

# 基于云模型理论的多层次模糊综合评价法

周永林,王 磊

(电子科技大学电子科学技术研究院,四川 成都 611731)

**摘要:**由于传统模糊综合评判法受关系矩阵、评语集、权重、隶属度的影响,在使用最大隶属度准则时,容易掩盖介于两个隶属度之间的不良情况。为此提出一种基于云模型理论的多层次模糊综合评价法的改进方法。改进之后的方法可以有效的对评估对象做出综合决策,减少专家的主观因素对评价结果的影响。最后通过 MATLAB 软件进行仿真,结果表明,改进的方法利用正态云模型构建的隶属度函数充分考虑判断矩阵的模糊性和随机性,实现了精确数值与定性评价价值之间的转换,模型的评估方式比传统方法更加简单,能使评价结果更加客观和准确。

**关键词:**云模型;层次分析法;模糊综合评价法

**中图分类号:**TP391.9 **文献标识码:**B

## Multi Level Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Based on Cloud Model Theory

ZHOU Yong-lin, WANG Lei

(Research Institute of Electronic Science and Technology, University of Electronic Science  
and Technology of China, Chengdu Sichuan 611731, Chin)

**ABSTRACT:** In view of the traditional fuzzy comprehensive evaluation method influenced strongly by the relationship matrix, evaluation set, weight and membership degree, and easy to cover the range of guidelines when using the maximum membership degree of membership between two adverse situations, we proposed an improved method named multilevel fuzzy comprehensive evaluation method based on cloud model theory. The improved method can effectively evaluate objects and make comprehensive decision, then reduce the subjective factors of expert's impact on the evaluation results. Finally, the results simulated with MATLAB show that the improved method using normal cloud model building membership function fully considers the judgment matrix of fuzziness and randomness, and realizes the conversion of precise numerical values and qualitative evaluation. The model is much simpler than the conventional method, and the evaluation results are more objective and accurate.

**KEYWORDS:** Cloud model; AHP; Fuzzy comprehensive evaluation method

### 1 引言

评价是人类社会中一项经常性的、极为重要的认知活动。在1965年,美国控制论专家 Zadeh 首次提出模糊集合的概念,从而创建一个新的数学分支,模糊综合评判法也随之发展了起来。模糊综合评价基于模糊概念对“模糊”系统进行分析 and 评价,即定性到定量评价。模糊综合评价模型的应用研究主要集中于管理科学、安全评估、风险评价等领域。王泽平使用模糊综合评价法评估了我国核电产业发展水

平<sup>[1]</sup>,但是由于模糊算子的缺陷无法做出更加客观的评判;丁毓良利用模糊综合评价模型建立人力资源绩效评估模型<sup>[2]</sup>,虽然可以对大部分评估对象进行有效评估,但是由于指标赋权太依赖主方法,无法客观表示模型有效信息;周念清等学者基于模糊数学理论和评估方法研究了地铁工程中的地下水风险<sup>[3]</sup>,在处理数据过程中,由于使用了最大隶属度原则的原因,会出现最大隶属度原则失效时无法得出评估结果的情况。为了解决更多实际问题,其他相关学者陆续提出了一些改进的模糊综合评价模型,例如间接构造两两比较判断矩阵<sup>[5-7]</sup>、利用变权法确定权重<sup>[8,9]</sup>、利用三角模糊数计算隶属度函数<sup>[10]</sup>等。这些改进在考虑系统模糊性的前提下,还充分考虑了评价模型的模糊性,一定程度上提高了结

基金项目:国家重点实验室开放课题基金项目(CEMEE2015K0303B)

收稿日期:2016-02-24

果的准确度。但是这些改进由于脱离不了常规隶属函数的选取随意性、主观性,还是无法解决精确数值与定性评价之间的有效转换。文献[11]提出一种云模型的算法,这种算法可以有效实现精确数值与定性评价之间的有效转换。并且可以利用大量精确数据描述事物的本质。

本文在传统模糊综合评判法的基础上,利用文献[11]提出的云模型来实现隶属函数,结合模糊综合评判模型本身简单有效的步骤进行算法改进。最后对比传统方法,改进算法在评估过程操作性更强,实用性更高,可以更有效地对群体做出综合评价,减少个人主观因素对评估结果的影响。

## 2 模糊综合评判法

模糊综合评价是在考虑多种因素的影响下,运用模糊数学工具对某事物做出综合评价。其基本思想是:对于影响度量的确定性因素和随机因素,通过测量和测试作单因素模糊评判;最后将上述单因素评判结论通过适当的模糊算法综合起来,得到总体的评估结论。以下将简单介绍模糊综合评判法的实现过程。

设  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  为  $n$  种因素构成的评估指标集合,该集合需要建立模糊隶属函数模型,这是实施模糊综合评判的基础,指标集大多根据专家经验建立,以梯形分布、柯西分布、和岭型分布等函数作为评估指标模型隶属度函数。在评估指标集的基础上,称因素集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$  为  $m$  种决断所构成的集合,称为评判集。一般地,各因素对事物的影响是不一致的,所以因素的权重分配可视为上的模糊集,记为

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \in F(U)$$

其中,  $a_i (i=1, 2, \dots, n)$  表示第  $i$  个因素  $u_i$  的权重,它们满足归一化条件;另外  $m$  个决定也不是绝对的肯定或否定,因此综合后的评判也应看作为  $V$  上的模糊集,记为

$$B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\} \in F(V)$$

$b_j (j=1, 2, \dots, m)$  反映了第  $j$  种决断在评判总体中所占的地位。

综上所述,模糊评判模型有三个基本因素

- 1) 因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ;
- 2) 评判集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ ;
- 3) 单因素评判,即模糊映射;

$$f: u \rightarrow F(V)$$

$$u_i \mapsto f: u = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}) \in F(V)$$

由  $f$  可以诱导出一个模糊关系

$$R = \begin{pmatrix} f(u_1) \\ f(u_2) \\ \dots \\ f(u_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

由  $R$  再诱导一个模糊变换

$$T_R: F(U) \rightarrow F(V)$$

$$A \mapsto T_R(A) = A \circ R$$

那么三元体  $(U, V, R)$  构成了一个模糊综合评判模型。它像一个“转换器”,若输入一个权重分配  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,则输出一个综合评判  $B = A \circ R = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ ,即

$$(b_1, b_2, \dots, b_m) = (a_1, a_2, \dots, a_n) \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

在得到综合评判矩阵  $B$  之后,就可以采取相对应的隶属度函数得出最后的评判结果。

## 3 基于云模型的多层次模糊综合评价法

在本评价法中,将在层次分析法和模糊综合评价法的基础上利用云模型理论进行改进。分五个重要步骤:指标体系建立、构造两两比较判断云模型矩阵、计算评价因子权重向量、构造模糊评判矩阵和结果分析。

### 3.1 指标体系建立

指标体系的建立是评估对象的第一步,也是重要的一步。在建立指标体系的时候,首先要对评估对象进行全面、系统和科学的了解。使评估指标体系的建立满足:科学性和先进性、全面性和系统性、定性和定量分析相结合、可行性和可操作性等原则。

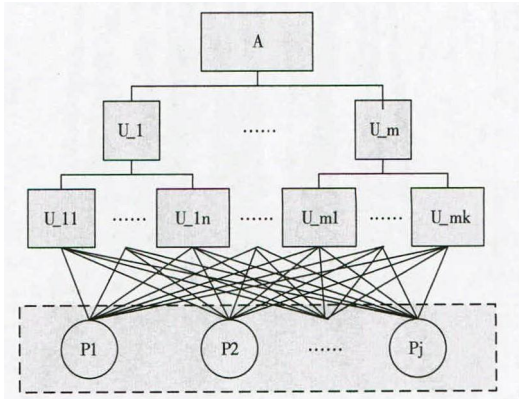


图1 多层次指标系统结构图

针对以上原则,对大部分评估对象可以运用多层次指标模型(如图1)。从顶层到最底层分别为:目标层、主准则层、次准则层和项目层。

### 3.2 构造两两比较判断云模型矩阵<sup>[14-16]</sup>

在指标体系建立完善之后,便邀请专家建立两两比较判断矩阵,在传统层次分析法中,根据 Satty 提出的 1~9 标度方法给出各个同层同准则指标之间的相对重要性。1 到 9 九个整数表示含义如表 1。

表1 判断矩阵标度及其含义

标度	两两要素比较结果
1	两者同等重要
3	前者比后者稍微重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者强烈重要
9	前者比后者极端重要
2,4,6,8	上述相邻判断的中间值
倒数	上述判断中后者比前者

在此,依据云模型理论讲传统重要性标度转换为九个云模型重要性标度,分别为: $E_0(E_{x_0}, E_{n_0}, He_0)$ 、 $E_1(E_{x_1}, E_{n_1}, He_1)$ 、 $\cdots$ 、 $E_8(E_{x_8}, E_{n_8}, He_8)$ ,论域  $U = [1, 9]$ 。其中  $E_{x_0} = 1$ 、 $E_{x_1} = 2$ 、 $E_{x_2} = 3$ 、 $E_{x_3} = 4$ 、 $E_{x_4} = 5$ 、 $E_{x_5} = 6$ 、 $E_{x_6} = 7$ 、 $E_{x_7} = 8$ 、 $E_{x_8} = 9$ ,专家在评判重要性的时候对于1、3、5、7、9等级的评判要更容易些,对它们的中间值确定要更模糊一些,在此采用黄金分割法得到熵和超熵。 $En_0 = En_2 = En_4 = En_6 = En_8 = 0.382(\beta_{\max} - \beta_{\min})/6 = 0.509$ 。 $En_1 = En_3 = En_5 = En_7 = En_9/0.618 = 0.824$ ,超熵模型  $He_0 = He_2 = He_4 = He_6 = He_8 = 0.382(\beta_{\max} - \beta_{\min})/36 = 0.085$ ,  $He_1 = He_3 = He_5 = He_7 = He_9/0.618 = 0.137$ 。

到此,得到基于云模型两两比较重要性标度模型,如图2。

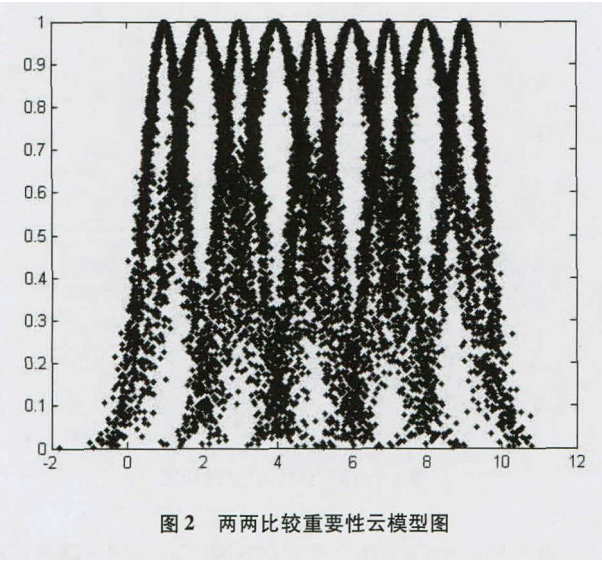


图2 两两比较重要性云模型图

下面邀请  $m$  位专家,建立某一层元素相对于上一层某一元素的两两重要性比较的判断模型。因此,对于每一个元素就会出现  $m$  个云模型,分别为  $C_1(E_{x_1}, E_{n_1}, He_1)$ 、 $C_2(E_{x_2}, E_{n_2}, He_2)$ 、 $\cdots$ 、 $C_m(E_{x_m}, E_{n_m}, He_m)$ ,为了便于利用每一个专家的相关信息,在此利用  $m$  朵云的集结方法得到新的综合云  $C(E_x, E_n, He)$ ,计算方法如下

$$\begin{cases} Ex = \sum_{i=1}^m a_i Ex_i \\ Ex = \frac{\sum_{i=1}^m a_i Ex_i En_i}{\sum_{i=1}^m a_i Ex_i} \\ He = \sqrt{\sum_{i=1}^m He_i^2} \end{cases} \quad (1)$$

其中  $a_1, a_1, \cdots, a_m$  为可调节的准则权重值,满足:  $\sum_{i=1}^m a_i = 1$ 。

根据上面的方法和公式便可以得到基于云模型表示的两两重要性比较的判断矩阵  $C_{mn}$

$$C_{mn} = \begin{bmatrix} C_{11}(Ex_{11}, En_{11}, He_{11}) & C_{12}(Ex_{12}, En_{12}, He_{12}) \\ C_{21}(Ex_{21}, En_{21}, He_{21}) & C_{22}(Ex_{22}, En_{22}, He_{22}) \\ \vdots & \vdots \\ C_{m1}(Ex_{m1}, En_{m1}, He_{m1}) & C_{m2}(Ex_{m2}, En_{m2}, He_{m2}) \\ \cdots & C_{1n}(Ex_{1n}, En_{1n}, He_{1n}) \\ \cdots & C_{2n}(Ex_{2n}, En_{2n}, He_{2n}) \\ \ddots & \vdots \\ \cdots & C_{mn}(Ex_{mn}, En_{mn}, He_{mn}) \end{bmatrix}$$

在上面判断矩阵中对角线上的云模型为  $C(1, 0, 0)$ 。

而关于对角线对称的云模型满足  $C_{ij} = \frac{1}{C_{ji}}$ ,根据云模型的除法运算法则可以得到

$$\begin{cases} Ex_{ij} = \frac{1}{Ex_{ji}} \\ En_{ij} = \frac{En_{ji}}{Ex_{ji}^2} \\ He_{ij} = \frac{He_{ji}}{Ex_{ji}^2} \end{cases} \quad (2)$$

### 3.3 计算评价因子权重向量

由判断矩阵计算各因素权重,常用的方法有方根法、特征值法、和积法和最小平方权法等。本文主要介绍方根法求取云模型标度构建的判断矩阵的权重。先由方根法及云模型运算法则计算判断矩阵的权重,然后归一化得到对应行元素权重  $w_i(Ex_i^0, En_i^0, He_i^0)$ ,方法如下

$$Ex_i^0 = \frac{Ex_i}{\sum Ex_i} = \frac{(\prod_{j=1}^n Ex_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n Ex_{ij})^{\frac{1}{n}}} \quad (3)$$

$$En_i^0 = \frac{En_i}{\sum En_i} = \frac{(\prod_{j=1}^n Ex_{ij} \sqrt{\sum_{j=1}^n (\frac{En_{ij}}{Ex_{ij}})^2})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n Ex_{ij} \sqrt{\sum_{j=1}^n (\frac{En_{ij}}{Ex_{ij}})^2})^{\frac{1}{n}}} \quad (4)$$

$$He_i^0 = \frac{He_i}{\sum He_i} = \frac{(\prod_{j=1}^n Ex_{ij} \sqrt{\sum_{j=1}^n (\frac{He_{ij}}{Ex_{ij}})^2})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{j=1}^n Ex_{ij} \sqrt{\sum_{j=1}^n (\frac{He_{ij}}{Ex_{ij}})^2})^{\frac{1}{n}}} \quad (5)$$

由上面公式便求出两两判断矩阵  $C_{mn}$  的权向量为  $W' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_m)^T$ 。依照相同的方法便求出指标体系中所有判断矩阵的权重向量。由于要求得到最底层元素相对于最终评估目标的综合权向量。在此,令第  $k$  层元素相对于最终评估的综合权向量为  $W^k$ ,假定现在已经计算出第  $k-1$  层上的  $n_{k-1}$  个元素相对于最终评估目标的权向量为  $W^{(k-1)} = (w_1^{(k-1)}, w_2^{(k-1)}, \dots, w_{n_{k-1}}^{(k-1)})^T$ ,以及第  $k$  层上  $n_k$  个元素相对于第  $k-1$  层上第  $j$  个属性为评估准则的单层权向量:

$$P_j^{(k)} = (P_{1j}^{(k)}, P_{2j}^{(k)}, \dots, P_{n_{k-1}j}^{(k)})^T$$

其中第  $k$  层不受  $j$  属性影响的其它元素的重要性程度赋值为零。矩阵  $P^{(k)} = (P_1^{(k)}, P_2^{(k)}, \dots, P_{n_{k-1}}^{(k)})$  是  $n_k \times n_{k-1}$  阶矩阵,表示第  $k$  层上的各个元素对第  $k-1$  层上各元素的权重向量,那么  $W^{(k)}$  为

$$W^{(k)} = P^{(k)} W^{(k-1)} = P^{(k)} P^{(k-1)} \dots P^{(3)} W^{(2)} \quad (6)$$

其中,  $W^{(2)}$  是第二层各元素相对于最终评估目标的权向量。

### 3.4 构造模糊评判矩阵<sup>[17-19]</sup>

下面,将评语集转换成对应云模型。每个云模型都存在一个双边约束关系  $[C_{\min}, C_{\max}]$ 。根据式(7)计算出评语集云模型的数字特征。

$$\begin{cases} Ex = \frac{C_{\min} + C_{\max}}{2} \\ En = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{6} \\ He = \lambda \end{cases} \quad (7)$$

$\lambda$  为常数,可根据评语本身的模糊程度来调整。

假设有  $k$  个专家对因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  做出评判得到评判集为  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$ ,则对因素  $u_i$  可以做出  $k$  个评语云模型,表示为评价集  $V_i = \{C_i^1, C_i^2, \dots, C_i^k\}$ ,其中  $C_i^j$  表示专家  $j$  对指标  $k$  给出的评价云模型。利用综合云模型方法求出团体专家对因素  $u_i$  的综合评语云模型,如下

$$\begin{cases} Ex_i = \frac{Ex_i^1 \times En_i^1 + Ex_i^2 \times En_i^2 + \dots + Ex_i^k \times En_i^k}{En_i^1 + En_i^2 + \dots + En_i^k} \\ En_i = \frac{En_i^1 + En_i^2 + \dots + En_i^k}{k} \\ He_i = \frac{He_i^1 \times En_i^1 + He_i^2 \times En_i^2 + \dots + He_i^k \times En_i^k}{En_i^1 + En_i^2 + \dots + En_i^k} \end{cases} \quad (8)$$

根据(8)便得到评价矩阵

$$V = [C_1, C_2, \dots, C_m]$$

### 3.5 结果分析

最后将得到的权重集  $W^{(k)}$  与综合评价矩阵  $V$  相乘即可得到评价结果云模型,即:

$$R = V \times W^{(k)} = C[Ex, En, He]$$

根据云运算公式可以得到

$$Ex = \sum_{i=1}^m Ex_i^{(v)} Ex_i^{(w)} \quad (9)$$

$$En = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( |Ex_i^{(v)} Ex_i^{(w)}| \sqrt{\left(\frac{En_i^{(v)}}{Ex_i^{(v)}}\right)^2 + \left(\frac{En_i^{(w)}}{Ex_i^{(w)}}\right)^2} \right)^2} \quad (10)$$

$$He = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( |Ex_i^{(v)} Ex_i^{(w)}| \sqrt{\left(\frac{He_i^{(v)}}{Ex_i^{(v)}}\right)^2 + \left(\frac{He_i^{(w)}}{Ex_i^{(w)}}\right)^2} \right)^2} \quad (11)$$

得到评价结果云模型后,通过 MATLAB 将评语云模型和评价结果云模型分别显示出来,从显示结果中对比评价结果云图与评语云图,最后得出评估对象的评价结果等级。

## 4 算例分析

某评估目标的指标体系如图 3,在此先给出传统多层次模糊综合评判法的评估结果,然后再给出改进之后的评估方法以做对比。

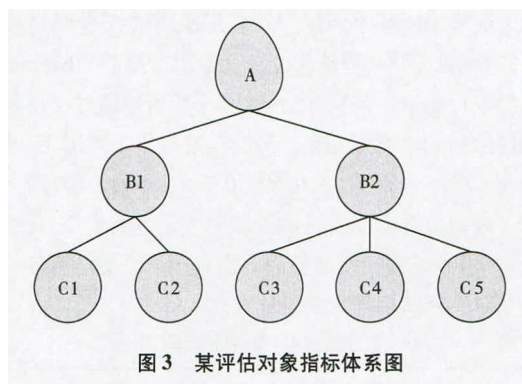


图 3 某评估对象指标体系图

该体系分为三层,目标层、主准则层和子准则层。针对该评估对象,邀请三位领域专家 A、B、C 进行相关数据评估。由于篇幅原因在此便不给出原始数据。下面分别计算出三位专家评估得出的权重向量:

$$W_A = [0.125, 0.625, 0.170, 0.026, 0.054]$$

$$W_B = [0.094, 0.656, 0.162, 0.030, 0.058]$$

$$W_C = [0.167, 0.667, 0.105, 0.051, 0.010]$$

依据相应的隶属度函数分别求取三位专家的评判矩阵

$$A_A = \begin{bmatrix} (0.667, 0.333, 0, 0) \\ (0.571, 0.429, 0, 0) \\ (0.667, 0.333, 0, 0) \\ (0, 0.750, 0.250, 0) \\ (0.667, 0.333, 0, 0) \end{bmatrix}$$

$$A_B = \begin{bmatrix} (0.800, 0.200, 0, 0) \\ (0, 0.750, 0.250, 0) \\ (0.667, 0.333, 0, 0) \\ (0, 0.500, 0.500, 0) \\ (0, 0.750, 0.250, 0) \end{bmatrix}$$

$$A_C = \begin{bmatrix} (0, 0.500, 0.500, 0) \\ (0, 0.750, 0.250, 0) \\ (0, 0, 0.500, 0.500) \\ (0, 0.571, 0.429, 0) \\ (0.500, 0.500, 0, 0) \end{bmatrix}$$

选用模型  $M(\bullet, \oplus)$  计算得到评估结果向量



$$R_A = W_A \times R_A = [0.590, 0.404, 0.006, 0]$$

$$R_B = W_B \times R_B = [0.183, 0.623, 0.194, 0]$$

$$R_C = W_C \times R_C = [0.005, 0.618, 0.325, 0.052]$$

依据最大隶属度原则可以得到:专家 A 的评判结果属于“等级 A”;专家 B 给出的是“等级 B”;专家 C 给出的评判结果是“等级 B”。从专家 A 的结果中可以看出评判结果对于“等级 B”的隶属度其实也比较高,因此,利用最大隶属度原则会出现评估信息的丢失和不准确。从这里可以看出传统模糊数学的评判结果很大程度上依靠专家的主观判断,是不客观的,隶属函数也是依据经验给定的,而且依据最大隶属度来给出评判结果也会出现差错,所以传统模糊综合评价方法是不可靠不客观的。

下面将采用基于云模型的多层次模糊综合评判法进行对象的评估。同样,邀请 3 位专家采用云模型判断标度对两两要素进行重要性判别,然后利用  $m$  朵云集结方法得到新的群体性两两元素判断矩阵。3 位专家对 B1 与 B2 比较给出的判断云模型分别为  $(3, 0.509, 0.085)$ 、 $(3, 0.509, 0.085)$ 、 $(5, 0.509, 0.085)$ ,按照  $m$  朵云集结方法得到集结云  $(3.667, 0.316, 0.147)$ ,限于篇幅原因下面直接给出集结后各个判断矩阵及对应判断矩阵权重向量。

表 2 A-B 判断矩阵

	B1	B1
B1	(1,0,0)	(3.667,0.316,0.147)
B2	(0.029,0.045,0.013)	(1,0,0)

表 3 B1-C 判断矩阵

	C1	C2
C1	(1,0,0)	(0.198,0.013,0.010)
C2	(5.333,0.416,0.182)	(1,0,0)

表 4 B2-C 判断矩阵

	C3	C4	C5
C3	(1,0,0)	(5,0.424,0.147)	(4.333,0.280,0.147)
C4	(0.225,0.013,0.010)	(1,0,0)	(2.667,0.100,0.098)
C5	(0.270,0.047,0.013)	(1.381,0.800,0.119)	(1,0,0)

$$W_1 = \begin{bmatrix} (0.918, 0.384, 0.501) \\ (0.082, 0.616, 0.499) \end{bmatrix}$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} (0.162, 0.140, 0.222) \\ (0.828, 0.861, 0.778) \end{bmatrix}$$

$$W_3 = \begin{bmatrix} (0.641, 0.488, 0.557) \\ (0.194, 0.110, 0.199) \\ (0.165, 0.401, 0.243) \end{bmatrix}$$

由式(6)及上面各层权重向量得出最底层元素对于目标权重为:

$$W = \begin{bmatrix} (0.149, 0.143, 0.219) \\ (0.760, 0.852, 0.826) \\ (0.053, 0.397, 0.323) \\ (0.016, 0.120, 0.098) \\ (0.014, 0.107, 0.085) \end{bmatrix}$$

在针对底层元素构造模糊判断矩阵之前,将判断区间  $[0, 10]$  分为 A $[0, 3)$ 、B $[3, 6)$ 、C $[6, 9)$ 、D $[9, 10]$  四个等级。

根据式(7)可以得到四个评语云模型,分别为  $(1.5, 0.5, 0.1)$ 、 $(4.5, 0.5, 0.1)$ 、 $(7.5, 0.5, 0.1)$ 、 $(9.5, 0.167, 0.1)$ ,如图 4。由 3 位专家依据该等级打分,得到表 5 中的数据。

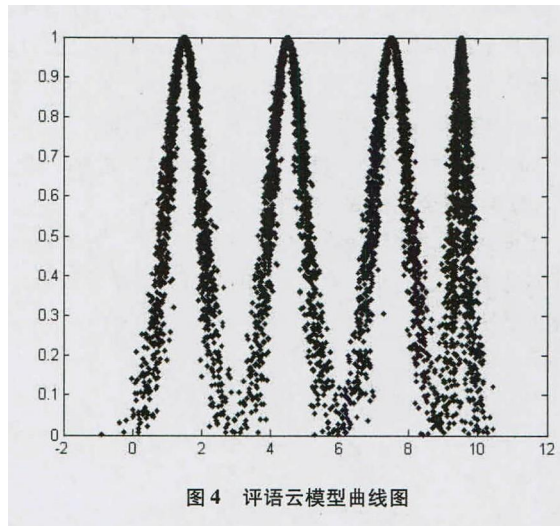


表 5 各专家评价表

元素	专家 1	专家 2	专家 3
C1	(1.5,0.5,0.1)	(1.5,0.5,0.1)	(7.5,0.5,0.1)
C2	(4.5,0.5,0.1)	(7.5,0.5,0.1)	(4.5,0.5,0.1)
C3	(4.5,0.5,0.1)	(4.5,0.5,0.1)	(9.5,0.167,0.1)
C4	(7.5,0.5,0.1)	(7.5,0.5,0.1)	(4.5,0.5,0.1)
C5	(4.5,0.5,0.1)	(7.5,0.5,0.1)	(4.5,0.5,0.1)

根据(8)求出专家团体评分  $V$ 。

$$V = \begin{bmatrix} (3.500, 1.500, 0.100) \\ (5.500, 1.500, 0.100) \\ (5.220, 1.167, 0.100) \\ (6.500, 1.500, 0.100) \\ (5.500, 1.500, 0.100) \end{bmatrix}^T$$

最后由式(9)(10)(11)计算得出  $R = V \times W = C[Ex, En, He] = (5.153, 1.366, 0.237)$ 。将该云模型与评语云模型同时进行 MATLAB 仿真,得到图 5 的结果,从图中可以看出评价模型的位于评语云模型“B 等级”和“C 等级”之间,但是更加靠近“B 等级”,且基本全部覆盖了“B 等级”的云模型,因此可以认为该评估对象的评估等级为“B 等级”。

对比两种评估方法可以看出,传统方法中,三位专家的评估结果都倾向于“等级 B”,可见基于云模型理论的多层次

模糊综合评价法是可以对评估对象做出等级评估的。并且还可以克服传统模糊数学依赖主观判断的缺点,减小个人喜好带来的误差影响。最终的评估结果也更加的直观形象。因此基于云模型理论的多层次模糊综合评判法能够使评估过程更加简单有效。

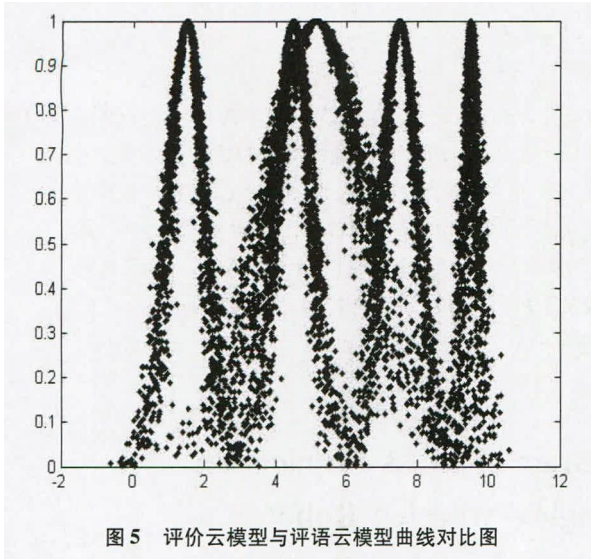


图5 评价云模型与评语云模型曲线对比图

5 结束语

基于云模型的多层次模糊综合评价法可以有效地进行定性概念与定量之间的不确定性转换,可以反映自然语言中概念的不确定性及不确定性概念中随机性和模糊性的关联性。对比两种评价结果可以看出,基于云模型理论的多层次模糊综合评价法可以有效对项目进行综合评价,减少信息的不完全性以及人主观判断的随机性等因素对评价结果的影响,利用云模型构建的隶属度函数,可以充分表征专家打分过程对因素等级确定的模糊性和随机性,使得专家评分更简单容易。从而使综合评价结果更加客观准确。

参考文献:

[1] 王泽平,马震,吴焕苗. 我国核电产业发展水平综合评价体系研究[J]. 华东电力, 2012,40(7):1233-1236.

[2] 丁毓良,商华. 基于模糊综合评价的人力资源绩效评价模型研究[J]. 现代管理科学, 2011,(5):99-101.

[3] 周念清,魏诚寅,娄荣祥. 基于模糊数学理论探讨评判地铁工程中地下水风险[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2011,39(11): 1629-1633.

[4] 赵忆,杨育. 基于 FCA 的国有集团下属单位企业文化落地绩效影响因素分析[J]. 现代管理技术, 2012,39(7):23-28.

[5] 左军. 层次分析法中判断矩阵的间接给出法[J]. 系统工程, 1988,10(6):56-63.

[6] 徐泽水. 层次分析法中构造判断矩阵的新方法[J]. 系统工程, 1997,(S1):204-206.

[7] 侯岳衡,沈德家. 指数标度及其与几种标度的比较[J]. 系统工程理论与实践, 1995,15(10):43-46.

[8] 李长春,叶少有. 基于变权法的模糊评判在土石坝老化评估中的应用[J]. 水利与建筑工程学报, 2008,6(1):101-104.

[9] 张坤军,席广水,张玲彬. 基于变权法的模糊综合评判在地面沉降危害评价中的应用[J]. 测绘通报, 2009,(1):45-47.

[10] F Torfi, R Z arahani, S Rezapour. Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives [J]. Applied soft computing, 2010, 10: 520-528.

[11] 李德毅,杜鹃. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社, 2005.

[12] 李德毅,孟海军,史雪梅. 隶属云和隶属云发生器[J]. 计算机研究和发展, 1995,32(6): 16021

[13] 刘显显,等. 基于 X 信息的逆向云新算法[J]. 系统仿真学报, 2004,16(11):2417-2420.

[14] 李德毅,刘常显. 论正态云模型的普适性[J]. 中国工程科学, 2004,6(8):28-34.


[15] 贺北方,刘正才. 多级模糊层次综合评价的数学模型及应用[J]. 系统工程理论与实践, 1989,(6):1-6.

[16] 杜栋. 论 APH 的标度评价[J]. 运筹与管理, 2000,9(4):36-38.

[17] 周忠芳. 用层次分析法-模糊综合评判法探讨岩体质量的评价[J]. 勘察学技术, 1989-5:1-6.

[18] 刘炳祥,李海林. 一种基于云模型的综合评判方法[J]. 计算机信息, 2007,5(4):575-579.

[19] 王洪利,冯玉强. 基于云模型具有语言评价信息的多属性群决策研究[J]. 控制与决策, 2005,20(6):679-685.



[作者简介]

周永林(1990-),男(汉族),四川省资阳人,硕士研究生,主要研究领域为计算机仿真;信息多元融合。

王磊(1980-),男(汉族),河南省鹤壁人,博士研究生,主要研究领域为分布式系统仿真、软件体系结构。