

工业互联网环境下 SaaS 平台半合作模式及其定价策略研究

杨云鹏, 陈宏民

(上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要: 工业互联网环境下企业用户行业需求特异, 导致 SaaS 平台服务商与第三方软件开发商之间形成的不同于传统合作模式的新型生产关系。通过结合 SaaS 行业特点构建双寡头垄断情形下的 Hotelling 模型进行分析, 探究半合作模式产生的动因及平台定价策略。研究发现: 企业用户分化降低了 SaaS 平台利润, 在交叉网络外部性显著的前提下, SaaS 平台的区别定价策略相较于统一定价更为有利; 企业用户分化促使 SaaS 平台提高对多归属软件开发商的定价, 而对专属开发商的定价保持稳定, 表明了平台将用户分化带来的负面影响完全转嫁给多归属开发商; 企业用户信息不对称进一步损害了 SaaS 平台利益, 且损害程度随用户差异程度的增加而加剧, 但并未对社会总福利产生显著影响。

关键词: SaaS 平台; 半合作模式; 企业用户分化; 社会福利; 工业互联网

中图分类号: C93

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)11-0139-11

Research on semi-cooperative relationship and pricing strategy of SaaS platform in industrial internet

YANG Yunpeng, CHEN Hongmin

(Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Given the specific industry needs of various enterprise users in the industrial internet environment, SaaS platforms are gradually showing a trend of platformization and forming a new type of production relationship with software developers that differs from traditional cooperation models. This study focuses on the semi-collaborative production relationships formed between SaaS service providers and third-party software developers in the context of the industrial internet, exploring their underlying motivations and pricing strategies. The research finds that the differentiation of enterprise user needs not only reduces platform profits but also, under conditions of sufficient cross-network externalities, a differentiated pricing strategy for multi-homing and exclusive software developers is more advantageous for the platform compared to uniform pricing. Furthermore, the differentiation of enterprise users prompts the platform to increase pricing for multi-homing software developers, while pricing for exclusive developers remains unchanged, indicating that the platform fully transfers the negative impact of user differentiation to multi-homing developers. When introducing asymmetry among enterprise users, information asymmetry further damages the platform's interests, and the degree of damage increases with the degree of user difference, but it does not affect the overall social welfare. This study

收稿日期: 2024-06-28 修回日期: 2024-09-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72472101, 72031006); 教育部哲社重大课题攻关项目 (20JZD010); 上海市哲社规划项目 (2021EJB006); 教育部人文社科项目 (24YJC630187); 上海市软科学研究项目 (24692108000)。

作者简介: 杨云鹏 (1991—), 男, 甘肃天水人, 上海交通大学安泰经济与管理学院助理研究员, 研究方向为数字经济与数字化平台管理。

provides a theoretical basis for SaaS platforms to optimize production relationships and pricing strategies in the industrial internet environment.

Key words: SaaS platform; semi-collaborative relationship; enterprise user differentiation; social welfare; industrial internet

随着数字经济的崛起,平台经济作为当今经济体系中的主要形式之一^[1-2],不仅在消费互联网满足用户多样化需求方面发挥了关键作用^[2],同时也通过在产业互联网、工业互联网领域逐步提供多样化的供给服务^[3-5]。工业互联网,被誉为第四次工业革命的先驱,正以其独特的魅力引领着中国工业的转型升级和创新发展^[5-6]。工业互联网平台作为一种价值共创模式^[5],通过连接和汇聚制造资源 and 数据资源^[6],实现了生产资源和生产能力的共享。然而,工业互联网平台的整体发展现实却不如预期,企业在工业互联网平台应用的整体水平上仍显不足,多数企业尚处于初级阶段,且存在明显的两极分化现象。主要原因是行业知识多样性^[7-8]、企业数字化水平差异大^[9-10]、缺乏成功的价值共创模式^[5]。这一现象凸显了研究工业互联网平台及其合作关系的紧迫性和重要性。

云计算作为信息技术革命的重要一环,对工业互联网的发展产生了深远影响。SaaS 模式以其广泛的应用和技术成熟度引领着新的服务趋势,SaaS 服务商的平台化趋势不仅提供了基础的 SaaS 服务,还搭建了软件开发与应用交易平台^[7],吸引了第三方软件开发商的加入,形成了合作共生的生态系统^[8-9]。这种新型的合作关系不仅丰富了服务生态,也为消费者提供了更加多元化、高质量的服务。而且设备上云率及工业知识沉淀复用的企业比例较低,显示出企业在工业互联网应用上的不足。以徐工 XREA 工业互联网平台为例,虽然其在工业 PaaS 和 SaaS 应用方面取得了显著成就,但整体上工业互联网的潜力与活力尚未得到充分释放。企业与平台间的合作关系成为工业互联网时代影响企业行为和决策的关键因素^[11-13]。工业互联网环境中通过搭建平台,吸引并整合各类资源,推动合作伙伴从传统合作关系向生态合作关系的转变,进而实现平台生态的协同发展^[9,14],合作创新绩效是推动平台生态协同发展

的关键^[15]。传统合作关系正在经历深刻的变革,逐渐向生态合作发展。这种转变是对外部市场环境剧烈动荡的适应,也是企业追求持续竞争优势的必然选择。

然而,合作关系的稳定性却是一个不容忽视的问题。创新收益感知价值、合作创新成本、收益分配和成本分担等因素都可能影响合作关系的稳定性^[16-17]。同时,知识溢出与企业创新之间的关联也对合作关系的形成和发展产生影响^[18-19]。集群成长、企业合作、人员流动和企业衍生等在创新关联中发挥中介作用^[18]。传统基于需求与供给的绑定、基于价值获取与能力提升、基于共生共赢的合作等演化路径为平台型企业提供了有益的启示^[20-21]。因此,多边平台、生态系统等新模式快速兴起,也为工业互联网领域平台型企业提供了广阔的发展空间。平台的核心作用在于吸引和整合各方资源,实现更高效的服务交付。在平台化的 SaaS 服务模式中,SaaS 厂商与第三方软件开发商之间形成了一种新型的合作关系。这种关系虽然基于分工协作,但与传统的分包等合作关系存在显著差异^[22]。在工业互联网的特殊背景下,这种新型合作关系的出现动因及其影响机制成为本研究的重点。探讨平台方如何对合作方进行差异定价,特别是在企业用户行业分化的情况下,定价模式的选择及其影响具有重要现实意义。

本文深入探讨工业互联网环境下 SaaS 平台化服务模式的半合作关系及其定价机制。通过系统分析合作关系的演变、合作创新绩效的影响因素、知识溢出与企业创新的关联以及平台型企业如何引领生态合作等问题,揭示这一新型合作关系的优势和挑战,为企业优化合作模式、提升服务质量提供有益启示。同时,本文还将关注企业用户行业分化对定价模式的影响,为企业在复杂多变的市场环境中制定合理的定价策略提供决策参考。本文的边际贡献在于:探讨了平台化 SaaS 服务模式的半合作关系及其定价机制,为企业优化合作

模式、提升服务质量提供了实用指导,有助于企业在市场中取得竞争优势;揭示了工业互联网环境下半合作关系的运作细节和定价策略,有助于推动工业互联网平台的健康发展,并促进企业间的深度合作与共赢,为工业互联网整个生态系统的健康有序竞争做出了积极贡献。

一、理论基础与模型构建

合作关系属于劳动分工的一种,旨在通过专门化提升生产效率^[12,16]。在分包等传统合作关系中,通常首先由主服务商与消费端客户签订整体协议,然后主服务商与次服务商通过分包协议等契约界定彼此分工与收益,最后由主服务商整体交付,主服务商与次服务商分享收益。互联网平台合作关系通过平台而非协议实现分工,主服务商只提供基础服务,通过搭建平台吸引次服务商通过自由交易方式为客户提供附加服务,主服务商再根据交易收费。本文将这种主服务商通过建立平台而非签订分工协议形式与次服务商合作提供服务的生产关系定义为半合作模式,传统合作与平台半合作关系区别如图 1 所示。

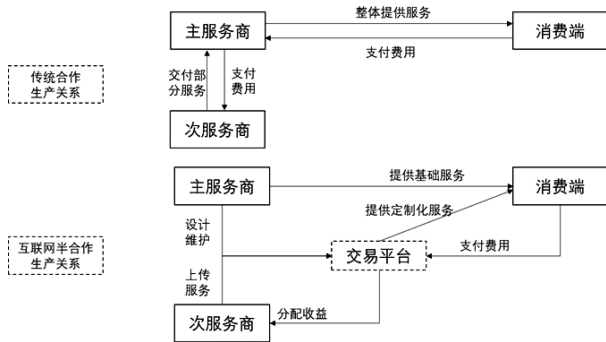


图1 传统合作与平台半合作关系区别

平台合作关系由于平台属性,与传统合作关系相比具有几点不同^[9,14-15,20]。首先,分工深化,主服务商专注于基础服务,只搭建平台而无需为客户挑选次服务商,将其他附加服务完全剥离为客户与次服务商之间交易;其次,主服务商与次服务商关系松散化,彼此间不再有关于分工的具体协议,一般只制定准入以及经营规则,附加服务的交易数量、形式与内容完全由客户与次服务商通过平台交易形式确认;最后,平台具有较强交叉网络外部性,平台的存在扩大了供给端次服务商数

量,供需两端更高的用户基数可以带来更高的匹配效率,因此用户基数会成为主服务商之间竞争要素。

根据 Armstrong^[23]提出的双边平台定价模型,结合 SaaS 行业特点采用标准的 Hotelling 模型对双寡头垄断情形下的平台竞争建模分析。工业互联网具有明显的行业属性特征,不同行业具有特异性的需求,因此在考虑由于企业用户端用户增加带来的对于软件开发商的交叉网络外部性时,不应将所有用户混同处理,而应分别考虑。为了刻画这一特征,本文引入了两类来自不同行业的企业用户,并对 Armstrong 模型进行了调整以分离由两类企业用户数量分别带来的交叉网络外部性^[23-25]。模型基础设定如图 2 所示。

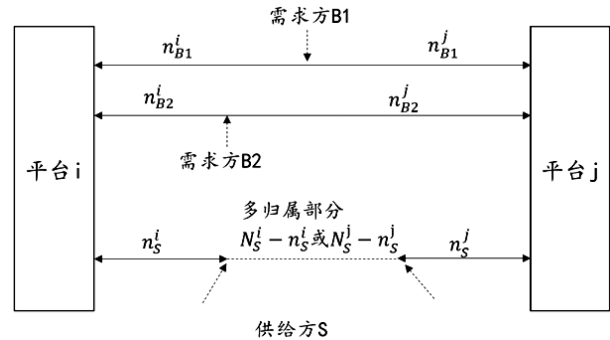


图2 市场模型结构

假设平台 i 和平台 j 分别位于线性线段 $[0,1]$ 两端,在软件开发商边和两类企业用户边竞争。假设软件开发商和企业用户分别在两边均匀分布,且每类用户规模均标准化为 1。为了研究企业分化的影响,下文还将分析单类企业用户情形,此时将两类企业合并,假设平台 i 和平台 j 分别位于企业用户线性线段 $[0,2]$ 两端。两类企业用户 $B1, B2$, 假设其为单归属,每个企业用户仅能选择接入单个平台, $n_{B1}^i, n_{B1}^j, n_{B2}^i, n_{B2}^j$ 表示两个平台上两类企业用户的数量,满足 $n_{B1}^i + n_{B1}^j = 1, n_{B2}^i + n_{B2}^j = 1$ 。对软件开发商,假设其可选择单归属或多归属, N_s^i, N_s^j 表示两个平台上总软件开发商数量,其中 n_s^i, n_s^j 表示两个平台上单归属的软件开发商数量,则有: $N_s^i + n_s^j = 1, N_s^j + n_s^i = 1$ 。

模型的核心假设以及重要创新之处在于在两类企业用户情形下,企业用户对于软件开发商的

交叉网络外部性采用平方和形式,即 $a_s \times (n_{B1}^{i2} + n_{B2}^{i2})$,而非以往文献的线性模式。该设定主要是为了实现不同企业用户间的不完美替代,即两类企业用户数量对于软件开发商效用分别的边际贡献并不恒等,而是取决于已有该类用户数量,即 $\frac{\partial u_s^{i,j}}{\partial n_{B1,2}^{i,j}}$ 。具体而言,单位企业用户带来的边际交叉网络外部性与该类企业用户数量呈线性关系。该假设基于这样的现实理由,由于 SaaS 软件具有高复用性以及强行业属性,软件开发商服务的某类企业用户数量越多,则其对该类用户需求更为了解,积累的案例也越多,能更为低成本地提供更为优质的服务,而不同行业用户软件复用性较低,会抬升开发软件成本。因此,某类用户数量越多,则该类用户对于软件开发商效用的边际贡献也越大,软件企业用户对于软件开发商的交叉网络外部性具有异质性。

本文模型其他参数设定如表 1 所示。①假设平台对企业用户与软件开发商的基础效用分别为 μ, k , 且该基础效用与接入平台数量无关;②假设两类企业用户在两个平台的交叉网络外部性强度都为 a_B, a_s , 软件开发商在两个平台的交叉网络外部性强度都为 a_s ;③假设平台对企业用户采取固定注册费的收费模式, $P_{B1}^i, P_{B1}^j, P_{B2}^i, P_{B2}^j$ 分别指代平台 i, j 向两类商业用户收取的注册费;④假设企业用户单归属于平台,而软件开发商可以选择单归属或者多归属于平台;相似地,假设平台对软件开发商收取注册费 P_s^i, P_s^j, t_B, t_s 分别为企业用户与软件开发商的差异化成本。

表 1 符号说明

参数	定义
μ, k	企业用户、软件开发商接入 SaaS 平台的基础效用
a_B, a_s	企业用户、软件开发商的交叉网络外部性
$P_{B1}^i, P_{B1}^j, P_{B2}^i, P_{B2}^j$	平台 i 、平台 j 对两类企业用户收取的注册费
P_s^i, P_s^j	平台 i 、平台 j 对软件开发商支付的固定工资
t_B, t_s	企业用户、软件开发商的差异化成本
$n_{B1}^i, n_{B1}^j, n_{B2}^i, n_{B2}^j$	平台 i 、平台 j 的两类企业用户数量
n_s^i, n_s^j	平台 i 、平台 j 的专属软件开发商数量
N_s^i, N_s^j	平台 i 、平台 j 的总软件开发商数量

二、模型求解与结果分析

(一)一类企业客户和 SaaS 平台开发商区别收费

假设仅存在一类企业用户,且 SaaS 平台对专属或者多归属开发商差异化定价。企业用户选择 SaaS 平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_B^i = \mu + a_B N_s^i - P_B^i - t_B x \\ u_B^j = \mu + a_B N_s^j - P_B^j - t_B (1 - x) \end{cases} \quad (1)$$

同理,软件开发商选择 SaaS 平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_s^i = k + a_s n_B^i - P_s^i - t_s y \\ u_s^j = k + a_s n_B^j - P_s^j - t_s (1 - y) \\ u_s^i = k + 2a_s - P_s^{i'} - P_s^{j'} - t_s \end{cases} \quad (2)$$

SaaS 平台 i 、平台 j 的收益为:

$$\begin{cases} \pi_i = P_s^i n_s^i + P_s^{i'} (N_s^i - n_s^i) + P_{B1}^i n_{B1}^i \\ \pi_j = P_s^j n_s^j + P_s^{j'} (N_s^j - n_s^j) + P_{B1}^j n_{B1}^j \end{cases} \quad (3)$$

在两类企业用户与软件开发商的无差异点应有 $u_B^i = u_B^j, u_s^i = u_s^j, u_s^i = u_s^j$, 可得:

$$\begin{cases} x^* = \frac{N_s^i a_B - N_s^j a_B - P_B^i + P_B^j + 2t_B}{2t_B} \\ z^{*1} = \frac{a_s n_B^i + P_s^i - P_s^{i'} - P_s^{j'} - 2a_s + t_s}{t_s} \\ z^{*2} = \frac{-a_s n_B^j + P_s^{i'} - P_s^j + P_s^{j'} + 2a_s}{t_s} \end{cases} \quad (4)$$

可得存在对称均衡:

$$\begin{cases} P_B^{s-d} = -a_s + 2t_B \\ P_s^{s-d} = t_s - 2a_B \\ P_s^{s-d'} = \frac{t_s}{3} + \frac{a_s}{3} - a_B \end{cases} \quad (5)$$

同时可得均衡时平台在软件开发商的市场份额:

$$\begin{cases} N_s^i = N_s^j = \frac{a_s + t_s}{3t_s} \\ n_s^i = n_s^j = \frac{2t_s - a_s}{3t_s} \end{cases} \quad (6)$$

将式(5)、式(6)代入式(3),可得平台利润:

$$\pi^{s-d} = \frac{5t_s^2 + (-9a_B - 11a_S + 18t_B)t_s + 2a_S^2}{9t_s} \quad (7)$$

(二) 两类企业客户和 SaaS 平台开发商统一收费

假设存在两类企业用户,且 SaaS 平台对专属或者多归属开发商统一定价。基于模型参数假设,企业用户选择平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_{B1}^i = \mu + a_B N_S^i - P_{B1}^i - t_B x \\ u_{B1}^j = \mu + a_B N_S^j - P_{B1}^j - t_B(1-x) \\ u_{B2}^i = \mu + a_B N_S^i - P_{B2}^i - t_B y \\ u_{B2}^j = \mu + a_B N_S^j - P_{B2}^j - t_B(1-y) \end{cases} \quad (8)$$

同理,软件开发商选择 SaaS 平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_S^i = k + a_S(n_{B1}^{i2} + n_{B2}^{i2}) - P_S^i - t_S z \\ u_S^j = k + a_S(n_{B1}^{j2} + n_{B2}^{j2}) - P_S^j - t_S(1-z) \\ u_S^{ij} = k + 2a_S - P_S^i - P_S^j - t_S \end{cases} \quad (9)$$

SaaS 平台 i 、平台 j 的收益为:

$$\begin{cases} \pi_i = P_S^i N_S^i + P_{B1}^i n_{B1}^i \\ \pi_j = P_S^j N_S^j + P_{B1}^j n_{B1}^j \end{cases} \quad (10)$$

在两类企业用户与软件开发商的无差异点,应有 $u_{B1}^i = u_{B1}^j, u_{B2}^i = u_{B2}^j, u_S^i = u_S^j, u_S^{ij} = u_S^{ij}$, 可得:

$$\begin{cases} x^* = \frac{N_S^i a_B - N_S^j a_B - P_{B1}^i + P_{B1}^j + t_B}{2t_B} \\ y^* = \frac{N_S^i a_B - N_S^j a_B - P_{B2}^i + P_{B2}^j + t_B}{2t_B} \\ z^{*1} = \frac{a_S n_{B1}^{i2} + a_S n_{B2}^{i2} + P_S^j - 2a_S + t_S}{t_S} \\ z^{*2} = \frac{-a_S n_{B1}^{j2} - a_S n_{B2}^{j2} - P_S^i + 2a_S}{t_S} \end{cases} \quad (11)$$

可得存在对称均衡:

$$\begin{cases} P_B^{m-nd} = -a_S + 2t_B \\ P_S^{m-ud} = \frac{3}{4}a_S - \frac{a_B}{2} \end{cases} \quad (12)$$

同时可得均衡时 SaaS 平台在软件开发商的市场份额:

$$\begin{cases} N_S^i = N_S^j = \frac{a_S + t_S}{3t_S} \\ n_S^i = n_S^j = \frac{2t_S - a_S}{3t_S} \end{cases} \quad (13)$$

将式(12)、式(13)代入式(10),可得平台利润:

$$\pi^{m-ud} = \frac{-4a_B^2 - 24a_B a_S - 3a_S^2 + 16t_B t_S}{16t_S} \quad (14)$$

(三) 两类企业客户和 SaaS 平台开发商区别收费

假设存在两类企业用户,且 SaaS 平台对专属或者多归属开发商可区别定价。基于模型参数假设,企业用户选择 SaaS 平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_{B1}^i = \mu + a_B n_S^i - P_{B1}^i - t_B x \\ u_{B1}^j = \mu + a_B n_S^j - P_{B1}^j - t_B(1-x) \\ u_{B2}^i = \mu + a_B n_S^i - P_{B2}^i - t_B y \\ u_{B2}^j = \mu + a_B n_S^j - P_{B2}^j - t_B(1-y) \end{cases} \quad (15)$$

同理,软件开发商选择 SaaS 平台 i 、平台 j 的净效用分别为:

$$\begin{cases} u_S^i = k + a_S(n_{B1}^{i2} + n_{B2}^{i2}) - P_S^i - t_S y \\ u_S^j = k + a_S(n_{B1}^{j2} + n_{B2}^{j2}) - P_S^j - t_S(1-y) \\ u_S^{ij} = k + 2a_S - P_S^{i'} - P_S^{j'} - t_S \end{cases} \quad (16)$$

SaaS 平台 i 、平台 j 的收益为:

$$\begin{cases} \pi_i = P_S^i n_S^i + P_S^{i'}(N_S^i - n_S^i) + P_{B1}^i n_{B1}^i + P_{B2}^i n_{B2}^i \\ \pi_j = P_S^j n_S^j + P_S^{j'}(N_S^j - n_S^j) + P_{B1}^j n_{B1}^j + P_{B2}^j n_{B2}^j \end{cases} \quad (17)$$

在两类企业用户与软件开发商的无差异点,应有 $u_{B1}^i = u_{B1}^j, u_{B2}^i = u_{B2}^j, u_S^i = u_S^j, u_S^{ij} = u_S^{ij}$, 可得:

$$\begin{cases} x^* = \frac{(N_S^i a_B - N_S^j a_B - P_{B1}^i + P_{B1}^j + t_B)}{2t_B} \\ y^* = \frac{(N_S^i a_B - N_S^j a_B - P_{B2}^i + P_{B2}^j + t_B)}{2t_B} \\ z^{*1} = -\frac{-a_S n_{B1}^{i2} - a_S n_{B2}^{i2} + P_S^{i'} - P_S^{j'} - P_S^{j'} + 2a_S - t_S}{t_S} \\ z^{*2} = -\frac{a_S n_{B1}^{j2} + a_S n_{B2}^{j2} + P_S^{i'} - P_S^j + P_S^{j'} - 2a_S}{t_S} \end{cases} \quad (18)$$

从而可得存在对称均衡:

$$\begin{cases} P_{B1}^{m-d} = P_{B2}^{m-d} = -a_s + t_B \\ P_S^{m-d} = t_S - 2a_B \\ P_S^{m-d'} = -a_B + \frac{a_s}{2} + \frac{t_S}{3} \end{cases} \quad (19)$$

同时可得均衡时 SaaS 平台在软件开发商的市场份额:

$$\begin{cases} N_S^i = N_S^j = \frac{3a_s + 2t_S}{6t_S} \\ n_S^i = n_S^j = \frac{-3a_s + 4t_S}{6t_S} \end{cases} \quad (20)$$

将式(19)、式(20)代入式(17),可得平台利润:

$$\pi^{m-d} = \frac{10t_S^2 + (-18a_B - 24a_s + 18t_B)t_S + 9a_s^2}{18t_S} \quad (21)$$

通过比较上述情形均衡下的平台定价以及利润,可以得到命题 1~命题 4。

命题 1: $\pi^{s-nd} > \pi^{m-nd}$; 当 $6a_B + 33a_s > 20t_S$ 且 $3a_B + \frac{3}{2}a_s > 2t_S$ 时, $\pi^{m-d} > \pi^{m-nd}$ 。即 SaaS 平台对软件开发商统一定价时,企业用户分化会降低平台利润;在企业用户分化的情况下,当平台交叉网络外部性足够大时, SaaS 平台选择对软件开发商区别定价能获得更高利润。命题 1 得出了企业用户分化对 SaaS 平台利润的影响,并解释了 SaaS 平台采用区别定价策略的动机。当企业用户分化时,会降低平台的网络效应, SaaS 平台不得不降低利润从而吸引分化的两类企业用户。当交叉网络外部性较大时,在企业用户分化的情况下, SaaS 平台通过对专属或多归属软件开发商进行区别性定价,吸引更多的多归属软件开发商进入 SaaS 平台,从而提升平台供给,提升平台交易量以及平台利润。

命题 2: $P_S^{m-nd} > P_S^{s-nd}$, $P_S^{s-d} = P_S^{m-d}$, $P_S^{m-d'} > P_S^{s-d'}$ 。当 $3a_B + a_s > 2t_S$ 时, $P_S^{m-nd} > P_S^{s-nd} > P_S^{s-d} = P_S^{m-d}$ 。即 SaaS 平台对软件开发商采取统一定价策略时,企业用户分化会使得平台对开发商收取更

高价格;当平台可以采取区别定价策略时,是否分化对专属软件开发商定价无影响,但会对多归属软件开发商收取较高价格。当平台交叉网络外部性足够大时,采用区别定价策略,会使得 SaaS 平台对于开发商收费降低。

命题 2 得到了企业用户分化以及区别性定价策略对于 SaaS 平台方在软件开发者定价策略的影响。不存在区别性定价时,企业用户分化会使得软件开发商对于 SaaS 平台的网络效应价值下降,因此平台会对其收取更高价格。然而过高提升对软件开发商定价,反过来可能会导致平台接入的开发商减少,降低平台利润。当允许区别性定价时, SaaS 平台会在专属与多归属软件开发商不同程度地转嫁由于企业用户分化带来的负面影响。命题 2 的意义在于说明了平台如何在专属与多归属软件之间分配企业用户分化影响。对于专属软件开发商,平台不会提升定价,从而维系平台在供给端的竞争优势,吸引更多企业用户;但对于多归属软件开发商,平台会提高定价,由其完全承担由于企业用户分化带来的负面影响。

命题 3: $P_B^{s-d} > P_B^{m-d}$, $P_B^{s-nd} > P_B^{m-nd}$ 。即无论 SaaS 平台是否采用区别定价策略,企业用户的分化都会使得平台降低对企业用户的收费。企业用户分化后, SaaS 平台为了分别吸引两类企业用户,会减低收费。这说明企业用户的分化降低了平台对于用户的议价权, SaaS 平台会通过降价方式吸引企业用户进入,从而增加软件开发商数量。结合命题 2 与命题 3,企业用户的分化会使得平台提高对软件开发商收费以补贴企业用户端,具体而言,在统一定价策略时, SaaS 平台会提升所有软件开发商收费;在采取区别定价策略时, SaaS 平台只会提升多归属软件开发商收费。

命题 4: $\frac{\partial P_B^{s-nd}}{\partial a_B} = \frac{\partial P_B^{m-nd}}{\partial a_B} < 0$, $\frac{\partial P_B^{s-d}}{\partial a_B} = \frac{\partial P_B^{m-d}}{\partial a_B} = 0$ 。即当 SaaS 平台对软件开发商统一定价时,无论企业用户是否分化,对企业用户收费会

随着企业用户交叉网络外部性提升而下降;而当对软件开发商区别定价时,对企业用户收费则与企业用户交叉网络外部性无关。统一定价情形下,当企业用户对于软件多样化重视程度提升时,SaaS 平台反而会降低定价较为反直觉。这是因为采取统一定价时,SaaS 平台无法限制软件开发商跨平台服务,因此难以形成有效的竞争优势;企业用户对软件多样化重视程度更高,但 SaaS 平台难以通过提升供给多样性竞争,因此只能通过价格竞争方式赢取企业用户。

三、模型拓展:信息不对称和平台差异化服务

上述模型假设两类来自不同行业的企业用户完全对称,然而现实中不同行业间可能存在结构性差异。拓展模型中,将在维持 SaaS 平台对不同归属属性软件开发商区别定价的前提下,放宽两类企业用户差异化成本相同的假设,假设两类企业用户差异化成本分别为 t_{B1}, t_{B2} , 该假设基于不同行业企业用户对于平台差异化服务需求程度存在差异。同时,拓展模型还将考虑企业用户与平台之间的信息不对称情形。具体而言,将考虑当 SaaS 平台无法区分两类企业用户,只能统一定价的情况下研究信息对于定价以及社会福利的影响。

(一) 完全信息

此情形仍假设 SaaS 平台能区分并对两类企业用户区别定价,因此软件开发商与平台的净效用(利润)函数不变。此时,两类企业用户选择平台 i 、平台 j 分别的净效用变为:

$$\begin{cases} u_{B1,2}^i = \mu + a_B N_S^i - P_{B1,2}^i - t_{B1,2} x \\ u_{B1,2}^j = \mu + a_B N_S^j - P_{B1,2}^j - t_{B1,2} (1 - x) \end{cases} \quad (22)$$

通过求解可得存在对称均衡:

$$\begin{cases} P_{B1}^{CI} = -a_S + t_{B1} \\ P_{B2}^{CI} = -a_S + t_{B2} \\ P_S^{CI} = t_S - 2a_B \\ P_S^{CI'} = \frac{t_S}{3} + \frac{a_S}{2} - a_B \end{cases} \quad (23)$$

此时,企业利润为:

$$\pi^{CI} = \frac{1}{2}(t_{B1} + t_{B2}) - a_B - \frac{4}{3}a_S + \frac{5}{9}t_S + \frac{a_S^2}{2t_S} \quad (24)$$

(二) 不完全信息

此情形放宽完全信息假设,假设 SaaS 平台只知道存在两类企业用户及其各自的效用函数,但无法区分定价。此时,两类企业用户选择平台 i 、平台 j 分别的净效用变为:

$$\begin{cases} u_{B1,2}^i = \mu + a_B N_S^i - P_B^i - t_{B1,2} x \\ u_{B1,2}^j = \mu + a_B N_S^j - P_B^j - t_{B1,2} (1 - x) \end{cases} \quad (25)$$

平台的利润函数

$$\begin{cases} \pi_i = P_S^i n_S^i + P_S^{i'} (N_S^i - n_S^i) + P_B^i (n_{B1}^i + n_{B2}^i) \\ \pi_j = P_S^j n_S^j + P_S^{j'} (N_S^j - n_S^j) + P_B^j (n_{B1}^j + n_{B2}^j) \end{cases} \quad (26)$$

通过求解可得存在均衡:

$$\begin{cases} P_B^{ICI} = -a_S + \frac{2t_{B1}t_{B2}}{t_{B1} + t_{B2}} \\ P_S^{ICI} = t_S - 2a_B \\ P_S^{ICI'} = \frac{t_S}{3} + \frac{a_S}{2} - a_B \end{cases} \quad (27)$$

此时,企业利润为:

$$\pi^{ICI} = \frac{2t_{B1}t_{B2}}{t_{B1} + t_{B2}} - a_B - \frac{4}{3}a_S + \frac{5}{9}t_S + \frac{a_S^2}{2t_S} \quad (28)$$

比较以上情形 3 ~ 情形 5,可以得到命题 6 ~ 命题 8。

命题 6: $P_{B1}^{CI} > P_B^{ICI} > P_{B2}^{CI}$, $P_S^{CI} = P_S^{ICI}$, $P_S^{CI'} = P_S^{ICI'}$ 。在完全信息时,SaaS 平台会对高差异化成本企业用户收取更高价格,而当存在信息不对称时,SaaS 平台会居中定价。另外,企业用户是否对称以及信息是否对称不影响平台对于软件开发商定价。命题 6 得出了信息结构对于 SaaS 平台定价的影响。当企业用户类别信息成为非公开信息时,企业会选择相对保守地在完全信息情形下两类企业用户价格之间定价,从而尽量吸引两类企业用户。而且,信息结构只会影响平台对于企业用户定价,而不会影响对于软件开发商定价,这说明当存在信息不对称性时,SaaS 平台会通过

调整企业用户端定价,使得均衡下软件开发商端定价以及用户规模保持不变。

命题 7: $\pi^{CI} - \pi^{ICI} = \frac{(t_{B1} - t_{B2})^2}{2(t_{B1} + t_{B2})}$ 。当存在信息不对称时,SaaS 平台利润会受损,而且受损金额与两组企业用户差异化成本差值的平方成正比,与其和成正比,说明两组用户差异越大,平台利润因信息不对称性受损越大。命题 7 得出了信息不对称对于均衡时平台利润的影响,实际上给出了企业用户类别信息对于平台的价值。该结论相当符合经济学直觉,两组企业用户差异化成本差值可以理解为“信息量”,其值越大,意味着信息价值越高,对于 SaaS 平台利润的影响也就越大。另外,差异化成本之和越大,意味着企业用户对平台的议价权减弱,企业用户信息对于平台的价值也随之下降。

命题 8: 社会总福利 $W^{CI} = W^{ICI}$ 。此命题得出了信息结构对于社会总福利的影响,说明信息完全与否并不影响社会总福利,而只是影响各方之间的分配。结合命题 7 可以进一步得出,信息不对称不影响软件开发商福利,因此在总福利不变的前提下,实际上是 SaaS 平台端利润部分向企业用户端转移。此命题说明,从社会总福利角度看,公开企业信息并不必要,为了限制平台过度扩张以

及保护企业利益,甚至应该维持信息不对称性。

四、数值分析与讨论

为了验证模型研究结果,采用 Matlab 软件进行仿真分析。据前文定理中对于参数的要求,取网络外部性 $a_B = 0.4, a_S = 0.25$, 单位交通成本 $t_B = 0.6, t_S = 0.4, t_B = 0.6, t_S = 0.4$ 。

(一) 平台交叉网络外部性与平台利润

图 3 展示了在多种定价和多企业类别的情形下,交叉网络外部性对平台利润的影响。其中,图 3a 表明企业用户分化会导致 SaaS 平台利润明显下降,而当企业用户交叉网络外部性较低时,区别定价对于利润影响不明显,但区别定价对平台利润的提升作用随企业用户交叉网络外部性提升而提升。图 3b 体现了软件开发商交叉网络外部性对于平台利润的影响,结论与图 3a 相似,企业用户分化导致 SaaS 平台利润明显下降,当软件开发商交叉网络外部性较低时,区别定价对于利润影响不明显,但区别定价对平台利润的提升作用随软件开发商交叉网络外部性提升而提升。该结果检验了命题 1,解释了 SaaS 平台采取区别定价的原因。而且,随着交叉外部性提升,平台会更加看重用户数量,通过区别定价吸引多归属软件开发商。

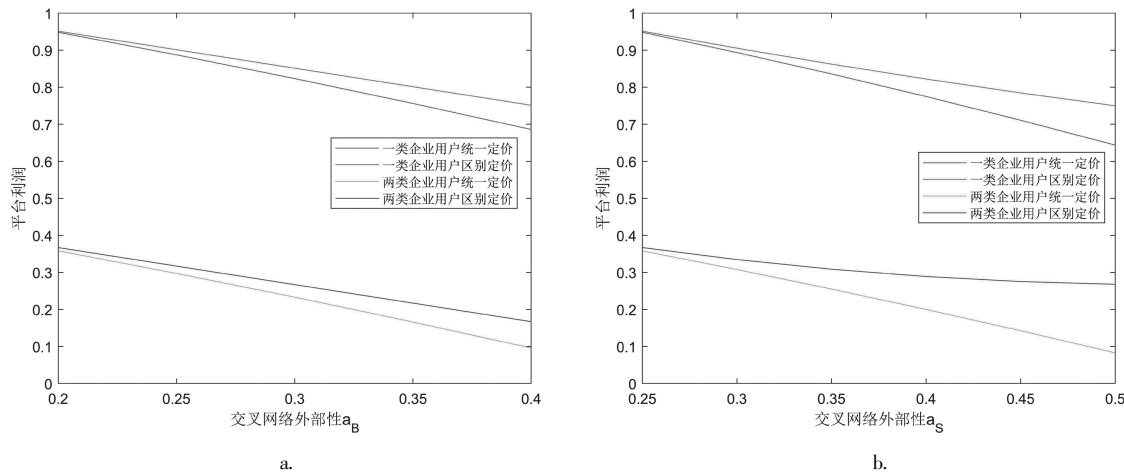


图 3 交叉网络外部性对平台利润影响分析

(二) 平台交叉网络外部性、差异化成本与专属软件开发商收费策略

图 4 展示了在不同情形下,交叉网络外部性以

及软件开发商差异化成本对专属软件开发商收费的影响。其中,图 4a 表明,SaaS 平台对专属软件开发商收费随着企业用户交叉网络外部性提升而

下降,说明当企业用户对软件多样化重视程度提升时,平台将降低专属软件开发商收费以吸引更多开发商。图 4b 表明,SaaS 平台采取统一定价策略时,对专属软件开发商收费随着软件开发商交叉网络外部性提升而提升,说明当平台对于软件开发商网络价值越高时,平台将收取更高费用;而采取区别定价策略时,软件开发商交叉网络外部性不会影响定价。图 4c 表明,SaaS 平台采取区别

定价策略时,对专属软件开发商收费随着软件开发商差异化成本提升而提升,说明当专属软件开发商迁移平台成本较高时,平台会提升定价从而获取更多利润;统一定价时,平台则会直接制定较高价格。该结果检验了命题 2,说明采取统一定价策略时,企业用户分化会导致 SaaS 平台提高对专属软件开发商定价;而采取区别定价策略后,企业用户分化则不会影响对专属软件开发商定价。

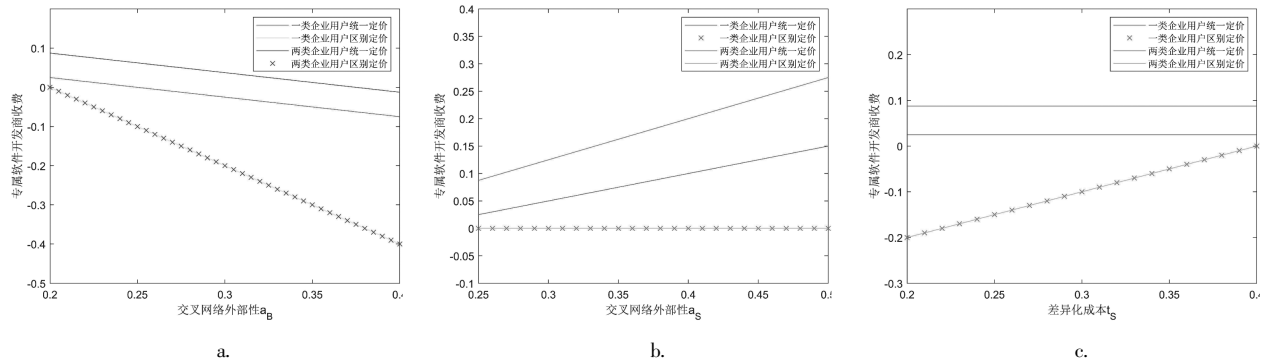


图 4 交叉网络外部性、差异化成本对专属软件开发商收费的影响分析

(三)平台交叉网络外部性与多归属软件开发商收费策略

图 5 展示了在企业用户的不同情形下,SaaS 平台交叉网络外部性对多归属软件开发商收费的影响。其中,图 5a 表明,SaaS 平台对多归属软件开发商收费随着企业用户交叉网络外部性提升而下降,说明当企业用户对软件多样化重视程度提升时,平台也会降低多归属软件开发商收费以吸引更多开发商。图 5b 表明,SaaS 平台对多归属软件开发商收

费随着软件开发商交叉网络外部性提升而提升。结合图 4b 结果可以发现,当软件开发商交叉网络外部性提升时,SaaS 平台只会提高多归属软件开发商收费,而不会改变专属软件开发商收费,这与命题 2 结论相似,SaaS 平台会优先提高多归属软件开发商收费,因为专属软件开发商数量决定平台在供给端的竞争优势,平台不会轻易提价。该结果进一步检验了命题 2,充分说明了企业用户分化会导致 SaaS 平台提高对多归属软件开发商定价。

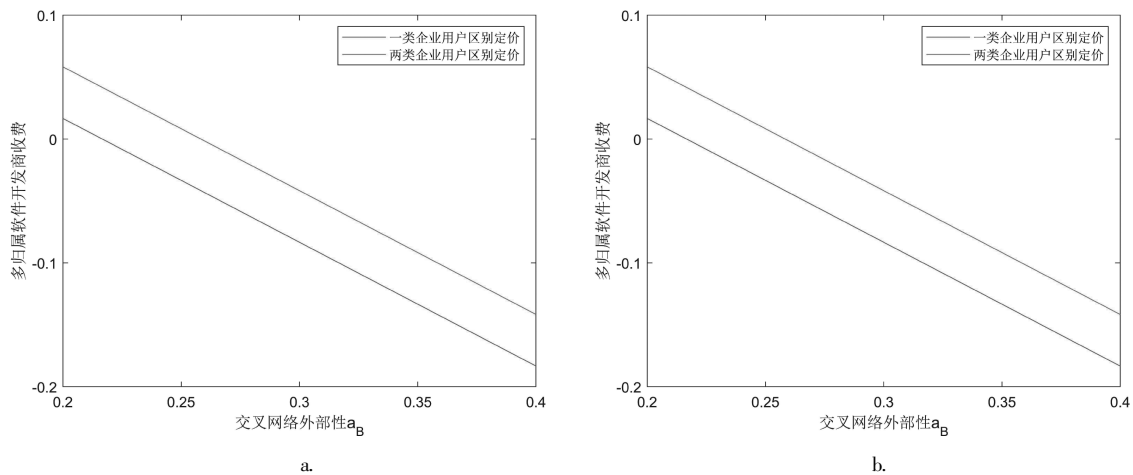


图 5 交叉网络外部性对多归属软件开发商收费影响分析

(四) 平台交叉网络外部性与企业用户收费策略

图 6 展示了平台交叉网络外部性与企业用户收费策略的影响。其中,图 6a 表明,统一定价时,无论企业用户是否分化,SaaS 平台对企业用户收费随着企业用户交叉网络外部性提升而下降,这与命题 4 一致。图 6b 表明,在统一定价或区别定

价情形下,SaaS 平台对企业用户收费都会随着软件开发商交叉网络外部性提升而下降,说明当企业用户网络价值提升时,SaaS 平台会降低收费从而吸引更多企业用户进入。该结果检验了命题 3 与 4,在不同情形下,企业用户分化都会导致平台降低对企业用户定价,这与命题 3 一致。

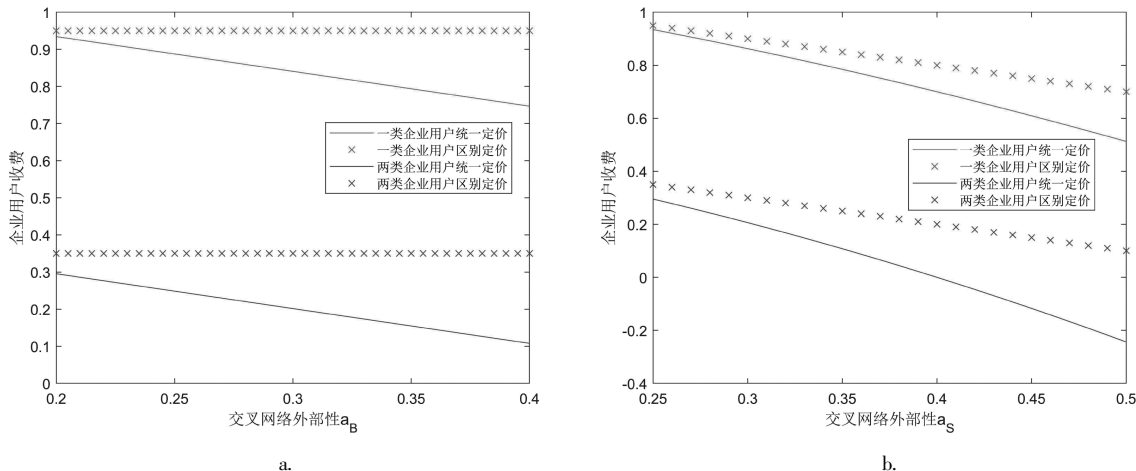


图 6 交叉网络外部性对企业用户收费影响分析

五、结论与建议

本文基于多归属双边平台模型,深入研究了 SaaS 平台半合作关系,并对工业互联网中企业用户分化以及平台根据归属给予区别定价的影响进行了系统分析。研究进一步拓展了企业用户不对称及信息不对称的情形,为理解工业互联网平台及其合作关系提供了新的视角。研究发现:首先,企业用户分化会对 SaaS 平台利润产生负面影响。当交叉网络外部性足够显著时,SaaS 平台通过对不同归属性的软件开发商实施区别定价,能够获得比统一定价更高的利润,这充分证明了 SaaS 平台根据归属进行区别定价的合理性和有效性。其次,企业用户分化会促使 SaaS 平台提高对软件开发商的统一定价。而在实施区别定价时,多归属软件开发商的定价会上升,而专属软件开发商的定价则保持不变。这表明在区别定价模式下,SaaS 平台会将企业用户分化带来的负面冲击主要转嫁给多归属软件开发商。最后,当两组企业用户存在不对称性且平台无法获取相关用户信息时,SaaS 平台的利益将受到损害,且损害程度

随着用户差异程度的增加而增加。但这种不对称性并不会对社会总福利产生影响。

本文创新性地结合了用户类型分化与区别定价,对 SaaS 平台半合作关系进行了深入探讨,丰富了双边平台理论的研究内容。同时,通过引入企业用户不对称及信息不对称等现实因素,拓展了双边平台模型的应用范围,为相关研究提供了新的理论工具和分析框架。本文结论对于平台企业的定价策略和管理决策具有重要意义。首先,SaaS 平台企业应充分认识到企业用户分化对利润的影响,并根据实际情况灵活调整定价策略。其次,在实施区别定价时,SaaS 平台企业需要权衡不同归属软件开发商的利益,避免将负面冲击过度转嫁给某一类开发商。最后,SaaS 平台企业应加强对用户信息的收集和分析,以便更好地识别和管理用户不对称性,降低信息不对称带来的风险。通过深化对工业互联网环境下平台和服务商之间合作关系的理解,为 SaaS 平台企业的定价策略和管理决策提供了有力的理论支持和实践指导。未来研究将进一步探讨在工业互联网不同应用

场景、不同市场环境和竞争态势下优化平台定价策略,以促进工业互联网平台的健康有序发展。

参考文献:

- [1] 陈宏民,杨云鹏,王春英. 共享平台的生存空间和社会价值[J]. 管理科学学报,2024,27(1):1-16.
- [2] 黄维晨,陆铭,王越. 平台与密度的互补:本地即时电商如何赋能城市生活服务业? [J]. 中国软科学,2024(2): 74-84.
- [3] AGARWAL S, MILLER C D, GANCO M. Growing platforms within platforms: how platforms manage the adoption of complementor products in the presence of network effects? [J]. Strategic management journal, 2023, 44(8): 1879-1910.
- [4] 黄晓琼,徐飞. 聚合模式下双边平台的增值服务投资及佣金定价策略研究[J]. 管理学报,2024,21(6): 919-927.
- [5] 马永开,李仕明,潘景铭. 工业互联网之价值共创模式[J]. 管理世界,2020(8): 211-222.
- [6] 杨维新,杨云鹏. 中国式现代化背景下中国特色数据基础制度构建[J]. 财经科学,2024(6): 48-60.
- [7] AGHAMOHAMMADZADEH E., VALILAI O F. A novel cloud manufacturing service composition platform enabled by Blockchain technology[J]. International journal of production research, 2020, 58(17): 5280-5298.
- [8] 潘小军. 基于工业互联网平台的增值服务收费模式研究[J]. 中国管理科学,2022(11): 239-249.
- [9] JOVANOVIĆ M, SJODIN D, PARIDA V. Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: expanding the platform value of industrial digital platforms[J]. Technovation, 2022, 118(12): 102218.
- [10] JOHNSON J P, RHODES A, WILDENBEESE, M. Platform design when sellers use pricing algorithms [J]. Econometrica, 2023, 91(5): 1841-1879.
- [11] HANNAH D P, EISENHARDT K M. How firms navigate cooperation and competition in nascent ecosystems [J]. Strategic management journal, 2016, 39(12): 3163-3192.
- [12] 王新成,李垣. 企业合作、同行竞争与慈善捐赠[J]. 财经论丛,2020(12): 88-97.
- [13] 杨志华,张希,胡毅. “互联网+”背景下的企业业务整合模型创新:以中国农批公司为例[J]. 管理评论,2021, 33(6): 328-339.
- [14] JACOBIDES M G, CENNAMO C, GAWER A. Towards a theory of ecosystems [J]. Strategic management journal, 2018, 39(8): 2255-2276.
- [15] ADNER R, KAPOOR R. Innovation ecosystems and the pace of substitution: re-examining technology S-curves [J]. Strategic management journal, 2016, 37(4): 625-648.
- [16] 杨剑,方易新,杜少甫. 考虑参照依赖的企业合作创新演化博弈分析[J]. 中国管理科学,2020(1): 191-200.
- [17] JULLIEN B, PAVAN A. Information management and pricing in platform markets [J]. The review of economic studies, 2019, 86(4): 1666-1703.
- [18] 吴松强,黄盼盼,蔡文洁,等. 知识溢出与先进制造业集群成长:企业创新关联的中介效应研究[J]. 科学学研究,2022,40(3): 516-524.
- [19] 杨维新,杨云鹏,朱晨. 数字经济如何促进“双碳”目标实现:理论机制与微观证据[J]. 系统管理学报,2024,33(6): 1-22.
- [20] 刘宗沅,骆温平. 基于社会资本理论的平台企业与合作伙伴的动态合作演化研究:菜鸟网络纵向案例研究[J]. 商业经济与管理,2020(3): 15-27.
- [21] ZHI F, LIU Q. Competing with complementors: an empirical look at Amazon. Com [J]. Strategic management journal. 2018, 39(10): 2618-2642.
- [22] 张念,刘志学,李锋. 考虑服务供应能力和服务质量的众包物流服务定价策略[J]. 管理学报,2024,21(1): 127-136.
- [23] ARMSTRONG M. Competition in two-sided markets[J]. The RAND journal of economics, 2006, 37(3): 668-691.
- [24] Weyl E G. A price theory of multi-sided platforms[J]. American economic review, 2010, 100(4): 1642-72.
- [25] 刘源,陈宏民,杨云鹏. 免费能成为垄断平台的长期均衡策略吗? [J]. 研究与发展管理,2022,34(6): 14-27.
- [26] 魏江. 数字产业组织之体系逻辑重构[J]. 中国软科学,2023(9): 22-29.

(本文责编:默 黎)