

工业用电客户信用综合评价指标体系的构建方法

瞿 斌, 李存斌, 田惠英

(华北电力大学 工商管理学院, 北京市 昌平区 102206)

Construction and Methodology of Comprehensive Evaluation System for Credit of Industrial Electricity Customers

QU Bin, LI Cun-bin, TIAN Hui-ying

(School of Business Administration, North China Electric Power University, Changping District, Beijing 102206, China)

ABSTRACT: Based on the principles of guidableness, comprehensiveness, operability and comparability, at first a complete and feasible comprehensive index system to evaluate the credit of industrial electricity customers is constructed. On this basis by use of expressivity function the qualitative and quantitative indices are preprocessed, thus the preprocessed standardized results can meet the demand of actual conditions better. Then the weights of indices are calculated by fuzzy consistent reciprocal judgment matrix, thereby the consistency of judgment matrix is settled simply and conveniently. Finally, from the viewpoint of pattern recognition a comprehensive evaluation method for credit of industrial electricity customers is proposed. Case study results show that the proposed method is efficient.

KEY WORDS: industrial electricity customer; credit; pattern recognition; comprehensive evaluation

摘要: 首先从导向性、综合性、易操作性和可比性等原则出发构建了一套完整可行的工业用电客户信用综合评价指标体系,并在此基础上利用表现度函数对定性指标和定量指标进行了预处理,使得预处理后的结果更加符合实际情况。然后采用模糊一致互补判断矩阵来计算指标的权重,从而简便地解决了判断矩阵的一致性。最后从模式识别的角度出发提出了工业用电客户信用综合评价方法,实例结果表明了该方法的有效性。

关键词: 工业用电客户; 信用; 模式识别; 综合评价

0 引言

随着我国电力体制改革的不断深入,供电企业正逐步转变为具有独立法人资格和自主经营能力

的经济主体。供电企业在电力市场中需要面对不同的工业用电客户,这些客户的信用之间差异很大,因此供电企业就需要依据一定的指标体系和方法对工业用电客户的信用进行综合评价,借此选择可靠的工业用电客户,并将电能出售给他们^[1-4],这是供电企业提高效益的前提,也是电力工业健康发展的基础。因此,对工业用电客户信用综合评价进行深入研究是非常有意义的。文献[5]讨论了工业用电客户的4种信用评价信息,并建议采用加权计分方法进行综合评价;文献[6]以三角模糊数的形式给出了指标值和评价者的主观感觉值,并引入了基于期望值的模糊多属性决策法进行工业用电客户信用综合评价,另外还讨论了指标权重完全未知和部分已知情况下的相关问题;文献[7]运用模糊偏序关系及其排序方法对工业用电客户信用进行了比较,并依据计算结果进行了排序;文献[8]采用逼近理想点的排序法对工业用电客户进行了主观评价,同时也采用熵权法对工业用电客户进行了客观评价;文献[9]采用了 Logistic 回归模型来计算工业用电客户的违约概率值,并根据违约概率值的分布情况划分了工业用电客户的信用等级。这些研究成果在一定程度上解决了工业用电客户信用综合评价问题,但也存在着一些不足,如指标体系不完整、导向性差,数据采集困难、可行性差,有的评价方法不能同时处理定量数据和定性数据,有的则缺乏实用性和可操作性等。从实际情况来看,多数供电企业在工业用电客户信用综合评价方面的投入较少,基本上都是采用根据多年经验主观判断客户信用大小的方式,这样就难免造成考虑因素不全、判断程度不准等问题。基于以上原因,本文将构建工业用电客户

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70572090)。

Project Supported by National Natural Science Foundation of China(70572090).

信用综合评价指标体系, 确定指标预处理方法并给出指标权重计算方法, 以期为工业用电客户信用综合评价开启新的思路。

1 体系的构建

因为电能具有无形性、不可分离性、不稳定性、不可存储性和供应的公益性, 所以在选取工业用电客户信用评价指标的时候不仅需要考虑信用评价的一般因素, 且还需要考虑一些特殊因素, 以便使所构建的指标体系能全面、真实、准确地反映工业用电客户的信用水平。为此, 指标的选取应遵循以下原则: ①导向性原则, 选取的指标要有利于促进工业用电客户信用管理体系的建设、供电企业效益的提高乃至电力工业的发展; ②综合性原则, 选择独立性较强、综合性较好的指标, 并且尽量避免选择意义相近的指标; ③易操作性原则, 各指标含义明确, 数据资料获取方便, 处理方法简易; ④可比性原则, 指标口径保持一致以便于比较。基于上述原则并在征求了电力销售、管理和研究领域内多位专家的意见后, 最终选取出若干指标并组成了工业用电客户信用综合评价指标体系, 如图 1 所示。

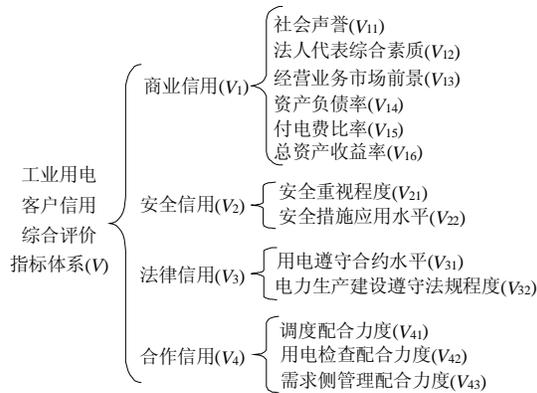


图 1 工业用电客户信用综合评价指标体系

Fig. 1 The comprehensive evaluation index system of industrial electricity customer credit

2 预处理方法的选择

在上述工业用电客户信用综合评价指标体系中存在着 2 类指标: ①定性指标, 如社会声誉、经营业务市场前景等; ②定量指标, 如资产负债率、付电费比率等。设由待评工业用电客户 x 所组成的集合为 D , 指标体系中有 n 项 1 级指标, 1 级指标 V_i 下有 n_i 项 2 级指标 $V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in_i}$, $i=1, 2, \dots, n$ 。如果 2 级评价指标 V_{ij} , $j=1, 2, \dots, n_i$ 是定量指标, $y_{ij}(x)$ 是工业用电客户 x 在 2 级评价指标 V_{ij} 下的取值, 则

V_{ij} 的表现度函数 $F_{ij}: D \rightarrow [0, 1]$ 可定义为

$$F_{ij}(x) = \begin{cases} \frac{y_{ij}(x) - y_{ij,\min}}{y_{ij,\max} - y_{ij,\min}} & (V_{ij} \text{ 为效益型指标}) \\ \frac{y_{ij,\max} - y_{ij}(x)}{y_{ij,\max} - y_{ij,\min}} & (V_{ij} \text{ 为成本型指标}) \end{cases} \quad (1)$$

式中 $y_{ij,\max}$ 和 $y_{ij,\min}$ 是 2 级指标 V_{ij} 下设定的最大值和最小值。如果 V_{ij} 是定性指标, $y_{ij}(x)$ 是工业用电客户 x 在 V_{ij} 下的模糊语言值, 则用梯形模糊数的隶属函数 $F_{y_{ij}(x)}: S \rightarrow [0, 1]$ 来表示 $y_{ij}(x) = (a, b, g, d)$, 即有

$$F_{y_{ij}(x)}(x) = \begin{cases} F_{y_{ij}(x)}^L(x) = \frac{(x-a)}{(\beta-a)} & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 & \beta \leq x \leq \gamma \\ F_{y_{ij}(x)}^R(x) = \frac{(\delta-x)}{(\delta-\gamma)} & \gamma \leq x \leq \delta \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中: $F_{y_{ij}(x)}^L(x)$ 表示梯形模糊数的左隶属函数,

$F_{y_{ij}(x)}^R(x)$ 表示梯形模糊数的右隶属函数。此处采用梯形模糊数比已有研究成果中采用三角模糊数更能反映客观世界的不确定性并更有效地表达专家的主观性, 同时三角模糊数也是梯形模糊数的特例。用梯形模糊数的 O -期望值来定义定性指标 V_{ij} 的表现度函数 $F_{ij}: D \rightarrow [0, 1]$, 即有

$$F_{ij}(x) = E_{\text{opti}}(y_{ij}(x)) = O \int_{\gamma}^{\delta} x F_{y_{ij}(x)}^R(x) dx + (1-O) \int_{\alpha}^{\beta} x F_{y_{ij}(x)}^L(x) dx = [O(\gamma + \delta) + (1-O)(\alpha + \beta)] / 2 \quad (3)$$

式中系数 $O \in [0, 1]$ 反映了决策者的乐观程度, 其值越大则乐观程度越高(通常令 $O=0.5$)^[10]。

3 指标重要程度模糊集的计算

在工业用电客户信用评价中, 需要确定指标重要程度模糊集 W , 它应满足

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (w_i \geq 0) \\ \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

式中 w_i 是 1 级指标 V_i 的权重。在已有研究成果中, 多采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)或改进型 AHP 法的判断矩阵来求出 W ^[11-15], 但判断矩阵的一致性常难以解决, 所以此处利用模糊一致互补判断矩阵求解 W , 以解决判断矩阵的一致性问題。求解 W 的方法如下:

(1) 采用 0.1~0.9 标度建立模糊互补判断矩阵

$B=(b_{il})_{n \times n}(i,l=1,2,\dots,n)$, b_{il} 是 2 个指标比较的结果, 且有

$$b_{il} = \begin{cases} 0.1 & \text{(指标 } V_l \text{ 极端重要于指标 } V_i) \\ 0.3 & \text{(指标 } V_l \text{ 明显重要于指标 } V_i) \\ 0.5 & \text{(指标 } V_l \text{ 同等重要于指标 } V_i) \\ 0.7 & \text{(指标 } V_l \text{ 明显重要于指标 } V_i) \\ 0.9 & \text{(指标 } V_l \text{ 极端重要于指标 } V_i) \end{cases} \quad (5)$$

(2) 建立判断矩阵 $R_i=(r_{il})_{n \times n}$, r_{il} 是经过处理后的 2 个指标的比较结果, 且有

$$b_i = \sum_{l=1}^n b_{il} \quad (6)$$

$$r_{il} = (b_i - b_l) / 2(n-1) + 0.5 \quad (7)$$

由文献[16]可知 $R=(r_{il})_{n \times n}$ 是模糊一致互补判断矩阵。

(3) 采用行和归一化方法对 $R=(r_{il})_{n \times n}$ 进行求解即可得到 W 。

事实上, 按照上述方法求到的 W 可以通过以下简化方法来计算。由式(6)、(7)可得

$$\begin{aligned} w_i &= \frac{\sum_{l=1}^n r_{il}}{\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^n r_{il}} = \frac{\sum_{l=1}^n r_{il}}{\sum_{1 \leq i < l \leq n} (r_{il} + r_{li}) + \frac{n}{2}} = \frac{\sum_{l=1}^n r_{il}}{\frac{n(n-1)}{2} + \frac{n}{2}} \\ &= \frac{\sum_{l=1}^n r_{il}}{\frac{n^2}{2}} = \frac{\sum_{l=1}^n \left[\frac{b_i - b_l}{2(n-1)} + \frac{n}{2} \right]}{\frac{n^2}{2}} = \frac{\sum_{l=1}^n \frac{b_i - b_l}{n-1} + n}{\frac{n^2}{2}} \\ &= \frac{nb_i - \sum_{l=1}^n b_l + n(n-1)}{n^2(n-1)} = \frac{nb_i - \frac{n^2}{2} + n(n-1)}{n^2(n-1)} \\ &= \frac{b_i + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)} = \frac{\sum_{l=1}^n b_{il} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)} \end{aligned}$$

同理可计算出各级指标的指标重要程度模糊子集。

4 评价方法的确定

根据模式识别的观点, 集合 D 可分为若干类且彼此之间有模糊界限, 如“好”、“一般”、“坏”等, 这些类形成了 D 的一个模糊划分。 D 中的每个工业用电客户 x 均用一个确定的隶属度与这些类最佳匹配, 它对 1 级指标 $V_i=\{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in_i}\}$ 的表现度可以用一个 n_i 维向量 $F_{i(x)}=[F_{i1(x)} F_{i2(x)} \dots F_{in_i(x)}]$ 来表示。参照 1 级指标 V_i 的表现度把集合 D 分为 C 个类, 即 $P_k=[P_{k1} P_{k2} \dots P_{kn_i}] (k=1,2,\dots,C)$, 然后再将每个工业用电客户 x 与 C 个类相匹配, 匹配结果用隶属度 $v_i(x)=[v_{i1}(x), v_{i2}(x), \dots, v_{iC}(x)]$ 表示, $v_{ik}(x) \in [0,1]$

是 x 在第 k 类中的隶属度, 且满足

$$\sum_{k=1}^C v_{ik}(x) = 1 \quad (\forall x \in D) \quad (8)$$

引入判断条件函数

$$J[v_i(x)] = \sum_{x \in D} \sum_{k=1}^C (v_{ik}(x) \|W_i \cdot (F_i(x) - P_k)\|)^2 \quad (9)$$

式中: $\|\cdot\|$ 代表内积诱导范数; W_i 是与 1 级指标 V_i 的指标重要程度模糊子集相应的矩阵; $\|W_i \cdot (F_i(x) - P_k)\|$ 是 x 到第 k 个类的距离; $J[v_i(x)]$ 为 x 到分类模型的加权距离总平方和。显然 $J[v_i(x)]$ 越小, 匹配效果越好, $J[v_i(x)]$ 最小时匹配效果最好。下面给出相应的定理^[17]:

定理 1 构建分类模型 $P_k=[P_{k1} P_{k2} \dots P_{kn_i}]$, 给定向量 $W_i=[w_{i1} w_{i2} \dots w_{in_i}]$, $w_{ij} \geq 0$ 。若 $\|W_i \cdot (F_i(x) - P_k)\| > 0 (k=1,2,\dots,C)$, 则 $J[v_i(x)]$ 最小的充要条件是

$$v_{ik}(x) = \frac{1}{\sum_{l=1}^C \left(\frac{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_k)\|^2}{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_l)\|^2} \right)} \quad (10)$$

证明过程见文献[17]。

在工业用电客户信用评价中考虑 $C=2$, 即集合 D 被分为“理想”类 P_1 和“不理想”类 P_2 , 由定理 1 可知, 在 $J[v_i(x)]$ 取最小值时, 工业用电客户 x 到“理想”类 P_1 的最优隶属度为

$$v_i(x) = \frac{1}{\sum_{l=1}^2 \left(\frac{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_1)\|^2}{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_2)\|^2} \right)} = \frac{1}{1 + \frac{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_1)\|^2}{\|W_i \cdot (F_i(x) - P_2)\|^2}} \quad (11)$$

此处可以用 Euclidean 距离代替 $\|\cdot\|$ ^[18]。由 $v_i(x)$ 的计算过程可知, $v_i(x)$ 的值越大说明 x 越接近 V_i 的“理想”状况。由 $v_i(x)$ 可得到 1 级指标 V_i 的评价值, 再把 $v_i(x)$ 当作 1 级指标 V_i 的表现度 $F_i(x)$, 重复使用上述方法即可求出 x 的综合评价。

5 应用示例

在某次工业用电客户信用综合评价中, 已根据专家判断所给出的模糊互补判断矩阵 B 计算出各项 1 级指标的权重, 其中

$$B = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.9 & 0.9 & 0.9 \\ 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.7 & 0.5 & 0.7 \\ 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$W=[w_1 w_2 w_3 w_4]=[0.35 \quad 0.20 \quad 0.25 \quad 0.20]$$

3 个工业用电客户各项 2 级指标的实测数据以

及根据模糊互补判断矩阵 $B_1 \sim B_4$ 计算出的各项 2 级指标的权重见表 1, 其中

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.7 & 0.7 & 0.9 & 0.1 & 0.9 \\ 0.3 & 0.5 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.3 \\ 0.3 & 0.5 & 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.3 \\ 0.1 & 0.7 & 0.7 & 0.5 & 0.1 & 0.5 \\ 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.9 & 0.5 & 0.9 \\ 0.1 & 0.7 & 0.7 & 0.5 & 0.1 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 \\ 0.7 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.9 & 0.9 \\ 0.1 & 0.5 & 0.5 \\ 0.1 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

表 1 3 个工业用电客户各项 2 级指标的实测数据和权重
Tab. 1 The actual data and weight of each second level index of three industrial electricity customers

	客户 1	客户 2	客户 3	理想类	不理想类	权重
V_{11}	F	G	G	EG	EP	0.193
V_{12}	VG	F	VG	EG	EP	0.133
V_{13}	G	VG	G	EG	EP	0.133
V_{14}	0.683 0	0.571 7	0.449 0	0.10	0.90	0.153
V_{15}	0.975 0	0.990 8	0.981 5	1.00	0.90	0.233
V_{16}	0.036 2	0.057 3	0.083 0	0.15	-0.15	0.153
V_{21}	G	VG	G	EG	EP	0.400
V_{22}	F	G	G	EG	EP	0.600
V_{31}	F	F	G	EG	EP	0.500
V_{32}	F	F	G	EG	EP	0.500
V_{41}	G	VG	EG	EG	EP	0.466
V_{42}	VG	EG	EG	EG	EP	0.267
V_{43}	VG	EG	EG	EG	EP	0.267

表 1 中采用的模糊语言集为 $L=\{EG、VG、G、F、P、VP、EP\}$, 其中 EG、VG、G、F、P、VP、EP 分别是 extremely good、very good、good、fair、poor、very poor、extremely poor 的缩写。此处用梯形模糊数来表示这些模糊语言值, 即 $EG=\{0.8, 0.9, 1, 1\}$ 、 $VG=\{0.65, 0.75, 0.85, 0.95\}$ 、 $G=\{0.5, 0.6, 0.7, 0.8\}$ 、 $F=\{0.35, 0.45, 0.55, 0.65\}$ 、 $P=\{0.2, 0.3, 0.4, 0.5\}$ 、 $VP=\{0.05, 0.15, 0.25, 0.35\}$ 、 $EP=\{0.0, 0.0, 0.1, 0.2\}$ 。最后利用本文提出的方法可得到 3 个工业用电客户的综合评价价值, 如表 2 所示。从中不仅可看出每个工业用电客户的商业信用、安全信用、法律

表 2 3 个工业用电客户各项 1 级指标值和综合评价价值
Tab. 2 Each first level index value and comprehensive evaluation result of three industrial electricity customers

	V_1	V_2	V_3	V_4	V
客户 1	0.696	0.605	0.500	0.887	0.782
客户 2	0.832	0.872	0.500	0.985	0.896
客户 3	0.877	0.814	0.814	1.000	0.974

信用和合作信用水平, 还可看出每个工业用电客户的整体信用水平, 并可对各工业用电客户整体信用水平进行排序。在本例中, 客户 3 信用水平最高, 客户 2 次之, 客户 1 最低。

6 结论

本文从导向性、综合性、易操作性和可比性等原则出发, 通过调查研究构建出一套工业用电客户信用综合评价指标体系, 该指标体系完整并且可行。另外, 本文还从模式识别的观点出发提出了一种工业用电客户信用综合评价方法, 它可以与预处理方法有机地结合在一起, 使评价结果能够很好地反映实际情况与“理想”状况的差距。下一步将着重研究模糊语言集如何取值较为合理以及如何进一步优化综合评价方法。

参考文献

- [1] 曾鸣, 程芸, 丁声高. 我国电力市场的实施方案和相关问题研究[J]. 电网技术, 2000, 24(2): 69-73.
Zeng Ming, Cheng Yun, Ding Shenghao. Research on solutions of electricity market of China and interrelated problems[J]. Power System Technology, 2000, 24(2): 69-73(in Chinese).
- [2] 汤振飞, 唐国庆, 于尔铿, 等. 电力市场动态分析[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(12): 88-92.
Tang Zhenfei, Tang Guoqing, Yu Erkeng, et al. Power market dynamic analysis[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(12): 88-92(in Chinese).
- [3] 周明, 李庚银, 倪以信. 电力市场下电力需求侧管理实施机制初探[J]. 电网技术, 2005, 29(5): 6-11.
Zhou Ming, Li Gengyin, Ni Yixin. A preliminary research on implementation mechanism of demand side management under electricity market[J]. Power System Technology, 2005, 29(5): 6-11(in Chinese).
- [4] 周明, 聂艳丽, 李庚银, 等. 电力市场下长期购电方案及风险评估[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(6): 116-122.
Zhou Ming, Nie Yanli, Li Gengyin, et al. Long-term electricity purchasing scheme and risk assessment in power markets[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(6): 116-122(in Chinese).
- [5] 伍壹. 客户信用管理体系的建立[J]. 中国电力企业管理, 2002, 11: 33-35.
Wu Xuan. Establishment of customer credit management system[J]. China Electricity Enterprise Management, 2002, 11: 33-35(in Chinese).
- [6] 李翔, 杨淑霞, 黄陈锋. 基于模糊多属性决策的用电客户信用评价[J]. 电网技术, 2004, 28(21): 55-59.
Li Xiang, Yang Shuxia, Huang Chenfeng. Credit evaluation of electricity customers based on fuzzy multi-attribute decision making method[J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 55-59(in Chinese).
- [7] 吴为涛. 电力客户信用等级分析[D]. 北京: 华北电力大学, 2004.
- [8] 杨淑霞, 吕世森. 用电客户信用的主客观评价及分析[J]. 中国电力, 2005, 38(6): 1-4.

(下转第 83 页 continued on page 83)