

企业自播电商模式下企业与 主播的双边匹配博弈研究

杨 磊,刘莲莲

(山东科技大学 经济管理学院,山东 青岛 266590)

摘要:提高企业与主播的匹配度是增强双方满意度和效益的关键一步。以第三方直播平台为双边平台建立匹配博弈模型,运用 Borda 分值测算匹配度,考虑异质属性、满意度、稳定性等相关条件对匹配过程的影响建立效益最大化双边匹配模型,分析两企业均衡产量及主播的最优直播努力水平,探讨企业异质性系数和主播直播努力水平对匹配效益的影响。研究发现:以效益最大化为目标函数的双边匹配博弈模型更加符合企业实际情况;企业异质性系数对双方效益存在正向影响;在较高的直播努力水平下,企业和主播的收益随直播努力水平的升高而降低;最优直播努力水平与企业异质性系数存在相关性,且随企业异质性系数的增加而提高;市场规模在主播直播努力程度对销量和效益的影响过程中存在调节作用。因此,直播平台应综合考虑市场规模、主播直播努力水平及企业异质性系数对匹配过程的影响,与差异化企业进行合作。主播要根据市场规模及企业异质性系数及时调整努力水平。企业要制定差异化产品策略,提高产品核心竞争力以维持市场份额,培训个性化主播,赋予产品内涵,使其产品信息具备鲜明特色。

关键词:企业自播;双边匹配;异质属性;稳定性;匹配度

中图分类号:C931

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2024)04-0099-14

一、引言

电商直播中超级主播模式下企业难以实现流量和利润的平衡,高昂的坑位费和佣金费促使企业从达人主播转向企业自播。企业自播电商联盟改变以流量主播为主导的模式,以拥有产品所有权的企业为主导,以某品牌或某产品为中心,建立由企业、主播及平台构成的合作共同体,通过网络途径实现该产品或服务销售。企业自播电商联盟中首先面临的问题是企业和主播之间的双边匹配。在实践中一般是企业招聘主播,企业占据主导地位,企业与主播之间的地位不平等、信息不对称,容易导致企业和主播之间的匹配效果低下,阻碍电商自播联盟的有效运行。因此,改善企业和主播之间的匹配效果,避免企业和主播之间的盲目匹配,是企业自播电商联盟提升直播效率、增加直播收益的前提。企业与主播的双边匹配是以直播平台为双边平台,企业和主播在直播平台上进行信息交互完成匹配,直播平台付出匹配努力,企业和主播需向直播平台支付一定的服务费,直播平台以自身拥有的信息为基础,根据企业和主播各自提供的评价偏好,为企业和主播提供最大化效益的稳定双边匹配方案。

关于双边匹配的研究最早开始于 1962 年 Gale 和 Shapley 对大学招生和男女婚姻匹配问题的探讨,^[1]Roth 于 1985 年明确给出了双边匹配的概念,^[2]自此学术界开始从不同领域研究双边匹配决策问题。双边匹配在社会经济生活中具有大量的实际应用背景,如人岗匹配问题、^[3]供需匹配问题、^[4]金融投

收稿日期:2023-10-06

基金项目:国家社会科学基金项目(20BGL195);国家社会科学基金后期资助暨优秀博士论文项目(20FJYB031)

作者简介:杨 磊(1980—),男,山东莱阳人,山东科技大学经济管理学院副教授、硕士生导师,博士。

资匹配^{[5]2221}等。关于匹配问题研究的重点在于多指标评价偏好信息的研究方面,研究者根据双方匹配主体的行业特征以及双方匹配主体合作的基本需求,来定义主体在进行匹配任务时的偏好指标体系。Wang等考虑到PPP项目评估方法无法高效解决政府主体和企业主体的匹配问题,通过构建匹配满意度判断矩阵来设计政企主体满意度最大化的评价体系;^{[5]2224}霍晓萍等以双方评价指标计算的实现价值为前提,提出了能够保证双方利益诉求的评价指标体系,来实现国有企业与非国有资本的匹配^[6]。也有研究者在偏好信息的基础上开始考虑稳定性和指标的属性优势,袁铎宁和姜艳萍考虑患者最关注的医生属性不同和医生对手术类型的擅长程度不同,分别定义了考虑属性优先性的医患个体理性匹配方案、医患稳定阻塞对、医患稳定匹配方案,构建获得医患稳定匹配方案的多目标优化模型,并基于多目标粒子群算法设计了求解该模型的启发式算法;^[7]刘桔为解决师生双选下的一对多双向匹配问题,设计了稳定性条件下师生整体感知满意度最大化的双边匹配模型并结合遗传算法进行求解;^[8]张莉莉等对匹配主体特征属性的优势结构进行识别,构建了基于主体客观评价的优势属性量表,依托隶属度加权法将多目标转化为单目标优化并运用Hungarian方法获得满意度最高且稳定匹配的指派方案^[9]。

实际匹配过程中,由于匹配环境的复杂性及匹配主体认知的模糊性,通常难以给出确定的偏好信息,基于此,研究者进一步将偏好信息拓展至模糊环境。乐琦在考虑匹配主体预期值和不确定偏好序信息特征的情况下,构建规范化前景矩阵,设计出多目标优化模型并证实该决策方法的有效性,^[10]并将直觉模糊集理论引入到匹配问题中^[11]。为增加模糊公理化设计方法的准确性,Chen等将带有供需方期望水平和真实水平的评价信息转化为匹配满意度水平,基于此建立了优化模型来选取使双方满意的匹配解^[12]。Fan等将匹配主体的心理行为纳入模型,设计出基于失望理论的偏好效用值。^[13]考虑到现实匹配信息和场景的复杂性,张笛等提出了基于多层次偏好关系的双边匹配方法,^[14]同时针对直觉模糊偏好信息的双边匹配问题,提出一种考虑匹配主体后悔规避心理行为和匹配意愿的双边匹配方法^[15]。王世磊等考虑在线反向拍卖过程中商品与供应商信息的不确定性,提出研究前景理论与模糊集理论的赢者确定方法。^[16]毕傲睿等针对现实中匹配主体给出的偏好信息多是语言评价的情形,应用云模型表示自然语言评价信息,以灰关联度计算体现主体心理态度的前景效用价值,综合提出一种基于云模型和前景理论的语言评价双边匹配决策方法。^[17]林杨等运用个体理性下的矩阵博弈思维,针对双方评价形式的不确定及信息不对称,采用多种类型信息描述主体的异质偏好,提出一种基于博弈理论的多属性双边匹配决策方法。^[18]

通过文献梳理可以发现,现有研究多以基于偏好视角的满意度为匹配目标,从匹配算法、异质属性、指标模糊评价等方面对双边匹配决策问题进行优化,而综合考虑双边满意度和经济效益的研究相对缺失,且较少涉及双边平台。基于以上分析,本文在考虑以电商直播平台作为双边匹配平台的基础上,研究企业和主播的双边匹配决策问题。根据企业和主播提供的实际评分偏好,引入三角直觉模糊数,对异质属性的原始评价数据进行处理,得到双方感知价值,建立以稳定性为约束条件、最大化双边效益为目标的双边匹配博弈模型,通过数值仿真验证模型的稳定性及有效性,并分析直播努力水平以及企业异质性系数对匹配效益的影响。

二、问题描述

本文通过建立企业和主播双边匹配博弈模型来研究企业自播电商联盟中企业和主播的双边匹配问题。其中,企业按照营销成本、品牌形象和产品特质提出对主播的需求,主播为获得最优收益提出薪资和分成要求,从而在直播平台上形成了企业—主播双边匹配关系。同时,企业之间在市场份额方面存在博弈行为,企业为了筛选符合自己要求的主播以实现效益最大化、扩大市场份额、增强竞争力等目标,需要综合考虑诸多相关因素。为便于研究,提出以下假设:

假设1存在 $n(n \geq 2)$ 个主播,记为 $A = \{A_j\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$,直播平台收到两家企业的主播匹配请求,记为 $B = \{B_i\}$, $i \in \{1, 2\}$ 。假设每个主播同一时期只能匹配一个企业,而一个企业可以同时

匹配多名主播但由于企业成本限制,企业 B_i 匹配主播的数量上限为 Q_i 。

假设 2 主播的属性特征集合为 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, 其中, p_l 表示第 l 个属性特征, $l \in \{1, 2, \dots, m\}$, 属性特征可以为主播形象、影响力、粉丝数量、直播形式等。企业 B_i 针对主播 A_j 的不同属性特征给出的评分偏好为 $e_{ij} = \{e_{ij}^1, e_{ij}^2, \dots, e_{ij}^m\}$, 并确定权重 $q_{ij} = \{q_{ij}^1, q_{ij}^2, \dots, q_{ij}^m\}$ 。企业 B_i 的满意度偏好序值向量为 $T_i = \{t_{ij}\}$, $i \in \{1, 2\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, $t_{ij} = \{1, 2, \dots, D_i\} \cup \{M\}$ 表示企业 B_i 认为主播 A_j 在所有主播中排名第 t_{ij} 位, 其中, D_i 表示企业 B_i 可接受的符合其要求的主播数量, 如果企业认为某个主播不符合企业要求, 则 $t_{ij} = M$, M 是一个较大的正数。

假设 3 设 $H_i = \{1, 2, \dots, D_i\}$ 表示 B_i 对主播的期望水平, 即符合 B_i 要求的主播, 这意味着在所有符合企业要求的 O_i 个主播中, 企业更希望匹配前 H_i 个主播。当 $H_i < D_i$ 时, 表示 B_i 虽然可以与位于第 $H_i + 1$ 到第 D_i 位的主播匹配成功, 但更希望与位于前 H_i 的主播进行匹配; 当 $H_i = D_i$ 时, 表示 B_i 只要与符合其要求的主播进行匹配都会满意。

假设 4 企业的属性特征集合为 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_f\}$, 其中, s_d 表示第 d 个属性特征, $d \in \{1, 2, \dots, f\}$, 属性特征可以为企业规模、产品类型、直播分成等。主播 A_j 针对企业 B_i 的不同属性特征给出的评分偏好为 $g_{ij} = \{g_{ij}^1, g_{ij}^2, \dots, g_{ij}^f\}$, 权重分别为 $\omega_{ij} = \{\omega_{ij}^1, \omega_{ij}^2, \dots, \omega_{ij}^m\}$ 。 A_j 的满意度偏好序值向量为 $R_j = \{r_{ij}\}$, $i \in \{1, 2\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, r_{ij} 表示 A_j 认为 B_i 在所有企业中排名第 r_{ij} 位。

假设 5 直播平台 Z 为主播 A 和企业 B 提供匹配服务, 分别向主播 A 和企业 B 收取不同的服务费 P_A, P_B 。

假设 6 Q_{B_i} 为企业 B_i 的产品产量, 设 $Q_{B_i} = Q_{A_{ij}} + \dot{Q}_i$, 其中, \dot{Q}_i 表示企业 B_i 的线下基础销量。 $Q_{A_{ij}}$ 为主播 A_j 关于企业 B_i 产品的直播销量, 其受主播努力水平 e_j 的影响, 即 $Q_{A_{ij}} = a_{ij} + b_1 e_j^{\frac{1}{2}}$, b_1 表示敏感性系数, a_{ij} 为主播关于企业 B_i 产品的基础销量, 受主播的基础粉丝数量影响。

本文要解决的问题是直播平台如何根据企业和主播提供的评分偏好信息 g_{ij}, e_{ij} , 在考虑稳定性、满意度、匹配度以及效益的条件下为企业与主播确定最大化双边效益、满足期望水平的稳定匹配机制。

三、概念界定及相关条件分析

定义 1 企业与主播一对多双边匹配 l 定义为映射 $l: A \cup B \rightarrow A \cup B$, 若 $\forall A_j \in A, \forall B_i \in B$ 满足以下条件, 则称 (A_j, B_i) 为一个匹配对, 所有匹配对集合为一个匹配方案。

- (1) $l(A_j) \in B \cup \{A_j\}$, $l(B_i) \in A$, 其中 $|l(A_j)| \leq 1$, $|l(B_i)| \leq Q_i$;
- (2) $l(A_j) = B_i$ 当且仅当 $A_j \in \{l(B_i)\}$ 。

(一) 属性的异质性评价

由于企业和主播个体差异性的限制, 双方在属性评价上使用的数据存在异质性, 如序值型、0-1 型、模糊语言型、区间数型等形式, 还有某些属性不易量化, 但可以通过两两对比得出相对优劣关系。鉴于此, 本文综合语言型、数值型、序值型三种类型的属性评价信息, 构建企业与主播双边匹配博弈模型。

熊浩等提出主播流量效应和主播展示效应会影响直播间产品销量, 主播流量指主播人气、知名度等, 主播展示指主播在直播间的专业程度、表现风格、销售话术、努力程度及场景布置等。^[19] 韩箫亦等为探究电商主播属性与消费者购买意愿的关系, 定义了魅力属性、推荐属性、展示属性、互动属性等 4 个电商主播属性主范畴。^[20] 孟陆等借助 NVIVO 10 软件发现可信性、技能性、吸引力、专业性和互动性等信息源特性可以增强消费者购买意愿。^[21] 孙焯等引入企业生命周期、行业集中度、规模、获利能力和是否为国有企业等企业特性研究高管薪酬差异,^[22] 黎精明等构建了涵盖 7 个维度 26 个指标的国有企业发展质量评价指标体系^[23]。基于此, 本文构建了影响企业与主播双边匹配的双边评价指标体系, 见表 1。

由于存在数值型、语言型、序值型三种不同类型的评价信息,为统一量纲,需对异质属性的原始评价数据进行处理。

(1)用三角直觉模糊数处理语言型评价信息。

企业与主播的语言评价集合为 $S = \{s_0, s_2, \dots, s_{2\tau}\}$, 其中 $2\tau + 1$ 为语言评价集的粒度。本文采取精度较高的七粒度语言评价集,即 $s_0 = AD$ (非常不好/非常低), $s_1 = VD$ (很不好/很低), $s_2 = D$ (不好/低), $s_3 = M$ (一般/中等), $s_4 = H$ (好/高), $s_5 = VH$ (很好/很高), $s_6 = AH$ (非常好/非常高)。

将语言型评价信息转换为三角直觉模糊数的计算公式为

$$\tilde{s}_k = \langle (a, b, c), \omega_{\tilde{s}_k}(x), u_{\tilde{s}_k}(x) \rangle,$$

其中, \tilde{s}_k 为第 k 个属性的语言评价短语 s_k 对应的三角直觉模糊数, $a = \max\left\{\frac{k-1}{2\tau}, 0\right\}$, $b = \frac{k}{2\tau}$, $c = \min\left\{\frac{k+1}{2\tau}, 1\right\}$, $\omega_{\tilde{s}_k}(x)$ 和 $u_{\tilde{s}_k}(x)$ 分别表示 \tilde{s}_k 的最大隶属度和最小非隶属度。

应用面积中心法对三角直觉模糊偏好数据进行去模糊化处理:

$$\begin{aligned} f(\tilde{s}_k) &= \frac{\int_a^c x \omega_{\tilde{s}_k}(x) dx}{\int_a^c \omega_{\tilde{s}_k}(x) dx} \\ &= \frac{\int_a^b \frac{x(x-a)\omega_{\tilde{s}_k}}{b-a} dx + \int_b^c \frac{x(c-x)\omega_{\tilde{s}_k}}{c-b} dx}{\int_a^b \frac{(x-a)\omega_{\tilde{s}_k}}{b-a} dx + \int_b^c \frac{(c-x)\omega_{\tilde{s}_k}}{c-b} dx} = \frac{a+b+c}{3}. \end{aligned}$$

(2)将序值型数据转化为 $[0, 1]$ 内的数值型数据。

设 n_k 为第 k 个属性的序值,则其对应的数值为:

$$f(n_k) = \frac{n+1-n_k}{n},$$

其中, n 为排序的个体数量。

(3)将不同的评价信息统一为 $[0, 1]$ 内的企业与主播之间的数值评分偏好 g_{ij} 、 e_{ij} , 再与对应权重进行融合可得综合评分偏好为:

$$\begin{aligned} G_{ij} &= \sum_{k=1}^f g_{ij}^k \times \omega_{ij}^k, \quad i \in \{1, 2\}, \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}, \\ E_{ij} &= \sum_{h=1}^m e_{ij}^h \times q_{ij}^h, \quad i \in \{1, 2\}, \quad j \in \{1, 2, \dots, n\}. \end{aligned}$$

(二)满意度

定义 2 将 α_{ij} 定义为主播 A_j 对企业 B_i 的满意度, $\alpha_{ij} = f(G_{ij})$, $i \in \{1, 2\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。将 β_{ij} 定义为 B_i 对 A_j 的满意度, $\beta_{ij} = g(E_{ij})$, $i \in \{1, 2\}$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 。

由于主播的满意度会随着其对企业属性评分的增加而增加,故有 $f'(x) > 0$ 。通常满意度与评分偏好不具有线性关系,主播更关注评分更高的企业,如果主播并未与评分高的企业匹配成功,满意度会下

表 1 企业与主播双边评价指标体系

主播			企业		
编号	属性	评价类型	编号	属性	评价类型
P1	个人魅力	语言型	S1	行业影响力	序值型
P2	外在形象	语言型	S2	品牌形象	语言型
P3	直播风格	语言型	S3	直播时间	数值型
P4	时间弹性	序值型	S4	财务状况	语言型
P5	努力水平	数值型	S5	薪资待遇	语言型
P6	沟通能力	数值型	S6	管理水平	语言型
P7	控场能力	数值型	S7	营运能力	语言型
P8	团队协作	语言型	S8	生命周期	语言型

降;满意度会随评分偏好的降低而降低,且随着评分偏好的降低,满意度差异会越来越小,即主播对评分排名第一和第二的满意度差距要远大于排名倒数第一和倒数第二的满意度差距,故有 $f'(x) > 0$ 。为保证满意度大于 0,且 $f(x) > 0, f''(x) > 0$,可令 $f(x) = \left(\frac{x}{x_{\max}}\right)^2$,则 $\alpha_{ij} = \left(\frac{G_{ij}}{(G_{gj})_{\max}}\right)^2$,其中 $(G)_{\max}$ 表示主播对所有企业综合评分的最大值。同理, $\beta_{ij} = \left(\frac{E_{ij}}{(E_{ig})_{\max}}\right)^2$,其中 $(E)_{\max}$ 表示企业对所有主播综合评分的最大值。通过排序函数可将满意度 $\alpha_{ij}、\beta_{ij}$ 转换为满意度偏好序值向量 $R_j、T_i$ 。

(三) 匹配度

利用 Borda 分值对满意度偏好序值向量 $R_j、T_i$ 进行转化,可得综合 Borda 分值 $s_{ij} = \frac{\bar{s}_{ij}^A + \bar{s}_{ij}^B}{2}$,以及差异度 $d_{ij} = \left|\frac{\bar{s}_{ij}^A - \bar{s}_{ij}^B}{2}\right|$,其中, $\bar{s}_{ij}^A、\bar{s}_{ij}^B$ 表示规范化后的主播与企业的 Borda 分值。综合 Borda 分值 s_{ij} 越大,企业与主播之间的匹配意愿越大;差异度 d_{ij} 表示企业和主播之间匹配意愿的差值。企业和主播之间的匹配度 M_{ij} 与 s_{ij} 成正相关,与 d_{ij} 成负相关,因此可定义为

$$M_{ij} = s_{ij} - \gamma(d_{ij}),$$

其中, $\gamma(\cdot)$ 是偏好调节函数,由直播平台、企业以及主播协商决定。

(四) 稳定性

定义 3 对于匹配方案 l ,如果 l 不存在满足期望水平的阻塞对,则称匹配方案 l 为满足期望水平的稳定匹配方案。

根据双边匹配理论奠基者 Gale 和 Shapley 对阻塞对的描述,^{[1],12} 可以认为当匹配方案中存在一对没有匹配成功的主体 $A_j、B_i$ 满足下列条件之一时,该匹配方案存在阻塞对。

(1) B_i 已达匹配数量上限且 A_j 未匹配成功, B_i 认为 A_j 优于当前的匹配对象且可接受即 A_j 符合 B_i 要求。

(2) B_i 已达匹配数量上限且 A_j 已匹配成功,但 $A_j、B_i$ 均认为对方优于他们当前的匹配对象,存在私下匹配的可能。

对于匹配方案 $l: \forall B_i, B_b \in B, \forall A_j, A_a \in A, i \neq b, j \neq a$ 。若 $A_j、B_i$ 满足下列条件之一,则 (A_j, B_i) 为 l 的一个满足期望水平的稳定阻塞对。

(1) $|l(B_i)| < Q_i, l(A_j) = B_b$, 满足 $r_{ij} < r_{bj}$ 。

(2) $|l(B_i)| = Q_i, |l(A_j)| = 0, \exists A_a \in \{l(B_i)\}$, 满足 $t_{ia} > H_i, t_{ij} < t_{ia}$ 。

(3) $|l(B_i)| = Q_i, l(A_j) = B_b, \exists A_a \in \{l(B_i)\}$, 满足 $t_{ia} > H_i, t_{ij} < t_{ia}$ 且 $r_{ij} < r_{bj}$ 。

为保障企业与主播之间匹配的稳定有效,需排除匹配方案中的阻塞对。引入 0-1 决策变量 $x_{ij}, x_{ij} = 1$ 表示 B_i 与 A_j 匹配成功, $x_{ij} = 0$ 表示 B_i 与 A_j 未形成匹配。

定理: 当匹配方案 l 满足下列约束时, l 是一个满足期望水平的稳定匹配方案。

$$\left(\sum_{b:r_{bj} \leq r_{ij}} x_{bj} + x_{ij}\right) \times Q_i + \sum_{a:t_{ia} \leq H_i} x_{ia} + \sum_{a:H_i < t_{ia} < t_{ij}} x_{ia} \geq Q_i, \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} \leq 1, \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq Q_i. \tag{3}$$

证明: 由定义可知,满足期望水平的稳定匹配方案一定不存在阻塞对,即满足式(1)(2)和(3)的匹配方案一定没有阻塞对,等价于证明若 (A_j, B_i) 满足式(2)(3)和(4),则一定是满足期望水平的阻塞对。

$$\left(\sum_{b:r_{bj} \leq r_{ij}} x_{bj} + x_{ij}\right) \times Q_i + \sum_{a:t_{ia} \leq H_i} x_{ia} + \sum_{a:H_i < t_{ia} < t_{ij}} x_{ia} < Q_i. \tag{4}$$

当且仅当 $\sum_{b:r_{bj} \leq r_{ij}} x_{bj} = x_{ij} = 0$ 时,上式成立,即 A_j 既没有与 B_i 匹配成功,也没有与任何优于 B_i 的企业匹配成功,这意味着 A_j 要么没有匹配企业,要么与 A_j 匹配的企业劣于 B_i 。同时, $\sum_{a:t_{ia} \leq H_i} x_{ia} + \sum_{a:H_i < t_{ia} < t_{ij}} x_{ia} < Q_i$, 即 B_i 匹配全部优于 A_j 的主播之后仍未达到数量上限,这意味着 B_i 要么没有匹配主播,要么匹配的主播已经达到数量上限,但至少存在一名主播对 B_i 而言劣于 A_j 。综上, (A_j, B_i) 为 l 的一个满足期望水平的稳定阻塞对。因此,满足式(1)(2)和(3)的匹配方案是满足期望水平的稳定匹配方案。

四、双边匹配博弈模型

为建立双边效益最大化的稳定匹配博弈模型,本文将企业和主播的效益价值分为经济效益价值、感受价值和其他潜在价值,其中感受价值用满意度来衡量。

(一)经济效益价值

企业 B_i 的市场反需求函数设定为

$$P_{B_i} = a - b[Q_{B_i} + (1 - \xi)Q_{B_k}], i \neq k, \xi \in [0, 1],$$

其中, P_{B_i} 为企业 B_i 的产品市场价格;异质性系数 ξ 代表两个企业产品的异质程度,当 $\xi = 0$ 时,两个企业产品可相互替代,当 $\xi = 1$ 时,两个企业完全异质,图 1 表示不同的 ξ 值对市场反需求函数的影响, ξ 值越高,产品市场价格越高; $b \in [0, 1]$ 代表产量对价格的敏感程度, a 代表该产品的市场规模。

主播 A_j 和企业 B_i 匹配时, A_j 的经济效益表达式为

$$\pi_{A_{ij}} = \alpha + a_1(P_{B_i} - C_i)Q_{A_{ij}} - \frac{1}{2}b_2e_j^2 - P_A,$$

其中, α 表示企业为主播支付的固定工资, a_1 为销售收入分成比例, C_i 表示企业 B_i 的单位生产成本, b_2 为系数。

主播 A_j 和企业 B_i 匹配时, B_i 的经济效益表达式为

$$\pi_{B_{ij}} = (1 - a_1)P_{B_i}Q_{A_{ij}} + P_{B_i}Q_i - \alpha - C_iQ_{B_i} - P_B。$$

主播 A_j 和企业 B_i 匹配时,直播平台 Z 的效益表达式为

$$\pi = P_A + P_B - \frac{1}{2}b_3e^2 + \sum_i \sum_j \eta_{ij}x_{ij}。$$

其中, b_3 为系数, e 为平台的匹配努力水平, η_{ij} 表示 A_j 与 B_i 匹配成功后可以为直播平台带来的声誉、影响力等潜在价值。

(二)模型构建

企业和主播构成的策略型博弈表达式为

$$T = (\{A \times B\}, s_A \times s_B, U_j, V_i),$$

其中 $s_A = s_B = \{s_{ac}, s_{re}\}$ 分别表示主播和企业的策略集, U_j 为 A_j 的效益函数, V_i 为 B_i 的效益函数。

U_{ij} 表示 A_j 与 B_i 匹配时 B_i 为 A_j 带来的效益价值,包括经济效益价值、感受价值和其他潜在价值,则

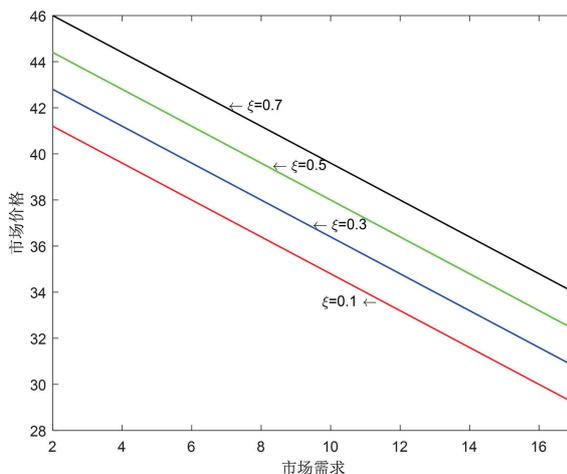


图 1 市场反需求函数图

$U_{ij} = \pi_{A_{ij}} + k_1\alpha_{ij} + \eta_{ij}$, 其中, k_1 为主播 A_j 的感受价值系数, η_{ij} 表示与 B_i 匹配可以为主播 A_j 带来的声誉、可信度、知名度等其他潜在价值。 V_{ij} 表示 B_i 与 A_j 匹配时 A_j 为 B_i 带来的效益价值, 则 $V_{ij} = \pi_{B_{ij}} + k_2\beta_{ij} + \gamma_{ij}$, 其中, k_2 为企业 B_i 的感受价值系数, γ_{ij} 表示与 A_j 匹配可以为企业 B_i 带来的品牌影响力、声誉等潜在价值。

企业和主播的效益矩阵如表 2 所示。

A_j 期望效益的一般表达式为

$$U_j = \sum_{i=1}^2 x_{ij} [p_{ij}q_{ij}U_{ij} + (1 - p_{ij})U_{kj}] ,$$

其中, $k \in N$ 且 $k \neq i$, $p_{ij} = 0$ or 1 为 A_j 匹配 B_i 的概率, $q_{ij} = 0$ or 1 为 B_i 匹配 A_j 的概率。同理, B_i 期望效益的一般表达式为

$$V_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} [p_{ij}q_{ij}(V_{ij} + \sum_{t=1}^n V_{it}) + (1 - q_{ij}) \sum_{h=1}^n V_{ih}] 。$$

在企业与主播的匹配过程中考虑双边效益及满意度, 在稳定性和匹配度约束的共同作用下, 企业与主播的双边匹配问题如下:

$$\max \{U_j, V_i, \pi, Z\} , \tag{5}$$

$$U_j = \sum_{i=1}^2 x_{ij} [p_{ij}q_{ij}U_{ij} + (1 - p_{ij})U_{kj}] , \tag{6}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} [p_{ij}q_{ij}(V_{ij} + \sum_{t=1}^n V_{it}) + (1 - q_{ij}) \sum_{h=1}^n V_{ih}] , \tag{7}$$

$$\pi = P_A + P_B - \frac{1}{2}b_3e^2 + \sum_i \sum_j \gamma'_{ij}x_{ij} , \tag{8}$$

$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n M_{ij}x_{ij} , \tag{9}$$

$$\left(\sum_{b:r_{bj} \leq r_{ij}} x_{bj} + x_{ij} \right) \times Q_i + \sum_{a:t_{ia} \leq H_i} x_{ia} + \sum_{a:H_i < t_{ia} < t_{ij}} x_{ia} \geq Q_i , \tag{10}$$

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} \leq 1 , \tag{11}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq Q_i , \tag{12}$$

$$\sum_{i=1}^2 p_{ij} = 1 , \sum_{j=1}^n q_{ij} = 1 , p_{ij} = 0 \text{ or } 1 , q_{ij} = 0 \text{ or } 1 , \tag{13}$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1, i \in \{1, 2\}, j \in \{1, 2, \dots, n\} 。$$

其中, 目标函数(5)表示匹配主体双方以及双边平台各自效益最大、匹配度最优, 式(6)、式(7)和式(8)表示匹配主体双方以及直播平台的效益函数, 式(9)表示匹配双方的匹配度, 式(10)为企业和主播匹配的稳定性约束条件, 式(11)表示一个主播最多只能匹配一个企业, 式(12)表示一个企业匹配的主播数量最多不能超过数量上限 Q_i , 式(13)为策略选择的概率约束, 式(14)为决策变量的取值约束。

(三)模型求解与均衡分析

将上述多目标优化模型转为以个体效益之和最大为目标, 从而得到单目标线性规划模型:

$$\max Y = \sum_j U_j + \sum_i V_i + \pi + Z 。$$

求解该模型即可得最优解 X^* 。

在企业自播电商联盟中, 企业方与主播方的成本投入均存在边际效益递减现象, 企业方的成本投入体现在产品产量上, 主播方的成本投入则主要体现在直播努力水平上。为探究企业方的均衡产量以及对

于企业而言的最优直播努力水平,分别求利润函数 $\pi_{B_1}(Q_A)$ 、 $\pi_{B_2}(Q_A)$ 关于 $Q_{A_{1j}}$ 、 $Q_{A_{2j}}$ 的一阶导数,并令一阶导数为 0,求得两企业的纳什均衡点 $(Q_{A_{1j}}^*, Q_{A_{2j}}^*)$ 为

$$Q_{A_{ij}}^* = \frac{b(4-3a_1)(1-\xi)Q_k^g - a(1-a_1)(3-\xi) + C_k(1-\xi) - 2C_i}{b(1-a_1)(3-\xi)(1+\xi)} - Q_i^g,$$

$$Q_{B_i}^* = Q_{A_{ij}}^* + Q_i^g = \frac{b(4-3a_1)(1-\xi)Q_k^g - a(1-a_1)(3-\xi) + C_k(1-\xi) - 2C_i}{b(1-a_1)(3-\xi)(1+\xi)},$$

$$e_j^* = \left(\frac{Q_{A_{ij}}^* - a_{ij}}{b_2}\right)^2 = \frac{1}{b_2^2}(-Q_i^g - a_{ij})^2,$$

其中 $i, k \in \{1, 2\}, i \neq k$ 。^①

命题 1 两企业为实现利润最大化目标,其均衡产量 $Q_{B_i}^*$ 和期望的最优主播努力水平 e_j^* 分别为:

$$Q_{B_i}^* = \frac{b(4-3a_1)(1-\xi)Q_k^g - a(1-a_1)(3-\xi) + C_k(1-\xi) - 2C_i}{b(1-a_1)(3-\xi)(1+\xi)}, \quad i, k \in \{1, 2\}, i \neq k;$$

$$e_j^* = \frac{1}{b_2^2} \left(\frac{b(4-3a_1)(1-\xi)Q_k^g - a(1-a_1)(3-\xi) + C_k(1-\xi) - 2C_i}{b(1-a_1)(3-\xi)(1+\xi)} - Q_i^g - a_{ij} \right)^2.$$

由命题 1 可知,企业制定产品产量策略不仅需要考已方企业成本限制与市场规模限制,还需考虑对方企业成本、产品异质程度以及对方产品线下基础销量。因此,企业在制定产量策略之前需要充分调研市场需求,掌握对方企业产品动态,及时调整己方产量。

对于主播而言,其工作的努力程度选择受多方面影响,比如产品产量、企业异质性等,为探究主播方的直播努力水平及其与异质性的关系,首先求主播经济效益函数 $\pi_{A_{ij}}(e_j)$ 关于主播直播努力水平 e_j 的一阶导数,并令其等于 0,可得主播最优努力水平:

$$e_j^{**} = \left(\left(\sqrt{\frac{x^2}{16b_1^2} + \frac{8y^3}{216b_1^3}} - \frac{x}{4b_1} \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{y}{3b_1 \left(\sqrt{\frac{x^2}{16b_1^2} + \frac{8y^3}{216b_1^3}} - \frac{x}{4b_1} \right)^{\frac{1}{3}}} \right)^2,$$

其中, $y = a_1 b b_2^2 (2 - \xi)$, $x = a_1 b_2 C_i - a a_1 b_2 + a_1 b b_2 (3 a_{ij} + a_{kj} + Q_i^g + Q_k^g) - a_1 b b_2 \xi (a_{ij} + a_{kj} + Q_k^g)$ 。

命题 2 主播为实现利润最大化目标,其最优努力水平 e_j^{**} 与企业异质性系数 ξ 相关。

由命题 2 可知,由于企业异质性的影响,主播努力水平的选择除受分成比例与己方企业的线下产品销量影响外,还受对方企业的线下销量影响。因此,主播需要根据对方产品销量动态调整己方线上销售策略。

对于企业而言,均衡产量不仅要考虑竞争对手的产量,还要考虑与竞争对手产品的异质性程度,为探究企业均衡产量与异质性系数的关系,首先求企业均衡产量 $Q_{B_i}^*(\xi)$ 关于异质性系数 ξ 的一阶导数:

$$\frac{\partial Q_{B_i}^*}{\partial \xi} = b(1-a_1) [(a(1-a_1) - bQ_k^g(4-3a_1) - C_k)\xi^2 + (-5a(1-a_1) + 2bQ_k^g(4-3a_1) + 2C_k - 4C_i)\xi + 9a(1-a_1) - 5bQ_k^g(4-3a_1) - 5C_k + 4C_i]$$

一阶导数 $\frac{\partial Q_{B_i}^*}{\partial \xi}$ 是关于 ξ 的二次函数,对称轴 $x = \frac{3a(1-a_1) + 4C_i}{2a(1-a_1) - 2bQ_k^g(4-3a_1) - 2C_k} + 1 > 1$, 又

$a(1-a_1) - bQ_k^g(4-3a_1) - C_k > 0$, 因此 $\frac{\partial Q_{B_i}^*}{\partial \xi}$ 在 $\xi = 1$ 处取得最小值 $b(1-a_1)[5a(1-a_1) - 4bQ_k^g(4-3a_1) - 5C_k + 4C_i]$ 。

① 限于文章篇幅,具体计算过程不再列示,如有需要可向作者索取。

$3a_1) - 4C_k] > 0$, 即 $\frac{\partial Q_B^*}{\partial \xi} > 0$, 故 $Q_B^* \propto \xi$ 。

命题 3 均衡产量 $Q_{B_i}^*$ 是关于异质性系数 ξ 的递增函数。

由命题 3 可知, 随着异质性系数的增加两企业可采取扩大产量策略。两企业组成合作联盟, 产品异质性越大, 联盟内部竞争越小, 整体效益越大, 此时, 双方扩大产品产量, 市场规模增加, 实现联盟内部合作共赢。

五、数值仿真

假设直播平台收到 B_1 、 B_2 两企业的匹配请求, 平台上存在 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 6 个待匹配主播, 如图 2 所示。

运用 matlab2017a 对模型(15)求解, 模型参数设置详见附录 1。

求解得到最优均衡匹配方案 $X^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, 即 $\{(A_1, B_1), (A_2, B_2), (A_3, B_1), (A_4, B_1), (A_5, B_1), (A_6, B_2)\}$, 对应的最优整体收益为 $Y^* = 1140.2349$, 最优匹配度 $Z^* = 5.5889$ 。

以上是从整体效益视角出发, 若从不同方的效益视角出发, 得到的匹配方案可能会不同, 分别以不同方效益最大化为目标函数得到的匹配结果见表 3。

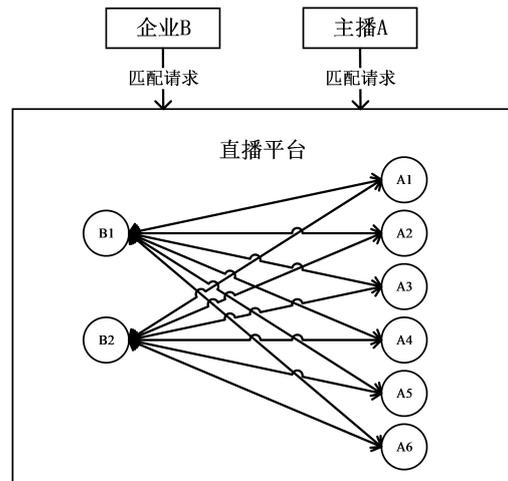


图 2 企业和主播的双边匹配

表 3 以不同方效益最大化为目标的匹配结果

目标	匹配方案	整体满意度	匹配度	效益			
				A 方	B 方	直播平台	整体效益
双方均衡	$\{(A_1, B_1), (A_2, B_2), (A_3, B_1), (A_4, B_1), (A_5, B_1), (A_6, B_2)\}$	9.4229	5.5889	278.03	818.44	43.76	1140.23
A 方优先	$\{(A_1, B_1), (A_2, B_2), (A_3, B_1), (A_4, B_1), (A_5, B_2), (A_6, B_2)\}$	8.7280	4.1611	283.33	798.27	42.76	1124.37
B 方优先	$\{(A_1, B_1), (A_2, B_2), (A_3, B_2), (A_4, B_1), (A_5, B_1), (A_6, B_1)\}$	8.3954	3.6889	258.90	826.71	50.76	1136.38

从表 3 可以看出, A 方优先和 B 方优先的匹配方案在整体满意度、匹配度以及整体效益上均不如双方均衡的匹配方案。由于个体理性的有限性, 企业方和主播方在匹配过程中片面的考虑单方效益最大化将损害整体效益, 因此上述所求最优均衡匹配方案 X^* 对于自播电商合作联盟来说是一个稳定且符合各方期望的效益最大化匹配方案。

为了进一步研究模型参数对双边匹配结果的作用, 选取企业异质性系数 ξ 、主播的直播努力水平 e_j 两个参数, 通过仿真模拟分析匹配双方效益的变化路径, 可以更加清晰地描述匹配双方的属性特征对匹配主体策略选择的影响, 具体见图 3, 图 4。

根据图 3 分析可得, 当 $a = 47$ 时, 直播平台的效益保持不变, 由于其效益受匹配结果 X 的直接影响, 因此匹配结果 X 不变。可以解释为, 直播平台作为双边匹配平台, 当效益达到稳定时, 其更倾向于维持该匹配现状。企业异质性系数对 A 方效益、B 方效益以及整体效益存在线性影响, 且效益随异质性系数的增大而增大, 具体而言, 两企业产品异质性系数提高, 其产品市场竞争力提高, 销量增加, 效益增加, 因此企业应实施差异化产品战略, 在提升产品质量差异的同时, 重视服务差异如物流、咨询服务, 并培训可

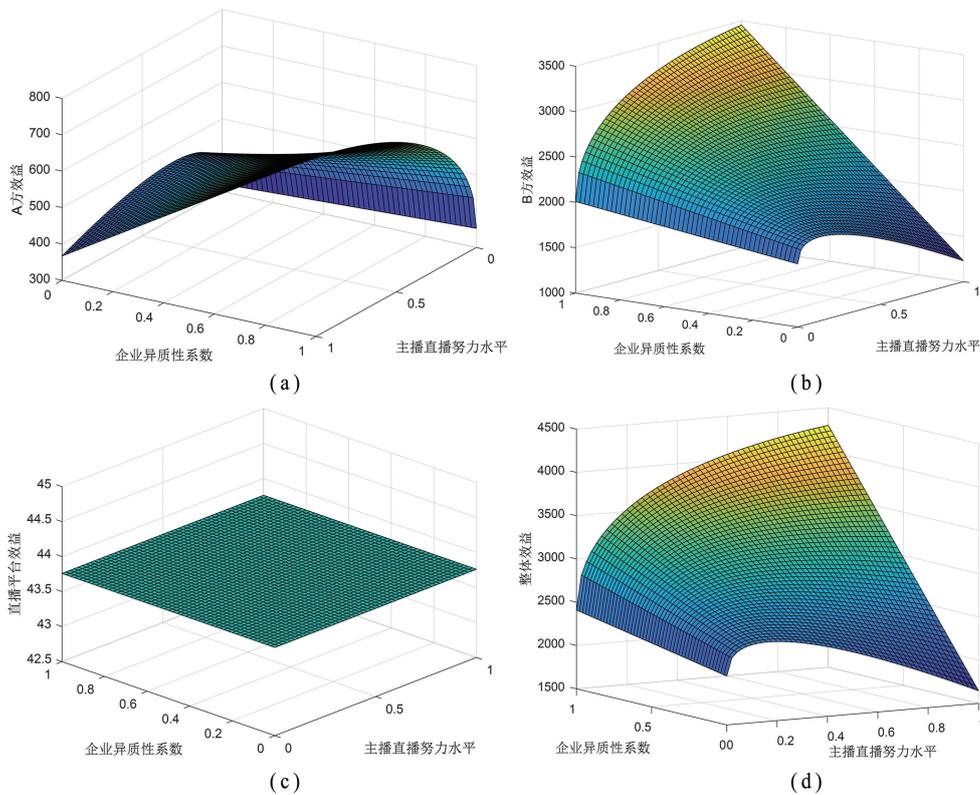


图3 ($a=47$) 异质性系数和直播努力水平对效益的影响

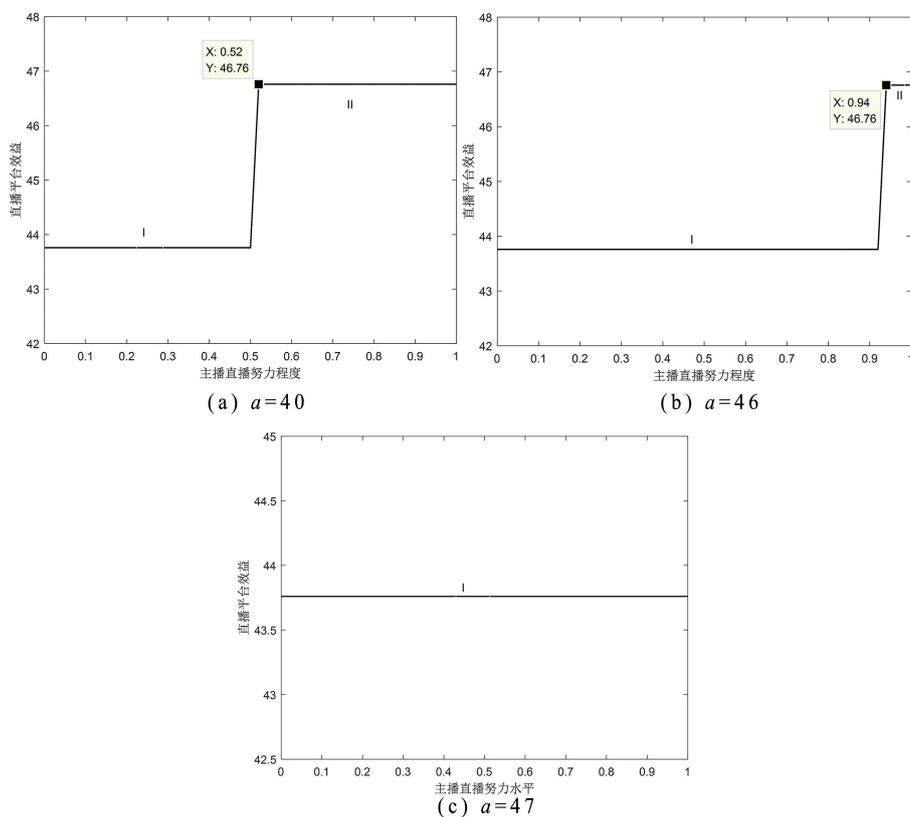


图4 不同市场规模下主播直播努力水平对匹配策略的影响

满足消费者个性需求的差异化主播。A方效益、B方效益和整体效益随直播努力水平的上升呈现先增加后减小的趋势,且存在边际效益递减规律,故对于A方来说,其存在主播最优努力水平 e_j^* ,对于B方来说,存在最优主播努力水平 e_j^* ,并且为保证效益最大化,随着异质性系数的增加,最优直播努力水平上升,与命题2中最优直播努力水平与异质性系数相关的论述相符。

由图4(a)可以看出,匹配策略在 $e_j=0.52$ 处发生改变,这是由于在市场规模既定的前提下,主播的直播销量 Q_{A_j} 存在上限,当 $e_j<0.52$ 时,主播努力成本较小,其对应的匹配方案I为当下最优方案;而当 $e_j\geq 0.52$ 时,成本比重增加,匹配方案I已不能满足效益最大化目标,自然要改变策略。由(a)(b)可以看出,随着市场规模由 $a=40$ 扩大为 $a=46$,使匹配策略发生改变的主播努力水平上升,这是由于市场规模扩大引起直播销量上限增加所导致。由(c)可以看出,当市场规模 $a\geq 47$ 时,匹配策略不变,说明市场规模已超过主播直播的最大销量。早期的电商直播线上市场规模小,其销量有限,随着直播带货的快速发展,线上市场规模已达到万亿市场,为满足市场需求,主播直播努力程度须相应提高以满足直播间消费者的需求。综上所述,市场规模在主播直播努力程度对销量和效益的影响过程中存在调节作用。因此提高产品异质性,开发市场需求,增大市场规模,对于整体效益的增加有积极影响。

六、结论

本文在电商直播迅速发展的背景下,对企业自播电商过程中企业和主播的双边匹配决策问题进行了研究。首先,以电商直播平台为双边平台,引入三角直觉模糊数对企业和主播的实际评分偏好信息进行处理,得到双方满意度及满意度偏好向量,进一步由Borda分值将满意度偏好向量转换成匹配度;其次,根据企业实际成本约束,排除阻塞对,建立稳定性约束条件;再次,将效益价值分为经济效益价值、感受价值和潜在价值,构建期望效益矩阵,建立双边匹配多目标优化模型,从纵向角度实现企业和主播的匹配,并通过均衡分析从横向角度求解企业之间的博弈均衡解;最后,运用算例分析和数值仿真,验证了模型的求解效果,并分析了模型参数对匹配策略的影响。结果表明:(1)相较于以满意度为目标函数的研究而言,以效益最大化为目标函数的研究考虑更为全面,且更符合企业实际情况。(2)企业异质性系数对均衡产量存在显著正向影响,进而促进整体效益的增加,因此企业应致力于提高产品差异。(3)企业和主播在较高的直播努力成本下收益降低。(4)最优直播努力水平与企业异质性系数存在相关性,进一步仿真分析发现,为保证效益最大化,最优直播努力水平随企业异质性系数的增加而增加。(5)市场规模在主播直播努力程度对销量和效益的影响过程中存在调节作用。

上述研究结论为企业与主播及直播平台的运营管理带来了重要的管理启示:从直播平台的效益来看,直播平台应综合考虑市场规模、主播直播努力水平及企业异质性系数对匹配过程的影响,与差异化企业进行合作;通过打造符合企业产品品牌形象的专属直播场景并进行算法升级,为企业和主播匹配合适的直播时间,从而提高整体效益、形成双赢局面。从主播角度来看,主播要根据市场规模及企业异质性系数及时调整努力水平,通过设计创新性、娱乐性直播内容,加强粉丝互动,增强私域粉丝粘性,提升消费者的回购率。从企业视角来看,企业要制定差异化产品策略,提高产品核心竞争力以维持市场份额;消费者在进行决策时往往受产品供给数量、主播及产品信息的影响,^[24]因此企业在寻求产品服务差异化的同时,应培训个性化主播,赋予产品内涵,使其产品信息具备鲜明特色;加强主播专业素养和服务质量的相关培训,筛选与品牌调性相符的主播,增加企业产品品牌和主播之间的匹配度,打造符合企业产品形象的特色主播,提升主播的魅力和影响力,从而增加消费者的购买行为、打造良性经营环境。

本研究一方面综合考虑了双边匹配理论和博弈理论,扩展了双边匹配的研究领域;另一方面,通过算例仿真证明采用本文建立的匹配机制可为企业和主播提供一个最优匹配方案,从而保证了企业自播电商联盟稳定性和效益最大化,该匹配机制可为企业决策提供科学决策支持。但从研究的严谨性而言,本文仍存在一定局限性。本文为便于观察匹配结果的变化并未将主播努力水平计入到对直播平台效益的影

响中,在实际情况中,直播平台效益会随主播努力水平的增加而增加,因此为了保证直播平台的匹配效益,在后续研究中需要将主播努力水平作为变量纳入到直播平台效益的计算中,并进一步分析主播努力水平通过影响直播平台态度而对匹配结果产生的作用。

参考文献:

- [1] GALE D, SHAPLEY L S. College admissions and the stability of marriage[J]. The American mathematical monthly, 1962, 69(1).
- [2] ROTH A E. Common and conflicting interests in two-sided matching markets[J]. European economic review, 1985(1): 75-96.
- [3] HE X R, WU Y Y. Independent hesitant fuzzy group decision making methods with application to person and post matching [J]. Journal of intelligent & fuzzy systems, 2017(1):93-103.
- [4] WU A P, LI H, DONG M. A novel two-stage method for matching the technology suppliers and demanders based on prospect theory and evidence theory under intuitionistic fuzzy environment[J]. Applied soft computing, 2020, 95.
- [5] WANG P Y, SHEN J, ZHANG B. A new method for two-sided matching decision making of PPP projects based on intuitionistic fuzzy choquet integral[J]. Journal of intelligent & fuzzy systems, 2016(4).
- [6] 霍晓萍,任艺,李华伟. 国有企业引入非国有资本的双边匹配模型构建[J]. 统计与决策, 2020, 36(23): 184-188.
- [7] 袁铎宁,姜艳萍,梁海明. 考虑属性优先性的择期手术医患双边稳定匹配模型[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(9): 2367-2378.
- [8] 刘桔,杨琴,周永务. 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.
- [9] 张莉莉,马丹妮,姜媛. 基于优势的双边匹配决策方法[J]. 运筹与管理, 2021, 30(3): 50-56.
- [10] 乐琦. 基于累积前景理论的具有不确定偏好序信息的双边匹配决策方法[J]. 系统科学与数学, 2013, 33(9): 1061-1070.
- [11] 乐琦. 基于直觉模糊集信息的双边匹配决策[J]. 模糊系统与数学, 2016, 30(6): 109-115.
- [12] CHEN X, LI Z W, FAN Z P, et al. Matching demanders and suppliers in knowledge service: A method based on fuzzy axiomatic design[J]. Information sciences, 2016, 346-347: 130-145.
- [13] FAN Z P, LI M Y, ZHANG X. Satisfied two-sided matching: A method considering elation and disappointment of agents [J]. Soft computing, 2018, 22: 7227-7241.
- [14] 张笛,朱帮助. 基于语言偏好信息的满意公平稳定双边匹配方法[J]. 系统工程理论与实践, 2019, 39(9): 2412-2420.
- [15] 张笛,戴红军,刘晓瑞. 考虑后悔规避与匹配意愿的直觉模糊双边匹配方法[J]. 运筹与管理, 2020, 29(10): 132-139.
- [16] 王世磊,屈绍建,刘志敏,等. 基于前景理论的混合不确定情景下在线多属性反向拍卖的赢者确定方法[J]. 运筹与管理, 2020, 29(6): 187-197.
- [17] 毕傲睿,骆正山,孙志远,等. 基于云模型和前景理论的语言评价双边匹配决策研究[J]. 统计与信息论坛, 2020, 35(11): 42-48.
- [18] 林杨,王应明. 基于异质多属性偏好的博弈双边匹配决策[J]. 统计与决策, 2020, 36(10): 162-166.
- [19] 熊浩,陈锦怡,鄢慧丽,等. 考虑主播特征的直播带货双渠道供应链定价与协调[J]. 管理工程学报, 2023, 37(4): 188-195.
- [20] 韩箫亦,许正良. 电商主播属性对消费者在线购买意愿的影响——基于扎根理论方法的研究[J]. 外国经济与管理, 2020, 42(10): 62-75.
- [21] 孟陆,刘凤军,陈斯允,等. 我可以唤起你吗——不同类型直播网红信息源特性对消费者购买意愿的影响机制研究[J]. 南开管理评论, 2020, 23(1): 131-143.
- [22] 孙焯,高倩. 中国上市公司企业特性与高管薪酬差距的实证[J]. 统计与决策, 2010(24): 135-138.
- [23] 黎精明,张泽宇. 国有企业发展质量评价指标体系构建与实证[J]. 统计与决策, 2021(12): 166-169.
- [24] 蔡守杰,李四杰,郑斌. 考虑稀缺效应和消费者类型的制造商直播销售策略研究[J]. 管理工程学报, 2023, 37(4): 222-232.

Two-Sided Matching Game Between Enterprises and Anchors in the Enterprise Self-Broadcasting Mode

YANG Lei, LIU Lianlian

(College of Economics and Management, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Improving the matching degree between the enterprises and the anchors is a key to enhance the satisfaction and efficiency for both sides. To achieve this, we developed a matching game model centered on a third-party live streaming platform as the two-sided platform, and then measured the matching degree using Borda score. Therefore, a two-sided matching model that maximized benefits was established considering heterogeneous attributes, satisfaction, stability and other relevant factors. Consequently, the equilibrium output of two enterprises and the optimal live streaming efforts of the anchors were analyzed, and the effects of the heterogenous coefficient of the enterprises and the live streaming efforts of the anchors on the matching efficiency were discussed. The results show that the two-sided matching game model that maximizes benefits aligns better with the practical situation of the enterprises. The heterogeneous coefficient of the enterprises has a positive effect on the benefits of both sides. However, at higher level of livestreaming efforts, the income of the enterprises and the anchors decreases with the increased efforts. The optimal livestreaming efforts are correlated with the heterogenous coefficient of the enterprises and increases with its increase. Notably, the market size has a moderating effect on the influence of the livestreaming efforts of the anchors on sales and benefits. Therefore, live streaming platforms should comprehensively consider the impact of market size, live streaming efforts of the anchors and heterogenous coefficient of the enterprises on the matching process, and cooperate with differentiated enterprises. Anchors should adjust their efforts according to the market size and enterprises' heterogenous coefficient in a timely manner. Enterprises, on the other hand, should develop differentiated product strategies and improve the core competitiveness of products to maintain their market share, train personalized anchors, and make their products distinctive.

Key words: enterprise self-broadcast; two-sided matching; heterogeneous attributes; stability; matching degree

(责任编辑:魏 霄)

(上接第 87 页)

Impact of Input Digitization on the Quality of Exports

XU Yuanguo, LIU Xin

(School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract: Based on the world input-output database and China's industrial enterprises and customs database from 2000 to 2013, the level of input digitization of enterprises and the quality of exports are measured, and the impact of input digitization on the quality of exports and its mechanism of action are studied through the construction of fixed-effects model, mediating-effects model and non-linear-effects model. The results show that, firstly, input digitization significantly improves the quality of exports. Second, compared with digital infrastructure inputs, digital media and transaction inputs have a greater effect on the quality of exports; input digitalization exerts a greater effect on the quality of exports of enterprises in the eastern region, processing trade enterprises and foreign-funded enterprises. Third, input digitization promotes the quality of exports through cost and innovation effects. Fourth, there is an inverted U-shaped non-linear effect between input digitization and the quality of exports. Therefore, in the future, it is necessary to accelerate the process of input digitization in China and increase the penetration rate of digital elements in the manufacturing industry. Meanwhile, the government is expected to encourage enterprises to carry out digital transformation and offer favorable policy and financial support. Moreover, attention should be attached to the coordination and linkage of regional digitization, as well as the regional digital cooperation. Besides, it is also essential to promote the construction of a unified domestic market and accelerate the circulation between both the domestic and international markets.

Key words: input digitization; quality of exports; digital infrastructure; digital media and transaction

(责任编辑:魏 霄)

附录 1

主播对企业的综合评分偏好见表 1,企业对主播的综合评分偏好见表 2,匹配双方满意度见表 3、表 4,其他参数设置见表 5。

表 1 主播对企业的综合评分偏好 G_{ij}

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0.4	0.5	0.7	0.6	0.4	0.5
B_2	0.3	0.6	0.4	0.3	0.8	0.7

表 2 企业对主播的综合评分偏好 E_{ij}

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0.5	0.6	0.5	0.9	0.8	0.6
B_2	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.8

表 3 主播对企业的满意度 α_{ij}

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	1.000 0	0.694 4	1.000 0	1.000 0	0.250 0	0.510 2
B_2	0.562 5	1.000	0.326 5	0.250 0	1.000 0	1.000 0

表 4 企业对主播的满意度 β_{ij}

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
B_1	0.308 6	0.444 4	0.308 6	1.000 0	0.790 1	0.444 4
B_2	0.765 6	0.765 6	1.000 0	0.562 5	0.390 6	1.000 0

表 5 模型参数设置

参数	值	参数	值	参数	值
a	60	e_1	0.6	$\eta_{11}、\dot{\eta}_{11}、\ddot{\eta}_{11}$	8
a_1	0.2	e_2	0.7	$\eta_{12}、\dot{\eta}_{12}、\ddot{\eta}_{12}$	7
a_2	0	e_3	0.8	$\eta_{13}、\dot{\eta}_{13}、\ddot{\eta}_{13}$	5
e	0.8	e_4	0.5	$\eta_{14}、\dot{\eta}_{14}、\ddot{\eta}_{14}$	6
k_1	22	e_5	0.6	$\eta_{15}、\dot{\eta}_{15}、\ddot{\eta}_{15}$	9
k_2	22	e_6	0.7	$\eta_{16}、\dot{\eta}_{16}、\ddot{\eta}_{16}$	10
$\overset{g}{Q}_1$	5	P_A	0.6	$\eta_{21}、\dot{\eta}_{21}、\ddot{\eta}_{21}$	6
$\overset{g}{Q}_2$	4	P_B	0.8	$\eta_{22}、\dot{\eta}_{22}、\ddot{\eta}_{22}$	9
α	1	C_1	0.5	$\eta_{23}、\dot{\eta}_{23}、\ddot{\eta}_{23}$	8
b_1	15	C_2	4	$\eta_{24}、\dot{\eta}_{24}、\ddot{\eta}_{24}$	12
b_2	2	Q_1	8	$\eta_{25}、\dot{\eta}_{25}、\ddot{\eta}_{25}$	4
b_3	2	Q_2	7	$\eta_{26}、\dot{\eta}_{26}、\ddot{\eta}_{26}$	6
b	0.8	ξ	0.5		