

# 基于云-灰关联分析的教学评价研究\*

冉燕辉, 唐万梅

(重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 401331)

**摘要:**教学评价是使教学系统保持稳定发展的重要手段,采用科学合理的评价方法对教学质量进行有效的评价,对于改进教学、提高教学质量有着非常重要的作用。针对教学评价指标的模糊性和不确定性等特点,结合云模型与灰色关联分析的优点,提出了云-灰关联分析评价模型。该方法在综合云理论的基础上将两个或多个以上的同类型语言值综合为一个更广义的概念语言值,通过云模型实现定性语言值与定量数值之间的相互转换,并利用灰色关联分析法确定各评价指标的权重,借鉴灰色关联理论完成对教学质量的综合评价。实例证明,该方法具有较强的可行性和客观性。

**关键词:**云模型;综合云;灰色关联;教学评价

**中图分类号:**G642.0

**文献标志码:**

**文章编号:**1672-6693(2015)01-0142-05

教学评价对于教学活动的改善以及教学水平的提高起着至关重要的作用,它具有特殊的反馈功能,是使教学系统保持稳定发展的重要手段。在教学评价过程中,合理地确定各评价指标的权重是一个非常重要的工作,因为它直接影响着评价结果的正确性和可靠性。目前,已有很多学者对如何确定指标权重进行了相关研究,也提出了不同的方法,大体上可分为两类。第一类是根据专家知识和经验主观判断出各指标权重的方法,即主观赋权法。例如 Delphi 测定法<sup>[1]</sup>、最小平方方法<sup>[2]</sup>等。第二类是根据评价者所给出的评价信息之间的关系来确定各指标权重,即客观赋权法。例如主成分分析法<sup>[3]</sup>、熵值法<sup>[4]</sup>等。利用主观赋权法确定指标的权重,虽然实施过程相对简单,但容易受到太多主观因素的影响,导致其结果的客观性较差;利用客观赋权法求解指标权重是基于各种数学理论和方法进行的,这样虽然注重了客观性,但其计算过程相对繁琐,算法的复杂程度普遍较高,容易造成一定的误差,导致结果的稳定性较差。文献[5]中提出了一种利用灰色关联度求解指标权重的方法,该方法以灰色系统理论为依据,具有结构简单、计算量小、对样本数量及其数据的分布规律都无严格要求等优点,这就在一定程度上克服了主观赋权法和客观赋权法的不足。但在具体的权重求解过程中,灰色关联分析法需要基于精确的调查数据,经过相关的数学计算得到结果,而在教学评价系统中,影响教学质量的各因素之间并不都具有确定的数量关系,难以用精确的数据对其进行描述。针对教学评价中影响教学质量的各因素之间的模糊性和不确定性,李德毅教授提出了定性定量互换模型—云模型<sup>[6]</sup>,该模型实现了定性概念与定量数值之间的相互转换,这在一定程度上解决了通过定性语言描述的评价指标难以用传统的数学模型准确表示的难题。

因此,本文结合云模型和灰色关联分析的优点,提出一种新的评价模型,即云-灰关联分析评价模型,通过综合云技术来较好地实现定性语言值与定量数值之间的自然转换,并利用灰色关联分析法确定各评价指标的权重;同时,利用综合云理论将两个或多个以上的同类型语言值综合为一个更广义的概念语言值,并借鉴灰色关联理论完成对教学质量的综合评价。

## 1 基于云-灰关联分析的教学评价方法

### 1.1 云理论

在数学领域空间中,云是一个可伸缩、无边沿、一对多的数学映射图。

设  $U$  为定量论域,  $C$  为论域  $U$  中的定性概念,如果  $x \in U$  是  $C$  的一次随机实现,且  $x$  对  $C$  的确定度  $\mu(x) \in$

\* 收稿日期:2013-07-26 修回日期:2013-10-08 网络出版时间:2015-1-7 16:04

资助项目:重庆市教委科学技术项目(No. KJ130602;No. KJ1400519);重庆市教改项目(No. 50;No. 1202025;No. 1202010;No. yjg123040;No. yjg133007);中国学位与研究生教育(No. B2-2013Y09-139);重庆师范大学校级项目(No. cyjg1205)

作者简介:冉燕辉,女,研究方向为现代教育技术,cqranyh@163.com;通讯作者:唐万梅,cqtwm@163.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20150107.1604.027.html>

$[0, 1]$  满足  $\mu: \rightarrow [0, 1] \forall x \in U, x \rightarrow \mu(x)$ , 那么  $x$  在论域  $U$  上的分布就称之为云, 记为云  $C(X)$ 。其中, 每一个  $x$  就是一个云滴, 是定性概念  $C$  映射到数域空间的一个点, 云滴越多, 越能反映此定性概念的整体特性<sup>[6-8]</sup>。

定性概念的整体特性可以用云的数字特征  $(Ex, En, He)$  来整体的表征。其中,  $Ex$  (Expected value) 为定性概念在论域中的期望值, 该值完全隶属于此概念。  $En$  (Entropy) 是定性概念模糊度的度量, 称之为熵, 表示此概念所能接受的数值范围,  $En$  越大, 则概念越模糊。  $He$  (Hyper entropy) 为  $En$  的不确定性度量, 称为超熵,  $He$  越大, 云滴的离散程度就越大, 云的厚度也就越大。

在云模型中, 定性概念与定量数值之间的相互转换是通过云发生器来实现的。云发生器有正向云发生器和逆向云发生器之分, 正向云发生器是实现定性概念到定量数值的转换, 逆向云发生器则实现定量数值到定性概念的转换。

正向云发生器是根据云的数字特征  $(Ex, En, He)$  产生一定数量的云滴, 其具体算法为<sup>[8]</sup>: 输入: 数字特征  $(Ex, En, He)$  以及要生成的云滴个数  $n$ ; 输出:  $n$  个云滴  $x_i$  及其确定度  $\mu_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。

算法步骤:

1) 生成以  $En$  为期望值,  $He^2$  为方差的一个正态随机数  $En'_i = NORM(En, He^2)$ ; 2) 生成以  $Ex$  为期望值,  $En'^2_i$  为方差的一个正态随机数  $x_i = NORM(Ex, En'^2_i)$ ; 3) 计算  $x_i$  的确定度  $\mu_i$ , 如公式(1)所示, 具有确定度  $\mu_i$  的  $x_i$  成为数域中的一个云滴。由公式(1)求出  $x_i$  的确定度  $\mu_i$

$$\mu_i = e^{-\frac{(x_i - Ex)^2}{2En'^2_i}}, \quad (1)$$

其中, 具有确定度  $\mu_i$  的  $x_i$  即为一个云滴, 重复步骤 1) 到 3), 直至生成  $n$  个云滴。

逆向云发生器的具体算法为<sup>[8]</sup>: 输入:  $n$  个云滴的定量值  $x_i, i=1, 2, \dots, n$ ; 输出:  $n$  个云滴表示的定性概念的数值特征  $(Ex, En, He)$ 。

算法步骤:

1) 根据云滴  $x_i$  计算这组数据的样本均值  $\bar{X}$  和样本方差  $S^2$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2. \quad (2)$$

2) 求期望值  $Ex$

$$Ex = \bar{X}. \quad (3)$$

3) 求熵  $En$

$$En = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - Ex|. \quad (4)$$

4) 求超熵  $He$

$$He = \sqrt{S^2 - En^2}. \quad (5)$$

## 1.2 灰关联分析

灰色关联分析<sup>[9]</sup>是中国学者邓聚龙在 1982 年创立的一种研究“少数据”、“贫信息”不确定性问题的分析方法, 它是以数列间的差值大小作为关联程度的衡量尺度。灰色关联度所表示的是各数列所构成的曲线之间的几何相似程度, 其几何形状越相似, 关联度就越大, 反之, 就越小。

灰色关联分析的基本步骤<sup>[10-11]</sup>:

1) 根据教学评价指标体系获取原始数据, 然后确立相应的参考序列和比较序列, 并对各序列进行初值化处理。初值化处理的方法如公式(6)所示, 得到的初始化矩阵为  $x'_{ij}$ 。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{0j}}, i=0, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

2) 求比较序列与参考序列的关联系数  $\xi_{ij}$

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |x'_{0j} - x'_{ij}| + \zeta \max_i \max_j |x'_{0j} - x'_{ij}|}{|x'_{0j} - x'_{ij}| + \zeta \max_i \max_j |x'_{0j} - x'_{ij}|}, i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

其中,  $\zeta \in (0, 1)$  是分辨系数, 其作用在于提高关联系数之间的差异显著性, 一般取值为 0.5。

3) 求比较序列与参考序列的关联度  $r_j$

$$r_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{ij}, j = 1, 2, \dots, m. \tag{8}$$

4) 按关联度的大小进行排序、分析,从而得出相关结论。

1.3 云-灰关联分析法

云-灰关联分析法是结合灰色关联分析和云模型的优点而提出的一种新的评价方法,其具体实施步骤如下:

步骤 1 确定教学评价等级的云模型

首先,根据专家的知识及经验将教学评价的结果分为不同的等级,并对各个评价等级的论域进行划分。例如,假设将教学评价结果分为“优秀、良好、一般、较差”四个等级,四个等级的论域划分情况为:较差(0~60分)、一般(60~75分)、良好(75~85分)、优秀(85~100分)。然后,根据各个等级的论域划分情况按照表 1 所示的方法得出四个等级分别所对应的数字特征(Ex, En, He),其中,He 为常数,可根据实际情况进行调整。根据表 1 得出的评价等级云的数字特征如表 2 所示。

表 1 云模型的数字特征与值域关系对照表

论域划分	$U_1 \in [a_1, b_1]$ (半降云)	$U_i \in [a_i, b_i]$ (正态云)	$U_m \in [a_m, b_m]$ (半升云)
Ex	$a_1$	$(a_i + b_i)/2$	$b_m$
En	$(b_1 - a_1)/3$	$(b_i - a_i)/6$	$(b_m - a_m)/3$
He	常数	常数	常数

表 2 教学评价等级云模型

教学评价等级	论域划分	数字特征
较差	[0, 60]	(0, 20, 0.05)
一般	[60, 75]	(67.5, 2.5, 0.05)
良好	[75, 85]	(80, 1.67, 0.05)
优秀	[85, 100]	(100, 5, 0.05)

步骤 2 确定二级指标层各个指标因子的云模型

首先根据教学评价指标体系,按百分制对二级指标层的各个指标因子进行打分,令  $n$  个评分者对教学质量

评价体系中的  $m$  个二级指标因子的评分情况为  $\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$ , 然后根据 1.1 节中逆向云发生器的算法,

由公式(2)~(5)得出各个二级指标因子的云模型。

步骤 3 确定二级指标层各指标因子的权值

1) 选取参考序列和比较序列。在教学评价指标体系中,选取的参考标准是各指标中的最优值。按“效益型指标选其最大值、成本型指标选其最小值”的原则确定各指标值。选取的参考序列记为: $x_0 = \{x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}\}$ 。将步骤 2 中  $n$  个评分者对教学质量评价体系中的  $m$  个二级指标因子的评分分值作为比较序列。

2) 运用灰关联分析法确定  $m$  个二级指标因子的权值  $w_j, j = 1, 2, \dots, m$ 。

先由公式(6)~(8)求出各指标的实际值与理想值(参考序列)之间的关联系数和关联度,然后由公式(9)求出各个指标在整体指标体系中所占的比重,即各个指标的权值  $w_j$

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{j=1}^m r_j}, j = 1, 2, \dots, m. \tag{9}$$

步骤 4 确定一级指标层各指标的云模型

根据二级指标因子的云模型及其所对应的权重,利用综合云技术<sup>[12]</sup>,由公式(10)得出各个一级指标的云模型。假设在教学质量评价指标体系中,“教学方式”为其中的一个一级指标,“教学方式”指标又分为  $k$  个二级指标因子。设  $k$  个二级指标因子所对应的云模型为: $C_1(Ex_1, En_1, He_1), \dots, C_k(Ex_k, En_k, He_k)$ ,其对应的权重为  $w_j, j = 1, 2, \dots, k$ 。 $k$  个二级指标因子的云模型可以生成一个综合云模型,即为一级指标的云模型。则一级指标的云模型数字特征参数  $Ex, En, He$  的计算公式如下:

$$\begin{cases} Ex = \frac{Ex_1 \times En_1 \times w_1 + Ex_2 \times En_2 \times w_2 + \dots + Ex_k \times En_k \times w_k}{En_1 \times w_1 + En_2 \times w_2 + \dots + En_k \times w_k}, \\ En = En_1 \times w_1 + En_2 \times w_2 + \dots + En_k \times w_k, \\ He = \frac{He_1 \times En_1 \times w_1 + He_2 \times En_2 \times w_2 + \dots + He_k \times En_k \times w_k}{En_1 \times w_1 + En_2 \times w_2 + \dots + En_k \times w_k}. \end{cases} \tag{10}$$

**步骤 5** 确定待确定评价等级的目标层“教学质量”的云模型

根据 1.3 节中步骤 2 到步骤 4 的方法,同理可得出待确定评价等级的目标层“教学质量”的云模型。

**步骤 6** 求待确定评价等级的目标层“教学质量”与教学评价等级之间的关联系数

1) 将步骤 5 中得到的待确定评价等级的目标层“教学质量”的数字特征通过正向云发生器,由公式(1)产生  $n$  个云滴  $x_i, i=1, 2, \dots, n$  及其所对应的确定度  $\mu_i$ , 计算结果记为:  $\mu_i = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n]$ 。

2) 将由 1) 产生的  $n$  个云滴  $x_i$  作为步骤 1 中 4 个教学评价等级云模型的输入, 根据公式(1)计算出云滴  $x_i$

相对于 4 个教学评价等级的确定度, 记为:  $\mu_{qi}, q=1, 2, 3, 4$ 。  $\mu_{qi} = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1n} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2n} \\ \mu_{31} & \mu_{32} & \dots & \mu_{3n} \\ \mu_{41} & \mu_{42} & \dots & \mu_{4n} \end{bmatrix}$ 。

3) 选取待确定评价等级的目标层“教学质量”对应的确定度  $\mu_i$  作为参考序列, 选取 4 个已知教学评价等级的确定度  $\mu_{qi}$  作为比较序列, 由公式(7)求出待确定评价等级的  $\mu_i$  关于  $\mu_{qi}$  的灰关联系数  $\xi_{qi}$ 。

**步骤 7** 求待确定评价等级的目标层“教学质量”与教学评价等级之间的关联度

根据步骤 6 所求出的关联系数, 由公式(8)得出待确定评价等级的目标层“教学质量”与 4 个已知教学评价等级之间的关联度  $r_q, q=1, 2, 3, 4$ 。

**步骤 8** 确定教学质量评价等级

灰关联度  $r_q$  越大, 表明待确定评价等级的目标层“教学质量”与已知 4 个等级中的第  $q$  个等级越接近。因此, 根据择大原则, 求出关联度  $r_q$  的最大值  $r_t = \max\{r_q\}$ , 则最大关联度  $r_t$  所对应的教学评价等级  $t$  即为最终的教学质量评价等级。

## 2 云-灰关联分析法在教学质量评价中的应用

为便于比较验证, 本文选取文献[13]的具体实例进行分析。在文献[8]的教学评价指标体系中, 一级指标为: 教学态度、教学内容、教学方式和教学效果, 各个一级指标又具体分为与之相对应的二级指标因子。其评价等级及所对应的云的数字特征分别为: “优” =  $A1(95, 10/3, 0.05)$ ; “良” =  $A2(85, 10/3, 0.05)$ ; “中” =  $A3(75, 10/3, 0.05)$ ; “差” =  $A4(65, 10/3, 0.05)$ 。

根据该文献中的教学质量评价调查表中的评价情况, 运用本文中所提出的云-灰关联分析法, 对其课堂教学质量进行评价, 其评价结果如图 1 所示。

由图 1 可知, 最终的教学评价等级为“优”, 其评价结果与原文献中的结论一致, 由此说明, 将云-灰关联分析模型应用于教学评价中能够较为确切地得出评价结果, 具有一定的实际意义和可行性。

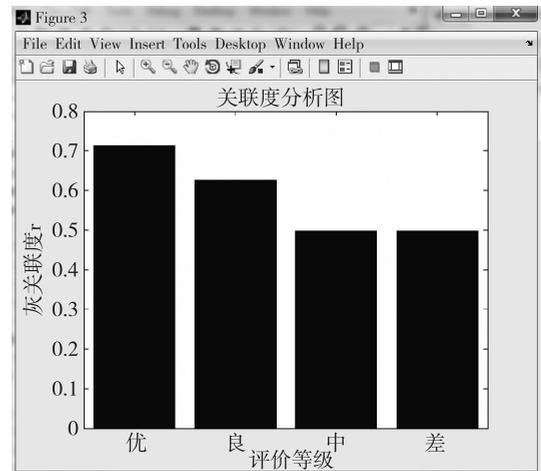


图 1 目标层“教学质量”与教学评价等级的关联度

## 3 结语

本文针对教学质量评价系统所表现出的灰色特性, 应用灰色关联分析法对教学质量进行综合评价, 并结合云模型能够进行定性概念与其定量数值之间不确定性转换的优点, 提出了基于云-灰关联分析的教学评价方法, 该方法充分考虑了教学质量评价中所存在的模糊性、随机性, 运用灰关联分析的方法来确定各评价指标的权重, 使其具有一定的客观性; 并且将最终的评价结果通过语言值来进行定性的描述, 使评价结果更加的直观。同时, 教师和学生也能通过这种直观的评价结果更好地了解教学的效果, 从而有针对性地改进教学, 提高教学质量。

**参考文献:**

[1] 吴虹. 基于模糊综合评判法的高校教师教学质量评价体系的构建[J]. 统计与决策, 2010(3):166-168.  
Wu H. The Construction of the university teachers' teach-

ing quality evaluation system based on the fuzzy comprehensive evaluation method[J]. Statistics and Decision, 2010 (3):166-168.

- [2] 李洪涛,何宏. 基于权的最小平方法的沈阳市土地利用现状评价[J]. 中国人口资源与环境,2010(S2):115-118.  
Li H T, He H. Evaluation on actual land use of Shenyang based on weighted least square method[J]. China Population Resources and Environment, 2010(S2):115-118.
- [3] 毛霞,王韵. 基于主成分分析的高校辅导员工作实证研究[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2013,30(3):134-138.  
Mao X, Wang Y. Based on the principal component analysis of university counselors work empirical research[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2013(3):134-138.
- [4] 洪伟民,刘红梅,王卓甫. 基于熵权模糊综合评判法的工程交易模式决策[J]. 科技管理研究,2010(3):47-48.  
Hong W M, Liu H M, Wang Z F. The engineering trading mode decision based on the entropy weight fuzzy comprehensive evaluation method [J]. Science and Technology Management Research, 2010(03):47-48.
- [5] 唐万梅. 基于灰关联分析的多层次综合评价研究—风险投资项目综合评价模型[J]. 系统工程理论与实践,2006(6):25-29.  
Tang W M. A research of multihierarchy synthetic evaluation based on the gray relation analysis—the model of synthetic assessment in the venture investment items[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2006(6):25-29.
- [6] 任宏,晏永刚,周韬,等. 基于云模型和灰关联度法的巨项目组织联盟合作伙伴评价研究[J]. 土木工程学报,2011,44(8):147-152.  
Ren H, Yan Y G, Zhou T, et al. Evaluation on cooperative partners in organization coalition for mega projects based on cloud model and gray correlation analysis[J]. China Civil Engineering Journal, 2011,44(8):147-152.
- [7] 周耀明,李弼程,张慧成,等. 基于云模型的网络舆情预警方法[J]. 情报学报,2012,31(8):861-874.  
Zhou Y M, Li B C, Zhang H C, et al. A method for early warning of Internet public opinions based on cloud model [J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2012,31(8):861-874.
- [8] 李德毅,杜鹃. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社,2005:143-147.  
Li D Y, Du Y. Uncertainty artificial intelligence[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2005:143-147.
- [9] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2010.  
Liu S F, Dang Y G, Fang Z G, et al. The grey system theory and application[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [10] 穆瑞,张家泰. 基于灰色关联分析的层次综合评价[J]. 系统工程理论与实践,2008(10):125-130.  
Mu R, Zhang J T. Research of hierarchy synthetic evaluation based on grey relational analysis[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2008(10):125-130.
- [11] 邹程林,苏维词,唐为亮,等. 重庆工业专门化部门与经济增长的灰色关联分析[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2009,26(4):62-66.  
Zou C L, Su W C, Tang W L, et al. Gray relational analysis of the department of industrial specialization and economic growth in Chongqing[J]. Journal of Chongqing Normal University: Natural Science, 2009,26(4):62-66.
- [12] 罗胜,张保明,郭海涛. 基于云模型的影像地图质量综合评估[J]. 测绘科学,2008,33(3):44-46.  
Luo S, Zhang B M, Guo H T. A quality comprehensive evaluation model of imagemap based on cloud model[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008,33(3):44-46.
- [13] 胡石元,姜昕,丁家玲. 教师课堂教学质量的云模型评价方法[J]. 武汉大学学报:哲学社会科学版,2007,60(3):455-460.  
Hu S Y, Jiang X, Ding J L. Evaluation of undergraduate teaching quality base on cloud mode[J]. Wuhan University Journal: Philosophy & Social Sciences, 2007,60(3):455-460.

## Research on Teaching Evaluation Based on Cloud-Grey Relational Analysis

RAN Yanhui, TANG Wanmei

(College of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** Teaching evaluation is an important means of making the teaching system developing stably. Using scientific and reasonable evaluation method to effectively evaluate the teaching quality is important to improve the teaching quality. According to the fuzzification and uncertainty of teaching evaluation index, this paper integrates the advantages of cloud model and grey relational analysis, puts forward the cloud-grey relational analysis model. This method uses the comprehensive cloud theory to integrate two or more the same type of linguistic values into a broader linguistic values of concept and realize the transformation between qualitative language value and quantitative numerical, uses grey relational analysis to determine the weight of evaluation index and then completes the comprehensive evaluation of teaching quality. The practice proves that this method has feasibility and objectivity.

**Key words:** cloud model; comprehensive cloud; grey relation; teaching evaluation

(责任编辑 游中胜)