

基于二元语义信息处理的一种语言群决策方法

王欣荣, 樊治平

(东北大学工商管理学院, 沈阳 110004)

摘要:针对解决具有语言评价信息的多指标群决策问题,提出了一种基于二元语义信息处理的群决策方法.该方法是采用近年来最新发展的二元语义概念对语言评价信息进行处理和运算,它是依据传统理想点法的基本思想,通过计算每个方案与正、负理想点间的语义距离,最终确定最优方案,使该方案最贴近正理想点和最远离负理想点.该方法具有对语言信息处理较为精确的特点,避免了以往采用的语言信息处理方法所带来的信息扭曲和损失.最后给出了一个算例.

关键词:群决策;语言评价信息;二元语义;理想点法

中图分类号: N945.25; C934 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2003)05-0001-05

0 引言

在许多实际的群决策过程中,由于被判断事物的模糊性和不确定性,决策者以语言形式的评价信息来反映自己的偏好是最为常见的情形^[1].例如,在评价一辆汽车的舒适程度时,采用“舒适”、“较舒适”、“不舒适”等语言信息描述是比较容易的.因此,基于语言评价信息的群决策理论与方法的研究近年受到了广泛关注^[2~6].以往采用的具有语言信息的群决策方法主要有两类:一类是将语言评价信息转化为模糊数,并依据扩展原理进行模糊数运算与分析^[7,8];另一类是根据语言评价集自身的顺序和性质直接对语言短语符号进行运算或处理^[9,10].但第一类方法需要事先假设模糊数的隶属函数,而且根据扩展原理进行模糊数运算时往往进一步增加了模糊性,在一定程度上会造成信息损失或扭曲,另外,模糊数的运算结果通常与初始语言评价信息没有直接联系,很难让决策者理解决策分析结果的具体含义.第二类方法由于事先定义的语言评价集是离散的,语

言信息经运算后,很难精确对应到初始的语言评价信息集,通常需要寻找一个最贴近的语言短语进行近似,也会产生信息损失.为了解决语言信息运算或处理中所产生的信息损失问题,西班牙 Herrera 教授 2000 年在《IEEE Transactions on Fuzzy Systems》上首次提出了采用二元语义描述语言评价信息的方法^[11],这是一个重大突破.采用二元语义表示语言评价信息并进行运算,可有效避免语言评价信息集结和运算中出现的信息损失和扭曲,也使语言信息计算结果更为精确^[12,13].本文依据传统理想点法的基本思想^[14],考虑解决具有语言评价信息的多指标群决策问题,提出一种基于二元语义信息处理的群决策方法.

1 问题描述

在考虑的多指标群决策问题中,设一个有限决策(备选)方案集为 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ ($n \geq 2$),其中, X_i 表示第 i 个决策方案;指标(或属性)集为 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_q\}$ ($q \geq 2$),其中, P_j 表示

收稿日期:2002-09-16;修订日期:2003-07-01.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70071004);教育部高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目(教人司[2002]123);辽宁省自然科学基金资助项目(002012).

作者简介:王欣荣(1977—),女,回族,河北秦皇岛人,博士生.

第 j 个指标;决策群体集为 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$ ($m \geq 2$), 其中, D_k 表示第 k 个决策者. 假设决策者 D_k 针对指标集 P 给出具有语言评价信息形式的权重向量为 $R^k = (r_1^k, r_2^k, \dots, r_q^k)^T$, 其中 r_j^k 表示决策者 D_k 从预先定义好的自然语言(或自然语言符号)评价集 L 中选择一个元素作为对指标 P_j 的重要程度的描述;决策者 D_k 给出的具有语言形式的评价矩阵记为 $B^k = (b_{ij}^k)_{n \times q}$, 其中 b_{ij}^k 为决策者 D_k 从预先定义好的自然语言评价集 S 中选择一个元素作为方案 X_i 对应于指标 P_j 的评价. 这里, 自然语言评价集 L (或 S) 是一个预先定义好的由奇数个元素构成的有序集合, 而本文所考虑的 L 和 S 均是由 7 个元素(即语言短语)构成的集合, 即 $L = S = \{S_0 = FC$ (非常差), $S_1 = HC$ (很差), $S_2 = C$ (差), $S_3 = YB$ (一般), $S_4 = Z$ (重要), $S_5 = HZ$ (很重要), $S_6 = FZ$ (非常重要)}. 可以看出, 一般要求 L (或 S) 具有如下性质:

- 1) 有序性 当 $i \geq j$ 时, 有 $S_i \geq S_j$, 这里符号“ \geq ”表示“好于或等于”;
- 2) 存在逆运算算子“Neg” 当 $j = T - i$ 时, 有 $Neg(S_i) = S_j$, 这里, $T + 1$ 表示集合 S (或 L) 中元素的个数.
- 3) 极大化运算和极小化运算 当 $S_i \geq S_j$ 时, 有 $M \times \{S_i, S_j\} = S_i; \text{Min}\{S_i, S_j\} = S_j$.

2 二元语义及其运算算子

二元语义是一种基于符号平移概念^[11~13, 15]采用一个二元组 (S_i, i) 表示语言评价信息的方法. 其中, S_i 表示事先定义的语言评价信息集中的语言短语, i 表示由计算得到的语言信息与初始语言评价集中最贴近语言短语之间的差别, 这一差别是区间 $[-0.5, 0.5]$ 内的一个数值, 这也就是符号平移的概念. 下面对二元语义给予具体介绍, 然后给出与二元语义有关的运算算子的定义.

定义 1 设 $S_i \in S$ 为语言短语, 则其相应的二元语义可通过下面转换函数 得到

$$S_i \in S \times [-0.5, 0.5] \\ (S_i, i) = (S_i, 0), S_i \in S \quad (1)$$

定义 2 设语言评价集 $S = \{S_0, S_1, \dots, S_T\}$, $[0, T]$ 是一个数值, 表示语言符号集结运算

的结果, 则与 (S_i, i) 相应的二元语义可由下面函数 得到

$$[0, T] \in S \times [-0.5, 0.5] \\ (S_i, i) = (S_i, i) = \begin{cases} S_i, & i = \text{Round}(i) \\ S_{T-i}, & i \in [-0.5, 0.5] \end{cases} \quad (2)$$

其中, Round 表示“四舍五入”取整运算.

定义 3 设语言评价集 $S = \{S_0, S_1, \dots, S_T\}$, (S_i, i) 是一个二元语义, 则存在一个逆函数 i^{-1} 使二元语义可转换成相应的数值 $i \in [0, T]$, 即

$$i^{-1} \in S \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, T] \\ i^{-1}(S_i, i) = i + i \quad (3)$$

假设 (S_i, i) 和 (S_j, j) 为任意两个二元语义, 则应该有下列性质:

- 1) 有序性 具体地, 有
当 $i > j$ 时, 有 $(S_i, i) > (S_j, j)$, 这里符号“ $>$ ”表示“好于”;
当 $i = j$ 时, 有
如果 $i > j$, 则 $(S_i, i) > (S_j, j)$;
如果 $i = j$, 则 $(S_i, i) = (S_j, j)$, 这里符号“ $=$ ”表示“等于”;
如果 $i < j$, 则 $(S_i, j) < (S_j, j)$, 这里符号“ $<$ ”表示“劣于”;
- 2) 存在逆运算算子“Neg” $Neg((S_i, i)) = (T - (i^{-1}(S_i, i)))$ 这里, $T + 1$ 表示集合 S 中元素的个数.
- 3) 极大化运算 当 $(S_i, i) \geq (S_j, j)$ 时, 有 $M \times \{(S_i, i), (S_j, j)\} = (S_i, i)$.
- 4) 极小化运算 当 $(S_i, i) \geq (S_j, j)$ 时, 有 $\text{Min}\{(S_i, i), (S_j, j)\} = (S_j, j)$.

定义 4 任意两个二元语义 (S_i, i) 和 (S_j, j) 之间的距离 (d, i) 定义为

$$(d, i) = (|i^{-1}(S_i, i) - i^{-1}(S_j, j)|) \\ d \in S; \quad i \in [-0.5, 0.5] \quad (4)$$

定义 5 设 $(b_1, i), (b_2, j), \dots, (b_m, m)$ 是一组要集结的二元语义, 则基于二元语义的算术平均算子 \bar{B}^e 定义为

$$\bar{B}^e = (\bar{b}, \bar{i}) = \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m i^{-1}(b_i, i) \right) \\ \bar{b} \in S; \quad \bar{i} \in [-0.5, 0.5] \quad (5)$$

定义 6 设 $(b_1, i), (b_2, j), \dots, (b_m, m)$ 是

一组要集结的二元语义, $R = ((r_1, 1), (r_2, 2), \dots, (r_m, m))^T$ 是对应的二元语义权重向量, 则基于二元语义的加权平均算子 B^e 定义为

$$B^e = (b, \wedge) = \left(\frac{\sum_{i=1}^m [^{-1}(r_i, i) \times ^{-1}(b_i, i)]}{\sum_{i=1}^m ^{-1}(r_i, i)} \right) \quad (6)$$

3 基于二元语义信息处理的群决策方法

依据传统的理想点法的基本思想, 考虑解决具有语言评价信息的多指标群决策问题, 对语言评价信息的处理和运算, 采用前面给出的二元语义及其运算算子. 下面给出群决策方法的计算步骤.

步骤 1 将决策者给出的语言评价信息转化为二元语义形式的评价信息.

根据定义 1, 利用转换函数 \wedge 将语言评价信息 r_j^k 和 b_{ij}^k 分别转换成 $(r_j^k, 0)$ 和 $(b_{ij}^k, 0)$.

步骤 2 将二元语义形式的评价信息集结为群的综合评价信息.

根据二元语义的算术平均算子计算公式(5), 分别计算群的综合评价矩阵 $B = ((b_{ij}, ij))_{n \times q}$ 和群的指标权重 $R = ((r_1, 1), (r_2, 2), \dots, (r_q, q))^T$, 其中元素的计算方法分别为

$$(b_{ij}, ij) = \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m ^{-1}(b_{ij}^k, ij^k) \right) \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, q \quad (7)$$

$$(r_j, j) = \left(\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m ^{-1}(r_j^k, j^k) \right) \quad j = 1, 2, \dots, q \quad (8)$$

式中: (b_{ij}, ij) 表示方案 X_i 对应指标 P_j 的群的综合评价价值; (r_j, j) 表示群对于指标 P_j 的重要程度描述.

步骤 3 定义正理想点和负理想点.

定义正理想点 $(b^+, +)$ 和负理想点 $(b^-, -)$ 分别为

$$(b^+, +) = ((b_1^+, 1), (b_2^+, 2), \dots, (b_q^+, q)) \quad (9)$$

$$(b^-, -) = ((b_1^-, 1), (b_2^-, 2), \dots, (b_q^-, q)) \quad (10)$$

其中

$$(b_j^+, j) = \text{Max}\{(b_{1j}, 1j), (b_{2j}, 2j), \dots, (b_{nj}, nj)\} \quad j = 1, 2, \dots, q \quad (11)$$

$$(b_j^-, j) = \text{Min}\{(b_{1j}, 1j), (b_{2j}, 2j), \dots, (b_{nj}, nj)\} \quad j = 1, 2, \dots, q \quad (12)$$

步骤 4 计算每个备选方案与正负理想点间的距离.

根据二元语义的距离计算公式(4) 和加权平均算子计算公式(6), 可得每个方案与正、负理想点间的距离分别为

$$(d_i^+, +) = \left(\frac{1}{q} \sum_{j=1}^q [^{-1}(r_j, j) \times ^{-1}(b_{ij}^+, ij) - ^{-1}(b_j^+, j)] \right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$(d_i^-, -) = \left(\frac{1}{q} \sum_{j=1}^q [^{-1}(r_j, j) \times ^{-1}(b_{ij}^-, ij) - ^{-1}(b_j^-, j)] \right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

式中, $(d_i^+, +)$ 和 $(d_i^-, -)$ 分别表示备选方案 X_i 与正理想点和负理想点间的距离.

步骤 5 计算方案的贴近度.

为了确定最优方案, 希望其最贴近正理想点而最远离负理想点. 为此, 将每个方案与正、负理想点间的距离 $(d_i^+, +)$ 和 $(d_i^-, -)$ 综合, 得到方案 X_i 的贴近度 (d_i, i) , 即

$$(d_i, i) = \left(^{-1}(d_i^-, -) / [^{-1}(d_i^+, +) + ^{-1}(d_i^-, -)] \right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

步骤 6 方案排序.

依据二元语义自身的性质对所有方案进行排序, 即 (d_i, i) “越大”, 相应的方案 X_i 越排在前面.

4 算例

一家风险投资公司需要选择某个项目对其进行投资, 有 3 个备选方案, 即项目 X_1 、项目 X_2 和项

目 X_3 . 在进行方案优选时需考虑 4 个因素分别是: 风险性因素 (P_1)、成长性因素 (P_2)、社会政治性因素 (P_3) 和环境因素 (P_4). 该公司聘请 3 个专家 (即 D_1, D_2, D_3) 参与决策分析, 3 个专家给出的指标权重向量和评价矩阵分别为

$$R^1 = (YB, Z, HC, C)^T$$

$$R^2 = (HC, HZ, C, Z)^T$$

$$R^3 = (Z, C, YB, Z)^T$$

$$B^1 = \begin{bmatrix} HZ & FZ & HC & Z \\ Z & HZ & YB & Z \\ HZ & FZ & HZ & YB \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} (FZ, -0.33) & (YB, 0.33) & (C, 0) & (C, -0.33) \\ (Z, -0.33) & (YB, 0.33) & (YB, 0) & (YB, -0.33) \\ (HZ, -0.33) & (HZ, -0.33) & (YB, 0.33) & (C, 0) \end{bmatrix}$$

根据式 (8) 可计算得到群的指标权重为 $R = ((YB, -0.33), (Z, -0.33), (C, 0), (YB, 0.33))^T$. 再根据式 (9) ~ (12) 可确定正理想点和负理想点分别为 $(b^+, +) = ((FZ, -0.33), (HZ, -0.33), (YB, 0.33), (YB, -0.33))^T$; $(b^-, -) = ((Z, -0.33), (YB, 0.33), (C, 0), (C, -0.33))^T$. 根据公式 (13) 和 (14) 可得每个方案与正、负理想点间的距离分别为 $(d_1^+, +) = (HC, -0.07)$, $(d_1^-, -) = (FC, 0.46)$; $(d_2^+, +) = (HC, -0.17)$, $(d_2^-, -) = (FC, 0.46)$; $(d_3^+, +) = (FC, 0.42)$, $(d_3^-, -) = (HC, -0.03)$. 由式 (15) 可计算每个方案的贴近度分别为

$$B^2 = \begin{bmatrix} FZ & C & YB & FC \\ YB & C & HZ & Z \\ HZ & YB & C & C \end{bmatrix}$$

$$B^3 = \begin{bmatrix} FZ & C & C & HC \\ Z & YB & HC & FC \\ Z & HZ & YB & HC \end{bmatrix}$$

其中, R^k 和 B^k ($k = 1, \dots, 3$) 中元素的含义如前面所述.

为了确定最优方案, 可采用前面给出的理想点法进行分析. 根据式 (7) 可得群的综合评价矩阵

$(d_1, -) = (FC, 0.32)$, $(d_2, -) = (FC, 0.36)$, $(d_3, -) = (HC, -0.31)$. 由此可看出方案 X_3 最优.

5 结束语

为了解决具有语言评价信息的多指标群决策问题, 本文给出了一种基于二元语义信息处理的群决策方法. 方法将传统理想点法扩展到具有语言评价信息的情形, 通过采用近年来最新发展的二元语义及其集结运算算子进行语言评价信息的处理, 有效避免了以往采用的语言信息处理方法所产生的信息损失问题.

参 考 文 献:

[1] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. On aggregation operations of linguistic label[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1993, 8: 351—370

[2] Bordogna G, Fedrizzi M, Pasi G. A linguistic modeling of consensus in group decision making based on OWA operators[J]. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans, 1997, 27(1): 126—132

[3] Kacpizyk J. Group decision making with a fuzzy linguistic[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 18: 105—118

[4] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay J L. A sequential selection process in group decision making with linguistic assessments [J]. Information Sciences, 1995, 85: 223—229

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

[6] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay J L. A rational consensus model in group decision making using linguistic assessment[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1997, 88: 31—49

[7] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. Linguistic decision making models[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1992, 7: 479—492



- [8] Delgado M, Verdegay J L, Vila M A. A model for linguistic partial information in decision making problem[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1994, 9: 365—378
- [9] Herrera F, Herrera-Viedma E. Aggregation operators for linguistic weighted information[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 1997, 27(5): 646—656
- [10] Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 115: 67—82
- [11] Herrera F, Martínez L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, 8(6): 746—752
- [12] Herrera F, Martínez L. The 2-tuple Linguistic Computational Model Versus the Computational Model Based on the Extension Principle. Analysis of the Linguistic Description, Accuracy and Consistency[R]. DECSA000110, Department. of Computer Science and Artificial Intelligence, University of Granada, 2000
- [13] Herrera F, Herrera-Viedma E, Martínez L. Representation models for aggregating linguistic information: Issues and analysis[A]. In: Mesiar R, Calvo T. Eds. . Aggregation Operators: New Trends and Applications[M]. Series Studies in Fuzziness and Soft Computing. Physica-Verlag, 2001
- [14] 方卫国, 周泓. 逼近群体理想点的多指标群体决策算法[J]. 管理科学学报, 1998, 1(4): 34—38
- [15] Herrera F, Martínez L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranularity hierarchical linguistic contexts in multiexpert decision-making[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B: Cybernetics, 2001, 31(2): 227—234

Method for group decision making based on two-tuple linguistic information processing

WANG Xin-rong, FAN Zhi-ping

School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China

Abstract: A new method is proposed to solve multiple attribute group decision making problems with linguistic assessment information. In the method, the two-tuple linguistic representation developed in recent years is used to aggregate the linguistic assessment information. According to the traditional ideas of TOPSIS, the optimal alternative(s) is determined by calculating the linguistic distance of every alternative and positive-ideal solution and negative-ideal solution. It is based on the concept that the optimal alternative should have the shortest distance from positive-ideal solution and the farthest from the negative-ideal solution. The method has exact characteristic in linguistic information processing. It avoided information distortion and losing which occur formerly in the linguistic information processing. Finally, a numerical example is used to illustrate the use of the proposed method.

Key words: group decision making; linguistic assessment information; two-tuple; TOPSIS