

# 基于 ANFIS 的电力客户信用判别模型研究

王洪彬<sup>1</sup>, 周晖<sup>1</sup>, 王毅<sup>1</sup>, 李涛<sup>2</sup>, 杨红<sup>2</sup>

(1. 北京交通大学电气工程学院, 北京 100044; 2. 华北电网有限公司, 北京 100761)

**摘要:** 电费收缴工作的好坏, 将直接影响电力公司的经营状况。为了约束电力客户的用电行为, 保证电费的及时收缴, 事先准确地识别客户的信用状况, 是最为关键的内容。考虑到电力公司对客户信息的掌握情况以及信用管理的要求, 设计了一套符合实际管理需要的, 能够反映电力客户实际信用水平的指标体系, 并在此指标体系的基础上利用自适应神经模糊推理系统 (ANFIS) 建立信用评级模型。该模型经测试样本检验证明是精确可靠的, 适用于实际配电管理中对电力客户信用类别的判别。从而为电力公司预知信用风险, 并采取不同的信用管理对策, 提供了有力的参考依据。

**关键词:** 电力客户信用; 电费收缴; ANFIS; 信用等级; 判别模型

## Study on discriminant model of electric customers' credit based on ANFIS

WANG Hong-bin<sup>1</sup>, ZHOU Hui<sup>1</sup>, WANG Yi<sup>1</sup>, LI Tao<sup>2</sup>, YANG Hong<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. North of China Power Grid Co., Ltd, Beijing 100761, China)

**Abstract:** Whether the electricity fare is collected in time or not can affect the management status of electricity corporations. In order to supervise the customers' consumption behavior and paying in time, one of key problem is how to classify the credit conditions of customers. Considered the demand that collects the customers' credit information and credit management of electricity corporations, a special credit index system has been designed, which can meet the need of credit management and respond the levels of customers' credit. With the ANFIS, a model of discriminant analysis has been established and tested, which has high precision. The model has been proved to be reliable. The model could be used to classify the customers according to its credit scoring, and the result could be regards as reference for making different credit management policies in the process of sales to decrease the potential risk resulted by those bad-credit customers.

**Key words:** credit of electric customers; electricity fare collection; ANFIS; credit rank; discriminant model

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)01-0033-04

## 0 引言

在我国, 电力企业长期以来执行“先用电, 后交费”的电费收缴模式。而如今市场经济条件下, 市场风险变化快, 电力客户主体复杂性增加, 从而导致用户长期拖欠电费的现象普遍发生, 这已经影响到电力企业的正常运营。因此将信用管理体制引入电力企业, 通过评价客户信用状况, 规避电费回收风险, 是一种积极有效的措施<sup>[1,2]</sup>。针对这一问题, 国家电网公司印发《关于加强电力营销工作的若干规定》([2003]490号)文件已明确提出: 加强电费风险管理与研究, 建立信用风险分析制度。构建电力客户信用管理体系<sup>[3,4]</sup>, 实现电费回收风险规避, 现今已成为研究的热点问题。

目前, 对电力客户信用评价的研究主要是定性

分析和定量分析两类。文献[5]提出利用层次分析法分析各信用指标权重, 构建电力客户信用指标体系模型; 文献[6~8]则分别采用不同的模型算法, 对电力客户信用状况进行量化分析, 达到分级评价的目的; 文献[9]介绍一种开发于 PowerBuilder 平台的电力客户信用风险管理系统, 实现客户信用评价“人机结合”。

在对客户信用评价的定量分析研究中, 与传统分析方法相比, 模糊神经网络技术有其鲜明的特点<sup>[10]</sup>, 近年来应用也较广泛。基于此, 本文提出应用自适应神经模糊推理系统理论 (ANFIS), 建立电力客户信用判别模型, 并以华北某地区电力客户为实证对象。结果表明该方法能够很好地对客户信用做出分级评价, 从而为电力企业采取信用管理对策提供了有力的参考依据。

### 1 客户信用指标体系的建立

正确判断客户的信用情况，关键在于信用指标体系的确立和评估模型的选择，以及收集到相应指标下的样本数据。我们通过对已经掌握的数据分析和研究，并建立模型，可以对今后新加入的客户信用数据评判，对其信用进行评价分级。

在构建电力公司的客户信用管理指标体系时，必须考虑到信用数据的来源、企业信用管理人员资源等具体情况。以实用为原则，便于实际的操作，从电力客户以下几个方面作为考察其信用度的指标：品格、能力、资本、担保或抵押、环境条件<sup>[11]</sup>。

表 1 为华北电网有限公司的电力客户信用管理指标。在备注栏中已注明信息的来源，其中信息收集卡，指的是专对电力客户信用评估用的调查表，由抄表员、监察员负责完成。

表 1 电力客户信用指标  
Tab.1 Credit index of electric customers

一级指标	二级指标	备注
品格	产品声誉好、发生过违章用电、发生过私接用电、有恶意拖欠倾向、销售行为规范、消费者对服务质量满意	信息收集卡
	拖欠费次数、额度、时间	电费数据库
	不良纪录	社会公示
能力	企业发展前景、企业从业人员	信息收集卡
资本	员工工资水平、企业效益好	信息收集卡
担保 (或抵押)	有形资产、无形资产	专家评估
环境	有拆、搬迁迹象、企业近期改制、破产倒闭迹象、高能耗企业、五小企业	信息收集卡
	行业景气	社会信息

### 2 基于 ANFIS 的电力客户信用判别模型

#### 2.1 自适应神经模糊推理系统简介

ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) 是一种将模糊逻辑和神经网络有机结合而构成的一种新型的神经网络结构<sup>[12-14]</sup>。其主要特点是借助神经网络的信息存储能力和学习能力，在对广泛选择的样本进行学习后优化控制规则，建立各语言变量的隶属度函数及每条规则的输出函数，使系统本身朝着自适应、自学习的方向发展。

典型的 ANFIS 模型分为五层，图 1 所示为有

两个输入一个输出的 ANFIS 结构。

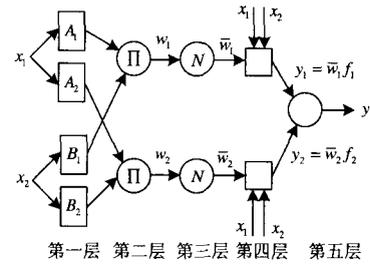


图 1 具有两个输入一个输出的一阶 ANFIS 结构  
Fig.1 ANFIS architecture for a two-input, two-rule first-order model

网络各层节点的含义如下：

第一层：负责输入信号的模糊化，节点  $i$  具有输出函数：

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (1)$$

其中： $\mu_{A_i}(x)$  表示  $x$  属于  $A_i$  的程度。根据所选择的隶属函数形式，可以得到相应的参数集，称为前件参数。例如，选择常用的高斯隶属函数，则式 (2) 中所有  $\{\sigma_i, d_i\}$  组成前件参数集，在样本学习过程中，自适应地调整每个参数的值。

$$\mu_{A_i}(x) = \exp\left[-\frac{\|x - d_i\|^2}{\sigma_i^2}\right] \quad (2)$$

第二层：每个圆形节点  $i$  完成模糊系统的模糊算子计算（相乘表示 AND 算子）：

$$w_i = \mu_{A_i}(x_1) \times \mu_{B_i}(x_2) \quad (i=1, 2) \quad (3)$$

第三层：第  $i$  各节点完成模糊系统的归一化可信度：

$$\bar{w}_i = w_i / (w_1 + w_2) \quad (i=1, 2) \quad (4)$$

第四层：该层每个节点  $i$  为自适应节点，其输出为：

$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i(p_i x_1 + q_i x_2 + r_i) \quad (5)$$

这里  $\bar{w}_i$  是第三层的输出， $\{p_i, q_i, r_i\}$  为后件参数。

第五层：这个节点完成模糊系统的非模糊化过程（采用权重平均法），计算总的输出为：

$$O_i^5 = \sum_i \bar{w}_i f_i = \sum_i w_i f_i / \sum_i w_i \quad (6)$$

ANFIS 的学习归结为对前件（非线性参数）与后件参数（线性参数）的调整。对于式 (2) 的前件

参数和式(5)的后件参数,根据输入输出之间的关系,采用反向传播算法和最小估计二乘算法来调整参数,称混合算法。

## 2.2 电力客户信用数据

依照前面设立的电力客户信用评价指标,我们选取华北某地区电力公司的23组客户电费管理数据。首先采用专家法设置每一子项的分值与权值,从而形成了对每一个用户在信用五个方面的评价分值,并给出了相应的信用等级,见表2。

其中“1”代表信用较好的客户、“0”代表信用较差的客户。要实现对具有不同信用特征的用户进行事先的信用评估,实际上就是要建立一个信用判别分析模型,用这个建好的模型对新的样本进行判别。本模型采用前20个样本作为模型的训练样本,把最后3个作为模型的检验样本,其实际信用级别为1、1、0。显然,如果要把它用在对今后的电力客户的信用判别分析中,只需把今后的用户信用指标数据输入到已经训练好的ANFIS模型中,就可以由模型输出其信用级别。

表2 电力客户信用分析指标数据

序号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$y$
1	50	80	70	75	70	1
2	50	80	65	65	65	0
...	...	...	...	...	...	...
19	70	80	25	70	70	0
20	20	20	25	60	60	0
21	85	90	85	90	90	待判
22	95	90	75	75	95	待判
23	60	60	30	20	75	待判

$X_1$ :缴费状况;  $X_2$ :偿还电费能力;  $X_3$ :资金变现能力;  
 $X_4$ :担保水平;  $X_5$ :经营环境;  $y$ :信用等级

## 2.3 应用分析

基于自适应神经模糊推理系统(ANFIS)的评判模型对所评判问题的先验知识要求较少,通过将输入样本进行训练,可以方便地对数据进行分类和特征提取,是一种非常有前途的评判方法。通过建立基于ANFIS的信用判别模型,可以对电力客户的信用评级进行有效的分析评价。

利用表2提供的电力客户信用分析指标数据,借助MATLAB模糊系统工具箱<sup>[15]</sup>,将表2中的前20个样本输入ANFIS网络的输入层,根据输入变量的特征,取模糊等级数分别为:2、2、2、2、3。采用混合学习算法训练网络,训练精度取0,训练次数取400次,确定模糊规则48个,得到网络的各待求参数。然后用第21、22、23三组样本作为检验

样本(其实际值为1、1、0)输入训练好的ANFIS模型中,输出网络评价结果,并与实际的信用级别进行比较分析。

表3为模型训练的结果(其中 $y$ 表示原类别, $y'$ 表示拟合值)。从表可以看出,采用自适应神经模糊推理系统建立的判别分析模型,结果与信用指标原数据完全吻合,准确率令人满意。

表3 采用ANFIS系统训练模型的拟合结果

Tab.3 Calculated result based on ANFIS training system

序号	$y$	$y'$	序号	$y$	$y'$
1	1	1	11	1	1
2	0	0	12	1	1
3	1	1	13	1	1
4	0	0	14	1	1
5	1	1	15	1	1
6	1	1	16	1	1
7	1	1	17	0	0
8	1	1	18	0	0
9	1	1	19	0	0
10	0	0	20	0	0

最后,将三个检验样本分别代入判别模型中,计算结果分别为1.0896、1.0635和0.0074,说明前二个企业信用较好,而第三个企业信用差。这与实际情况符合,达到检验模型的目的。

检验完成后,用此模型对该电力局200户用电单位2007年电费管理数据进行计算,统计其结果发生误判的几率(即错误率),明显低于一般判断模型误差的检验标准3%。因此,采用ANFIS判别电力客户信用等级具有实际意义,它是一种运算速度快,可靠性高的方法,可以作为电力公司对客户信用评级的有效手段。之后可以根据信用评价结果,将信用等级不同的电力客户区别开来。对信用好的客户,电力公司提供更优质的服务,保证双方良好的供用电关系;反之,需采取措施,防范信用差的用户,以减少电费拖欠风险。

## 3 结论

信用评价研究兴起的时间并不长,可以说是一新的研究领域,许多分析方法尚在探讨之中。针对电力客户的信用评级则是一个新的领域,在我国它是随着电力市场改革的不断深化而出现的,并且对电力企业的影响越来越大。因此,我们有必要对它进行研究。归纳本文所做的工作,主要体现在以下几个方面:

(1)探讨了电力企业开展信用管理,在电力市场条件下的迫切性与意义,同时深入分析了开展此项工作,实际的电力系统存在的特殊问题。

(2) 设计了一套适合电力企业信用管理需要的信用指标体系, 并分析该指标体系下数据的获取途径与方法。

(3) 建立了新的电力客户信用分析模型——自适应神经模糊推理系统 (ANFIS) 模型, 运用这一模型判别分析电力客户的信用等级, 可克服很多不确定因素的干扰, 具有较高的精度, 为电力企业进行客户信用管理决策提供了科学可靠的依据。

需要指出的是, 由于电力客户的信用状况并不是一成不变的, 因此, 在实际系统运行时, 对于判别分析模型, 应注意及时更新数据, 滚动训练模型, 使之准确地跟踪实际情况的变化。

参考文献

[1] 贺春, 吴战江, 李鑫. 电力企业客户信用风险管理探讨[J]. 电力技术经济, 2004, 1: 49-52.

[2] 袁闽杰. 信用管理及其在电力企业中的应用[J]. 电力技术经济, 2004, 5: 45-46.

[3] 邓永军, 李定柏. 电力客户信用等级评价管理系统的应用[J]. 华中电力, 2006, 5: 61-63.  
DENG Yong-jun, LI Ding-bo. The Application of Electric Power Customer Credit Rank Appraisal Management System[J]. Central China Electric Power, 2006, 5: 61-63.

[4] 王玲. 论建立客户信用评价体系的可行性[J]. 黑龙江电力, 2006, 3: 169-171.

[5] 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, 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, 6: 19-21.

[6] 周晖, 王毅, 王玮, 等. 基于 Logistic 回归模型的电力客户欠费违约概率的预测[J]. 电网技术, 2007, 17: 85-88.  
ZHOU Hui, WANG Yi, WANG Wei, et al. Prediction of Default Probability of Clients' Electricity Charges Arrears Based on Logistic Regression Model[J]. Power System Technology, 2007, 17: 85-88.

[7] 周晖, 王毅, 钮文洁, 等. 电力客户信用综合评价的研究[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(12): 15-18.  
ZHOU Hui, WANG Yi, NIU Wen-jie, et al. Study of Synthetic Credit Evaluation of Power Clients[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12): 15-18.

[8] 杨淑霞, 吕世森, 乔艳芬. 用电客户信用的主客观评价及分析[J]. 中国电力, 2005, 6: 1-4.  
YANG Shu-xia, Lü Shi-sen, QIAO Yan-fen. Subjective

and Objective Credit Evaluation on Electricity Customers and Its Analysis[J]. Electric Power, 2005, 6:1-4.

[9] 马梦轩, 苑津莎. 基于 PB 的电力客户信用风险管理系统设计[J]. 继电器, 2006, 20: 44-46.  
MA Meng-xuan, YUAN Jin-sha. Design of a Electricity Customers Credit Risk Management System Based on PB[J]. Relay, 2006, 20: 44-46.

[10] 朱晓明, 刘治国. 信用评分模型综述[J]. 统计与决策, 2007, 2: 103-105.

[11] 张美灵, 欧志伟. 信用评估理论与实务[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004.

[12] 蔡甲冰, 刘钰, 雷廷武, 等. 应用自适应神经模糊推理系统 (ANFIS) 的 ETO 预测[J]. 农业工程学报, 2004, 4: 13-16.  
CAI Jia-bing, LIU Yu, LEI Ting-wu, et al. Prediction of Daily Reference Evapotranspiration Using Adaptive Neuro-fuzzy Inference System[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2004, 4: 13-16.

[13] 杨帆, 吴耀武, 雄信银, 等. 用自适应模糊推理系统预测电力短期负荷[J]. 高电压技术, 2007, 4: 129-133.  
YANG Fan, WU Yao-wu, XIONG Xin-yin, et al. Short-term Load Forecasting in Power System Based on Adaptive Network-based Fuzzy Inference System[J]. High Voltage Engineering, 2007, 4: 129-133.

[14] 罗可, 郭恒, 唐贤瑛. 基于自适应神经模糊推理系统 (ANFIS) 的电力系统短期负荷预测[J]. 水科学与工程学报, 2005, 6: 56-58.  
LUO Ke, GUO Heng, TANG Xian-ying. Short-term Load Forecasting in Power System Based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System[J]. Water Sciences and Engineering Technology, 2005, 6: 56-58.

[15] 楼顺天, 胡昌华, 张伟. 基于 MATLAB 的系统分析与设计——模糊系统[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.

收稿日期: 2008-03-05; 修回日期: 2008-05-11

作者简介:

王洪彬 (1985- ), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统分析、电力市场监管等; E-mail: cherishing@yeah.net

周晖 (1964- ), 女, 副教授, 硕士生导师, 主要从事电力市场运营、电力负荷预测、电力系统经济调度、配电系统的管理与监控的研究;

王毅 (1958- ), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事智能电器、电力设备在线监测等理论与应用研究。