

基于信息熵与未确知测度的 电子政务网站评价研究

马溪骏, 程 飞

(合肥工业大学计算机网络研究所, 安徽 合肥 230009)

摘 要: 通常的电子政务网站评价方法仍不能帮助我们准确评价电子政务发展水平。通过熵权度量法对评价指标体系进行约简, 在此基础上应用未确知测度模型确立电子政务网站评价指标的权重并进行综合评价, 改换了识别准则并增加了排序。最后, 通过实例阐明了该评价方法严谨、精细以及评价结果的合理性。

关键词: 电子政务; 信息熵; 未确知测度; 综合评价

中图分类号: C931.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)06-0165-04

电子政务网站评价是一项复杂的工作, 影响评价的主客观因素很多, 采用何种评价方法, 使评价结果能够客观地反映网站建设的实际水平, 从而为政府行政决策提供科学依据, 是非常有意义的。目前关于这个方面的研究, 大多从不同的角度建立了各种评价指标体系并给出了相应的评价方法, 但所使用的评价方法均是层次分析法或模糊综合评价法。而作为状态集函数的模糊隶属度不满足“非负有界性, 可加性, 归一性”3条测量准则, 因而, 评价的结果误差很大。另外, 模糊集的“取大”、“取小”运算也损失了许多信息, 常出现分级不清、结果不合理的现象。在电子政务网站评价中, 评价空间是有序的, 而对于有序评价空间不太适应“最大隶属度”识别准则进行识别和排序。另一方面, 由于评价者本身条件的限制, 所掌握的信息难以把握各个网站建设的真实状态, 因而在心目中产生主观上的不确定性。

基于此, 本文从信息熵和未确知测度的数学模型角度进行电子政务网站综合评价。通过信息熵简化评价指标体系, 在此基础上利用未确知测度方法确定指标的权重并进行综合评价, 改换识别准则增加排序。最后, 以实例说明了该方法的科学有效性。

1 信息熵度量算法^[1]

在有 r 个评价指标, s 个评价对象的评估问题中, 则对 s 个评价对象的 r 个评价指标进行评价得到评价矩阵为 $T=(t_{ij})_{r \times s}$ 。其中 t_{ij} 是第 i 个评价对象的第 j 个指标的评价

值。对于给定的 $j, t_{ij}(i=1, 2, \dots, s)$ 的差异越大, 则指标对评价对象的比较作用越大, 意味着该指标向决策者提供了有用信息越多, 可以用信息熵来度量这种信息强度的大小。

第 j 个评价指标的熵定义为:

$$H_j = k \sum_{i=1}^s \frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^s t_{ij}} \cdot \ln \frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^s t_{ij}} \quad (i)$$

其中 $j=1, 2, \dots, r; 0 < H_j < 1; k = -\frac{1}{\ln s}$ 。

由熵函数表达式知: 对于给定的 j, t_{ij} 的差异越大, 则 H_{ij} 越大。当 t_{ij} 全部相等时, $\frac{t_{ij}}{\sum_{i=1}^s t_{ij}}$, 此时 H_{ij} 取的最大值, 即

$H_{\max} = -k \ln s$, 若设 $k = -\frac{1}{\ln s}$, 则 $H(j) = 1$, 此时对于评价对象

比较, 指标 j 毫无区分能力, 可以考虑取消该指标。定义评

价矩阵的总熵为 $E = \sum_{j=1}^r H(j)$ 。第 j 个指标的熵权 $w_j =$

$$\frac{1 - H_j}{r - \sum_{j=1}^r H(j)}, j=1, 2, \dots, r, (ii)$$
 则 w_j 为各指标区分能力的度

量。

2 未确知测度数学模型

设评价对象空间为 $T=\{t_1, t_2, \dots, t_s\}$, 对每个评价对象有 r 个评价指标, 评价指标空间为 $I=\{I_1, I_2, I_3\}$, 于是 t_i 可表

示为 r 维向量 $t_i=(t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{ir})$, 其中 t_{ir} 表示评价对象 t_i 关于评价指标 l_j 的评价值。每个 t_{ij} 有 p 个评价等级 c_1, c_2, \dots, c_p , 则评价空间为 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$, 这里的类别向量是评价空间 C 有序分割类, 记作 $c_k > c_{k+1}$ 。

每个指标类别标准已知, 则分类标准矩阵可写成:

$$A(t_i) \begin{pmatrix} c_1 & c_2 & \dots & c_p \\ a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} & l_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} & l_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{r1} & a_{r2} & \dots & a_{rp} & l_r \end{pmatrix}$$

若已知 s 个评价对象 t_1, t_2, \dots, t_s 的指标评价矩阵 A_{ij} :

$$A_{ij} \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & \dots & l_p \\ t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1p} & t_1 \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2p} & t_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{s1} & t_{s2} & \dots & t_{sr} & t_s \end{pmatrix}$$

则结合分类标准矩阵 $A(t_i)$ 及未确知测度模型可得到评价值 t_{ij} 属于第 k 个等级 c_k 类的未确知测度 $u_{ijk}=u(t_{ij}, c_k)$, 这里的 u 需满足:

$$0 \leq u(t_{ij}, c_k) \leq 1 \quad u(t_{ij}, U) = 1$$

$$u(t_{ij}, \bigcup_{l=1}^k c_l) = \sum_{l=1}^k u(t_{ij}, c_l) \text{ 即“非负有界性, 可加性, 归一性”3条测量准则}^{[5]}$$

利用信息熵概念定义评价指标 l_j 的峰值,

$$V_{ij} = 1 + 1 / \log_2^p \cdot \sum_{k=1}^p u_{ijk} \log_2 u_{ijk} \quad (1)$$

式中 p 为评价等级数目, u_{ijk} 为单指标测度, 则 V_{ij} 的大小反应指标 l_j 的重要程度。因而定义指标 l_j 的属性权重为:

$$w_{ij} = V_{ij} / \sum_{j=1}^r V_{ij} \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, s; j=1, 2, \dots, r; \sum_{j=1}^r w_{ij} = 1 \quad (2)$$

已知指标权重, 就可以得到评价对象 t_i 的指标综合测度 $u_{ik}^{[9]}$:

$$u_{ik} = \sum_{j=1}^r w_{ij} u_{ijk}, i=1, 2, \dots, s; k=1, 2, \dots, p$$

则多指标综合测度评价矩阵可表示为:

$$(u_{ik})_{s \times p} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1p} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{s1} & u_{s2} & \dots & u_{sp} \end{pmatrix} \quad (3)$$

若 $C=\{c_1, c_2, \dots, c_p\}$ 满足 $c_k > c_{k+1}$, 对置信度 $\lambda (0.2 < \lambda$

1) 计算:

$$k(t_i) = \min_k (k: \sum_{l=1}^k u_{il}(c_l) \geq \lambda), k=1, 2, \dots, p \quad (4)$$

则认为 t_i 属于 c_k 类。为了对 t_i 排序, 可利用下述评分准则计算:

$$q(t_i) = \sum_{l=1}^p n_l \cdot u_{ik}(c_k) \quad (5)$$

式中 n_l 按公差 -2 的等差数列取值, 根据 $q(t_i)$ 的大小对 t_i 进行比较和排序。

3 实例分析

本文以作者曾参与完成国家科技部关于《华东地区科技系统电子政务调查和模式研究》项目中的电子政务网站综合评价指标体系为例, 如表 1 所示。

表 1 电子政务网站评价指标体系

网站内容服务指标		网站功能服务指标		网站建设质量指标	
名称	标记	名称	标记	名称	标记
政府公报	l_1	导航服务	l_9	美观性	l_{20}
政策法规	l_2	办事指南	l_{10}	专业性	l_{21}
政府新闻	l_3	网上咨询	l_{11}	易用性	l_{23}
机构设置	l_4	网上查询	l_{12}	时效性	l_{24}
办事规程	l_5	网上申报	l_{13}	全面性	l_{25}
网站背景	l_6	网上审批	l_{14}	浏览速度	l_{26}
本地概览	l_7	机构连接	l_{15}	本地概览	l_{27}
特色内容	l_8	网上监督	l_{16}	多媒体	l_{28}
		政府信箱	l_{17}	站点可用	l_{29}
		网上调查	l_{18}	点击率	l_{30}
通用性	l_{22}	特色功能	l_{19}	网络安全	l_{31}

这里将网站评价各指标的评价等级分为 5 级, 用评价等级表示为:

$C=\{c_1, c_2, \dots, c_5\}=\{\text{优, 良, 一般, 较差, 很差}\}$ 评价分级系列见表 2。

表 2 评价等级表

等级	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
指标值	>8	6-8	4-6	2-4	<2

表 3 华东地区六省一市科技厅(委)网站指标评价价值

显示	汇总																														
V	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16	I17	I18	I19	I20	I21	I22	I23	I27	I25	I24	I28	I30	I26	I29	I31
A	10.00	10.00	10.00	9.00	8.50	10.00	9.00	9.00	8.50	9.00	8.00	8.00	8.50	8.00	10.00	7.50	4.50	8.50	9.00	7.50	8.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.00	6.00	0.00	8.00	4.50	0.00
F	6.60	6.72	6.40	5.85	6.25	5.00	4.92	5.06	6.17	5.91	1.15	3.92	4.58	3.46	5.73	4.00	0.82	1.18	5.28	5.76	5.92	4.89	4.77	5.85	5.22	5.12	4.23	0.00	5.95	0.00	0.00
B	6.19	6.39	6.10	6.08	5.06	6.11	5.94	5.93	6.07	5.10	1.71	4.14	4.17	3.10	8.10	3.28	1.39	0.61	5.29	5.39	5.78	5.04	4.71	5.75	4.90	4.64	3.82	0.14	5.92	0.00	0.00
C	5.85	5.92	6.11	5.69	4.76	6.13	5.89	6.21	5.60	5.24	1.15	4.82	4.76	4.35	5.76	2.52	0.23	0.47	5.89	6.10	5.94	5.84	5.77	5.95	5.69	5.60	5.44	0.00	5.71	0.32	0.23
G	5.70	5.76	5.76	5.41	4.38	5.54	5.18	5.31	5.10	4.66	0.75	4.34	4.36	3.41	5.78	0.74	0.28	0.94	4.56	5.35	5.31	5.31	4.85	5.25	5.29	5.07	4.96	0.00	4.95	0.16	0.00
D	5.45	5.35	5.13	4.72	4.38	5.24	4.76	4.99	4.90	4.31	0.92	3.83	3.81	3.50	5.40	1.11	0.25	0.67	4.99	5.29	5.14	5.11	4.94	5.44	5.14	5.18	4.53	0.00	5.10	0.00	0.00
E	4.19	4.54	3.94	4.04	3.72	4.19	4.06	3.78	3.91	3.85	1.61	3.01	2.76	2.83	4.20	1.48	0.00	0.00	3.91	4.04	3.95	3.57	3.59	4.00	4.02	3.81	3.30	0.00	3.31	0.00	0.04

已知华东地区 6 省 1 市科技厅(委)网站的指标评价
值(见表 3), 问题中的评价对象空间:

$$T=\{t_1, t_2, \dots, t_{31}\}=\{\text{科技厅(委)网站}\}$$

现对这 6 省 1 市科技厅(委)网站进行综合评价。

3.1 信息熵约简指标体系

由熵定义的表达式(i)可计算出各指标的信息熵值,

如对指标 I_i (取 $k=1$):

$$H_i = -1/\ln 7 [10/43.99 \ln(10/43.99) + 6.6/43.99 \ln(6.6/43.99) + 6.19/43.99 \ln(6.19/43.99) + 5.85/43.99 \ln(5.85/43.99) + 5.7/43.99 \ln(5.7/43.99) + 5.46/43.99 \ln(5.46/43.99) + 4.19/43.99 \ln(4.19/43.99)] = 0.983248 \quad (10+6.6+6.19+5.85+5.7+5.46+4.19=43.99)$$

同理, 可得其它指标的信息熵度量值, 结果见表 4。再由熵权表达式(ii)计算各指标的区分能力, 其结果见表 5 所示。

表 4 电子政务网站评价指标熵度量值

网站内容服务指标		网站功能服务指标		网站建设质量指标	
熵	指标	熵	指标	熵	指标
0.98324	I_1	0.986792	I_9	0.992525	I_{20}
0.94488	I_2	0.978905	I_{10}	0.990235	I_{21}
0.981393	I_3	0.784803	I_{11}	0.979687	I_{23}
0.985112	I_4	0.97621	I_{12}	0.982135	I_{24}
0.980893	I_5	0.971251	I_{13}	0.984223	I_{25}
0.980855	I_6	0.964666	I_{14}	0.985674	I_{26}
0.98392	I_7	0.982705	I_{15}	0.983672	I_{27}
0.98341	I_8	0.874009	I_{16}	0.990921	I_{28}
		0.61909	I_{17}	0.194469	I_{29}
		0.569606	I_{18}	0.175624	I_{30}
0.980953	I_{22}	0.982602	I_{19}	0.215574	I_{31}

表 5 电子政务网站评价指标体系区分能力(约数)

网站内容服务指标		网站功能服务指标		网站建设质量指标	
区分能力	标记	名称	标记	区分能力	标记
0.005	I_1	0.004	I_9	0.002	I_{20}
0.005	I_2	0.007	I_{10}	0.003	I_{21}
0.006	I_3	0.070	I_{11}	0.006	I_{23}
0.005	I_4	0.008	I_{12}	0.007	I_{24}
0.006	I_5	0.009	I_{13}	0.005	I_{25}
0.006	I_6	0.012	I_{14}	0.005	I_{26}
0.005	I_7	0.006	I_{15}	0.005	I_{27}
0.005	I_8	0.041	I_{16}	0.003	I_{28}
		0.125	I_{17}	0.263	I_{29}
		0.004	I_{18}	0.289	I_{30}
0.006	I_{22}	0.006	I_{19}	0.256	I_{31}

由表 3 可以发现, 指标

$$I_i(i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 18,$$

19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28)

对网站评价的区分能力非常小, 可以考虑删除。从评价模型角度删除这 24 个指标, 并不是对它们不予考虑, 而是在当前评价中, 这些因素已不再是重要指标, 可看作是阈值来筛选。基于以上分析, 最终约简后的指标体系见表 6。

表 6 约简后的评价指标体系

省份	I_{11}	I_{14}	I_{16}	I_{17}	I_{30}	I_{29}	I_{31}
G	0.75	3.41	0.74	0.28	0.00	0.16	0.00
F	1.15	3.46	4.00	0.82	0.00	0.00	0.00
E	1.61	2.83	1.48	0.00	0.00	0.00	0.04
D	0.92	3.50	1.11	0.25	0.00	0.00	0.00
C	1.15	4.35	2.52	0.23	0.00	0.32	0.23
B	1.71	3.10	3.28	1.39	0.14	0.00	0.00
A	8.00	8.00	7.50	4.50	0.00	4.50	0.00

3.2 未确知测度模型进行电子政务网站综合评价

(1) 构造样本的测度函数: 首先构造评价对象的单指标测度函数 $u(t)$, 以进而求得各指标的测度值 u_{ijk} , 从而得到 t_i 的测度空间矩阵 $(u_{ijk})_{s \times p}$ 。根据未确知测度的定义, 可构造出网站评价的未确知测度函数如下:

$$u(t; c_1) = \begin{cases} 1 & t=8 \\ (t-7)/(8-7) & 7 \leq t < 8 \\ 0 & t < 7 \end{cases}$$

$$u(t; c_2) = \begin{cases} (t-5)/(7-5) & 5 \leq t < 8 \\ (t-8)/(7-8) & 7 \leq t < 8 \\ 0 & t < 5; t=8 \end{cases}$$

$$u(t; c_3) = \begin{cases} (t-3)/(5-3) & 3 \leq t < 8 \\ (t-7)/(5-7) & 5 \leq t < 7 \\ 0 & t < 3; t=7 \end{cases}$$

$$u(t; c_4) = \begin{cases} (t-0)/(3-0) & 0 \leq t < 3 \\ (t-5)/(3-5) & 3 \leq t < 5 \\ 0 & t < 0; t=5 \end{cases}$$

$$u(t; c_5) = \begin{cases} 1 & t < 0 \\ (t-3)/(0-3) & 0 \leq t < 3 \end{cases}$$

经验证知, 上述构造的未确知测度函数都满足 3 种测度准则。同理可构造其它指标的单指标测度函数, 由测度函数可求得各评价对象的所有单指标测度值, 从而得到各评价对象的单指标测量矩阵如下:

$$A(G)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0.205 & 0.795 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.246 & 0.754 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.244 & 0.756 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.946 & 0.054 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A(F)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.05 & 0.95 & 0 \\ 0 & 0 & 0.23 & 0.77 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.273 & 0.727 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A(E)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.203 & 0.797 \\ 0 & 0 & 0 & 0.943 & 0.057 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.493 & 0.507 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.013 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(D)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.307 & 0.693 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.75 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.37 & 0.63 \\ 0 & 0 & 0 & 0.083 & 0.917 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A(C)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.383 & 0.617 \\ 0 & 0 & 0.675 & 0.325 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.84 & 0.16 \\ 0 & 0 & 0 & 0.077 & 0.923 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.127 & 0.873 \\ 0 & 0 & 0 & 0.077 & 0.923 \end{bmatrix}$$

$$A(B)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.57 & 0.43 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.95 & 0 \\ 0 & 0 & 0.14 & 0.86 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.463 & 0.537 \\ 0 & 0 & 0 & 0.047 & 0.953 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(2) 确定属性权重:

联合式(1)、式(2)求得各评价对象 t_1, t_2, \dots, t_7 的对应指标属性权重分别为:

$$w_{11}=(0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.18, 0.16, 0.12)$$

$$w_{21}=(0.15, 0.12, 0.10, 0.11, 0.17, 0.17, 0.17)$$

$$w_{31}=(0.11, 0.15, 0.09, 0.16, 0.16, 0.16, 0.17)$$

$$w_{41}=(0.11, 0.11, 0.10, 0.14, 0.18, 0.18, 0.18)$$

$$w_{51}=(0.10, 0.11, 0.14, 0.16, 0.16, 0.14, 0.16)$$

$$w_{61}=(0.10, 0.15, 0.13, 0.10, 0.16, 0.18, 0.18)$$

$$w_{71}=(0.17, 0.17, 0.10, 0.11, 0.17, 0.11, 0.17)$$

(3) 多指标综合测度评价矩阵: 由式(3)可得各个评价对象的多指标综合测度评价矩阵:

$$A(u)_{7 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.02 & 0.34 & 0.58 \\ 0 & 0 & 0.08 & 0.18 & 0.73 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.21 & 0.79 \\ 0 & 0 & 0.03 & 0.16 & 0.81 \\ 0 & 0 & 0.07 & 0.23 & 0.69 \\ 0 & 0 & 0.03 & 0.37 & 0.61 \\ 0.39 & 0.05 & 0.17 & 0.06 & 0.34 \end{bmatrix}$$

(4) 评价结果: 根据综合测度矩阵, 对评价对象 t_1, t_2, \dots, t_7 进行识别和排序, 取置信度 $\lambda=0.3$, 由公式(4)得, t_1, t_5, t_6, C_4

$t_2, t_3, t_4, C_5, t_7, C_{10}$. 即网站 E 优秀, 网站 G、C、B 较差, 网站 F、A、D 很差。

取 $n_i=12-2q_i(1 \leq i \leq 5, 1 \leq q_i \leq 5)$ 代入式(5), 可求得:

$q(t_i)=(2.64, 2.66, 2.72, 2.44, 2.7, 2.88, 6.24)$ 由 $q(t_7) \leq q(t_6) \leq q(t_3) \leq q(t_5) \leq q(t_2) \leq q(t_1) \leq q(t_4)$ 得到评价网站的综合排序为 A、B、E、C、F、G、D。

4 结束语

将信息熵与未确知测度理论应用于电子政务网站综合评价中, 在各评价指标权重和识别准则的确定上, 分别采用信息熵和置信度识别准则, 避免了模糊综合评价评判法在这两方面的缺陷。通过指标约简, 将复杂的多指标评价问题转化为简化的定量评价问题, 然后应用未确知测度数学模型进行综合评价, 从而能够更直观、更合理地评价出电子政务网站建设的实际情况。

参考文献:

- [1] 刘腾红, 刘荣辉, 赵鹏, 电子政务系统评价方法研究[J]. 武汉理工大学学报, 2004, 26(3): 61-62.
- [2] 刘静岩, 王涣尘, 电子政务评价体系的构建[J]. 上海管理科学, 2004, (4): 33-34.
- [3] 陈冬林. 电子政务的群体 AHP 评估模型 [J]. 科技进步与对策, 2005, (3): 128-129.
- [4] 胡广伟, 仲伟俊. 政府网站建设水平调查和分析方法研究 [J]. 情报学报, 2004, 23(4): 495-501.
- [5] 吴茂森. 概率与信息[M]. 上海科学技术出版社, 1960.
- [6] 万玉成, 盛昭瀚. 基于未确知测度的风险投资非系统风险的评价与控制[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(11): 22-27.
- [7] 杨善林, 刘业政. 管理信息学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [8] 蔡坚学, 邱箬华. 基于信息熵理论的实物期权定价模型及其应用[J]. 中国管理科学, 2004, (2): 22-26
- [9] 李彦苍, 石华旺. 一种基于未确知测度的煤矿安全评价模型 [J]. 煤炭工程, 2004, (11): 52-54
- [10] 刘开第. 城市环境质量的未确知测度评价[J]. 系统工程理论与实践, 1999, (12).
- [11] 邱箬华. 熵用于信息评价的进一步探讨[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(11): 8-12.

(责任编辑: 董小玉)