

基于个体协作效应和风险规避的主播和产品 双边匹配问题研究

李传奇, 金玉兰

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年7月31日; 录用日期: 2023年9月30日; 发布日期: 2023年10月9日

摘要

本文研究直播带货考虑个体协作效应和损失规避的主播和产品的双边匹配问题分为两个部分: 第一部分研究主播和产品匹配的个体协作效应, 求解得到个体协作效应值; 第二部分研究主播和产品在匹配过程中面对风险的规避情况, 计算得到规范前景值。利用个体协作效应值对规范前景值进行修正, 构建最终基于个体协作效应和损失规避的主播和产品的双边匹配满意度矩阵, 求解最终匹配结果。并将同时考虑个体协作效应和损失规避条件下的双边匹配与单独考虑损失规避条件下的双边匹配结果做对比, 结论表明: 同时考虑个体协作效应和损失规避条件下的双边匹配更加稳定, 且与单独考虑损失规避条件下的双边匹配结果有所不同。

关键词

双边匹配, 直播带货, 个体协作效应, 风险规避

Research on Bilateral Matching between Broadcasters and Products Based on Individual Collaboration Effect and Risk Avoidance

Chuanqi Li, Yulan Jin

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jul. 31st, 2023; accepted: Sep. 30th, 2023; published: Oct. 9th, 2023

Abstract

This paper studies the two-sided matching problem between the anchor and the product of live

broadcast goods with consideration of individual collaboration effect and Loss aversion. It is divided into two parts: the first part studies the individual collaboration effect of the anchor and product matching, and calculates the individual collaboration effect size value; the second part studies the risk avoidance situation faced by anchors and products during the matching process, and calculates the normative prospect value. Use the individual collaboration Effect size to modify the normative prospect value, build the satisfaction matrix of the anchor and product bilateral matching based on the individual collaboration effect and Loss aversion, and solve the final matching result. The results of bilateral matching under the conditions of both individual collaboration effect and Loss aversion are compared with those under the conditions of loss aversion alone. The conclusion shows that bilateral matching under the conditions of both individual collaboration effect and Loss aversion is more stable, and is different from that under the conditions of Loss aversion alone.

Keywords

Bilateral Matching, Live Streaming with Goods, Individual Collaboration Effect, Risk Avoidance

Copyright © 2023 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

随着互联网的发展, 电商直播成为我们生活中的重要组成部分。尤其经历 2020 年的疫情后, 直播带货在疫情和政策等多重因素的激励下, 迎来了爆发式的增长。而消费者对直播带货的关注不仅仅停留在主播和产品本身, 更多视线放在主播在代言产品时的表现上, 即主播和产品是否匹配、匹配程度如何?

直播购物作为一种新兴的社交商务形式, 其应用模式不够成熟, 直播购物对消费者购买意愿的作用机制不够清晰。并且直播带货把控质量对主播团队的要求高, 部分主播难以控制产品质量。大多数商家没有忠实粉丝, 无法建立信任。自己做直播, 很难在短时间内积累足够的粉丝; 等真正积累足够的粉丝之后, 直播带货的风口已经过去了。因此, 要高效完成直播带货任务, 就必须要为主播选择适合代言的产品, 与此同时, 也要为产品选择适合的主播, 即要对产品和主播进行匹配。因此, 本文研究直播带货主播和产品的匹配问题具有重要的理论意义和实践意义。

2. 文献综述

2.1. 前景理论

1) 前景理论概述

前景理论是由 Kahneman D 和 Tversky (1979) 年提出的等提出的描述性范式的决策模型, 它用价值函数和权重函数共同度量每一决策方案的总体价值[1]。前景理论在决策中引入了决策者价值特性与理性的趋利性, 更好地叙述了主体在不确定环境下的决策, 解释了主观因素对决策的影响。前景理论的中心思想是: 在不确定的环境下进行决策时, 决策主体考虑预期收益和损失与实际收益和损失的关系。相对于预期来说, 当实际高于预期即收益时, 主体会产生高兴; 当低于预期即损失时会产生遗憾。通常情况下, 人们对损失的敏感程度要高于同等差距的收益敏感程度。人们在面对得失时的风险偏好行为不一致, 在面对“失”时变得风险追求, 而面对“得”时却表现为风险规避。人们对损失比对获得更敏感, 损失时的痛苦感要大大超过获得时的快乐感。通常在面临收益时会谨慎抉择, 而面对风险时会因为不甘心而冒

险抉择。

万福兵, 代小平(2023)基于有限理性行为假设的农户行为尚缺乏理论分析和定量描述, 引入前景理论研究水权总量控制和水权交易条件下农户的适应性行为模型[2]。张浩, 胡子坤(2023)基于前景理论, 构建了政府、企业和社会公众针对违规碳排放网络舆论监督三方演化博弈模型, 运用系统动力学的方法和 Vensim 软件进行数值仿真分析[3]。杜斌(2023)从前景理论中的锚定与调整启发、代表性启发、易得性启发这三种经典启发模式出发, 对影响短视频用户决策的路径进行分析[4]。沙宇恒(2023)基于区间偏好 - 前景理论的电网企业项目管理体系价值评价方法, 将专家经验和定量计算相结合, 计算出电网企业项目管理体系的前景价值[5]。李敏(2023)从薇娅逃税的现象出发, 利用前景理论视角分析主播逃税行为的原因, 结果发现主播逃税的原因在于主播的参考点为个人利益和主播做出逃税决策[6]。

2.2. 双边匹配问题

双边匹配问题起源于 1962 年 Gale 和 Shapley [7]对适龄未婚青年婚姻匹配和大学录取问题的研究, 随后诸多学者在此基础上利用双边匹配理论解决诸如人力资源管理、电子商务、经济活动等领域相关问题。1985 年 Roth [8]首次提出双边匹配(Two-Sided Matching)概念, 所谓双边匹配是指匹配决策者依据匹配主体给出关于对方主体的相关信息, 依据自身偏好获得双边主体最优匹配的过程。目前, 国内外学者对双边匹配的研究主要集中于对双边匹配问题的提炼和双边匹配理论的应用、双边匹配决策稳定性和算法、不同情形和风险态度双边匹配稳定性等方面。

于棋(2021)研究政府和社会资本两个方面, 在 ppp 模式下创建政府和社会资本分别在满意度最大化和利益最大化的情况下的双边匹配模型[9]。张淑惠等(2021)研究结果表明, 会计师事务所所在匹配企业时倾向于进行综合实力强强联合的正向聚类匹配[10]。乐琦和樊治平等对有序值信息、不完全序值信息和完全偏好序信息的双边匹配决策方法进行了研究, 进一步给出了完全双边匹配存在和不存在情形下的双边匹配决策方法[11]。贾富强等(2021)建立多属性的出行者和共享者的双独立主体匹配模型, 大大提高了匹配效率[12]。曾建丽(2021)研究建立天津与雄安新区人才对接过程的双边匹配模型[13]。郑书燕(2021)将双边匹配理论应用于物联网供应链领域, 大大提高了企业的运营效率和利益[14]。林丽金等(2022)研究结果表明, 随机森林方法确定救援任务选择志愿者的影响因素; 弹性网络方法确定志愿者选择救援任务的影响因素[15]。陈希等[16]在对双边匹配研究综述分析的基础上, 分析了不同情形下双边匹配问题的特征。孔德财等[17]针对多指标双边匹配决策问题, 提出考虑双边主体公平性、稳定性和满意性的多目标决策模型, 并设计了多目标遗传求解算法。

2.3. 损失规避

风险规避是人们应对风险的一种方法, 分为完全规避风险、风险损失的控制、转移风险和自留风险四类, 风险规避是指通过采取措施和方法变更计划达到消除风险或者风险发生的条件, 但是风险规避并不意味完全消除风险, 而是规避风险可能带给我们的损失。目前对风险规避的研究主要集中在工程领域和金融领域, 对直播带货风险规避研究较少。张丽娜(2021)从精准扶贫视角入手, 分析直播带货引发的行业变革, 以期充分发挥直播带货在扶贫方面的公益价值[18]。梁杰(2021)在对直播带货为茶企网络营销带来的机遇做出分析与论述的基础上, 对直播带货中茶企面临的法律风险及其风控策略进行研究, 对茶企直播带货法律风险规避工作保障措施进行了探讨[19]。王艺霖(2019)以探究网络直播对青少年的负面影响及风险规避为重点进行阐述, 其目的在于减小网络直播对青少年的负面影响, 为其日后全面发展做铺垫[20]。向林, 罗加蓉(2022)以前景理论的效用函数为基础构建零售商的风险规避决策模型, 比较风险中性与风险规避决策者的最优决策以及最优期望效用, 分析风险厌恶水平以及相关契约参数对零售商的影响

[21]。杨庆芳, 瞿卫东等人(2018)研究在不确定性交通环境下路径选择问题, 引入前景理论建立动态路径选择模型以规避出行风险, 保障出行者准时稳定地到达目的地[22]。

3. 问题描述和模型构建

直播带货主播和产品进行双边匹配时, 除考虑双方自身因素外, 匹配双方还需要考虑个体协作效应和损失规避情况, 即匹配过程受每个匹配个体影响, 匹配双方在面对客观收益和损失时, 会产生不同心理效应, 一般情况下, 匹配主体在面对损失时, 要比等量条件下得收益效应更大。本文研究直播带货下考虑个体协作效应和损失规避得主播和产品得双边匹配问题, 用个体协作效应值刻画主播和产品个体之间的协作情况, 用前景理论的前景值刻画主播和产品在匹配过程中面对损失时产生的不同心理效应情况。最终构建主播和产品的双边匹配模型, 并进行求解。

为了便于描述, 本文给出考虑个体协作效应和损失规避的主播和产品双边匹配问题相关变量的基本假设。

定义 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, $m \geq 2$ 为主播构成的集合, 其中 A_i 表示主播集合中的第 i 个主体, $i = 1, 2, \dots, m$, $m \geq 2$, 且 m 为正整数; $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$, $n \geq 2$ 为产品构成的集合, 其中 B_j 表示产品集合中的第 j 个主体, $j = 1, 2, \dots, n$, $n \geq 2$ 且 n 为正整数, 且规定 $m \geq n \geq 2$ 。定义 C_A 表示主播 A_i 的属性集合, $C_A = \{C_A^1, C_A^2, \dots, C_A^f\}$, 其中 C_A^s 表示主播 A_i 的第 s 个属性, 有 $1 \leq s \leq f$, 定义 C_B 表示产品 B_j 的属性集合, $C_B = \{C_B^1, C_B^2, \dots, C_B^g\}$, 其中 C_B^h 表示产品 B_j 的第 h 个属性, 有 $1 \leq h \leq g$ 。定义 a_{ij}^s 表示主播 A_i 的属性值, b_{ij}^h 表示产品 B_j 的属性值。

3.1. 协作效应值计算

1) 个体网络影响度

个体网络影响度是本节点实际连接数与所有节点实际连接数的比值, 定义主播个体网络影响度为 $I(A_i) = (I(A_1), I(A_2), \dots, I(A_m))$, $i = 1, 2, \dots, m$, 产品个体网络影响度为 $I(B_j) = (I(B_1), I(B_2), \dots, I(B_n))$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。计算公式如下:

$$I(A_i) = \frac{2N(A_i)}{\sum_{i=1}^m N(A_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$I(B_j) = \frac{2N(B_j)}{\sum_{j=1}^n N(B_j)}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

其中, $N(A_i)$ 表示主播节点 A_i 的实际连接数, $N(B_j)$ 表示产品节点 B_j 的实际连接数; $\sum_{i=1}^m N(A_i)$ 表示主播所有节点的实际连接数, $\sum_{j=1}^n N(B_j)$ 表示所有产品的实际连接数。

2) 个体聚类系数

个体聚类系数是本节点的相邻节点的实际连接数与可能最多链接条数的比值, 定义主播个体聚类系数为 $L(A_i) = (L(A_1), L(A_2), \dots, L(A_m))$, $i = 1, 2, \dots, m$, 定义产品个体聚类系数为 $L(B_j) = (L(B_1), L(B_2), \dots, L(B_n))$, $j = 1, 2, \dots, n$, 计算公式如下:

$$L(A_i) = \frac{2S(A_i)}{t(A_i) * (t(A_i) - 1)}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$L(B_j) = \frac{2S(B_j)}{t(B_j) * (t(B_j) - 1)}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

其中, $S(A_i)$ 表示主播个体节点的相邻节点 A_i 的实际连接数, $S(B_j)$ 表示产品个体节点 B_j 的相邻节点的实际连接数; $t(A_i)$ 是主播节点 A_i 的邻居节点数, $t(B_j)$ 是产品节点 B_j 的邻居节点数。

3) 个体协作效应值

定义主播个体协作效应值为 $G(A_i)$, 产品个体协作效应值为 $G(B_j)$, μ_1 和 μ_2 分别表示个体网络影响程度和个体聚类系数的权重, 计算公式如下:

$$G(A_i) = \mu_1 I(A_i) + \mu_2 L(A_i) \quad (5)$$

$$G(B_j) = \mu_1 I(B_j) + \mu_2 L(B_j) \quad (6)$$

3.2. 前景值计算

为了反应主播和产品匹配过程中双方主体对损失的规避情况, 利用属性值和期望值之间的关系, 反映主播和产品主体心理感受为收益或是损失, 通过前景理论计算得到主播和产品的前景矩阵, 对矩阵进行规范化处理后, 计算得到综合前景值。

1) 主体属性值与参照点之间的规范化距离

定义主播和产品进行匹配时, 主播属性值 a_{ij}^s 和参照点 f_i^s 之间的规范化距离为 da_{ij}^s , $1 \leq s \leq f$, 其计算公式为:

$$da_{ij}^s = \frac{|a_{ij}^s - f_i^s|}{m-1} \quad (7)$$

同理, 定义主播和产品进行匹配时, 产品属性值 b_{ij}^h 和参照点之间的规范化距离为 db_{ij}^h , $1 \leq h \leq g$, 其计算公式为:

$$db_{ij}^h = \frac{|b_{ij}^h - g_j^h|}{n-1} \quad (8)$$

2) 主体损益值

根据主播和产品的规范化距离, 可以得到主播和产品的主体损益值, 分别为 pa_{ij}^s 和, 构建主播损益矩阵 $P_A^s = (pa_{ij}^s)_{m \times n}$ 产品损益矩阵 $P_B^h = (pb_{ij}^h)_{m \times n}$, 其计算公式如下

$$pa_{ij}^s = \begin{cases} da_{ij}^s, & a_{ij}^s \geq f_i^s \\ -da_{ij}^s, & a_{ij}^s < f_i^s \end{cases} \quad (9)$$

$$pb_{ij}^h = \begin{cases} db_{ij}^h, & b_{ij}^h \geq g_j^h \\ -db_{ij}^h, & b_{ij}^h < g_j^h \end{cases} \quad (10)$$

3) 计算主体前景值

根据主播和产品的损益矩阵, 计算得到主播和产品的前景矩阵, 定义主播前景矩阵为 $Va_{ij}^s = (va_{ij}^s)_{m \times n}$, 定义产品前景矩阵为 $Vb_{ij}^h = (vb_{ij}^h)_{m \times n}$, 计算公式如下:

$$va_{ij}^s = \begin{cases} (pa_{ij}^s)^{\alpha_i}, & pa_{ij}^s \geq 0 \\ -\theta_i (-pa_{ij}^s)^{\beta_i}, & pa_{ij}^s < 0 \end{cases}, \text{ 其中 } i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (11)$$

$$vb_{ij}^h = \begin{cases} (pb_{ij}^h)^{\delta_i}, & pb_{ij}^h \geq 0 \\ -\gamma_i (-pb_{ij}^h)^{\delta_i}, & pb_{ij}^h < 0 \end{cases}, \text{ 其中 } i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (12)$$

其中上式中 $\alpha_i, \beta_i, \varepsilon_i, \delta_i$ 代表主播和产品前景值的凹凸程度, α_i, β_i 代表主播前景值 va_{ij}^s 的凹凸程度, ε_i, δ_i 代表产品前景值 vb_{ij}^h 的凹凸程度, $0 < \alpha_i, \beta_i, \varepsilon_i, \delta_i < 1$, θ_i, γ_i 代表主播和产品对损失的规避程度, θ_i 代表主播对损失的规避程度, γ_i 代表产品对损失的规避程度。

4) 规范前景值

对前景值进行规范化处理, 得到主播和产品的规范前景值分别为 $\overline{va_{ij}^s}$ 和 $\overline{vb_{ij}^h}$ 。

$$\overline{va_{ij}^s} = \frac{va_{ij}^s}{\max\{va_{ij}^s\}} \tag{13}$$

$$\overline{vb_{ij}^h} = \frac{vb_{ij}^h}{\max\{vb_{ij}^h\}} \tag{14}$$

5) 综合前景值

根据主播和产品的各属性前景矩阵, 利用熵权法求得不同主播和产品在不同属性的权重, 定义主播对产品各属性的权重向量为: $W_i = (W_i^1, W_i^2, \dots, W_i^s, \dots, W_i^f)$, 定义产品对主播各属性的权重向量为: $\overline{W}_j = (\overline{W}_j^1, \overline{W}_j^2, \dots, \overline{W}_j^h, \dots, \overline{W}_j^g)$ 。

通过主播和产品的权重向量和规范化前景矩阵得到主播和产品的综合前景值, 定义主播的综合前景值为 $\overline{va_{ij}}$, 产品的综合前景值为 $\overline{vb_{ij}}$, 计算方法如下:

$$\overline{va_{ij}} = \sum_{s=1}^f \overline{va_{ij}^s} \times W_i^s \tag{15}$$

$$\overline{vb_{ij}} = \sum_{h=1}^g \overline{vb_{ij}^h} \times \overline{W}_j^h \tag{16}$$

利用综合前景值得到最终主播前景矩阵 $\overline{Va_{ij}} = (\overline{va_{ij}})_{m \times n}$ 和产品前景矩阵 $\overline{Vb_{ij}}$ 。

3.3. 构建满意度偏好矩阵

利用主播和产品的个体协作效应值对主播和产品的的前景矩阵进行修正, 得到最终主播和产品基于个体协作效应和损失规避的满意度偏好矩阵, 定义主播满意度偏好矩阵为 λ_{ij} , 定义产品满意度偏好矩阵为 γ_{ij} , 计算公式如下:

$$\lambda_{ij} = \overline{Va_{ij}} + G(A_i) \tag{17}$$

$$\gamma_{ij} = \overline{Vb_{ij}} + G(B_j) \tag{18}$$

3.4. 构建主播和产品双边匹配模型

1) 为单独研究直播带货主播和产品在风险规避下的匹配情况, 根据双方综合前景值, 将主播和产品的综合前景值作为主播和产品进行匹配时的满意度矩阵, 不考虑主播和产品在匹配过程中的个体协作效应, 只考虑匹配过程中主播和产品的满意度最大化和约束条件, 建立只考虑风险规避的主播合成产品的双边匹配模型。如下:

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \overline{va_{ij}} X_{ij} \tag{19}$$

$$\max Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \overline{vb_{ij}} X_{ij} \tag{20}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1, j=1,2,\dots,n \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1, i=1,2,\dots,m \quad (22)$$

$$X_{ij} = \{0,1\}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (23)$$

利用隶属函数的加权和的方法, 设单独考虑风险规避时, Z_1^{\max} 和 Z_2^{\max} 为单独考虑主播和产品满意度最大化时的单目标最优值, Z_1^{\min} 和 Z_2^{\min} 为单独考虑主播和产品满意度最大化时的单目标最劣值, U_{Z_1} 和 U_{Z_2} 为隶属度函数, 则

$$U_{Z_1} = \frac{Z_1 - Z_1^{\min}}{Z_1^{\max} - Z_1^{\min}} \quad (24)$$

$$U_{Z_2} = \frac{Z_2 - Z_2^{\min}}{Z_2^{\max} - Z_2^{\min}} \quad (25)$$

设单独考虑风险规避时, ω_{A1} 和 ω_{B1} 分别为主播和产品的权重, 且不对双方权重有额外要求, 即 $\omega_{A1} = \omega_{B1}$ 或 $\omega_{A1} \neq \omega_{B1}$ 均可, $\omega_{A1} + \omega_{B1} = 1$, 将多目标规划模型转化为单目标规划模型为:

$$\max Z = \omega_{A1}U_{Z_1} + \omega_{B1}U_{Z_2} \quad (26)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1, j=1,2,\dots,n \quad (27)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1, i=1,2,\dots,m \quad (28)$$

$$X_{ij} = \{0,1\}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (29)$$

2) 同时考虑直播带货主播和产品在个体协作效应和风险规避条件下的双边匹配决策问题, 根据双方满意度偏好矩阵, 在综合得分最大的情况下降低主播与产品之间的满意度差异, 设

$X_{ij} = \{0,1\}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ 。以双方满意度最大化为目标, 则建立双边匹配模型, 如下:

$$\max Z_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} X_{ij} \quad (30)$$

$$\max Z_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} X_{ij} \quad (31)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1, j=1,2,\dots,n \quad (32)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1, i=1,2,\dots,m \quad (33)$$

$$X_{ij} = \{0,1\}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (34)$$

利用隶属函数的加权和的方法, 设同时考虑直播带货主播和产品在个体协作效应和风险规避时, Z_3^{\max} 和 Z_4^{\max} 为单独考虑主播和产品满意度最大化时的单目标最优值, Z_3^{\min} 和 Z_4^{\min} 为单独考虑主播和产品满意度最大化时的单目标最劣值, U_{Z_3} 和 U_{Z_4} 为隶属度函数, 将多目标规划模型转化为单目标规

划模型为:

$$\text{Max } Z = \omega_{A2}U_{Z_3} + \omega_{B2}U_{Z_4} \tag{35}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1, j = 1, 2, \dots, n \tag{36}$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, m \tag{37}$$

$$X_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \tag{38}$$

该模型可转化为指派问题模型, 利用 Lingo17.0*64 等软件进行求解, 获得最优匹配结果。

4. 实证分析

假设某电商环境中存在多名主播和多种产品, 且主播个体之间和产品个体之间存在个体协作效应, 考虑主播和产品对损失的规避情况, 即心理上感受为收益或是损失, 随机选取电商环境中 6 名主播和 4 种产品, 根据本章建立的匹配模型, 进行实证分析。

Step1: 考虑主播和产品个体协作效应, 现给出主播和产品个体节点连接情况表, 如下表 1、表 2 所示。

Table 1. Connection status of host nodes

表 1. 主播节点连接情况

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	0	1	1	0	1	0
A2	1	0	1	1	0	0
A3	1	1	0	0	0	1
A4	0	1	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0
A6	0	0	1	1	0	0

Table 2. Connection of product nodes

表 2. 产品节点连接情况

	B1	B2	B3	B4
B1	0	1	0	1
B2	1	0	1	1
B3	0	1	0	0
B4	1	1	0	0

Step2: 通过主播和产品个体节点连接情况表, 得到主播和产品节点连接分布图, 如下图 1、图 2 所示。

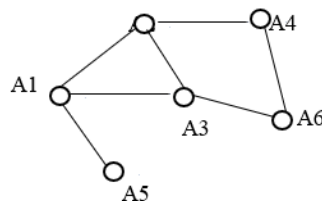


Figure 1. Distribution diagram of host node connection

图 1. 主播节点连接情况分布图

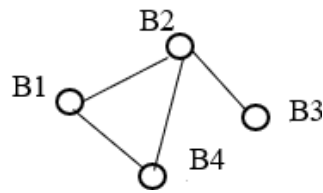


Figure 2. Distribution diagram of product node connections
图 2. 产品节点连接情况分布图

Step3: 由公式(1)~(4), 通过计算主播和产品的个体网络影响度和个体聚类系数, 再由公式(5)和(6), 设 $u_1 = u_2 = 0.5$, 可得主播和产品的个体协作效应值, 如下表 3、表 4 所示。

Table 3. Effect size of host individual cooperation

表 3. 主播个体协作效应值

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
SE	0.380952	0.380952	0.380952	0.142857	0.071429	0.142857

Table 4. Effect size of individual product collaboration

表 4. 产品个体协作效应值

	B1	B2	B3	B4
SE	0.75	0.541667	0.125	0.75

Step4: 根据实际直播过程中主播和产品的情况, 邀请多名观众对直播体验进行综合评价, 并对数据进行综合处理后, 获得主播和产品第一指标属性值和期望值, 如下表 5、表 6 所示。

Table 5. Host attribute values and expected value vectors

表 5. 主播属性值及期望值向量

s1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.4875	0.1625	0.0696	0.0975	0.1219	0.0609	0.11
B2	0.4426	0.0738	0.2213	0.1106	0.0632	0.0885	0.21
B3	0.4406	0.0881	0.0551	0.049	0.2203	0.1469	0.21
B4	0.4952	0.0619	0.1238	0.1651	0.099	0.055	0.11
s2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.48	0.49	0.45	0.574	0.63	0.48	0.5
B2	0.3209	0.642	0.535	0.3209	0.604	0.802	0.7
B3	0.32	0.533	0.6	0.67	0.32	0.4	0.5
B4	0.4489	0.22	0.44	0.48	0.4898	0.499	0.4
s3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.3811	0.27	0.7	0.6	0.7	0.635	0.7
B2	0.3008	0.501	0.3	0.3008	0.501	0.98	0.5
B3	0.3408	0.487	0.704	0.568	0.3408	0.426	0.6
B4	0.3046	0.609	0.615	0.761	0.523	0.3046	0.5
s4	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.2289	0.4577	0.35	0.512	0.28	0.44	0.4
B2	0.1111	0.2222	0.4444	0.1111	0.556	0.556	0.4
B3	0.3429	0.43	0.714	0.57	0.43	0.714	0.6
B4	0.3429	0.857	0.43	0.714	0.714	0.43	0.6
s5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.5581	0.698	0.791	0.93	0.5	0.6186	0.85

Continued

B2	0.6649	0.739	0.95	0.662	0.667	0.7	0.8
B3	0.5526	0.789	0.763	0.921	0.825	0.831	0.88
B4	0.6154	0.726	0.769	0.751	0.833	0.7546	0.8
s6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	期望值
B1	0.5607	0.621	0.69	0.402	0.5333	0.3809	0.5
B2	0.64	0.2133	0.755	0.711	0.67	0.3809	0.6
B3	0.5479	0.685	0.74	0.69	0.333	0.592	0.5
B4	0.5854	0.463	0.51	0.732	0.67	0.79	0.6

Table 6. Product attribute values and expected value vectors

表 6. 产品属性值及期望值向量

h1	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.6813	0.5973	0.3852	0.63	0.5426	0.4068
B2	0.5854	0.4732	0.51	0.63	0.4775	0.56
B3	0.63	0.41	0.53	0.69	0.613	0.4068
B4	0.5581	0.4698	0.2791	0.63	0.585	0.2508
期望值	0.6	0.6	0.5	0.63	0.6	0.5
h2	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.6372	0.5124	0.4796	0.4708	0.5902	0.6278
B2	0.5479	0.74	0.5685	0.4096	0.475	0.3256
B3	0.6087	0.4029	0.387	0.5014	0.3967	0.5897
B4	0.6349	0.587	0.627	0.3794	0.5656	0.457
期望值	0.6	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5
h3	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.6963	0.4393	0.774	0.87	0.6412	0.704
B2	0.5625	0.6937	0.625	0.813	0.69	0.741
B3	0.4038	0.4038	0.346	0.577	0.603	0.852
B4	0.5581	0.5698	0.791	0.93	0.916	0.704
期望值	0.65	0.65	0.7	0.8	0.8	0.8
h4	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.3117	0.2938	0.3698	0.1859	0.38	0.3698
B2	0.2531	0.2062	0.2939	0.2004	0.2927	0.3362
B3	0.2522	0.2938	0.3362	0.2004	0.1984	0.2939
B4	0.183	0.2062	0.213	0.2004	0.1289	0.2328
期望值	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3
h5	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.667	0.939	0.672	0.37	0.511	0.5
B2	0.672	0.328	0.4497	0.4038	0.57	0.426
B3	0.4497	0.3333	0.3007	0.662	0.43	0.503
B4	0.3007	0.667	0.496	0.21	0.4	0.604
期望值	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5
h6	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.5526	0.791	0.6186	0.672	0.57	0.69
B2	0.6154	0.95	0.7	0.4497	0.43	0.603
B3	0.698	0.921	0.825	0.662	0.6937	0.711
B4	0.739	0.751	0.833	0.61	0.4038	0.69
期望值	0.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6

Step5: 根据公式(7)~(16), 计算主播和产品的综合前景值, 如下表 7、表 8 所示。

Table 7. Comprehensive outlook values of broadcasters

表 7. 主播综合前景值

主播	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.05	-0.24	-0.53	-0.56	-0.43	-0.08
B2	-0.41	-0.43	-0.83	-0.12	-0.40	-0.44
B3	-0.73	-1.63	-1.28	-1.04	-1.10	-0.01
B4	-1.13	-0.95	-0.07	-0.74	-0.73	-0.87

Table 8. Comprehensive prospect values of products

表 8. 产品综合前景值

产品	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	-0.78	-0.61	-0.62	-0.02	-0.32	-0.67
B2	-1.62	-1.77	-0.41	-1.69	-1.10	-1.07
B3	-1.22	-1.08	-0.19	-0.49	-1.24	-0.61
B4	-1.16	-0.82	-0.63	-0.10	0.23	-1.03

Step6: 当不考虑主播和产品的个体协作效应时, 用主播和产品的综合前景值代替主播和产品的满意度矩阵, 只考虑主播和产品的满意度最大化和约束条件, 建立如下多目标规划模型。

$$\max Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \overline{va}_{ij} X_{ij}$$

$$\max Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \overline{vb}_{ij} X_{ij}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1, j=1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq 1, i=1, 2, \dots, m$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$$

Step7: 计算以上模型, 得到 $Z_1^{\max} = -0.15$ 、 $Z_2^{\max} = -0.81$ 、 $Z_1^{\min} = -4.15$ 、 $Z_2^{\min} = -4.97$ 。因此, 隶属度函数为:

$$U_{Z_1} = \frac{Z_1 + 4.15}{-0.15 + 4.15}$$

$$U_{Z_2} = \frac{Z_2 + 4.97}{-0.82 + 4.97}$$

Step8: 利用隶属度函数加权和方法, 考虑主播与产品之间的选择过程为平等的, 将多目标规划模型转化为如下最终单目标规划模型。

$$\max \hat{Z} = \omega_{A1} U_{Z_1} + \omega_{B1} U_{Z_2}$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^6 X_{ij} \leq 1, j=1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 6$$

$$X_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, 3, 4$$

不妨设 $\omega_{A1} = \omega_{B1} = 0.5$, 计算整理后模型为:

$$\max Z = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 C_{ij} X_{ij} - a$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^6 X_{ij} \leq 1, j = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} \leq 1, i = 1, 2, \dots, 6$$

$$X_{ij} = \{0, 1\}, i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, 3, 4$$

Step9: 通过 Lingo17.0 软件求解计算优化模型, 最后结果得到 $a = 1.116$, 目标最优值为: $Z = -0.3638999$, 最终匹配结果为:

$$X = [x_{ij}]_{4 \times 6} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

因此, 在不考虑个体协作效应条件下, 以考虑风险规避和主播和产品满意度最大化的为目标, 双边匹配最优结果依次为 $(B_1, A_4), (B_2, A_3), (B_3, A_6), (B_4, A_5)$, 即 B_1 与 A_4 匹配, B_2 与 A_3 与匹配, B_3 与 A_6 匹配, B_4 与 A_5 匹配, A_1 和 A_2 未匹配成功。

Step10: 同时考虑直播带货主播和产品在个体协作效应和风险规避条件下的双边匹配决策问题时, 利用主播和产品的个体协作效应值对主播和产品的前景矩阵进行修正, 根据公式(17)~(18)得到主播和产品最终基于个体协作效应和损失规避的主播和产品双边匹配满意度偏好矩阵, 如下表 9、表 10 所示。

Table 9. Anchor satisfaction preference matrix

表 9. 主播满意度偏好矩阵

主播	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	0.43	0.14	-0.15	-0.42	-0.36	0.06
B2	-0.03	-0.05	-0.45	0.02	-0.33	-0.30
B3	-0.35	-1.25	-0.89	-0.90	-1.03	0.13
B4	-0.75	-0.57	0.31	-0.60	-0.66	-0.73

Table 10. Product satisfaction preference matrix

表 10. 产品满意度偏好矩阵

产品	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B1	-0.03	0.14	0.13	0.73	0.43	0.08
B2	-1.08	-1.23	0.13	-1.15	-0.56	-0.53
B3	-1.09	-0.95	-0.06	-0.36	-1.12	-0.48
B4	-0.41	-0.07	0.12	0.65	0.98	-0.28

Step11: 根据得到的满意度偏好矩阵表, 以双方满意度最大化为匹配目标, 建立偏好矩阵 λ_{ij} 和 γ_{ij} 多目标规划模型并转化为单目标规划模型进行求解, 求解过程同上, 不再赘述。

Step12: 通过 Lingo17.0 软件求解计算优化模型, 最后结果得到, $\hat{a} = 0.55$, 目标最优值为: $\hat{Z} = 0.1037177$, 最终匹配结果为:

$$\hat{X} = [x_{ij}]_{4 \times 6} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

因此, 在同时考虑个体协作效应和风险规避条件下, 以主播和产品满意度最大化为目标, 双边匹配最优结果依次为 $(B_1, A_1), (B_2, A_3), (B_3, A_6), (B_4, A_5)$, 即 B_1 与 A_1 匹配, B_2 与 A_3 与匹配, B_3 与 A_6 匹配, B_4 与 A_5 匹配, A_2 和 A_4 未匹配成功。

5. 结论

本文研究考虑个体协作效应和损失规避的主播和产品的双边匹配决策问题, 分为两个部分, 第一部分通过计算个体网络影响度和个体聚类系数, 得到个体协作效应值; 第二部分通过计算主播和产品的综合前景值得到主播和产品的前景矩阵即满意度矩阵。利用个体协作效应值对满意度矩阵进行修正, 构建最终基于个体协作效应和损失规避的主播和产品的双边匹配满意度矩阵, 并以主播和产品双方满意度最大化为目标进行求解稳定匹配, 通过实例分析得到最终匹配结果。

分析最终匹配结果 X 与 \hat{X} 可知, 单独考虑主播和产品在风险规避条件下的匹配结果与同时考虑主播和产品在风险规避和个体协作效应下的匹配结果有所不同。

对比 Z 与 \hat{Z} 可知, 单独考虑风险规避时, 以主播和产品双方满意度最大化为目标的收益值要比同时考虑个体协作效应和损失规避时的目标收益值有所下降, 这说明, 当以主播和产品双方最大化为目标时, 同时考虑个体协作效应和损失规避要比单独考虑损失规避的匹配方案更合理, 更稳定。

因此得出结论, 当考虑主播和产品在个体协作效应和损失规避条件下的双边匹配决策问题时, 以直播带货主播和产品双方满意度最大化为目标, 同时考虑个体协作效应和损失规避条件下的双边匹配要比单独考虑损失规避条件下的双边匹配更加稳定, 且匹配结果有所不同。

参考文献

- [1] Kahneman, D. and Tversky, A. (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, **47**, 263-291. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- [2] 万福兵, 代小平. 前景理论视角下水权改革后农户的适应性行为研究[J]. 人民珠江, 2023, 44(8): 109-117.
- [3] 张浩, 胡子坤. 基于前景理论的违规碳排放网络舆论监督三方演化博弈分析[J]. 大连大学学报, 2023, 44(3): 63-73.
- [4] 杜斌. 启发与偏差: 前景理论视域下短视频内容营销的叙事策略[J]. 青年记者, 2023(8): 98-100.
- [5] 沙宇恒. 基于区间偏好和前景理论的电网项目管理价值评价[J]. 电力信息与通信技术, 2023, 21(3): 67-73.
- [6] 李敏. 前景理论视角下主播逃税原因探析[J]. 财会通讯, 2023(4): 152-155, 170.
- [7] Gale, D. and Shapley, L.S. (1985) College Admissions and the Stability of Marriage. *American Mathematical Monthly*, **69**, 9-15. <https://doi.org/10.1080/00029890.1962.11989827>
- [8] Roth, A.E. (1985) Common and Conflicting Interests in Two-Sided Matching Markets. *European Economic Review*, **27**, 75-96. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(85\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0014-2921(85)90007-8)
- [9] 于棋. PPP 模式下政府与社会资本双边匹配博弈分析[J]. 财政科学, 2021, 70(10): 57-71.
- [10] 张淑惠, 庞笛, 祝丹枫. 会计师事务所与客户的双边匹配[J]. 南京审计大学学报, 2021, 18(4): 12-21.

- [11] 乐琦, 樊治平. 基于不完全序值信息的双边匹配决策方法[J]. 管理科学学报, 2015, 18(2): 23-35.
- [12] 贾富强, 李引珍, 马昌喜, 代存杰. 基于双边匹配的多属性共享停车匹配研究[J]. 兰州交通大学学报, 2021, 40(4): 26-36.
- [13] 曾建丽. 实质建设阶段背景下天津与雄安新区人才供需精准对接的建议——基于供需双边匹配理论的应用[J]. 河北工业大学学报(社会科学版), 2021, 13(3): 10-17.
- [14] 郑书燕. 物联网环境下供应链资源双边匹配市场结构研究[J]. 中国物流与采购, 2021(18): 35-37.
- [15] 林丽金, 陈圣群, 申亮. 灾害事故中应急志愿者与救援任务双边匹配影响因素分析[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(1): 161-169.
- [16] 陈希, 樊治平. 双边匹配决策的研究现状与展望[J]. 管理评论, 2012, 24(1): 169-176.
- [17] 孔德财, 姜艳萍, 梁海明. 考虑双边主体公平性的稳定匹配决策方法[J]. 系统管理学报, 2015, 24(3): 397-404.
- [18] 张丽娜. 直播带货在精准扶贫中的运用与风险规避[J]. 传媒, 2021(11): 81-82.
- [19] 梁杰. 直播带货中茶企应如何规避遇到的法律风险[J]. 福建茶叶, 2021, 43(3): 69-70.
- [20] 王艺霖. 探究网络直播对青少年的负面影响及风险规避[J]. 传播力研究, 2019, 3(7): 240, 249.
- [21] 向林, 罗加蓉. 风险规避零售商基于双向期权的采购管理[J]. 科技和产业, 2022, 22(12): 114-121.
- [22] 杨庆芳, 瞿卫东, 孙涛, 赵阳, 武毅. 考虑风险规避的动态路径选择模型研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(8): 293-297.