

开放售电背景下电力客户黏度的综合评价研究

曾 鸣¹, 刘 沅¹, 田立燚¹, 孙天雨², 戚 巍², 李悦悦³

(1. 华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206; 2. 国网辽宁省电力有限公司 丹东供电公司, 辽宁 丹东 118000;
3. 国网辽宁省电力有限公司 沈阳供电公司, 沈阳 110003)

摘 要:随着售电侧逐步放开, 各类售电公司涌入售电市场并参与业务竞争, 为了指导售电公司高效管控电力客户资源, 本文建立了开放售电背景下电力客户黏度的评价模型。从客户行为、客户感知、客户依赖、客户信任4个角度入手, 建立电力客户黏度评价指标体系, 采用层次分析法、熵值法相结合的组合赋权方法确定权重, 结合模糊综合评价方法, 对某地区4个典型售电公司的电力客户黏度进行评估。结果表明, 各公司的电力客户黏度评价分值具有明显差异, 这与各公司的主要电力客户购电习惯的差异性相吻合。本文提出的评价模型具有实效性, 对售电公司提升服务质量, 实现长远发展具有重要意义。

关键词:售电公司; 电力客户黏度; 综合赋权法; 模糊综合评价

中图分类号: TM715; F407.61 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2020)12—0036—08

随着新一轮电力体制改革的深入推进, 售电侧逐渐放开, 除了电网公司外, 越来越多符合资质条件的售电公司涌入竞争性售电市场, 而电力客户作为售电公司利润的源头, 将成为各类售电公司关注的焦点, 因而如何有效地拥有和控制客户资源并提升客户留存率对于各类售电公司具有重要的研究意义^[1]。

一、文献回顾

目前, 国内外针对电力客户黏度的研究较少, 但电力客户价值评价与电力客户满意度评估等方面的研究较多。在电力客户价值评价方面, 拓广忠等^[2]构建了基于决策树的客户价值决策模型, 并从电力客户的当前价值和潜在价值两个方面设计了电力价值评定指标, 利用优劣解距离方法计算客户最终分值。陈纛等^[3]构建了符合电力行业特点的电力客户终身价值模型, 在此基础上运用k均值聚类算法对某省电力客户的开展了实证分析。喻小宝等^[4]从收益和风险两个方面构建了电力客户评估指标体系, 并基于电力客户评估结果对用户进行类别划分。在电力客户满意度评估方面, 周黎莎和于新华^[5]提出了基于网络层次分析法的客户满意度评价模型, 来评价具有不确定性的电力客户满意度。杨淑霞等^[6]构建了基于鱼群算法优化BP神经网络的电力客户满意度综合评价模型。董沫如等^[7]从业务报装和供电能力两大方面考虑, 构建了基于蒙特卡洛模拟的电力客户满意度测评。此外, 在电力客户黏度方面, 杜鹏辉等^[8]对电力客户黏度、客户忠诚与客户满意间的关系进行了深入研究, 构建了用电客户黏度测评模型, 从转换成本、信任、安全性感知与满意度4个方面构建了指标体系。

虽然国内外在电力客户黏度相关领域已开展诸多研究, 但是研究中还存在赋权方式过于简单、指标体系中缺乏定量指标等不足^[9], 而且针对开放售电环境这一背景下电力客户黏度评价的研究更是鲜有。鉴于此, 本文在前人工作的基础上, 对开放售电环境下售电公司客户黏度评价展开深入研究。首先, 明确电力客户黏度的涵义, 并分析影响电力客户黏度的重要因素。其次, 站在电力客户的角度, 综合考虑客户感知、客户行为、客户依赖、客户信任4大主要影响因素, 将其具体细分为15个关键性定性与定量相结合的指标, 构建电力客户黏度评价指标体系, 并基于综合赋权方法和模糊综合评价方法建立电力客户黏度评价模型。最后, 选取

收稿日期: 2020—03—16

基金项目: 国家电网有限公司总部科技项目“开放售电环境下支撑售电服务竞争力提升的节能低碳增值服务技术研究及应用”(SGLNSY00FZJS1700861)

作者简介: 曾鸣(1957—), 男, 山西太原人, 硕士, 华北电力大学经济与管理学院教授, 研究方向: 电力市场、综合能源系统; 刘沅(1988—), 男, 湖南湘西人, 博士研究生, 华北电力大学新能源电力系统国家重点实验室研究员, 研究方向: 电力市场、综合能源系统; 田立燚(1995—), 男, 硕士, 华北电力大学新能源电力系统国家重点实验室研究员, 研究方向: 电力市场; 孙天雨(1970—), 男, 辽宁营口人, 硕士, 国网辽宁省电力有限公司丹东供电公司高级工程师, 研究方向: 电力市场营销; 戚巍(1974—), 男, 山东黄县人, 硕士, 国网辽宁省电力有限公司丹东供电公司高级工程师, 研究方向: 电力市场; 李悦悦(1969—), 女, 辽宁沈阳人, 硕士, 国网辽宁省电力有限公司沈阳供电公司高级工程师, 研究方向: 信息工程。

某地区的典型售电公司代表开展算例分析,算例验证了本文构建的模型的可操作性与有效性,为售电公司提升服务质量,增进客户留存提供重要支撑。

二、电力客户黏度内涵及影响因素分析

(一)电力客户黏度含义

“用户黏度”一词最早出现于互联网产业,通常用于表征目标消费群体对于网络平台的依赖程度^[10],该概念在网络游戏、购物平台及网络运营中拥有广泛的应用,它体现了网络用户的忠诚度与依赖度,包含用户回访次数、页面停留时间等,用户黏度越强,则该电商平台越容易发挥价值。随着互联网产业与营销行业的深度融合,在市场营销^[11-12]相关的研究与实践中常常将客户价值与用户黏度2个定义进行关联。因此“用户黏度”逐渐演变为“客户黏度”。

将客户购买商品或服务的心理分析作为研究出发点,客户的心理变化过程^[13-15]是由认知、情感逐步发展为意向,三阶段心理历程缺一不可。因此,开展有效的客户黏度分析,需要从行为黏度、认知黏度、情感黏度及意向黏度对客户黏度进行划分。对于电力行业,电力客户对售电公司的服务的感知状态与依赖程度容易受到电价、电能质量、相关服务等一系列因素的影响^[16-19]。因此客户黏度的定义同样适用于售电企业。在此基础上,本文进一步考虑开放售电环境下,电力客户面向售电公司的行为、态度、情感等一系列主客观感受,从客户行为、客户感知、客户信任、客户依赖几个方面来评估客户受到其他因素干扰存在转换售电公司可能性时,能够克服压力依然保持对现有售电公司的购电行为及偏好,即本文中所理解的电力客户黏度。

(二)开放售电背景下售电公司电力客户黏度影响因素

售电侧的放开被认为是新一轮电力体制改革的最大亮点,对于竞争性的市场结构和市场体系的构建具有重要意义。纵观目前市场中的售电公司,大部分拥有发电能力或配电能力,具有十足的潜力。其中,拥有发电权的售电公司拥有丰富的电能资源和不同客户的用电资料,特别是一些大客户通过直购电的方式来保证稳定的供需关系;拥有配网经营权的售电公司拥有配电的调度权,并可以收取一定过网费,同时凭借电力运行数据的挖掘来吸纳更多的客户;独立型售电公司既不能掌控调度权又缺乏相关客户和对手信息,在竞争性的市场环境下面临着巨大的挑战。

为了能够更为科学客观地剖析电力客户黏度这一概念,同时兼顾电力行业中用电客户的特点,本文立足于电力客户的视角,从客户行为、客户感知、客户信任、客户依赖4大影响因素来考虑电力客户对于售电公司的黏度,四大影响因素的关系如图1所示,各影响因素具体解释见下文。

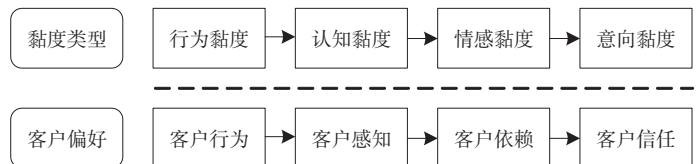


图1 电力客户黏度影响因素及其关系

三、开放售电背景下售电公司的电力客户黏度评价指标体系

综合考虑上述影响因素,将其作为一级指标,并选取一级指标下属的子级指标构建了开放售电环境下售电公司客户黏度指标体系,见表1。

各二级指标的释义及计算方法如下:

(1)客户行为(A_1)。用电客户的重复购电率(A_{11}):对于指定售电公司,在给定的时段内产生重复购电行为的客户数量占全部电力客户的比重,属于效益型指标;推荐售电公司行为倾向(A_{12}):电力客户向他人推荐该售电公司的行为倾向,可量化为 $[0,100]$ 的评分区间数,属于效益型指标;投诉行为次数(A_{13}):对于指定售电公司,在给定的时段内产生投诉行为的次数,属于成本型指标。

(2)客户感知(A_2)。 A_2 层的指标主要考虑了电力客户对于售电公司供电情况及公司自身的综合感知。因此均可以通过感知程度与期望程度的差值来表示。供电服务性价比(A_{21})、供电质量稳定程度(A_{22})、售电公司形象(A_{23})、客服人员的综合素质(A_{24})分别可由电力客户对于以上指标的感知程度与期望程度的差值得到,均可量化为 $[0,100]$ 的评分区间数,均属于效益型指标。

(3)客户依赖(A_3)。业务种类多样性(A_{31}):对于指定售电公司,在给定时段内供电业务种类数量,反映电力客户对售电公司未来的发展潜力评估,属于效益型指标。对售电公司价格长期合理性评价(A_{32}):电力客户对

于售电公司价格长期合理性的感知程度与期望程度的差值,影响电力客户对售电公司长期经济性的依赖程度,可量化为 $[0,100]$ 的评分区间数,均属于效益型指标。更换售电公司所需成本(A_{33}):电力客户在转换售电公司的过程中,了解新售电公司资料并与其交易的过程中产生的费用总和,影响电力客户对售电公司长期经济性的依赖程度,属于成本型指标。承受供电事故的能力(A_{34}):电力客户对于售电公司承受供电事故的能力的认可程度,影响了电力客户对售电公司长期安全可靠性的依赖程度,可量化为 $[0,100]$ 的评分区间数,均属于效益型指标。

(4)客户信任(A_4)。 A_4 层的指标主要为售电公司能够满足电力客户各方面期望的能力或程度。

因此均可以通过感知程度与期望程度的差值来表示。对售电公司发展前景的信心程度(A_{41})、售电公司履行所承诺服务的能力(A_{42})、用户对客服人员的信任程度(A_{43})、售电公司对用户需求的响应程度(A_{44})分别可由电力客户对于以上指标的感知程度与期望程度的差值得到,均可量化为 $[0,100]$ 的评分区间数,均属于效益型指标。

表1 售电公司电力客户黏度评价指标体系

售电公司电力客户黏度指标体系	一级指标	二级指标
	客户行为 A_1	重复购电率 A_{11}
		推荐售电公司行为倾向 A_{12}
		投诉行为次数 A_{13}
	客户感知 A_2	供电服务性价比 A_{21}
		供电质量稳定程度 A_{22}
		售电公司形象 A_{23}
		客服人员的综合素质 A_{24}
	客户依赖 A_3	业务种类多样性 A_{31}
		对售电公司价格长期合理性评价 A_{32}
		更换售电公司所需成本 A_{33}
		承受供电事故的能力 A_{34}
	客户信任 A_4	对售电公司发展前景的信心程度 A_{41}
		售电公司履行所承诺服务的能力 A_{42}
		用户对客服人员的信任程度 A_{43}
		售电公司对用户需求的响应程度 A_{44}

四、开放售电背景下售电公司电力客户黏度综合评价模型

(一)组合赋权模型

为了补足现有研究中客户黏度相关评价模型^[20-21]中赋权太过简单的研究空白,本文采用主客观相结合的赋权方法^[22-23],将层次分析法和熵权法得到的权重进行组合,构建开放售电背景下售电公司电力客户黏度的综合赋权模型。

1. 层次分析法

层次分析法(analytics hierarchy process, AHP)是一种层次权重决策分析方法,按目标、准则和方案等层次将与决策有关的元素进行分解。算法原理如下:

(1)构造判断矩阵。通过梳理上、下层次之间的逻辑关系并对各层次之间的每一个元素进行两两判断,从而构造出判断矩阵 B 。 $B = (b_{ij})_{n \times m}$,其中 b_{ij} 为判断矩阵的各要素, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。

(2)判断矩阵归一化处理。通过对判断矩阵 B 中不同层次元素进行归一化处理得到向量 $w_j, w_j = \sqrt[m]{b_{i1}b_{i2}b_{i3} \cdots b_{im}}$,从而可计算出判断矩阵的特征值与特征向量。其中,特征值为 $\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^m (A\theta)_i}{n\theta_j}; j = 1, 2, \dots, m$;特征向量 $\theta_i = \phi_i / \sum_{i=1}^m \phi_i; i = 1, 2, \dots, n$ 。

(3)判断矩阵一致性检验。通过检验判断矩阵 B 的随机一致性比例 AT 是否满足 $AT < 0.1$,若满足则通过一致性检验。 $AT = AI/TI$,其中, AI 表示一致性指标,数值越大一致性程度越差, $AI = (\alpha_j - n)/(n - 1)$, n 表示判断矩阵的阶数, TI 表示矩阵的平均随机一致性指标。

(4)进行层次排序。分别对同一层次各元素进行单排序,并从上到下逐层进行排序,最终得到各元素的权重。

2. 熵权法(EWM)

熵是用来度量信息无序状态的工具,信息熵的大小与信息的无序度呈正相关,意味着信息熵越大,信息的效用越小。在综合评价领域,可以利用熵值体现出的指标信息效用价值确定指标的权重。具体步骤如下。

(1)构建初始信息数据矩阵。针对已获得的 s 个样本, t 个评价指标构建初始信息数据 $c_{ij} = h_{ij} / \sum_{i=1}^s h_{ij}$,其中 h_{ij} 表示原始评价数据, c_{ij} 表示第 i 个评价的特征比重。

(2)计算指标 j 的熵值:

$$f_j = -g \sum_{i=1}^s c_{ij} \ln c_{ij} \quad (1)$$

其中: $g = (\ln m)^{-1}$ 表示正常数, 当各个元素发生概率相等时, 即 $c_{ij} = \frac{1}{n}$, 此时 f_j 取值最大且该熵值最大。

(3) 计算熵值与 1 的差距 p_j , 对于给定的指标 j , h_{ij} 的差异性越小, 则 f_j 越大; 当完全无序时, $f_j = 1$, 此时 f_j 的信息对综合评价的效用值为 0。因此, 定义差异性因数向量 V 为

$$V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}, V_i = 1 - f_j \quad (2)$$

(4) 计算指标效用价值, 其本质是通过计算指标的熵值来体现对应指标的信息效用价值, 效用价值系数越高, 表示该指标对评价的重要性越大, 于是 j 项指标的权重为 $v_j = p_j / \sum_{j=1}^n p_j$ 。

3. 组合赋权法

AHP 法充分考虑了决策者的感性认知, 但是人为主观因素随意性较大, 忽视了指标携带的客观信息, 主观认可度较高; 熵权法保留了原始数据的客观信息, 更具客观真实性, 但缺少了人为经验的情况下会使得求得权重与实际情况偏差较大^[20-21]。鉴于此, 本文提出一种组合赋权法, 通过引入求解最优组合系数将主观权重 x_i 与客观权重 y_i 进行组合的方法, 使得到的电力客户黏度更加贴近实际状况。组合权重:

$$z_i = ax_i + by_i \quad (3)$$

其中: a, b 分别表示主观和客观权重系数, $ab \geq 0, a+b=1, 0 \leq a, b \leq 1$ 。

某售电公司 j 的主客观加权属性值一致水平:

$$Q_j = \sum_{i=1}^n (ax_i A_{ij} - by_i A_{ij})^2 \quad (4)$$

其中: $ax_i A_{ij}$ 表示主观加权属性值; $by_i A_{ij}$ 表示客观加权属性值。

为了最小化主客观加权属性值一致水平, 利用线性加权法建立优化模型:

$$\min Q = \sum_{j=1}^m Q_j = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (ax_i A_{ij} - by_i A_{ij})^2 \quad (5)$$

其中: $ab \geq 0; a+b=1, 0 \leq a, b \leq 1$ 。

利用拉格朗日乘法求解权重系数 a 和 b 的二元优化模型, 解得指标的权重系数并代入式(3), 从而获得组合权重 z_i 。

(二) 模糊综合评价模型

电力客户黏度评价中涉及到多个复杂的指标, 而模糊综合评价适用于研究包含多个复杂因素的问题, 加入模糊数学的想法, 对事物进行模糊线性变换和隶属等级的划分, 把定性问题的评价转化为定量问题的评价, 得出更为准确可信的评价结果。该模型如下所示。

(1) 确定评价因素集 W 。首先, 将所有评价指标分成 m 个因素集, 建立因素集 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$, 满足 $W_i \cap W_j = \emptyset, (i \neq j)$; 其次, 将 W_i 划分为子因素集 $W_i = \{W_{i1}, W_{i2}, \dots, W_{ij}, \dots, W_{in}\}$ 。

(2) 建立评价集 M 。首先, 构建评价矩阵 E , n 为隶属度个数; 其次, 根据指标的性质和程度, 建立评价集 $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$, 其中 M_i 代表各种可能的总的评价结果。

(3) 构建评价矩阵 E , 如式(6)所示:

$$E = (e_{ij}) = \begin{bmatrix} e_{11} & \cdots & e_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{n1} & \cdots & e_{nm} \end{bmatrix}, e_{ij} \in [0, 1] \quad (6)$$

其中: e_{ij} 表示综合所有电力客户意见得到的评价对象按第 i 个因素 W_i 获得第 j 个评语 M_j 的隶属度。

(4) 确定权重集 Z 。 Z_i 中各评价指标的权重向量集表示为 $Z_i = \{M_{i1}, M_{i2}, \dots, M_{in}\}$ 。

(5) 模糊综合评判。首先, 对 W_i 的 m 个因素进行单因素评价从而得到单因素评价矩阵 E_i , 其次, 采用相同的模糊算子将 E_i 和权重向量 Z_i 模糊合成, 计算出该层次因素集 W_i 的评价结果 D_i :

$$D_i = Z_i E_i = (d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{in}) \quad (7)$$

用 D_i 作为 W_i 的单指标评价向量, 可构成 W 到 M 的模糊评价矩阵:

$$E = \begin{pmatrix} D_1 \\ \vdots \\ D_m \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad (8)$$

由此假设, 若 $W_1, W_2, \dots, W_m$ 的权重向量为 $Z_i = \{Z_{i1}, Z_{i2}, \dots, Z_{im}\}$, 则 W 的综合评价为

$$D = ZE = (d_1, d_2, \dots, d_m) \quad (9)$$

(6) 得出售电公司客户黏度评价分值结果。将模糊综合评价结果 D 与评价集 M 的右边界所构成的矩阵 $M_0 = \{100, 80, 60, 40, 20\}$ 的转置矩阵进行相乘, 得出售电公司 i 的电力客户黏度评价分值 S_i :

$$S_i = DM_0^T \quad (10)$$

五、算例分析

为了实现电力客户黏度方面的理论研究对实践进行指导, 同时验证本文所提模型的有效性, 本部分开展算例分析, 算例结构及各部分之间的关系如图 2 所示。算例选取了东北地区的甲、乙、丙、丁 4 家典型售电公司进行电力客户黏度评价, 其中甲、丙售电公司的主要客户群体为商业用户及居民用户, 乙、丁售电公司的主要客户群体为大工业用户, 选取每个售电公司参与评价的典型电力客户各 100 户, 计算各指标的样本均值以进行后续相关的运算。

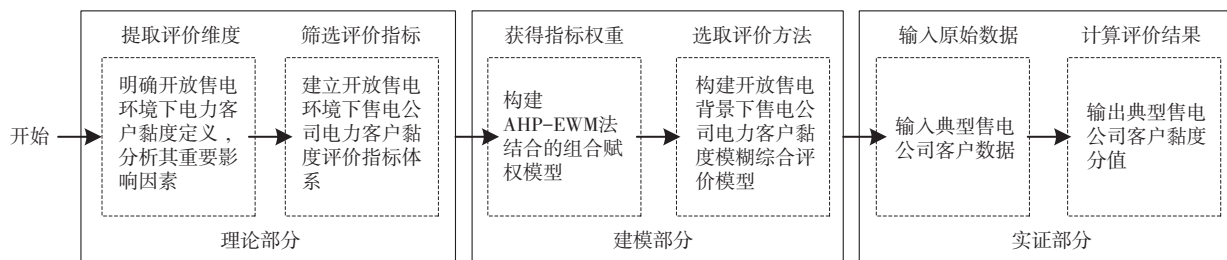


图2 算例结构及各部分关系

1. 确定各级指标的权重集

基于 AHP-EWM 法组合赋权模型, 确定一级评价指标和二级评价指标的权重集分别见表 2 和表 3。

2. 建立评价集

将评价指标划为 5 个等级, 评价集为 $M = \{M_1, M_2, \dots, M_5\}$,

其中 M_j 表示第 j 个等级的分数。 $M_j = \{[0, 20) \text{ 差}, [20, 40) \text{ 较差}, [40, 60) \text{ 中}, [60, 80) \text{ 良}, [80, 100) \text{ 优}\}$ 。

取等级分数区间的上限值构成评价集:

$M = \{M_1, M_2, \dots, M_5\} = \{20, 40, 60, 80, 100\}$ 。

3. 构建隶属度矩阵

以售电公司甲为例, 将 100 位电力客户的评价结果, 取平均值得出如下模糊隶属度矩阵, 见表 4。

4. 模糊综合评价

根据各个指标的权重值, 利用加权平均算子求得第一层次因素集的模糊综合评价矩阵 E :

$$D_1 = B_1 E = (0.25, 0.375, 0.3125, 0.0625, 0)$$

$$D_2 = B_2 E = (0.2625, 0.22, 0.3, 0.2175, 0)$$

$$D_3 = B_3 E = (0.3, 0.45, 0.25, 0, 0)$$

$$D_4 = B_4 E = (0.325, 0.375, 0.375, 0.025, 0)$$

将上述评价向量作为上层指标评价矩阵, 计算得出二级模糊综合评价值, 则甲公司的二级模糊综合指标值为

$$D_{\text{甲}} = A_{\text{甲}} E = (0.2809, 0.3683, 0.1800, 0.1708, 0.0000)。$$

表2 一级评价指标的权重集

一级指标	AHP法	EWM法	组合赋权法
A_1	0.18	0.42	0.3
A_2	0.33	0.17	0.25
A_3	0.31	0.19	0.25
A_4	0.18	0.22	0.2

表3 二级评价指标的权重集

二级指标	AHP法	EWM法	组合赋权法
A_{11}	0.23	0.47	0.35
A_{12}	0.35	0.15	0.25
A_{13}	0.42	0.38	0.4
A_{21}	0.37	0.27	0.32
A_{22}	0.3	0.3	0.3
A_{23}	0.11	0.31	0.21
A_{24}	0.22	0.12	0.17
A_{31}	0.18	0.12	0.15
A_{32}	0.25	0.35	0.3
A_{33}	0.33	0.27	0.3
A_{34}	0.24	0.26	0.25
A_{41}	0.2	0.2	0.2
A_{42}	0.28	0.22	0.25
A_{43}	0.23	0.27	0.25
A_{44}	0.29	0.31	0.3

矩阵 D 中的 5 个元素分别代表了该售电公司客户黏度综合评价结果在“优、良、中、较差、差”5 个维度上的集群程度。 $D_{甲}(0.2809, 0.3683, 0.1800, 0.1708, 0.0000)$ 表示甲售电公司客户黏度评价中 28.09% 为优, 36.83% 为良, 18.00% 为中, 17.08% 为较差, 0% 为差, 故该矩阵中数值最大的元素即为最大隶属度, 反映了该售电公司整体上看 36.83% 的指标落入了等级为良的评价区间。

同理, 可得其他售电公司的最终评价结果:

乙公司为

$$D_{乙}=(0.1543, 0.3512, 0.2516, 0.1257, 0.1123);$$

丙公司为

$$D_{丙}=(0.3151, 0.2453, 0.2052, 0.2451, 0.0640);$$

丁公司为

$$D_{丁}=(0.2150, 0.1816, 0.2250, 0.3350, 0.0970)。$$

5. 综合评价结果及分析

根据最大隶属度原则, 甲售电公司的综合隶属度值为 0.3683, 根据划定的评价集可判定为“良”。因此, 大约有 36.83% 的电力客户对甲售电公司的整体实力或服务满意。同理, 乙售电公司的综合隶属度值为 0.3512, 评判等级为“良”, 丙售电公司的综合隶属度值为 0.3151, 评判等级为“优”, 丁售电公司的综合隶属度值为 0.335, 评判等级为“较差”。

为了将各个售电公司的最终客户黏度评价结果更为直观地进行比较, 对隶属度进行分值转换处理记为 S 。通过计算, 甲售电公司的最终电力客户黏度评价得分 $S_{甲}=75.16$; 同理, 可得售电公司乙、丙、丁的最终得分分别为 $S_{乙}=63.65, S_{丙}=73.25, S_{丁}=62.93$ 。

4 家售电公司的评判结果和最终得分如图 3 所示, 甲售电公司在隶属度评判上属于良, 但综合得分为最高; 乙售电公司在隶属度评判上属于良, 综合得分排第三; 丙售电公司在隶属度评判上属于优, 但综合得分排第二; 丁售电公司在隶属度评判上属于较差, 综合得分为最低。分析可知, 4 家售电公司的评判结果和最终得分并不完全呈现正相关, 这是因为评判结果的依据为最大隶属度, 反映了最大多数客户的客户黏度评价情况, 即“众数”的概念, 而最终得分的依据为初始数据的加权平均, 反映了平均电力客户黏度水平, 即“均数”的概念。

究其原因, 是因为在开放售电环境下购电的选择更加多元化, 工业用户用电量更大, 购电途径更广, 购电经济性的诉求更高, 较容易改变重复购电行为及偏好。因此容易在价格等信号的引导下转换售电公司的选择, 电力客户黏度较低; 与之相对的, 商业用户的个体规模不一、数量庞大, 它们在电力市场中并不具备与发电商直接交易的资格与权力, 此外电力故障带来的营业额亏损对于用户个体影响较大。因此他们更倾向于从长期以来供电稳定并已树立了良好公众形象的电网公司购电, 电力客户黏度较低, 而算例中甲、丙的主要客户群体为商业用户及居民用户, 乙、丁的主要客户群体为工业用户, 与该结果相符, 证明所提出的评价模型具有实效性。

六、结论

本文在开放售电环境背景下, 提出了面向售电公司的电力客户黏度评价模型。针对客户黏度指标中包含定性与定量指标较多的问题, 利用 AHP-EWM 法相结合的方法进行组合赋权, 增加评价结果的真实有效性。

- (1) 明确了电力客户黏度定义及内涵, 科学客观地剖析了影响电力客户黏度的主要影响因素。
- (2) 构建了构建了开放售电环境下售电公司客户黏度指标体系, 在指标选取上综合考虑客户行为、客户

表 4 售电公司甲的模糊隶属度矩阵

一级指标	二级指标	优	良	中	较差	差
A_1	A_{11}	0.25	0.5	0.25	0	0
	A_{12}	0.25	0.25	0.375	0.125	0
	A_{13}	0.25	0.25	0.375	0.125	0
A_2	A_{21}	0.25	0.375	0.375	0	0
	A_{22}	0.25	0.5	0.25	0	0
	A_{23}	0.375	0.375	0.25	0	0
	A_{24}	0.25	0.5	0.25	0	0
A_3	A_{31}	0.25	0.5	0.25	0	0
	A_{32}	0.375	0.375	0.25	0	0
	A_{33}	0.25	0.5	0.25	0	0
	A_{34}	0.25	0.375	0.375	0	0
A_4	A_{41}	0.25	0.25	0.375	0.125	0
	A_{42}	0.5	0.25	0.25	0	0
	A_{43}	0.25	0.5	0.25	0	0
	A_{44}	0.375	0.375	0.25	0	0

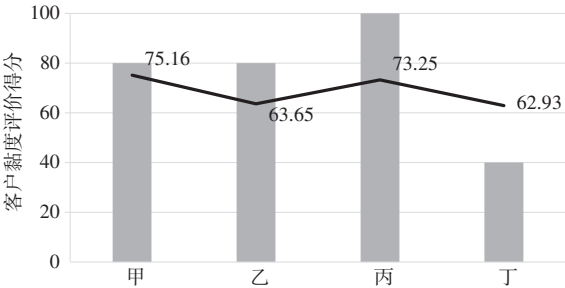


图 3 4 家售电公司电力客户黏度评价的最大隶属度和分值

感知、客户依赖、客户信任等影响因素,确定了4项一级指标、15项二级指标。

(3)建立了基于模糊综合评价方法的电力客户黏度评价模型。本文采用主客观相结合的赋权方法,将AHP和EWM得到的权重进行组合,使得到的电力客户黏度更加贴近实际状况。

(4)选取了东北地区的甲、乙、丙、丁4家典型售电公司进行电力客户黏度评价。算例结果表明,本文提出的售电公司电力客户黏度评价模型能够从多个维度全面评价未来售电公司的客户黏度,综合赋权的应用及模糊综合评价方法将定性指标定量化处理,验证了所提模型的有效性,可为售电公司有针对性地改善企业售电服务提供有效的决策支撑。

参考文献

- [1] 曾鸣, 武庚, 王昊婧, 等. 智能用电背景下考虑用户满意度的居民需求侧响应[J]. 电网技术, 2016, 40(10): 2917-2923.
- [2] 拓广忠, 李晓东, 付薇薇, 等. 电力客户价值细分模型研究及应用[J]. 电气应用, 2018, 37(8): 70-74, 86.
- [3] 陈纓, 卢思瑶, 沈焱, 等. 电力客户价值评估与管理的实证研究[J]. 西南民族大学学报(人文社科版), 2017, 38(9): 130-133.
- [4] 喻小宝, 谭忠富, 屈高强. 基于电力客户评估的差异化电价套餐研究[J]. 中国电力, 2020, 53(2): 9-19.
- [5] 周黎莎, 于新华. 基于网络层次分析法的电力客户满意度模糊综合评价[J]. 电网技术, 2009, 33(17): 191-197.
- [6] 杨淑霞, 韩奇, 徐琳茜, 等. 基于鱼群算法优化BP神经网络的电力客户满意度综合评价方法[J]. 电网技术, 2011, 35(5): 146-151.
- [7] 董沫如, 赵金锋, 胡西民, 等. 基于蒙特卡洛模拟的电力客户满意度测评[J]. 电网与清洁能源, 2019, 35(1): 68-71, 7.
- [8] 杜鹏辉, 陈康婷, 谭忠富, 等. 零售竞争模式下用电客户粘度研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2015, 93(1): 48-52.
- [9] 丁宁. 零售竞争模式下的用电客户黏度评价[D]. 北京: 华北电力大学, 2015.
- [10] 林骅. 关于商业银行客户价值评估体系的研究[J]. 新金融, 2020(1): 38-42.
- [11] 胡左浩. 华为的变与不变——以客户价值创造为核心的持续变革[J]. 清华管理评论, 2019(10): 22-30.
- [12] 王秀俊, 王文, 孙楠楠. 电商网络直播模式对消费者购买意愿的影响研究——基于认知与情感的中介作用[J]. 商场现代化, 2019(15): 13-14.
- [13] 李一桐, 王素芬. C2B预售模式下消费者购买意愿的形成机理研究[J]. 中国市场, 2017(1): 84-86.
- [14] 戴文磊, 仲雁秋, 曲毅. 基于组合赋权的区域产业安全评价模型及其实证研究[J]. 技术经济, 2017, 36(11): 72-78.
- [15] 任保瑞. 基于模糊综合评判的电力客户信用评价[J]. 现代电力, 2011, 28(4): 90-94.
- [16] 周凯, 栗秋华, 周林, 等. 基于物元分析理论的大电力客户信用评价[J]. 电网技术, 2009(16): 75-80.
- [17] 殷广杨, 金淳, 李瀛. 服务质量、私人关系对顾客忠诚的影响研究[J]. 技术经济, 2020, 39(2): 15-20.
- [18] 夏恩君, 邓倩, 张明. 开放式创新社区网络的模糊综合评价[J]. 技术经济, 2014, 33(10): 8-14.
- [19] 于忠兰, 周鹏程, 吴南南, 等. 基于RS-AHP-LSM赋权的水电项目评标优化决策研究[J]. 水力发电, 2018, 44(12): 78-81.
- [20] 王致杰, 刘珊珊, 薛松, 等. 基于熵权与TOPSIS法的需求侧响应资源价值评价模型研究[J]. 企业经济, 2014, 42(1): 143-149.
- [21] SHEILA N, MARK O' M. Challenges and barriers to demand response deployment and evaluation[J]. Applied Energy, 2015, 152: 1-10.
- [22] MIARA A, TARR C, SPELLMAN R, et al. The power of efficiency: Optimizing environmental and social benefits through demand-side-management[J]. Energy, 2014, 76: 502-512.
- [23] KHYATI D M, RANJIT R. Impact of demand response program in wind integrated distribution network[J]. Electric Power Systems Research, 2014, 108: 269-281.

(下转第50页)

- [11] 刘明明, 高岩. 保险理论在需求侧风险管理中的应用[J]. 电网技术, 2007(2): 66-69.
- [12] 林照航, 李华强, 王羽佳, 等. 基于可利用传输能力与保险理论的大用户直购电决策[J]. 电网技术, 2016, 40(5): 1564-1569.
- [13] 林其友, 高振华, 陈星莺, 等. 电力市场环境下可靠性保险在供电网络中的应用[J]. 电网技术, 2009, 33(18): 117-123.
- [14] 李旭翔, 李华强, 阚力丰, 等. 营业中断保险在电压暂降风险处理中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(6): 1637-1646, 1860.
- [15] 王文利, 郭娜. 商业保险支持下订单农业供应链的运营决策[J]. 系统工程, 2018, 36(8): 85-95.
- [16] 陈静, 陈敬贤, 魏航. 规避农副产品原材料产出不确定风险的商业保险策略[J]. 中国管理科学, 2018, 26(6): 39-50.
- [17] 于辉, 吴腾飞. 供应风险下营业中断保险的供应链模型分析[J]. 中国管理科学, 2017, 25(12): 39-47.
- [18] 孔令丞, 李仲, 梁玲, 等. 供需数量不确定下可再生能源发电容量投资决策[J]. 管理工程学报, 2019, 33(2): 166-172.
- [19] 罗舒瀚, 蒋传文, 王旭, 等. 新电改背景下售电公司的购售电策略及风险评估[J]. 电网技术, 2019, 43(3): 944-953.
- [20] 方言. 新建风力发电项目成本分析与竞价机制研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [21] IRC P. Power purchase agreements (PPAs) and energy purchase agreements (EPAs) [R]. Washington, DC: World Bank Group, 2017.

Optimal Trading Decision of Wind Power Supply Chain Based on Insurance Mechanism under Uncertainty Output

Wang Hui, Wang Junjie, Wang Tengfei, Zhao Wenhui

(School of Economics and Management, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: With the new round of electric power system reform advancing, participating in the electricity market competition is the only way to absorb renewable energy sources such as wind power. Due to the influence of natural conditions such as wind speed, the power output of wind power is highly unstable and unpredictable, which makes wind power suppliers face huge risks in the electricity market. It is of great significance for improving the revenue stability of wind power suppliers to reasonably transfer their risks and introduce effective risk aversion mechanisms. Therefore, based on the power loss insurance mechanism, the Stackelberg game model of wind power suppliers, electricity sales companies and insurance companies is established. By solving the Nash equilibrium by inverse recursive method and analyzing the relationship between insurance premium rate and market tripartite profit, the optimal trading strategy between the main wind power suppliers in the market, electricity sales companies and insurance companies is proposed. Finally, through the analysis of specific examples, it is concluded that the introduction of the electricity insurance mechanism and the establishment of appropriate insurance rates can realize win-win benefits for wind power suppliers, electricity sales companies and insurance companies.

Keywords: wind power supplier; uncertainty; insurance mechanism; benefit win-win

(上接第 42 页)

Comprehensive Evaluation of Power Customer Viscosity to Power Selling Companies under the Background of Open Market of Power Selling

Zeng Ming¹, Liu Hang¹, Tian Liyi¹, Sun Tianyu², Qi Wei², Li Yueyue³

(1. School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2 Dandong Power Supply Company, Dandong 118000, Liaoning, China; 3. Shenyang Power Supply Company, Shenyang 110003, China)

Abstract: With the gradual opening of the power selling side, all kinds of electricity selling companies come into the power selling market and participate in business competition. In order to guide the power selling companies to manage the power customer resources effectively, an evaluation model of power customer viscosity under the background of open power selling is constructed. From the perspectives of customer behavior, customer perception, customer dependence and customer trust, the power customer viscosity evaluation index system is established. Then the weighting method with the combination of AHP and entropy method is used to determine the weight of each index. On the basis of fuzzy comprehensive method, the power customer viscosity of four typical power sales companies in a region is evaluated. The results show that there are obvious differences in the viscosity evaluation scores of the power customers of each company, which is consistent with the differences in the purchasing habits of the main power customers of each company. The evaluation model proposed is effective and of great significance for the electricity selling company to improve the service quality and realize long-term development.

Keywords: power selling company; power customer viscosity; comprehensive weighting method; fuzzy comprehensive evaluation