

文章编号: 1001-0920(2005)06-0679-03

基于云模型具有语言评价信息的多属性群决策研究

王洪利, 冯玉强

(哈尔滨工业大学 管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 针对多属性群决策中具有语言评价信息偏好的表示与集结的关键问题, 研究了基于云模型的决策专家个体偏好表示、偏好集结和方案优选方法。首先采用云模型表示决策者给出的自然语言评价信息, 而属性和决策者权重大小则用云的语气运算表示; 然后用浮动云进行偏好集结, 根据云模型的相对距离进行方案的排序和优选。此方法可充分表达评价语言的模糊性和随机性, 具有较大的客观性。

关键词: 群决策; 偏好集结; 云模型; 浮动云

中图分类号: C934 **文献标识码:** A

On multiple attribute group decision making with linguistic assessment information based on cloud model

WANG Hong-li, FENG Yu-qiang

(School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150001, China. Correspondent: WANG Hong-li, E-mail: graduated852@163.com)

Abstract: To the problem of aggregation and expression of bias with linguistic assessment information in the multi-attribute group decision making, the bias expression, the bias aggregation and the alternative selection of experts based on cloud model are studied. Cloud model is used to express the linguistic assessment information given by each decision maker. The power of attribute and decision maker is calculated by the mood arithmetic of cloud. The bias aggregation is executed by means of floating cloud. The order and alternative of selection is determined according to the relative distance of cloud model. The burring and randomness of assessment is fully expressed in this method.

Key words: group decision; bias aggregation; cloud model; floating cloud

1 引言

在多属性群决策研究中, 如何表示群体中各成员的意见与偏好, 并集结使之成为群的一致偏好, 是群决策的关键问题, 也是群决策研究的重点^[1,2]。在基于自然语言评价信息的群体决策中, 决策者使用自然语言对方案进行判断具有容易表达和易于作出决策的优点^[3,4], 已经引起国内外学者的广泛关注。西班牙学者Herrera做了大量的开拓性工作^[4,5]。关于具有语言评价信息多属性群决策的偏好表示与集结, 已有的方法主要包括: 以OWA (ordered weighted average) 算子为核心的集结方法^[3~5]; 采用模糊语言, 将专家的偏好用模糊评价语言表示, 最

后对模糊偏好进行集结的方法^[6]; 采用二元语义算子集结的方法^[7], 以及采用基于语言信息的TOPSIS方法^[8]等。

本文针对具有语言评价信息的多属性群决策问题, 给出了一种基于云模型的偏好表示、偏好集结和方案优选方法。

2 基于云模型的偏好表示

2.1 云模型概述^[9,10]

李德毅院士提出的云是用自然语言描述的某个定性概念与其数值表示之间的不确定性转换模型。云的基本概念如下: 设 U 是一论域 $U = \{X\}$, T 是与 U 相联系的语言值, U 中的元素 X 对于 T 所表达的

收稿日期: 2004-07-12; 修回日期: 2004-10-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(79970084, 70171011); 黑龙江省发展信息产业专项资金导向计划项目(2003118)。

作者简介: 王洪利(1978—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士生, 从事电子会议、群决策的研究; 冯玉强(1961—), 女, 北京人, 教授, 博士生导师, 从事信息系统、电子商务和群体决策支持系统等研究。

定性概念的隶属度 $G_T(X)$ 是一个具有稳定倾向的随机数, 隶属度在论域上的分布称为隶属云, 简称为云. $G_T(X)$ 在 $[0, 1]$ 中取值, 云是从论域 U 到区间 $[0, 1]$ 的映射, 即 $G_T(X): U \rightarrow [0, 1], \forall x \in U, x \in G_T(X)$. 云的数字特征用期望 E_x (Expected Value), 熵 E_n (Entropy), 超熵 H_e (Hyper Entropy) 共 3 个数值表示. 其中: 期望 E_x 是定性语言概念论域的中心值, 熵 E_n 是定性概念模糊度的度量, 超熵 H_e 反映了云滴的离散程度以及隶属度的随机性变化.

2.2 偏好表示

设在基于自然语言评价信息的群决策方法中, $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ 为决策者, S_i 为第 i 个决策者; $B = (B_1, B_2, \dots, B_n)$ 为方案集, B_i 为第 i 个决策方案; $P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ 为属性集, P_i 为第 i 个属性. 假设决策者的权重是用自然语言表达的权重向量 (例如一般, 重要, 很重要, ...), 属性权重也是使用自然语言表达的权重向量 (例如一般, 重要, 很重要, ...). 决策者对各方案的属性评价也是用自然语言表达的定性概念, 再此分为 n 个 (可根据实际任意选取) 等级进行定性语言评价的属性描述, 由领域专家指定有效论域 $[x_{\min}, x_{\max}]$, 生成 n 朵云, 用于表示差, ..., 较差, ..., 一般, ..., 较好, ..., 好. 中间一朵为 $A_0(E_{x_0}, E_{n_0}, H_{e_0})$, 若 n 为奇数^[9, 10], 则其左右相邻的云分别为

$$\begin{aligned} & A_{-1}(E_{x_{-1}}, E_{n_{-1}}, H_{e_{-1}}), A_{+1}(E_{x_{+1}}, E_{n_{+1}}, H_{e_{+1}}), \\ & A_{-2}(E_{x_{-2}}, E_{n_{-2}}, H_{e_{-2}}), A_{+2}(E_{x_{+2}}, E_{n_{+2}}, H_{e_{+2}}), \\ & \dots, A_{+2}(E_{x_{+(n-1)/2}}, E_{n_{+(n-1)/2}}, H_{e_{+(n-1)/2}}), \\ & A_{+2}(E_{x_{-(n-1)/2}}, E_{n_{-(n-1)/2}}, H_{e_{-(n-1)/2}}). \end{aligned}$$

在生成数字特征描述的云模型中, 中间一朵是完整云, 表示一般的定性概念; 左边是半降云, 表示较差和差的定性概念; 右边是半升云, 表示较好和好的定性概念. 因为基于上述方法给出的云模型概念描述充分体现了定性概念的亦此亦彼性, 同时充分表示出了定性语言描述的概念的不确定性和随机性, 符合人的主观感受. 所以它充分表达了决策专家用自然语言所表达的定性概念评价信息的模糊性和随机性, 是一种很好的基于自然语言评价信息的群决策个体偏好表示方法. 云的数字特征可采用云变化或黄金分割的方法生成. 以采用黄金分割生成 5 朵云的方法为例, 数字特征的计算方法如下^[9, 11]:

$$\begin{aligned} E_{x_0} &= (x_{\min} + x_{\max})/2, \\ E_{x_{-2}} &= x_{\min}, E_{x_{+2}} = x_{\max}, \\ E_{x_{-1}} &= E_{x_0} - 0.382(x_{\min} + x_{\max})/2, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{x_{+1}} &= E_{x_0} + 0.382(x_{\min} + x_{\max})/2, \\ E_{n_{-1}} &= E_{n_{+1}} = 0.382(x_{\min} - x_{\max})/6, \\ E_n &= 0.618E_{n_{+1}}, \\ E_{n_{-2}} &= E_{n_{+2}} = E_{n_{+1}}/0.618; \end{aligned}$$

给定 H_e , 则

$$\begin{aligned} H_{e_{-1}} &= H_{e_{+1}} = H_{e_0}/0.618, \\ H_{e_{-2}} &= H_{e_{+2}} = H_{e_{+1}}/0.618 \end{aligned}$$

3 个体偏好集结与方案优选

3.1 属性权重和决策者权重

基于自然语言评价信息的属性权重和专家权重是用自然语言表示的评价向量时, 如何集结这些评价向量是正确进行方案集结的关键. 将用属性权重和决策者权重表示的自然语言转换成相应的云语气运算, 按照属性的自然语言描述 (一般, 重要, 不重要等) 对相应的云模型进行加强语气运算、减弱语气运算和维持原属性值不变几种变换. 对于具有类似重要评价语言权重的云模型 $A(E_x, E_n, H_e)$, 采用加强语气的运算生成 $A(E_x, E_n, H_e)$, 方法如下:

$$\begin{aligned} E_n &= \alpha E_n, H_e = \alpha H_e, \\ E_x &= \begin{cases} E_x, \\ E_x + \sqrt{-2 \ln(\alpha)} E_n, \\ E_x - \sqrt{-2 \ln(\alpha)} E_n, \end{cases} \end{aligned}$$

分别为完整云、半升云、半降云; 对于具有类似不重要评价权重的云模型 $A(E_x, E_n, H_e)$, 采用减弱语气的运算生成 $A(E_x, E_n, H_e)$, 方法如下:

$$\begin{aligned} E_n &= E_n/\alpha, H_e = H_e/\alpha, \\ E_x &= \begin{cases} E_x, \\ E_x + \sqrt{-2 \ln(\alpha)} E_n, \\ E_x - \sqrt{-2 \ln(\alpha)} E_n, \end{cases} \end{aligned}$$

分别为完整云、半升云、半降云^[10, 11]. 其中 α 为语气系数, 根据领域专家权重给出. 以简单的平均距离权重的语气运算为例, α 可通过下式得到:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_{\min}, \text{最强(或最弱)语气系数;} \\ \alpha_{\min} + \frac{(n+1)(1-\alpha_{\min})}{m}, \text{第 } n \text{ 个语气系数;} \\ 1, \text{一般语气系数} \end{cases}$$

其中: m 为领域专家给出的用权重表示的自然语言等级总数; $0 < \alpha_{\min} < 1$, α_{\min} 为常数 (领域专家给定其值). 可通过调节 α (改变 α_{\min} 大小, 非等距离权重等方法) 表示不同的加强 (或减弱) 语气程度.

3.2 群体偏好集结

采用生成浮动云的方法进行偏好集结的步骤如下:

Step 1: 采用云理论中的生成浮动云的方法进

行属性值的两两集结, 生成各个决策者对某一方案的各属性综合评价值;

Step2: 采用云理论中的生成浮动云的方法进行方案的两两集结, 生成各个决策者对某一方案的综合评价

利用浮动云的偏好集结方法如下: 设在论域 U 中有两朵相邻的基云 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 和 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$, 可生成在它们之间浮动的一朵浮动云 (Floating Cloud), 它表达了两朵基云表达的定性概念中间的空白语言值 当浮动云从第 1 朵云向第 2 朵云移动时, 它受第 1 朵云的影响逐渐减少, 受第 2 朵云的影响逐渐增大 若生成浮动云的数字特征为 $A(E_x, E_n, H_e)$, 那么

$$E_x = \beta_1 E_{x_1} + \beta_2 E_{x_2},$$

$$E_n = \frac{E_{n_1}(E_{x_1} - E_x) + E_{n_2}(E_x - E_{x_1})}{E_{x_1} - E_{x_2}},$$

$$H_e = \frac{H_{e_1}(E_{x_2} - E_x) + H_{e_2}(E_x - E_{x_1})}{E_{x_2} - E_{x_1}},$$

$\beta_i (i = 1, 2)$ 为可调节系数, 由领域专家根据具体情况确定 当专家认为评价客观, 即适用“少数服从多数”原则时, 令 $\beta_1 = k_1/(k_1 + k_2)$, $\beta_2 = k_2/(k_1 + k_2)$, $k_i/2$ 表示第 i 个云模型集结的次数, $i = 1, 2$, 用来表示支持者多的评价集结的数字特征具有较高的系数 当专家认为没有必要对集结进行干预时, 令 $\beta_1 = 1/2$, $\beta_2 = 1/2$ 在非匿名评价的情况下, 评价专家之间经过多轮协商和讨论来明确问题, 确定属性(指标)、发表评价意见, 因此最后评价时, 可能存在“小集团”效应, 即由于某种原因大多数评价人持有相同或近似的错误评价意见 如果多属性群决策中“小集团”效应得到确认, 此时为了克服集团效应, 集团意见的相反意见的数字特征就应该给予较大的系数 $\beta_1 \gg 1/2$, 同时集团意见给予较小的系数 $\beta_2 \ll 1/2$

3.3 方案优选

方案优选是对用云模型表达的各方案评价集结值进行比较后选优 为此给出如下定义:

定义 1 设在论域 U 中有两朵相邻的云 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 和 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$, 其中 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 为代表最优(或最差)语言值的云的数字特征, 那么 $D_{1,2} = |E_{x_1} - E_{x_2}|$ 表示 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$ 所代表的语言值与最优或最差语言值的相对贴程度

定义 2 设在论域 U 中有两朵相邻的云 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 和 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$, 其中 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 为代表最优(或最差)语言值的云的数字

特征, 定义 $FD_{12} = |E_{n_1} - E_{n_2}|$ 表示 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$ 所代表的语言值与最优(或最差)语言值的模糊性相对贴程度

定义 3 设在论域 U 中有两朵相邻的云 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 和 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$, 其中 $A_1(E_{x_1}, E_{n_1}, H_{e_1})$ 为代表最优(或最差)语言值的云的数字特征, 定义 $RD_{12} = |H_{e_1} - H_{e_2}|$ 表示 $A_2(E_{x_2}, E_{n_2}, H_{e_2})$ 所代表的语言值与最优(或最差)语言值的随机性相对贴程度

在 $[x_{\min}, x_{\max}]$ (专家给定) 范围内, 将对方案的评价分成用模型表示的若干等级, 例如分成 5 级 (差方案, 较差方案, 一般方案, 较好方案, 好方案). 计算集结后的云模型与等级云模型之间的距离(相对贴程度), 将其划入距离最近的一个等级中

1) 对于划入同一等级的集结云模型按距离相对贴程度大小排序

2) 对于具有相同距离贴程度的云模型, 根据模糊相对贴程度比较方案优劣

3) 对于具有相同距离贴程度和模糊相对贴程度的方案, 根据随机性相对贴程度比较方案优劣

4) 对于 3 个数字特征都相同的方案, 认为其方案没有优劣之分

这样便得到了方案的集结云模型的一个优劣排序, 排在最前的云模型所代表的方案就是最优方案

4 结 语

本文从理论上给出了一种基于自然语言评价信息的多属性群决策个体偏好的云模型集结方法, 并给出了决策专家个体偏好表示、偏好集结和方案优选方法 首先采用云模型表示决策者所给出的自然语言评价信息, 而属性和决策者权重大小用云的语气运算表示; 然后用浮动云方法进行偏好集结, 根据云模型的相对距离进行方案的排序和优选 此方法的主要特点是采用云模型理论客观地表达了决策信息的模糊性和随机性, 同时客观地计算决策者和属性权重, 采用云模型将决策者的个人偏好集结为群体偏好, 符合人的主观感受, 充分体现了自然语言表达的定性概念的亦此亦彼性, 具有客观性 将来的工作是利用本文的研究成果初步实现一个方案评价系统原形, 并逐步加以应用和改进

参考文献 (References)

- [1] Baucells M, anel, Sarin Rakesh K. Group decisions with multiple criteria [J]. *Management Science*, 2003, 49 (8): 1105-1118

(下转第 685 页)

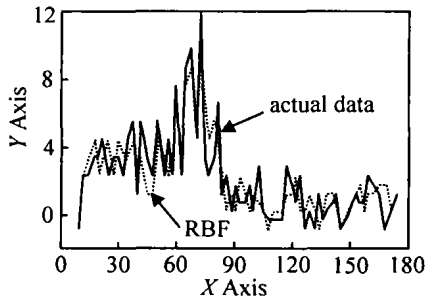


图 4 基于 GA 的 3 层前馈网络

基于遗传算法的 RBF 网络比基于 K-Means 算法的 RBF 网络和基于遗传算法的 3 层前馈网络有更好的预测效果

5 结 论

本文采用基于遗传算法的 RBF 神经网络实现了对温室栽培番茄茎的生长过程的建模。该模型结构简单, 易于实现, 且具有较高的精度, 可用于温室栽培番茄生长过程中主要器官——茎的生长状况的预估。

参考文献(References)

[1] 宋有洪, 贾文涛, 郭焱, 等. 虚拟作物研究进展[J]. 计算

机与农业, 2000, (6): 6-8

(Song Y H, Jia W T, Guo Y, et al. A review virtual crop research[J]. *Computer and Agriculture*, 2000, (6): 6-8)

[2] 金之庆. 作物模拟的发展趋势与应用前景[J]. *世界农业*, 1999, (6): 26-28

(Jin Z Q. The developmental trends and applied prospects of crop simulation [J]. *World Agriculture*, 1999, (6): 26-28)

[3] Kario W iedl, John D Heketh. *Plant growth modeling for resource management* [M]. Florida: CRC Press, 1994

[4] Vittorio Maniezzo. Genetic evolution of the topology and weight distribution of neural networks[J]. *IEEE Trans on Neural Networks*, 1994, 5(1): 39-53

[5] 胡宏银, 朱绍文, 张大斌, 等. 用实数编码的遗传算法构造斜决策树[J]. *计算机科学*, 2001, 28(2): 108-110

(Hu H Y, Zhu S W, Zhang D B, et al. Oblique decision tree construction with decimal-coded genetic algorithm [J]. *Computer Science*, 2001, 28(2): 108-110)

(上接第 681 页)

[2] Hubber H E, Redmond J A, McDonald J R. Multi-attribute trade-off analysis applied to long-term generation planning [J]. *IEEE Conf Publication*, 1994, 388 (2): 906-909

[3] 王欣荣, 樊治平. 一种基于自然语言评价信息的多指标群决策方法[J]. *系统工程学报*, 2003, 18(2): 173-176
(Wang X R, Fan Z P. The multi-index group decision making based the natural linguistic information[J]. *The System Engineering Transaction*, 2003, 18 (2): 173-176)

[4] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay J L. A linguistic decision processing in group decision process in group decision making [J]. *Group Decision Negotiation*, 1996, 31(5): 165-176

[5] Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information [J]. *Fuzzy Set and Systems*, 2000, 115(1): 67-82

[6] Cheng C H, Lin Y. Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation [J]. *European J of Operational Research*, 2002, 142(1): 174-1869

[7] 李洪燕, 樊治平. 一种基于二元语义的多指标群决策方法[J]. *东北大学学报(自然科学版)*, 2003, 24(5): 495-

498

(Li H Y, Fan Z P. Multi criteria group decision making method based on two-tuple linguistic information processing [J]. *J of Northeastern University (Natural Science)*, 2003, 23(5): 495-498)

[8] 陈岩, 樊治平. 群决策中基于语言评价信息的 TOPSIS 方法[J]. *南京工业大学学报*, 2004, 26(3): 27-30

(Chen Y, Fan Z P. TOPSIS method for group decision making based on linguistic assessment information [J]. *J of Nanjing University of Technology*, 2004, 26(3): 27-30

[9] 邱凯昌, 李德仁, 李德毅. 云理论及其在空间数据挖掘和知识发现中的应用[J]. *中国图像图形学报*, 1999, 4(11): 929-935

(Di K C, Li D Y, Li D Y. The cloud theory and application in the space data mining and knowledge discovery [J]. *The Chinese Graph and Image Transaction*, 1999, 4(11): 929-935)

[10] 邱凯昌. *空间数据挖掘与知识发现* [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001

[11] 邱凯昌, 李德仁, 李德毅. 语言云模型的扩展及其在空间数据挖掘中的应用[A]. *第九届全国图像图形学术会议* [C]. 西安, 1998, 5: 521-526