

融合概率语言的 VIKOR 方法在中药饮片包装材料评价中的应用

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2022.02.009

唐未兵¹ 孟慧静²

1. 湖南工业大学

商学院

湖南 株洲 412007

2. 湖南工业大学

湖南省包装经济研究基地

湖南 株洲 412007

摘要: 通过将概率语言术语集 (PLTS) 融入 VIKOR 方法的决策过程, 解决中药饮片包装材料的评价问题。首先使用 PLTS 对评价信息进行转化, 根据 PLTS 及相关理论采用概率语言术语集的距离公式计算得到两个 PLTS 之间的距离; 然后结合 VIKOR 方法构建 PLTS-VIKOR 多指标决策模型, 用以解决多指标决策问题; 最后以中药饮片包装材料评价问题为例进行算例分析。研究表明: 运用概率语言术语集的距离公式计算两个 PLTS 之间的距离, 能够更充分地运用原始评价信息, 反映决策者偏好, 提高决策效率, 得到更稳定的决策结果。

关键词: 概率语言术语集; VIKOR 方法; 中药饮片; 包装材料; 多指标决策

中图分类号: O225

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2022)02-0076-07

引文格式: 唐未兵, 孟慧静. 融合概率语言的 VIKOR 方法在中药饮片包装材料评价中的应用 [J]. 包装学报, 2022, 14(2): 76-82.

0 引言

中医药在中国有着悠久历史, 是我国的国粹之一, 也是我国医疗卫生事业的重要组成部分。中药饮片是中药行业的三大支柱之一, 成为了中医临床防病、治病的重要手段。由于中药饮片性质的特殊性, 选择包装材料时, 需综合考虑材料的稳定性、遮光性、气密性、相容性等性能。因而, 如何选择合适的中药饮片包装材料成为研究热点。

最初, 研究者提出先将非定量的指标转化为定量信息, 再使用传统 VIKOR (višekriterijumska optimizacija i kompromisno rešenje)、TOPSIS (technique for order preference by similarity to an ideal solution) 等^[1]

方法对包装材料进行决策。但是, 对于中药饮片包装材料, 有些材料的性能指标难以采用定量方式衡量。而模糊集可以很好地解决数据的不确定性问题。L. A. Zadeh^[2] 首先定义了模糊集这一概念, 随后, 直觉模糊集^[3]、犹豫模糊集^[4]、概率语言术语集 (probabilistic linguistic term sets, PLTS)^[5] 等相继被提出。其中, PLTS 既能反映决策者对方案或指标的语言偏好评价, 又能体现语言评价值的概率, 能够更加客观细致地描述决策问题的不确定性。

VIKOR 方法采用折衷解法解决具有冲突指标或指标度量单位不一致的多指标决策问题。故本文拟将 PLTS 与传统 VIKOR 方法相结合, 使用 PLTS 描述决策者的偏好信息, 用传统 VIKOR 方法构建多指标决

收稿日期: 2021-08-14

基金项目: 湖南省包装经济研究基地基金资助项目 (2021BZJG02)

作者简介: 唐未兵 (1962-), 男, 湖南平江人, 湖南工业大学教授, 主要从事中国经济改革与发展以及包装经济研究,

E-mail: twb62079@163.com

策模型, 对中药饮片包装材料的评价问题进行研究。

1 相关概念

下面给出 PLTS 的定义、性质及比较规则, 设计 VIKOR 方法的决策步骤, 以便后续决策模型的构建。

1.1 概率语言术语集

定义 1^[6] 设 $S = \{s_i | i = 0, 1, 2, \dots, 2t\}$ 为一个由奇数个元素 (语言术语) 组成的集合, 称为语言术语集, 且满足如下两个特征:

- 1) 有序性。如果 $\alpha > \beta$, 则 $s_\alpha > s_\beta$, 反之亦然;
- 2) 逆序性。如果 $\alpha + \beta = 2t$, 则 $s_\alpha = \text{neg}(s_\beta)$ 。

其中 s_i 为语言术语, $2t+1$ 称为语言术语集的粒度。

定义 2^[4] S 上的语言术语集 H_s 为 S 中有限个连续语言术语构成的集合 $H_s = \{s_{\alpha_1}, s_{\alpha_2}, \dots, s_{\alpha_l}\}$, $s_{\alpha_k} \in S$, $k=1, 2, \dots, l$, $\alpha_{k+1} = \alpha_k + 1$, 则 S 上的一个 PLTS 定义为

$$T_S = \left\{ s_{\alpha_i}(p_i) \mid s_{\alpha_i} \in S, p_i > 0, i = 1, 2, \dots, L, \sum_{i=1}^L p_i \leq 1 \right\},$$

$s_{\alpha_i}(p_i)$ 是由语言术语 s_{α_i} 和它相对应的概率 p_i 所组成, L 表示 T_S 中语言术语的个数。当 $\sum_{i=1}^L p_i = 1$ 时,

说明概率语言信息完全; 当 $\sum_{i=1}^L p_i < 1$ 时, 说明有些评价信息未知, 从而导致概率语言信息不完全; 特别地,

当 $\sum_{i=1}^L p_i = 0$ 时, 即概率语言信息完全未知。

可以认为 PLTS 与概率论中的概率分布为等同概念^[7], 因此借鉴概率论中期望与标准差的相关概念和公式, 可定义 PLTS 的得分函数和精确函数。

定义 3^[8] 设

$$T_S = \left\{ s_{\alpha_i}(p_i) \mid i = 1, 2, \dots, L, \sum_{i=1}^L p_i = 1 \right\}$$

为一个 PLTS, 则其得分函数和精确函数的计算公式分别定义如下:

$$E(T_S) = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i) p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (1)$$

$$V(T_S) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i} \left(\frac{1}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i (\alpha_i^+ + \alpha_i^-)^2} + \right.$$

$$\left. \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \left(\frac{\alpha_i^+ + \alpha_i^-}{2} - E(T_S) \right)^2} \right). \quad (2)$$

根据得分函数和精确函数, Pang Q. 等^[4]给出了 PLTS 的大小比较规则。

定义 4^[4] 假设 T_1 和 T_2 是两个任意的 PLTS,

1) 如果 $E(T_1) > E(T_2)$, 则 $T_1 > T_2$ 。

2) 如果 $E(T_1) < E(T_2)$, 则 $T_1 < T_2$ 。

3) 如果 $E(T_1) = E(T_2)$,

当 $V(T_1) < V(T_2)$ 时, 则 $T_1 > T_2$;

当 $V(T_1) > V(T_2)$ 时, 则 $T_1 < T_2$;

当 $V(T_1) = V(T_2)$ 时, 则 $T_1 \approx T_2$ 。

定义 5^[9] 设任意两个 PLTS 为

$$T_S^k = \left\{ s_{\alpha_i^k}(p_i^k) \mid s_{\alpha_i^k} \in S, p_i^k > 0, i = 1, 2, \dots, L_k, \sum_{i=1}^{L_k} p_i^k = 1 \right\} \\ (k = 1, 2),$$

则 T_S^1 和 T_S^2 之间的距离定义为

$$d(T_S^1, T_S^2) = \sum_{j=1}^{L_2} \sum_{i=1}^{L_1} \frac{|\alpha_i^1 - \alpha_j^2|}{2t+1} p_i^1 p_j^2, \quad (3)$$

其中 α_i^k 是 T_S^k 中第 i 个语言项的下标, L_k 是 T_S^k 中语言术语的个数, $2t+1$ 是语言粒度, p 是语言粒度对应概率。

1.2 VIKOR 方法

假设有 m 个候选方案 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, n 个评估指标 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, 运用 VIKOR 方法^[10]对候选方案进行排序, 具体步骤如下。

步骤 1 对于候选方案 $x_i (i = 1, 2, \dots, m)$, 由决策者对各候选方案的评估指标 $c_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 给出评价价值 f_{ij} , 获得评价矩阵 $F = (f_{ij})_{m \times n}$;

步骤 2 针对方案集 X , 确定各指标的正、负理想解。

对于效益型指标, 正、负理想解分别为

$$f_j^+ = \max_i \{f_{ij}, i = 1, 2, \dots, m\},$$

$$f_j^- = \min_i \{f_{ij}, i = 1, 2, \dots, m\};$$

对于成本型指标, 正、负理想解分别为

$$f_j^+ = \min_i \{f_{ij}, i = 1, 2, \dots, m\},$$

$$f_j^- = \max_i \{f_{ij}, i = 1, 2, \dots, m\}。$$

由此获得正理想和负理想解分别为

$$X^+ \triangleq (f_1^+, f_2^+, \dots, f_n^+), \quad X^- \triangleq (f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^-),$$

式中 \triangleq 为等价符号。

步骤3 计算各候选方案的群体效用值 S_i 和个体遗憾值 R_i ,其公式分别为

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j (f_j^+ - f_{ij}^-)}{f_j^+ - f_j^-}, \quad i=1, 2, \dots, m; \quad (4)$$

$$R_i = \max \left\{ \frac{w_j (f_j^+ - f_{ij}^-)}{f_j^+ - f_j^-}, j=1, 2, \dots, n \right\}. \quad (5)$$

式中 w_i 为第 j 个指标所占权重。

步骤4 根据式(4)和式(5)得到的 S_i 和 R_i 值,计算折衷评价 Q_i 。

$$Q_i = v \frac{S_i - S^+}{S^- - S^+} + (1-v) \frac{R_i - R^+}{R^- - R^+}, \quad (6)$$

式中: $v \in [0, 1]$ 为决策机制系数,可根据实际决策机制情况确定其取值;

S^+ 、 S^- 分别为最大群体效用值和最小群体效用值;

R^+ 、 R^- 分别为最大个体遗憾值和最小个体遗憾值。

如果采取强化群体效用的机制,则 $v > 0.5$;如果采取强化个体遗憾的机制,则 $v < 0.5$;如果采取折中均衡机制,则取 $v = 0.5$ 。 Q_i 为各候选方案的综合评估值与正理想解距离大小的测度, Q_i 值越小,说明其与正理想解的距离越小,候选方案越优。

步骤5 候选方案排序。假设 Q 值从小到大的排序结果为 $Q_{(1)} < Q_{(2)} < \dots < Q_{(i)} < \dots < Q_{(m)}$,其中 $Q_{(i)}$ 对应的候选方案记为 $x_{(i)}$,相应地,其对应的群体效用值和个体遗憾值记为 $S_{(i)}$ 和 $R_{(i)}$,则根据如下准则确定最优方案。

准则1 如果以下4个条件同时成立:

$$a) Q_{(1)} < Q_{(2)} < \dots < Q_{(i)} < \dots < Q_{(m)},$$

$$b) Q_{(2)} - Q_{(1)} \geq 1/(m-1),$$

$$c) S_{(1)} = \min \{S_{(i)}, i=1, 2, \dots, m\},$$

$$d) R_{(1)} = \min \{R_{(i)}, i=1, 2, \dots, m\},$$

则 $x_{(1)}$ 为最优方案;如果4个条件中的后3个条件不同时成立,则 $x_{(1)}$ 不是最优方案,需按照准则2来确定最优方案。

准则2 1) 如果满足条件

$$a) Q_{(1)} < Q_{(2)} < \dots < Q_{(i)} < \dots < Q_{(m)},$$

$$b) Q_{(2)} - Q_{(1)} \geq 1/(m-1),$$

$$c) S_{(1)} \neq \min \{S_{(i)}, i=1, 2, \dots, m\}, \text{ 或 } R_{(1)} \neq \min \{R_{(i)}, i=1, 2, \dots, m\},$$

则折衷解集合为 $\{x_{(1)}, x_{(2)}\}$ 。

2) 如果满足条件

$$a) Q_{(1)} < Q_{(2)} < \dots < Q_{(i)} < \dots < Q_{(m)},$$

$$b) Q_{(m)} - Q_{(1)} < 1/(m-1),$$

则折衷解集合为 $\{x_{(i)}, i=1, 2, \dots, M\}$,其中 $M = \max \{i: Q_{(i)} - Q_{(1)} < 1/(m-1), i=1, 2, \dots, m\}$ 。

由以上准则1和准则2可以看出,在实际决策过程中,当存在折衷解时,则无法得到唯一最优解。针对这种情况,可以通过问题所考虑的不同方面来确定最优解。当更重视群体效用值时,则取折衷解集合中 $S_{(i)}$ 值最小的为最优方案;当更重视个体遗憾值时,则取折衷解集合中 $R_{(i)}$ 值最小的为最优方案;而当两者同等重要时,则取 $S_{(i)} + R_{(i)}$ 最小的为最优方案。

2 PLTS-VIKOR 多指标决策模型

包装材料对于中药饮片的质量有着重要影响^[11]。评价中药饮片包装材料时,构建良好的指标体系是解决多指标决策问题的基础。目前市场上主要的中药饮片包装材料有以下4种:聚乙烯塑料膜(塑料袋)、铝箔袋、聚丙烯塑料袋、牛皮凝膜纸袋^[12]。中药饮片包装材料需要根据中药的种类进行选择,因而研究人员探讨了不同中药如黄芪、当归、半夏等包装材料的选择问题^[13-15]。对于黄芪饮片来说,考虑到黄芪的有效成分,聚乙烯塑料袋是最优选择包装;对于当归来说,考虑到相容性及贮藏温度,铝箔复合膜袋是更适合的包装。中药饮片种类繁多,因此可以选择较为重要的指标进行评价,以此进行中药饮片包装材料的选择。通过查阅大量参考文献,筛选了对中药饮片包装材料影响较大而且范围较广的4个指标(详见表1),并选择了目前市场上性能较好、综合评价较高、使用频率较高的聚乙烯塑料膜、铝箔袋、聚丙烯塑料袋、牛皮凝膜纸袋4种包装材料^[16]作为候选方案,建立中药饮片包装材料评价指标体系,如表1所示。

表1 中药饮片包装材料评价指标

Table 1 Evaluation indicators of packaging materials for traditional Chinese medicine decoction pieces

指标	指标说明	指标特性
稳定性	正常条件下性质保持稳定	定性、效益型
遮光性	阻隔光线	定性、效益型
气密性	材料的气密性良好	定性、效益型
相容性	与包装物接触不会发生迁移、吸附等	定性、效益型

本文基于VIKOR方法的基本思想^[17-18], 结合PLTS的相关理论^[19], 构建中药饮片包装材料指标体系, 解决中药饮片包装材料的多指标决策问题。以下是PLTS-VIKOR多指标决策模型的具体步骤:

步骤1 根据专家对每个候选方案 $x_i(i=1, 2, \dots, m)$ 在每个评估指标 $c_j(j=1, 2, \dots, n)$ 下的评价信息, 给出评价值 f_{ij} , 获得一个用PLTS表示的 $m \times n$ 的评价矩阵 $F=(f_{ij})_{m \times n}$ 。

步骤2 针对方案集 X , 确定各指标的最优值和最劣值, 基于评价矩阵 F , 利用定义3得到得分值矩阵, 从而确定正、负理想解。

在效益型指标下正、负理想解

$$f_j^+ = \max_i \{f_{ij}, i=1, 2, \dots, m\},$$

$$f_j^- = \min_i \{f_{ij}, i=1, 2, \dots, m\},$$

分别对应得分值矩阵中的最大、最小值;

在成本型指标下正、负理想解

$$f_j^+ = \min_i \{f_{ij}, i=1, 2, \dots, m\},$$

$$f_j^- = \max_i \{f_{ij}, i=1, 2, \dots, m\},$$

分别对应得分值矩阵中的最小、最大值。

从而得到相对最理想解(正理想解)和相对最不理想解(负理想解)分别为

$$X^+ \triangleq (f_1^+, f_2^+, \dots, f_n^+),$$

$$X^- \triangleq (f_1^-, f_2^-, \dots, f_n^-).$$

$$F = (f_{ij})_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} \{S_3(0.4), S_4(0.6)\} & \{S_3(0.3), S_4(0.7)\} & \{S_3(0.2), S_4(0.8)\} & \{S_3(0.3), S_4(0.7)\} \\ \{S_2(0.5), S_3(0.5)\} & \{S_2(0.4), S_4(0.6)\} & \{S_3(1.0)\} & \{S_2(0.4), S_3(0.6)\} \\ \{S_3(1.0)\} & \{S_2(0.1), S_4(0.9)\} & \{S_2(0.3), S_4(0.7)\} & \{S_2(1.0)\} \\ \{S_3(0.9), S_4(0.1)\} & \{S_2(0.2), S_4(0.8)\} & \{S_2(0.5), S_3(0.5)\} & \{S_2(0.8), S_4(0.2)\} \end{bmatrix}.$$

为了得到正、负理想解, 根据PLTS评价矩阵 F 以及定义3, 得矩阵:

$$E[F] = \begin{bmatrix} 3.6 & 3.7 & 3.4 & 3.7 \\ 2.5 & 3.2 & 3.0 & 2.6 \\ 3.0 & 3.8 & 3.0 & 2.0 \\ 3.1 & 3.6 & 2.5 & 2.4 \end{bmatrix},$$

根据得分值矩阵 $E[F]$ 及PLTS的比较规则, 即定义4, 可得各指标的正、负理想解为:

$$F^+ = (\{S_3(0.4), S_4(0.6)\}, \{S_2(0.1), S_4(0.9)\}, \{S_3(0.2), S_4(0.8)\}, \{S_3(0.3), S_4(0.7)\});$$

步骤3 根据PLTS之间计算距离的定义, 即定义5, 确定群体效用 S_i 和每个候选方案的 n 个指标中最大个体遗憾 R_i :

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j(f_j^+ - f_{ij})}{f_j^+ - f_j^-}, i=1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

$$R_i = \max \left\{ \frac{w_j(f_j^+ - f_{ij})}{f_j^+ - f_j^-}, j=1, 2, \dots, n \right\}. \quad (8)$$

步骤4 依据 S_i 、 R_i 及 Q_i 值(Q_i 值的计算与1.2节中的方法相同, 不再赘述)按照1.2中的排序方法^[18]进行决策, 即对候选方案进行排序得到最佳方案。

3 算例分析

为验证本文所用方法的正确性和普适性, 通过以下算例来检验; 以消融实验证实方法的有效性。

3.1 算例检验

设有4位专家 $E=\{e_1, e_2, e_3, e_4\}$ 对4种中药饮片包装材料 $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ 进行评价, 其中, x_1 为聚乙烯塑料膜, x_2 为铝箔袋, x_3 为聚丙烯塑料袋, x_4 为牛皮凝膜纸袋。

评价指标为: 稳定性(c_1)、遮光性(c_2)、气密性(c_3)和相容性(c_4)。评价信息以PLTS形式给出, 所使用的语言评价集为 $S=\{S_0=\text{差}, S_1=\text{一般}, S_2=\text{好}, S_3=\text{良好}, S_4=\text{优}\}$ 。将4位专家的打分进行综合, 得到最终评价矩阵 F :

$$F^- = (\{S_2(0.5), S_3(0.5)\}, \{S_2(0.4), S_4(0.6)\}, \{S_2(0.5), S_3(0.5)\}, \{S_2(1.0)\}).$$

根据式(7)和式(8)计算可得4种方案的 $S_{(i)}$ 和 $R_{(i)}$ 向量:

$$S \triangleq \{S_1, S_2, S_3, S_4\} = \{0.081, 0.817, 0.724, 0.623\},$$

$$R \triangleq \{R_1, R_2, R_3, R_4\} = \{0.081, 0.400, 0.300, 0.251\}.$$

由此得到4种方案的正、负理想群体效用

$$S^+ \triangleq \min \{S_i, i=1, 2, 3, 4\} = 0.081,$$

$$S^- \triangleq \max\{S_i, i=1, 2, 3, 4\} = 0.817;$$

以及正、负理想遗憾值

$$R^+ \triangleq \min\{R_i, i=1, 2, 3, 4\} = 0.081,$$

$$R^- \triangleq \max\{R_i, i=1, 2, 3, 4\} = 0.400。$$

本文在强化个体遗憾、折衷均衡、强化群体效用等3种决策机制下, ν 值分别取 0.25, 0.50, 0.75, 利用式(6)分别得到4种方案的 Q 值, 所得结果如表2所示。

表2 不同决策机制下的 Q 值

Table 2 Q value under different decision mechanisms

包装材料	决策机制系数		
	$\nu=0.25$	$\nu=0.50$	$\nu=0.75$
x_1	0	0	0
x_2	1.000	1.000	1.000
x_3	0.699	0.712	0.789
x_4	0.618	0.704	0.724

在所选择的3种决策机制下, 将表2折衷评价价值 Q_i 与各候选方案的 S_i 和 R_i , 均按照取值由小到大排序, 结果如下:

$$\begin{cases} Q_1 < Q_4 < Q_3 < Q_2, \\ S_1 < S_4 < S_3 < S_2, \\ R_1 < R_4 < R_3 < R_2. \end{cases} \quad (9)$$

根据 VIKOR 方法判别最优方案的2项准则, 表2中3种决策机制下的 Q_i 值 ($Q_4 - Q_1 \geq 1/3$) 均满足准则1中的4个条件, 因此方案 x_1 为最稳定的最优解。此时无需再按准则2判别, 所以根据本文给出的准则1, 无论在何种决策机制下进行选择, 候选方案 x_1 均为最优解。

本文运用传统 VIKOR 方法结合 PLTS, 构建 PLTS-VIKOR 多指标决策模型, 此模型保留了 VIKOR 方法的优点, 并且能够充分运用原始数据信息。在进行实际决策计算时, 通过计算两个 PLTS 之间的距离来计算 S_i 、 R_i 和 Q_i 值, 可以更加充分地运用原始数据信息, 并且计算过程更简洁, 使用简单, 能够得到更加可靠的结果。

3.2 消融实验

为了验证融合概率语言的 VIKOR 方法的有效性, 仍然以上述算例为研究对象进行消融实验。利用3.1节中的专家评价信息, 选取4项评价指标中的3项: 遮光性、气密性和相容性, 采用 PLTS-VIKOR 多指标决策模型进行分析, 得到3种决策机制下的 Q 值,

如表3所示。

表3 不同决策机制对应的 Q 值

Table 3 Corresponding Q -values of different decision-making mechanisms

包装材料	决策机制系数		
	$\nu=0.25$	$\nu=0.50$	$\nu=0.75$
x_1	0	0	0
x_2	0.656	0.723	0.791
x_3	0.517	0.553	0.536
x_4	1.000	1.000	1.000

根据 VIKOR 方法判别最优方案的准则, 表3中3种决策机制下的 Q_i 值 ($Q_3 - Q_1 \geq 1/3$) 均满足准则1中的4个条件, 无需再按准则2判定, 因此选方案 x_1 为最稳定的最优解。

上述消融实验表明, 融合概率语言的 VIKOR 方法, 在解决多指标决策问题时, 是有效的且是实用的。这也证实了本文所选择的评价指标的重要性、最优方案 x_1 的稳定性。

4 结语

本文首先使用 PLTS 对中药饮片包装材料各个指标进行描述评价, 最大程度地保留了原始信息; 然后在构建的 PLTS-VIKOR 决策模型时, 通过计算 PLTS 距离来简化决策步骤; 最后运用 VIKOR 方法进行一系列计算, 通过选择不同的决策机制系数, 得到了最终的决策结果。

由文中的算例分析可知, 在不同的决策机制下, 得到同一决策结果。这说明使用 PLTS-VIKOR 模型解决多指标决策问题的稳定性, 同时证明了此方法的有效性, 拓展了决策方法的边界。

因此本文方法在解决不确定语言环境下的中药饮片包装材料选择问题, 具有很大优势, 可以推广应用于其他决策领域, 例如: 工程项目评估、企业能力评估等。在后续研究中, 应加强对中药饮片包装材料的相关研究, 继续实现 PLTS 与其它决策方法的有效结合。

参考文献:

- [1] OPRICOVIC S, TZENG G H. Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 156(2): 445-455.

- [2] ZADEH L A. Fuzzy Sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338–353.
- [3] ATANASSOV K T. Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87–96.
- [4] XIA M M, XU Z S. Hesitant Fuzzy Information Aggregation in Decision Making[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2011, 52(3): 395–407.
- [5] PANG Q, WANG H, XU Z S. Probabilistic Linguistic Term Sets in Multi-Attribute Group Decision Making[J]. Information Sciences, 2016, 369: 128–143.
- [6] HERRERA F, HERRERA-VIEDMA E, MARTÍNEZ L. A Fusion Approach for Managing Multi-Granularity Linguistic Term Sets in Decision Making[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 43–58.
- [7] BRAUNER D J, MEREL S E. P2-365 How a Model Based on Linguistic Theory can Improve the Assessment of Decision-Making Capacity for Persons with Dementia[J]. Neurobiology of Aging, 2004, 25: S337.
- [8] GOU X J, XU Z S. Novel Basic Operational Laws for Linguistic Terms, Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets and Probabilistic Linguistic Term Sets[J]. Information Sciences, 2016, 372: 407–427.
- [9] 周营超, 魏翠萍. 概率语言术语集的不确定性[J]. 系统科学与数学, 2020, 40(12): 2357–2369.
ZHOU Yingchao, WEI Cuiping. Uncertainty Measures of Probabilistic Linguistic Term Sets[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2020, 40(12): 2357–2369.
- [10] 阮连法, 陈佳玲. 基于模糊VIKOR方法的绿色建筑供应商选择[J]. 统计与决策, 2011(21): 62–65.
RUAN Lianfa, CHEN Jialing. Green Building Supplier Selection Based on Fuzzy VIKOR Method[J]. Statistics and Decision, 2011(21): 62–65.
- [11] 张建玲, 聂志坚. 包装材料对中药饮片质量的影响[J]. 贵阳中医学院学报, 2006, 28(4): 48–49.
ZHANG Jianling, NIE Zhijian. Effect of Packaging Materials on the Quality of Decoction Pieces of Traditional Chinese Medicine[J]. Journal of Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, 2006, 28(4): 48–49.
- [12] 杨丹, 燕娜娜, 熊素琴, 等. 常用包装材料对小包装中药饮片质量的影响[J]. 中国药房, 2018, 29(23): 3293–3297.
YANG Dan, YAN Nana, XIONG Suqin, et al. Influence of Common Packaging Materials on the Quality of Small Package Chinese Medicine Decoction Pieces[J]. Chinese pharmacy, 2018, 29(23): 3293–3297.
- [13] 余书琦, 易炳学, 张金莲, 等. 不同包装贮藏条件对黄芪饮片有效成分影响的研究[J]. 世界科学技术 - 中医药现代化, 2014, 16(6): 1364–1371.
YU Shuqi, YI Bingxue, ZHANG Jinlian, et al. Effect of Different Package and Storage Conditions on Effective Components of Astragalus Pieces[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2014, 16(6): 1364–1371.
- [14] 陈衍斌, 马久太, 刘峰, 等. 当归饮片包装材料的研究[J]. 世界中医药, 2010, 5(3): 223–224.
CHEN Yanbin, MA Jiutai, LIU Feng, et al. Study on Packaging Materials of Decoction Pieces of Angelica Sinensis[J]. World Chinese Medicine, 2010, 5(3): 223–224.
- [15] 邹红, 席环环, 钟凌云. 半夏饮片调剂及包装贮藏技术研究概况[J]. 中成药, 2013, 35(3): 606–609.
ZOU Hong, XI Huanhuan, ZHONG Lingyun. Research on Dispensing and Packaging Storage Technology of Pinellia Pinelliae Pieces[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2013, 35(3): 606–609.
- [16] 李静, 成志平. 食品冷链物流平台设计及包装材料安全评价[J]. 粘接, 2021, 48(10): 151–154.
LI Jing, CHENG Zhiping. Food Cold Chain Logistics Platform Design and Packaging Material Safety Evaluation[J]. Adhesion, 2021, 48(10): 151–154.
- [17] ROSTAMZADEH R, GOVINDAN K, ESMAEILI A, et al. Application of Fuzzy VIKOR for Evaluation of Green Supply Chain Management Practices[J]. Ecological Indicators, 2015, 49: 188–203.
- [18] 舒慕华, 王思宇, 林志超, 等. 基于区间Orthopair模糊距离测度的VIKOR多属性决策方法[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2021, 37(2): 207–215.
SHU Muhua, WANG Siyu, LIN Zhichao, et al. A VIKOR Multi-Attribute Decision Making Method Based on Interval-Valued Orthopair Fuzzy Distance Measure[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Natural Sciences Edition), 2021, 37(2): 207–215.
- [19] LI L P, CHEN Q S, LI X F, et al. An Improved PL-VIKOR Model for Risk Evaluation of Technological Innovation Projects with Probabilistic Linguistic Term Sets[J]. International Journal of Fuzzy Systems, 2021, 23(2): 419–433.

(责任编辑: 邓光辉)

Application of VIKOR Method Combined with Probabilistic Language Term Set in Evaluation of Packaging Materials of Traditional Chinese Medicine Decoction Pieces

TANG Weibing¹, MENG Huijing²

(1. College of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;

2. Hunan Province Packaging Economy Research Base, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: By combining the probability language term set (PLTS) with the VIKOR method to solve the evaluation of Chinese medicine tablet packaging materials, a reliable method was provided for selecting suitable packaging materials for Chinese medicine tablets. Firstly, the evaluation information was transformed by PLTS, and the distance between two PLTS was calculated by the distance formula of probabilistic linguistic term sets according to PLTS and related theories. Then, combined with VIKOR method, PLTS-VIKOR multi-index decision-making model was constructed to solve the multi-index decision-making problem. Finally, the evaluation of traditional Chinese medicine decoction pieces packaging materials was taken as an example for example analysis. The results showed that using the distance formula of probabilistic linguistic term set to calculate the distance between two PLTS could make full use of the original evaluation information, reflect the preferences of decision makers, improve the decision-making efficiency, and get more stable decision results.

Keywords: probabilistic linguistic term set; vise kriterijumska optimizacija kompromisno resenje method; traditional chinese medicine decoction piece; packaging material; multi-index decision-making