

基于博弈论和灰色关联度的 区域电力市场运营效果评价指标体系

周建国, 王潇炜

(华北电力大学 工商管理学院, 河北省 保定市 071003)

Game Theory and Gray Incidence Degree Based Appraisal Index System for Operation Effect of Regional Electricity Market

ZHOU Jian-guo, WANG Xiao-wei

(School of Business Administration, North China Electric Power University, Baoding 071003, Hebei Province, China)

ABSTRACT: Firstly the former operation economy of power transmission network is evaluated, on this basis an appraisal index system for operation effect of regional electricity market is established. To correct the one-sidedness caused by determining weights by single method, drawing on the thinking of combination weight and by use of game theory to determine the weight of indices. After the analysis and comparison of present operation modes of domestic regional electricity markets as well as considering the features of electricity market, an improved gray incidence degree decision-making model is proposed, and the comprehensive evaluation of operation effects of six main areal electricity markets in China are performed by the proposed model.

KEY WORDS: regional electricity market; operation effects; game theory; gray incidence degree; comprehensive evaluation.

摘要: 首先对以往输电网的运营经济性进行了评价, 并在此基础上建立了区域电力市场运营效果评价指标体系。为克服采用单一方法确定权重所存在的片面性, 采用基于博弈论的组合权重确定方法来确定指标的权重。在对我国区域电力市场的现存运营模式进行分析比较后, 结合电力市场的特性建立了改进的灰色关联度决策模型, 并对我国六大区域电力市场的运营效果进行了综合评价。

关键词: 区域电力市场; 运营效果; 博弈论; 灰色关联度; 综合评价

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50077007); 国家社会科学基金“十五”重点资助项目(02AJY004); 河北省社会科学基金项目(200302006)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China (NSFC) (50077007).

0 引言

区域电力市场是电力工业市场化的基础, 统一的全国电力市场是区域电力市场的最高级运营模式^[1]。各地区经济发展水平、资源分布状况、地理位置及区域电网结构的差异决定了采用不同模式运营的区域电力市场将在相当长的一段时间内存在。本文旨在建立区域电力市场运营效果评价指标体系, 采用科学合理的综合评价方法评价我国现有六大区域电力市场的运营效果, 并对不同运营模式下的区域电力市场进行比较, 希望能为监测和指导区域电力市场的发展提供参考。

综合评价是指对多属性体系结构所描述的系统做出全局性、整体性的评价^[2], 其主要步骤包括: ①设计评价指标体系及确定权重; ②选择所采用的综合评价方法。在设计区域电力市场运营效果评价指标体系时, 应考虑其电网结构、技术条件、安全可靠性及输配电情况等因素^[3-7]。确定权重的方法包括: ①主观赋权法, 如德尔菲法、层次分析 (analysis hierarchy process, AHP) 法; ②客观赋权法, 如主成分分析法、熵值法等。为了避免人为因素和样本差异对指标重要程度的影响, 一些学者提出了运用最优化理论涵盖主客观赋权的组合赋权方法^[8], 但该方法仅对不同指标的某个对象进行简单组合, 并不能体现最优化的特性。本文根据博弈论的原理, 通过对采用不同方法得到的权重进行集化^[9]来协调权重确定方法中的不一致关系, 最终达到一个均衡结果, 因此更科学、全面和客观地解决

了权重的确定问题。

灰色系统理论从信息的非完备性出发对复杂系统进行处理,通过对系统某一层面的观测资料进行数学处理达到在更高层次上了解系统内部变化趋势和相互关系的目的。研究灰色系统所采用的方法属于非统计方法,在系统数据较少和条件不满足统计要求的情况下具有实用性^[10]。电力市场是一个充满了信息的不完全性和不确定性的灰色系统,区域电力市场运营效果评价本身是个灰色系统问题,需要整合利用各种可测与不可测信息。灰色关联度是研究灰色系统的基础,因此本文选择改进的灰色关联度决策模型对区域电力市场运营效果进行综合评价。

1 区域电力市场运营效果评价指标体系

1.1 我国区域电力市场运营模式

我国电力市场包括东北、华北、华东、华中、西北、南方六大区域电力市场,属于单一买方市场(即发电竞争型)结构模式,只在发电侧引入竞争,输配电仍由区域电力公司垄断经营。在电力市场日臻完善的过渡时期建立短期电力市场(即电力库)^[11-12],发电商统一向电力库售电,购电商均从电力库买电,从而逐渐实现竞价竞争的市场结构模式。由此可归纳出我国区域电力市场的3种基本运营模式^[13-15]:①统一市场、集中运作;②统一市场、分层运作;③联合市场、分散运作。参照文献[1,16-17]并依据区域内的电网结构和技术条件可对六大区域电力市场的运营模式进行分类,如表1所示。

表1 各区域电力市场运营模式比较
Tab. 1 Comparison among different regional electricity market operation modes

电网类型	区域	运营模式	内部结构及特点
区域统一电网	东北	统一市场,集中运作	市场交易机构和系统运营者均设在区域电网层,发电商均向区域电力市场的交易中心售电,交易机构根据用户需求对各发电商的报价进行排序并确立实时电价,然后交由区域电网运营者(即区域电网调度机构)统一计划安排。
	西北	统一市场,分层运作	区域电网有独立的市场交易机构和系统运营者,各省网的交易中心和系统运营机构都是其分支机构。发电商报价须经过省级和区域中心2次排序确定,最终由系统运营者统一调度。
区域紧密联合电网	华北	统一市场,分层运作	区域电网和省级电网设有相互独立的市场交易机构和系统运营者。区域电网交易机构只负责省网间交易,其系统运营者协调省网间调度,最终由各省网运营机构进行具体的系统控制和调度。
区域互联电网	华东	统一市场,分层运作	区域电网和省级电网设有相互独立的市场交易机构和系统运营者。区域电网交易机构只负责省网间交易,其系统运营者协调省网间调度,最终由各省网运营机构进行具体的系统控制和调度。
	华中 南方	联合市场,分散运作	网间交易,其系统运营者协调省网间调度,最终由各省网运营机构进行具体的系统控制和调度。

表3 语气算子与模糊标度、相对隶属度之间的对应关系
Tab. 3 Corresponding relationship between semantic operators & fuzzy scales and relative membership degree

语气算子	同样	稍微	略为	较为	明显	显著	十分	非常	极其	极端	无可比拟
模糊标度	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.0
相对隶属度	1.0	0.818	0.667	0.538	0.429	0.333	0.25	0.176	0.111	0.053	0

1.2 区域电力市场运营效果评价指标体系

电力市场运营模式是在特定的电力市场结构模式及转换模式下,在电网结构及输送容量等技术条件约束下,市场主体通过相应的组织、制度规范和技术安排在连续的系统运营中实现公平竞争及有效资源配置的方式。在评价区域电力市场的运营效果时要全面考虑电网结构、技术条件、电网运行可靠性及各区域电力市场的输配电情况等因素^[4-7]。

2 基于博弈论及灰色关联度的区域电力市场运营效果综合评价模型

2.1 定量评价指标与定性评价指标的归一化处理

设有m个方案构成的方案集为 $U=\{u_1, u_2, \dots, u_m\}$,各方案考虑n个指标,即指标集 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。将元素 (u_i, v_j) 记为 x_{ij} ,则由 $m \times n$ 个元素构成的设计方案评价矩阵为 $X=[x_{ij}]_{m \times n}$ 。在兼顾评价指标的全面性和原始数据的准确性的前提下所建立的区域电力市场运营效果评价指标体系如表2所示,其中N-1标准执行程度、暂态稳定程度属于定性指标,由0~5之间的数值来标度其程度。由于该指标体系包含定性评价指标和定量评价指标,因此需要进行归一化处理。

表2 区域电力市场运营效果评价指标体系
Tab. 2 Appraisalment index system of regional electricity market operating effects

电网结构指标	电网运行指标	安全可靠指标	营销指标
最大负荷 v_1	输电量 v_4	N-1标准执行程度 v_8	供电量 v_{11}
输电线路长度 v_2	发电厂利用率 v_5	暂态稳定程度 v_9	购电量 v_{12}
电网装机容量 v_3	线损电量 v_6	备用容量 v_{10}	售电量 v_{13}
—	线损率 v_7	—	—

(1) 定量指标处理。

针对原始定量数据采用文献[8]中的极大型、极小型和区间型归一化方法进行处理。

(2) 定性指标处理。

安全可靠指标属于定性指标,通过比较不同性质指标的相对隶属度来确定其优劣。利用语气算子判断得出模糊标度值^[18],进而得到指标i的相对隶属度向量 $r^i=[r^i_1, r^i_2, \dots, r^i_n]$,最终即可实现指标间的比较,如表3所示。

2.2 基于博弈论的组合权重确定方法

2.2.1 概述

为提高电力市场运营效果评价工作的质量,需要科学地确定各属性的权重。采用单一方法确定权重存在片面性,本文运用多种方法对属性之间的相互关系进行全面考察,在此基础上进行交叉、集结,进而融合为一个统一的权重并对其进行协同确定。因群方法具有对多种方法进行融合、集化的特性^[9],本文采用基于博弈论的组合权重确定方法为区域电力市场运营效果评价系统的各指标确定权重,即分别通过主观赋权的AHP法^[19]、客观赋权的熵权法^[20]和智能赋权的神经网络法^[21]得到基本权重向量、可能权重向量和最满意的权重向量。

2.2.2 基本权重集和可能权重集

为提高属性权重赋值的科学性,避免权值的片面性,假设使用 L 种方法对属性分别赋权并得到 L 个属性权重向量 $w_k=[w_{k1} w_{k2} \dots w_{kn}]$, $k=1,2,\dots,L$,进而构造一个基本权重向量集 $\{w_1, w_2, \dots, w_L\}$ 。记 L 个权重向量的任意线性组合为

$$w = \sum_{k=1}^L a_k w_k^T \quad (1)$$

式中: a_k 为线性组合系数; w 为基于基本权重的一种可能权重向量, 它的全体 $\left\{ w \mid w = \sum_{k=1}^L a_k w_k^T, a_k > 0 \right\}$ 表示可能的权重向量集。该向量集是对基本权重向量进行交叉、融合的结果, 对采用多种方法获得的相互独立的结论进行了集中, 从而为确定权重提供了多样化的选择集合。在构造了可能权重集后, 下一步将从该集合中选出一个最满意的权重向量 w^* 。

2.2.3 基于博弈论的权重集结模型

权重的集结模型可分为博弈集结模型、团队集结模型及群体集结模型3类, 本文主要采用博弈集结模型, 其实质是多人优化问题。该模型的基本思想是在不同权重之间寻找一致或妥协, 极小化可能的权重与各基本权重之间的偏差。因此, 寻找最满意的权重向量可归结为对式(1)中的 L 个线性组合系数 a_k 进行优化, 优化的目标是使 w 与各 w_k 的离差极小化。由此可推导出对策模型为

$$\min \left\| \sum_{j=1}^L a_j w_j^T - w_i^T \right\|^2 \quad (i=1,2,\dots,L) \quad (2)$$

式(2)可归结为一组包含多个目标函数的交叉规划模型, 通过求解该模型可获得一个与多种权重赋值方法在整体意义上相协调、相均衡一致的综合

权重结果, 这也集中体现了该方法的基本特征。根据矩阵的微分性质可得出式(2)的最优化一阶导数条件为

$$\sum_{j=1}^L a_j w_j w_j^T = w_i w_i^T \quad (i=1,2,\dots,L) \quad (3)$$

式(3)对应的线性方程组的矩阵形式为

$$\begin{bmatrix} w_1 \cdot w_1^T & w_1 \cdot w_2^T & \dots & w_1 \cdot w_L^T \\ w_2 \cdot w_1^T & w_2 \cdot w_2^T & \dots & w_2 \cdot w_L^T \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_L \cdot w_1^T & w_L \cdot w_2^T & \dots & w_L \cdot w_L^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \cdot w_1^T \\ w_2 \cdot w_2^T \\ \vdots \\ w_L \cdot w_L^T \end{bmatrix} \quad (4)$$

2.3 基于灰色关联度的综合评价模型

关联度分析是分析和处理灰色系统随机量的一种方法, 也是一种数据到数据的映射方法, 本文利用该映射来建立区域电力市场运营效果综合评价模型。首先构造相对最优样本集合 $U_0=(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0n})$, 方案 U_i 的评价指标 x_{ij} 与相对最优方案 U_0 的评价指标 x_{0j} 之间的灰色关联系数为

$$x_{0i}(j) = \frac{\min_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} \Delta_{0i}(j) + r \max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} \Delta_{0i}(j)}{\Delta_{0i}(j) + r \max_{\substack{1 \leq i \leq m \\ 1 \leq j \leq n}} \Delta_{0i}(j)} \quad (5)$$

式中: $\Delta_{0i}(j) = |x_{ij} - x_{0j}|$; $0 \leq \rho \leq 1$ 为分辨系数。由于 ρ 是 $\max \Delta_{0i}$ 的系数, 故 ρ 的大小将直接影响 x_{0i} 。通过对 ρ 的性质进行研究发现, x_{0i} 的取值范围为 $\frac{r}{1+r} \leq x_{0i} \leq 1$, 最小取值范围为 $0 \leq \min x_{0i} \leq 0.5$, 且 x_{0i}

是 ρ 的单增函数, 这说明两者之间存在高度的相关性。当 $\rho=0.5$ 时得到关联度 R_i 的最小值为0.3333, 则任何参考序列 x_{0j} 和比较序列 x_{ij} 的关联度都至少接近于中等水平(0.5), 这样显然不合理。为使 ρ 的取值遵循“充分体现关联的整体性”原则, 依据文献[22]并采用折衷的办法, 即通过计算 x_{0i} 和 ρ 的关系曲线与坐标横轴的面积 S 来确定 ρ 的取值范围为(0.32175, 0.588), 同时 ρ 还具有抗干扰的作用。由于整个电网的运行受许多内外部不确定因素的干扰, 因此观测序列会带有不同程度的离乱性。记 Δ_v 为所有差值绝对值的均值, 即有

$$\Delta_v = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |x_{ij} - x_{0j}| \quad (6)$$

并记 $b_\Delta = \Delta_v / \max \Delta_{0i}$, 可得 ρ 的取值范围为 $b_\Delta \leq \rho \leq 2 b_\Delta$, 且满足: ①当 $\max \Delta_{0i} > 3 \Delta_v$ 时 $b_\Delta \leq \rho \leq 1.5 b_\Delta$; ②当 $\max \Delta_{0i} \leq 3 \Delta_v$ 时 $1.5 b_\Delta \leq \rho \leq 2 b_\Delta$ 。

根据以上分析可知, $m \times n$ 个方案的多目标决策灰色关联系数矩阵为 $R_i = (x_{ij})_{m \times n}$ 。则各方案 U_i 与相对最优方案 U_0 的加权关联度向量为

$$R^T = \mathbf{xw} = [R_1 R_2 \cdots R_i \cdots R_m]$$

式中 $R_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} w_j$, $i=1, 2, \dots, n$ 。根据关联度 R_i 对各方

案进行排序, R_i 值较大的为优, 较小的为劣。

3 算例分析

3.1 确定评价矩阵

选取2003年我国六大区域电力市场的运营数据为原始数据集^[23], 如表4所示。

表4 区域电力市场运营模式原始数据

Tab. 4 Primary data of regional electricity market operation mode

区域	最大负荷/ MW	输电线路 长度/km	电网装机 容量/GW	输电量/ TWh	发电厂 利用率/%	线损 电量/GWh	线损率/ %	N-1 标准 执行程度	暂态稳定 程度	备用容量/ MW	供电量/ TWh	购电量/ GWh	售电量/ TWh
华北	739.23	116 378	8.280	2.632 40	7.23	168.35	16.29	4.2	5	76.14	2.816 44	17.27	2.514 7
东北	485.26	88 149	4.088	1.676 28	7.66	105.4	12.94	5	4.5	60.65	1.557 58	280.62	1.289 0
华东	1478.44	142 634	7.978	3.624 52	5.5	291.29	12.71	3.9	4.2	110.88	4.220 01	35.78	3.549 8
华中	747.45	271 601	8.264	2.997 49	5.58	259.66	8.47	3.7	3.8	71	3.216 36	1353.4	2.790 2
西北	217	100 541	2.765	1.094 55	5.85	81.33	7.33	3.1	3.5	29.3	1.074 04	137.35	1.099 8
南方	900.3	156 418	6.980	2.738 67	5.03	235.74	8.7	4.5	4	75.61	3.149 50	721.58	2.800 6

(1) 依据语气算子与模糊标度可得到安全及可靠性方面的定性指标的相对隶属度向量为

$$v_8 = [0.887 \quad 1 \quad 0.818 \quad 0.789 \quad 0.667 \quad 0.905]^T$$

$$v_9 = [1 \quad 0.905 \quad 0.896 \quad 0.743 \quad 0.818 \quad 0.667]^T$$

(2) 对定量指标采用归一化处理可得到其相对隶属度向量为

$$v_1 = [0.500 \quad 0.328 \quad 1 \quad 0.506 \quad 0.147 \quad 0.609]^T$$

$$v_2 = [0.428 \quad 0.325 \quad 0.525 \quad 1 \quad 0.370 \quad 0.576]^T$$

$$v_3 = [1 \quad 0.494 \quad 0.934 \quad 0.998 \quad 0.334 \quad 0.823]^T$$

$$v_4 = [0.726 \quad 0.462 \quad 1 \quad 0.827 \quad 0.302 \quad 0.756]^T$$

$$R = \begin{bmatrix} 0.500 & 0.428 & 1 & 0.726 & 0.944 & 0.483 & 0.450 & 0.887 & 1 & 1 & 0.667 & 0.013 & 0.708 \\ 0.328 & 0.325 & 0.494 & 0.462 & 1 & 0.772 & 0.556 & 1 & 0.905 & 0.686 & 0.369 & 0.207 & 0.363 \\ 1 & 0.525 & 0.934 & 1 & 0.718 & 0.279 & 0.577 & 0.818 & 0.896 & 0.762 & 1 & 0.026 & 1 \\ 0.506 & 1 & 0.998 & 0.827 & 0.728 & 0.313 & 0.865 & 0.789 & 0.743 & 0.912 & 0.762 & 1 & 0.786 \\ 0.147 & 0.370 & 0.334 & 0.302 & 0.763 & 1 & 1 & 0.667 & 0.818 & 0.053 & 0.255 & 0.102 & 0.310 \\ 0.609 & 0.576 & 0.823 & 0.756 & 0.657 & 0.345 & 0.843 & 0.905 & 0.667 & 1 & 0.746 & 0.533 & 0.789 \end{bmatrix}$$

3.2 基于博弈论确定权重

分别通过AHP法、熵权法和神经网络法得到以下3个权重向量:

$$w_1 = [0.092 \quad 0.075 \quad 0.048 \quad 0.149 \quad 0.149 \quad 0.104 \quad 0.122 \quad 0.082 \quad 0.063 \quad 0.018 \quad 0.054 \quad 0.011 \quad 0.032]$$

$$w_2 = [0.092 \quad 0.054 \quad 0.046 \quad 0.044 \quad 0.009 \quad 0.082 \quad 0.027 \quad 0.006 \quad 0.006 \quad 0.102 \quad 0.059 \quad 0.420 \quad 0.052]$$

$$w_3 = [0.092 \quad 0.064 \quad 0.046 \quad 0.107 \quad 0.011 \quad 0.107 \quad 0.042 \quad 0.030 \quad 0.059 \quad 0.035 \quad 0.058 \quad 0.047 \quad 0.039]$$

由式(1)(3)可得到相应线性方程组的矩阵表示形式

$$\begin{bmatrix} 0.102 & 0.047 & 0.061 \\ 0.047 & 0.216 & 0.058 \\ 0.061 & 0.058 & 0.052 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.102 \\ 0.216 \\ 0.058 \end{bmatrix}$$

利用Matlab7.1求解线性方程组的最优解为 $\alpha_1=2.2897$ 、 $\alpha_2=1.3673$ 、 $\alpha_3=-3.2066$ 。根据式(1)可得到组合权重向量为 $w=[0.045 \quad 0.042 \quad 0.025 \quad 0.059 \quad 0.282 \quad 0.007 \quad 0.182 \quad 0.10 \quad 0.038 \quad 0.071 \quad 0.018 \quad 0.152 \quad 0.018]$ 。

3.3 区域电力市场运营效果的灰色关联度评价

由式(5)得到灰色关联系数矩阵为 $R_x=(x_{ij})_{6 \times 13}$ 。根据式(6)可得 $\Delta_v=0.340 15$ 、 $b_\Delta=0.344 53$ 。因为 $\max \Delta_{0i} \leq 3 \Delta_v$, 所以 $\rho \in [1.5 b_\Delta, 2 b_\Delta]$, 即 $\rho \in [0.516 79, 0.689 05]$, 根据实际需要本文取 $\rho=0.6$ 。依据

$R_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} w_j$ 可得到各方案 U_i 与相对最优方案 U_0 的加权关联度向量为 $R=[0.809 5 \quad 0.837 6 \quad 0.776 8 \quad 1.091 \quad 0.751 9 \quad 0.871 7]$ 。根据六大区域电力市场运

营模式的关联度计算结果可得到各区域电力市场运营效果的综合排序,依次为:华中、南方、东北、华北、华东、西北。

由各区域电力市场运营模式综合评价结果可知,华中、南方区域电力市场采用的联合市场、分散运作的运营模式符合区域市场范围较大、主网架尚未形成的实际状况,同时该模式也与我国电力工业市场化改革初级阶段的现状较一致,因此运营效果较好。东北区域电力市场的电网发展时间较长,电网网架结构成熟,采用统一市场、集中运作的运营模式较适应其内部构造,因此运营效果较好,这也预示着中国未来电力市场发展的主要趋势。在进行区域电力市场建设时,如果条件具备可以一步到位,如果条件还不成熟则宜采用渐进方式,从现有的运营方式出发,经过几个阶段过渡后最终形成较完善的市场模式,以避免不必要的风险。

4 结论

本文以博弈论为基础,运用组合赋权的方法建立了区域电力市场运营效果评价指标体系。该方法克服了单一方法的片面性,综合利用多种评价方法从不同角度反映了评价对象的信息。另外,本文采用改进的灰色关联度分析方法所建立的综合评价模型具有较好的灵活性,可以使评价效果更理想。

对于区域电力市场运营效果的评价应随着市场的发展而不断完善,从目前较为宏观的综合评价逐步发展到对每一部分都进行深入的微观分析,尤其是在本文未涉及的区域电力市场运营“公平性”方面应做进一步的探讨,继而形成与发、输、配电系统的技术评价系统相当的电力市场运营效果评价体系,以促进我国电力市场的有效管理和运作。

参考文献

- [1] 汤萌. 中国电力市场改革及其区域问题研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2004.
- [2] 王宗军. 综合评价的方法, 问题及其研究趋势[J]. 管理科学学报, 1998, 1(1): 75-79.
Wang Zongjun. On the methods, problems and research trends of comprehensive evaluation[J]. Journal of Management Sciences in China, 1998, 1(1): 75-79(in Chinese).
- [3] 陶文斌. 输电网运营经济性评价系统研发[D]. 北京: 华北电力大学, 2003.
- [4] 张保会, 王立永, 谭伦农, 等. 计及风险的市场环境下电力系统安全可靠分析[J]. 电网技术, 2005, 29(3): 44-49.
Zhang Baohui, Wang Liyong, Tan Lunnong, et al. Research of power system security and reliability considering risk under environment of electricity market[J]. Power System Technology, 2005, 29(3):

- 44-49(in Chinese).
- [5] 张午阳, 姚建刚, 周媛, 等. 一种新的促进厂网规划协调的整体框架与模型[J]. 电网技术, 2006, 30(1): 50-54.
Zhang Wuyang, Yao Jiangan, Zhou Yuan, et al. A novel model to promote coordination of power plant planning and power network planning and its global framework[J]. Power System Technology, 2006, 30(1): 50-54(in Chinese).
- [6] 谭伦农, 张保会. 市场环境下的事故备用容量[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(1): 54-58.
Tan Lunnong, Zhang Baohui. Reserve capacity for accident in power market environment[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(1): 54-58(in Chinese).
- [7] 银车来, 舒立平, 黄志伟, 等. 一定概率水平下考虑暂态稳定约束的可传输容量计算[J]. 电网技术, 2006, 30(3): 45-50.
Yin Chelai, Shu Liping, Huang Zhiwei, et al. A probability level based calculation of available transfer capability considering transient stability constraints[J]. Power System Technology, 2006, 30(3): 45-50(in Chinese).
- [8] 王广月, 刘健. 基于组合权重的灰色关联度方案决策模型及其应用[J]. 工业建筑, 2004, 34(4): 61-65.
Wang Guangyue, Liu Jian. Grey relative degree decision making model based on combinational weight and its application[J]. Industrial Architecture, 2004, 34(4): 61-65(in Chinese).
- [9] 陈衍泰, 陈国宏, 李美娟. 应用合作博弈确定组合权重评价权重系数的方法研究[J]. 中国管理科学, 2005, 3(3): 89-94.
Chen Yantai, Chen Guohong, Li Meijuan. Research on determining weights of combination evaluation method using cooperative games[J]. Chinese Journal of Management Science, 2005, 3(3): 89-94(in Chinese).
- [10] 郑海平, 孙才新, 李俭, 等. 诊断电力变压器故障的一种灰色关联度分析模式及方法[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(10): 106-109.
Zheng Haiping, Sun Caixin, Li Jian, et al. A model and method of degree of grey incidence analysis on transformer faulty diagnosis[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(10): 106-109(in Chinese).
- [11] Hao S, Angelidis G A, Singh H. Consumer payment minimization in power pool auctions[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(3): 286-991.
- [12] 曾鸣, 程芸, 丁声高. 我国电力市场实施方案和相关问题研究[J]. 电网技术, 2000, 24(2): 70-73.
Zeng Ming, Cheng Yun, Ding Shenggao. Research on solutions of electricity market of China and inter-related problems[J]. Power System Technology, 2000, 24(2): 70-73(in Chinese).
- [13] Koritarov V S, Veselka T D. Modeling the regional electricity network in Southeast Europe[C]. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Beijing, 2003.
- [14] 傅书邈, 白晓民, 张扬, 等. 区域电力市场模式及运营方式[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(9): 1-5.
Fu Shuti, Bai Xiaomin, Zhang Yang, et al. Regional power market modes and their operation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(9): 1-5(in Chinese).
- [15] 傅书邈, 白晓民. 分层电力市场会议[J]. 电网技术, 2001, 25(3): 63-69.
Fu Shuyi, Bai Xiaomin. A multi-level electricity market approach[J]. Power System Technology, 2001, 25(3): 63-69(in Chinese).

(下转第 88 页 continued on page 88)