

DOI:10.15923/j.cnki.cn22-1382/t.2017.3.14

宏观经济与短期电力负荷的联动关系分析

朱家明¹, 关珊², 蒋萌萌²

(1.安徽财经大学, 统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030;

2.安徽财经大学 金融学院, 安徽 蚌埠 233030)

摘要: 利用 EXCEL 描述比较了地区 1、2 在 2016 年全年城市电力负荷的分布特征及规律, 并运用三次指数平滑法对地区 1、2 的 96 个时刻的电力负荷值进行了预测。通过建立地区短期电力负荷与经济效益综合指数、单位消费品零售总额之间的多元线性回归方程, 最终得出了宏观经济因子与短期电力负荷的联动关系。

关键词: 多元线性回归; 指数平滑模型; EXCEL; EVIEWS

中图分类号: F 062.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-1374(2017)03-0289-05

Linkage analysis between macroeconomics and short-term power load

ZHU Jiaming¹, GUAN Shan², JIANG Mengmeng²

(1.School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China;

2.School of Finance, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China)

Abstract: Distribution characteristics of urban power load in region 1 and 2 in 2016 are described and compared in EXCEL, and three exponential smoothing method is used to estimate the power load at 96 instants in region 1 and 2. Multiple linear regression equation, indicating the relationship between the regional short-term power load and economic benefit index/total retail sales of consumer goods, is established to obtain the linkage between macroeconomic factors and short-term power load.

Key words: multiple linear regression; exponential smoothing model; EXCEL; EVIEWS.

0 引言

随着电力市场需求的不断拓展, 电网供电日趋紧张, 电力最高负荷逐渐增长。对电力负荷特性与我国宏观经济联动关系的分析研究有利于政

府合理地规划电网建设、加强电力资源的优化配置。文中基于 2010—2017 年地区 1、2 的城市电力负荷数据, 对地区 1、2 电力负荷水平的特性和规律做了描述及预测, 并建立多元线性回归模型, 进一步分析宏观经济因子对地区 1 电力负荷量的

收稿日期: 2017-04-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11601001)

作者简介: 朱家明(1973—), 男, 汉族, 安徽泗县人, 安徽财经大学副教授, 硕士, 主要从事应用数学与数学建模方向研究, E-mail: 18895675874@163.com.

影响,所得结论对于电力市场研究具有一定的借鉴意义。

1 数据的获取及假设数据

数据包括 2010.1.1~2017.1.10 日地区 1、2 的城市电力负荷数据(每 15 min 一个采样点,每日 96 点)及地区 1 的 GDP、物价水平 CPI、固定资产投资额、居民消费水平和工业总产值 2000—2015 年的统计数据。所使用的数据来源于地区 1、2 电力公司的用电负荷统计资料和地方统计年鉴。为了便于解决问题,提出以下假设:

- 1)地区 1、2 电力系统运行稳定,无突发故障;
- 2)与电力系统负荷水平相关的各因素之间的弱相关性不会对分析结果产生较大影响;

3)地区 1、2 经济发展稳定,无重大自然灾害或金融危机;

4)研究年份内地区 1、2 的电力价格为定值。

2 地区 1、2 全年电力负荷持续曲线的分析

短期电力负荷的变化特征主要受日最高负荷、日最低负荷、日峰谷差、日负荷率等指标的综合影响。构建某地区全年电力负荷持续曲线能够直观准确地反映出该地区每日电力负荷量的变化,从而便于供电总局编制电力系统的用电方案^[1]。基于地区 1、2 在 2016 年全年的城市电力负荷数据,利用 excel 软件绘制出 2016 年地区 1、2 日峰谷差指标的变化趋势图,如图 1 所示。

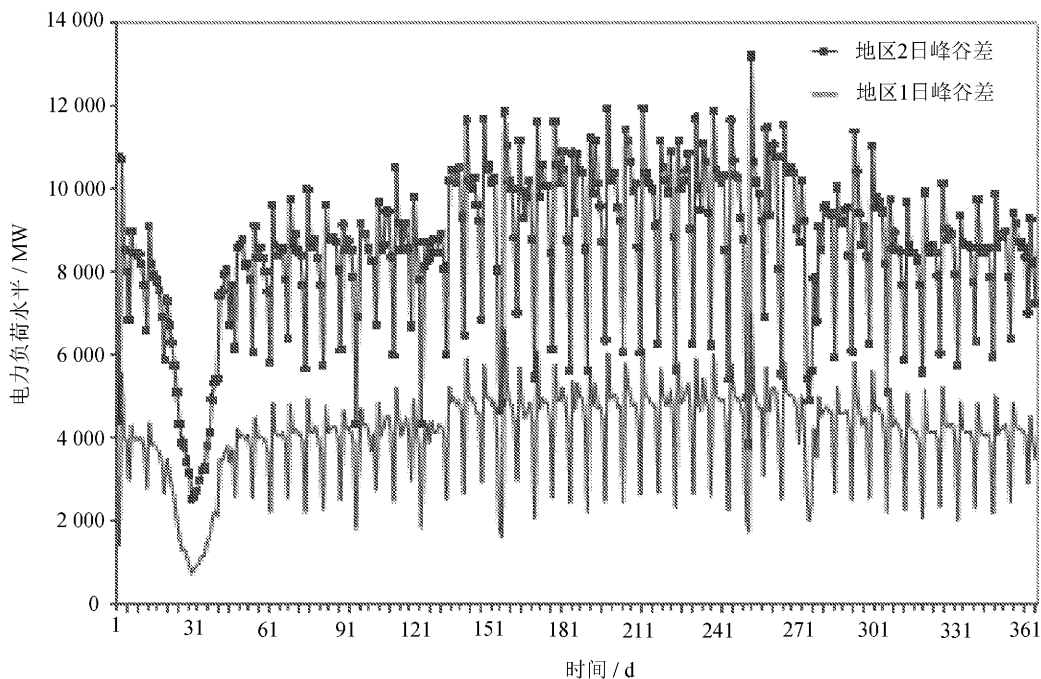


图 1 地区 1、2 电力的日峰谷差变化趋势图

日峰谷差是指电网负荷在 24 h 期间最高负荷与最低负荷的差值,描述了一日内某地区电力负荷水平的波动性。由图 1 可以清晰地看出,地区 2 的电力负荷峰谷差大于地区 1。春末至秋初时期两地区日峰谷差变化幅度较大;二月初左右,两地区日峰谷差下降至最低,而盛夏季节地区 1、2 日峰谷差达到最大。地区 1、2 全年电力负荷水平的极值点变化趋势基本一致,呈现出明显的季节性周期变化。二月初期两地区的电力负荷值出现一个显著的低谷,从 2 月初至 2 月中旬电力负

荷水平趋于波动性上升,6~8 月份用电量达到高峰期。随着季节转入秋冬,两地区的电力负荷水平均缓慢下降。此外,地区 2 整体的电力负荷水平高于地区 1,表明地区 2 工业、居民生活用电量较地区 1 偏多。

3 地区 1、2 未来一周的电力负荷预测

分析数据发现,2010—2017 年的电力负荷时间序列数据呈现不规则的波动发展趋势,故选择动态指数平滑模型对 2011—2016 年 1.11~1.17

日每隔 15 min 观察一次的观测点数据加以平滑,得到 2017.1.11~2017.1.17 日 96 个时刻的预测值。

3.1 指数平滑模型的建立

指数平滑法的概念在 1985 年由 C.C Holt 提出,此后指数平滑的理论内容不断地丰富发展,并被广泛应用于生产生活和短期经济发展趋势预测之中。指数平滑法是加权移动平均法的一种特殊情况,它消除了历史数据中不规则的随机波动,使数据的发展方向 and 趋势规律化。

时间序列数据一般具有两个特征:趋势性和季节性。根据前文对地区 1、2 的 5 年共 1 106 个电力负荷的观测数据的特征分析可知,电力负荷水平表现出明显的季节周期变化,即冬季(2 月份)左右日电力负荷量最低,夏季(7、8 月份)电力负荷水平达到高峰。故我们考虑剔除季节因素的影响,利用相同时段的电力负荷值对两地区未来一周的电力负荷量进行预测。

一次指数平滑法适用于无明显趋势变化的时间序列的预测。预测公式为:

$$S_t^{(1)} = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}^{(1)} \quad (1)$$

式中: α ——加权系数;

$S_t^{(1)}$ ——本期(t 期)的平滑值 S_t ,即 $t+1$

$$a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + 3S_t^{(3)} \quad (5)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)}] \quad (6)$$

$$c_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)}] \quad (7)$$

3.2 三次平滑法预测电力负荷值

通过描绘 2011—2017 年各个观测时刻地区 1、2 电力负荷变化曲线,可以发现不同时刻电力负荷量时间序列的变动呈现非线性关系,故这里采用三次指数平滑模型对地区 1、2 的 2017.1.11 日未来一周的电力负荷量进行预测。下面以地区

$$S_0^1 = S_0^2 = S_0^3 = \frac{3\ 583.963\ 264 + 4\ 150.743\ 424 + 5\ 062.552\ 192}{3} = 4\ 265.752\ 96$$

由于时间序列的波动趋势较大,初步判定平滑系数 α 的取值应在 0.5 左右最宜。平滑系数越小,平滑作用会增强,但对实际数据变动的反应灵敏度会降低。经过多次计算检验得到,当 $\alpha=0.7$

期的预测值;

$S_{t-1}^{(1)}$ ——上期($t-1$ 期)的平滑值。

当时间序列的变动表现出直线趋势时,一次指数平滑法会使预测值发生明显的偏差。修正的方法是在一次平滑的基础上进行二次平滑,利用滞后偏差的规律建立直线趋势预测模型^[2]。二次平滑的计算公式为:

$$S_t^{(2)} = \alpha \cdot x_t^{(1)} + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}^{(2)} \quad (2)$$

式中: $S_t^{(2)}$ ——第 t 周期的二次指数平滑值;

$x_t^{(1)}$ ——第 t 周期的一次指数平滑值;

$S_{t-1}^{(2)}$ ——第 $t-1$ 周期的二次指数平滑值;

α ——加权系数(也称平滑系数)。

当时间序列呈现二次曲线的变动趋势,则需要采用三次指数平滑模型对数据进行预测。三次指数平滑在二次指数平滑的基础上进行了又一次平滑,它保留了季节性的信息。其预测公式^[3]为:

$$S_t^{(3)} = \alpha \cdot x_t^{(2)} + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1}^{(3)} \quad (3)$$

$$y_{t+T} = a_t + b_t \cdot T + c_t \cdot T^2 \quad (4)$$

式中: T ——预测的超前期数;

y_{t+T} —— $t+T$ 时刻的预测值。

式(4)中参数的计算公式为:

1 的 2017.1.11 日 0 时 0 分为例,介绍三次指数平滑法的计算过程。

从 2011—2016 年每一时刻观测点时间序列只有 6 项,相对较少,故初始观测值以前三项的平均数确定,即

时,预测结果误差最小^[4]。

根据式(1)~式(3)计算各期平滑值得到 2011.1.11~2016.1.11 日 0 时 0 分地区 1 各期指数平滑值,见表 1。

表 1 2011.1.11~2016.1.11 日 0 时 0 分地区 1 各期指数平滑值

时期	电力负荷	一次指数平滑	二次指数平滑	三次指数平滑
2011.1.11	3 583.963 264	3 788.500 173	3 931.676 009	4 031.899 094
2012.1.11	4 150.743 424	4 042.070 449	4 008.952 117	4 015.836 210
2013.1.11	5 062.552 192	4 756.407 669	4 532.171 003	4 377.270 565
2014.1.11	4 628.564 704	4 666.917 593	4 626.493 616	4 551.726 701
2015.1.11	5 270.515 456	5 089.436 097	4 950.553 353	4 830.905 357
2016.1.11	5 340.319 840	5 265.054 717	5 170.704 308	5 068.764 623

由式(5)~式(7)计算参数 a_t 、 b_t 、 c_t ，并最终得到 2017.1.11~2017.1.17 日不同时刻的电力负荷预测值共 96 个数据，由于篇幅有限，选取 2015.01.11 日前 6 个时刻($T0000$ 、 $T0015$ 、 $T0030$ 、 $T0045$ 、 $T0100$ 、 $T0115$) 的预测值分别为：5 768.94, 5 673.31, 5 598.85, 5 543.81, 5 482.05, 5 448.26。

4 地区 1 宏观经济与电力负荷的联动性分析

某地区电力负荷量与其经济发展水平关系密切。一般而言，经济发达地区工业生产和居民生活用电消耗量较大，电力负荷维持在一个较高的水平。因此，地区 1、2 电力负荷的特征能够在一定程度上反映两地区的经济发展水平和能源消耗

程度^[5]。

以地区 1 为例进行分析。选择生产总值 GDP、物价水平 CPI、固定资产投资额、居民消费水平和工业总产值 5 个影响因子来综合反映地区 1 的宏观经济状况^[6]。通过查阅地方统计年鉴，搜集了地区 1 在 2010—2015 年相关的月度数据。将经济效益综合指数(x_1)、工业投资完成额(x_2)、单位消费品零售总额(x_3)和工业产值增长率(x_4)作为自变量，地区 1 的年电力负荷量作为因变量(y)，运用 Eviews 软件建立了电力负荷总量与宏观经济因子的多元线性回归模型，以分析地区 1 宏观经济与电力负荷的联动性。

利用 OLS 方法估计多元线性方程的各参数，结果见表 2。

表 2 OLS 下多元线性回归参数表

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1 295 007	356 956.4	3.627 915	0.000 6
x_1	4 087.807	769.667 1	5.311 137	0.000 0
x_2	0.000 452	0.001 123	5.402 273	0.017 3
x_3	0.078 422	0.055 581	2.410 963	0.043 1
x_4	-10 594.98	6 674.118	-1.587 473	0.688 8

在显著性水平 $\alpha=0.05$ 下，查 t 分布表可知，自由度为 $n-k=64$ 的临界值 $t_{0.025}(64) \approx 2$ ， x_1 、 x_2 、 x_3 的 t 统计量分别为 5.311 137、5.402 273、2.410 963，均大于 $t_{0.025}(64)$ ，即均通过 t 检验，因此经济效益综合指数(x_1)、工业投资完成额(x_2)、单位消费品零售总额(x_3)对电力负荷量均有显著影响；而 x_4 的 t 统计量绝对值小于 2，未通过 t 检验，且系数为 -1.587 473，经济意义与实际不符，故考虑将其剔除。经过重复尝试，发现以 x_1 、 x_3 为自变量时，能够得到最优的多元线性回

归结果。即地区 1 经济效益综合指数(x_1)和单位消费品零售总额(x_3)与电力负荷量(y)的多元线性回归方程为：

$$y = 741\,802 + 10.807\,93x_1 + 0.178\,047x_3$$

5 结 语

通过地区 1 电力负荷量多元线性回归方程的建立，得出了地区 1 电力负荷量与该地的经济效益指数和单位消费品零售总额成正相关变动，且工业的经济效益综合指数对其电力负荷量的变化

起着关键作用^[7]。当需要限制电力负荷量上升时,政府可以调节工业生产规模、提高生产效率、降低能源的消耗和浪费,以实现电源结构的调整和电力资源的优化配置^[8]。

参考文献:

- [1] 唐良艳.电力系统负荷特性分析与负荷预测研究[D].广州:华南理工大学,2010.
- [2] 冯金巧,胡家兴,孙占全,等.基于指数平滑与曲线拟合的交通违法预测方法研究[J].山东科学,2009(5):122-126.
- [3] 方亮.基于三次指数平滑法的黄山风景区旅游营业总收入预测分析[J].黄山学院学报,2011(1):57-59.
- [4] 严小丽,何超,黄怡浪.三次指数平滑法在建筑事故预测中的应用[J].统计与决策,2015,10:72-73.
- [5] 吴礼斌,李柏年.数学实验与建模[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [6] 于浩祺.电力负荷特性分析及短期负荷预测系统的研发[D].长沙:湖南大学,2016.
- [7] 周谢.电力负荷特性指标及其内在关联性分析[D].长沙:长沙理工大学,2013.
- [8] 高杨鹤.基于负荷特性分析的短期负荷预测模型研究[D].石家庄:华北电力大学,2013.