

犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法在川酒品牌评价中的应用

廖虎昌[†], 杨 竹, 徐泽水, 顾 新

(四川大学 商学院, 成都 610064)

摘 要: 基于犹豫模糊语言集理论, 提出一种犹豫模糊语言信息环境下的 PROMETHEE 多属性决策方法, 并应用于川酒品牌评价决策问题中. 研究表明, 犹豫模糊语言集能够很好地描述和处理复杂定性信息环境下的川酒品牌评价与决策问题; 所提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 算法简便, 且改进的偏好函数允许决策者根据其对方方案的严格优于偏好对参数进行选择, 可保证决策过程的科学性和决策结果的准确性.

关键词: 川酒品牌评价; PROMETHEE; 多属性决策; 犹豫模糊语言集; 犹豫模糊语言偏好关系; 偏好函数

中图分类号: C934 文献标志码: A

A hesitant fuzzy linguistic PROMETHEE method and its application in Sichuan liquor brand evaluation

LIAO Hu-chang[†], YANG Zhu, XU Ze-shui, GU Xin

(Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: Based on the hesitant fuzzy linguistic theory, this paper proposes a hesitant fuzzy linguistic PROMETHEE method for multiple criteria decision making, in which all the judgments of alternatives over the criteria are represented by the hesitant fuzzy linguistic term set. An example concerning the Sichuan liquor brand evaluation is provided to demonstrate the applicability of the proposed method. The results of the numerical example show that the hesitant fuzzy linguistic term set has many advantages in describing and tackling the complex Sichuan liquor brand evaluation and decision-making problem with qualitative information. It also demonstrates that the introduced algorithm is easy to use, and the improved preference functions ensure the scientific nature of the decision-making process and the accuracy of the decision results, as they allow decision-makers to select parameters according to their needs for representing strict preferences.

Keywords: Sichuan liquor brand evaluation; PROMETHEE; multiple criteria decision making; hesitant fuzzy linguistic term set; hesitant fuzzy linguistic preferenc relation; preference functions

0 引 言

不确定环境下的多属性决策问题是许多决策过程中存在的难题. Zadeh^[1]为模拟客观事物的不确定性提出了模糊集. 除客观事物的不确定性外, 决策者的认知不确定性也会影响最终的决策结果, 而这种复杂认知很难定量地描述. 考虑到语言是人类表达的主要方式, 使用语言术语来代替定量的准确数值更加符合人们在犹豫模糊环境下的表达习惯. 同时, 在许多决策环境下, 决策者可能很难用单个的语言术语准确全面地表达其偏好和想法. 因此, 文献[2]提出了犹豫模糊语言集的概念和模型, 通过犹豫模糊语言集模型, 决策者可以用贴近人类表达习惯的语言表达式来

描述其评价信息; 之后, 文献[3-4]给出了犹豫模糊语言集完整的数学表达形式, 并提出了基于犹豫模糊语言信息的距离和相似性测度的多属性决策方法. 基于犹豫模糊语言信息的决策理论与方法已经吸引了许多学者的广泛关注, 逐渐成为决策分析领域的一个重要分支和研究方向^[5-6]. 文献[7-8]提出了在犹豫模糊语言决策信息环境下的 VIKOR 方法, 并将其应用于华西医院的病患准入和分级诊疗实践中; 文献[9]提出了基于得分函数的犹豫模糊语言 TODIM 方法; 文献[10]结合 PROMETHEE 方法, 给出了犹豫模糊语言多属性决策排序方法; 文献[11]提出了两种求解犹豫模糊语言多属性决策问题的 ELECTRE 方法; 文

收稿日期: 2018-03-21; 修回日期: 2018-05-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71501135, 71771156); 四川大学优秀青年学者科研基金项目(2016SCU04A23); 四川省教育厅重点项目(Xq16B04, CJZ16-01, CJCB2016-02).

责任编辑: 樊治平.

[†]通讯作者. E-mail: liaohuchang@163.com.

献[12]研究了犹豫模糊语言的MACBETH方法;文献[5-6]从信息融合理论、测度理论、偏好关系理论以及决策方法等视角对基于犹豫模糊语言信息的定性决策理论与方法进行了综述。

PROMETHEE方法由Brans等^[13]提出,是一种基于两两比较方案优序关系的多属性决策方法,其主要思想是:通过偏好函数和决策者给出的各个属性权重,确定不同方案之间的优序关系。PROMETHEE I和PROMETHEE II分别按照满意和最优的两种决策规则提供给决策者方案集的部分或完全排序。PROMETHEE II在PROMETHEE I的基础上进一步扩展:PROMETHEE I只能得到所有方案的部分序;PROMETHEE II由于定义了方案的净流量,可得到所有方案的完全序。PROMETHEE方法的优点在于:相较于ELECTRE具有更好的稳定性;不需要对指标进行无量纲化和规范处理,从而避免了处理过程中的信息偏差。PROMETHEE方法已经广泛应用于研究生素质评价^[14]、商业银行绩效评估^[15]、蓄冷空调方案选择^[16]等决策问题。

在犹豫模糊语言环境下,两个犹豫模糊语言不能直接进行定量运算^[17],因而不能直接使用PROMETHEE的各种偏好函数。为此,本文提出一种犹豫模糊语言PROMETHEE多属性决策方法,并将它应用于川酒品牌评价决策问题中。受基于犹豫模糊语言信息的距离和相似性测度的多属性决策方法^[4]的启发,本文根据犹豫模糊语言的计算需要改进传统的偏好函数。这种改进的偏好函数允许决策者根据决策需要对参数 θ 进行选择(参数 θ 表征决策者在决策过程中的主观偏好),并且考虑犹豫模糊语言的整体分布情况,从而避免运算过程中只选取个别极端值而忽略整体分布情况所带来的运算偏差。

中国白酒是世界著名的蒸馏酒种类之一,历史文化悠久。白酒作为饮品,其不仅是物质产品,同时也具有丰富的精神文化内涵。因此,白酒品牌建设具备不可或缺的两个方面:第一,要注重白酒产品本身的品质建设,带给顾客感官上的完美饮酒体验;第二,要注重白酒的内在精神文化建设,带给顾客精神上的愉悦。四川作为中国白酒的主产区,四川白酒承载了厚重的白酒历史。川酒以其独特的酿造工艺为世人所青睐。此外,酯和种类较多的微量香气成分缔造了川酒独特的风格和口味,也是川酒品质的关键所在,这种独特的品质主要依赖于四川独特的自然环境——湿润的气候和微生物环境。从白酒的香型来看,川酒主要有以五粮液、泸州老窖特曲和剑南春为代表的浓香型白酒,以郎酒为代表的酱香型白酒和以小曲

酒为代表的清香型白酒^[18]。浓香型白酒的理化指标和色谱分析数据折算为52%vol白酒的含量,清香型白酒的理化指标和色谱分析数据折算为56%vol的含量,酱香型白酒的理化指标和色谱分析数据折算为53%vol的含量^[19]。

2012年,四川省白酒产量为295.2万千升,占全国总产量的25.60%;2013年四川省白酒产量为336.4万千升,占全国总产量的27.40%;2014年,四川省白酒产量为349.97万千升,占全国总产量的27.89%;2015年,四川省白酒产量为370.90万千升,占全国总产量的28%;2016年1~10月,四川省白酒产量为315.4万千升,占全国总产量的29.10%^[20]。川酒在酒香、饮酒舒适度和饮酒体验上都比其他产地的白酒更胜一筹,因此川酒是中国白酒产业的主力军,在我国的白酒市场中占据着极其重要的地位。2008年,四川省委、省政府提出了基于宜宾、泸州、遵义打造中国白酒金三角的战略。白酒金三角战略包括四川省宜宾市、四川省泸州和贵州省遵义等白酒产区和茅台、五粮液、沱牌、郎酒、习酒、泸州老窖、董酒、剑南春、水井坊等白酒品牌,要求巩固提升“六朵金花”的品牌地位,形成品牌合力,致力于打造成为中国“波尔多”示范式的白酒产业,闻名世界。因此,对川酒品牌的研究具有重要的战略意义。

首先,介绍与犹豫模糊语言集相关的预备知识;然后,回顾6种已知的PROMETHEE偏好函数并对其进行改进,提出基于改进的偏好函数的犹豫模糊语言PROMETHEE方法;最后,给出四川白酒品牌评估的应用实例以验证犹豫模糊语言PROMETHEE方法的适用性和有效性。

1 预备知识

定义1^[3,17] 设 $S = \{s_g | g = 0, 1, \dots, \tau\}$ 为语言术语集, $a_i \in A, i = 1, 2, \dots, N, A$ 上的犹豫模糊语言集 H_S 的数学形式为

$$H_S = \{\langle a_i, h_S(a_i) \rangle | a_i \in A\}. \quad (1)$$

其中:函数 $h_S(a_i) : A \rightarrow S$ 指元素 $a_i \in A$ 映射到集合 $X \subset A$ 的可能隶属度, $h_S(a_i)$ 是语言术语集 S 中的一列连续的可能取值,且 $h_S(a_i) = \{s_{\varphi_l}(a_i) | s_{\varphi_l}(a_i) \in S, l = 1, 2, \dots, L(a_i)\}, \varphi_l \in \{0, 1, \dots, \tau\}$ 是语言术语 $s_{\varphi_l}(a_i)$ 的下标, $L(a_i)$ 是 $h_S(a_i)$ 中语言术语的个数。为简化起见,称 $h_S(a_i)$ 为犹豫模糊语言数, H_S 为语言术语集 S 上的全部犹豫模糊语言数的集合。

定义2^[3,17] 设 S 为语言术语集, G_H 为文本自由语法,则该文本自由语法的元素 $G_H = (V_N, V_T, I, P)$ 可定义如下: $V_N = \{\text{主词, 复合词, 一元关系, 二元}$

关系,连词}; $V_T = \{“少于”, “多于”, “至少”, “至多”, “在...之间”, “和”, “s_0”, “s_1”, \dots, “s_\tau”\}$; $I \in V_N$; $P = \{I \text{ 指主词或复合词; 主词指 “s}_0”, “s_1”, \dots, “s_\tau”\}$; 复合词指一元关系 + 主词, 或二元关系 + 连词 + 主词; 一元关系指“少于”或“多于”; 二元关系指“在...之间”; 连词指“和”}.

定义3^[3,17] 设 E_{G_H} 为将文本自由语法 G_H 生成的语言表达式 $ll \in S_{ll}$ 转化为犹豫模糊语言集 H_S 的函数, S 为语法 G_H 采用的语言术语集, S_{ll} 为语法 G_H 生成的所有表达式的集合, 则由语法 G_H 的生成规则生成的语言表达式可通过转化公式 $E_{G_H}: S_{ll} \rightarrow H_S$ 转换为犹豫模糊语言集, 其中

- 1) $E_{G_H}(s_g) = \{s_g | s_g \in S\}$;
- 2) $E_{G_H}(\text{至多 } s_\alpha) = \{s_g | s_g \in S \text{ 且 } s_g \leq s_\alpha\}$;
- 3) $E_{G_H}(\text{少于 } s_\alpha) = \{s_g | s_g \in S \text{ 且 } s_g < s_\alpha\}$;
- 4) $E_{G_H}(\text{至少 } s_\alpha) = \{s_g | s_g \in S \text{ 且 } s_g \geq s_\alpha\}$;
- 5) $E_{G_H}(\text{多于 } s_\alpha) = \{s_g | s_g \in S \text{ 且 } s_g > s_\alpha\}$;
- 6) $E_{G_H}(\text{在 } s_\alpha \text{ 与 } s_\beta \text{ 之间}) = \{s_g | s_g \in S \text{ 且 } s_\alpha \leq s_g \leq s_\beta\}$.

例1 考虑乘客评估3个共享汽车司机 a_1, a_2, a_3 的服务质量. 这些共享汽车司机的服务质量的语言术语集可设置为 $S = \{s_{-3} = \text{糟糕}, s_{-2} = \text{差}, s_{-1} = \text{略差}, s_0 = \text{中等}, s_1 = \text{略好}, s_2 = \text{好}, s_3 = \text{完美}\}$. 根据语言术语集和文本自由语法, 乘客给出他/她对司机服务水平的判断, 语言表达分别是: $ll_1 = \text{至少中等}$; ll_2 在中等与好之间, $ll_3 = \text{至少好}$. 利用转换函数 E_{G_H} 可得犹豫模糊语言集 $H_S(a) = \{\langle a_1, h_s(a_1) \rangle, \langle a_2, h_s(a_2) \rangle, \langle a_3, h_s(a_3) \rangle\}$. 其中: $h_s(a_1) = \{s_0, s_1, s_2, s_3\}$, $h_s(a_2) = \{s_0, s_1, s_2\}$, $h_s(a_3) = \{s_2, s_3\}$.

在有些情况下, 不同的犹豫模糊语言数包含的语言术语的个数是不同的. 为了正确地对两个犹豫模糊语言数进行运算, 文献[4]引入了一种添加语言术语项的方法. 设 $b = \{b_l | l = 1, 2, \dots, \#b\}$ 为犹豫模糊语言数, $\#b$ 为 b 中语言术语的个数, 令 b^+ 和 b^- 分别为 b 中最大和最小的语言术语, $\xi (0 \leq \xi \leq 1)$ 为优化参数, 则可添加语言术语 $b = \xi b^+ \oplus (1 - \xi) b^-$ 至元素个数较少的犹豫模糊语言数中. 本文取 $\xi = 0.5$.

定义4^[4,17] 犹豫模糊语言的正理想解 A^+ 和负理想解 A^- 分别为: $A^+ = \{h_s^{1+}, h_s^{2+}, \dots, h_s^{n+}\}$, $A^- = \{h_s^{1-}, h_s^{2-}, \dots, h_s^{n-}\}$. 其中

$$h_S^{j+} = \begin{cases} \max_{i=1,2,\dots,m} h_S^{ij+} = \max_{\substack{i=1,2,\dots,m, \\ l=1,2,\dots,\#h_S^{ij}}} \{s_{\delta_l^{ij}}\}, & \text{对收益型属性;} \\ \min_{i=1,2,\dots,m} h_S^{ij-} = \min_{\substack{i=1,2,\dots,m, \\ l=1,2,\dots,\#h_S^{ij}}} \{s_{\delta_l^{ij}}\}, & \text{对成本型属性.} \end{cases}$$

$$h_S^{j-} = \begin{cases} \max_{i=1,2,\dots,m} h_S^{ij+} = \max_{\substack{i=1,2,\dots,m, \\ l=1,2,\dots,\#h_S^{ij}}} \{s_{\delta_l^{ij}}\}, & \text{对成本型属性;} \\ \min_{i=1,2,\dots,m} h_S^{ij-} = \min_{\substack{i=1,2,\dots,m, \\ l=1,2,\dots,\#h_S^{ij}}} \{s_{\delta_l^{ij}}\}, & \text{对收益型属性.} \end{cases}$$

$j = 1, 2, \dots, n.$

2 基于改进的偏好函数的犹豫模糊语言 PROMETHEE 多属性决策方法

2.1 改进的偏好函数

PROMETHEE 方法中有6种形式的偏好函数^[13], 具体如下:

1) 一般准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq 0; \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > 0. \end{cases}$$

2) U型准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq v; \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > v. \end{cases}$$

3) 线性准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq 0; \\ \frac{d_j(a_i, a_k)}{v}, & 0 < d_j(a_i, a_k) \leq v; \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > v. \end{cases}$$

4) 多级准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq v; \\ \frac{1}{2}, & v < d_j(a_i, a_k) \leq w; \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > w. \end{cases}$$

5) 线性无差别区间准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq v; \\ \frac{d_j(a_i, a_k) - v}{w - v}, & v < d_j(a_i, a_k) \leq w; \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > w. \end{cases}$$

6) 高斯准则为

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq 0; \\ 1 - e^{-\frac{d_j^2(a_i, a_k)}{2s^2}}, & d_j(a_i, a_k) > 0. \end{cases}$$

无论选择哪种偏好函数, 都应计算 $d_j(a_i, a_k) = f(a_i) - f(a_k)$, 其表征任何两种备选方案之间的偏好差异. 然而, 在犹豫模糊语言环境下, 两个属性的描述方式是犹豫模糊语言, 不能直接进行运算, 因而不能直接使用 PROMETHEE 的上述偏好函数计算同一个属性下两个方案的离差 $d_j(a_i, a_k)$. 因此

PROMETHEE方法的偏好函数不能有效地使用,需对PROMETHEE方法的上述偏好函数进行改进.改进步骤如下.

Step 1: 令犹豫模糊语言数 $h_s^{ij} = \{s_{\delta l}^{ij} | l = 1, 2, \dots, \#h_s^{ij}\} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 表示方案 a_i 在属性 c_j 上的满足程度. 对于每一个犹豫模糊语言集, 定义 $\sigma_s^{ij} = \sum_{l=1}^{\#h_s^{ij}} \delta_l^{ij}$ 为该集之中所有犹豫模糊语言数之和. 在属性 c_j 上, 任意一对方案 a_i 与 a_k 的离差为

$$d_j(a_i, a_k) = \sigma_s^{ij} - \sigma_s^{kj}, \quad i, k = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Step 2: 确定准则 c_j 下的正理想解 A_j^+ , 负理想解 A_j^- , 并计算其离差 $d_j(A_j^+, A_j^-)$.

Step 3: 使用偏好函数中的线性偏好准则函数, 严格偏好阈值取 $v = \theta d_j(A_j^+, A_j^-), 0 < \theta < 1$. 决策者根据决策过程的实际需要及其主观偏好选择参数 θ 的取值: $f(a_i)$ 与 $f(a_k)$ 之间的差为0表明方案 a_i 与方案 a_k 是无差别的; $f(a_i)$ 与 $f(a_k)$ 之间的差大于 $\theta d_j(A_j^+, A_j^-)$ 表明方案 a_i 严格优于方案 a_k . 因此, 可以修改线性准则偏好函数, 即

$$P_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0, & d_j(a_i, a_k) \leq 0; \\ \frac{d_j(a_i, a_k)}{\theta d_j(A_j^+, A_j^-)}, & 0 < d_j(a_i, a_k) \leq \theta d_j(A_j^+, A_j^-); \\ 1, & d_j(a_i, a_k) > \theta d_j(A_j^+, A_j^-). \end{cases}$$

$$0 < \theta < 1. \quad (3)$$

2.2 犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法

犹豫模糊语言允许决策者在信息不完全和在多个不同语言信息间犹豫不决等情况下对客观事物进行定性描述, 符合现实决策过程的需要, 因为有些决策问题无法定量地测量而只能定性地评估. 下面给出基于改进的线性准则偏好函数的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法的算法步骤.

Step 1: 定义一个多属性决策问题: 确定由 n 个方案组成的方案集 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 和由 m 个属性组成的属性集 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, 各个属性权重组成的集合为 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$, 其中 $0 \leq w_j \leq 1$ 且 $\sum_{j=1}^m w_j = 1$.

Step 2: 针对上述决策问题用语言表达式对各个属性 c_j 下每个方案 a_i 的表现给出定性评估. 根据定义2给出的文本自由语法 G_H 生成语言表达式 Π .

Step 3: 根据定义3给出的转换函数 E_{GH} 将语言表达式 Π 转化为犹豫模糊语言集 H_S . 为方便运算, 添加新的语言术语, 使得犹豫模糊语言数中包含相同个数的语言术语.

Step 4: 确定偏好函数. 在收益型属性 c_j 下, 方案 a_i 优于方案 a_k 的程度由偏好函数表示. 修改后的线性准则偏好函数见式(3).

Step 5: 确定优先指数 $\pi(a_i, a_k)$. 优先指数表示方案 a_i 优于方案 a_k 的程度, 其越接近1, 方案 a_i 的优度越好.

$$\pi(a_i, a_k) = \sum_{r=1}^m w_j P_j(a_i, a_k). \quad (4)$$

其中: $j = 1, 2, \dots, m; i, k = 1, 2, \dots, n$.

Step 6: 根据优先指数, 计算每个方案的流出量 $\phi^+(a_i)$ 和流入量 $\phi^-(a_i)$, 即

$$\phi^+(a_i) = \sum_{r=1}^m \pi(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m w_j P_j(a_i, a_k), \quad (5)$$

$$\phi^-(a_i) = \sum_{r=1}^m \pi(a_k, a_i) = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m w_j P_j(a_k, a_i). \quad (6)$$

其中: $j = 1, 2, \dots, m; i, k = 1, 2, \dots, n; \phi^+(a_i)$ 表示 a_i 优越于其他方案的程度, 其值越大, a_i 相对于其他方案的优度越高; $\phi^-(a_i)$ 表示其他方案优于方案 a_i 的可能性, 其值越小, 方案 a_i 相对于其他方案的优度越高.

Step 7: 计算方案 a_i 的净流量, 即

$$\phi(a_i) = \phi^+(a_i) - \phi^-(a_i). \quad (7)$$

$\phi(a_i)$ 越大表明方案的优度越好. 若 $\phi(a_i) > \phi(a_k)$, 则方案 a_i 优于方案 a_k . 类似地, 可以得到方案的全排序.

在上述算法中, 决策者运用犹豫模糊语言进行定性评估后, 生成语言表达式和犹豫模糊语言数的评估矩阵; 然后将备选方案进行两两比较, 得到优先指数; 接着根据不同属性的权重, 利用犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法, 计算出方案的全排序. 本文提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法操作简便、易于运算. 通过定性的评价与定量的评估相结合实现决策的准确性. 除此以外, 该改进的 PROMETHEE 方法的可操作性很强, 因为只需要决策者提供对每个方案的模糊不确定的语言评价信息, 从决策者的视角减少了决策过程中犹豫不决的评估难度. 改进的偏好函数允许决策者根据决策的需要和决策者对于严格优于程度的偏好对参数 θ 进行选择, 并且考虑到了犹豫模糊语言数的整体分布情况, 避免了运算过程中只选取个别极端值而忽略了整体分布情况所产生的运算

误差.

注意到谭倩云等^[10]提出了基于可能度的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法. 该方法的前提条件是语言术语的取值分别服从均匀分布, 并且取值是相互独立的. 该方法把犹豫模糊语言数 h_S^1 和 h_S^2 的可能度关系问题转化为从犹豫模糊语言数 h_S^1 和 h_S^2 内随机取值 s_i 和 s_j , 进而得出犹豫模糊语言可能度公式. 虽然以语言术语的取值表面上看来是分别服从均匀分布和符合取值独立的情况, 但是该方法在实际运算的过程中, 通过区分两个犹豫模糊语言数 h_S^1 和 h_S^2 的位置关系, 只把两个犹豫模糊语言数的极端取值情况和犹豫模糊语言数的粒度考虑进去, 未充分考虑犹豫模糊语言数内的所有取值.

3 犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法在川酒品牌评价中的应用

下面将所提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法应用于川酒品牌评估这一复杂的定性决策问题中.

3.1 川酒品牌管理面临的问题和挑战

正如引言中介绍的, 对川酒品牌管理的研究具有重要的战略意义. 然而, 当前白酒行业面临一些问题和挑战:

1) 白酒行业没有统一的法规和执法主体, 市场进入行业门槛较低, 伪劣产品充斥市场. 由于缺乏相应法律法规, 一些白酒企业将用3年时间酿出来的白酒标注为10年、20年陈年佳酿, 更有甚者, 企业刚刚成立便推出了所谓20年、30年的陈年佳酿^[18].

2) 行业技术标准不明确. 2007年实施的国家白酒行业属性只对白酒某些理化指标进行分析检测, 而没有从感官层面对白酒的品质进行评价和鉴定.

3) 白酒品牌管理粗放. 一些白酒企业仅依靠无孔不入的广告造势传播来扩大市场销售; 打造白酒品牌局限于复古夸张的历史概念炒作, 盲目追求短期利益, 从长远视角来看不利于品牌塑造, 浪费了大量的企业资源^[18].

随着知识经济时代的到来和发展, 品牌不再仅仅是一种标志和符号, 而更多蕴含了产品的情感文化. 品牌是企业的无形资产, 长期的投入和经营能够为企业创造经济利益. 品牌向顾客传递不同产品和服务差异化的属性、价值观等信息, 与顾客形成共鸣从而对其产生偏好, 顾客在面对不同的品牌时会产生差异化的行为, 进而影响他们的购买决策和购买行为. 品牌资产作为一种无形资产具有独特的属性. 除此之外, 品牌价值是不断变化着的价值. 品牌价值评

估与顾客紧密相关联, 从顾客的视角充分考虑品牌的认可度和忠诚度. 随着社会的不断发展和消费意识升级, 人们越来越重视企业和社会角色扮演上所承担的社会责任, 产品是否节能环保, 是否是公益行为. 这些因素都影响着品牌的社会价值^[21-22].

相对于酒品牌评价的研究, 关于品牌评价的研究较为丰富和成熟. 目前国内外学者和评估机构对品牌价值评估的研究主要是基于财务、市场和顾客的视角. 财务概念主要评估的是品牌溢价能力和品牌总价值, 主要采用成本途径, 品牌价值等于新品牌开创费用乘以与品牌影响力有关的成本因子. 市场概念主要评估品牌市场影响力和延伸能力, 应用较为广泛的两种评价方法分别是 Financial World 法^[21] 和 Interbrand 法^[22]. 顾客概念主要评估方法是文献 [23-24] 提出的评估顾客对品牌的认知态度和忠诚度, 主要评估指标包括5个方面, 分别是: 顾客对于品牌的忠诚度、顾客认知质量或领导性、品牌联想或品牌差异化、顾客对于品牌的认知度和市场行为.

川酒品牌价值评价的意义在于: 通过评估川酒品牌的价值可以使四川省白酒企业清晰地认识到目前品牌生存状态, 运筹帷幄打造川酒品牌, 使川酒品牌成为中国白酒业的领军品牌. 由于评价白酒的标准较多, 评价中的一部分很难对各种白酒进行具体的量化评价, 在评价的过程中仅仅以评价者的偏好作为基础来判断白酒品质和档次是不充分的, 因此建立川酒品牌价值评价体系和指标尤为重要. 国内对白酒品牌价值评价的研究目前较少, 李琛等^[25]以生态系统健康度量标准为基础, 结合白酒产业的特点, 从系统活力、组织结构和系统弹性3个层次构建白酒品牌生态系统评价指标体系.

3.2 基于犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法的川酒品牌评估过程

当决策者准备选定川酒品牌进行投资时, 需要从品牌的视角对候选川酒品牌进行评价, 选择品牌表现综合最优的川酒品牌进行投资. 川酒品牌蕴含了很多的川酒文化和情感, 并且川酒品牌评价指标本身往往很少包括定量的评价指标. 投资者对川酒品牌的了解和认识主要源于饮酒和生活中的个人体验, 仅对某些川酒品牌有模糊的感性认识和判断. 因此, 在对不同川酒品牌评价的过程中, 决策者很难给出精确定量的评价. 使用犹豫模糊语言进行川酒品牌的评价更符合人们的表达方式和习惯.

假定某投资者拟对3种不同品牌的川酒 $A =$

$\{a_1, a_2, a_3\}$ 进行投资. 根据文献[26]的研究, 对于川酒品牌进行评价应该从市场、顾客两个主要的视角对川酒品牌做出评价: 结合白酒行业的特点, 第一从市场的视角衡量品牌价值, 选择 Interbrand 品牌评估模型中的 6 个指标, 第二从顾客视角衡量品牌价值, 选择品牌价值 10 要素模型中的 4 个评价指标.

市场视角的评价指标主要有如下 6 个属性: 市场领导力(c_1)、品牌国际化能力(c_2)、品牌稳定性(c_3)、品牌发展趋势(c_4)、品牌支持(c_5)、品牌法律保障(c_6). 根据白酒行业的具体特点对这 6 个属性的权重进行调整, 权重集合为 $w = (0.3, 0.2, 0.1, 0.1, 0.2, 0.1)^T$. 顾客角度的评价指标主要有如下 4 个属性: 顾客忠诚度(c_7)、顾客品牌认知(c_8)、品牌联想(c_9)、品牌在顾客中的知名度(c_{10}). 根据白酒行业的具体特点可知, 这 4 个属性的权重集合为 $w = (0.3, 0.3, 0.3, 0.1)^T$.

下面用基于犹豫模糊语言的 PROMETHEE 方法求解该多属性决策问题.

3.2.1 从市场视角评价川酒品牌

Step 1: 上述 6 个属性的语言术语集 S 可以表示为 $S = \{s_0 = \text{糟糕}, s_1 = \text{差}, s_2 = \text{略差}, s_3 = \text{中等}, s_4 = \text{略好}, s_5 = \text{好}, s_6 = \text{完美}\}$.

Step 2: 为了获得更合理有效的评估结果, 投资者建立一个决策小组, 小组中包括评估川酒品牌的专家, 决策数据来自专家对川酒品牌的主观评价. 在评估过程中, 每位专家给出自己对每个川酒品牌市场表现的评估. 他们可能对不同的川酒品牌的市场表现有不同意见, 有时甚至无法达成共识. 例如, 某专家可能会认为川酒品牌 a_2 的国际化表现是“完美的”, 另一个人可能认为是“好的”. 如果他们无法说服彼此达成一致, 则决策小组中的决策者给出的评估信息可表示为 $\{s_5, s_6\}$. 如果所有的决策者一致认为川酒品牌 a_2 的品牌支持是“中等的”, 则给出的评估信息可表示为 $\{s_3\}$. 经过决策小组的讨论, 对上述问题用语言表达式对 3 个备选川酒品牌在 6 个属性下的表现给出定性评估信息(限于篇幅, 这里不列出).

Step 3: 根据转换函数 E_{GH} 将表 1 中的语言表达式 II 转化为犹豫模糊语言数, 并构造犹豫模糊语言评估矩阵 H_S , 即

$$H_S = \begin{bmatrix} \{s_4, s_5\} & \{s_6\} & \{s_0, s_1\} \\ \{s_4, s_5, s_6\} & \{s_5, s_6\} & \{s_0, s_1\} \\ \{s_2\} & \{s_3\} & \{s_4, s_5, s_6\} \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$\leftarrow \begin{bmatrix} \{s_4, s_5\} & \{s_3, s_4\} & \{s_0, s_1\} \\ \{s_4\} & \{s_3\} & \{s_2, s_3, s_4\} \\ \{s_5, s_6\} & \{s_4, s_5, s_6\} & \{s_4, s_5\} \end{bmatrix}.$$

为运算方便, 添加语言术语, 使得犹豫模糊语言评估矩阵中各个犹豫模糊语言集中的语言术语个数相同(限于篇幅, 这里不列出).

Step 4: 确定犹豫模糊语言的正理想解 $A^+ = \{s_6, s_6, s_6, s_6, s_6, s_5\}$ 和负理想解 $A^- = \{s_2, s_3, s_0, s_4, s_3, s_0\}$. 这 6 个属性均为收益属性, 因此, 计算犹豫模糊语言正理想解 A_j^+ 与负理想解 A_j^- 之间的离差 $d_j(A_j^+, A_j^-)$, 进一步确定偏好函数. 在收益型属性 c_j 下, 方案 $a_i (i = 1, 2, 3)$ 优于另一个方案 $a_k (k = 1, 2, 3)$ 的程度由改进的线性准则偏好函数进行计算, 计算结果见表 1(根据决策事实的需要和投资者对于严格优于程度的偏好, 取 $\theta = 0.6$).

表 1 方案 a_i 优于方案 a_k 的程度(市场视角)

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
$P_j(a_1, a_2)$	0	5/18	0	5/12	5/18	0
$P_j(a_1, a_3)$	1	1	0	0	0	0
$P_j(a_2, a_1)$	5/24	0	0	0	0	5/6
$P_j(a_2, a_3)$	1	1	0	0	0	0
$P_j(a_3, a_1)$	0	0	1	5/6	5/6	1
$P_j(a_3, a_2)$	0	0	1	1	1	1/2

Step 5: 根据式(4)计算优先指数, 可得 $\pi(a_1, a_2) = 11/72, \pi(a_1, a_3) = 1/2, \pi(a_2, a_1) = 7/48, \pi(a_2, a_3) = 1/2, \pi(a_3, a_1) = 9/20, \pi(a_3, a_2) = 9/20$.

Step 6: 根据式(5)和(6)计算出每个方案的流出量 $\phi^+(a_i)$ 和流入量 $\phi^-(a_i)$, 可得 $\phi^+(a_1) = 47/72, \phi^+(a_2) = 31/48, \phi^+(a_3) = 9/10, \phi^-(a_1) = 143/240, \phi^-(a_2) = 217/360, \phi^-(a_3) = 1$.

Step 7: 根据式(7)计算出方案 a_i 的净流量. 由于 $\phi(a_1) = 0.0569, \phi(a_2) = 0.0431, \phi(a_3) = -0.1000$, 可得方案的全排序为 $a_1 > a_2 > a_3$. 由此可见, 在这 3 个川酒品牌中, 从市场角度评价品牌可得, 品牌 a_1 表现最好, a_1 为投资者应选择的最优方案.

3.2.2 从顾客视角评价川酒品牌

Step 1: 同 3.2.1 中的 Step 1.

Step 2: 为了获得更合理有效的评估结果, 通过向顾客发放顾客调查问卷, 获取顾客对于不同川酒品牌的评价信息. 从顾客角度对上述问题用语言表达式对 3 个备选川酒品牌在 4 个属性下的表现给出定性评估信息(限于篇幅, 这里不列出).

Step 3: 根据转换函数 E_{GH} 将顾客的语言表达式转化为犹豫模糊语言数, 并构造犹豫模糊语言评估矩

阵 H_S , 即

$$H_S = \begin{bmatrix} \{s_4, s_5\} & \{s_6\} & \{s_5, s_6\} & \{s_4, s_5\} \\ \{s_0, s_1, s_2\} & \{s_3\} & \{s_0, s_1\} & \{s_4, s_5, s_6\} \\ \{s_4, s_5, s_6\} & \{s_5, s_6\} & \{s_0, s_1\} & \{s_6\} \end{bmatrix}.$$

为运算方便, 添加语言术语, 使得犹豫模糊语言评估矩阵中各个犹豫模糊语言集中的语言术语个数相同(限于篇幅, 这里不列出).

Step 4: 确定犹豫模糊语言的正理想解 $A^+ = \{s_6, s_6, s_6, s_6\}$ 与负理想解 $A^- = \{s_0, s_3, s_0, s_4\}$. 这 4 个属性均为收益属性, 因此, 计算犹豫模糊语言正理想解 A_j^+ 与负理想解 A_j^- 之间的离差. 在收益型属性 c_j 下, 方案 $a_i (i = 1, 2, 3)$ 优于另一个方案 $a_k (k = 1, 2, 3)$ 的程度由改进的线性准则偏好函数进行计算, 结果见表 2(取 $\theta = 0.6$).

表 2 方案 a_i 优于方案 a_k 的程度(顾客视角)

	c_7	c_8	c_9	c_{10}
$P_j(a_1, a_2)$	35/36	1	1	0
$P_j(a_1, a_3)$	0	5/18	1	0
$P_j(a_2, a_1)$	0	0	0	5/12
$P_j(a_2, a_3)$	0	0	0	0
$P_j(a_3, a_1)$	5/36	0	0	1
$P_j(a_3, a_2)$	1	1	0	5/6

Step 5: 根据式(4)计算优先指数, 可得 $\pi(a_1, a_2) = 107/120, \pi(a_1, a_3) = 23/60, \pi(a_2, a_1) = 1/24, \pi(a_2, a_3) = 0, \pi(a_3, a_1) = 51/360, \pi(a_3, a_2) = 41/60$.

Step 6: 根据式(5)和(6)计算出每一个方案的流出量 $\phi^+(a_i)$ 和流入量 $\phi^-(a_i)$, 可得 $\phi^+(a_1) = 153/$

$120, \phi^+(a_2) = 1/24, \phi^+(a_3) = 297/360, \phi^-(a_1) = 11/60, \phi^-(a_2) = 63/40, \phi^-(a_3) = 23/60$.

Step 7: 根据式(7)计算出方案 a_i 的净流量. 由于 $\phi(a_1) = 1.0917, \phi(a_2) = -1.5333, \phi(a_3) = 0.4417$, 可得方案的全排序为 $a_1 > a_3 > a_2$. 由此可见, 从顾客角度评价品牌时, 在这 3 个川酒品牌中, 品牌 a_1 表现最好, 故 a_1 为投资者应选择的最优方案.

3.3 对比分析

为体现犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法的优势, 下面分别使用基于犹豫模糊语言信息的距离测度的多属性决策方法^[4]、基于可能度的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法^[10]和基于分段函数的犹豫模糊语言 TODIM 方法^[27]来求解市场角度下(3.2.1 节)的川酒品牌评价问题.

1) 基于犹豫模糊语言信息的距离测度的多属性决策方法.

Step 1 ~ Step 4: 同 3.2.1 节 Step 1 ~ Step 4.

Step 5: 确定犹豫模糊语言的正理想解 m^+ 和负理想解 m^- , 可得 $m^+ = \{\{s_6\}, \{s_6\}, \{s_6\}, \{s_6\}, \{s_6\}, \{s_5\}\}, m^- = \{\{s_2\}, \{s_3\}, \{s_0\}, \{s_4\}, \{s_3\}, \{s_0\}\}$. 注意到这 6 个属性均为收益型属性.

Step 6: 根据下式计算每个川酒品牌 a_i 分别与犹豫模糊语言的正理想解 m^+ 和负理想解 m^- 的距离, 如表 3 所示.

$$d_{\text{gowd}}(H_S^1, H_S^2) = \left(\sum_{j=1}^m w_j \left(\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \left(\frac{\delta_l^{1\sigma(j)} - \delta_l^{2\sigma(j)}}{2\tau + 1} \right)^\lambda \right) \right)^{\frac{1}{\lambda}}. \quad (8)$$

表 3 各个方案与理想解之间的距离

λ	$d(a_1, m^+)$	$d(a_1, m^-)$	$d(a_2, m^+)$	$d(a_2, m^-)$	$d(a_3, m^+)$	$d(a_3, m^-)$
$\lambda = 1$	0.3000	0.3619	0.2929	0.3429	0.3238	0.3095
$\lambda = 2$	0.3998	0.4349	0.3586	0.4269	0.3725	0.3904
$\lambda = 3$	0.4717	0.5754	0.4167	0.4893	0.4072	0.4599

Step 7: 根据下式计算每个川酒品牌基于广义加权距离测度^[4]的满意度 $\eta(a_i)$, 计算结果见表 4(不失一般性, 取 $\theta = 0.5$):

$$\eta(a_i) = \frac{(1 - \theta)d(a_i, m^-)}{\theta d(a_i, m^+) + (1 - \theta)d(a_i, m^-)}. \quad (9)$$

表 4 基于广义加权距离测度的满意度

λ	$\eta(a_1)$	$\eta(a_2)$	$\eta(a_3)$	排序
$\lambda = 1$	0.5468	0.5393	0.4887	$a_1 > a_2 > a_3$
$\lambda = 2$	0.5210	0.5435	0.5117	$a_2 > a_1 > a_3$
$\lambda = 3$	0.5495	0.5401	0.5304	$a_1 > a_2 > a_3$

从表 4 可以看出, 川酒品牌 a_1 的满意度最优. 这与 3.2.1 中的计算结果一致.

2) 基于可能度的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法.

Step 1 ~ Step 4: 同 3.2.1 节 Step 1 ~ Step 4.

Step 5: 这 6 个属性均为收益型属性, 故标准化决策矩阵与犹豫模糊语言决策矩阵相同.

Step 6: 根据下式计算在属性 $c_j (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ 下, 方案 a_i 和 a_k 的可能度 $p_T(x_{ij}, x_{kj})$:

$$p_T(H_S^1 \geq H_S^2) =$$

$$\frac{0.5\#(H_s^1 \cap H_s^2) + \sum_{s_i \in H_s^1, s_j \in H_s^2} p(s_i, s_j)}{\#H_s^1 \#H_s^2} \quad (10)$$

$$p_T(a_{i1}, a_{i1}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.33 & 1 \\ 0.67 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$p_T(a_{i2}, a_{i2}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & 1 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \\ 0 & 0 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$p_T(a_{i3}, a_{i3}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 \\ 1 & 1 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$p_T(a_{i4}, a_{i4}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & 0.125 \\ 0.25 & 0.5 & 1 \\ 0.875 & 0 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$p_T(a_{i5}, a_{i5}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.75 & 0.083 \\ 0.25 & 0.5 & 0 \\ 0.917 & 1 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$p_T(a_{i6}, a_{i6}) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0 \\ 1 & 0.5 & 0.083 \\ 1 & 0.917 & 0.5 \end{bmatrix}.$$

Step 7: 计算每对方案 a_i 和 a_k 的综合优先指数, 计算结果见表 5.

表 5 方案间的综合优先指数

	a_1	a_2	a_3
a_1	0.5000	0.5250	0.5292
a_2	0.4750	0.5000	0.5083
a_3	0.4708	0.4917	0.5000

Step 8: 计算各个方案的净流值, 可得 $\phi(a_1) = 0.0361, \phi(a_2) = -0.0111, \phi(a_3) = -0.0250$. 由此可

知, 各品牌的排序为 $a_1 > a_2 > a_3$, 故 a_1 为最优川酒品牌. 这与 3.2.1 中犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法的计算结果一致.

3) 基于分段函数的犹豫模糊语言 TODIM 方法.

Step 1 ~ Step 3: 同 3.2.1 节 Step 1 ~ Step 3.

Step 4: 这 6 个属性均为收益性属性, 故标准化决策矩阵与犹豫模糊语言决策矩阵相同.

Step 5: 确定这 6 个属性的权重集合为 $w = (0.3, 0.2, 0.1, 0.1, 0.2, 0.1)^T$. 计算每个属性的相对权重 $w_{jr} = w_j/w_r$, 其中 $w_r = \max\{w_j | j = 1, 2, \dots, n\}$, 可得 $w_{jr} = (1, 2/3, 1/3, 1/3, 2/3, 1/3)^T$.

Step 6: 根据下式计算方案 a_i 对方案 a_k 在每个属性下的优势度 $\phi_j(a_i, a_k)$, 结果如表 6 所示.

$$\phi_j(a_i, a_k) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{jr} d_{gd}(g_{ij}, g_{kj})}{\sum_{j=1}^n w_{jr}}}, & \mathbf{R}(g_{ij}) - \mathbf{R}(g_{kj}) > 0; \\ 0, & \mathbf{R}(g_{ij}) - \mathbf{R}(g_{kj}) = 0; \\ -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{(\sum_{j=1}^n w_{jr}) d_{gd}(g_{kj}, g_{ij})}{w_{jr}}}, & \mathbf{R}(g_{ij}) - \mathbf{R}(g_{kj}) < 0. \end{cases} \quad (11)$$

$$\mathbf{R}(H_S) = \bar{\delta} - \frac{\frac{1}{\#H_S} \sum_{l=1}^{\#H_S} (\delta_l - \bar{\delta})_2}{\text{var}(\tau)}. \quad (12)$$

其中

$$\bar{\delta} = \frac{1}{\#H_S} \sum_{l=1}^{\#H_S} \delta_l, \quad \text{var}(\tau) = \frac{(0 - \tau/2)^2 + \dots + (\tau - \tau/2)^2}{\tau + 1}. \quad (13)$$

表 6 方案在每个属性下的优势度

	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
$\phi_j(a_1, a_2)$	$-\frac{\sqrt{105}}{21}$	$\frac{\sqrt{70}}{70}$	0	$\frac{\sqrt{35}}{70}$	$\frac{\sqrt{70}}{70}$	$-\sqrt{\frac{65}{21}}$
$\phi_j(a_1, a_3)$	$\frac{\sqrt{21}}{14}$	$\frac{\sqrt{105}}{35}$	$-\frac{3\sqrt{35}}{7}$	$-\frac{\sqrt{70}}{7}$	$-\frac{\sqrt{210}}{14}$	$-\frac{2\sqrt{70}}{7}$
$\phi_j(a_2, a_1)$	$\frac{\sqrt{105}}{70}$	$-\frac{\sqrt{70}}{14}$	0	$-\frac{\sqrt{35}}{7}$	$-\frac{\sqrt{70}}{14}$	$\sqrt{\frac{13}{420}}$
$\phi_j(a_2, a_3)$	$\frac{3\sqrt{70}}{70}$	$\frac{\sqrt{14}}{14}$	$-\frac{3\sqrt{35}}{7}$	$-\frac{\sqrt{105}}{7}$	$-\frac{\sqrt{70}}{7}$	$-\frac{\sqrt{105}}{7}$
$\phi_j(a_3, a_1)$	$-\frac{5\sqrt{21}}{21}$	$-\frac{\sqrt{105}}{7}$	$\frac{3\sqrt{35}}{70}$	$\frac{\sqrt{70}}{70}$	$\frac{\sqrt{210}}{70}$	$\frac{\sqrt{70}}{35}$
$\phi_j(a_3, a_2)$	$-\frac{\sqrt{70}}{7}$	$-\frac{5\sqrt{14}}{14}$	$\frac{3\sqrt{35}}{70}$	$\frac{\sqrt{105}}{70}$	$\frac{\sqrt{70}}{35}$	$\frac{\sqrt{105}}{70}$

Step 7: 根据下式计算川酒品牌的优先指数 $\delta(a_i, a_k)$, 结果见表 7.

$$\delta(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n \phi_j(a_i, a_k). \quad (14)$$

表 7 方案之间的优先指数

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	-1.923 717	-6.536 151
a_2	-3.357 848	0	-2.558 166
a_3	-1.735 805	-1.746 173	0

Step 8: 根据下式计算每个方案 a_i 的完全优先指数 $\xi(a_i)$:

$$\xi(a_i) = \frac{\sum_{k=1}^m \delta(a_i, a_k) - \min \left\{ \sum_{k=1}^m \delta(a_i, a_k) \right\}}{\max \left\{ \sum_{k=1}^m \delta(a_i, a_k) \right\} - \min \left\{ \sum_{k=1}^m \delta(a_i, a_k) \right\}}. \quad (15)$$

由此可得 $\xi(a_1) = -0.42, \xi(a_2) = -3.20$ 和 $\xi(a_3) = -167.42$. 因此可得川酒品牌的排序为 $a_1 > a_2 > a_3$, 这与 3.2.1 中犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法的计算结果一致.

从上述与其他方法对比分析的求解过程可知: ① 本文提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法相对于运算距离测度的方法操作简便、易于运算. ② 本文提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法将定性的评价和定量的评估相结合, 有助于决策的准确性. ③ 本文提出的改进的偏好函数允许决策者根据决策的需要和决策者对于严格优于的偏好对参数 θ 进行选择. ④ 本文提出的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法在运算的过程中充分考虑了所有的语言术语, 这使决策过程更加科学合理.

4 结 论

本文提出了一种在犹豫模糊语言环境下的基于改进的偏好函数的 PROMETHEE 多属性决策方法. 该方法允许决策者利用更加贴合人们认知和表达习惯的语言表达式对定性的多属性问题进行描述和表达, 并且通过改进的 PROMETHEE 方法将定性的评价信息转化为定量的评估值. 相对于基于犹豫模糊语言信息的距离测度的多属性决策方法^[4], 本文提出的改进的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法更加简便. 本文方法将定性分析与定量运算相结合, 且改进的偏好函数允许决策者根据决策的需要和决策者对于严格优于的偏好对参数进行选择. 该方法在运算的过程中充分考虑了所有的语言术语, 有助于决策过程的科学性和决策结果的准确性. 通过川酒品牌

评估与决策的案例验证了本文提出的基于犹豫模糊语言的 PROMETHEE 方法的有效性和合理性.

如何将其他的多属性决策方法拓展至犹豫模糊语言环境下, 或者将多属性决策方法与概率语言信息^[28] 进行结合, 使决策方法体系更加完善是未来进一步研究的方向. 此外, 对评估信息缺失的复杂犹豫模糊多属性决策问题的研究也是一个值得探讨的话题.

参考文献(References)

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [2] Rodríguez R M, Martínez L, Herrera F. Hesitant fuzzy linguistic terms sets for decision making[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2012, 20(1): 109-119.
- [3] Liao H C, Xu Z S, Zeng X J, et al. Qualitative decision making with correlation coefficients of hesitant fuzzy linguistic term sets[J]. Knowledge-Based Systems, 2015, 76: 127-138.
- [4] Liao H C, Xu Z S, Zeng X J. Distance and similarity measures for hesitant fuzzy linguistic term sets and their application in multi-criteria decision making[J]. Information Science, 2014, 271(3): 125-142.
- [5] 廖虎昌, 缙迅杰, 徐泽水. 基于犹豫模糊语言集的决策理论与方法综述[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(1): 35-48.
(Liao H C, Gou X J, Xu Z S. A survey of qualitative decision making with hesitant fuzzy linguistic information[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2017, 37(1): 35-48.)
- [6] Liao H C, Xu Z S, Herrera-Viedma E, et al. Hesitant fuzzy linguistic term set and its application in decision making: A state-of-the art survey[J]. Int J of Fuzzy Systems, 2018, 20(7): 2084-2110.
- [7] Liao H C, Xu Z S, Zeng X J. Hesitant fuzzy linguistic VIKOR method and its application in qualitative multiple criteria decision making[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2015, 23(5): 1343-1355.
- [8] Zhang F Y, Luo L, Liao H C, et al. Inpatient admission assessment in West China Hospital based on hesitant fuzzy linguistic VIKOR[J]. J of Intelligent & Fuzzy Systems, 2016, 30(6): 3143-3154.
- [9] Wei C P, Ren Z L, Rodriguez R M. A hesitant fuzzy linguistic TODIM method based on a score function[J]. Int J of Computational Intelligence Systems, 2015, 8(4): 701-712.
- [10] 谭倩云, 冯向前, 张华荣. 基于可能度的犹豫模糊语言 PROMETHEE 方法[J]. 统计与决策, 2016(9): 82-85.
(Tan Q Y, Feng X Q, Zhang H R. PROMETHEE method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making based

- on possibility degree[J]. *Statistics and Decision*, 2016(9): 82-85.)
- [11] Liao H C, Yang L Y, Xu Z S. Two new approaches based on ELECTRE II to solve the multiple criteria decision making problems with hesitant fuzzy linguistic term sets[J]. *Applied Soft Computing*, 2018, 63: 223-234.
- [12] 徐泽水, 潘玲, 廖虎昌. 基于改进 MACBETH 方法的犹豫模糊语言多准则决策方法[J]. *控制与决策*, 2017, 32(7): 1266-1272.
(Xu Z S, Pan L, Liao H C. Multi-criteria decision making method of hesitant fuzzy linguistic term set based on the improved MACBETH method[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(7): 1266-1272.)
- [13] Brans J P, Vincke P. A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM[J]. *Management Science*, 1985, 31(6): 647-656.
- [14] 李纳. 基于 PROMETHEE 的研究生综合素质多人测评研究[J]. *电脑知识与技术*, 2011, 7(6): 1222-1228.
(Li N. Group evaluation of the comprehensive quality of graduate students based on PROMETHEE-II[J]. *Computer Knowledge and Technology*, 2011, 7(6): 1222-1228.)
- [15] 方霞. 商业银行绩效评估中 PROMETHEE 法的应用[J]. *财经论丛*, 2006, 32(1): 28-32.
(Fang X. Using PROMETHEE in the bank's performance measurement[J]. *Collected Essays on Finance and Economics*, 2006, 32(1): 28-32.)
- [16] 荆有印, 赵俊红, 王江江. 基于 PROMETHEE 方法的蓄冷空调方案选择[J]. *制冷与空调*, 2009, 9(5): 21-24.
(Jing Y Y, Zhao J H, Wang J J. Scheme selection of cool storage air-conditioning based on PROMETHEE II method[J]. *Refrigeration and Air-Conditioning*, 2009, 9(5): 21-24.)
- [17] 廖虎昌. 复杂模糊多属性决策理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 94-105.
(Liao H C. Multiple criteria decision making methods and applications with complicated fuzzy information[M]. Beijing: Science Press, 2016: 94-105.)
- [18] 王娴. 浅析川酒品牌塑造[J]. *发展战略*, 2013, 15(4): 92-95.
(Wang X. Analysis of brand building of Sichuan liquor[J]. *Development Strategy*, 2013, 15(4): 92-95.)
- [19] 唐贤华, 杨官荣, 杨燕, 等. 不同香型川酒中微量成分的检测与分析[J]. *酿酒*, 2015, 42(2): 53-59.
(Tang X H, Yang G R, Yang Y, et al. Detection and analysis of trace components in different flavor of the Sichuan liquor[J]. *Liquor Making*, 2015, 42(2): 53-59.)
- [20] 李军. 2016年1~10月四川省白酒产量315.4万千升[EB/OL]. (2016-11-28)[2017-07-14]. <http://www.baijw.com/html/xwpd/xysj/19650.html>.
- [21] 卢泰宏. 品牌资产评估的模型与方法[J]. *中山大学学报: 哲学社会科学版*, 2002, 42(3): 88-95.
(Lu T H. Measurement of brand equity: Pattern and perspective[J]. *J of Sun Yatsen University: Social Science Edition*, 2002, 42(3): 88-95.)
- [22] 刘鹏涛. 基于模糊综合评价的品牌预警系统研究[D]. 天津: 天津大学管理与经济学部, 2009.
(Liu P T. Research on brand warning system based on fuzzy synthetic evaluation model[D]. Tianjin: College of Management and Economics, Tianjin University, 2009.)
- [23] Aaker D A. Measuring brand equity across products and markets[J]. *California Management Review*, 1996, 38(3): 102-120.
- [24] Aaker D A, Biel A L. Brand equity & advertising: Advertising's role in building strong brands[J]. *J of Marketing Research*, 1993, 31(4): 580.
- [25] 李琛, 曾祥凤, 凌泽华. 白酒品牌生态系统健康评价指标体系设计与评价方法[J]. *企业战略*, 2015(8): 44-48.
(Li C, Zeng X F, Ling Z H. Health assessment of liquor brands' ecosystem[J]. *Enterprise Strategy*, 2015(8): 44-48.)
- [26] 谢燕操. 基于 Interbrand 模型的品牌价值评估研究[D]. 广州: 暨南大学管理学院, 2015.
(Xie Y C. Study on the evaluation of brand value based on Interbrand model[D]. Guangzhou: Schol of Management, Jinan University, 2015.)
- [27] Wei C, Ren Z L, Rodríguez R M. A hesitant fuzzy linguistic TODIM method based on a score function[J]. *Int J of Computational Intelligence Systems*, 2015, 8(4): 701-712.
- [28] Wu X L, Liao H C. An approach to quality function deployment based on probabilistic linguistic term sets and ORESTE method for multi-expert multi-criteria decision making[J]. *Information Fusion*, 2018, 43: 13-26.

作者简介

廖虎昌(1989—), 男, 研究员, 博士, 从事决策理论与方法、认知计算等研究, E-mail: liaohuchang@163.com;

杨竹(1996—), 女, 本科, 从事决策理论与方法的研究, E-mail: 2440040663@qq.com;

徐泽水(1968—), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策分析、信息融合等研究, E-mail: xuzeshui@263.net;

顾新(1968—), 男, 教授, 博士生导师, 从事知识管理、创新管理等研究, E-mail: gx6664@sina.com.

(责任编辑: 闫妍)