

电力市场环境下的典型产业月用电负荷预测分析

曾 鸣¹, 刘 洋¹, 王 蕾¹, 陈玉胜²,
李彦吉², 贾海清², 刘长玺², 尹兆文²

(1. 华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206; 2. 内蒙古东部电力有限公司, 呼和浩特 010020)

摘要:将市场竞争引入电力系统,企业竞争性得到提高,资源利用效率将得到改善。准确的月负荷预测可以提高电力系统的社会效益和经济效益,而负荷预测误差风险直接影响供电的安全性和稳定性。本文考虑到季节成分对月负荷预测的影响,基于季节变差以及季节比例理论建立短期负荷预测的指数平滑模型,并对月负荷原始数据进行预测。通过对蒙东电力的算例分析验证了本文所提出方法的合理性和可行性。

关键词:电力市场;月负荷预测;典型产业;季节变差;季节比例;指数平滑

中图分类号:F426.61 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2012)05-0066-03

为了打破电力工业垄断,引入竞争,优化资源配置,需要进行电力体制改革,从而减少电力用户为得到电力供应而支付的费用。将市场竞争引入电力系统,企业竞争性得到提高,资源利用效率 and 经济效益将得到改善。电价的降低有利于电力用户,并使全社会得到更好的社会效益和经济效益^[1]。

在电力市场环境下,售电公司承担盈利损失,因此售电公司未来的竞争力的强弱在很大程度上取决于管理风险的能力^[2]。售电公司面临的风险包括供电可靠性风险、电费回收风险以及负荷预测误差风险等,其中负荷预测误差风险是决定售电公司收入波动的直接原因之一。因此,研究负荷预测误差的风险问题对于电网企业规避风险,减少损失具有重要意义^[3]。

负荷预测是以负荷预测模型为中心,包括负荷特性分析、预测模型和方案的选择、预测结果的评估与调整等多个环节相互关联、相互协作的复杂过程^[4]。月负荷序列随着时间变化呈现明显的增长趋势,并受气象因素以及其他随机因素影响,相邻等距的负荷区间会呈现出明显的波动趋势^[5]。

本文考虑到季节成分对月负荷预测的影响,基于季节变差以及季节比例理论建立中期负荷预测的指数平滑模型,并对月负荷原始数据进行预测。最后以

蒙东电力负荷预测为例进行算例分析。

1 季节变动序列分析理论及模型研究

由于月度用电负荷数据具有明显的季节变化规律,所以在月用电负荷预测中需要运用相关理论对季节趋势进行剔除。通过对相关理论预测精度的测试,我们选取季节变差法和季节比例法对月用电负荷进行预测。

用移动平均剔除趋势法剔除负荷正常增长的影响有两种方法:一是季节变差法,即用实际值减去趋势值($y - y_c$);二是季节比例法,即用实际值除以趋势值(y/y_c)。

1.1 季节变差理论^[6]

季节变差是以数值大小的形式反映用电量在整个研究时期中各季度的波动程度。它以零为比较基准,其值与零的离差绝对值越大,说明季节波动的幅度越大;离差绝对值越小,说明季节波动的幅度越小;如果等于零,说明没有变动。如果季节变差的值大于零说明该季度的用电量较大,且数值越大用电量越大;如果季节变差的值小于零说明该季度的用电量较小,且数值越小说明用电量越小。

1.2 季节比例理论^[6]

季节比例是以比率大小的形式反映用电量在整个研究时期中各季度的波动程度。它以1为比较基

收稿日期:2012-02-29

作者简介:曾鸣(1957—),男,山西太原人,华北电力大学能源与电力经济研究咨询中心主任,教授,博士生导师,研究方向:能源与电力经济。

准,其值与 1 的比率越大,说明季节波动的幅度越大;比率越小,说明季节波动的幅度越小;如果等于 1,说明没有变动。如果季节比例的值大于 1 说明该季度的用电量较大,且数值越大用电量越大;如果季节比例的值小于 1 说明该季度的用电量较小,且数值越小说明用电量越小。

1.3 预测模型研究

设 $\{x_t\}$ 是季节变动序列,可将 $\{x_t\}$ 进行时间下标转换如下:

$$x_{ij} = x_{(i-1) \times k + j} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k)$$

其中: i 为时间序列元素 x_t 的年份; j 的含义取决于 k 的取值,若 $\{x_t\}$ 是月资料,则 $k = 12$,此时 j 表示第 j 个月份。因此, x_{ij} 表示第 i 年第 j 个月的实际观察值。若已收集到 n 年观察值,则可得如下的时间序列矩阵^[7]:

$$(x_{ij})_{n \times k} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_k \\ x_{k+1} & x_{k+2} & \cdots & x_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{(n-1)k+1} & x_{(n-1)k+2} & \cdots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

设:

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij} / nk \quad (1)$$

$$y_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} / k - A \text{ (变差法)} \quad (2)$$

$$y_i = \sum_{j=1}^k x_{ij} / Ak \text{ (比例法)} \quad (3)$$

$$z_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij} / n - A \text{ (变差法)} \quad (4)$$

$$z_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k x_{ij} / An \text{ (比例法)} \quad (5)$$

$$e_{ij} = x_{ij} - y_i - z_j - A \quad (6)$$

得季节变动序列分析模型:

$$x_{ij} = y_i + z_j + e_{ij} + A \quad (7)$$

且满足:

$$\sum_{i=1}^n y_i = 0, \sum_{j=1}^k z_j = 0, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k e_{ij} = 0$$

其中, A 为总平均值, y_i 为年度变差(比例), z_j 为季节变差(比例), e_{ij} 为随机变差(比例), $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k$ 。

2 指数平滑模型

平滑的作用在于消除随机干扰,这样模式可以外推到将来作为未来预测值。

指数平滑法的基本思想就是对不同历史时刻的数据区别对待,即对历史数据按照重近轻远的原则加以不同的权值进行叠加,以强化近期数据的作用,弱化远期数据的影响。这样,离目前时刻越近,曲线拟合的越精确。

指数平滑法需要保留的资料少,计算简便,近期预测精度高,但无法计算置信区间。指数平滑预测法的适应性强,变动较大的时序也可以预测,因此,对典型工业的负荷预测效果较好。

一次指数平滑是最简单的一种平滑方法^[3],它的数学表达式如下:

$$\hat{X}_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) \hat{X}_{t-1} \quad (8)$$

其中, X_t 负荷序列的初始值, $\hat{X}_t$ 为负荷序列的平滑预测值, α 是模型的平滑系数($0 < \alpha < 1$),且初值为: $\hat{X}_1 = X_1$

3 算例分析

本文以蒙东区域电力公司为例,搜集了该地区 2009 年和 2010 年的大工业、普通和非工业、商业、居民生活用电、非居民照明用电以及趸售电量等 6 种负荷类型数据进行分析,并用 2009 年数据进行建模。根据中期负荷预测的特点,考虑到一些相关影响因素获取的有限性,且本文是对月负荷原始数据进行预测,考虑到季节成分对负荷预测的影响,故采用季节变差法以及季节比例法建立中期负荷预测模型。

我们以大工业为例,其预测结果如表 1 所示,表 2 和表 3 分别显示了大工业和其他负荷类型的预测误差分析,表 4 显示的是负荷预测误差和负荷预测值的关联度。为了方便起见,下文用 SV 表示季节变差法,用 SR 表示季节比例法。

表 1 蒙东地区大工业用电负荷预测结果

年份	2010 年 1 月	2010 年 2 月	2010 年 3 月	2010 年 4 月	2010 年 5 月	2010 年 6 月
实际值	40 845	36 037	41 468	45 401	44 214	43 493
季节变差法预测值	47 248	45 055	47 600.5	46 769.5	47 324	48 563
季节比例法预测值	47 248	44 983.1	47 713.79	46 859	47 437.07	48 717.26
年份	2010 年 7 月	2010 年 8 月	2010 年 9 月	2010 年 10 月	2010 年 11 月	2010 年 12 月
实际值	45 966	45 970	62 066	61 361	62 650	61 652
季节变差法预测值	51 958.5	51 661	49 694	51 244.5	50 863.5	48 305
季节比例法预测值	52 160.2	51 871.84	49 958.12	51 507.15	51 134.28	48 617.88

表 2 指数平滑作用前蒙东地区各种负荷类型
用电负荷预测误差分析

负荷类型		大工业	非工业及普通工业	居民生活
SV	平均相对误差	2.14%	10.56%	-5.71%
	关联度分析	0.59	0.29	0.1
SR	平均相对误差	2.44%	10.16%	-6.20%
	关联度分析	0.57	0.43	0.79
负荷类型		商业	非居民照明	趸售
SV	平均相对误差	-7.72%	3.51%	-8.85%
	关联度分析	0.22	0.81	0.18
SR	平均相对误差	-8.41%	7.76%	-14.96%
	关联度分析	0.1	0.13	0.09

表 3 指数平滑作用后蒙东地区各种负荷类型
用电负荷预测误差分析

负荷类型		大工业	非工业及普通工业	居民生活
SV	平均相对误差	3.26%	8.75%	-6.35%
	关联度分析	0.25	0.47	0.59
SR	平均相对误差	3.26%	8.07%	-6.39%
	关联度分析	0.31	0.52	0.36
负荷类型		商业	非居民照明	趸售
SV	平均相对误差	-7.80%	2.45%	-6.28%
	关联度分析	0.27	0.6	0.74
SR	平均相对误差	-8.43%	7.45%	-14.19%
	关联度分析	0.47	0.28	0.4

指数平滑前,各种负荷类型 SV 平均预测误差和为 38.49%,而指数平滑后,平均预测误差和为 34.89%,指数平滑技术使各负荷类型的总平均预测误差降低 3.6%;同理,指数平滑前,各种负荷类型 SR 平均预测误差和为 49.93%,而指数平滑后,平均预测误差和为 47.79%,指数平滑技术使各负荷类型的总平均预测误差降低 2.14%。说明指数平滑技术对降低季用电负荷的预测误差具有明显的作用。

从上表中分析得到:从预测平均误差来看,指数平滑前后,SV 模型适合大工业和非居民照明用电负荷的预测,而 SR 模型仅适合大工业用电负荷的预测。模型对于非工业和普通工业的用电负荷预测精度比较差,这主要跟行业特性有关,非工业和普通工业的流动资产比重变化比较频繁,影响了预测准确率。

从关联度方面分析可得,对于 SV 预测模型来说,指数平滑后非工业和普通工业、居民生活、商业以及趸售预测电量与预测误差的关联度有所提高,说明利用此预测模型预测时预测风险有所降低,其中趸售电量与预测误差关联度提高了 56%,属于预测风险

降低幅度最大的负荷类型,非居民照明电量与预测误差关联度降低了 2%,属于预测风险提高幅度最小的负荷类型;而大工业以及非居民照明预测电量与预测误差的关联度有所降低。同理,对于 SR 预测模型来说,指数平滑后非工业和普通工业、居民生活、商业以及趸售预测电量与预测误差的关联度有所提高,说明利用此预测模型预测时预测风险有所降低,其中趸售电量与预测误差关联度提高了 56%,属于预测风险最低的负荷类型,而大工业以及非居民照明预测电量与预测误差的关联度有所降低。

结合 SV 预测模型的关联度和预测误差分析可得:对于指数平滑前的大工业用电负荷的预测,虽然平均相对误差只有 2.14%,但关联度也偏低,说明负荷预测在市场环境下存在较大风险。对于指数平滑前的非居民照明用电预测,平均相对误差比较低,关联度还比较高,所以负荷预测风险较小。对于指数平滑前和平滑后的商业用电预测来说,其关联度相当低,可以判定负荷预测风险非常大。

结合 SR 预测模型的关联度和预测误差分析可得:对于指数平滑前的大工业用电负荷的预测,虽然平均相对误差只有 3.26%,但关联度也偏低,说明负荷预测在市场环境下存在较大风险。对于指数平滑前的居民生活用电预测,平均相对误差比较高,关联度也比较高,所以负荷预测风险较小。

对于 SV 和 SR 预测模型来说,指数平滑技术降低了非工业及普通工业、非居民照明以及趸售用电负荷的预测误差,但同时提高了大工业、居民生活以及商业用电负荷的预测误差。

4 结论

本文通过分析指数平滑前后 SV 和 SR 预测模型对各种负荷类型的用电量预测误差,得到模型适合预测的负荷类型以及不适合预测的负荷类型。通过分析得知,指数平滑技术对降低月用电负荷的预测误差具有明显的作用。重点分析了负荷预测误差与月负荷预测的关联关系,分析结果更加适用于电力负荷市场环境的变化,为售电公司的经营策略以及风险防御提供重要的指导。

参考文献

[1] 张国新,王蓓蓓. 引入需求响应的电力市场运行研究及对我国电力市场改革的思考[J]. 电力自动化设备,2007,31(11): 59-63.
[2] 杨科,谭伦农. 电力市场环境下中长期负荷预测的应用分析[J]. 电力系统及其自动化学报,2011,23(3):54-57.

(下转第 83 页)

法制建设的过程中,一方面应继续建立和完善涉外地方方法规,真正体现福建的特色。包括取缔税外外资企业乱收费的问题以及外资企业注册资金长期不到位、高进低出转移利润、弄虚作假骗取出口退税、劳动条件低于法定标准等问题;另一方面,要解决有法不依、执法不严和以罚代法的问题,维护涉外法律的严肃性。

参考文献

[1] 刘青. 东西部地区吸引外商直接投资优劣势差异的实证研究[J]. 湖北社会科学,2008(8):4—87.

[2] 彭有轩,张相文,王良华. 中国吸引外商直接投资应对经济危机的对策[J]. 宏观经济研究,2009(4):7—50.
[3] 张永明. 闽东南城市投资环境评价与分类优化研究[D]. 福州:福建师范大学,2004:68—69.
[4] 蔡忠义,杨益生,等. 福建省综合省力变化与特点[M]. 福州:福建教育出版社 2008:83—87.
[5] 童桂荣. 福建省投资经济环境分析研究[D]. 福州:福建农林大学 2001:35—37.
[6] 张辉鑫. 改革开放以来福建区域经济差异及其对策研究[D]. 福州:福建师范大学 2002:11—12.
[7] 江激宇. 产业集聚与区域经济增长[M]. 北京:经济科学出版社,2006:103—104

The Analysis and Suggestions on Fujian Foreign Direct Investment Location Choice Factor

YANG Xiao-li

(Department of Finance,Fujian Jiangxia Institute,Fuzhou 350002,China)

Abstract: Foreign direct investment has played a very important role on the economic development of Fujian Province, Fujian has a unique advantage of "Aboriginal Overseas Taiwan investment environment in attracting foreign direct investment, and also has disadvantage of not perfect invest environment. The paper analyzed the location choice of foreign direct investment in Fujian Province based on the relevant data of the Statistical Yearbook, and brought out the suggestions on how to improve the foreign direct investment environment in Fujian Province, such as perfect and strengthen foreign direct investment industry-oriented, improve the soft investment environment, strengthen regional economic cooperation and the corresponding policy recommendations etc.

Key words: foreign direct investment; location choice; West Coast Economic Zone; Fujian

(上接第 68 页)

[3] 任峰,丁超. 市场环境下负荷预测误差风险管理研究[J]. 现代电力,2009,26(3):87—90.
[4] 沈海澜. 基于数据挖掘技术的电力负荷预测研究[D]. 长沙:中南大学,2003.
[5] 牛东晓,陈志业,邢棉,等. 具有二重趋势性的季节型电力负荷预测组合优化灰色神经网络模型[J]. 中国电机工程学报,

2002,22(1):29—32.
[6] 张荣兵. 利用移动平均剔除趋势法测定因特网业务受季节变动的影响[J]. 江苏通信技术,2003,2(19):47—48.
[7] 李正龙. 季节变动序列的一种简便预测法[J]. 理论与方法研究,1998(1):64—67.

Analysis of Monthly Load Forecasting for Typical Industries in Power Market Environment

ZENG Ming¹, LIU Yang¹, WANG Lei¹, CHEN Yu-sheng², LI Yan-ji², JIA Hai-qing², LIU Chang-xi², YIN Zhao-wen²

(1. School of Economics and Management,North China Electric Power University,Beijing 102206,China;
2. Eastern Inner Mongolia Electric Power Company,Ltd,Hohhot 010020,China)

Abstract: With the introduction of market competition, the enterprise competition and the efficiency of resource will be improved. Accurate monthly load forecasting can improve power system economic benefit and social benefit, and the error of load forecasting risk directly affects the safety and stability of power supply. This paper established the short-term load forecasting exponential smoothing model based on the seasonal variation and seasonal ratio theory, and predict the raw load forecast data. For Mongolian East network to carry out analysis, the results show that the proposed method is reasonable and feasible.

Key words: power market; monthly load forecasting; typical industry; seasonal variation; season proportion; exponential smoothing