

基于BP神经网络的南方五省(区)居民生活用电购买力及其省间差异评价

李新武, 王丽萍, 谢维

(华北电力大学可再生能源学院, 北京 102206)

摘要: 选择南方区域电力市场所属的五省(区)为研究对象, 在对居民生活用电购买力影响因素进行分析的基础上, 运用人工神经网络的BP模型对2006年南方五省(区)居民生活用电购买力及其省间差异进行评价, 得出了南方五省(区)居民生活用电购买力的量化评价指标, 评价结果具有客观性和科学性, 可以为南方区域电力市场的电价制定研究提供基础和依据。

关键词: 人工神经网络; BP; 居民生活用电; 购买力; 省间差异; 南方五省(区)

Assessment of purchasing power and its inter-provincial diversity of electricity for five southern provincial residents' living on the basis of back error propagation

LI Xin-wu, WANG Li-ping, XIE Wei

(Renewable Energy School, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: In the southern region power market, this paper chooses five southern provinces' power market as a target. Based on an analysis of modifying factors of purchasing power of electricity for residents' living, it applies ANN's BP model to assess purchasing power in 2006, and its diversity of electricity for five southern provincial residents' living, from which this paper arrives at assessment indicators of its quantification. Such kind of result is scientific and objective that it can provide a foundation and basis for the researches on making reviews of charges in electricity in southern region power market.

Key words: ANN; BP; electricity for residents' living; purchasing power; inter-provincial diversity; five southern provinces

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)09-0069-04

0 引言

我国南方区域电力市场覆盖广东、广西、海南、贵州和云南五省(区)。由于五省(区)之间发展不平衡, 经济差异巨大, 导致居民生活水平和生活用电购买力的省间差异明显, 严重影响和制约南方区域电力市场的建设。因此, 对南方五省(区)居民生活用电购买力进行实证分析, 以省(区)为单元, 从定性和定量分析的角度, 揭示和评价南方五省(区)居民生活用电购买力及其省间差异, 将有助于建立公平、统一、高效的南方区域电力市场。

1 居民生活用电购买力的影响因素分析和指标选取

综合国内专家学者的研究结果, 居民生活用电需求是指在一定时期内居民电力用户对电力商品具有购买能力的需求, 主要受宏观经济环境、居民收

入和生活水平、消费支出情况、生活用电价格、用电支出情况和消费环境等因素影响, 居民生活用电购买力则是这些影响因素的函数。在以省(区)为单元对居民生活用电购买力进行宏观评价时, 为了能够客观反映居民生活用电购买力及其省间差异, 选取的评价指标涉及到经济实力、收入水平、消费支出情况和生活用电价格等内容, 各指标之间互为补充, 彼此相互独立, 且多为相对指标和宏观指标。考虑到各个指标的重要程度、可比性、相对性以及由于部分数据获取困难, 文中选取2006年南方各省(区)的GDP(亿元)、人均GDP(万元)、城镇居民人均可支配收入(元)、农村居民人均纯收入(元)、城镇居民人均消费支出(元)、农村居民人均消费支出(元)、城镇人口比例(%)、城乡居民平均生活电价(元/kWh)等8项截面数据作为评价指标。

2 BP神经网络模型结构

人工神经网络ANN (Artificial Neural Network) 是由大量与自然神经系统相类似的神经元广泛联接而成,用以模拟人脑思维方式的非线性系统,具有自组织、自适应、自学习等特点,同时它还具有很强的输入输出非线性映射能力和易于学习和训练的优点,在处理相互影响、相互制约且具有复杂的交叉效应和动态效应的变量间关系有着独特的功能^[1]。人工神经网络设计灵活,可以较为逼真地模拟真实社会经济系统,其结构可以认为是真实系统的映射。因此,人工神经网络被广泛应用于模式识别、图像处理、非线性系统辨识、自适应控制、动态预测和优化组合等领域^[2]。

BP神经网络是D E Rumelhart和J L Mcelland等人在1986年提出来的,是一种基于误差反向传播算法的多层前向监督性网络,其拓扑结构如图1。BP神经网络是ANN技术中应用最为广泛的一种网络类型,与传统的统计分析模型相比具有更好的容错性、鲁棒性和自适应性,在预测预报、分类及评价等方面最为适用^[3]。

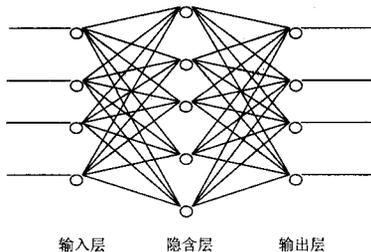


图1 BP神经网络拓扑结构
Fig.1 A topology of BP network

BP神经网络的算法原理为^[4]:

根据Komogorol定理,采用含有输入层、隐含层、输出层的三层BP神经网络,每层分别有 $n, 1, m$ 个神经元。BP神经网络的学习训练过程由正向信号传输和反向误差传输构成。

正向信号传输过程:

隐含层节点输入:

$$I_i = \sum_{j=1}^n \omega_{ij} \cdot x_j + \theta_i; \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,l) \quad (1)$$

隐含层节点输出:

$$P_i = f_i(I_i); \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2)$$

输出层节点输入:

$$I_k = \sum_{i=1}^l v_{ki} \cdot p_i + \theta_k; \quad (i=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,m) \quad (3)$$

输出层节点输出:

$$y_k = f_2(I_k); \quad (k=1,2,\dots,m) \quad (4)$$

式中: x_j 为输入层第 j 个节点的输出; ω_{ij} 为输入层节点 i 与隐含层节点 j 之间的权值; θ_i 为隐含层第 i 个节点的阈值; v_{ki} 为隐含层节点 k 与输出层节点 i 之间的权值; θ_k 为输出层第 k 个节点的阈值; $f_1(x), f_2(x)$ 为隐含层,输出层传递函数。

反向误差传输过程:

设有 P 组学习样本

$$(x_{1p}, x_{2p}, \dots, x_{np}; T_{1p}, T_{2p}, \dots, T_{np}),$$

($p=1,2,\dots,P$), T_{kp} 为期望输出,定义误差函数:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^p \sum_{k=1}^m (T_{kq} - y_{kq})^2 \quad (5)$$

式中: y_{kq} ($k=1,2,\dots,m$) 为网络预测值。根据求得的误差可由梯度下降法得到权值和阈值的迭代计算公式:

$$\sigma(k+1) = \sigma(k) + \beta \frac{\partial E}{\partial \sigma(k)} \quad (6)$$

式中: β 为学习率。

重复上述正向传输和误差反传运算,不断修改权值和阈值,就得到满足精度要求的权值和阈值。

3 居民生活用电购买力的ANN评价

3.1 网络构建与评价

居民生活用电购买力评价是一个多层次、多因素的复杂问题,采用BP神经网络技术构建的非线性评价模型,对居民生活用电购买力及其省间差异进行评价和识别,可以避免人工确定各指标或各层次权重带来的主观性,使得评价结果具有一定的客观性和科学性。

选取GDP、人均GDP、城镇居民人均可支配收入等8项评价指标作为输入神经元,居民生活用电购买力为输出神经元,构建三层BP神经网络。

首先建立居民生活用电购买力评价标准,并将其作为BP神经网络的训练样本,如表1。

然后建立BP神经网络,并设置BP神经网络的各项训练参数,并将表1中的BP神经网络训练数据输入神经网络进行训练,得到符合居民生活用电

购买力模型的 BP 神经网络。

表1 南方五省(区)居民生活用电购买力评价标准 (BP神经网络训练数据)

Tab.1 Standard of assessment of purchasing power of electricity for five southern provincial residents' living (drill data of BP)

网络输入层								输出层
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	0.001	0.001	1	0.834	5
0.821	0.564	0.654	0.851	0.145	0.153	0.564	0.836	4
0.631	0.321	0.215	0.521	0.254	0.321	0.254	0.876	3
0.042	0.178	0.1	0.245	0.521	0.654	0.123	0.956	2
0.021	0.089	0.000 2	0.006	1	1	0.003	1	1

表2 2006年南方五省(区)居民生活用电购买力评价指标 (BP神经网络输入数据)

Tab.2 Assessment indicators of purchasing power in 2006 of electricity for five southern provincial residents' living (input data of BP)

省(区)	GDP/亿元	人均GDP /万元	城镇居民人 均可支配收入 /元	农村居民人 均纯收入 /元	城镇居民人 均消费支出 /元	农村居民人 均消费支出 /元	城镇人 口比例 /(%)	城乡居民平 均生活电价 /(元/kWh)
广东	26 204.47	2.82	16 015.58	5 079.78	12 432.22	3 885.97	63.00	0.61
广西	4 828.51	1.02	9 898.75	2 770.48	6 791.95	2 413.93	34.64	0.44
海南	1 052.85	1.26	9 395.13	3 255.53	7 126.78	2 232.19	46.10	0.576
贵州	2 282.00	0.61	9 116.61	1 984.62	6 848.39	1 627.07	27.46	0.40
云南	4 006.72	0.89	10 069.89	2 250.46	7 379.81	2 195.64	30.50	0.391

注: 数据资料来源于《中国统计年鉴 2007》和《国家电力资讯网》。

表3 南方五省(区)居民生活用电购买力评价指标 (归一化)

Tab.3 Assessment indicators of purchasing power in 2006 of electricity for five southern provincial residents' living (generalization)

省(区)	GDP/亿元	人均GDP /万元	城镇居民人 均可支配收入 /元	农村居民人 均纯收入 /元	城镇居民人 均消费支出 /元	农村居民人 均消费支出 /元	城镇人 口比例 /(%)	城乡居民平 均生活电价 /(元/kWh)
广东	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
广西	0.184 3	0.361 7	0.618 1	0.545 4	0.546 3	0.621 2	0.549 8	0.721 3
海南	0.040 2	0.446 8	0.586 6	0.640 9	0.573 3	0.574 4	0.731 7	0.944 3
贵州	0.087 1	0.216 3	0.569 2	0.390 7	0.550 9	0.418 7	0.435 9	0.655 7
云南	0.152 9	0.315 6	0.628 7	0.443 0	0.593 6	0.565 0	0.484 1	0.641 01

最后将表 2 中的 2006 年南方五省(区)居民生活用电购买力评价指标的各项数据以广东省数据为基准进行归一化得到表 3, 根据归一化的评价指标, 利用所建模型对 2006 年南方五省(区)的居民生活用电购买力进行评价, 结果见表 4。

表4 南方五省(区)居民生活用电购买力的BP评价价值

Tab.4 BP rating of purchasing power of electricity for five southern provincial residents' living

省(区)	评价价值	评价价值(约)	排序
广东	4.490 0	4.49	1
广西	2.660 5	2.66	2
海南	2.616 2	2.62	3
云南	2.495 7	2.50	4
贵州	2.121 2	2.12	5

为方便比较, 将表 4 中的 BP 评价价值以贵州省

为基数 1.00 进行折算, 得出 BP 评价折算值, 如表 5。

表5 南方五省(区)居民生活用电购买力的BP评价折算值

Tab.5 Referred value of BP rating of purchasing power of electricity for five southern provincial residents' living

省(区)	评价折算值	评价折算值(约)	排序
广东	2.116 726	2.12	1
广西	1.254 243	1.25	2
海南	1.233 358	1.23	3
云南	1.176 551	1.18	4
贵州	1.00	1.00	5

3.2 评价结果

从表 4 的 BP 评价价值可以看出, 在南方五省(区)当中, 广东省居民生活用电购买力的评价价值为 4.49,

广西区为 2.66, 海南省为 2.62, 贵州省为 2.12, 云南省为 2.50。广东省居民生活用电购买力水平明显高于另外的四个省(区), 广西区和海南省接近, 云南省位居第四, 贵州省最低。按照购买力水平从高到低的排序为: 广东省、广西区、海南省、云南省和贵州省; 以贵州省的评价为基数 1.00 折算(表 5), 则广东省购买力为贵州省的 2.12 倍, 广西区为 1.25 倍, 海南省为 1.23 倍, 云南省为 1.18 倍。结果表明, 我国南方五省(区)居民生活用电购买力的省间差异明显。

广东省凭借其优越的地理位置和良好的政策条件, 获得了很好的发展机遇, 经济发展迅猛, 成为南方五省(区)当中最发达的省份, 其经济发展程度、国民收入、居民生活水平和人均生活用电需求远远高于其它省(区)。而位居西部内陆地区的贵州和云南两省, 电力资源丰富, 经济欠发达, 国民收入、居民生活水平和人均生活用电需求均处于较低水平。以上各影响因素导致南方五省(区)居民生活用电购买力水平的省间差异明显。显然, 居民生活用电购买力的省间差异与各省(区)之间存在的经济发展水平、国民收入和居民生活水平等方面的省间差异相一致, 文中的评价结果具有一定的科学性和客观性。

4 结语

在居民生活用电购买力省间差异明显的南方区域电力市场, 基于综合成本定价的电价机制, 会使很多落后地区的居民用不起电、用不上电, 无法体现电力的普遍服务特性, 并将导致社会整体福利损失, 省间利益分配扭曲, 区域内经济差异和贫富差距进一步扩大, 不利于区域经济社会的协调发展。本文定量分析了我国南方五省(区)居民生活用电购买力的省间差异, 为在电力市场化改革中关注这种差异的现状和影响, 将居民生活用电购买力及其省间差异作为电价体制改革的重要影响因素予以考虑, 形成计及这种差异的新的区域差别电价机制提供了参考与依据。

参考文献

- [1] 焦李成.神经网络系统理论[M].西安:西安电子科技大学出版社,1996.
JIAO Li-cheng. System Theory of Artificial Neural Network[M].Xi'an:Xi'an Electronic Science and Technology Press, 1996.
- [2] 麻永建.基于人工神经网络的江苏省小城镇经济发展水平及其区域差异研究[J].安徽农业科学,2006,34(5):1003-1005.
MA Yong-jian. Analysis of Regional Differentiations of Economic Development of Small Town in Jiangsu Province Based on Artificial Neural Networks[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2006,34(5):1003-1005.
- [3] 许月卿,李双成.中国经济发展水平区域差异的人工神经网络判定[J].资源科学,2005,27(1):69-73.
XU Yue-qing, LI Shuang-cheng. Analysis on Regional Differentiations of Economic Development by Using Artificial Neural Networks[J].Resources Science, 2005,27(1):69-73.
- [4] 何飞,张国忠,刘亚.基于BP网络的改进负荷预测方法[J].华东电力,2004,32(3):31-33.
HE Fei,ZHANG Guo-zhong,LIU Ya.Improved Load Forecasting Method Based on BP Network[J]. East China Electric Power, 2004,32(3):31-33.
- [5] 杨伟,倪黔东,吴军基.BP神经网络权值初始值与收敛性问题研究[J].电力系统及其自动化学报,2002,14(1):20-22.
YANG Wei,NI Qian-dong,WU Jun-ji.Research of the Relation Between the Initial Weight and Convergence of BP Neural Network[J]. Proceedings of the EPSA, 2002,14(1):20-22.
- [6] 杨朴,游大海,谢培元.基于遗传算法和BP神经网络的电价预测[J].水电能源科学,2003,21(2):84-86.
YANG Pu,YOU Da-hai,XIE Pei-yuan.Price Forecasting Based on Generic Alg-rithm and BP Neural Network[J].Water Resources and Power, 2003,21(2):84-86.
- [7] 李晓波,罗枚,冯凯.短期负荷预测神经网络方法比较[J].继电器,2007,35(6):49-53.
LI Xiao-bo, LUO Mei,FENG Kai. Comparison of Neural Network Methods for Short-term Load Forecasting[J]. Relay, 2007,35(6):49-53.
- [8] 林扬宇,陈晓明,黄睿,等.居民用电量需求分析与电价决策[J].福建电力与电工,2005,25(1):27-29.
LIN Yang-yu,CHEN Xiao-ming,HUANG Rui,et al. Analysis on Demanding of Electricity Consumption of Resident and Decision of Electricity Price[J]. Fujian Electric Power and Electrion, 2005,25(1):27-29.
- [9] 王野平.西电东送与南方电网的发展[J].人民长江,2004,35(3):2-3.
WANG Ye-ping.West-to-east Power Transmission and the Development of China Southern Electric Network[J].Yangtze River,2004,35(3): 2-3.

收稿日期: 2008-06-27; 修回日期: 2008-08-25

作者简介:

李新武(1976-),男,博士研究生,主要研究方向为电力市场理论及应用;E-mail: 836472026@qq.com

王丽萍(1956-),女,教授,博士生导师,主要研究方向为水电能源经济、电力市场与水电站经济运行;

谢维(1985-),女,博士研究生,主要研究方向为水火电调度自动化、水电能源开发与利用。