

基于熵权法的供电商竞争力组合评价

李金颖¹, 李金超², 牛东晓²

(1. 华北电力大学经济管理系, 河北 保定 071000; 2. 华北电力大学工商管理学院, 北京 102206)

摘要: 针对单一评价方法的局限性, 提出了基于熵权法的组合评价方法。该方法是对原有的单一评价方法进行组合的一种评价方法。此方法克服了单一评价方法的片面性, 同时使各单一评价方法所包含的主客观性相统一。该方法首先应用多种单一评价方法对评价对象进行综合评价, 而后运用关联度、最大误差、平均绝对误差三个评价指标对单一评价方法的评价效果进行评价计算, 将计算结果经处理后形成多种单一评价方法的评价矩阵, 利用熵权法对各单一评价方法所包含的显信息和隐性信息进行挖掘求得各单一评价方法的权重, 据此构成组合评价方法。最后, 应用此方法对供电商竞争力进行了实例验证。

关键词: 熵权; 供电商; 竞争力; 组合评价

Comprehensive evaluation of power suppliers' competitive ability based on entropy

LI Jin-ying¹, LI Jin-chao², NIU Dong-xiao²

(1. Department of Economic Management, North China Electric Power University, Baoding 071000, China;
2. School of Business Administration, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: To eliminate the limitation of the single evaluation method, a comprehensive method based on entropy is presented to evaluate the priority of the competitive ability of the power supplier. The method is the combination of the former single evaluation methods. It can prevent the unilateralism of the single evaluation methods. Firstly, multi-single evaluation algorithm is used to appraise the evaluating object, then using Gray Correlation Degree, the maximal difference and the mean absoluteness difference to evaluate the performance of the former single evaluation methods. Next the entropy method is used to calculate the weight of the single evaluation methods in the comprehensive method. At last, this method is validated by a case of evaluation of the electrical power supplier's competitive ability.

Key words: entropy; electrical power supplier; competitive ability; comprehensive evaluation

中图分类号: TM73; F123.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)06-0042-06

0 引言

随着电力市场化改革的深入进行, 放开用户侧电力市场成为当前重点关注的问题。在电力用户享有选择权的情况下, 供电商将努力提高自身竞争力, 以期赢得用户的青睐。同时, 电力用户也将十分关注供电商的竞争力, 选择最佳供电商, 从而获得最满意的供电服务。本文的研究背景为允许在一定区域内供电商可以进行竞争, 允许电力用户对供电商进行自由选择, 目前国外已经实现了这种电能交易模式, 相信这种方式是我国电力市场发展的方向。考虑到目前针对供电商竞争力的研究较少, 没有指标体系可借鉴。本文在对电力用户的咨询、深入供电企业内部跟踪其工作服务流程和阅读相似文献^[1~5]的基础上建立了科学全面的指标体系。最

后, 运用基于熵权法的组合评价方法对供电商竞争力进行了评价研究。

1 供电商竞争力评价指标体系

基于全面性、科学性、系统性、定量分析与定性分析相结合及可行性和可操作性的原则, 从供电能力、盈利能力、消耗指数、电能质量、供电稳定性、服务水平和技术力量 7 个方面入手建立了包含 18 个指标的指标体系 (见图 1)。

2 指标界定及评价值的计算

2.1 供电能力 C_1

供电能力 C_1 由两个下层指标供电量 U_1 、最高负荷承载力 U_2 组成。

2.2 盈利能力 C_2

盈利能力 C_2 通过利润率 U_3 和电费回收率 U_4

基金项目: 华北电力大学博士基金 (200612013)

来体现。电力用户在选择供电商时通过其盈利能力来判断与此供电商的交易风险。

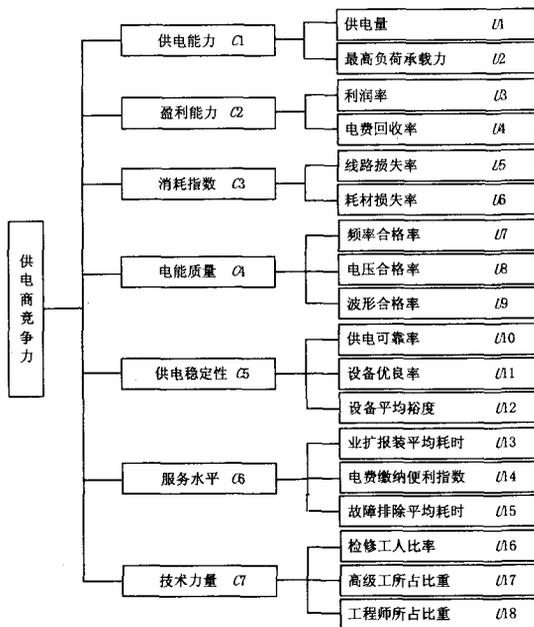


图 1 供电商竞争力评价指标体系

Fig.1 The index system of power supplier's competitive ability

2.2.1 利润率 U_3

利润率是对供电商运营状况最直接的表示。

2.2.2 电费回收率 U_4

电费回收率高决定供电商资金运转的顺畅。

$$U_4 = \frac{\text{某供电商实收电费}}{\text{某供电商应收电费}}$$

2.3 消耗指数 C_3

供电商在输送电能到用户的过程中发生的电能损耗和维护输电网所发生的材料损耗会降低供电商的竞争力。

2.3.1 线路损耗率 U_5

$$U_5 = \frac{\text{售电量} - \text{用电量}}{\text{售电量}}$$

2.3.2 耗材损耗率 U_6

耗材损耗率是指供电商在供电服务过程中，由于设备元器件损坏进行更换维护所花费的费用。

$$U_6 = \frac{\text{本期更换设备元器件费用}}{\text{本期售电量}}$$

2.4 电能质量 C_4

2.4.1 频率合格率 U_7

$$U_7 = (1 - V_2 / \text{本期小时数}) \times 100\%$$

式中： V_2 为本期电网频率累计超过偏差小量数。（允

许值在 49.5~50.5 Hz 之间）

2.4.2 电压合格率 U_8

$$U_8 = 0.5 \times A + 0.5 \times (B + C + D) / 3$$

式中： A 为城市变电站 10(6)kV 母线电压合格率； B 为 35 kV 及以上专线供电用户电压合格率； C 为 35 kV 非专线用户和 10(6)kV 用户电压合格率； D 为 380V/220V 用户和网络电压合格率。

其中， A, B, C, D 建议由独立第三方进行监测获得，计算公式如下：

$$A(B, C, D) = \frac{\sum \text{各监测点超偏差时间}}{\sum \text{监测运行时间}} \times 100\%$$

2.4.3 波形合格率 U_9

$$U_9 = \frac{\text{波形合格的配电网母线条数}}{\text{配电网母线条总数}} \times 100\%$$

2.5 供电稳定性 C_5

2.5.1 供电可靠率 U_{10}

$$U_{10} = (1 - \frac{\text{用户平均停电时间}}{\text{本期全部时间}}) \times 100\%$$

其中：用户平均停电时间 =

$$\frac{\sum (\text{每次停电时间} \times \text{每次停电用户数})}{\text{总用户数}}$$

2.5.2 设备良好率 U_{11}

$$U_{11} = \frac{\text{配电主要设备一、二类设备良好单元数}}{\text{配电主要设备总单元数}}$$

2.5.3 设备平均裕度 U_{12}

$$U_{12} = \frac{\sum (\text{配电主要设备额定值} - \text{实际值}) \div \text{额定值}}{\text{配电主要设备单元数}} \times 100\%$$

2.6 服务水平 C_6

2.6.1 业扩报装平均耗时 U_{13}

$$U_{13} = \frac{\sum \text{单项业扩报装业务用时}}{\text{业扩报装业务总数}}$$

2.6.2 电费缴纳便利指数 U_{14}

$$U_{14} = \frac{\text{电费缴纳网点数目}}{\text{服务区面积}}$$

2.6.3 故障排除平均耗时 U_{15}

$$U_{15} = \frac{\sum \text{单项报修故障排除用时}}{\text{报修故障总数}}$$

2.7 技术力量 C_7

2.7.1 检修工人比率 U_{16}

$$U_{16} = \frac{\text{检修工人总数}}{\text{供电服务面积}}$$

2.7.2 高级工所占比重 U_{17}

$$U_{17} = \frac{\text{高级工及以上人员总数}}{\text{检修工人总数}}$$

2.7.3 工程师所占比重 U_{18}

$$U_{18} = \frac{\text{工程师及以上人员总数}}{\text{检修工人总数}}$$

3 基于熵信息的组合评价模型

3.1 经典评价方法介绍

目前国内外提出的综合评价方法有几十种之多,如综合指数法、层次分析法、熵值法,主成分分析法等,这些方法统称为单一评价法。

3.1.1 专家打分法^[6] M_1

所谓专家打分法,就是选择相关领域经验丰富的专家,对评价项目进行评价排序,这种方法的可操作性强,但主观性也很强。

3.1.2 Topsis 法^[7] M_2

TOPSIS(Technique for order preference by similarity to ideal solution)法,即逼近理想解排序法,是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法。

它是基于归一化后的原始数据矩阵,找出有限方案中最优方案和最劣方案,然后分别计算诸评价对象与最优方案和最劣方案的距离,获得各评价对象与最优方案的相对接近程度,以此作为评价优劣的依据。计算公式如下

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (1)$$

$$\text{其中: } D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij}^+ - a_{ij})^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (a_{ij}^- - a_{ij})^2}$$

3.1.3 层次分析法^[8,9] M_3

层次分析法的特点是把评价目标分解为不同层次的目标,对原始资料按不同层次建立目标树图,并根据经验对各层子目标的重要程度做两两对比打分,用计算得到的各层子目标的权重系数计算组合权重,最后用累加法等方法计算加权总分并进行综合评价。计算步骤如下:

(1) 构造判断矩阵 B ;

(2) 将 B 正规化处理,即, $b_{ij} = b_{ij} / \sum_{k=1}^n b_{kj}$;

(3) 计算主观权重 $w_i = \overline{w_i} / \sum_{j=1}^n w_j$

(4) 进行一致性检验。利用所得指标权重计算评价对象综合值,得出评价结果。

3.1.4 主成分分析法^[10,11] M_4

主成分分析法计算步骤如下:

(1) 将原有 n 个对象 p 个指标的数据构成原始指标数据矩阵 X

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & & & \vdots \\ X_{p1} & X_{p2} & \cdots & X_{pn} \end{bmatrix}$$

(2) 计算 X 的相关矩阵 R 的特征向量,将所得特征值从大到小排列, $\lambda_1 \geq \lambda_2, \dots, \geq \lambda_n > 0$ 。特征向量表为 A_i 。计算主成分的贡献率 K_i , 计算累积贡献率 $\sum_{i=1}^d \lambda_i / \sum_{i=1}^p \lambda_i$, 不小于 85%, 将原有指标按照相应系数组合成 d 个主成分作为评价用的指标。

(3) 计算样本的综合评价值的计算式为:

$$Y = \sum_{i=1}^d F_i W_i \quad (2)$$

其中: $F = X \times B$ (B 为相应系数可通过 SPSS 软件获得), $W_i = \lambda_i / \sum_{i=1}^p \lambda_i$

(4) 根据综合评价值进行排序。

3.2 单一评价方法的评价指标

由于各单一评价方法的运算机理不同,造成结果具有一定的差异性。因此本文在应用以上四种单一评价方法评价后,对所得评价结果进行分析。列选了关联度,最大偏差,平均绝对偏差作为单一评价方法的评价指标。

3.2.1 关联度^[12,13] R

将各单一评价方法评价结果的算术平均值作为评价的理想解。计算各单一评价方法评价结果同理想解的关联度。计算公式为

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (3)$$

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |y_0(k) - y_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y_0(k) - y_i(k)|}{|y_0(k) - y_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y_0(k) - y_i(k)|}$$

其中: ρ 称为分辨系数,是 0 与 1 间的数,一般取 $\rho = 0.5$ 。

3.2.2 最大偏差 MP

反映单一预测方法的波动性,即单一评价方法的评价结果同理想解的最大差值。

3.2.3 平均绝对偏差 MAE

由于偏差有正有负,为了避免正负相抵消,故取偏差的绝对值进行综合并计算其平均数,这是误差分析的综合指标法之一。

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (4)$$

3.3 基于信息熵的组合评价模型^[14, 15]

设对 m 种评价方法用 n 个效果评价指标去评价。得到评价矩阵:

$$X = (x_{ij})_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix},$$

x_{ij} 表示评价方法 i 用指标 j 进行评价得到的估计值, 而 x_j^* 是评价指标 j 的理想值, x_j^* 的大小因评价指标特性的不同而异, 对于收益性指标, 值越大越好; 而对于损失性指标, 值越小越好。

$$x_j^* = \begin{cases} \max\{x_{ij}\} & \text{收益性指标} \\ \min\{x_{ij}\} & \text{损失性指标} \end{cases}$$

则评价指标的估计值 x_{ij} 与理想值 x_j^* 的接近度为

$$D_{ij} = \begin{cases} x_{ij}/x_j^* & x_j^* = \max\{x_{ij}\} \\ x_j^*/x_{ij} & x_j^* = \min\{x_{ij}\} \end{cases} \quad (5)$$

则评价指标 j 对评价方法的相对重要性的不确定性可由下列的条件熵来度量:

$$E_j = -\sum_{i=1}^m \frac{d_{ij}}{d_j} \ln \frac{d_{ij}}{d_j} \quad (6)$$

式中: $d_{ij} = D_{ij} / \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m D_{ij}$ $d_j = \sum_{i=1}^m d_{ij}$

对 E_j 进行归一化处理得到评价指标 j 的重要性熵值

$$e(d_j) = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m \frac{d_{ij}}{d_j} \ln \frac{d_{ij}}{d_j} \quad (7)$$

为便于评价, 由 $e(d_j)$ 确定评价指标 j 的评价权重

$$\theta_j = \frac{1}{n - E_e} [1 - e(d_j)] \quad (8)$$

式中: $E_e = \sum e(d_j)$

计算指标权重, 公式为

$$w_j = \theta_j / \sum \theta_j \quad (9)$$

经过以上各式得到各指标的权重, 通过公式 $Z = X * w_j$ 得到对单个评价方法的综合评价值, 将得到评价值进行归一化处理作为各单一评价方法在组合评价方法中各自权重, 形成最终的组合评价模型。

4 应用实例

本文中用选取某地区 10 县级供电商 (供电公司) 的相关数据进行算例验证。数据经过了归一化和正反指标的处理, 具体数据如表 1 所示。

表 1 某地区 10 个供电商的指标数据

Tab.1 Indexes value of ten electric power suppliers' in some zone

评价指标	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
U_1	1	0.95	0.85	0.75	0.70	0.86	0.92	0.95	0.96	0.60
U_2	0.95	1	0.85	0.94	0.75	0.82	0.75	0.86	0.94	0.70
U_3	0.85	0.95	0.96	0.97	0.84	0.94	0.80	0.96	0.85	1
U_4	0.95	1	0.96	0.98	0.90	0.95	0.94	0.98	0.95	0.96
U_5	0.96	1	0.95	0.97	0.98	0.99	0.86	0.97	0.99	0.98
U_6	0.95	0.96	0.85	0.97	0.99	1	0.92	0.95	0.96	0.98
U_7	0.98	1	0.95	0.96	0.97	0.98	0.93	0.95	0.94	0.95
U_8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
U_{10}	1	1	0.95	0.98	0.95	0.94	0.93	0.98	0.95	0.90
U_{11}	1	1	1	0.96	0.97	0.95	0.98	0.96	0.98	0.95
U_{12}	1	0.96	0.98	0.95	0.96	0.97	0.93	0.94	0.92	0.90
U_{13}	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.98	0.99	0.95	0.97	1
U_{14}	1	0.95	0.90	0.96	0.98	0.97	0.93	0.92	0.91	0.90
U_{15}	1	1	1	0.95	0.95	0.97	0.98	0.96	0.95	1
U_{16}	0.95	1	0.96	0.98	0.97	0.96	0.98	0.95	0.93	1
U_{17}	1	1	0.95	0.98	0.97	0.96	0.95	0.93	0.92	1
U_{18}	0.96	0.97	0.98	0.95	0.92	0.93	0.94	0.94	0.91	1

表 2 各单一评价方法所得评价结果

Tab. 2 Evaluation results of single evaluation methods

供电商	M_1	M_2	M_3	M_4
P1	2	2	2	1
P2	1	1	1	3
P3	6	7	7	4
P4	3	6	6	5
P5	9	9	9	6
P6	4	5	5	7
P7	10	8	8	8
P8	5	3	3	9
P9	7	4	4	10
P10	8	10	10	2

表 3 单一评价方法的评价指标值

Tab. 3 Indexes value of single evaluation methods

方法	R	MP	MAE
M_1	0.6454	2	0.75
M_2	0.7088	2.5	1.1
M_3	0.7088	2.5	1.1
M_4	0.6183	5.5	2.2

表 4 应用信息熵计算各方法的权重结果

Tab.4 Weight of single evaluation based on entropy

方法	M_1	M_2	M_3	M_4
权重	0.2452	0.2476	0.2476	0.2596

表 5 最终的评价结果

Tab.5 Evaluation results

供电商	计算结果	最终排序
P1	1.74	2
P2	1.52	1
P3	5.98	6
P4	5.00	3
P5	8.22	9
P6	5.27	5
P7	8.49	10
P8	5.05	4
P9	6.29	7
P10	7.43	8

5 结论

本方法避免了单一评价方法在评价过程中的片面性,将各单一评价方法评价结果所包含的显性信息和隐性信息用熵权法予以充分挖掘,使评价结果

更具客观性和说服力。通过对供电商竞争力评价实际测算,验证了基于熵权法的供电商竞争力组合评价方法的客观合理性。该方法可以通过软件 Matlab、Spss 以及 Excel 方便的实现,因此本方法具有很强的可操作性。

参考文献

- [1] 张集,张粒子,于亮.电力市场中的市场力分层评价指标体系[J].中国电机工程学报,2006,26(6):123-128.
ZHANG Ji, ZHANG Li-zi, YU Liang. Layered Index System for Evaluating the Market Power in Electricity Market[J]. Proceedings of the CSEE,2006,26(6):123-128.
- [2] 杨力俊,赵云,谭忠富.一种评估电力市场中卖方市场力的新指标[J].电网技术,2006,30(7):26-31.
YANG Li-jun,ZHAO Yun,TAN Zhong-fu. A New Index for Evaluating Seller's Market Power in Electricity Market[J]. Power System Technology, 2006,30(7):26-31.
- [3] 王鑫,李研.区域电力市场中市场力的分析及抑制措施[J].华北电力技术,2006,(4):46-49.
WANG Xin,LI Yan. Analysis and Restraint of Market Power in Regional Electricity Market[J]. North China Electric Power, 2006,(4):46-49.
- [4] 林济铿,倪以信,吴复立.电力市场中的市场力评述[J].电网技术,2002,26(11):70-76.
LIN Ji-keng, NI Yi-xin, Wu F F. A Survey of Market Power in Relation with Electricity Market Structure[J]. Power System Technology, 2002,26(11):70-76.
- [5] 刘敦楠,李瑞庆,陈雪青,等.电力市场监管指标及市场评价体系[J].电力系统自动化,2004,28(9):16-21.
LIU Dun-nan, LI Rui-qing, CHEN Xue-qing,et al. Surveillance Indices and Evaluating System of Electricity Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004,28(9):16-21.
- [6] 秦寿康,等.综合评价原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [7] 朱雪龙.应用信息论基础[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [8] 张铁峰,苑津莎,孔英会.基于层次分析法和选择消去法Ⅲ的配电网规划辅助决策方法[J].中国电机工程学报,2006,26(11):121-127.
ZHANG Tie-feng, YUAN Jin-sha, KONG Ying-hui. An Approach Based on AHP/ELECTRE III for Decision-aid in Power Distribution System Planning[J]. Proceedings of the CSEE, 2006,26(11):121-127.
- [9] 曹国庆,邢金城,涂光备.基于灰色层次分析理论的烟气脱硫技术评价方法[J].中国电机工程学报,2006,26(4):51-55.

- CAO Guo-qing, XING Jin-cheng, TU Guang-bei. Grey Method with Use of an Analytic Hierarchy Process for Performance Evaluation of Flue Gas Desulfurization Technology[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(4):51-55.
- [10] 廖瑞金,杨丽君,孙才新,等. 基于局部放电主成分因子向量的油纸绝缘老化状态统计分析[J].中国电机工程学报,2006,26(4): 114-119.
LIAO Rui-jin, YANG Li-jun, SUN Cai-xin, et al. Aging Condition Assessment of Oil-paper Based on Principal Component and Factor Analysis of Partial Discharge[J]. Proceedings of the CSEE, 2006,26(4):114-119.
- [11] 雍红月,李松林. 运用主成分分析方法评价上市公司经营管理业绩[J].科学管理研究,2004,24(2): 66-69.
YONG Hong-yue, LI Song-lin. Principle Components Analysis on Financial Situation of Public Company[J]. Scientific Management Research, 2004, 24(2): 66-69.
- [12] 张雪平,殷国富. 基于层次灰色关联的产品绿色度评价研究[J]. 中国电机工程学报,2005,25(17): 76-80.
ZHANG Xue-ping, YIN Guo-fu. Research on Evaluation Method of Product Green Degree Based on Layered Grey Relation[J]. Proceedings of the CSEE, 2005,25(17): 76-80.
- [13] 孙晓东,焦玥,胡劲松.基于灰色关联度和理想解法的决策方法研究[J] 中国管理科学,2005,13(4): 63-68.
SUN Xiao-dong, JIAO Yue, HU Jin-song. Research on Decision-Making Method Based on Gray Correlation Degree and TOPSIS[J]. Chinese Journal of Management Science, 2005,13(4):63-68.
- [14] 刘志,端木京顺,王强,等.基于熵权多目标决策的方案评估方法研究[J].数学的实践与认识,2005,35(10):114-119
LIU Zhi, DUANMU Jing-shun, WANG Qiang, et al. An Evaluation Method of Scheme Based on Entropy Weight Multi-objection Decision-making[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2005,35(10):114-119.
- [15] 雷战波,朱正威,王雷.基于熵权夹角和TOPSIS的企业经济效益诊断模型[J].运筹与管理,2005,14(2): 142-148.
LEI Zhan-bo, ZHU Zheng-wei, WANG Lei. Diagnosis Model for Enterprise Economic Performance Based on the Weighing Entropy Inclination-TOPSIS[J]. Operations Research and Management Science, 2005, 14(2): 142-148.

收稿日期:2007-09-04; 修回日期:2007-11-29

作者简介:

李金颖(1974-),女,副教授,从事电力市场开发与规划研究; E-mail:jgxljy@126.com

李金超(1978-),男,博士研究生,从事电力市场开发与规划研究;

牛东晓(1962-),男,博士生导师,教授,从事电力市场开发与规划研究。

(上接第41页 continued from page 41)

- CHENG Qi-yun, SUN Cai-xin, ZHANG Xiao-xing, et al. Short-Term Load Forecasting Model and Method for Power System Based on Complementation of Neural Network and Fuzzy Logic[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2004,19(10):53-58.
- [10] 牛东晓,王会青,谷志红.基于RS和GA的动态模糊神经网络在短期电力负荷预测中的应用[J].电力自动化设备,2005,25(12):10-14,18.
NIU Dong-xiao, WANG Hui-qing, GU Zhi-hong. Application of Dynamic Fuzzy Neural Network Based On Rough Set Theory and GA in Power System Short-term Load Forecast[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12):10-14, 18.
- [11] 金先级.人工神经网络导论讲义[M].武汉:华中理工大学出版社,1996.
- [12] 陆琼瑜,童学锋.BP算法改进的研究[J].计算机工程与设计,2007,28(3):648-650.
LU Qiong-yu, TONG Xue-feng. Analysis of Improvement Algorithms of BP Neural Network[J]. Computer Engineering and Design, 2007, 28(3): 648-650.

收稿日期:2007-08-13; 修回日期:2007-10-27

作者简介:

徐剑(1982-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统通信、无线通信、电力负荷预测等; E-mail:baoshijie1982@163.com

陆俊(1976-),男,博士,讲师,研究方向为电力系统通信、网络通信、图像处理等;

唐良瑞(1966-),男,博士,教授,研究方向为电力系统通信、无线通信、图像处理等。