

基于图片模糊集的双边匹配决策

陶媛¹, 邓智彬², 黄鹤¹, 乐琦¹

¹上海工程技术大学管理学院, 上海

²江西财经大学信息管理学院, 江西 南昌

收稿日期: 2022年11月29日; 录用日期: 2022年12月19日; 发布日期: 2022年12月30日

摘要

针对图片模糊偏好信息下的双边匹配问题, 给出一种双边匹配决策方法。首先, 运用TOPSIS方法将图片模糊信息转化为满意度, 在此基础上, 考虑一对一匹配约束条件, 构建双边匹配决策模型, 进一步地, 依据组合满意度匹配方法将多目标规划模型转化为单目标规划模型, 并求解该模型获得最佳双边匹配方案。最后, 一个产品开发需求匹配实例验证了所提方法的有效性与可靠性。

关键词

双边匹配决策, 图片模糊集, TOPSIS方法, 组合满意度匹配方法

Bilateral Matching Decision Based on Picture Fuzzy Sets

Yuan Tao¹, Zhibin Deng², He Huang¹, Qi Yue¹

¹School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

²School of Information Management, Finance and Economics University of Jiangxi, Nanchang Jiangxi

Received: Nov. 29th, 2022; accepted: Dec. 19th, 2022; published: Dec. 30th, 2022

Abstract

Aiming at the problem of bilateral matching decision under fuzzy preference information of pictures, a bilateral matching decision method is presented. Firstly, TOPSIS method is used to transform fuzzy information of pictures into satisfaction. On this basis, considering one-to-one matching constraints, a bilateral matching decision model is constructed. Furthermore, according to the combined satisfaction matching method, the multi-objective planning model is transformed into a single-objective planning model, and the best bilateral matching scheme is obtained by solving this model. Finally, an example of product development requirements matching verifies the effec-

tiveness and reliability of the proposed method.

Keywords

Bilateral Matching Decision, Picture Fuzzy Set, TOPSIS Method, Combined Satisfaction Matching Method

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

双边匹配决策最早由 Gale 和 Shapley [1]在对婚姻匹配以及大学入学问题的研究中提出,是指在匹配过程中,以满足双方主体的意愿为基础,通过合理的匹配方法,进而为匹配主体寻求最优匹配对象。双边匹配问题广泛存在于社会各个经济管理活动的领域当中,例如风险投资与风险企业匹配问题[2]、高校入学录取问题[3]、人岗匹配问题[4]等。现如今互联网经济与计算机技术的发展,许多全新的双边匹配决策问题也伴随着电子商务平台与其他互联网第三方中介平台的兴起不断涌现出来,例如基于云计算平台的产品制造资源匹配问题[5]、碳排放交易权匹配问题[6]、基于打车平台的双边匹配决策问题[7]等。由此可见,针对双边匹配问题的相关研究对于解决社会经济活动中的一些实际问题具有一定的必要性与合理性。

2. 文献综述

由于实际决策场景中匹配主体存在的知识结构差异性以及个人思维所存在的不确定性,决策者更偏向于运用一些直觉模糊集、区间直觉模糊集、犹豫模糊集等不确定性信息表达工具来表述所给出的偏好评价信息。例如, Yue 等[8]提出了一种新的三角直觉模糊数函数,以此为基础提出了一种新的双边匹配决策模型; Jia 等[9]基于后悔理论,提出一种新的基于直觉模糊集的双边匹配决策模型; Li 等[10]考虑了稳定一对一匹配约束条件,构建了基于对偶犹豫模糊偏好信息的双边匹配模型; Zhang 等[11]考虑了权重不确定下的决策场景,进而提出一种基于多粒度犹豫模糊语言术语集的双边匹配决策方法; 林杨与王应明[12]则提出了一种新的基于直觉模糊集的双边匹配决策方法。然而,上述在双边匹配问题已经学者们所广泛应用的不确定性表达工具在面对信息愈加多样化与复杂化的决策场景时仍存在某些局限性。图片模糊集作为直觉模糊集的一种拓展形式,包含了正隶属度、中隶属度、负隶属度等三种参数。与直觉模糊集、区间直觉模糊集等不确定性表达工具相比,图片模糊集在面对一些更为复杂的决策问题时具有多样化的应用潜力。目前,图片模糊集在多属性决策问题、大规模群决策问题等[13][14]方面的应用已经取得了一定的研究成果。然而,鲜有学者将图片模糊集引入至双边匹配问题的研究中。

鉴于此,本文给出一种新的基于图片模糊集的双边匹配决策方法,其研究路径如下。首先,运用 TOPSIS 方法求解得到主体满意度,以主体满意度最大化为目标,构建双边匹配决策模型。进一步地,基于组合满意度匹配方法求解该模型得到双边匹配方案。

3. 预备知识

3.1. 图片模糊集

定义 1 [12]: 给定一个固定集合 S , 则该集合上的图片模糊集 T 可以表示为:

$T = \{ \langle x, \mu(x), \nu(x), o(x) \rangle \mid x \in S \}$ 。其中, $\mu(x) \in [0, 1]$ 称为 x 在图片模糊集 T 上的正隶属度, $\nu(x) \in [0, 1]$ 称为 x 在图片模糊集 T 上的中隶属度, $o(x) \in [0, 1]$ 称为 x 在图片模糊集 T 上的负隶属度, 且满足 $0 < \mu(x) + \nu(x) + o(x) \leq 1$ 。除此之外, $\pi(x) = 1 - [\mu(x) + \nu(x) + o(x)]$ 称为 x 在图片模糊集 T 上的拒绝度。为方便计算, 记图片模糊数为 $t = \langle \mu, \nu, o \rangle$ 。

定义 2 [15]: 给定任意两个图片模糊数 $t_1 = \langle \mu_1, \nu_1, o_1 \rangle$ 与 $t_2 = \langle \mu_2, \nu_2, o_2 \rangle$, 则称:

$$d(t_1, t_2) = \frac{1}{3} (|\mu_1 - \mu_2| + |\nu_1 - \nu_2| + |o_1 - o_2|) \quad (1)$$

为图片模糊数 t_1 与 t_2 之间的 Hamming 距离测度。

3.2. 双边匹配

针对图片模糊偏好信息下的双边匹配决策问题, 存在两个匹配主体集合 $H = \{H_1, H_2, \dots, H_m\}$ 与 $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ 。其中, H_a 与 J_b 分别表示第 a 个甲方主体与第 b 个乙方主体。为方便计算, 假设 $n > m > 2$ 。

定义 2 [14]: 设 $\delta: H \cup J \rightarrow H \cup J$ 为甲方主体集合到乙方主体集合的一一映射, 若 $\forall H_a \in H, \forall J_b \in J$ 满足以下条件:

- 1) $\delta(H_a) \in J$;
- 2) $\delta(J_b) \in H \cup \{J_b\}$;
- 3) $\delta(J_b) = H_a$ 当且仅当 $\delta(H_a) = J_b$;

则 δ 被称作双边匹配。在双边匹配 δ 中, $\delta(J_b) = H_a$ 或 (H_a, J_b) 表示 H_a 与 J_b 在 δ 中成功匹配, $\delta(J_b) = J_b$ 或 $\delta(H_a) = H_a$ 表示 H_a 或 J_b 在 δ 中未能成功匹配。

4. 双边匹配模型

4.1. 问题描述

在本文所研究的双边匹配问题中, 设甲方主体集合与乙方主体集合分别为 $H = \{H_1, H_2, \dots, H_m\}$ 与 $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ 。其中, H_a 表示第 a 个甲方主体, J_b 表示第 b 个乙方主体。记甲方到乙方的图片模糊数矩阵为 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$, 其中, $t_{ab}^{H \rightarrow J}$ 表示甲方主体 H_a 针对乙方主体 J_b 所给出的图片模糊数偏好评价信息。记乙方到甲方的图片模糊数矩阵为 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 其中, $t_{ab}^{J \rightarrow H}$ 表示乙方主体 J_b 针对甲方主体 H_a 所给出的图片模糊数偏好评价信息。

因此, 本文所要解决的问题如下所示。依据双边主体所给出的图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 基于一对一匹配约束条件构建双边匹配模型, 并通过求解该模型获得切实可行的双边匹配方案。

4.2. 主体满意度计算

首先, 依据文献[15], 令图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$ 的正理想解与负理想解分别为 t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- , 其中, t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- 表达如下:

$$t_{ab}^+ = \langle 1, 0, 0 \rangle \quad (2)$$

$$t_{ab}^- = \langle 0, 0, 1 \rangle \quad (3)$$

在此基础上, 依据式(1)~(3), 计算图片模糊评价价值 $t_{ab}^{H \rightarrow J}$ 到正负理想解 t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- 的标准 Hamming 距离

$d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^+)$ 与 $d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^-)$, 具体如下:

$$d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^+) = \frac{1}{3}(|\mu_{ab}^{H \rightarrow J} - 1| + |v_{ab}^{H \rightarrow J} - 0| + |o_{ab}^{H \rightarrow J} - 0|) \quad (4)$$

$$d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^-) = \frac{1}{3}(|\mu_{ab}^{H \rightarrow J} - 0| + |v_{ab}^{H \rightarrow J} - 0| + |o_{ab}^{H \rightarrow J} - 1|) \quad (5)$$

进一步地, 可以得到图片模糊评价价值 $t_{ab}^{H \rightarrow J}$ 到正负理想解 t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- 的贴近度, 即主体满意度 $\eta_{ab}^{H \rightarrow J}$, 计算公式如下:

$$\eta_{ab}^{H \rightarrow J} = \frac{d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^-)}{d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^+) + d(t_{ab}^{H \rightarrow J}, t_{ab}^-)} \quad (6)$$

以此为基础, 可以构建主体满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 。

类似地, 依据式(1)~(3), 计算图片模糊评价价值 $t_{ab}^{J \rightarrow H}$ 到正负理想解 t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- 的标准 Hamming 距离 $d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^+)$ 与 $d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^-)$, 具体如下:

$$d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^+) = \frac{1}{3}(|\mu_{ab}^{J \rightarrow H} - 1| + |v_{ab}^{J \rightarrow H} - 0| + |o_{ab}^{J \rightarrow H} - 0|) \quad (7)$$

$$d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^-) = \frac{1}{3}(|\mu_{ab}^{J \rightarrow H} - 0| + |v_{ab}^{J \rightarrow H} - 0| + |o_{ab}^{J \rightarrow H} - 1|) \quad (8)$$

进一步地, 可以得到图片模糊评价价值 $t_{ab}^{J \rightarrow H}$ 到正负理想解 t_{ab}^+ 与 t_{ab}^- 的贴近度, 即主体满意度 $\eta_{ab}^{J \rightarrow H}$, 计算公式如下:

$$\eta_{ab}^{J \rightarrow H} = \frac{d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^-)}{d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^+) + d(t_{ab}^{J \rightarrow H}, t_{ab}^-)} \quad (9)$$

以此为基础, 可以构建主体满意度矩阵 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$ 。

4.3. 模型构建与求解

基于计算所得到的满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 构建下列双边匹配决策模型:

$$(M-1) \begin{cases} \text{Max } Z_1 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{H \rightarrow J} x_{ab} \\ \text{Max } Z_2 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{J \rightarrow H} x_{ab} \\ \text{s.t. } \sum_{a=1}^m x_{ab} \leq 1, b = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{b=1}^n x_{ab} \leq 1, a = 1, 2, \dots, m \\ x_{ab} = \{0, 1\}, a = 1, 2, \dots, m; b = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

模型(M-1)中, $\text{Max } Z_1 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{H \rightarrow J} x_{ab}$ 表示甲方针对乙方的满意度尽可能最大, $\text{Max } Z_2 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{J \rightarrow H} x_{ab}$ 表示乙方针对甲方的满意度尽可能最大; $x_{ab} = \{0, 1\}$ 代表 x_{ab} 为 0~1 变量, $x_{ab} = 0$ 代表双边主体未能成功匹配, $x_{ab} = 1$ 代表双边主体成功匹配。

进一步地, 通过组合满意度匹配方法[16]将模型(M-1)转化为模型(M-2):

$$(M-2) \begin{cases} \text{Max } Z_1 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \left[\kappa \left(\frac{\eta_{ab}^{H \rightarrow J} + \eta_{ab}^{J \rightarrow H}}{2} \right) + (1-\kappa) \sqrt{\eta_{ab}^{H \rightarrow J} \times \eta_{ab}^{J \rightarrow H}} \right] x_{ab} \\ \text{s.t. } \sum_{a=1}^m x_{ab} \leq 1, b = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{b=1}^n x_{ab} \leq 1, a = 1, 2, \dots, m \\ x_{ab} = \{0, 1\}, a = 1, 2, \dots, m; b = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

其中, $\kappa \in [0, 1]$ 为调节参数, $\kappa = 0$ 时表示决策目标满足一致性, $\kappa = 1$ 时表示决策目标满足互补性。

4.4. 双边匹配方法求解途径

综上所述, 图片模糊集偏好下的双边匹配决策方法如下所示:

步骤 1: 依据式(1)~(9), 将双边主体给出的图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$ 转化为满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$ 。

步骤 2: 依据满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 构建双边匹配决策模型(M-1)。

步骤 3: 基于组合满意度匹配方法, 将模型(M-1)转化为模型(M-2)。

步骤 4: 求解模型(M-2), 获得最佳双边匹配方案。

5. 算例

深圳市现有一家电子商务企业, 其主要的业务是为生鲜超市农产品的采购与供应提供中介服务。在此过程中, 电子商务企业负责收集采购方与供应方的相关信息, 并通过合理的匹配决策方法与手段, 使得双方能够达成满意的匹配合作方案。目前, 该企业共收到 4 家生鲜超市的采购农产品的需求以及 5 家农业合作社出售相关农产品的申请。为使得双方能够尽量达成合理且可靠的匹配合作方案, 双方主体需要在电子商务企业所给出的信息基础之上给出自己的偏好评价信息。生鲜超市主要从产品质量, 运送时间、可靠性、服务水平等对农业合作社进行评价, 进而给出图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$, 如表 1 所示。农业合作社则主要从销售收入、企业规模、售后服务、购物环境等方面对于生鲜超市进行评价, 进而给出图片模糊数矩阵 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 如表 2 所示。在此基础上, 该电子商务企业进行最后的双边匹配决策。

针对上述双边匹配决策问题, 采用本文所提出的双边匹配方法进行求解, 步骤如下:

步骤 1: 依据式(1)~(9), 将双边主体给出的图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\Gamma = [t_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$ 转化为满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 如表 3 与表 4 所示。

Table 1. Picture fuzzy number matrix $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$

表 1. 图片模糊数矩阵 $\Phi = [t_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$

| | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| H_1 | $\langle 0.2, 0.4, 0.4 \rangle$ | $\langle 0.1, 0.3, 0.5 \rangle$ | $\langle 0.6, 0.1, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.1, 0.4 \rangle$ | $\langle 0.2, 0.1, 0.1 \rangle$ |
| H_2 | $\langle 0.7, 0.1, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.3, 0.1, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.3, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.4, 0.1, 0.5 \rangle$ | $\langle 0.2, 0.6, 0.1 \rangle$ |
| H_3 | $\langle 0.2, 0.3, 0.4 \rangle$ | $\langle 0.8, 0.1, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.9, 0.1, 0 \rangle$ | $\langle 0.4, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.3, 0.0, 0.5 \rangle$ |
| H_4 | $\langle 0.1, 0.2, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.0, 0.1, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.2, 0.1, 0.7 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.0, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.0, 0.4, 0.6 \rangle$ |

Table 2. Picture fuzzy number matrix $\Gamma = [\gamma_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$

表 2. 图片模糊数矩阵 $\Gamma = [\gamma_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$

| | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| H_1 | $\langle 0.3, 0.4, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.6, 0.1, 0 \rangle$ | $\langle 0.3, 0.1, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.2, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.1, 0.2, 0.4 \rangle$ |
| H_2 | $\langle 0.2, 0.7, 0 \rangle$ | $\langle 0.3, 0.1, 0.5 \rangle$ | $\langle 0.6, 0.1, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.1, 0.1 \rangle$ | $\langle 0.1, 0.1, 0.3 \rangle$ |
| H_3 | $\langle 0.5, 0, 0.5 \rangle$ | $\langle 0.1, 0.3, 0.2 \rangle$ | $\langle 0.4, 0.1, 0.4 \rangle$ | $\langle 0.7, 0.1, 0 \rangle$ | $\langle 0.8, 0, 0.2 \rangle$ |
| H_4 | $\langle 0.1, 0.3, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.5, 0.2, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.1, 0.2, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.3, 0.1, 0.3 \rangle$ | $\langle 0.7, 0.1, 0.2 \rangle$ |

Table 3. Satisfaction matrix $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$

表 3. 满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$

| | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| H_1 | 0.4286 | 0.3462 | 0.6818 | 0.5455 | 0.5455 |
| H_2 | 0.7273 | 0.5000 | 0.6538 | 0.4545 | 0.5312 |
| H_3 | 0.4231 | 0.8182 | 0.9092 | 0.4286 | 0.4000 |
| H_4 | 0.5000 | 0.3636 | 0.2727 | 0.7000 | 0.2857 |

Table 4. Satisfaction matrix $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$

表 4. 满意度矩阵 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$

| | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| H_1 | 0.5714 | 0.7727 | 0.5455 | 0.6250 | 0.3750 |
| H_2 | 0.5588 | 0.4091 | 0.6364 | 0.6818 | 0.4091 |
| H_3 | 0.5000 | 0.4615 | 0.5000 | 0.8182 | 0.8000 |
| H_4 | 0.4231 | 0.5833 | 0.4167 | 0.5217 | 0.7273 |

步骤 2: 依据满意度矩阵 $\sigma = [\eta_{ab}^{H \rightarrow J}]_{m \times n}$ 与 $\zeta = [\eta_{ab}^{J \rightarrow H}]_{m \times n}$, 构建双边匹配决策模型(M-1)。

$$(M-1) \begin{cases} \text{Max } Z_1 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{H \rightarrow J} x_{ab} \\ \text{Max } Z_2 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \eta_{ab}^{J \rightarrow H} x_{ab} \\ \text{s.t. } \sum_{a=1}^m x_{ab} \leq 1, b = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{b=1}^n x_{ab} \leq 1, a = 1, 2, \dots, m \\ x_{ab} = \{0, 1\}, a = 1, 2, \dots, m; b = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

步骤 3: 基于组合满意度匹配方法, 令 $\kappa = 1$, 将模型(M-1)转化为模型(M-2):

$$(M-2) \begin{cases} \text{Max } Z_1 = \sum_{a=1}^m \sum_{b=1}^n \left[\kappa \left(\frac{\eta_{ab}^{H \rightarrow J} + \eta_{ab}^{J \rightarrow H}}{2} \right) \right] x_{ab} \\ \text{s.t. } \sum_{a=1}^m x_{ab} \leq 1, b = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{b=1}^n x_{ab} \leq 1, a = 1, 2, \dots, m \\ x_{ab} = \{0, 1\}, a = 1, 2, \dots, m; b = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

步骤 4: 求解模型(M-2), 获得最佳双边匹配方案 x_{ab} , 如表 5 所示。

Table 5. Best bilateral matching scheme x_{ab}

表 5. 最佳双边匹配方案 x_{ab}

| | J_1 | J_2 | J_3 | J_4 | J_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| H_1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| H_2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H_3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| H_4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

依据表 5 可以得知, 生鲜超市 H_1 与农业合作社 J_2 匹配, 生鲜超市 H_2 与农业合作社 J_1 匹配, 生鲜超市 H_3 与物流技术供应商 J_3 匹配, 生鲜超市 H_4 与物流技术供应商 J_4 匹配, 农业合作社 J_5 没有任何匹配对象。

6. 结论

本文给出了一种新的基于图片模糊集的双边匹配决策方法。将双方主体的信息以图片模糊数的形式表现, 运用 TOPSIS 方法, 将双边主体给出的图片模糊偏好信息转化为主体满意度, 在此基础上, 构建了双边匹配决策模型, 进一步地, 通过求解该模型获得最佳双边匹配决策方案。本文研究取得了以下创新点及结论: 1) 本文提出的双边匹配决策方法能够适用于多种实际决策场景, 为双边匹配理论地研究提供了新的视角。2) 本文将双边匹配问题与图片模糊集结合起来, 利用图片模糊数来表达主体的偏好信息能更准确、有效地解决复杂的决策问题。3) 本文只对基于图片模糊集的双边匹配决策问题进行了初步探讨, 对于不完全图片模糊偏好信息下的双边匹配决策问题还需要进一步进行研究。

基金项目

国家自然科学基金项目(71861015)。

参考文献

- [1] Gale, D. and Shapley, L.S. (1962) College Admissions and the Stability of the Marriage. *American Mathematical Monthly*, **69**, 9-15. <https://doi.org/10.1080/00029890.1962.11989827>
- [2] 万树平, 李登峰. 具有不同类型信息的风向投资商与投资企业多指标双边匹配决策方法[J]. 中国管理科学, 2014, 22(2): 40-47.
- [3] 刘桔, 杨琴, 周永务, 曹策俊. 面向师生感知满意度的双边匹配决策模型[J]. 运筹与管理, 2020, 29(3): 16-26+43.
- [4] Yu, D.J. and Xu, Z.S. (2020) Intuitionistic Fuzzy Two-Sided Matching Model and Its Application to Personnel-Position Matching Problems. *Journal of the Operational Research Society*, **71**, 312-321. <https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1546662>
- [5] Tong, H.G. and Zhu, J.J. (2022) A Two-Stage Method for Large-Scale Manufacturing Service Stable Matching under Uncertain Environments in Cloud Manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, **171**, Article ID: 108391. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108391>
- [6] Liu, L., Zhang, Z.S. and Wang, Z. (2021) Two-Sided Matching and Game on Investing in Carbon Emission Reduction Technology under a Cap-and-Trade System. *Journal of Cleaner Production*, **282**, Article ID: 124436. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124436>
- [7] Zhao, R., Jin, M.Z., Ren, P.Y. and Zhang, Q. (2020) Stable Two-Sided Satisfied Matching for Ridesharing System Based on Preference Orders. *Journal of Supercomputing*, **76**, 1063-1081. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03173-6>
- [8] Yue, Q., Zou, W.C. and Hu, W. (2023) A New Theory of Triangular Intuitionistic Fuzzy Sets to Solve the Two-Sided Matching Problem. *Alexandria Engineering Journal*, **63**, 57-73. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.07.018>
- [9] Jia, X., Wang, X.F., Zhu, Y.F., et al. (2021) A Two-Sided Matching Decision-Making Approach Based on Regret

- Theory under Intuitionistic Fuzzy Environment. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, **40**, 11491-11508. <https://doi.org/10.3233/JIFS-202720>
- [10] Li, B.D., Yang, Y., Su, J.F., *et al.* (2019) Two-Sided Matching Model for Complex Product Manufacturing Tasks Based on Dual Hesitant Fuzzy Preference Information. *Knowledge-Based Systems*, **186**, Article ID: 104989. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2019.104989>
- [11] Zhang, Z., Gao, J.L., Gao, Y., *et al.* (2021) Two-Sided Matching Decision Making with Multi-Granular Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets and Incomplete Criteria Weight Information. *Expert Systems with Applications*, **168**, Article ID: 114311. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114311>
- [12] 林杨, 王应明. 考虑直觉模糊偏好关系的双边稳定匹配及应用[J]. *控制与决策*, 2015, 30(12): 2212-2218.
- [13] Singh, A. and Kumar, S. (2021) Picture Fuzzy Set and Quality Function Deployment Approach Based Novel Framework for Multi-Criteria Group Decision Making Method. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, **104**, Article ID: 104395. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104395>
- [14] Khan, M.D., Kumam, P., Deebani, W., *et al.* (2021) Bi-Parametric Distance and Similarity Measures of Picture Fuzzy Sets and Their Applications in Medical Diagnosis. *Egyptian Informatics Journal*, **22**, 201-212. <https://doi.org/10.1016/j.eij.2020.08.002>
- [15] Peng, X.D. and Dai, J.G. (2017) Algorithm for Picture Fuzzy Multiple Attribute Decision-Making Based on New Distance Measure. *International Journal for Uncertainty Quantification*, **7**, 177-187. <https://doi.org/10.1615/Int.J.UncertaintyQuantification.2017020096>
- [16] Li, P., Wang, N.N., Wei, C.P. and Zhang, N. (2021) A Two-Sided Matching Method Considering the Lowest Value of Acceptability with Regret Theory for Probabilistic Linguistic Term Sets. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, **12**, 917-930. <https://doi.org/10.1007/s13042-020-01211-6>