

文章编号:1005-9679(2018)03-0022-07

基于改进 VIKOR 法的生鲜农产品配送中心选址研究

王鲁萍 万校基 张丽萍

(华侨大学 工商管理学院, 泉州 362021)

摘要: 生鲜农产品具有易腐易损性、生产季节性及配送时效性等特点,为合理为其配送中心选址,提出了基于梯形直觉模糊 VIKOR 法的选址决策方法。首先,将决策者语言评价信息转换为梯形直觉模糊数,并进一步形成模糊决策矩阵,然后借助熵权法客观评价各属性权重,再利用改进的 VIKOR 法对候选地址进行最终排序,最后通过算例验证该选址方法具有一定的适用性和可靠性。

关键词: 梯形直觉模糊;VIKOR;熵权法;选址评价

中图分类号: F 590 **文献标志码:** A

Study on the location of distribution center for fresh agricultural products based on extended VIKOR method

WANG Luping WAN Xiaoji ZHANG Liping

(College of Business Administration, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: This paper presents a new method based on trapezoidal intuitionistic fuzzy VIKOR method to rationalize the location decision of fresh agricultural products, which have perishable vulnerability, seasonal production, distribution timeliness and other characteristics. Firstly, the decision makers language evaluation information is transformed into the trapezoidal intuitionistic fuzzy number and further formed the fuzzy decision matrix, then we determine attribute weights using the entropy weight method and certain the sorting of alternative location using extended VIKOR method. Finally, an illustrative example analysis shows the effectiveness and feasibility of this approach.

Key words: trapezoidal intuitionistic fuzzy number; VIKOR; entropy weight method; evaluation of location selection

0 引言

随着物流行业的深入发展和社会生活的大幅度改善,高附加值的冷链物流在流通领域扮演着越来越重要的作用,人们对于生鲜农产品冷链物流的需

求量也越来越大。所谓冷链物流,是指产品在生产、储存、运输、再加工及销售的全过程中始终处于规定的低温环境下,以保证产品质量和性能的供应链系统。

物流配送中心不仅仅是配送网络过程的转接节

收稿日期: 2017-11-27

基金项目: 福建省自然科学基金项目“基于动力系统理论的 P2P 网络借贷平台成长模型研究”(2015J01581); 华侨大学哲学社会科学青年学者成长工程项目“高风险环境下网络借贷的生存与发展研究”(14SKGC-QG17); 华侨大学高层次人才科研启动经费项目“P2P 网络借贷平台的竞争策略研究”(14SKBS205); 华侨大学研究生科研创新能力培育计划项目“基于模糊聚类迭代模型的冷链物流配送中心选址研究”(1611407093)。

作者简介: 王鲁萍(1992—),女,山东济宁人,硕士,研究方向为冷链物流、选址规划, E-mail: 564478799@qq.com; 万校基(通信作者)(1984—),男,江西南昌人,博士,硕士生导师,研究方向为冷链物流、选址规划, E-mail: wanxiaoji@hqu.edu.cn; 张丽萍(1985—),女,江西赣州人,博士研究生,研究方向为物流选址规划, E-mail: zhanglp@hqu.edu.cn。

点,同时也是整个配送过程所有设施节点的集合,其选址研究对于优化整体配送系统具有显著的战略价值。

本文借助梯形直觉模糊数、熵权法、VIKOR 法对生鲜农产品配送中心选址问题进行研究。其中,梯形直觉模糊数用于代表决策者的模糊语言评价,熵权法用于客观评价各属性的重要程度,VIKOR 法用于最终排序,从而解决了由决策者自身的主观原因和客观信息不对称等因素造成的选址决策过程中的不确定性和模糊性,为生鲜农产品配送中心选址提供了一种科学有效的决策方法。

1 生鲜农产品配送中心选址评价指标体系的构建

生鲜农产品冷链物流作为一种专业物流,配送过程不得不考虑生鲜农产品本身的物理特性。生鲜农产品的易腐易损性规定了配送时间的上限,从而也限制了配送半径,并要求尽量减少装卸搬运次数。特别是一些鲜活的生鲜农产品,对配送过程的要求非常苛刻。另外,配送中心建成后与周围环境能否融合,是否能带来可持续发展也是必须考虑的影响因素。通过分析相关文献和实际考察调研,本文在冷链物流配送中心选址评价指标的基础上结合生鲜农产品独有的特点及配送中心的实际状况,分别从经济环境、区域环境、社会环境这三个宏观层面构建出符合生鲜农产品自身特性的配送中心选址评价指标体系,具体如下表 1 所示。

表 1 生鲜农产品配送中心选址评价指标体系

影响因素	评价属性	属性类型
经济环境 c_1	配送时效性 d_1	效益型
	冷链物流成本 d_2	成本型
	产品损耗率 d_3	成本型
区域环境 c_2	区域经济发展水平 d_4	效益型
	交通便利状况 d_5	效益型
社会环境 c_3	政府政策条件 d_6	效益型
	对生态景观的影响 d_7	效益型

1.1 经济环境 (c_1)

(1) 配送时效性 (d_1): 生鲜农产品对时效性的要求很高,运输时间过长,损耗越大,企业付出的成本也就越高。配送时效性的高低还决定着客户满意度,配送越快,客户越满意。

(2) 冷链物流成本 (d_2): 冷链物流配送的货物具有常规货物所没有的特殊性,生鲜农产品配送中心

选址的物流成本除配送中心的基础设施建设费用、运输成本之外,还包含质量损失成本和配送耗能成本。

(3) 产品损耗率 (d_3): 生鲜农产品在配送运输过程中的各种不确定性因素会造成生鲜产品的损耗,降低产品的新鲜度。产品损耗率越高,则产品新鲜度越低,同时还会增加经济成本。

1.2 区域因素 (c_2)

(1) 区域经济发展水平 (d_4): 经济区位主要通过 GDP 值来反映,代表了整个地区的资金、技术、公共设施的配套能力。

(2) 交通便利情况 (d_5): 区域交通情况是生鲜农产品配送中心选址的基础条件之一,生鲜农产品物流配送只有依赖各种高效、安全便利的交通运输,才能及时准确地将商品送到客户手中。

1.3 社会因素 (c_3)

(1) 政府政策条件 (d_6): 政府提供的政策经济条件直接影响企业投资的积极性。当物流配送用地取得困难时,若有政府政策的支持,则有助于企业建设配送中心。

(2) 对生态景观的影响 (d_7): 配送中心建成后的可持续发展也是重要的影响因素,在选址时应充分考虑到配送中心建成之后未来的发展空间,尽量使其与周围的环境景观相协调,最好使配送中心的建筑能够融入当地居民的生活环境中,维系或改善原有景观。

2 梯形直觉模糊基本理论

直觉模糊数自提出以来得到了广泛应用,进一步发展为区间直觉模糊数、三角直觉模糊数和梯形直觉模糊数。其中,梯形直觉模糊数是区间直觉模糊数和三角直觉模糊数的一般形式,有效拓展了直觉模糊数处理复杂不确定信息的能力。而 VIKOR 法在实际运用时要求评价值和属性的权重都是确定值,故针对决策过程的不确定性和模糊性借助梯形直觉模糊数可更好地改进 VIKOR 法。

2.1 直觉模糊集

定义 1 设 X 是一个非空集合, $A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle | x \in X \}$ 是一个直觉模糊集。其中, $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1], \mu_A(x)$ 为 X 中元素 x 属于 A 的隶属度; $\nu_A(x): X \rightarrow [0, 1], \nu_A(x)$ 为 X 中 x 元素属于 A 的非隶属度且满足 $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1, x \in X$ 。另外, $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$ 表示 X 中元素 x 属

于 A 的犹豫度且满足 $0 \leq \pi_A(x) \leq 1, x \in X$ 。

2.2 梯形直觉模糊数

定义 2 设 \bar{a} 是实数集 R 上的一个直觉模糊集, 其隶属度函数和非隶属度函数分别如下:

$$\mu_{\bar{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(x-a)}{(b-a)} w_a, & a \leq x \leq b \\ w_a, & b \leq x \leq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} w_a, & c \leq x \leq d \\ 0, & x < a \text{ 或 } x > d \end{cases},$$

$$\nu_{\bar{a}}(x) = \begin{cases} \frac{b-x+(x-a') u_a}{(b * a')}, & a' \leq x \leq b \\ u_a, & b \leq x \leq c \\ \frac{x-c+(d'-x) u_a}{(b'-c)}, & c \leq x \leq d' \\ 1, & x < a' \text{ 或 } x > d' \end{cases},$$

其中, a, a', b, c, d, d' 都是实数且满足 $a' \leq a \leq b \leq c \leq d \leq d'$, w_a 和 u_a 分别代表最大隶属度和最小非隶属度且满足 $0 \leq w_a \leq 1, 0 \leq u_a \leq 1$ 和 $0 \leq w_a + u_a \leq 1$, 则 \bar{a} 被称为梯形直觉模糊数, 可表示为 $\bar{a} = \langle [(a, b, c, d); w_a], [(a', b, c, d'); u_a] \rangle$, 如图 1 所示。当 $b=c$ 时, $\bar{a} = \langle [(a, b, d); w_a], [(a', b, d'); u_a] \rangle$, 此时梯形直觉模糊数就变成三角直觉模糊数。此外, $\pi_{\bar{a}}(x) = 1 - \mu_{\bar{a}}(x) - \nu_{\bar{a}}(x)$ 表示梯形直觉模糊数 \bar{a} 的犹豫度, $\pi_{\bar{a}}(x)$ 越大则 \bar{a} 越小。

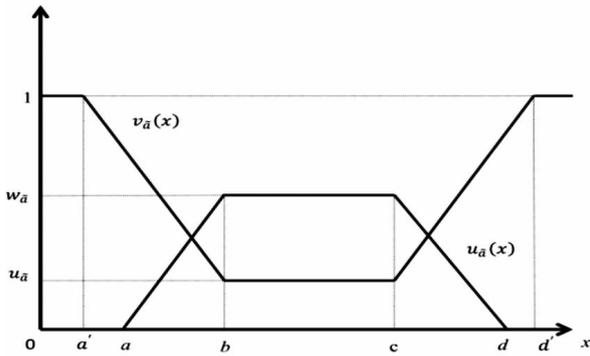


图 1 梯形模糊数 \bar{a}

2.3 梯形直觉模糊数的基本性质

由文献可知, 假设 $\bar{m}_1 = \langle [(a_1, b_1, c_1, d_1); w_{m_1}], [(a'_1, b_1, c_1, d'_1); u_{m_1}] \rangle, \bar{m}_2 = \langle [(a_2, b_2, c_2, d_2); w_{m_2}], [(a'_2, b_2, c_2, d'_2); u_{m_2}] \rangle$ 分别为两个不同的梯形直觉模糊数, $\lambda \neq 0$ 为任意实数, 则满足以下运算性质:

$$\bar{m}_1 + \bar{m}_2 = \langle [(a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2); \min\{w_{m_1}, w_{m_2}\}], [(a'_1 + a'_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d'_1 + d'_2); \max\{u_{m_1}, u_{m_2}\}] \rangle;$$

$$\bar{m}_1 \times \bar{m}_2 = \langle [(a_1 a_2, b_1 b_2, c_1 c_2, d_1 d_2); w_{m_1}], [(a'_2, b_1 b_2, c_1 c_2, d'_1 d'_2); w_{m_1}] \rangle;$$

$$\text{当 } \lambda > 0 \text{ 时, } \lambda \bar{m}_1 = \langle [(\lambda a_1, \lambda b_1, \lambda c_1, \lambda d_1); w_{m_1}], [(\lambda a'_1, \lambda b_1, \lambda c_1, \lambda d'_1); w_{m_1}] \rangle;$$

$$\text{当 } \lambda < 0 \text{ 时, } \lambda \bar{m}_1 = \langle [(\lambda d_1, \lambda c_1, \lambda b_1, \lambda a_1); w_{m_1}], [(\lambda d'_1, \lambda c_1, \lambda b_1, \lambda a'_1); u_{m_1}] \rangle;$$

由文献可知, 根据梯形直觉模糊数的运算性质, 设 $M_i (i=1, 2, \dots, n)$ 是一组梯形直觉模糊数, 那么将梯形直觉模糊数的加权平均算子 ($TrIFN-WA$) 计算公式表示为:

$$TrIFN-WA (M_1, M_2, \dots, M_n) = \langle [(\sum_{i=1}^n \omega_i a_i, \sum_{i=1}^n \omega_i b_i, \sum_{i=1}^n \omega_i c_i, \sum_{i=1}^n \omega_i d_i); \min_j \{w_{M_i}\}], [(\sum_{i=1}^n \omega_i a'_i, \sum_{i=1}^n \omega_i b_i, \sum_{i=1}^n \omega_i c_i, \sum_{i=1}^n \omega_i d'_i); \max_j \{u_{M_i}\}] \rangle \quad (1)$$

其中, $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}^T$ 表示每一个梯形直觉模糊数对应的权重向量, 且满足 $0 \leq \omega_i \leq 1, \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 (i=1, 2, \dots, n)$ 。

由文献可知, \bar{m}_1 和 \bar{m}_2 这两个梯形直觉模糊数的 hamming 距离公式可表示为

$$d_H(\bar{m}_1, \bar{m}_2) = 1/8 [|a_1 - a_2| + |b_1 - b_2| + |c_1 - c_2| + |d_1 - d_2| + |a'_1 - a'_2| + |b_1 - b_2| + |c_1 - c_2| + |d'_1 - d'_2|] + \max(|w_{m_1} - w_{m_2}|, |u_{m_1} - u_{m_2}|) \quad (2)$$

3 基于梯形直觉模糊 VIKOR 决策模型的构建

基于以上理论基础, 下面将借助梯形直觉模糊数、熵权法、VIKOR 法对生鲜农产品配送中心的选址问题进行研究。

假设有 n 个备选地址, 集合可表示为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, 其中 $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 个配送中心候选点; 设有 p 位决策者组成的集合表示为 $DM = \{DM_1, DM_2, \dots, DM_p\}$, 令 DM_k 表示第 k 个决策者, $k=1, 2, \dots, p$, 设表示各个决策者的决策权重向量, 令代表决策者的决策权重且满足 $0 \leq \lambda_k \leq 1, \sum_{k=1}^p \lambda_k (k=1, 2, \dots, p)$; 生鲜农产品配送中心选址的评价属性集合为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, 且满足 $0 \leq d_j \leq 1, \sum_{j=1}^m d_j (j=1, 2, \dots, m)$, 令 $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}^T$ 表示为评价属性 d_j 相应的指标权重, 且满足 $0 \leq \omega_j \leq 1, \sum_{j=1}^m \omega_j (j=1, 2, \dots, m)$ 。具体步骤如下:

步骤 1 定义评价语言变量及对应的梯形直觉模糊数(见表 2)

表 2 评价语言术语和对应的梯形直觉模糊数

评价语言	梯形直觉模糊数
很差 (VP)	$\langle \llbracket (0.05, 0.01, 0.15, 0.18); 0.10 \rrbracket, \llbracket (0.00, 0.10, 0.15, 0.20); 0.90 \rrbracket \rangle$
差 (P)	$\langle \llbracket (0.15, 0.20, 0.25, 0.30); 0.20 \rrbracket, \llbracket (0.10, 0.20, 0.25, 0.35); 0.79 \rrbracket \rangle$
较差 (MP)	$\langle \llbracket (0.30, 0.35, 0.40, 0.45); 0.38 \rrbracket, \llbracket (0.24, 0.35, 0.40, 0.48); 0.61 \rrbracket \rangle$
中等 (M)	$\langle \llbracket (0.45, 0.50, 0.55, 0.56); 0.50 \rrbracket, \llbracket (0.40, 0.50, 0.55, 0.60); 0.50 \rrbracket \rangle$
较好 (MG)	$\langle \llbracket (0.59, 0.60, 0.70, 0.73); 0.66 \rrbracket, \llbracket (0.56, 0.60, 0.70, 0.76); 0.34 \rrbracket \rangle$
好 (G)	$\langle \llbracket (0.78, 0.80, 0.84, 0.86); 0.78 \rrbracket, \llbracket (0.75, 0.80, 0.84, 0.90); 0.20 \rrbracket \rangle$
很好 (VG)	$\langle \llbracket (0.87, 0.90, 0.95, 0.98); 0.96 \rrbracket, \llbracket (0.85, 0.90, 0.95, 1); 0.04 \rrbracket \rangle$

步骤 2 解模糊化构造加权可能性均值决策矩阵

首先将决策者 DM_k 对配送中心候选点 A_i 的评价属性 d_j 的语言评价用梯形直觉模糊数表示为 $\tilde{a}_{ij}^k = \langle \llbracket (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k, d_{ij}^k); \omega_{a_{ij}^k} \rrbracket, \llbracket (a'_{ij}{}^k, b'_{ij}{}^k, c'_{ij}{}^k, d'_{ij}{}^k); \omega_{a'_{ij}{}^k} \rrbracket \rangle$ 的模糊评价矩阵, 然后将其解模糊化转变为加权可能性均值矩阵^[25], 且

$$r_{ij}^k = \frac{1}{(6+s)} [(a_{ij}^k + 2b_{ij}^k + 2c_{ij}^k + d_{ij}^k) \omega_{a_{ij}^k} \cdot s + (a'_{ij}{}^k + 2b'_{ij}{}^k + 2c'_{ij}{}^k + d'_{ij}{}^k) \omega_{a'_{ij}{}^k} \cdot (1-s)] \quad (3)$$

其中, $s \in [0, 1]$ 表示决策者风险偏好系数, $s \in [0, 0.5)$ 表明决策者偏好肯定的或正面信息, 即比较保守和悲观; $s \in [0.5, 1)$ 表明偏好否定的或负面信息, 即比较冒险、乐观; 而 $s = 0.5$ 表示偏好中性。

步骤 3 构造标准化可能性均值决策矩阵

通常, 评价属性被分成效益型指标和成本型指标, 根据不同指标类型进行标准化可使得指标具有可比性。令 $r_j^{k+} = \max \{r_{ij}^k \mid i = 1, 2, \dots, n\}$, $r_j^{k-} = \min \{r_{ij}^k \mid i = 1, 2, \dots, n\}$, 则模糊评价属性可表示为

$$y_{ij}^k = \begin{cases} r_{ij}^k / r_j^{k+}, & j \in B(\text{效益型}) \\ r_j^{k-} / r_{ij}^k, & j \in C(\text{成本型}) \end{cases} \quad (4)$$

对 y_{ij}^k 进行标准化处理可得

$$t_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij} \quad (5)$$

步骤 4 由熵权法计算各评价属性的权重

依照熵的计算公式可以得出第 k 个决策者所对应第 j 个评价属性的熵值为

$$e_j^k = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n t_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, p \quad (6)$$

特别地, 当 $t_{ij} = 0$ 时, 则 $t_{ij} \ln t_{ij} = 0$ 。将第 k 个决策者所对应第 j 个评价属性的重要程度定义为 $H_j^k = 1 - e_j^k$ 。 H_j^k 越大则表示该评价属性的重要程

度越高, 提供的信息量越大。因此, 第 k 个决策者所对应第 j 个属性权重公式可表达为

$$\omega_j^k = H_j^k / (m - \sum_{j=1}^m e_j^k), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

其中, $0 \leq \omega_j^k \leq 1 (j = 1, 2, \dots, m)$ 且 $\sum_{j=1}^m \omega_j^k = 1$ 。

那么第 j 个评价属性所对应的权重计算公式为

$$\omega_j = \sum_{k=1}^m \lambda_k \omega_j^k, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

步骤 5 集结初始决策矩阵, 构造综合模糊决策矩阵

通过加权平均算子 ($TrIFN-WA$) 对决策者给出的初始梯形直觉模糊数决策矩阵进行集结, 构造出综合模糊决策矩阵 $\tilde{G} = (\tilde{g}_{ij})_{nm}$ 且满足

$$\begin{aligned} \tilde{g}_{ij} = & \langle \llbracket g_{1i}(d_j), g_{2i}(d_j), g_{3i}(d_j), g_{4i}(d_j); \omega_{\tilde{g}_{ij}} \rrbracket, \\ & \llbracket g'_{1i}(d_j), g'_{2i}(d_j), g'_{3i}(d_j), g'_{4i}(d_j); u_{\tilde{g}_{ij}} \rrbracket \rangle = \\ & TrIFN-WA(\tilde{a}_{ij}^1, \tilde{a}_{ij}^2, \dots, \tilde{a}_{ij}^p) = \sum_{k=1}^p \lambda_k \tilde{a}_{ij}^k = \\ & \langle \llbracket (\sum_{k=1}^p \lambda_k \tilde{a}_{ij}^k, \sum_{k=1}^p \lambda_k b_{ij}^k, \sum_{k=1}^p \lambda_k c_{ij}^k, \sum_{k=1}^p \lambda_k d_{ij}^k); \\ & \min_{1 \leq k \leq p} \{\omega_{a_{ij}^k}\} \rrbracket, \llbracket (\sum_{k=1}^p \lambda_k a'_{ij}{}^k, \sum_{k=1}^p \lambda_k b'_{ij}{}^k, \sum_{k=1}^p \lambda_k c'_{ij}{}^k, \\ & \sum_{k=1}^p \lambda_k d'_{ij}{}^k); \min_{1 \leq k \leq p} \{u_{a'_{ij}{}^k}\} \rrbracket \rangle \quad (9) \end{aligned}$$

其中, $g_{2i}(d_j) = g'_{2i}(d_j)$, $g_{3i}(d_j) = g'_{3i}(d_j)$ 。

步骤 6 构造标准化决策矩阵

为了排除不同物理层面对最终决策的影响, 将综合模糊决策矩阵 $\tilde{G} = (\tilde{g}_{ij})_{nm}$ 归一化转变成标准化决策矩阵 $\tilde{\tau} = (\tilde{\tau}_{ij})_{nm}$, 则

$$\tilde{\tau}_{ij} = \langle \llbracket \tau_{1i}(d_j), \tau_{2i}(d_j), \tau_{3i}(d_j), \tau_{4i}(d_j); \omega_{\tilde{\tau}_{ij}} \rrbracket, \llbracket \tau'_{1i}(d_j), \tau'_{2i}(d_j), \tau'_{3i}(d_j), \tau'_{4i}(d_j); u_{\tilde{\tau}_{ij}} \rrbracket \rangle \quad (10)$$

由步骤 3 可知, 根据不同指标类型进行标准化才能使指标具有可比性。因此, 评价属性标准化应分类处理。具体如下所示:

$$\tau_{xi}(d_j) = \begin{cases} \frac{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - g_{5-x,i}(d_j)}{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}, & t = 1, 2, 3, 4, j \in C(\text{成本型}) \\ \frac{g_{x,i}(d_j) - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}, & t = 1, 2, 3, 4, j \in B(\text{效益型}) \end{cases} \quad (11)$$

$$\tau'_{xj}(d_j) = \begin{cases} \frac{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - g'_{5-x,i}(d_j)}{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}, & t=1,2,3,4, j \in C(\text{成本型}) \\ \frac{g'_{xj}(d_j) - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}{\max_i \{g_{4i}(d_j), g'_{4i}(d_j)\} - \min_i \{g_{1i}(d_j), g'_{1i}(d_j)\}}, & t=1,2,3,4, j \in B(\text{效益型}) \end{cases} \quad (12)$$

其中需满足 $\tau_{1i}(d_j) \leq \tau_{2i}(d_j) \leq \tau_{3i}(d_j) \leq \tau_{4i}(d_j)$; $\tau'_{1j}(d_j) \leq \tau'_{2j}(d_j) \leq \tau'_{3j}(d_j) \leq \tau'_{4j}(d_j)$; $\tau_{2i}(d_j) = \tau'_{2i}(d_j)$, $\tau_{3i}(d_j) = \tau'_{3i}(d_j)$; $w_{\tau_{ij}} = w_{\tau'_{ij}}$, $u_{\tau_{ij}} = u_{\tau'_{ij}}$. **步骤 7** 计算评价属性的正理想解 f_j^+ 和负理想解 f_j^-

$$f_j^+ = \langle \left[\max_{1 \leq i \leq n} \tau_{1i}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau_{2i}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau_{3i}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau_{4i}(d_j); 1 \right], \left[\min_{1 \leq i \leq n} \tau'_{1j}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau'_{2j}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau'_{3j}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau'_{4j}(d_j); 0 \right] \rangle \quad (13)$$

$$f_j^- = \langle \left[\min_{1 \leq i \leq n} \tau_{1i}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau_{2i}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau_{3i}(d_j), \min_{1 \leq i \leq n} \tau_{4i}(d_j); 0 \right], \left[\max_{1 \leq i \leq n} \tau'_{1j}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau'_{2j}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau'_{3j}(d_j), \max_{1 \leq i \leq n} \tau'_{4j}(d_j); 1 \right] \rangle \quad (14)$$

步骤 8 计算群体效益值 U_i , 个体遗憾值 R_i 和综合指标值 Q_i

根据 hamming 距离公式分别求出群体效益值 U_i 和个体遗憾值 R_i , 具体如下:

$$U_i = \sum_{j=1}^n \omega_j \frac{d_H(f_j^+, \bar{\tau}_{ij})}{d_H(f_j^+, f_j^-)}, \quad R_i = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \omega_j \frac{d_H(f_j^+, \bar{\tau}_{ij})}{d_H(f_j^+, f_j^-)} \right\} \quad (15)$$

$$Q_i = \nu \frac{U_i - U_i^+}{U_i^- - U_i^+} + (1 - \nu) \frac{R_i - R_i^+}{R_i^- - R_i^+} \quad (16)$$

其中, ν 被称为决策机制系数, 也称为折中系数, 代表群体效益值最大时的权重。当 $\nu > 0.5$ 时, 要根据大多数人的意见进行决策; 当 $\nu = 0.5$ 时, 要综合考虑群体效益值和个体遗憾值, 也就是说根据赞同情况决策; 当 $\nu < 0.5$ 时, 要根据拒绝的情况来决策。

步骤 9 最终排序假设 $A^{(1)}$ 是按 Q_i 值升序排序后排序第一的候选点, 若 $A^{(1)}$ 是最优妥协方案,

则最佳配送中心需同时满足以下两个条件:

条件一: 当 $Q(A^{(2)}) - Q(A^{(1)}) \geq 1/(n-1)$ 时, $Q(A^{(1)})$ 具有可接受优势, 此时 $A^{(2)}$ 是按 Q_i 值升序排序后排序第二的候选点, n 指配送中心候选点的个数。

条件二: $A^{(1)}$ 也是按照 U_i 或 R_i 升序排序后排序第一的候选点。

4 算例分析

假设某地区计划建设一个生鲜农产品配送中心, 经前期考察和实地调研, 符合选址要求的有 4 个候选地 $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$, 现邀请 3 位选址专家 $DM = \{DM_1, DM_2, DM_3\}$ 进行决策, 假设相应的专家权重 $\lambda = \{0.4, 0.28, 0.32\}$ 。各个专家通过对图 1 中生鲜农产品配送中心选址评价体系的 7 个评价属性进行语言评估, 要求从中选出最佳的配送中心, 如表 3 所示。具体计算过程如下:

表 3 决策者 DM_1, DM_2, DM_3 对候选地址 A_1, A_2, A_3, A_4 评价属性的语言评价

	DM_1				DM_2				DM_3			
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4
d_1	M	MP	MG	MP	MG	M	MG	M	G	MP	M	M
d_2	M	MP	G	G	MP	M	G	M	G	MP	M	MG
d_3	M	G	MG	MP	M	MP	MG	G	MG	VG	MG	M
d_4	VG	G	MP	M	MG	MP	G	MP	P	MG	M	MP
d_5	G	M	MP	M	MP	MP	VG	G	MP	MG	MG	P
d_6	MG	MG	M	MG	M	MG	MG	M	MG	MP	P	MP
d_7	MG	MG	MG	M	M	MG	M	MP	G	M	G	M

步骤 1 将表 2 中的语言评价转化为梯形直觉模糊数,然后令 $s=1$,利用公式(3)将其解模糊化转变为加权可能性均值矩阵。根据评价属性的不同类型,通过公式(4)和(5)构造出标准化可能性均值决策矩阵。

步骤 2 通过公式(6)和(7)计算出第 k 个决策者所对应的第 j 个评价属性的熵值及权重,如表 4 所示。利用公式(8)可得出各个评价属性权重向量:
 $W = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7\} = \{0.102, 0.169, 0.143, 0.216, 0.223, 0.089, 0.057\}$ 。

步骤 3 通过公式(9)加权平均算子($TrIFN-WA$)对决策者给出的初始梯形直觉模糊数决策矩阵进行集结构造出综合模糊决策矩阵,然后利用公

式(11)和(12)可将综合模糊决策矩阵归一化处理得到标准化决策矩阵,如表 5 所示。

表 4 评价属性的熵值和权重

	DM_1		DM_2		DM_3	
	e_j^1	ω_j^1	e_j^2	ω_j^2	e_j^3	ω_j^3
d_1	0.920	0.129	0.977	0.037	0.495	0.126
d_2	0.858	0.229	0.916	0.134	0.105	0.125
d_3	0.889	0.179	0.889	0.177	0.241	0.068
d_4	0.855	0.234	0.858	0.226	0.052	0.185
d_5	0.888	0.181	0.806	0.309	0.136	0.201
d_6	0.985	0.024	0.977	0.037	0.565	0.217
d_7	0.985	0.024	0.949	0.081	0.357	0.078

表 5 标准化决策矩阵

	A_1	A_2	A_3	A_4
d_1	$\langle[(0.67, 0.74, 0.87, 0.91); 0.5], [(0.61, 0.74, 0.87, 1); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.13, 0.24, 0.35, 0.43); 0.38], [(0, 0.24, 0.35, 0.5); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.59, 0.63, 0.8, 0.87); 0.38], [(0.5, 0.63, 0.8, 0.93); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.24, 0.35, 0.46, 0.52); 0.38], [(0.13, 0.35, 0.46, 0.59); 0.61]\rangle$
d_2	$\langle[(0.33, 0.38, 0.48, 0.56); 0.38], [(0.27, 0.38, 0.48, 0.63); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.62, 0.69, 0.79, 0.88); 0.38], [(0.56, 0.69, 0.79, 1); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.08, 0.1, 0.19, 0.25); 0.5], [(0, 0.1, 0.19, 0.31); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.13, 0.17, 0.29, 0.33); 0.5], [(0.06, 0.17, 0.29, 0.4); 0.5]\rangle$
d_3	$\langle[(0.53, 0.55, 0.74, 0.84); 0.5], [(0.42, 0.55, 0.74, 0.95); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.08, 0.16, 0.26, 0.37); 0.38], [(0, 0.16, 0.26, 0.45); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.21, 0.29, 0.55, 0.58); 0.66], [(0.13, 0.29, 0.55, 0.66); 0.34]\rangle$	$\langle[(0.55, 0.63, 0.76, 0.87); 0.38], [(0.45, 0.63, 0.76, 1); 0.61]\rangle$
d_4	$\langle[(0.59, 0.66, 0.82, 0.89); 0.2], [(0.52, 0.66, 0.82, 0.95); 0.79]\rangle$	$\langle[(0.64, 0.7, 0.84, 0.91); 0.38], [(0.57, 0.7, 0.84, 1); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.41, 0.5, 0.61, 0.68); 0.38], [(0.3, 0.5, 0.61, 0.77); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.14, 0.25, 0.36, 0.43); 0.38], [(0, 0.25, 0.36, 0.52); 0.61]\rangle$
d_5	$\langle[(0.28, 0.41, 0.56, 0.66); 0.38], [(0.13, 0.41, 0.56, 0.78); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.16, 0.28, 0.5, 0.56); 0.38], [(0.03, 0.28, 0.5, 0.69); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.47, 0.56, 0.78, 0.91); 0.38], [(0.34, 0.56, 0.78, 1); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.16, 0.28, 0.44, 0.5); 0.2], [(0, 0.28, 0.44, 0.63); 0.79]\rangle$
d_6	$\langle[(0.54, 0.59, 0.84, 0.89); 0.5], [(0.46, 0.59, 0.84, 1); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.41, 0.46, 0.68, 0.78); 0.38], [(0.3, 0.46, 0.68, 0.86); 0.61]\rangle$	$\langle[(0.11, 0.22, 0.41, 0.46); 0.2], [(0, 0.22, 0.41, 0.57); 0.79]\rangle$	$\langle[(0.3, 0.38, 0.57, 0.65); 0.38], [(0.16, 0.38, 0.57, 0.76); 0.61]\rangle$
d_7	$\langle[(0.63, 0.7, 0.85, 0.90); 0.5], [(0.55, 0.7, 0.85, 1.00); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.48, 0.53, 0.73, 0.80); 0.5], [(0.38, 0.53, 0.73, 0.88); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.63, 0.7, 0.85, 0.90); 0.5], [(0.55, 0.7, 0.85, 1.00); 0.5]\rangle$	$\langle[(0.13, 0.25, 0.38, 0.43); 0.38], [(0, 0.25, 0.38, 0.53); 0.61]\rangle$

步骤 4 通过公式(13)和(14)分别计算出各评价属性的正理想解 f_j^+ 和负理想解 f_j^- ,如表 6 所示。

步骤 5 通过公式(15)可以计算出各个候选地址的计算群体效益值 U_i 和个体遗憾值 R_i 。通过公式(16),取 $\nu=0.5$ 计算综合指标值 Q_i ,如表 7 所示。

表 6 评价属性的正理想解和负理想解

	f_j^+	f_j^-
d_1	$\langle[(0.67, 0.74, 0.87, 0.91); 1], [(0, 0.24, 0.35, 0.6); 0]\rangle$	$\langle[(0.13, 0.24, 0.35, 0.43); 0], [(0.61, 0.74, 0.87, 1); 1]\rangle$
d_2	$\langle[(0.62, 0.69, 0.79, 0.88); 1], [(0, 0.1, 0.19, 0.31); 0]\rangle$	$\langle[(0.08, 0.1, 0.19, 0.25); 0], [(0.56, 0.69, 0.79, 1); 1]\rangle$
d_3	$\langle[(0.55, 0.63, 0.76, 0.87); 1], [(0, 0.16, 0.26, 0.45); 0]\rangle$	$\langle[(0.08, 0.16, 0.26, 0.37); 0], [(0.45, 0.63, 0.76, 1); 1]\rangle$
d_4	$\langle[(0.64, 0.7, 0.84, 0.91); 1], [(0, 0.25, 0.36, 0.52); 0]\rangle$	$\langle[(0.14, 0.25, 0.36, 0.43); 0], [(0.57, 0.7, 0.84, 1); 1]\rangle$
d_5	$\langle[(0.47, 0.56, 0.78, 0.91); 1], [(0, 0.28, 0.44, 0.63); 0]\rangle$	$\langle[(0.16, 0.28, 0.44, 0.5); 0], [(0.34, 0.56, 0.78, 1); 1]\rangle$
d_6	$\langle[(0.54, 0.59, 0.84, 0.89); 1], [(0, 0.22, 0.41, 0.57); 0]\rangle$	$\langle[(0.11, 0.22, 0.41, 0.46); 0], [(0.46, 0.59, 0.84, 1); 1]\rangle$
d_7	$\langle[(0.63, 0.7, 0.85, 0.90); 1], [(0, 0.25, 0.38, 0.53); 0]\rangle$	$\langle[(0.13, 0.25, 0.38, 0.43); 0], [(0.55, 0.7, 0.85, 1); 1]\rangle$

表 7 U_i, R_i, Q_i 值

	U_i	R_i	Q_i
A_1	0.588	0.152	0.839
A_2	0.578	0.132	0.365
A_3	0.555	0.131	0
A_4	0.586	0.162	0.970

通过表 7 可以看出,候选地址 A_3 的综合指标值 Q_i 最小,其次是 A_2 ,一共有 4 个候选地址,此时满足 $Q_3 - Q_2 \geq 1/(4-1)$ 。另外,按照 U_i 和 R_i 排序, A_3 也是最佳的,同时满足条件一和条件二。因此,当所有决策专家达成共识对每个方案持折中态度即 $\nu=0.5$ 时,最佳生鲜农产品配送中心为 A_3 。

通过计算可知,无论折中系数 ν 为多少,最佳的配送中心都是 A_3 。决策机制系数 ν 实际上是对多数群体效益的最大值和个人遗憾的最小值的妥协。因此, ν 值的变化为决策专家提供了使用主观偏好做出决策的灵活性。

5 结论与不足

生鲜农产品配送中心选址问题属于典型的多属性决策问题,本文针对决策者对配送中心评价信息的模糊性和复杂性,提出了基于梯形直觉模糊数、熵权法和 VIKOR 法解决生鲜农产品配送中心选址的决策方法。其中,梯形直觉模糊数有效拓展了直觉模糊数处理复杂不确定信息的能力,更好地改进了 VIKOR 法要求评价价值和属性的权重都是确定值的情况,有助于对候选点进行最终排序;针对评价属性权重未知时,运用熵权法能更加客观地计算出评价属性权重。以上方法共同协调可降低权重的主观性干扰,使结果更加接近理想解,有利于提高决策的科学性,具有较强的应用价值。

本研究还存在一些不足,只研究了静态评估方法,并未考虑到配送中心选址其实是一个复杂的动态决策过程,未来的研究方向应该分阶段研究动态模糊变化过程,即引入动态直觉模糊数将传统的静态评估上升到动态评估。另外,本文只研究决策专家权重信息已知的情形,未来需要进一步探究评价属性权重和决策者权重均完全未知的情况。

参考文献:

- [1] 毋庆刚. 我国冷链物流发展现状与对策研究[J]. 中国流通经济, 2011(2): 24-28.
- [2] 关菲, 张强. 模糊多目标物流配送中心选址模型及其求解算法[Z]. 长沙: 201357-62.
- [3] 杨光华, 林朝朋, 谢小良. 生鲜农产品冷链物流模式与对策研究[J]. 广东农业科学, 2009(6): 200-203.
- [4] 陈战波, 黄小舟. 物流配送中心选址的改进灰关联度评价方法[J]. 统计与决策, 2015(3): 52-55.
- [5] 韩峰, 胡灵. 模糊综合评价及灰色关联分析在配送中心选址评价中的应用[J]. 物流科技, 2017(5): 18-20.
- [6] 王思宇, 乔辉. 层次分析法在配送中心选址中的应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2013(6): 222-224.
- [7] Congjun Rao M G Y Z. Location selection of city logistics centers under sustainability[J]. Transportation Research (Part D), 2015(36): 29-44.
- [8] AWASTHI A, CHAUHAN S S, GOYAL S K. A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty[J]. 2010, 53(2011): 98-109.
- [9] 谭吉玉, 朱传喜, 张小芝, 等. 基于 TOPSIS 的区间直觉模糊数排序法[J]. 控制与决策, 2015(11): 2014-2018.
- [10] 李梅, 吴冲, 胡建平. 基于动态直觉模糊 VIKOR 群决策的冷链供应商选择研究[J]. 华东交通大学学报, 2015, 32(5): 65-72.
- [11] 方曦, 李治东, 熊焰, 等. 基于模糊 VIKOR 法的企业决策情报评价及应用[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(3): 49-52, 44.
- [12] 刘芳. 模糊 VIKOR 方法在区域经济发展评价中的应用[J]. 统计与管理, 2016(12): 63-64.
- [13] OPRICOVIC S, TZENG G. Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS[J]. European Journal of Operational Research, 2004, 156(2): 445-455.
- [14] OPRICOVIC S. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(10): 12983-12990.
- [15] 陈军, 但斌. 生鲜农产品的流通损耗问题及控制对策[J]. 管理现代化, 2008(4): 19-21.
- [16] 张凤平. 冷链物流配送中心选址评价研究[J]. 物流科技, 2014(3): 17-20.
- [17] 宋效中, 石钢. 基于时效性的冷链配送中心选址问题[J]. 物流技术, 2014(13): 99-101.
- [18] 徐选华, 万奇锋, 陈晓红, 等. 一种基于区间直觉梯形模糊数偏好的大群体决策冲突测度研究[J]. 中国管理科学, 2014(8): 115-122.
- [19] 王强英. 三角直觉模糊多属性群决策方法及其在供应商选择中的应用[D]. 南昌: 江西财经大学, 2014.
- [20] 王璞, 张璐, 蒋晓东. EDW 与梯形直觉模糊数结合的科技奖励评价[J]. 软科学, 2014(10): 121-124.