

基于可拓方法的电力客户信用风险评估

黄文杰, 张宇波

(华北电力大学工商管理学院, 北京 102206)

摘要: 电力客户信用风险将会给供电企业带来经营风险。运用可拓学的理论与方法, 结合熵理论, 构建了电力客户信用风险评价的经典物元和节域物元, 应用建立的基于熵权的可拓信用综合评价模型可以避免低层次多因素权重的客观性, 获得客观合理的评价结果。与其他评价方法的对比, 该方法能较真实地反映电力客户的信用等级, 且更易于操作和使用。

关键词: 可拓方法; 物元模型; 熵权法; 电力客户; 信用风险

Assessment of power customer credit risk based on extension method

HUANG Wen-jie, ZHANG Yu-bo

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

Abstract: Power customer credit risk will cause the business risk to power supply enterprise. The classical and limited matter-elements of power customer credit risk is established in this paper with the theory and methods of extenics and entropy theory. Based on entropy theory, the subjectivity which lies in ascertaining factors' weights in lower hierarchy is avoided, and objective and reasonable assessment results are obtained. Compared with other assessment methods, this method can reflect more objectively and truly the credit degree of power customer and this method is easy to use.

Key words: methods of extension; matter-elements; entropy theory; power customer; credit risk

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)19-0005-04

0 引言

电费的回收问题是供电企业面临的重要问题, 不仅影响到企业的经营状况, 同时也关系到企业的生存和发展, 因此有必要对电力客户的信用进行综合评价, 从而规避电费回收的风险。影响电力客户信用的有多方面的因素, 已有文献[1]针对电力客户的实际情况, 采用层次分析法对客户信用进行评价, 但主观因素影响较大; 文献[2]建立了较为合理的电力用户信用评价指标体系, 但指标分层较多, 计算复杂, 不利于用计算机进行规范处理。

本文结合电力企业用户实际情况, 采用我国学者蔡文创立的多元数据量化决策的可拓学^[3-5]方法对电力用户信用进行综合评价。本文以熵权法处理指标的权重, 较好地解决了评价的主观性或复杂性, 通过建立电力客户信用风险综合评价的物元模型, 计算其综合关联度, 给出定量的数值评定结果, 实例分析表明, 该方法能直观明确的反映电力客户信用水平, 且具有实用价值。

1 电力客户信用风险评估指标体系

基于我国电力用户的基本情况, 本文主要以企业用户为分析对象, 以文献[2]中所列指标作为评价指标体系, 将指标层简化如表1所示, 依次记作: $C_i, i=1, 2, \dots, n$ 。

2 基于熵权的可拓电力客户信用风险评价模型

2.1 确定经典域和节域

令 $R_{oj} = (N_{oj}, C_i, X_{oji}) =$

$$\begin{bmatrix} N_{oj} & c_1 & X_{oji} \\ & c_2 & X_{oji} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & X_{oji} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{oj} & c_1 & \langle a_{oj1}, b_{oj1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{oj2}, b_{oj2} \rangle \\ & \dots & \dots \\ & c_n & \langle a_{ojn}, b_{ojn} \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: N_{oj} 表示电力客户信用评价的第 $j(j=1, 2, \dots, m)$ 个等级; $c_i (i=1, 2, \dots, n)$ 表示信用等级 N_{oj} 的第 i 个评价因子; X_{oji} 为 N_{oj} 关于 c_i 所规定的量

值范围, 即客户信用评价各等级关于对应的评价因子所取的数据范围——经典域。

令 $R_p = (p, C, X_p) =$

$$\begin{bmatrix} p, & c_1, & X_{p1} \\ & c_2, & X_{p2} \\ \dots & \dots & \dots \\ & c_n, & X_{pn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p, & c_1, & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ \dots & \dots & \dots \\ & c_n, & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: p 表示电力客户信用评价等级的全体; X_{pi} 为 p 关于 c_i 所取的量值范围, 即 p 的节域。

表 1 电力客户信用风险评价指标体系

Tab.1 The evaluation index system of power customer credit risk

	第一层	第二层
电力客户信用评价指标	社会交往信用	商业合同履约率 c_1
		银行贷款归还率 c_2
		电费缴纳比率 c_3
		电费缴纳及时率 c_4
	经营能力信用	资产负债率 c_5
		电费在单位成本中的比例 c_6
		流动资产周转率 c_7
		存货周转率 c_8
		应收帐款周转率 c_9
		销售利润率 c_{10}
		成本费用率 c_{11}
		研发投入比例 c_{12}
		产品合格率 c_{13}
		净资产增长率 c_{14}
	销售收入增长率 c_{15}	
	工资总额增长率 c_{16}	
发展前景信用	市场占有率 c_{17}	
	行业政策 c_{18}	
	企业在当地国民经济中地位 c_{19}	
电力法规信用	行业周期阶段 c_{20}	
	非法用电记录 c_{21}	
	偷窃电记录 c_{22}	
用电合作信用	危害电力设施记录 c_{23}	
	调度合作记录 c_{24}	
	用电检查记录 c_{25}	
		需求侧管理记录 c_{26}

2.2 确定待评物元

对于待评电力客户 p_0 , 把根据实际数据计算得来的上述评价指标值物元 R_0 表示, 称为待评物元。

$$R_0 = \begin{bmatrix} p_0, & c_1, & x_1 \\ & c_2, & x_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ & c_n, & x_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: p_0 表示某一电力客户信用; x_i 为 p_0 关于评价因子 c_i 的量值。

2.3 首次评价

对评价对象 p_i , 首先用非满足不可的特征 c_k 的量值 x_{ik} 评价。若 $x_{ik} \notin x_{0jk}$, 则认为评价对象 p_i 不满足条件, 不予评价; 否则进入下一步骤。

2.4 确定待评电力客户信用关于各风险等级的关联度

$$\text{令 } K_j(x_i) = \begin{cases} \frac{\rho(x_i, x_{0ji})}{|x_{0ji}|} & x_i \in x_{0ji} \\ \frac{\rho(x_i, x_{0ji})}{\rho(x_i, x_{pj}) - \rho(x_i, x_{0ji})} & x_i \notin x_{0ji} \end{cases} \quad (4)$$

其中:

$$\rho(x_i, x_{0ji}) = \left| x_i - \frac{(a_{0ji} + b_{0ji})}{2} \right| - \frac{(b_{0ji} - a_{0ji})}{2} \quad (5)$$

$$\rho(x_i, x_{pj}) = \left| x_i - \frac{(a_{pi} + b_{pi})}{2} \right| - \frac{(b_{pi} - a_{pi})}{2} \quad (6)$$

对于每个特征 c_i , 取 a_i 为权重系数, $\sum_{i=1}^m a_i = 1$, 令

$$K_j(p_0) = \sum_{i=1}^n a_i K_j(x_i) \quad (7)$$

称 $K_j(p_0)$ 为待评估电力客户关于等级 j 的关联度。

这里权重的取值有很多方法, 这里采用信息熵的方法来确定熵权^[6]。信息熵定义为:

$$H(y_i) = - \sum_{t=1}^m y_{it} \ln y_{it} \quad (8)$$

式中: m 为评价对象的个数, y_{it} 为规范化的指标值, 即第 t 个电力用户中的第 i 项指标值。

$$y_{it} = x_{it} / \sum_{t=1}^m x_{it}, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (9)$$

一般来说, 综合评价中某项指标的指标值变异程度越大, 信息熵 $H(y_i)$ 越小, 该指标提供的信息量越大, 该指标的权系数也应越大; 反之, 该指标的权系数也应越小。因此, 利用信息熵这个工具, 计算出各指标的权系数—熵权。

$$\text{首先求解输出熵 } E_i, \quad E_i = H(y_i) / \ln m \quad (10)$$

$$\text{其次求解指标的差异度 } G_j, \quad G_j = 1 - E_j, \quad (1 \leq i \leq n) \quad (11)$$

$$\text{最后计算熵权, } a_i = G_i / \sum_{i=1}^n G_i, i=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

2.5 电力客户信用等级的评定

$$\text{若 } K_{j_0} = \max K_j(p_0) \quad (13)$$

则评定 p_0 属于信用等级 j_0 。

这里的电力客户信用评价指标分为不同层次, 需要采用多层次综合评价模型。第二层次评价结果组成第一层次的评价矩阵 K_1 , 然后考虑第一层次各因素的权系数 A , 权系数矩阵和综合关联度合成为评价结果矩阵。

$$K = A \cdot K_1 \quad (14)$$

3 算例

本文采用文献[2]中的数据为分析对象, 以某供电公司对 10 个电力用户进行信用等级评价, 这里将电力客户信用分为 4 级, 即差 (N_{01})、较差 (N_{02})、一般 (N_{03})、好 (N_{04})。

3.1 第二层次可拓综合评价

以社会交往信用为例, 对电力客户进行评价:

(1) 确定信用评价等级

C_1 为商业合同履行率, C_2 为银行贷款归还率, C_3 为电费缴纳比率, C_4 为电费缴纳及时率。这里的信用等级标准供电公司可根据自己的需求定义。

表 2 社会交往信用等级

Tab.2 The credit rating of social relationship

等级	社会交往信用评价因子			
	C_1	C_2	C_3	C_4
差	0~50%	0~50%	0~50%	0~50%
较差	50%~75%	50%~70%	50%~70%	50%~75%
一般	75%~85%	70%~80%	70%~85%	75%~90%
好	85%~100%	80%~100%	85%~100%	90%~100%

表 3 待评电力客户社会交往信用评价因子取值

Tab.3 The evaluation factors of social relationship of power customer

客户	C_1	C_2	C_3	C_4
P_1	100%	90%	100%	80%
P_2	100%	100%	95%	90%
P_3	75%	80%	100%	100%
P_4	80%	85%	100%	100%
P_5	100%	95%	80%	95%
P_6	50%	60%	85%	75%
P_7	100%	100%	100%	100%
P_8	75%	90%	100%	95%
P_9	90%	95%	95%	100%
P_{10}	100%	100%	98%	80%

(2) 评价因子值

本文采用文献[1]中的数据作为 10 个电力客户社会交往信用评价因子值, 如表 3。

(3) 物元的构造

由表 2 构造出电力客户社会交往信用评价各等级的经典物元为:

$$R_{01} = \begin{bmatrix} N_{01} & c_1 & <0.00 \sim 50\% > \\ & c_2 & <0.00 \sim 50\% > \\ & c_3 & <0.00 \sim 50\% > \\ & c_4 & <0.00 \sim 50\% > \end{bmatrix}$$

$$R_{02} = \begin{bmatrix} N_{02} & c_1 & <50\% \sim 75\% > \\ & c_2 & <50\% \sim 70\% > \\ & c_3 & <50\% \sim 70\% > \\ & c_4 & <50\% \sim 75\% > \end{bmatrix}$$

$$R_{03} = \begin{bmatrix} N_{03} & c_1 & <75\% \sim 85\% > \\ & c_2 & <70\% \sim 80\% > \\ & c_3 & <70\% \sim 85\% > \\ & c_4 & <75\% \sim 90\% > \end{bmatrix}$$

$$R_{04} = \begin{bmatrix} N_{04} & c_1 & <85\% \sim 100\% > \\ & c_2 & <80\% \sim 100\% > \\ & c_3 & <85\% \sim 100\% > \\ & c_4 & <90\% \sim 100\% > \end{bmatrix}$$

电力客户社会交往信用评价的节域物元为:

$$R_p = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & <0.00 \sim 100\% > \\ & c_2 & <0.00 \sim 100\% > \\ & c_3 & <0.00 \sim 100\% > \\ & c_4 & <0.00 \sim 100\% > \end{bmatrix}$$

待评电力客户社会交往信用评价的物元为:

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0 & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & c_3 & x_3 \\ & c_4 & x_4 \end{bmatrix}$$

式中: x_1, x_2, \dots, x_4 为待评电力客户社会交往信用评价因子值, 见表 3。

(4) 首次评价

在该评价指标体系中, 没有非满足不可的指标(特征), 故该步可省略。

(5) 确定评价因子的权重

根据式 (8) ~ (12) 可计算客户社会交往信用

各特征的熵权系数分别为:

$$A_1 = (0.520, 0.259, 0.075, 0.146)$$

(6) 计算待评对象关于等级 j 的关联度

根据式(4)~(7)计算待评客户社会交往信用关于

各信用等级的相关度, 计算结果见表 4。

类似于社会交往信用评价过程, 分别对经营能力、发展前景、电力法规信用和用电合作信用进行评价, 评价结果见表 4。

表 4 第二层次可拓评价结果

Tab.4 Extension evaluation result of second gradation

电力客户	社会交往信用				经营能力				发展前景			
	差	较差	一般	好	差	较差	一般	好	差	较差	一般	好
P ₁	-0.890	-0.797	-0.627	0.124	-0.753	-0.582	0.274	-0.125	-0.859	-0.635	-0.347	0.103
P ₂	-0.963	-0.929	-0.829	0.050	-0.975	-0.569	0.153	-0.218	-0.563	-0.113	-0.478	-0.869
P ₃	-0.585	-0.307	-0.221	-0.148	0.428	-0.562	-0.619	-0.897	-0.325	-0.219	-0.529	-0.652
P ₄	-0.663	-0.454	-0.026	-0.039	-0.337	-0.382	-0.671	-0.967	-0.389	0.412	-0.429	-0.521
P ₅	-0.929	0.166	-0.741	0.144	-0.821	-0.782	0.392	-0.592	-0.742	-0.592	-0.231	-0.493
P ₆	-0.031	0.092	0.121	-0.355	-0.321	-0.312	-0.356	-0.671	-0.738	0.332	-0.329	-0.784
P ₇	-1	-1	-1	0	-0.892	-0.634	-0.423	0.321	-0.779	-0.682	-0.228	-0.563
P ₈	-0.674	-0.369	-0.277	0.097	0.210	-0.314	-0.529	-0.773	-0.539	-0.442	0.342	-0.321
P ₉	-0.863	-0.763	-0.629	0.396	-0.787	0.335	-0.664	0.782	-0.332	-0.421	-0.489	-0.782
P ₁₀	-0.938	-0.873	-0.727	-0.812	-0.652	-0.573	0.239	-0.387	-0.769	-0.592	-0.139	-0.483

续表 4

To continue Tab 4

电力客户	电力法规信用				用电合作信用			
	差	较差	一般	好	差	较差	一般	好
P ₁	-0.564	-0.498	0.295	-0.338	-0.954	-0.846	-0.278	0.295
P ₂	-0.646	0.371	-0.672	-0.761	-0.786	-0.218	-0.398	-0.953
P ₃	0.239	-0.310	-0.389	-0.619	-0.429	0.391	-0.498	-0.859
P ₄	0.321	-0.126	-0.641	-0.781	-0.211	-0.423	-0.629	-0.852
P ₅	-0.829	-0.219	0.298	-0.623	-0.811	-0.632	0.293	-0.724
P ₆	-0.213	-0.662	-0.561	-0.870	-0.931	-0.862	0.321	-0.492
P ₇	-1	-1	-1	0	-0.954	-0.772	-0.422	0.149
P ₈	-0.522	0.287	-0.451	-0.749	-0.764	-0.527	0.309	-0.323
P ₉	-0.892	0.432	-0.432	-0.723	-0.673	-0.432	0.242	-0.392
P ₁₀	-0.782	-0.293	-0.521	-0.872	-0.849	-0.739	0.342	-0.472

3.2 第一层次可拓综合评价结果

第 2 层次的评价结果组成第 1 层次的关联度矩阵, 此时考虑一级指标的权系数, 权系数由层次分

析法计算得出: $A=(0.157, 0.619, 0.034, 0.157, 0.034)$ 。则根据式 (14), 各评价对象第 1 层次的综合评价结果如表 5。

表 5 电力客户信用风险评价结果

Tab.5 Assessment result of power customer credit risk

电力客户	差	较差	一般	好	可拓方法评价结果	文献[2]方法评价结果
P ₁	-0.756	-0.614	0.096	-0.097	一般	一般
P ₂	-0.902	-0.451	-0.171	-0.308	一般	较差
P ₃	0.185	-0.439	-0.514	-0.727	差	差
P ₄	-0.283	-0.328	-0.556	-0.774	差	较差
P ₅	-0.837	-0.534	0.175	-0.483	一般	一般
P ₆	-0.294	-0.301	-0.289	-0.651	一般	较差
P ₇	-0.925	-0.756	-0.598	0.185	好	好
P ₈	-0.102	-0.240	-0.419	-0.603	差	差
P ₉	-0.797	0.126	-0.586	-0.393	较差	较差
P ₁₀	-0.729	-0.583	-0.041	-0.536	一般	一般

由表 5 的可拓评价结果可知, P₇ 的信用等级为好, P₁、P₂、P₅、P₆、P₁₀ 的信用等级为一般, P₉ 的信用较差, P₃、P₄、P₈ 的信用等级为差, 与文献[2]的评价结果比较, 可靠性更高, 计算更简单, 容易编程进行处理。

4 结语

电力客户信用风险评价是一个复杂的问题, 影

响客户信用的诸多因素中既有定性描述的, 也有定量描述的。本文利用基于熵权的可拓评价思想, 可以避免权系数确定的主观性或计算复杂性, 利用物元可拓性可以确定定性评价因素, 又可利用可拓集合中关联函数值进行定量计算, 使该评价方法能较全面地分析电力客户信用风险等级属于评价等级集

(下转第 47 页 continued on page 47)

GPRS 数据终端与 GPRS 网络建立联系的时间一般为 3~5 s, 之后就可以立即发送或接收数据信息。在没有数据传送时, 与网络保持一种虚(逻辑)连接状态, 实现“永远在线, 实时在线”, 再次传送数据时, 在 1~3 s 内激活。该激活时间完全可以满足《配电系统自动化规划设计导则》中对开关量变位主动上传响应时间的要求。

(d) 运行成本

若 FTU 每 10 min 上传一次遥测数据, 则一个月的数据传输量约为: $300 \times 60 \times 24 / 10 = 1.296$ Mbit。FTU 节点数较多, 但其对数据上传实时性要求不高, FTU 转发的数据总量并不大, 再加上与子站其他通信过程, 每个月总的流量估算为 2.5 Mb。

按照移动公司现行的 GPRS 服务收费标准, 一个 FTU 终端每月的费用不超过 35 元, 若大规模应用, 资费还可能降低。加上 GPRS 通信系统首期投资及维护费用较光纤等通信方式低得多。在满足通信质量的前提下, GPRS 通信系统有着较大的成本优势。

3 结论

综合以上几点可以看出, 通过优化设计馈线自动化通信系统结构, 合理选择 GPRS 服务级别, 基于 GPRS 的新型配电网自动化通信系统设计完全可以满足馈线自动化对通信的需要。

参考文献

- [1] Williams B R, Walden D G. Distribution Automation

(上接第 8 页 continued from page 8)

合的程度, 较好地解决了电力客户信用风险评价中定性与定量因素综合评价的问题。实例应用表明, 该方法能较真实地反映实际电力客户的信用等级, 且易于计算机进行规范化评价, 在电力客户信用风险评价领域中具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 刘新才, 曾鸣, 黄琰. 基于层次分析法的电力客户信用风险评价[J]. 电力需求侧管理, 2005, 7(6): 19-21. LIU Xin-cai, ZENG Ming, HUANG Yan. Assessment of Power Customer Credit Risk Based on Hierarchy Analysis Method[J]. Power Demand Side Management, 2005, 7(6): 19-21.
- [2] 王绵斌, 谭忠富, 张蓉. 供电企业规避电费回收风险的客户信用评价方法[J]. 华东电力, 2007, 35(1): 21-25. WANG Mian-bin, TAN Zhong-fu, ZHANG Rong. Consumer Credit Assessment Methods for Power Supply Enterprises to Avoid Electric Toll Collection Risks[J]. Southeast China Electric Power, 2007, 35(1): 21-25.

Strategy for the Future[J]. IEEE Computer Application in Power, 1997.

- [2] Automated Solutions for Distribution Feeders[J]. IEEE Computer Applications in Power, 2000.
- [3] 罗建, 顾诚, 王官洁. 配网馈线自动化通信方式的分析[J]. 重庆大学学报, 2002, 25(7): 92-95. LUO Jian, GU Cheng, WANG Guan-jie. Analysis of Power Distribute Communication System[J]. Journal of Chongqing University, 2002, 25(7): 92-95.
- [4] Makinen A, Parkki M, Jarventausta P. Power Quality Monitoring as Integrated with Distribution Automation[A]. In: 16th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution (IEE Conf. Publ No. 482)[C]. 2001.
- [5] 葛俊, 童陆园, 耿俊成, 等. 配电系统多媒体网络 RTU 的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2000, 24. GE Jun, TONG Lu-yuan, GENG Jun-cheng, et al. Design and Implement of RTU for Power Distribute System Multimedia Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24.
- [6] 刘健, 倪建立, 邓永辉. 配电自动化系统[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.2-4, 67-70. LIU Jian, NI Jian-li, DENG Yong-hui. Power Distribute Automation System[M]. Beijing: China Water Power Press, 1998.2-4, 67-70.
- [7] DL/T721-2000, 配电网自动化系统远方终端[S].

收稿日期: 2008-06-15; 修回日期: 2008-06-30

作者简介:

林添顺(1973-), 男, 工学硕士, 工程师, 从事电力系统运行与控制研究、电力工程管理工作。E-mail: lintianshunrelay@163.com

[3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.267-275.

[4] 蔡文. 可拓理论及其应用[J]. 科学通报, 1999, 44(17): 1538-1548.

CAI Wen. Extension Theory and Its Application[J]. China Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538-1548.

[5] 蔡文. 可拓学概述[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(1): 76-84.

CAI Wen. Introduction of Extension Theory[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 1998, 18(1): 76-84.

[6] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

收稿日期: 2007-12-25; 修回日期: 2008-02-26

作者简介:

黄文杰(1945-), 男, 博士生导师, 研究方向为电力经济和项目管理;

张宇波(1978-), 男, 博士, 研究方向为电力经济和区域电力市场。E-mail: zh_yu_bo@126.com