

# 基于模糊聚类分析的教师评价模型<sup>①</sup>

张 千, 时念云, 张琼声

(中国石油大学(华东) 计算机与通信工程学院, 青岛 266555)

**摘 要:** 教师教学评价在整个教育系统中发挥着重要作用, 对教师做出正确、全面的评价, 能够充分调动教师的教学积极性. 文中采用模糊聚类方法对教师授课效果进行分类分析, 选取适当的相似系数, 建立模糊矩阵, 用动态聚类法进行分析解释, 较好地实现了量化评价与综合评价相结合, 从而客观公正地反映教师教学情况.

**关键词:** 聚类分析; 模糊聚类; 授课质量评价

## Evaluation Model Based on Fuzzy Clustering in Teaching Quality of Teacher

ZHANG Qian, SHI Nian-Yun, ZHANG Qiong-Sheng

(Department of Computer Science and Communication Technology, China University of Petroleum, Qingdao 266555, China)

**Abstract:** Evaluation of Teaching Quality plays an important role in the over all education system, making a correct and comprehensive evaluation to teachers, fully stimulating the enthusiasm of teachers. In this paper, the approach of fuzzy clustering is applied to analyze the teaching quality of teachers, which comprises selecting appropriate similar coefficient, setting up fuzzy similar matrix, and making classification with dynamic clustering. This method could therefore lead to the combination of the evaluation of both quantification and qualification, revealing the performance of the teachers objectively.

**Key words:** clustering analysis; fuzzy clustering; evaluation of teaching quality

课堂教学质量评价的目的是为了给教育决策提供信息和依据, 评价结果应尽量贴近教师的实际教学水平, 目前的教师评价系统大多是给教师的各项评价指标打分, 然后求平均分, 最后根据平均分排名. 这种评价方式不能全面地衡量教师的教学水平. 比如, 按照目前的教师评价机制, 可能出现有些教师排名不在前面, 但是该教师的某项评价指标如“善用启发式教学”或“难点讲解透彻”的得分却很突出. 显然, 只按照平均分的高低来衡量一个教师的教学水平在某些方面并不合理.

本文正是根据实际问题, 运用模糊聚类算法对我校现有评价系统进行深层次的分析, 根据教师的各个指标的得分, 将教师聚集成不同的类, 每类具有自己所突出的特点, 从而构建比较公正、合理、科学的综合评价模型, 较好地实现评价的诊断功能, 为今后选择评价项目和指标提供依据, 充分发挥评价体系的激励作用, 促进教师授课质量及教学水平的提高.

## 1 模糊聚类分析方法

### 1.1 概述

聚类分析是多元统计分析的一种, 也是非监督模式识别的一个重要分支. 传统的聚类分析是一种硬划分, 它把每个待辨识的对象严格的划分到某类中, 具有非此即彼的性质, 因此这种类别划分的界限是明显的. 而实际上大多数对象并没有严格的属性, 它们在性态和类属方面存在着中介性, 具有亦此亦彼的属性, 因此适合进行软划分. 模糊集理论的提出为这种划分提供了有力的划分工具, 人们开始用模糊的方法处理聚类问题, 并称之为模糊聚类分析. 由于模糊聚类得到了样本属于各个类别的不确定性程度, 表达了样本属性的中介性, 即建立起了样本对于类别的不确定性描述, 更能客观反映现实世界, 从而成为聚类分析研究的主流.

模糊聚类分析方法主要分为基于模糊关系的系统聚类法和基于迭代的模糊聚类法两种. 系统模糊聚类

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-05-07;收到修改稿时间:2012-06-27

方法是基于模糊关系的,而教师评价问题中教师与评价指标之间的关系就是一种模糊关系,所以本文采用系统模糊聚类算法进行模糊聚类分析.

## 1.2 系统模糊聚类算法

该算法对  $n$  个研究对象(样品或指标)进行模糊聚类分析的步骤如下:

① 抽取特征: 假设待分类  $n$  个对象的集合  $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ , 如果我们要按照某种性质对集合  $X$  中的元素进行分类, 首先需要抽取反映这种性质的集合中的元素所具有的特性(设为  $m$  个), 设第  $i$  个对象的第  $j(j=1, 2, \dots, m)$  个特征的观测为  $X_{ij}$ , 在所讨论的问题中就可以用这  $m$  个特征的取值来描述, 记为  $X_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{im}\} (i=1, 2, \dots, n)$ . 在具体的问题中, 根据实际的样本数据, 自定义隶属函数来求得特征的取值. 由特征的取值  $X_{ij}$  构成的矩阵就是对象对属性的隶属度矩阵.

$$\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{pmatrix}$$

② 求模糊相似矩阵: 聚类是按照某种标准来鉴别  $X$  中的元素之间的接近程度, 把彼此接近的对象归为一类. 为此使用  $[0, 1]$  中的数  $r_{ij}$  来表示  $X$  中元素  $X_i$  与  $X_j$  的接近或相似程度, 称为相似系数  $r_{ij}$ . 相似系数  $r_{ij}$  构成的模糊相似矩阵  $(r_{ij})_{n \times n}$  是  $X$  上的模糊关系. 确定相似系数的方法很多<sup>[1]</sup>, 如: 相似系数法, 距离法, 绝对值法, 主观评价法. 比较常用的是距离法中的欧几里德距离, 如公式(1)所示, 它表示第  $i$  个对象和第  $j$  个对象之间的相异度.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (1)$$

此时, 相似矩阵元素  $r_{ij}$  定义为:  $r_{ij} = 1 - a * d_{ij}$ ,  $r_{ij}$  表示对象之间的相似度. 其中  $a$  是适当选取的常数, 使  $0 \leq r_{ij} \leq 1$ .

③ 求模糊等价矩阵: 模糊等价矩阵表示对象之间的模糊等价关系, 它蕴含了所有可能条件下对象的等价分类. 由模糊相似矩阵求模糊等价矩阵有两种方法: 平方法和传递闭包法. 本文采用平方法, 平方法就是对模糊关系  $R$  求自身的复合  $R \circ R$ , 如果复合的结果与自身相等, 则  $R$  为模糊等价矩阵. 否则令  $R = R \circ R$ , 对  $R$  再继续求复合, 直到找到与  $R$  相等的关系为止.

④ 选取阈值截取得到相应的聚类结果: 阈值的作用就是将模糊等价矩阵转化为经典的等价矩阵, 即阈值截取矩阵, 它表示当前阈值条件下对象之间的等价关系. 取阈值对模糊等价矩阵划分得到阈值截取矩阵. 阈值截取矩阵元素由 0, 1 表示, 扫描模糊等价矩阵中每一个元素, 如果模糊等价矩阵中的元素大于等于阈值则对应的阈值截取矩阵元素为 1, 否则为 0. 最后得到的阈值截取矩阵就包含着聚类的结果, 相同的行所对应的对象就聚为一类.

## 2 教师评价模型的构建

通过分析对比目前已有的评价系统, 将模糊数学理论融入具体的课题背景中, 建立模糊评价系统模型. 该评价模型是在原有评价方式的基础上进行更深层次的分析, 它能根据教师的各个指标的得分, 将教师聚集成不同的类, 每类具有自己所突出的特点, 并可按照某个评价指标对各个类排序, 这样的评价更为客观全面. 构建教师评价模型的过程如下:

① 定义隶属函数: 假设评价指标有  $m$  项, 选取的样本中有  $n$  个教师参与评价. 根据实际情况, 自定义隶属函数如公式(2)所示.

$$u(X_{ij}) = \frac{\text{getScore}_{ij}}{\text{averageScore}_j} \quad (2)$$

在公式(2)中,  $\text{getScore}_{ij}$  表示第  $i$  个教师在第  $j$  项评价指标上的得分,  $\text{averageScore}_j$  是第  $j$  项指标的平均分. 隶属函数所求的就是第  $i$  个教师对第  $j$  项指标的隶属程度, 所以样本数据的隶属度矩阵  $U$  表示如下:

$$\begin{pmatrix} u(X_{11}) & \cdots & u(X_{1m}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u(X_{n1}) & \cdots & u(X_{nm}) \end{pmatrix}$$

② 运用标准差标准化过程对隶属度矩阵进行数据标准化: 标准化处理主要是消除量纲的影响. 不同的特征属性有不同的度量标准, 特征属性所用的度量单位越小, 变量可能的值域就越大, 这样对聚类的影响结果也就越大. 因此如果不对原始数据做预处理, 可能会出现大数吃小数的问题. 对隶属度矩阵中的每个元素  $u(X_{ij})$  用标准差标准化进行处理, 分成计算绝对偏差均值和计算标准化测量值两个步骤:

计算绝对偏差均值  $s_j$

$$s_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_{ij} - \bar{X}_j| \quad (3)$$

其中,  $X_{1j}, \dots, X_{nj}$  是变量  $j$  的  $n$  个测量值,  $\bar{X}_j$  为变量  $j$  的均值, 即公式(4):

$$\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (4)$$

计算标准化测量值( $z$ -分量), 如公式(5):

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{s_j} \quad (5)$$

对标准化后的数据矩阵再进行归一化, 得到公式(6):

$$X''_{ij} = \frac{X'_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (6)$$

③ 对标准化处理后的隶属度矩阵求模糊相似矩阵: 模糊相似矩阵反映的是各个教师之间的相似性, 本文在公式(1)的基础上采用加权欧几里德距离公式求模糊相似矩阵, 如公式(7)所示.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m w_k (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (7)$$

$w_k$  是给每项特征赋予的权值, 权值的和为 1, 即  $w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1$ . 这种加权方法减小了计算复杂度, 避免了传统方法中的构造加权矩阵和矩阵相乘.

④ 对模糊相似矩阵求模糊等价矩阵: 用平方法求模糊等价矩阵, 进行  $\tilde{R} \circ \tilde{R}$  运算得出  $\tilde{R}^{2k} = \tilde{R}^k (\tilde{R} \circ \tilde{R} = \tilde{R}^2, \tilde{R}^2 \circ \tilde{R}^2 = \tilde{R}^4, \dots)$ , 将模糊相似矩阵转化为模糊等价矩阵, 即所求的矩阵  $\tilde{R}^k$ .

⑤ 选取阈值进行截取分类

在确定可选阈值的时候, 为了覆盖所有可能的聚类结果, 扫描模糊等价矩阵, 将所有不同的矩阵元素取出作为边界阈值, 将边界阈值按大小排序, 最后取每两个连续边界阈值的平均值作为用户可选的阈值. 这样每一个可选的阈值都对应一种不同的聚类结果, 所有的可选阈值对应了所有的聚类结果.

### 3 聚类结果的解释和评价

#### 3.1 对聚类结果的解释

在教师评价模型中, 对于每类教师具有的共同特征, 本文自定义了一种结果与解释的映射关系, 即对于一种聚类结果所分的每一类, 都给出一个合理的解释. 设选定阈值所得到的聚类结果把对象分成  $k$  类, 第  $i$  类中教师的个数为  $ei$ . 使用前述的教师对每项指

标的隶属度矩阵, 计算每类教师对每个指标的平均隶属程度  $S_{ij}$ .

$$S_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{ei} X_{ij}}{ei}$$

$S_{ij}$  表示第  $i$  类教师对第  $j$  项指标的平均隶属程度, 其中  $X_{ij}$  是第  $i$  类中每个教师的第  $j$  项指标隶属度值. 纵向比较, 找出每项指标所对应的最大的平均隶属值  $S_{ij}$ , 则将第  $j$  项指标做为第  $i$  类教师共有的特征.

#### 3.2 不同聚类结果的评价

聚类可能存在多个不同的结果, 选取一种可选阈值就对应一种聚类结果. 对于每种聚类结果的优劣的衡量, 本文采用了自定义的模糊统计量来评价聚类结果的优劣. 模糊统计量定义的理论依据是: 如果聚类的结果使得类间对象的相似性越小, 类内对象的相似性越大, 那么聚类的结果就越好. 定义  $X = \{X_1, \dots, X_n\}$  是  $n$  个参与评价的教师, 模糊聚类后分成  $r$  类, 第  $i$  类中包含  $n_i$  个教师.

$\bar{X}_k(i)$  表示第  $i$  类中全体教师对第  $k$  个评价指标隶属度均值,  $\bar{X}(i) = \{\bar{X}_1(i), \dots, \bar{X}_m(i)\}$ .  $\bar{X}_k$  表示论域中全体教师对第  $k$  个评价指标隶属度均值,  $\bar{X}(i) = \{\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m\}$ . 定义模糊统计量如式(8):

$$F = \frac{\sum_{i=1}^r n_i [M(\bar{X}(i), \bar{X})]^2 / (r-1)}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} [M(X_j(i), \bar{X}(i))]^2 / (n-r)} \quad (8)$$

$M$  表示求欧几里德距离, 其中  $F$  中分子

$$M(\bar{X}(i), \bar{X}) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (\bar{X}_k(i) - \bar{X}_k)^2}$$

表示第  $i$  类对象与论域的相异度,  $M(X_j(i), \bar{X}(i)) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (\bar{X}_{jk}(i) - \bar{X}_k(i))^2}$ ,

$\bar{X}_{jk}(i)$  是第  $i$  类中第  $j$  个教师对第  $k$  个指标的隶属度值. 这个距离是表示第  $i$  类内教师的相异度.

$F$  值不包括两个极端, 当聚类的结果只分为 1 类时, 则所有教师为一类, 不存在类间距离, 当聚类的结果分为  $n$  类时, 每个教师自成一类, 不存在类内距离, 这在自定义的  $F$  公式中也能反映出来.  $F$  的值越大, 说明聚类的结果越好. 本文将教师评价模型聚类的所有结果都计算其  $F$  值, 把最大的  $F$  值对应的聚类结果定为最佳聚类, 供决策者参考.



表 2 聚类结果分析(不加权)

阈值	聚类结果	解释特征	效果
0.5725	吕丽, 王晓, 李军, 陈可, 王迁, 赵飞	1, 3, 5	3.2693
	陈飞	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10	
0.5953	吕丽, 王晓, 李军, 陈可, 王迁		2.6576
	赵飞	1, 3, 5, 7, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8, 10	
0.6328	吕丽, 李军, 陈可, 王迁		0.2974
	王晓	1, 3	
	赵飞	5, 7, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8, 10	
0.6753	吕丽, 陈可, 王迁		3.0421
	王晓	1, 3	
	李军	10	
	赵飞	5, 7, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8	
0.6883	吕丽		2.7285
	王晓	1, 3	
	李军	10	
	陈可, 王迁		
	赵飞	5, 7, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8	

表 3 聚类结果分析(加权)

阈值	聚类结果	解释特征	效果
0.8746	吕丽, 王晓, 李 军, 陈可, 王迁, 赵飞	1, 3, 5	3.2693
	陈飞	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10	
0.8904	吕丽, 王晓, 李 军, 陈可, 赵飞	3	1.5423
	王迁	1, 5, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 7, 8, 10	
0.8930	吕丽, 王晓, 陈 可, 赵飞	3	1.0987
	李军	7, 10	
	王迁	1, 5, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8	
0.8955	吕丽, 陈可, 赵 飞	9	1.4784
	王晓	3	
	李军	7, 10	
	王迁	1, 5	
	陈飞	2, 4, 6, 8	
0.9089	吕丽, 陈可		2.5835
	王晓	3	
	李军	10	
	王迁	1	
	赵飞	5, 7, 9	
	陈飞	2, 4, 6, 8	

### 5 结语

本文采用模糊聚类方法对教师授课效果进行分类分析, 选取适当的相似系数, 建立模糊矩阵, 用动态聚类法进行分析解释. 实际测试结果表明, 本文构建的教师评价模型是合理和可取的, 并且也达到了预期的评价效果. 应用模糊聚类模型评价教师的教学质量, 不仅能有效地将定性分析和定量计算结合起来, 而且能多层次、多因素地进行综合评价, 从而客观公正地反映教师教学情况.

### 参考文献

- 1 韩中庚. 数学建模方法及其应用. 北京: 高等教育出版社, 2005. 322-344.
- 2 蔡锦林, 王宁, 蔚承建, 等. 高等学校教育投资经济效益评价

(下转第 167 页)

根据高尔夫球行业 CRM 系统的功能结构特点,与客户价值评价体系相关的各指标数据来源如表 4 所示。

表 4 CRM 功能模块与各指标数据来源的对应关系

模块名称	包含的子模块	为以下指标提供数据来源
客户互动	通过门户网站、电话热线、手机高球通与客户进行互动。	客户信息、客户地位、客户影响力
服务管理	球场预定、赛事预定、客户投诉、咨询、回访	消费总次数、平均预定有效次数、预定未下场次数,未下场次数比例、重复购买率、客户份额、客户价格承受能力、客户对产品事故的承受能力、客户建议次数、新客户购买价值、表扬次数、投诉次数、球场服务水平(球场时间安排、场地布置、资费结构)、球场预定服务、赛事预定及流程
营销管理	营销方案管理、营销活动管理	营销成本
客户管理	客户基本资料管理、客户消费信息管理、满意度管理、忠诚度管理、信任度管理	客户地位、客户影响力、客户信息
销售管理	销售计划、销售合同、销售跟单信息、产品管理	总利润、平均下场利润、总交易额、平均单笔交易额、最大单笔交易额、利润率、客户卡类型种类、客户业务种类增加
财务管理	供应商结算、客户结算、发票管理	平均欠款额、前款率、总欠款额、欠费次数、违约扣款金额
市场管理	市场调查、供应商管理、竞争对手管理	客户份额、客户地位、客户影响力

注: 指标的数据来源可能来源于一个或多个功能模块。

## 4 结语

本文根据高尔夫球场预定服务业的特点建立了高尔夫行业客户价值评价体系模型及其在 CRM 系统中的应用,并阐述了应用层次分析法进行客户价值评价指标体系中各指标的计算,帮助企业识别不同价值客户,为高尔夫球场预定服务业提供了一种客户价值评价理论模型,对高尔夫行业客户关系管理及服务水平的提高有一定的帮助。

## 参考文献

- 1 高尔夫产业.http://baike.baidu.com/view/1621814.htm.2011-10-27.
- 2 CRM 系统.http://baike.baidu.com/view/676475.htm.2012-05-10.
- 3 郎光杰.中国本土家电企业顾客忠诚度营销研究[硕士学位论文].上海:复旦大学,2008.27-28.
- 4 权明富,齐佳音,等.客户价值评价指标体系设计.南开管理评论,2004,7(3):17-23.
- 5 陈义华.数学建模的层次分析法.甘肃工业大学学报,1997,(3):92-97.
- 6 邵春燕.基于 AHP 的客户价值评价.价值工程,2008,(2):53-56.
- 7 毛明志,姜云飞.多 Agent CRM 系统模型及其协同通信研究.计算机科学,2008,(6):287-292.
- 8 马峻,任建平.知识发现在 CRM 中的应用.计算机应用,2003,(4):46-49.
- 9 翟一波,步丰林.分析型 CRM 在证券行业中的应用.计算机工程,2004,(30):550-552.
- 10 李兵,薛劲松,等.以客户为中心的 CRM 体系结构.计算机工程,2004,(10):158-162.
- 11 李智,王正肖,等.基于决策支持的客户关系管理研究.计算机工程与应用,2003:228-231.

(上接第 172 页)

数学模型.南京建筑工程学院学报,1994,4(31):73-79.

- 3 蔡爱民,查良松,刘东良,等.GIS 数据质量的模糊综合评判分析.地球信息科学,2005,7(2):50-53.
- 4 麻兴斌,唐林炜,刁柏青,等.二阶加权模糊评价模型在煤矿地质评价中的应用.山东科技大学学报(自然科学版),2004,23(4):22-26.
- 5 李彦鹏,黎湘,庄钊文,等.应用多极模糊综合评判的目标识

别效果评估.信号处理,2005,21(5):528-532.

- 6 陈安,陈宁,周龙骧.数据挖掘技术及应用.北京:科学出版社,2006.231-238.
- 7 孙惠琴,熊璋.基于粗集的模糊聚类方法和结果评估.北京:北京航空航天大学,2004.2-3.
- 8 邹舒,刘洪伟,曲晓波.多层次模糊综合评价法在评价教学质量中的应用.江苏技术师范学院学报,2009,15(1):88-90.