

# 基于云模型的语言值多属性决策

张全,汤凌晗

(沈阳工业大学信息工程学院,沈阳 110870)

## 摘要:

实际问题中有许多多参数的、非线性的以及时变的系统,这些系统具有较强的不确定性,主要包括随机性和模糊性,自然语言可体现人们思维的不确定性,因此必须建立由定性到定量的转化模型——云模型。

## 关键词:

多属性决策;语言评价;云模型

## 1 云理论

**定义<sup>[1]</sup>** 设  $U$  是一个用数值表示的定量论域,  $C$  是  $U$  上的定性概念,若定量数值  $x \in U$  是定性概念  $C$  的一次随机实现,  $x$  对  $C$  的确定度  $\mu(x) \in [0, 1]$  是具有稳定倾向的随机数,即  $\mu: U \rightarrow [0, 1], \forall x \in U, x \rightarrow \mu(x)$  则  $x$  在论域  $U$  上的分布成为云,即为  $C(X)$ 。每个  $x$  成为一个云滴。

### 1.1 云模型的数字特征

云模型以期望( $Ex$ )、熵( $En$ )、超熵( $He$ )三个数字特征来表示一个定性概念。期望值  $Ex$  是概念在论域中的中心值,越靠近  $Ex$  云滴越密集,越远离  $Ex$  云滴越稀疏;熵  $En$ : 熵代表定性概念的可度量粒度,熵越大,概念越宏观;超熵  $He$ : 超熵即熵的熵,反映了云滴的凝聚程度。云的三个数字特征构成定性与定量的映射关系。

## 2 云模型的信息集结

**定义<sup>[5-6]</sup>** 设专家评价值的有效论域为  $[X_{\min}, X_{\max}]$ , 专家对方案的语言评价标度为  $n$ , 自然语言评价及集为  $H$ :  $H = \{h_i | i = -t, \dots, 0, \dots, t, t \in N\}$ 。

**定义<sup>[2]</sup>** 给定语言评价集  $H = \{h_i | i = -t, \dots, 0, \dots, t, t \in N\}$ , 存在一个函数  $f$  可以将  $h_i$  转化为相应的

数值  $\theta_i$ ,  $\theta_i \in [0, 1]$ , 即:  $\theta_i = \begin{cases} \frac{a^i - a^{-i}}{2a^t - 2}, & -t \leq i \leq 0 \\ \frac{a^i - a^{-i} - 2}{2a^t - 2}, & 0 < i \leq t \end{cases}$ ,  $a$  的取

值可试验得到,令  $a \approx 1.37$ 。

**定义** 给定论域  $[X_{\min}, X_{\max}]$ , 设  $h_i \in H$  转换后对应的云为  $A_i(Ex_i, En_i, He_i)$ , 其转换模型如下:

(1) 利用公式计算  $\theta_i$

(2) 计算  $Ex_i$ :

$$Ex_i = X_{\min} + \theta_i(X_{\max} - X_{\min})$$

(3) 计算  $En_i$ :

$$En_i = \begin{cases} \frac{(1 - \theta_i)(X_{\max} - X_{\min})}{3}, & -t \leq i \leq 0 \\ \frac{\theta_i(X_{\max} - X_{\min})}{3}, & 0 < i \leq t \end{cases}$$

$$En_{-i} = En_i = \begin{cases} \frac{(\theta_{|i|-1} + \theta_{|i|} + \theta_{|i|+1})(X_{\max} - X_{\min})}{9}, & 0 < |i| \leq t-1 \\ \frac{(\theta_{|i|-1} + \theta_{|i|})(X_{\max} - X_{\min})}{6}, & |i| = t \\ \frac{(\theta_{|i|} + 2\theta_{i+1})(X_{\max} - X_{\min})}{9}, & i = 0 \end{cases}$$

(4) 计算  $He_i$ :

$$He_{-i} = He_i = \frac{En^{*+} - En_i}{3}$$

$$En^{*+} = \max\{En_k\}$$

云的相似度计算可遵循以下:

设有两朵云,分别为  $C_1(Ex_1, En_1, He_1)$  和  $C_2(Ex_2, En_2, He_2)$ , 运用文献[2]中两朵云的距离为:

$$d(C_1, C_2) = \sqrt{(Ex_1 - Ex_2)^2 + (En_1 - En_2)^2 + (He_1 - He_2)^2}$$

那么两朵云的相似度为:

$$Sim(C_1, C_2) = 1 - \frac{d(C_1, C_2)}{X_{\max} - X_{\min}}$$

由以上两个公式可得:两朵云距离越远,相似度越小,反之,相似度越大。

### 3 基于云模型的方案排序方法步骤

**步骤 1** 获取具有语言评价价值的评价信息,并利用公式将语言评价价值转换为云模型

**步骤 2** 在云决策矩阵的基础上利用如下公式将云模型进行第一次集结,得到  $C'_{ij}$  [3]:

$$Ex'_{ij} = w_1 Ex'_{ij1} + w_2 Ex'_{ij2} + \dots + w_n Ex'_{ijn}$$

$$En'_{ij} = \frac{w_1 Ex'_{ij1} En'_{ij1} + w_2 Ex'_{ij2} En'_{ij2} + \dots + w_n Ex'_{ijn} En'_{ijn}}{w_1 Ex'_{ij1} + w_2 Ex'_{ij2} + \dots + w_n Ex'_{ijn}}$$

$$He'_{ij} = \sqrt{He_{ij1}^2 + He_{ij2}^2 + \dots + He_{ijn}^2}$$

**步骤 3** 对步骤 2 中得到的集结结果进行二次集结,即对各方案信息进行集结,公式如下,得到  $C_k$  [4]:

$$Ex_k = \sum_{i=1}^n (\lambda_1 Ex_{ij}^1 + \lambda_2 Ex_{ij}^2 + \dots + \lambda_n Ex_{ij}^n)$$

$$En_k = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_1 Ex_{ij}^1 En_{ij}^1 + \lambda_2 Ex_{ij}^2 En_{ij}^2 + \dots + \lambda_n Ex_{ij}^n En_{ij}^n)}{\sum_{i=1}^n (\lambda_1 Ex_{ij}^1 + \lambda_2 Ex_{ij}^2 + \dots + \lambda_n Ex_{ij}^n)}$$

$$He_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n (He_{ij}^{12} + He_{ij}^{22} + \dots + He_{ij}^{n2})}$$

**步骤 4** 计算每朵云与理想云间的距离  $d(C_k, C^*)$  以及相似度  $Sim(C_k, C^*)$

**步骤 5** 按照相似度大小对方案进行排序,与理想云的相似度越大,则方案越优

### 4 算例分析

下表是某公司中专家给出的决策信息表,三个方案  $x_1, x_2, x_3$ ; 五位专家  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$ ; 给定各权重值分别为 0.5, 0.3, 0.2

表 1

$x_1$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$x_2$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$x_3$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
$d_1$	$h_{-1}$	$h_0$	$h_{-2}$	$d_1$	$h_0$	$h_{-2}$	$h_{-1}$	$d_1$	$h_0$	$h_{-3}$	$h_{-3}$
$d_2$	$h_0$	$h_{-2}$	$h_0$	$d_2$	$h_{-2}$	$h_{-3}$	$h_{-1}$	$d_2$	$h_{-1}$	$h_0$	$h_{-2}$
$d_3$	$h_{-2}$	$h_{-3}$	$h_1$	$d_3$	$h_{-1}$	$h_{-2}$	$h_0$	$d_3$	$h_1$	$h_0$	$h_0$
$d_4$	$h_{-2}$	$h_2$	$h_{-1}$	$d_4$	$h_1$	$h_{-2}$	$h_0$	$d_4$	$h_{-1}$	$h_2$	$h_0$
$d_5$	$h_{-1}$	$h_{-2}$	$h_0$	$d_5$	$h_1$	$h_3$	$h_1$	$d_5$	$h_3$	$h_1$	$h_2$

Step1: 完成转换:  $Y-3(2, 1.779, 0.074)$ ,  $Y-2(3.326, 10589, 0.134)$ ,  $Y-1(4.292, 1.265, 0.245)$ ,  $Y_0(5, 1.157, 0.281)$ ,  $Y_1(5.708, 1.265, 0.245)$ ,  $Y_2(6.674, 1.598, 0.134)$ ,  $Y_3(8, 1.779, 0.074)$ 。

Step2: 第一次信息集结, 得到  $C'_{ij}(Ex'_{ij}, En'_{ij}, He'_{ij})$  的矩阵如表 2 所示。

表 2

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$d_1$	(4.311, 1.277, 0.396)	(4.356, 1.277, 0.396)	(3.5, 1.335, 0.3)
$d_2$	(4.498, 1.253, 0.419)	(3.121, 1.536, 0.289)	(4.311, 1.277, 0.396)
$d_3$	(3.405, 1.514, 0.289)	(4.144, 1.317, 0.396)	(5.354, 1.215, 0.467)
$d_4$	(4.524, 1.532, 0.310)	(4.852, 1.309, 0.396)	(5.148, 1.374, 0.396)
$d_5$	(4.144, 1.317, 0.396)	(6.396, 1.458, 0.354)	(7.047, 1.620, 0.289)

Step3: 二次信息集结得到  $C_k$

表 3

$C_1$	$C_2$	$C_3$
(4.176, 1.374, 0.366)	(4.574, 1.377, 0.369)	(5.070, 1.387, 0.376)

Step4: 计算得到理想云为  $C^*(7.542, 1.547, 0.266)$ , 由于云模型的三个数字特征数量级不同, 为避免由数量级而引起的无差, 对三个数字特征进行归一化处理, 可得:

表 4

$C_1$	$C_2$	$C_3$
(0.824, 0.991, 0.973)	(0.902, 0.993, 0.981)	(1, 1, 1)

理想云  $C^*(0.943, 0.870, 1)$

因此可得:

$$d(C_1, C^*) = 0.172, Sim(C_1, C^*) = 0.971$$

$$d(C_2, C^*) = 0.131, Sim(C_2, C^*) = 0.978$$

$$d(C_3, C^*) = 0.142, Sim(C_3, C^*) = 0.976$$

由以上计算结果可得三个备选方案排序为:  $x_2 > x_3 > x_1$ 。

### 5 结论

本文假设个专家的权重值相同, 通过云转换得到云矩阵, 然后对云矩阵进行信息集结, 最终通过相似度来确定方案的优劣排序。

参考文献:

- [1]李德毅. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [2]张勇,赵东宁,李德毅. 相似云及其度量分析方法[J]. 信息与控制,2004, 33(2): 129-132.
- [3]王洪利. NSS 中基于云模型的谈判人偏好表示及其效用研究[J]. 中国管理信息化, 2008, 11(11):54-58.
- [4]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(06):679-681.
- [5]Xu Z S. Uncertain Linguistic Aggregation Operators Based Approach to Multiple Attribute Group Decision Making Under Uncertain Linguistic Environment[J]. Information Science,2004, 168(1-4): 171-184.
- [6]Herrera F, Martinez L. A 2-Tuple Linguistic Representation Model for Computing with Words[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746-752.

作者简介:

张全(1967-),男,辽宁沈阳人,博士,副教授,研究方向为信息系统

汤凌晗(1990-),女,河南舞阳人,硕士,研究方向为多属性决策

收稿日期:2018-03-09

修稿日期:2018-04-26

## Research on Multiple Attribute Decision Making Based on Cloud Model

ZHANG Quan, TANG Ling-han

(Information Engineering College, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870)

Abstract:

There are many more parameters in practical problems, nonlinear and time-varying system, the system has strong uncertainty, mainly includes the randomness and fuzziness, and natural language can reflect the uncertainty of people thinking, so must be converted from setting up the qualitative to the quantitative model, which is cloud model.

Keywords:

Multiple Attribute Decision Making; Language Evaluation; Cloud Model