Spring Festival on electricity sales of different trades were considered and an adjustment method for electricity sales forecasting result was proposed. Firstly, the month-quarter ratio of historical electricity sales in each trade of every month in the first quarter and the distance between Spring Festival and the first day of every month in the first quarter was used to create a functional relationship. Then, the distance between Spring Festival and the first day of every month in the first quarter of the target year was used as input and the predicted month-quarter ratio of electricity sales of each trade of every month in the first quarter of the target year was calculated according to the functional relationship. The adjusted electricity sales forecasting result can then be computed by using the predicted month-quarter ratio and the electricity sales forecasting of each trade of every month in the first quarter of the target year before adjustment. The adjustment result shows that the proposed method can effectively lower the error of electricity sales forecasting in the first quarter.

Key words: electricity sales, Spring Festival, regression analysis, least square



1 引言

售电量是供电企业的重要经济指标,反映了企业的售电能力和综合管理水平。研究售电量数据并使其发挥应有的价值是电力公司十分关注的问题,特别是对未来售电量进行精准预测一直是国家电网公司的关注重点,月度售电量预测准确率也是国家电网公司同业对标考核的一项指标。准确地预测公司及其下属单位的月度售电量,对公司制定售电量计划指标,有目标地开展电力需求侧管理、增供扩销、用电管理等工作,促使售电量实现持续增长有着重要的实际意义。

随着大数据时代的到来,不论是数据数量还是数据种类都有了大幅度的提升。近年来,已有部分学者利用数据挖掘、大数据分析等方法对售电量的精准预测进行了研究^[1-4]。通过 6 年的研究数据, Taylor^[5]表明从售电量预测准确性来看,三季节法要好于双季节法和单变量神经网络方法。Ohtsuka 等人^[6]提出了一种基于空间自回归滑动平均(auto-regressive and moving average, ARMA)模型来考虑日本的用电需求特点,并使用了马尔可夫链蒙特卡洛方法来估计模型的参数。Ringwood 等人^[7]检验了人工神经网络(artificial neural network, ANN)在预测用电需求上的应用。Hirano 等人^[8]利用概率回归模型对美国加利福尼亚州的用电需求和电价进行了深入分析。Motamedi 等人^[9]提出了一种混合预测框架,它将多输入多输出预测引擎与数据关联挖掘算法结合进行用电需求和电价预测。Liu 等人^[10]利用 2004—2011 年山东省用电负荷需求建立了基于灰色模型(grey model, GM)的预测方法,并预测了 2012 年和 2013 年的负荷需求。Kalashnikov 等人^[11]基于墨西哥电力市场的垄断模型进行了实验和定量分析。

上述研究采用不同的方法对月度售电量进行了预测,但预测精度仍不理想,主要原因是没有根据不同区域的历史售电量特征采用不同的算法

进行预测。此外,这些研究均不需要考虑或者忽略春节等中国传统节日对售电量的影响。由于春节是中国的农历新年,所以其公历日期每年有所不同,而春节期间又会出现如工厂停产、春运以及大量务工人员返乡等情况,所以其日期的不同会对第一季度各月份售电量产生较大的影响。参考文献[12]提出了一种融合聚类、回归和时间序列分析的售电量预测方法,预测精度较高,但该方法是在假设天气、经济、节假日等影响售电量的因素遵循正常趋势的基础上进行预测的,因此预测精度仍有提升空间。参考文献[13]在参考文献[12]的基础上,研究了售电量与天气、经济、节假日等影响因素的关系,可基于温度、GDP 增速、节假日天数、特殊社会事件等各影响售电量因素的异动计算售电量的调整值,经过模型调整后的月度售电量预测精度的有较大提升,但该方法仍然没有考虑春节因素对售电量的影响。

近年也有一些学者在进行售电量预测时对春节因素的影响进行了研究。潘小辉等人^[14]基于温斯特法与指数平滑法结合月度售电量占季比对售电量进行预测,再分别考虑历年 1—2 月普通时段与春节影响时段的不同,调整 1—2 月月度售电量预测值。预测方法比较简单且易于理解,但在考虑春节影响因素时只针对放假几天进行了售电量的调整,跨度过短,无法充分预测春节因素给售电量带来的影响。孙婧捷^[15]通过灰色理论、曲线拟合预测方法得到售电量预测值,再通过历年 1—2 月售电量占季比及第一季度售电量预测值对 1—2 月份售电量预测值进行调整得到最终结果。该方法得到了精度较高的售电量预测结果,但未考虑春节对 3 月份售电量的影响,且没有考虑到春节实际日期与售电量占季比的关系。

本文在参考文献[13]的基础上,考虑春节对售电量的影响。利用全国网历年 1—3 月售电量历史数据及通过参考文献[13]提出的方法预测出的全国电网待预测年份 1—3 月全行业售电量预测值和

分行业售电量占比预测值以及待预测年份及历年的春节日期对月度售电量进行调整。实验结果表明,考虑春节因素的售电量调整方法效果良好,大大降低了月度售电量预测误差,使预测曲线更接近实际售电量曲线,对售电量预测的研究起到了推进作用。

2 数据分析算法

2.1 回归分析算法

回归分析是一种预测建模技术,其中被估计的目标变量是连续的。回归应用的例子包括利用其他经济学指标预测股市指数,基于高空气特征流预测一个地区的降水量,根据广告开销预测公司的总销售。

假设 D 指包含 n 个预测的数据集 $D = \{(x_i, y_i) | i = 1, 2, \dots, n\}$ 。每个 x_i 对应于第 i 个预测的属性集(即说明变量),而 y_i 对应于目标变量(即因变量)。回归任务的说明属性可以是离散的或者连续的。

回归分析的算法较多,主要包括简单线性回归算法、最小二乘法、SVM 回归算法、神经网络回归算法、 $L_{1/2}$ 稀疏迭代回归算法等。

2.2 最小二乘法

最小二乘法是回归分析中的一种常用方法。已知第 2.1 节中所述的包含 n 个预测的数据集 D ,通过最小二乘法可以拟合出一条曲线使误差的平方和最小。对于一次拟合曲线计算,具体步骤如下。

步骤 1 计算下列值, n 为数据条数:

$$\begin{aligned} h_{11} &= n, h_{12} = h_{21} = \sum_{i=1}^n x_i, h_{22} = \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ l_1 &= \sum_{i=1}^n y_i, l_2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{aligned} \quad (1)$$

步骤 2 根据上述值构建如下方程:

$$H \cdot A = L \quad (2)$$

其中, $H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$, $A = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}$, a_0 为拟合曲线

常数项系数, a_1 为一次项系数,方程组为:

$$\begin{cases} h_{11} \cdot a_0 + h_{12} \cdot a_1 = l_1 \\ h_{21} \cdot a_0 + h_{22} \cdot a_1 = l_2 \end{cases} \quad (3)$$

由此,即可解得 a_0 和 a_1 。

对于二次拟合曲线计算,具体步骤如下。

步骤 1 计算下列值, n 为数据条数:

$$\begin{aligned} h_{11} &= n, h_{12} = h_{21} = \sum_{i=1}^n x_i \\ h_{13} &= h_{22} = h_{31} = \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ h_{23} &= h_{32} = \sum_{i=1}^n x_i^3, h_{33} = \sum_{i=1}^n x_i^4 y \\ l_1 &= \sum_{i=1}^n y_i, l_2 = \sum_{i=1}^n x_i y_i, l_3 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y \end{aligned} \quad (4)$$

步骤 2 根据上述值构建如下方程:

$$H \cdot A = L \quad (5)$$

其中, $H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix}$, $A = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$, a_0 为拟合曲线

常数项系数, a_1 为一次项系数, a_2 为二次项系数。

$$\begin{cases} h_{11} \cdot a_0 + h_{12} \cdot a_1 + h_{13} \cdot a_2 = l_1 \\ h_{21} \cdot a_0 + h_{22} \cdot a_1 + h_{23} \cdot a_2 = l_2 \\ h_{31} \cdot a_0 + h_{32} \cdot a_1 + h_{33} \cdot a_2 = l_3 \end{cases} \quad (6)$$

由此,即可解得 a_0 、 a_1 和 a_2 。

2.3 可决系数

可决系数是衡量样本回归线与样本观测点拟合程度的统计量,用 R^2 表示。 R^2 的计算式为:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y}') (y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (y'_i - \bar{y}')^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (7)$$

其中, n 为样本量, y 为样本真实值, y' 为拟合值, $\bar{y}$ 为样本所有观测点的平均值。样本观测点与拟合的回归线靠得越近,回归拟合程度越好,由样本回归做出解释的离差平方和与总离差平方和越相近, R^2 值越大;反之,回归拟合程度越差,由样本回归做出解释的离差平方和与总离差平方和相差越大,



R^2 值越小。

3 考虑春节因素的售电量预测调整模型

本文利用占季比来研究春节对售电量的影响。2013—2016 年上半年全国网全行业各月售电量占季比如图 1 所示。从图 1 可以看出, 全国网第二季度各月占季比较平稳, 而第一季度各月占季比波动很大。此外, 2013—2016 年春节日期分别为 2 月 10 日、1 月 31 日、2 月 19 日和 2 月 8 日, 春节所在日期越晚, 1 月的售电量占季比越大, 3 月的售电量占季比越小, 可见春节对售电量的影响非常明显且春节日期与售电量占季比存在一定的联系。本文在参考文献[13]的基础上, 考虑春节因素对售电量预测结果进行调整。

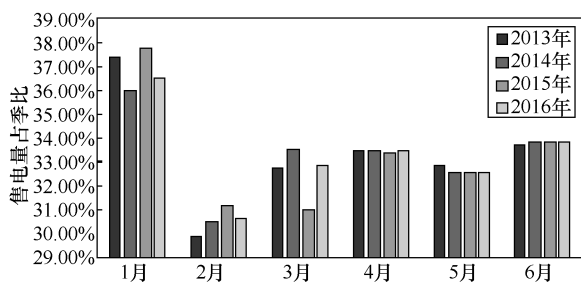


图1 全国网 2013—2016 年 1—6 月全行业售电量占季比趋势

3.1 考虑春节因素的全行业售电量调整

本文提出了一种考虑春节因素的售电量预测调整方法。首先, 计算历年第一季度各月售电量占季比, 利用历年第一季度各月售电量占季比和第一季度每月 1 日距当年春节的天数建立函数关系。以距春节天数为输入, 占季比为输出, 采用最小二乘法进行函数参数拟合, 可以根据可决系数评判拟合函数的拟合程度, 可决系数为 0~1, 值越大, 表示函数对数据点的拟合程度越高, 值越小, 表示函数对数据点的拟合程度越低。通过对全国网 27 个省公司历年第一季度各月售电量占季比与第一季度每月 1 日距春节天数进行函数拟合可知, 省公司函数拟合效果普遍较好。某省公司的函数拟合曲线如图 2 所示。

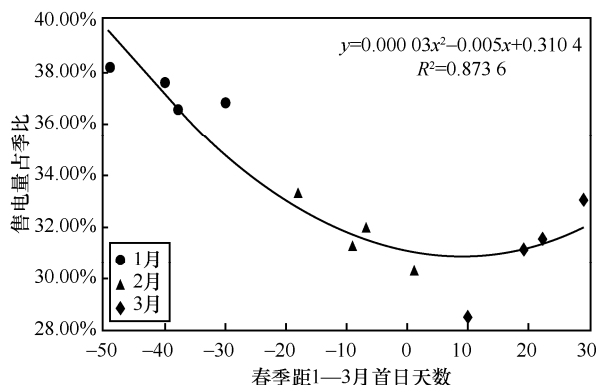


图2 某省历年春节距 1—3 月首日天数与 1—3 月售电量占季比函数关系

由图 2 可以看出, 省公司历年第一季度各月全行业售电量占季比与第一季度每月 1 日距春节天数存在二次函数的关系。利用得到的函数关系, 以预测年春节日期计算预测年 1—3 月份各省公司全行业售电量占季比并进行归一化处理, 进而根据归一化后的预测占季比及利用参考文献[13]提出的方法计算根据春节因素调整前的预测年第一季度售电量预测值, 可以得到考虑春节因素调整后预测年 1—3 月份售电量预测值, 通过叠加各省的预测值得到预测年全国网经过春节因素调整后的全行业售电量预测值。

3.2 考虑春节因素的分行业售电量调整

同样利用参考文献[13]提出的方法对预测年第一季度各月份全国网 27 个省公司分行业售电量占比进行预测, 结合根据春节因素调整前各省公司全行业售电量预测值得到根据春节因素调整前的预测年第一季度各月各省分行业售电量预测值。根据各分行业售电量占季比与第一季度每月 1 日距当年春节的天数, 同样建立分行业售电量占季比与春节日期的函数关系, 以距春节天数为输入, 占季比为输出, 采用最小二乘法进行函数参数拟合。通过计算可决系数, 判断其是否小于 0.5, 如果可决系数小于 0.5, 则认为该省公司该行业 1—3 月份售电量受春节因素影响不大, 不对售电量进行调整; 如果可决系数大于 0.5, 则认为该省公司该行业 1—3 月份

售电量受春节因素影响较大, 应对其售电量按春节因素进行调整。某省公司某行业函数拟合曲线如图3所示。

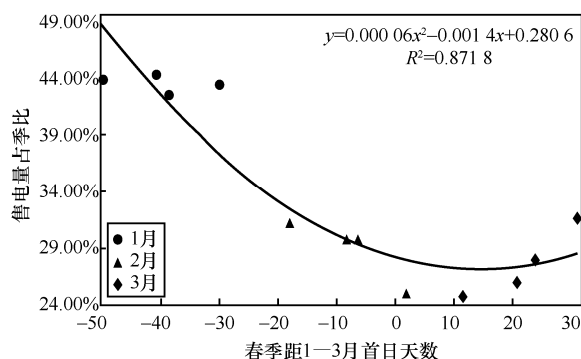


图3 某省历年春节距1—3月首日天数与1—3月某行业售电量占季比函数关系

通过图3可以看出, 该省公司该行业历年第一季度各月份售电量占季比与第一季度每月1日距春节天数之间的函数拟合可决系数较高, 存在二次函数的关系。对于函数拟合可决系数较高的省公司的行业, 利用得到的函数关系, 以春节日期为输入, 计算预测年1—3月份售电量占季比预测值, 根据预测占季比以及利用参考文献[13]提出的方法计算的春节因素调整前预测年1—3月份售电量预测值计算得出基于春节因素调整后的省公司分行业售电量预测值, 根据春节因素调整后的全行业售电量预测值归一化后得到分行业最终预测结果, 叠加各省预测值得到全国网根据春节因素调整后的预测年1—3月份分行业售电量预测值。

4 实证研究

本文采用2010—2014年全国网27个省公司全行业及各分行业历史售电量数据, 2015年1—3月份全国网27个省公司全行业售电量预测值, 各分行业售电量占比预测值以及2015年及其之前5年春节日期为原始数据。其中, 2015年及其之前5年的春节日期及其距第一季度各月首日天数见表1。

表1 2010—2015年春节日期

年份	春节日期	距1月首日 天数	距2月首日 天数	距3月首日 天数
2010年	2月14日	-44	-13	15
2011年	2月3日	-33	-2	26
2012年	1月23日	-22	9	38
2013年	2月10日	-40	-9	19
2014年	1月31日	-30	1	29
2015年	2月19日	-49	-18	10

按照第2.1节中描述的方法, 先计算各省公司2010—2014年1—3月全行业售电量占季比, 某省公司2010—2014年1—3月全行业售电量占季比见表2。

表2 某省公司2010—2014年第一季度各月全行业售电量占季比

年份	月份	占季比
2010年	1月	37.22%
	2月	32.32%
	3月	30.46%
2011年	1月	36.56%
	2月	31.48%
	3月	31.96%
2012年	1月	31.62%
	2月	33.52%
	3月	34.86%
2013年	1月	37.80%
	2月	30.86%
	3月	31.34%
2014年	1月	36.65%
	2月	30.82%
	3月	32.53%

利用表1中2010—2014年第一季度每月1日距春节天数数据以及表2中的占季比数据进行函数拟合, 得到该省公司的函数关系, 如图4所示。

由图4可知, 省公司函数拟合效果较好, 类似地, 对每个省公司利用拟合得出的函数关系, 结合表1中2015年1—3月1日距春节天数得到各省2015年1—3月全行业售电量占季比预测值。

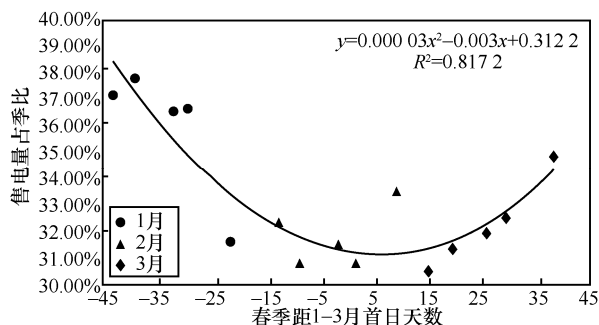


图4 某省2010—2014年春节距1—3月首日天数与1—3月售电量占季比函数关系

再根据春节因素调整前的2015年1—3月各省公司全行业售电量预测值计算得到根据春节因素调整后的全国网27个省公司2015年1—3月全行业售电量预测值。将27个省公司的预测值叠加得到根据春节因素调整后的全国网全行业2015年1—3月售电量预测值。将预测值与实际值进行比较,求取误差。全国网全行业2015年1—3月售电量根据春节因素调整前后的预测误差如图5所示。

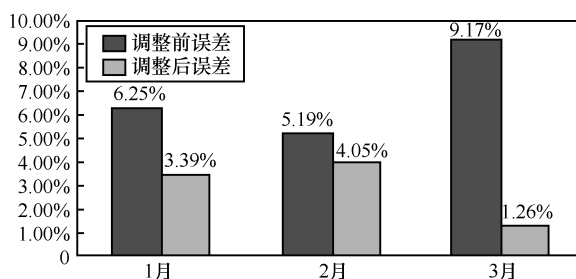


图5 2015年全国网全行业基于春节因素调整前后售电量预测误差对比

通过图5可以看出,根据春节因素调整后的全国网全行业2015年第一季度各月份售电量预测误差较调整前均有明显降低。通过计算,根据春节因素调整前全国网全行业2015年1—3月售电量预测平均误差为6.87%,而调整后为2.90%,下降了3.97%。

相似地,再利用表1中的数据结合全国网27个省公司2010—2014年1—3月各分行业历史售电量占季比,基于第2.2节中描述的方法进行函数拟合,并计算得到根据春节因素调整后的全国网27个省公司2015年1—3月各分行业

售电量预测值。按各省公司根据春节因素调整后的全行业售电量预测值进行归一化后得到分行业最终预测结果,叠加各省公司预测结果得到根据春节因素调整后的全国网2015年1—3月各分行业售电量预测值。通过根据春节因素调整前后的全国网2015年1—3月各分行业售电量预测误差计算第一季度平均预测误差并比较调整前后的平均误差大小。全国网2015年第一季度根据春节因素调整前后的各分行业平均售电量预测误差如图6所示。

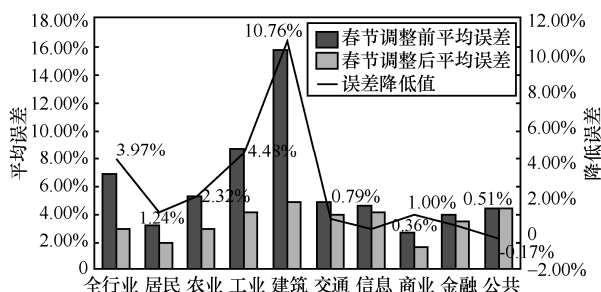


图6 2015年全国网各分行业第一季度售电量基于春节因素调整前后预测误差对比

由图6可以看出,考虑春节因素调整后的2015年第一季度全国网售电量平均预测误差较调整前有显著降低。全行业的平均误差降低了3.97%,分行业中建筑业和工业平均误差下降较多,分别降低了10.76%和4.48%,原因是建筑业和工业在春节期间有大量工人返乡,导致停工、停产现象较为普遍,因此其售电量受春节影响较大。而第三产业各行业春节休假普遍为一周左右,跨度较短,因此其售电量受春节影响较小,根据春节因素调整后的预测误差降幅较其他行业也相对较小。

此外,再利用本文提出的售电量预测调整方法对2016年第一季度各月售电量预测值进行调整,将调整后的预测值与实际值进行比较,求取误差。其中,根据春节因素调整后的全国网全行业1—3月售电量预测误差分别为2.52%、0.56%、0.63%,平均误差为1.24%,预测误差较小。

5 结束语

本文提出了一种考虑春节因素的售电量预测调整方法,该方法首先利用历年第一季度各月售电量占季比与第一季度每月1日距当年春节的天数建立函数关系,以距春节天数为输入,占季比为输出,利用拟合得到的一元函数计算预测年1—3月份售电量占季比并进行归一化,进而根据归一化后的预测占季比以及根据春节因素调整前全行业售电量预测值得到根据春节因素调整后的预测年1—3月份全行业售电量预测值。再结合各省各分行业售电量占比预测值,得到各省各分行业预测年1—3月份售电量预测值。根据历年第一季度各月各省各分行业售电量占季比与第一季度每月1日距当年春节天数同样建立函数关系。如果函数拟合可决系数大于0.5,则利用拟合得到的一元函数计算预测年1—3月份各省各分行业售电量占季比,结合各省各分行业1—3月份售电量预测值,得到根据春节因素调整后的各省各分行业售电量预测值,按调整后的各省全行业售电量预测值归一化后得到分行业最终预测结果。

通过对2015年全国网及27个省公司考虑春节因素的第一季度售电量预测结果调整表明,考虑春节因素影响的售电量预测调整方法效果良好,大大降低了售电量预测的误差。全国网全行业2015年第一季度根据春节因素调整后的售电量预测平均误差较调整前降低了3.97%。可见,考虑春节因素的售电量预测调整方法提高了全国网及各省公司的售电量预测准确率,推进了基于影响因素的售电量预测发展,能够更好地支撑公司经营决策和营销管理等业务,对促使售电量实现持续增长、推动电力市场的发展具有非常重要的意义。

参考文献:

[1] 崔和瑞,王娣. 基于季节 ARIMA 模型的华北电网售电量预

测研究[J]. 华东电力, 2009, 37(1): 70-72.

CUI H R, WANG D. Study of electricity sales forecasting for North China Power Grid based on seasonal ARIMA model[J]. East China Electric Power, 2009, 37(1): 70-72.

[2] 吴杰, 宋国堂, 卢志刚, 等. 基于偏最小二乘回归与比重法的月售电量预测[J]. 电力系统及其自动化学报, 2008, 20(3): 66-69.

WU J, SONG G T, LU Z G, et al. Forecasting for monthly electricity consumption using partial least-square regressive and proportion model[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2008, 20(3): 66-69.

[3] 樊娇, 冯昊, 牛东晓, 等. 基于小波分析和 GM-ARIMA 模型的月度售电量预测[J]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2015, 42(4): 101-105.

FAN J, FENG H, NIU D X, et al. Monthly electricity sales forecast based on wavelet analysis and GM-ARIMA model[J]. Journal of North China Electric Power University, 2015, 42(4): 101-105.

[4] 颜伟, 程超, 薛斌, 等. 结合 X12 乘法模型和 ARIMA 模型的月售电量预测方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2016, 28(5): 74-80.

YAN W, CHENG C, XUE B, et al. Forecasting for monthly electricity consumption using X12 multiplication method and ARIMA model[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2016, 28(5): 74-80.

[5] TAYLOR J W. Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 204(1): 139-152.

[6] OHTSUKA Y, OGA T, KAKAMU K. Forecasting electricity demand in Japan: a Bayesian spatial autoregressive ARMA approach[J]. Computational Statistics & Data Analysis, 2010, 54(11): 2721-2735.

[7] RINGWOOD J V, BOFELLI D, MURRAY F T. Forecasting electricity demand on short, medium and long time scales using neural networks[J]. Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2001, 31(1-3): 129-147.

[8] HIRANO O, KANKE M, OZAWA K. Electricity demand and price analysis in California using possibility regression model [J]. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2003, 7(2): 147-152.

[9] MOTAMEDI A, ZAREIPOUR H, ROSEHART W D. Electricity price and demand forecasting in smart grids [J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2012, 3(2): 664-674.

[10] LIU S, TIAN L. The study of long-term electricity load forecasting based on improved grey prediction model[C]//2013 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, July 14-17, 2013, Tianjin, China. Piscataway: IEEE Press, 2013: 653-656.

[11] KALASHNIKOV V, KALASHNYKOVA N, PEREZ F J C, et



- al. Liberalization of Mexican electricity market: various modeling approaches with numerical simulation results[C]//2008 International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, June 24-28, 2008, Kaohsiung, China. Piscataway: IEEE Press, 2008: 72-76.
- [12] ZHAO J, TANG W S, FANG X M. A novel electricity sales forecasting method based on clustering regression and time series analysis [C]//2015 International Conference on Artificial Intelligence and Software Engineering, January 10-12, 2015, Lisbon, Portugal. New York: ACM Press, 2015.
- [13] ZHAO J, TANG W S, FANG X M, et al. A novel accuracy adjustment approach for forecasted quantity of electricity sales based on abnormal influencing factors assessment [C]//2015 8th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), Dec 21-22, 2015, Hangzhou, China. Piscataway: IEEE Press, 2015: 516-520.
- [14] 孙婧捷. 基于组合方法的月度售电量预测研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2014.
SUN J J. Research on monthly electricity sales forecasting based on combination method[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2014.
- [15] 潘小辉, 刘丽萍, 李扬. 提高月度售电量预测精度的一种新方法[J]. 电力需求侧管理, 2013(3): 11-15.
PAN X H, LIU L P, LI Y. A new method to promote the forecasting accuracy of monthly electricity consumption[J]. Power Demand Side Management, 2013(3): 11-15.

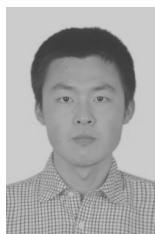
[作者简介]



刘建(1989-), 男, 国网信息通信产业集团有限公司工程师, 主要研究方向为电力营销大数据分析。



赵加奎(1979-), 男, 博士, 国网信息通信产业集团有限公司教授级高级工程师, 主要研究方向为电力信息化及电力大数据分析。



陈雨泽(1988-), 男, 国网信息通信产业集团有限公司工程师, 主要研究方向为电力营销大数据分析。

方学民(1972-), 男, 国家电网有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力信息化及电力大数据分析。

刘玉玺(1984-), 男, 国网信息通信产业集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力信息化及电力大数据分析。

王树龙(1978-), 男, 国网信息通信产业集团有限公司工程师, 主要研究方向为电力营销信息化及大数据分析。

陈雁(1981-), 女, 博士, 国网信息通信产业集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力营销大数据分析、人工智能技术研究与应用。

欧阳红(1967-), 男, 国网信息通信产业集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力信息化及电力大数据分析。