

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2016.02.005

# 基于调查数据的电网营销评价研究

胡西民, 罗岚波, 姚李孝, 刘家军, 杨国清

(西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 在电网营销评价中, 结合我国电力行业实际情况与国内外已有的营销满意度指标体系, 构建一个多因素, 多层次的指标体系。在确定三级指标权重时, 利用调查问卷中的原始数据, 提出了主成分回归赋权方法与熵权值赋权法相结合, 根据调查问卷中客户的选择来确定权重, 有效地避免了专家的主观判断的不确定性问题造成对权重分配的不合理。以某省的电力客户满意度调查为实例, 验证文中提出的方法的可行性、有效性及合理性。

**关键词:** 电网营销; 原始数据; 主成分回归; 熵权值

**中图分类号:** TM73      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1006-4710(2016)02-0158-05

## Evaluation research on grid marketing based on survey data

HU Ximin, LUO Lanbo, YAO Lixiao, LIU Jiajun, YANG Guoqing

(School of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Based on the evaluation of power marketing, combined with the actual situation of China's power industry and the existing marketing Satisfaction Index at home and abroad, it is necessary to build a multi-factor, multi-level index system. In determining the weight of three indicators, the original data in the questionnaires are used to propose a method that combines principal component regression empowerment and empowerment wears entropy value, and according to the customer's choice questionnaire to determine the weight, it can effectively avoid the uncertainty caused by the subjective judgment of the experts, which may cause the irrational weight distribution. The example about power customer satisfaction survey in a province verifies the feasibility the validity and the rationality of proposed method in this paper.

**Key words:** network marketing; original data; principal component regression; entropy weight value

国家电网营销承担着直接面向社会市场和为广大电力消费者服务的功能, 建立电网营销评价为了建立常态的服务品质监督机制, 不断提高供电企业服务能力的。转变以生产为导向的电力营销旧观念, 建立以优质服务为核心, 以用电客户需求为主的营销机制, 以用电客户满意为核心的市场观念。电网企业营销包括形象营销、优质服务、引导需求、市场开拓、推进需求侧管理、管理创新六个方面的营销策略。电网企业的营销策略评价的方法有多种, 文献[1]、[2]采用灰色关联和神经网络方法对客户满意度进行分析、度量 and 评价; 文献[3]虽然考虑到了客观权重的影响, 但在确定三级指标权重时, 没有考虑

客户的决策对权重的影响; 文献[4]权重的方法有专家估测法、加权统计法、层次分析法, 缺点是不能描述指标值之间的不同对其权重的分配产生的影响, 然而可以利用熵权值弥补层次分析法的不足; 文献[5]引入了 D-S 证据理论, 解决了客户选择的模糊性, 但忽略权重对其结果的影响, 而且其经典合成规则在实际应用中并非十分完善; 文献[6]多元线性回归(MLR)赋权法通过建立一个因变量和多个解释的显著线性回归方程, 然而原始数据存在多重线性相关; 主成分回归赋权方法(PCR)优点是克服自变量之间的多重共线问题。

本文提出将主成分回归与熵权方法相结合, 确

**收稿日期:** 2015-09-08

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(51077109)

**作者简介:** 胡西民, 男, 副教授, 博士生, 研究方向为网络安全、管理信息系统。E-mail: huximin@xpu.edu.cn

**通讯作者:** 姚李孝, 男, 教授, 博导, 研究方向为电力系统规划与运行。E-mail: ylx@xaut.edu.cn

定三级指标权重,解决层次分析方法专家主观判断的模糊不确定性问题,弥补单一主观赋权法的不足。

## 1 评价体系模型

### 1.1 电网满意度模型

电网满意度模型<sup>[7-8]</sup>必须与电力用户实际情况相结合,因此把电力客户满意度评价模型分为三级指标,选取规范服务等5个因素作为第二级指标,第三级指标直接反应电力客户满意度的基本特征,如用电质量、供电安全性等19个因素。具体模型见图1。

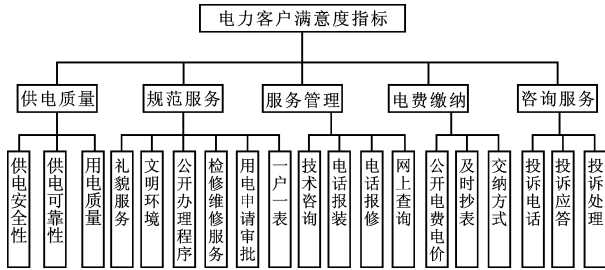


图1 电力客户满意度测评模型

Fig.1 Measurement model of customer satisfaction

### 1.2 评价指标体系测评方法

#### 1.2.1 问卷设计

为了得到电力客户满意度,利用问卷测评出用电客户对每个三级指标的满意度,通过加权平均得到各二、三级指标满意度指数,进一步得到供电企业的用户满意度指数,问卷的设计包括3个阶段。

1) 访谈和开放式。小范围内的访谈和问卷调查,统计出现频次较多的测量指标。调查问卷采用李克点量表(5 4 3 2 1)分别表示非常满意,满意,一般,不满意,非常不满意。

2) 预调查。主要采用方便抽样的方式,预试问卷题项数与样本数比例大约在1:5~1:10。

3) 正式调查。方式有街头截访、营业厅访问、入户访问及电话访问。

问卷信度分析:信度是电力客户满意度测评问卷反映电力客户评价的可信度。常用Cronbach's $\alpha$ 系数测量,其公式为:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{j=1}^k \sigma_{ij}} \right] \quad (1)$$

其中 $k$ 为问卷项目的个数, $\sigma_{ij}$ 为方差, $\sigma_i$ 为标准方差。当信度检验标准 $\alpha \geq 0.7$ 。调查问卷的正确性、一致性和稳定性均满足要求,问卷合理有效。

#### 1.2.2 主成分回归赋权方法

主成分回归(PCR)赋权方法是将主成分分析与

多元回归结合起来的赋权方法,在多维向量矩阵中,在数据信息丢失最少的情况下,对高维矩阵进行降维处理。如果 $\mathbf{X}$ 是有 $n$ 个样本点和 $p$ 个变量的矩阵,设该数据矩阵为:

$$\mathbf{X} = (x_{ij}) = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1^T \\ \mathbf{e}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{e}_n^T \end{bmatrix} = [x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_p] \quad (2)$$

将数据标准化,则 $E(x_j) = 0, Var(x_j) = 1$ ,综合变量 $\mathbf{F}_1$ 是 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 线性组合,即:

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{X}\mathbf{a}_1, \quad \|\mathbf{a}_1\| = 1, \quad Var \|\mathbf{F}_1\|^2 = \mathbf{a}_1^T \mathbf{V} \mathbf{a}_1 \quad (3)$$

式中 $\mathbf{V} = \frac{1}{n} \mathbf{X}^T \mathbf{X}$ 为数据的协方差。

求最优化问题:

$$\begin{cases} \text{Max. } \mathbf{a}_1^T \mathbf{V} \mathbf{a}_1 \\ \text{st. } \|\mathbf{a}_1\| = 1 \quad (\mathbf{a}_1^T \mathbf{a}_1 = 1) \end{cases} \quad (4)$$

采用拉格朗日算法,得出 $\mathbf{V}\mathbf{a}_1 = \lambda_1 \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_1$ 是 $\mathbf{V}$ 的一个标准化特征向量,其特征值为 $\lambda_1$ ,则 $Var(\mathbf{F}_1) = \mathbf{a}_1^T \mathbf{V} \mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_1^T (\lambda_1 \mathbf{a}_1) = \lambda_1 \mathbf{a}_1^T \mathbf{a}_1 = \lambda_1$ ,故 $\mathbf{a}_1$ 所对应特征值取到最大值。同理可得 $Var(\mathbf{F}_2) = \lambda_2, \dots, Var(\mathbf{F}_m) = \lambda_m$ ,因此 $Var(\mathbf{F}_1) \geq Var(\mathbf{F}_2) \geq \dots \geq Var(\mathbf{F}_m)$ ,则抽取 $m$ 个主成分所携带的信息的总和为: $\sum_{h=1}^m (F_h) = \sum_{h=1}^m \lambda_h, \mathbf{F}_h = \mathbf{X}\mathbf{a}_h$ 。还原后的主成分回归方程为:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_p x_p \quad (5)$$

其步骤详述如下。

1) 测量变量的协方差矩阵 $\mathbf{A}$ :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} s_{11}^2 & s_{12} & \cdots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22}^2 & \cdots & s_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \cdots & s_{mm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中

$$s_j^2 = Var(x_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$$

$$s_{jh} = Cov(x_j, x_h) = \frac{1}{n} (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ih} - \bar{x}_h)$$

2) 计算矩阵的特征值及特征向量 $\mathbf{a}_i$ :

$$\mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ \vdots \\ a_{m1} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ \vdots \\ a_{m2} \end{bmatrix}, \quad \dots, \quad \mathbf{a}_m = \begin{bmatrix} a_{1m} \\ a_{2m} \\ \vdots \\ a_{mm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

3) 写出主成分 $\mathbf{G}_j$ :

$$\mathbf{G}_j = a_{1j} x_1 + a_{2j} x_2 + \cdots + a_{mj} x_m \quad (8)$$

主成分个数由累计贡献率的大小确定,在顾客满意度指数测评中,如果取3个主成分,其表达式为:

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} G_1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} G_2 + \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} G_3 \quad (9)$$

测量主成分的初步权重时把式(8)代入式(9),得:

$$F = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_m x_m \quad (10)$$

式中:

$$p_1 = \frac{\lambda_1 a_{11} + \lambda_2 a_{12} + \lambda_3 a_{13}}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

$$p_2 = \frac{\lambda_1 a_{21} + \lambda_2 a_{22} + \lambda_3 a_{23}}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

$$p_3 = \frac{\lambda_1 a_{31} + \lambda_2 a_{32} + \lambda_3 a_{33}}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}$$

### 1.3 熵权值赋权方法

熵权法<sup>[10-13]</sup>原理则是根据各评价指标数值的变异程度所反映的信息量大小来确定权数,本文用于度量方案的多目标属性的信息量的大小,若某个评价指标的信息熵越小,表明指标值变异程度越大,提供的信息量越大,在综合评价的所起作用越大。步骤如下:

1) 对  $\mathbf{X}$  的每一个指标的数据归一化处理,得出矩阵  $\mathbf{X} = (x_{ij})_{m \times n}$ , 则第  $i$  个指标第  $j$  个评价对象的权重为:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad (11)$$

2) 计算第  $i$  项指标信息熵值:

$$H_i = - \sum_{j=1}^n p_{ij} \log_a p_{ij} \quad (12)$$

3) 计算指标的差异性因素:

$$M_i = 1 - H_i \quad (13)$$

4) 确定指标  $i$  的熵权值:

$$\omega_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^m M_i} \quad (14)$$

### 1.4 主成分回归的熵权值赋权法

主成分回归赋权方法<sup>[14-15]</sup>消除多重共线的影响,确定初步权重,熵权值与主成分回归拟合,以保证携带更多的信息量。从而推算出最终赋权值:

$$\omega = \frac{\langle p, \omega \rangle}{\sqrt{\sum_{i=1}^m p_i} \sqrt{\sum_{i=1}^m \omega_i}} \quad (15)$$

其中,  $p$  为主成分回归权重,  $\omega$  为熵权的权重。

## 2 算例及分析

以某省的十个地级市供电公司为例,调查者包括城镇居民、一般工商业、大宗工业、农业生产、农村居民、重要客户,其中供电质量,规范服务为第二级指标,其他19个因素为第三级指标,其中包括定性因素和定量因素,定量因素建立合理的隶属函数<sup>[4]</sup>。以供电站质量为例,根据调查问卷的数据,首先进行信度分析,其数据如表1所示,其次分析它的主成分与熵值,得出供电质量矩阵的特征根和特征向量,见表2。

表1 信度系数  
Tab.1 Coefficient of reliability

测评指标	方差 $\sigma_j$	标准方差 $\sigma_i$	$k$ 值	调查 份数	信度系 数 $\alpha$
供电质量	11.410	3.378	3	564	0.857
规范服务	22.14	13.937	5	564	0.903
服务管理	24.098	4.909	4	564	0.916
电费缴纳	35.519	5.960	3	564	0.806
咨询服务	13.899	3.728	4	564	0.903

表2 供电质量特征根及特征向量  
Tab.2 The initial eigenvalues and eigenvectors  
of power quality

初始特征值	特征向量		
	供电质量	供电可靠性	供电安全性
$\lambda_1$ (1.941)	$a_{11}$ (0.375)	$a_{12}$ (0.868)	$a_{13}$ (0.408)
$\lambda_2$ (0.668)	$a_{21}$ (0.834)	$a_{22}$ (0.349)	$a_{23}$ (0.439)
$\lambda_3$ (0.390)	$a_{31}$ (0.406)	$a_{32}$ (0.353)	$a_{33}$ (0.801)

由表2可知,若  $\lambda_1 = 1.941$ , 则  $a_{11} = 0.375$ ,  $a_{12} = 0.868$ ,  $a_{13} = 0.408$ 。

由公式(8)、(9)、(10)可得:  $p_1 = 0.498$ ,  $p_2 = 0.675$ ,  $p_3 = 0.483$ 。归一化得:

$$p_1 = 0.300$$

$$p_2 = 0.408$$

$$p_3 = 0.292$$

同理计算各三级指标的主成分权重见表3。对于二级指标权重的确立,由专家组通过模糊层次分析法分别求出二级指标的权重,对于模糊层次分析法技术已经比较成熟<sup>[6]</sup>,各二级指标权重的确定不是本文的重点,这里不再详述。各个指标的满意度见图2~3。

表3 电网客户满意度三级指标权重  
Tab.3 The weight of three indicators of customer satisfaction

二级指标	三级指标	主成分权重 $p_i$	熵权值权重 $w_i$	综合权重 $\omega$
供电质量	供电安全性	0.292	0.407	0.347
	供电可靠性	0.408	0.313	0.373
	用电质量	0.300	0.280	0.280
规范服务	礼貌服务	0.112	0.154	0.102
	公开办事程序	0.106	0.177	0.110
	文明环境	0.260	0.179	0.274
服务管理	检修维修服务	0.157	0.169	0.156
	用电申请审批	0.159	0.158	0.155
	一户一表	0.205	0.164	0.198
电费缴纳	技术咨询	0.225	0.246	0.217
	电话报装	0.235	0.254	0.235
	电话报修	0.214	0.279	0.234
咨询服务	网上查询	0.326	0.221	0.314
	公开电费电价	0.328	0.346	0.359
	及时准确抄表	0.298	0.359	0.373
投诉处理	交费方式	0.374	0.295	0.268
	投诉电话	0.356	0.298	0.302
	投诉应答	0.444	0.337	0.426
	投诉处理	0.200	0.368	0.272

赋权方法和 EW 赋权方法引入到企业顾客满意度指数测评之中,提高系统的稳定性,而且可以消除多重共线性,从而获得出具有创新性的赋权方法。

### 3 结论

电网营销评价方法将考虑客户对各指标的重视程度及服务需求,完善评价系统,更利于电力公司决策者对客户满意度做出全面的评价。总体满意度为一般(3.78),国家电网需在分值较低的指标中不断完善自身。从各指标的满意度来看,用电申请流程,电话报修,及时准确抄表满意度较低,国家电网必须转变营销策略,树立服务理念,加强电网建设,使电力企业与客户建立良好的供用电关系,实现共赢与持续发展。

#### 参考文献:

[1] KUNG Changyung, YAN Tzungming, CHUANG Shih-chieh, et al. Applying grey relational analysis to assess the relationship among service quality customer satisfaction and customer loyalty[C]//IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, Bangkok, 2006: 1-5.

[2] LIU Yan, ZHOU Changfeng, CHEN Yingwu. Measuring customer satisfaction Based on neural networks partial least squares approach[C]// International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, Shanghai, 2006: 627-631.

[3] 陈伟,夏建华. 综合主客观权重信息的最优组合赋权方法[J]. 数学的实践, 2009, 37(1): 17-22.

CHEN Wei, XIA Jianhua. An optimal weights combination method considering both subjective weight information[J]. Mathematics in Practices and Theory, 2009, 37(1): 17-22.

[4] 王靖,张金锁. 综合评价中确定权重向量的几种方法比较[J]. 河北工业大学学报, 2001, 30(2): 52-57.

WANG Jing, ZHANG Jinsuo. Comparing several methods of assuring weight vector in synthetical evaluation [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2001, 30(2): 52-57.

[5] 韦运杰,李扬. 基于 D-S 证据理论的电力客户满意度评价[J]. 电力需求侧管理, 2010, 6: 21-23.

WEI Yunjie, LI Yang. Evaluation of power customer satisfaction degree based on D-S evidence theory [J]. Power DSM, 2010, 6: 21-23.

[6] 王鹤,曾鸣. 基于模糊层次分析法的供电服务质量综合评价模型[J]. 电网技术, 2006, 30(17): 29-33.

WANG He, ZENG Ming. Comprehensive evaluation model for power supply service quality based on fuzzy analytic Hierarchy process [J]. Power System Technolo-

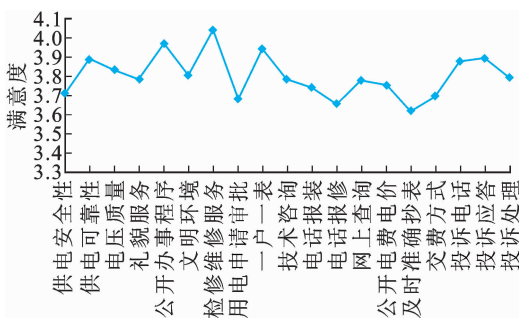


图2 三级指标满意度图形  
Fig.2 Satisfaction of three indicators

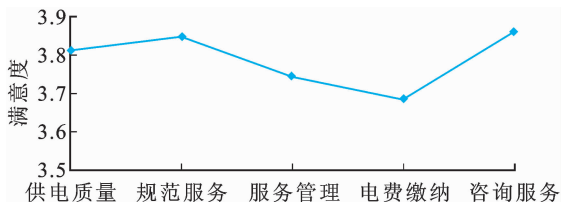


图3 总体满意度图形  
Fig.3 The overall satisfaction of customer

主成分回归(PCR)可以解决相关变量的多重共线问题,增加回归模型的稳定性。熵权值(EW)赋权方法能够提高变量的解释能力,最大限度地携带信息量,其缺点是不能解决多重共线问题,将 PCR

- gy, 2006, 30(17): 29-33.
- [7] 吕朋蓬, 赵晋泉, 李端超, 等. 电网运行状态评价指标体系与综合评价方法[J]. 电网技术, 2015, 39(8): 245-252. LÜ Pengpeng, ZHAO Jinquan, LI Duanchao, et al. Assessment index system for power grid operation status and corresponding synthetic assessment method [J]. Power System Technology, 2015, 39(8): 245-252.
- [8] 卢建昌, 韩红领. 基于模糊积分的电力客户满意度综合评价[J]. 电网技术, 2009, 32(1): 67-71. LU Jianchang, HAN Hongling. Comprehensive evaluation of power customer satisfaction degree based on fuzzy integral [J]. Power System Technology, 2009, 32(1): 67-71.
- [9] 史耀波, 岳爱. 农村消费性公共产品的成本分担与满意度评价[J]. 西安理工大学学报, 2012, 28(2): 247-252. SHI Yaobo, YUE Ai. Research on the cost sharing and satisfaction evaluation of rural public goods [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2012, 28(2): 247-252.
- [10] 汪妮, 方正, 解建仓. 改进的熵权法在再生水资源价值评价中的应用[J]. 西安理工大学学报, 2012, 28(4): 416-420. WANG Ni, FANG Zheng, XIE Jiancang. Application of improved entropy weight method to reclaimed water value assessment [J]. Journal of Xi'an University of Technology, 2012, 28(4): 416-420.
- [11] 刘瑾, 冯瑛敏, 章辉. 基才熵值分析和层次分析法的智能电网电力终端接入网综合效益评价[J]. 电力建设, 2015, 36(5): 136-140. LIU Jin, FENG Yingmin, ZHANG Hui. Comprehensive benefit evaluation for power terminal access network in smart grid based on analytic hierarchy process and entropy analysis [J]. Electric Power Construction, 2015, 36(5): 136-140.
- [12] 刘俊华, 罗隆福. 基于集对分析法的电能质量综合评估与排序稳定性分析[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(1): 70-76. LIU Junhua, LUO Longfu. A new method for power quality comprehensive evaluation considering the analysis of sequence stability [J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(1): 70-76.
- [13] 蒋亚坤, 李文云, 赵莹, 等. 粗糙集与证据理论结合的电网运行优质性综合评价[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(13): 1-7. JIANG Yakun, LI Wenyun, ZHAO Ying, et al. Evaluation of power quality performance based on rough set and evidence theory [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(13): 1-7.
- [14] 李勇. 顾客满意度指数模型及其测评方法研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2008. LI Yong. Studies on customer satisfaction indices model and its evaluation methods [D]. Beijing: China University of Mining and Technology, 2008.
- [15] 何晓群, 刘文卿. 应用回归分析 [M]. 第 2 版. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 63-70.

(责任编辑 杨小丽)