

控制与决策

Control and Decision

P2P2B模式下工业互联网平台的云服务投入策略

曹裕, 金敏杰

引用本文:

曹裕, 金敏杰. P2P2B模式下工业互联网平台的云服务投入策略[J]. *控制与决策*, 2025, 40(3): 843–852.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2024.0178>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于无线携能通信的传感云系统Sink节点最优能效策略](#)

Optimal energy efficiency optimization strategy for SWIPT-enabled sensor-cloud system

控制与决策. 2021, 36(8): 1929–1938 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1628>

[大数据服务商参与下供应链联合减排的动态协调策略](#)

Dynamic coordination strategy of joint emission reduction in supply chain involving big data service provider

控制与决策. 2021, 36(8): 2013–2022 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1560>

[基于鲁棒优化的云医疗资源配置问题](#)

Robust optimization based medical resource allocation problem in cloud healthcare system

控制与决策. 2021, 36(2): 469–474 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0455>

[应用服务器集群能耗与性能平衡的在线实时优化](#)

Online real-time optimization of power-performance tradeoff for application server clusters

控制与决策. 2021, 36(11): 2589–2598 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0559>

[基于自适应正态云模型的灰狼优化算法](#)

Grey wolf optimization algorithm based on adaptive normal cloud model

控制与决策. 2021, 36(10): 2562–2568 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0233>

P2P2B 模式下工业互联网平台的云服务投入策略

曹裕[†], 金敏杰

(中南大学商学院, 长沙 410083)

摘要: P2P2B 模式下云服务投入是工业互联网 (industrial internet of things, IIoT) 平台的关键战略决策之一. 构建由 IIoT 平台、龙头企业、潜在客户构成的演化博弈模型, 研究 IIoT 平台在公有云研发投入和私有云研发投入中的策略选择, 及其与龙头企业的生态合作问题. 结果表明: 虽然公有云存在数据泄露隐患, 但较高的规模收益仍会吸引 IIoT 平台投入公有云研发, 而平台搭建期内龙头企业的高合作意愿会促使平台投入私有云, 随着龙头企业合作研发的比例增加, 平台又将改变其投入策略. 驱动龙头企业合作的因素可以是成本收益、技术提升等直接因素, 也可以是规模收益、数据泄露概率等间接因素. 最后, 基于平台生命周期探讨了初创期、平台搭建期与生态系统期 IIoT 平台的系统稳定策略, 并得到相应的管理启示.

关键词: 工业互联网平台; P2P2B 模式; 云服务业务; 公有云租赁; 私有云部署; 平台生命周期

中图分类号: F272 **文献标志码:** A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2024.0178

引用格式: 曹裕, 金敏杰. P2P2B 模式下工业互联网平台的云服务投入策略 [J]. 控制与决策, 2025, 40(3): 843-852.

Cloud service investment strategy of IIoT platform under P2P2B model

CAO Yu[†], JIN Min-jie

(Business School, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Cloud service investment in P2P2B mode is one of the key strategic decisions of industrial internet of things (IIoT) platforms. An evolutionary game model consisting of IIoT platforms, leading enterprises, and potential customers is constructed to study the strategic choices of IIoT platforms in public cloud R&D investment, private cloud R&D investment and their ecological co-operation with leading enterprises. The results show that although the public cloud has data leakage potential, the higher returns to scale will still attract IIoT platforms to invest in public cloud R&D, while the high willingness to cooperate with leading enterprises during the platform construction period will prompt platforms to invest in private cloud, but as the proportion of collaborative R&D with leading enterprises increases, the platforms will change their investment strategies. The factors driving the cooperation of leading enterprises can be direct factors such as cost benefits and technology enhancement, as well as indirect factors such as scale benefits and data leakage probability. Finally, the system stabilisation strategies of IIoT platforms in the start-up, platform building and ecosystem phases are explored based on the platform life cycle, and corresponding management insights are obtained.

Keywords: IIoT platform; P2P2B model; cloud service business; public cloud leasing; private cloud deployment; platform lifecycle

0 引言

工业互联网 (industrial internet of things, IIoT) 已成为工业 4.0 新基建^[1], 并连续 5 年进入我国《政府工作报告》. 近年来, 树根互联、金蝶国际和西门子等国内外企业陆续搭建 IIoT 平台以抢占工业云服务市场, 并已初具规模. 据 IDC 中国 2023 年发布, 我国

2021 年工业云 IaaS + PaaS 市场规模达 415.8 亿元人民币, 较 2020 年增长 35.2%. 本质上, IIoT 平台是一个提供泛在连接、云化服务、知识积累、应用创新的工业云平台^[2], 其通常有公有云租赁和私有云部署两类云服务模式. 其中, 公有云租赁指企业直接租用平台方的云, 如金蝶云星辰, 而私有云部署则指平台

收稿日期: 2024-02-22; 录用日期: 2024-07-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72272153); 湖南省社会科学基金年度项目 (23YBA021); 湘江青年社科人才项目; 中南大学高端智库项目 (2022znzk11).

责任编委: 唐万生.

[†]通信作者. E-mail: caoyu@csu.edu.cn.

本文附带电子附录文件, 可登录本刊官网该文“资源附件”区自行下载阅览.

方为企业单独部署的云,如金蝶 KIS 云.相比于私有云,公有云的边际收益不高,平台可通过开发通用组件为企业提供服务而获得规模收益,但公有云存在数据泄露隐患.私有云具有高边际收益的优势,且因服务器布局于受服务企业内部,可以避免绝大多数的数据安全问题,但其高部署成本会降低客户的使用动机.据此,云服务研发投入的策略与方向至关重要.此外,IIoT 平台资产专用性强、投资回报周期长,企业通常会在前中期投入大量研发资金以至整体产生亏损:例如金蝶国际 2023 年上半年亏损 2.83 亿元,而亏损主要源于高额的研发投入超出了企业的前中期营收.为避免研发投入“南辕北辙”,IIoT 平台该如何抉择云服务投入策略成为值得研究的问题.

由于制造业存在专有设备的特征,许多设备协议和控制点可能无法与 IIoT 平台适配接入,因此,IIoT 平台难以提供适用于所有制造企业的服务.而 P2P2B (Platform-Partner-Business) 模式成为了平台快速进入不同制造行业的捷径.该模式下龙头企业作为 Partner 提供特定行业经验和应用场景与平台共创知识图谱^[3],形成行业云平台.例如,树根互联工业云平台与熟悉服装行业经验的龙头企业杰克缝纫机股份有限公司联合打造“智能缝制设备工业互联网平台”,并与熟悉起重机应用场景的浙江三一装备有限公司联合打造“履带起重机工业互联网平台”.但 P2P2B 这一生态合作模式跨越多方利益,例如在技术研发或市场推广等方面各方主导意愿均较强,难以达成共识,与外部知识来源的生态合作一直是工业 4.0 的重要挑战^[4].因此, P2P2B 模式下平台与龙头企业的生态合作有待探究.

目前,国内学者对 IIoT 平台的研究日趋丰富,IIoT 平台的成长演化正备受关注.数字经济时代,制造业不断摸索转型出路,其价值创造目标由创造产品价值向创造用户价值转变,不少“产品+服务”的平台型价值网就此诞生^[5].企业的商品主导逻辑也随平台化推进演化为服务主导逻辑,并表现出价值共创的形态^[6].从 IoT 到 IIoT、从 IIoT 到 IIoT 平台、从低级到高级^[7],IIoT 平台不断成熟.然而,以上研究均未从企业博弈的角度研究平台演化过程中的关键业务决策问题.进入快速发展期后,IIoT 平台展现了对跨行业、跨领域的泛产业化要求^[8],不少缺乏应用场景的平台成为了仅供展示的“阳台”^[9],价值共创的必要性得到彰显^[3],平台生态的研究也亟需完善.

云服务与制造业曾深度融合形成云制造 (CMfg) 平台.在 CMfg 资源共享模式下,多方企业间互相博弈、共享制造资源^[10-11].尽管 CMfg 平台和 IIoT 平台

都涉及云服务,但对 CMfg 平台的相关研究大多将其定位为中介型共享制造平台^[12],是软硬制造资源的发现载体与调配中心^[13],因此信息不对称问题成为其研究热点^[11,14];而本文研究的 IIoT 平台作为根系服务型云平台,则是软硬制造资源的提供者^[12].在本文的分析中,使用演化博弈论框架^[15]捕捉各主体的动态行为.注意到类似的演化博弈方法近期也被采用在各种背景下,例如集团企业中异质性子公司与客户价值共创^[16]、按需服务平台匹配策略^[17]、在线供应链金融竞合机制^[18]等.此外,演化博弈通常模拟企业的有限理性,从而限制企业做出明智决策的能力,因此政府监管常被纳入考量,如 ESG 报告^[19]、供应链金融^[20]等.

与本文最相关的,近期涌现了涉及 IIoT 平台博弈的研究,周晓阳等运用演化博弈方法,分别从政府补贴与成本共担^[21]、第三方开发商合作与收益共享^[22]研究了 IIoT 平台的发展,然而其仅将 IIoT 平台决策笼统设定为“优化服务/一般服务”,并未具体到某一关键业务决策.本文则具体刻画了公有云和私有云两类云服务的特性.潘小军^[23]研究了三级供应链博弈下 IIoT 平台的增值服务收费模式,然而其增值服务收费模式通常发生在公有云视角下,而本文为潜在客户提供了公有云和私有云服务的选择,且考虑了 P2P2B 模式下的生态合作.以上文献由作者总结于表 1.

表1 相关研究总结

文献	平台定位	云服务类型	商业模式
文献[10]	CMfg	—	资源共享模式
文献[11]	CMfg	—	资源共享模式
文献[12]	CMfg	—	资源共享模式
文献[13]	CMfg	—	资源共享模式
文献[14]	CMfg	—	知识共享模式
文献[21]	IIoT	优化/一般服务	—
文献[22]	IIoT	优化/一般服务	第三方开放商入驻模式
文献[23]	IIoT	公有云	增值服务收费模式
本文	本文	公有云/私有云	P2P2B模式

综上,本文基于平台生命周期的演化视角,研究 P2P2B 模式下 IIoT 平台的云服务投入决策,通过构建 IIoT 平台、龙头企业与潜在客户之间的非对称演化博弈模型,研究各个博弈主体的动态博弈策略以及不同平台发展阶段下系统演化的均衡稳定状态.通过数值仿真验证理论结果,为 P2P2B 模式下 IIoT 平台的云服务投入、龙头企业的合作选择、潜在客户的 IIoT 接入决策提供理论参考.本文的创新点和贡献如下: 1) 从企业微观博弈的视角研究了平台成长

演化过程中的关键业务——云服务投入策略的决策问题; 2) 模型考虑了 P2P2B 模式下的生态合作, 符合未来 IIoT 平台泛产业化发展的现实要求, 并拓展了平台生态合作的研究; 3) 基于平台生命周期, 考虑了 IIoT 平台不同发展阶段下的系统演化均衡, 为平台成长演化下云服务投入的策略提供较为全面的管理建议。

1 基本假设与模型建立

1.1 基本假设

构建由 IIoT 平台 (P)、龙头企业 (A) 和潜在客户 (B) 组成的演化博弈模型, 研究 IIoT 平台的云服务投入决策及其与龙头企业在 P2P2B 模式下的生态合作 (简称生态合作), 如图 1 所示。注意, A 是 P 的协助研发者, 提供行业经验与应用场景, B 是模型中受 P 服务的主体。IIoT 平台的策略空间为 {研发公有云服务, 研发私有云服务}, 龙头企业的策略空间为 {与平台合作, 不与平台合作}, 潜在客户的策略空间为 {接受平台服务, 不接受平台服务}。在有限理性下, 平台对云服务研发的投入选择、龙头企业对生态合作的态度及潜在客户的接入决策在演化过程中会相互影响。各主体均以自身利益最大化为目标, 不断调整并改进策略选择直至系统均衡。

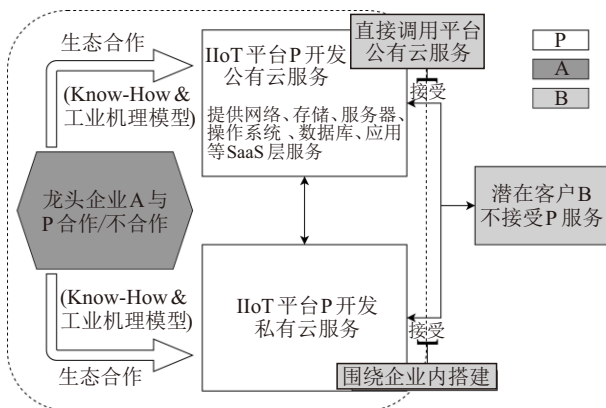


图1 各主体策略图

1) 关于 IIoT 平台的决策。假设 IIoT 平台 P 投入研发公有云的比例为 x , 研发私有云的比例为 $1-x$ 。当 P 研发公有云时, 研发成本为 C_{gr} ; 研发私有云时, P 可以通过以往项目和 Know-How 模型进行平台应用沉淀, 通用组件一旦形成, 便可以较低成本服务广泛企业, 视为规模收益 B_g 。由于公有云的数据存储于公开服务器, 故存在 α 的数据泄露可能性^[12], 并对声誉产生 B_r 的货币化损失。当 P 研发私有云时, 研发成本为 C_{sr} 。公有云将带来 R_g 的服务收益和 C_g 的公有云服务成本; 私有云将带来 R_s 的服务收益和 C_s 的私有云服务成本, 服务收益和服务成本的前提均为 B 接受服务。正如前文所述, 事实上私有云服务

是指平台方为企业单独部署的云, 因此相比公有云服务, 通常具备更高的研发成本 ($C_{sr} > C_{gr}$)、服务成本 ($C_s > C_g$) 以及服务收益 ($R_s > R_g$)。

2) 关于龙头企业的决策。假设龙头企业 A 选择与 IIoT 平台 P 合作的比例为 y , 不合作的比例为 $1-y$ (合作即协助研发)。A 若合作, 则将根据 P 的决策分担研发成本。例如 P 选择研发公有云且 A 合作, 则 P 会将部分模块的研发交由 A, 即 A 分担公有云的部分研发成本。为简化模型, 同时不失一般性, 研发成本分担比例均设定为 b ^[21, 24-25], 合作中占主导权的一方通常更能决定比例, 因此假设成本分担比例较低的一方主导权更高, 受 P2P2B 模式合作的最终结果影响, 成本分担的比例可能较高。考虑到合作后 A 将获得平台服务收入共享、自身声誉提高等综合收益, 将其统称为基本收益 R_m 。此外, A 因重视数据安全通常已经在内部使用私有云, 因此当 P 研发私有云服务时, A 合作将获得额外的技术提升收益 R_t (区别于基本收益)。由于在演化博弈的动态系统中, 主体的行为取决于其不同决策平均收益的比较, 同时因本文重点考虑 A 的协助研发策略, 因此不失一般性, 忽略龙头企业 A 的基本生产收益, 以避免其对本文结果的影响。

3) 关于潜在客户的决策。假设潜在客户 B 选择接受 P 服务的比例为 z , 不接受的比例为 $1-z$ 。B 未接受服务时存在一个基本生产收益 R_i 。当 P 投入公有云研发时, 若 B 选择接受该服务, 则 B 会额外获得生产效率提升带来的收益 R_{ig} , 支付 R_g 的费用; 对 B 而言, 公有云的优点在于其价格相对低廉, 制造商可以访问服务提供商即平台的云计算基础设施等 SaaS 服务, 不需要安装与维护, 但也会因为公有云的数据泄露可能性 α ^[21], 产生 L 的损失。当 P 投入私有云研发时, 若 B 选择接受该服务, 则 B 会额外获得 R_{is} 的生产效率提升收益, 支付 R_s 的费用。私有云的优点在于数据安全、生产效率提升, 因其部署在企业内部局域网和防火墙内。但对企业而言, 私有云缺点在于安装成本高, 并需要维护成本 C_w 。此外, P2P2B 模式下, 当 A 与 P 合作时, A 可以通过平台合作将其特定行业先例经验惠及 B, 故 B 在此时选择接受服务将额外获得 A 带来的货币化行业先例经验 B_a 。

1.2 模型建立

根据上述 IIoT 平台 P、龙头企业 A 和潜在客户 B 的基本假设和博弈关系, 画出三方支付矩阵如表 2, 收益部分每列的每 3 行为一组, 依次表示 IIoT 平台 P 的综合收益、龙头企业 A 的综合收益以及潜在客户 B 的综合收益。

表2 三方支付矩阵

博弈策略	潜在客户B	IIoT平台P	
		公有云x	私有云1-x
与P合作	接受P服务	$R_g - C_g + B_g - (1-b)C_{gr} - \alpha B_r$ $R_m - bC_{gr}$ $R_i + R_{ig} - R_g - \alpha L + B_a$	$R_s - C_s - (1-b)C_{sr}$ $R_m - bC_{sr} + R_t$ $R_i + R_{is} - R_s$
	不接受P服务	$B_g - (1-b)C_{gr}$ $R_m - bC_{gr}$ R_i	$-(1-b)C_{sr}$ $R_m - bC_{sr} + R_t$ R_i
龙头企业A	接受P服务	$R_g - C_g + B_g - C_{gr} - \alpha B_r$ 0 $R_i + R_{ig} - R_g - \alpha L$	$R_s - C_s - C_{sr}$ 0 $R_i + R_{is} - R_s - C_w$
	不接受P服务	$B_g - C_{gr}$ 0 R_i	$-C_{sr}$ 0 R_i

以 P 为例, 假设其研发公有云的期望收益、研发私有云的期望收益、平均期望收益分别为 U_x 、 U_{1-x} 、 \bar{U}_x , 则其复制动态方程为 $F_x = \frac{dx}{dt} = x(U_x - \bar{U}_x)$, A 与 B 同理, 各主体的复制动态方程及组合如下所示:

$$\begin{cases} F_x = -x(x-1)(B_g - C_{gr} + C_{sr} - zC_g + zC_s + zR_g - zR_s - \alpha zB_r + byC_{gr} - byC_{sr}), \\ F_y = -y(y-1)(R_m + R_t - bC_{sr} - xR_t - bxC_{gr} + bxC_{sr}), \\ F_z = z(z-1)(C_w - R_{is} + R_s - yB_a - xC_w + xR_g - xR_{ig} + xR_{is} - xR_s + \alpha xL). \end{cases} \quad (1)$$

复制动态方程反应 IIoT 平台 P、龙头企业 A、潜在客户 B 内部博弈策略的动态选择过程. 由基本假设, 各主体都是有限理性的, 当博弈中某一策略的收益高于另一策略时, 各主体将自主向该策略演化. 下面根据复制动态方程, 分析 IIoT 平台 P、龙头企业 A、潜在客户 B 各自的演化稳定策略.

2 各参与主体演化策略

2.1 IIoT 平台 P 的渐近稳定性分析

B 策略比例变化对 P 演化稳定策略的影响可从图 2 进行分析, 根据微分方程稳定性定理, P 选择研发公有云服务的比例趋于稳定必须满足以下条件:

$$F_x = 0 \ \& \ \frac{dF_x}{dx} < 0.$$

其中

$$F_x = -x(x-1)(B_g - C_{gr} + C_{sr} - zC_g + zC_s + zR_g - zR_s - \alpha zB_r + byC_{gr} - byC_{sr}). \quad (2)$$

对式 (2), 令

$$I(z) = -(B_g - C_{gr} + C_{sr} - zC_g + zC_s + zR_g - zR_s - \alpha zB_r + byC_{gr} - byC_{sr}).$$

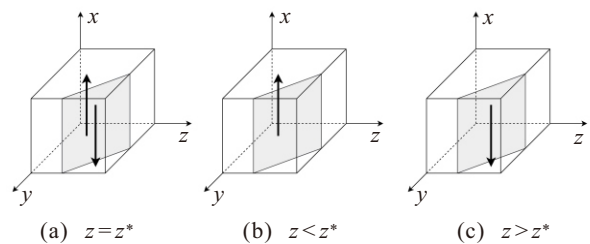


图2 B 策略比例变化对 P 演化稳定策略的影响

命题 1 令

$$z^* = \frac{B_g - C_{gr} + C_{sr} + byC_{gr} - byC_{sr}}{C_g - C_s - R_g + R_s + \alpha B_r}.$$

若 $z < z^*$, 则 $x = 1$ 是 P 的演化稳定策略 (ESS); 反之, 则 $x = 0$ 是 ESS. 随着 y 和 z 增大, P 的稳定策略将从研发公有云服务 ($x = 1$) 变向研发私有云服务 ($x = 0$).

命题 2 P 选择研发公有云服务的比例受研发公有云或私有云的成本、进行公有云或私有云服务的成本和收益、A 的合作成本分担比例、公有云服务形成的规模收益、数据泄露损失的影响.

命题 1 和命题 2 说明, IIoT 平台选择研发公有云服务或研发私有云服务依赖于不同云服务的特性、研发成本、接入服务后的成本收益. 对于研发公有云服务, IIoT 平台在特定行业领域成熟后可以形成规模收益, 但公有云服务仍存在数据安全问题. 是否与龙头企业产生合作, 合作主导权在谁手中, 成本收益如何分配会影响 IIoT 平台的云服务投入. 有趣

的是,随着接入平台的潜在客户和愿意与平台合作的龙头企业越来越多,IIoT 平台的演化稳定策略会从研发公有云服务向研发私有云服务变化,而这恰恰是越来越多中小型潜在客户可能负担不起的.从整体社会层面考虑,将更多中小型的潜在客户接入公有云可以以较低的成本提高整个社会的生产力水平,而这则由企业社会责任感和政府介入推动.

2.2 龙头企业 A 的渐近稳定性分析

P 策略比例变化对 A 演化稳定策略的影响可从图 3 进行分析,根据微分方程稳定性定理, A 选择与 P 合作的的比例趋于稳定必须满足以下条件:

$$F_y = 0 \ \& \ \frac{dF_y}{dy} < 0.$$

其中

$$F_y = -y(y-1)(R_m + R_t - bC_{sr} - xR_t - bx C_{gr} + bx C_{sr}). \quad (3)$$

对式 (3), 令

$$G(x) = -(R_m + R_t - bC_{sr} - xR_t - bx C_{gr} + bx C_{sr}).$$

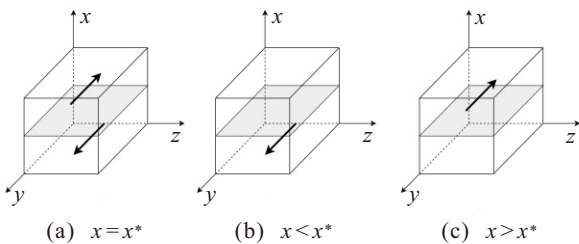


图3 P 策略比例变化对 A 演化稳定策略的影响

命题 3 令

$$x^* = \frac{R_m + R_t - bC_{sr}}{R_t + bC_{gr} - bC_{sr}}.$$

当 $R_t - bC_{sr} > -bC_{gr}$ 时, 若 $x < x^*$, 则 $y = 1$ 是 A 的演化稳定策略 (ESS); 反之, 则 $y = 0$ 是 ESS. 随着 x 增大, A 的稳定策略将从合作 ($y = 1$) 变向不合作 ($y = 0$).

命题 4 A 选择和 P 合作的的比例与 A 合作获得的基本收益、合作私有云时 A 技术提升的收益直接正相关, 与公有云、私有云的研发成本和合作成本分担比例直接负相关.

推论 1 当 $R_m > bC_{gr}$ 时, 不管怎样 A 都将合作; 当 $R_m < bC_{sr} - R_t$ 时, 不管怎样 A 都不会合作.

命题 3、命题 4 以及推论 1 说明, 龙头企业是否选择与 IIoT 平台合作依赖于合作主导权的分配、IIoT 平台研发云服务的种类、合作的各项成本收益. 同时, IIoT 平台选择研发公有云服务的初始比例也会影响龙头企业的选择. 在基本合作收益、特定云服

务技术收益、合理的成本分担比例的吸引下, 龙头企业会与 IIoT 平台合作. 目前, 国内 IIoT 平台数量庞大, 且都正走向生态竞争的道路, 例如树根互联的“森林计划”. 龙头企业可以考虑利用掌握的特定 Know-How 模型和行业经验, 与 IIoT 平台合作拓宽领域, 收获技术、服务、声誉等收益. 或进一步, 研发自己的 IIoT 平台. 国内不少原特定工业领域的龙头企业与 IoT、ICT 等智能服务提供商合作打造属于自己领域的 IIoT 平台, 如航天云网、树根互联、徐工信息等, 并广泛接入了各企业.

2.3 潜在客户 B 的渐近稳定性分析

P 策略比例变化对 B 演化稳定策略的影响可从图 4 进行分析, 根据微分方程稳定性定理, B 选择接受 P 服务的比例趋于稳定必须满足以下条件:

$$F_z = 0 \ \& \ \frac{dF_z}{dz} < 0.$$

其中

$$F_z = z(z-1)(C_w - R_{is} + R_s - yB_a - xC_w + xR_g - xR_{ig} + xR_{is} - xR_s + \alpha L). \quad (4)$$

对式 (4), 令

$$H(x) = C_w - R_{is} + R_s - yB_a - xC_w + xR_g - xR_{ig} + xR_{is} - xR_s + \alpha L.$$

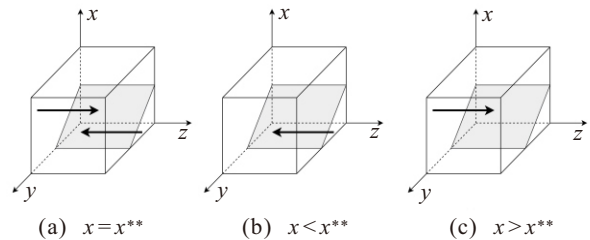


图4 P 策略比例变化对 B 演化稳定策略的影响

命题 5 令

$$x^{**} = \frac{C_w - R_{is} + R_s - yB_a}{C_w - R_g + R_{ig} - R_{is} + R_s - \alpha L}.$$

若 $x < x^{**}$, 则 $z = 0$ 是 A 的演化稳定策略 (ESS); 反之, 则 $z = 1$ 是 ESS. 随着 x 和 y 增大, B 的稳定策略将从不接受 P 服务 ($z = 0$) 变向接受 P 服务 ($z = 1$).

命题 6 B 选择接受 P 服务的比例受 A 带来的行业先例经验、接受公有云服务的成本收益和信息泄露损失、接受私有云服务的成本收益和维护成本以及这三者间的数值关系影响. 行业先例经验可以降低 B 对私有云服务的接入壁垒.

命题 5 和命题 6 说明, 潜在客户是否接入工业互联网服务, 依赖于接入服务后, 其对自身生产效率的提升是否能够匹配投入的大量成本和系统性变革的冲击. 对特定云服务如私有云, 潜在客户可能不敢

或无法负担起高额的安装成本与后期维护成本;对公有云服务,潜在客户也会担心接入后企业的数据安全问题.最终需要对两类服务的投资风险回报进行长平台搭建期视角下的权衡.因此IIoT平台对云服务的研发选择会影响潜在客户的接入意愿,而龙头企业能够为潜在客户先例,给出透明化的投资回收周期、应用方式等,增加潜在客户接入IIoT平台服务的比例.

3 基于平台生命周期的系统均衡分析

系统均衡点要求式(1)内的方程同时满足 $F_x = 0, F_y = 0, F_z = 0$.得到三维空间 $\Omega = \{(x, y, z) | 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$ 内的9个均衡解: $E_1(0, 0, 0), E_2(0, 1, 0), E_3(0, 0, 1), E_4(1, 0, 0), E_5(0, 1, 1), E_6(1, 1, 0), E_7(1, 0, 1), E_8(1, 1, 1), E_9(x^*, y^*, z^*)$.其中

$$\begin{aligned} x^* &= \frac{R_m + R_t - bC_{sr}}{R_t + bC_{gr} - bC_{sr}}, \\ y^* &= -[(C_w - R_g + R_{ig} - R_{is} + R_s - \alpha L)x^* - C_w + R_{is} - R_s]/B_a, \\ z^* &= \frac{B_g - C_{gr} + C_{sr} + (bC_{gr} - bC_{sr})y^*}{C_g - C_s - R_g + R_s + \alpha B_r}. \end{aligned}$$

依据生命周期理论并参考文献[6],将平台演化历程分为平台搭建期(情景1)、生态系统期(情景2)、内部孵化期即初创期(情景3).求Jacobian矩阵并求解各个均衡解对应的Jacobian矩阵特征值,由此可以得到如下命题.

命题7 在P2P2B模式下,基于不同的平台生命周期,即初创期、平台搭建期与生态系统期,IIoT平台将采取不同的云服务投入策略,而系统将相应形成不同的均衡稳定点.

按照Lyapunov第一法,分别分析3种情景下均衡解的实部符号和稳定性,详见表3(X表示不确定正负),即可得到后续推论.

表3 实部符号与稳定性

均衡点	平台搭建期		生态系统期		初创期	
	实部符号	稳定性	实部符号	稳定性	实部符号	稳定性
$E_1(0, 0, 0)$	(+, X, X)	—	(+, X, X)	—	(-, -, -)	ESS
$E_2(0, 1, 0)$	(+, -, X)	—	(-, -, -)	ESS	(X, +, X)	—
$E_3(0, 0, 1)$	(X, +, +)	—	(X, +, X)	—	(+, -, X)	—
$E_4(1, 0, 0)$	(-, +, X)	—	(X, +, X)	—	(X, X, +)	—
$E_5(0, 1, 1)$	(-, -, -)	ESS	(+, -, +)	鞍点	(X, +, X)	—
$E_6(1, 1, 0)$	(X, +, X)	—	(+, -, +)	鞍点	(X, X, X)	—
$E_7(1, 0, 1)$	(-, -, -)	ESS	(X, +, X)	—	(X, X, X)	—
$E_8(1, 1, 1)$	(X, +, +)	—	(-, -, -)	ESS	(X, X, X)	—

推论2 令

$$\begin{aligned} W_g &= B_g + R_g - C_g - \alpha B_r, \\ W_s &= R_s - C_s. \end{aligned}$$

当参数满足 $R_{ig} > R_g + \alpha L, R_{is} < C_w + R_s < B_a + R_{is}, R_t + R_m > bC_{sr} > bC_{gr} > R_m, W_s - W_g < C_{sr} - C_{gr}, W_s - W_g > (1 - b)(C_{sr} - C_{gr})$ 时, $E_5(0, 1, 1)$ 和 $E_7(1, 0, 1)$ 所对应的Jacobian矩阵特征值的实部符号都是负的,此时 E_5 和 E_7 是系统演化均衡点,如情景1.对应的策略分别是:1)P研发私有云服务,A与P合作,B接受P服务;2)P研发公有云服务,A不与P合作,B接受P服务.

推论2说明了平台搭建期视角下的系统均衡点.在平台搭建期,潜在客户普遍会接入公有云服务,因其收益高于成本和数据泄露的期望损失,而接入私有云服务则必须有行业先例,否则不会贸然接入.龙头企业会期望与IIoT合作研发私有云服务以此受益,否则不会合作.在规模收益尚未成熟时,IIoT平台提供私有云的综合服务收益高于公有云,然而尽管私有云的综合服务收益较高,但在企业自身数字化程度相对较低的平台搭建期,私有云服务仍受研发和服务成本限制.现实中不少IIoT平台因为过度依赖服务于某些特定企业的私有云,投入过多资金链断裂反而丧失平台性质,沦为企业的附属物,需要平台警惕.但是龙头的合作可以缓解高额研发成本的压力,帮助平台在平台搭建期内更好地生存.综上,龙头企业和IIoT平台合作研发私有云服务,且潜在客户接入服务是一个均衡点,但该均衡点潜在客户可能出现命题4和命题5提到的高部署成本门槛.龙头企业不合作、IIoT平台研发公有云服务、潜在客户接受服务也是一个均衡点,但这样无法利用龙头企业的行业经验和工业机理模型等,效率较低.

推论3 当参数满足 $B_a + R_{ig} > R_g + \alpha L, B_a + R_{is} < C_w + R_s, R_t + R_m > bC_{sr}, R_m > bC_{gr} > bC_{sr}, (1 - b)(C_{gr} - C_{sr}) < W_g - W_s < C_{gr} - C_{sr}$ 时, $E_2(0, 1, 0)$ 和 $E_8(1, 1, 1)$ 所对应的Jacobian矩阵特征值的实部符号都是负的,此时 E_2 和 E_8 是系统演化均衡点,如情景2.对应的策略分别是:1)P研发私有云服务,A与P合作,B不接受P服务;2)P研发公有云服务,A与P合作,B接受P服务.

推论3说明了生态系统期视角下的系统均衡点.在生态系统期,平台搭建期视角下的一些假设仍然成立,但私有云的维护成本压力逐渐增大,龙头合作得到的基本收益开始发酵,随着时间发展,各个企业自身的数字化程度已经升高,围绕企业研发的私有

云服务可以在企业数字化的基础上搭建,因此私有云的研发成本降低,公有云研发仍需平台自身持续投入,但规模收益显现.在此基础上,生态系统期的系统均衡点出现:龙头企业与 IIoT 平台合作研发公有云服务,同时潜在客户接入 IIoT 服务.如同消费互联网,在消费互联网连通更多人后,互联网服务的规模收益显现,特定技术应用成熟便可带来巨大的经济、社会等收益.相比之下,工业互联网将连接人变为连接机器,因此所需发展周期更长,互联网的形成更加复杂,然而一旦形成通用平台,也能如消费互联网一样秣载而归.

推论 4 当参数满足 $R_{is} < C_w + R_s$, $R_t + R_m < bC_{sr}$, $C_{sr} < C_{gr} - B_g$ 时, $E_1(0, 0, 0)$ 所对应的 Jacobian 矩阵特征值是负的,此时 E_1 是系统演化均衡点,如情景 3. 对应的策略分别是: P 研发私有云服务, A 不与 P 合作, B 不接受 P 服务.

推论 4 说明了初创期的系统均衡点.在此视角下,IIoT 平台并未成长到需要寻求龙头企业合作,也无法研发出适用于潜在客户的公有云服务,此时一味追求接入量反而不切实际,例如早期通用电气 Predix 平台的失败.因此,IIoT 平台通常会寻求在某些特定领域为某些大型制造业企业研发内部的平台,度过初创期后再向通用平台发展,正如 Gartner 魔力象限所示,大部分 IIoT 企业都是从“利基型平台”角色向“领导者”角色发展.对此,入手 IIoT 平台者可以是传统 IT 软件企业,如用友精智、东方国信等,寻求的大型制造业企业也可以是企业自己,如徐工信息、格创东智等.

4 数值仿真

为了验证上述命题,并深入分析各主体的初始策略比例和各个参数对系统稳定性的影响,进行数值仿真,设立对应情景 1 的数组 1 和对应情景 2 的数组 2. 由于初创期的研究结果较为直观,故不作仿真.

4.1 平台搭建期视角下的数值仿真

首先根据数组 1 在平台搭建期视角下研究各主体的初始策略比例和各个参数对系统稳定性的影响.参考文献 [22] 以及“2023 工赋创始人峰会”,将数组 1 设置为 $B_g = 8$, $\alpha = 0.3$, $L = 40$, $B_r = 10$, $C_w = 20$, $B_a = 10$, $C_s = 15$, $R_s = 25$, $C_{sr} = 8$, $C_{gr} = 5$, $C_g = 12$, $R_g = 15$, $b = 0.5$, $R_m = 1$, $R_t = 4$, $R_i = 100$, $R_{ig} = 30$, $R_{is} = 40$, 以满足推论 2 的假设.下面展示各主体的初始策略比例、合作成本分担比例、规模收益、私有云维护成本、龙头企业合作基本收益

的影响.

1) 合作成本分担比例对演化的影响.

由图 5 可知,合作成本分担比例上升,IIoT 平台研发公有云和私有云的比例分别在向 E_5 和 E_7 演化时上升,龙头企业合作比例下降,潜在客户接入比例下降.各主体的初始决策比例会影响最后系统均衡点的位置,当龙头企业初始合作比例较低时,系统均衡点将稳定在 $E_7(1, 0, 1)$ 的位置;当龙头企业初始合作比例较高时,系统均衡点将稳定在 $E_5(0, 1, 1)$ 的位置.有趣的是,合作成本分担比例的增高会影响系统均衡点的确定.这说明,当生态合作主导权在 IIoT 平台手中时,龙头企业通常不会选择合作,因此 IIoT 与龙头企业的合作中谁来主导、谁做补充需要更多协商.

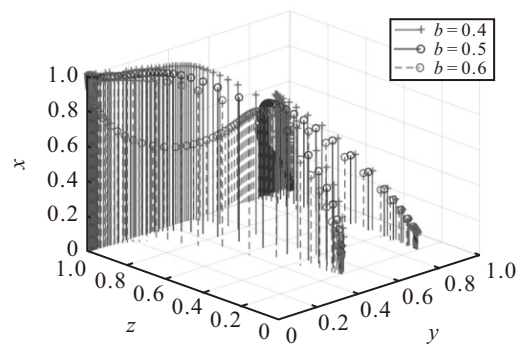


图5 合作成本分担比例的影响

2) 规模收益对演化的影响.

由图 6 可知,随着规模收益上升,IIoT 平台研发公有云的比例上升,龙头企业合作比例下降,潜在客户的接入比例下降.此外,图中显示的两组各主体初始决策比例在规模收益较低时都指向了 $E_5(0, 1, 1)$ 的系统均衡点,而规模收益到达一定阈值,系统均衡点将从 $E_5(0, 1, 1)$ 变为 $E_7(1, 0, 1)$,这在一定程度上反映了规模收益的重要性.正如推论 2 和推论 4,平台在未形成规模收益时会选择研发私有云服务,但度过初创期和调整期后,公有云能为平台和社会带来更大收益.

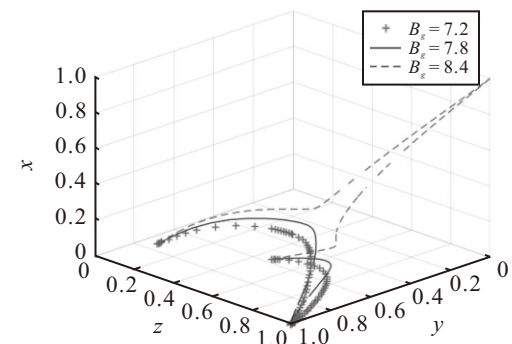


图6 规模收益的影响

4.2 生态系统期视角下的数值仿真

根据数组 2 在生态系统期视角下研究各主体的初始策略比例和各个参数对系统稳定性的影响. 参考文献 [22] 以及“2023 工赋创始人峰会”, 将数组 2 设置为 $B_g = 10, \alpha = 0.3, L = 40, B_r = 15, C_w = 30, B_a = 10, C_s = 15, R_s = 25, C_{sr} = 4, C_{gr} = 8, C_g = 12, R_g = 20, b = 0.5, R_m = 6, R_t = 4, R_i = 100, R_{ig} = 30, R_{is} = 40$, 以满足推论 3 的假设. 下面展示龙头企业合作基本收益和合作成本分担比例的影响.

如图 7 和图 8, 在生态系统期视角下, 只有当潜在客户明确不接入平台, IIoT 平台明确研发私有云时, E_2 才是系统均衡点; 其他情况下, 任何参数都不影响最后的系统均衡点 E_8 . 当龙头企业合作基本收益上升、合作成本分担比例下降时, IIoT 不论研发私有云服务还是公有云服务的比例都会下降, 整体向中间收缩, 但龙头企业和潜在客户合作和接入比例上升. 这说明在生态系统期, IIoT 平台已经在拥有高额规模收益的情况下, 应主动将利益、主导权等向龙头企业和潜在客户倾斜, 以吸引龙头企业的合作和潜在客户的接入, 以实现更大的企业和社会价值.

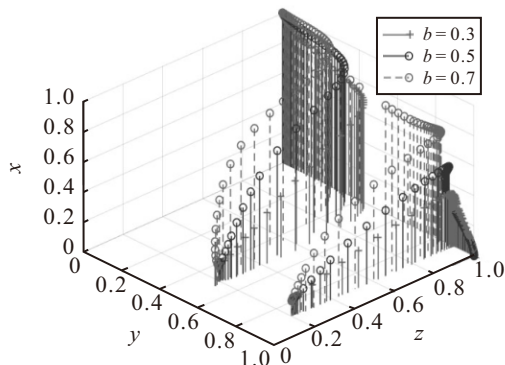


图7 合作成本分担比例的影响

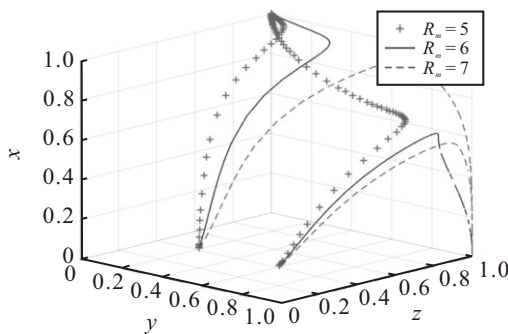


图8 龙头企业合作基本收益的影响

其他参数均形成先向潜在客户“不接受”再向“接受”的弧形演化曲线, 公有云数据泄露损失的上升会将曲线突点向(私有云、合作、不接受)方向伸展, 私有云生态系统期维护成本的上升会将曲线突

点向(公有云、合作、不接受)方向伸展, 行业先例经验的上升会将曲线突点向(私有云、不合作、接受)方向伸展, 合作私有云技术提升的上升会将曲线突点向(私有云、合作、接受)方向伸展.

4.3 演化次数分析

为更直观地验证推论 2 和推论 3, 根据数组 1 和数组 2 的设置分别进行 50 次演化, 得到对应的均衡演化结果如图 9 和图 10. 如图 9, 数组 1 对应的情景 1 存在两个系统均衡点, 验证了推论 2 的正确性. 然而, 图 10 的数组 2 对应情景 2 的仿真却只出现了一个系统均衡点, 似乎与推论 3 不符, 但在 4.2 节中提到, 只有当潜在客户明确不接入平台, IIoT 平台明确研发私有云时, E_2 才是系统均衡点, 这在现实情况中并不存在, 因此推论 3 也得到了验证. 一个有趣的现象在生态系统期出现, 无论起始比例如何, 演化会先向潜在客户不接受服务、龙头企业合作进行, 呈现向 $(X, 1, 0)$ 弯曲突出后, 再向系统均衡点 E_8 演化的现象, 这就造成 4.2 节中参数影响的双向性 (即同时降低或提高两类云服务的比例).

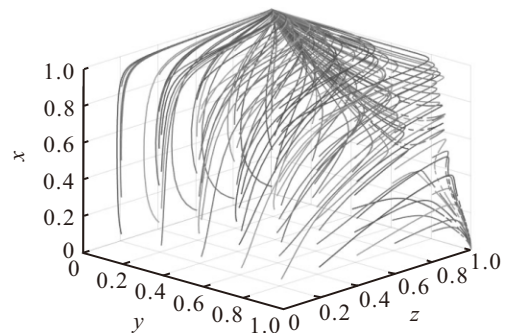


图9 数组 1 演化 50 次结果

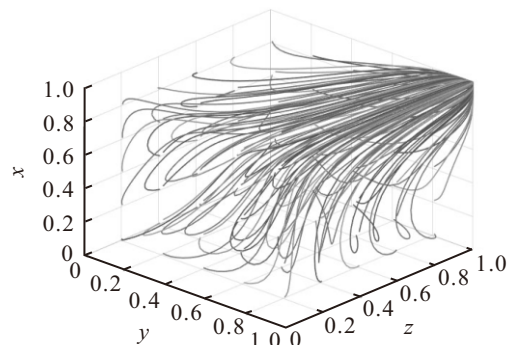


图10 数组 2 演化 50 次结果

5 结论

本文基于平台生命周期的演化视角, 研究 P2P2B 模式下 IIoT 平台的云服务投入决策, 通过构建 IIoT 平台、龙头企业与潜在客户之间的非对称演化博弈模型, 研究了各个博弈主体的动态博弈策略以及不同平台发展阶段下系统演化的均衡稳定状态, 通过

数值仿真验证理论结果,得到的主要结论和管理启示如下:

IIoT 平台选择研发何种云服务受龙头企业合作意愿、潜在客户接入意愿及诸多参数影响。在平台搭建期,虽然公有云存在数据泄露隐患且平台搭建期收益较低,但较高的规模收益将吸引平台投入公有云研发。例如实践中,Rootcloud 平台以 15 亿元成本建成公有云性质的后市场服务体系,对潜在客户广州温伴新能源的首份订单收费仅为 2 万元,而吸引平台的正是该体系未来的规模收益,目前国内制造业企业上云率较低、IIoT 资产专用性强,研发出成熟、具有普适性的公有云服务是推动平台深耕 IIoT 这一长期“赛道”的原因,也是打造中国制造业竞争力的要素。此外,龙头企业会期望与 IIoT 合作研发私有云服务以此获取更多其他利益(例如私有数智化经验等),在规模收益尚未成熟且龙头企业分担少量研发成本时,IIoT 平台提供私有云的综合服务收益高于公有云,其迫于生存压力会在平台搭建期偏好私有云研发,形成该周期第 1 个均衡稳定点。然而,随着龙头企业合作成本分担比例的升高,平台的研发压力降低,公有云规模收益的吸引力增加,平台会转而偏好投入公有云研发,而这又会令龙头企业的合作意愿降低,形成该周期第 2 个均衡稳定点。实践中并非所有平台均有 Rootcloud 的融资能力,因此大多选择借助生态合作降低研发压力,但值得注意的是,不少 IIoT 平台因为过度依赖服务于某些特定企业的私有云而丧失平台性质,沦为企业的附属物,需平台警惕。进入生态系统期后,独特的演化路径使得各个参数的影响发生变化并呈现出有趣的双向性,因此各主体在做出相应策略时需重点关注经营环境的变化。

本文的不足之处在于,工业互联网的实际参与者数量庞大、种类繁多,本文仅考虑了 IIoT 平台、龙头企业与潜在客户之间的三方演化博弈,未来可以加入更多博弈主体,以及更多种类的云服务,例如混合云、社区云等。此外,工业互联网平台生态系统中的网络安全威胁以及大模型融入皆是未来值得研究的方向。

参考文献 (References)

- [1] Sun Y, Li L, Shi H, et al. The transformation and upgrade of China's manufacturing industry in Industry 4.0 era[J]. *Systems Research and Behavioral Science*, 2020, 37(4): 734-740.
- [2] 白仲林, 金琼. 工业企业互联网平台赋能决策的机理与实证研究——基于结构化离散博弈模型的分析[J]. *南开经济研究*, 2022(8): 3-21.
- [3] Bai Z L, Jin Q. The mechanism and empirical research of empowerment decision by industrial enterprise Internet platform: Analysis based on the structured discrete game model[J]. *Nankai Economic Studies*, 2022(8): 3-21.)
- [3] 王节祥, 陈威如, 龚奕潼, 等. 工业互联网平台构建中如何应对“个性与共性”矛盾? ——基于树根互联的案例研究[J]. *管理世界*, 2024, 40(1): 155-180.
- (Wang X J, Chen W R, Gong Y T, et al. How to deal with the contradiction of 'individuality and commonality' in the construction of industrial Internet platforms: A case study of ROOTCLOUD[J]. *Journal of Management World*, 2024, 40(1): 155-180.)
- [4] Zangiacomì A, Pessot E, Fornasiero R, et al. Moving towards digitalization: A multiple case study in manufacturing[J]. *Production Planning & Control*, 2020, 31(2/3): 143-157.
- [5] 唐国锋, 李丹. 工业互联网背景下制造业服务化价值创造体系重构研究[J]. *经济纵横*, 2020(8): 61-68.
- (Tang G F, Li D. Research on the reconstruction of manufacturing servitization value creation system under industrial Internet[J]. *Economic Review Journal*, 2020(8): 61-68.)
- [6] 杜勇, 曹磊, 谭畅. 平台化如何助力制造企业跨越转型升级的数字鸿沟? ——基于宗申集团的探索性案例研究[J]. *管理世界*, 2022, 38(6): 117-139.
- (Du Y, Cao L, Tan C. How does platformization help manufacturing companies to bridge the digital divide of transformation and upgrading? An exploratory case study based on Zongshen Group[J]. *Journal of Management World*, 2022, 38(6): 117-139.)
- [7] 陈武, 陈建安, 李燕萍. 工业互联网平台: 内涵、演化与赋能[J]. *经济管理*, 2022, 44(5): 189-208.
- (Chen W, Chen J A, LI Y P. Industrial internet of things platform: Connotation, evolution and empowerment[J]. *Business and Management Journal*, 2022, 44(5): 189-208.)
- [8] 朱国军, 王修齐, 孙军. 工业互联网平台企业成长演化机理 ——交互赋能视域下双案例研究[J]. *科技进步与对策*, 2020, 37(24): 108-115.
- (Zhu G J, Wang X Q, Sun J. The growth and evolution mechanism of industrial Internet platform enterprises — Double case study in the perspective of interactive empowerment[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2020, 37(24): 108-115.)
- [9] 李燕. 工业互联网平台发展的制约因素与推进策略[J]. *改革*, 2019(10): 35-44.
- (Li Y. The restrictive factors and promotion strategy of the development of industrial Internet platform[J]. *Reform*, 2019(10): 35-44.)
- [10] 潘新宇, 赵道致, 吴成霞. 云制造平台对制造商策略选择行为演化的影响[J]. *软科学*, 2015, 29(10): 125-130.
- (Pan X Y, Zhao D Z, Wu C X. The impact of cloud manufacturing platform on the strategy evolution of manufacturers[J]. *Soft Science*, 2015, 29(10): 125-130.)

- [11] Wang J, Yang B, Zhai L L. Tripartite evolutionary game analysis of trust relationship between enterprises in a cloud manufacturing environment: A service composition perspective[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2022(1): 1-17.
- [12] 晏鹏宇, 杨柳, 车阿大. 共享制造平台供需匹配与调度研究综述[J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42(3): 811-832.
(Yan P Y, Yang L, Che A D. Review of supply-demand matching and scheduling in shared manufacturing[J]. *Systems Engineering – Theory & Practice*, 2022, 42(3): 811-832.)
- [13] 齐二石, 李天博, 刘亮, 等. 云制造环境下企业制造资源共享的演化博弈分析[J]. *运筹与管理*, 2017, 26(2): 25-34.
(Qi E S, Li T B, Liu L, et al. The evolutionary game analysis of the sharing of Manufacturing resource in the environment of cloud manufacturing[J]. *Operations Research and Management Science*, 2017, 26(2): 25-34.)
- [14] 和征, 张志钊, 杨小红. 云制造创新生态系统知识共享激励的演化博弈分析[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(7): 77-87.
(He Z, Zhang Z Z, Yang X H. Evolutionary game analysis of knowledge sharing incentive in cloud manufacturing innovation ecosystem[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30(7): 77-87.)
- [15] Weibull J W. *Evolutionary game theory*[Z]. 1997.
- [16] Dou R L, Nan G F, Wei Z Q, et al. Value co-creation in group enterprises: An evolutionary game theory-based analysis[J]. *International Journal of Production Research*, 2024, 62(17): 6186-6210.
- [17] Mai Y K, Hu B, Pekeć S. Courteous or crude? Managing user conduct to improve on-demand service platform performance[J]. *Management Science*, 2023, 69(2): 996-1016.
- [18] Du J, Li J J, Li J X, et al. Competition-cooperation mechanism of online supply chain finance based on a stochastic evolutionary game[J]. *Operational Research*, 2023, 23(3): 55.
- [19] Zhang M D, Shen Q, Zhao Z H, et al. Commitment or rent-seeking? Government incentive policies for ESG reporting in sustainable e-commerce logistics[J]. *International Journal of Production Economics*, 2024, 268: 109134.
- [20] Liu W H, Chen Z X, Liu T T. Model analysis of smart supply chain finance of platform-based enterprises under government supervision[J]. *Annals of Operations Research*, 2024, 336(3): 1929-1963.
- [21] 周晓阳, 赵凡, 刘莹, 等. 政府补贴和成本共担如何影响平台和企业策略选择 —— 基于三方演化博弈[J]. *控制与决策*, 2022, 37(2): 293-302.
(Zhou X Y, Zhao F, Liu Y, et al. How do government subsidies and cost sharing affect platform and enterprise strategy choice – Based on tripartite evolutionary game[J]. *Control and Decision*, 2022, 37(2): 293-302.)
- [22] 周晓阳, 李长长, 刘莹, 等. 工业互联网平台、开发商与企业的三方协作演化策略 —— 兼论政府补贴和收益共享的作用[J]. *中国管理科学*, 2024, 32(1): 276-287.
(Zhou X Y, Li C C, Liu Y, et al. Tripartite cooperation evolutionary strategy of industrial Internet platform, developer and enterprise – The role of government subsidies and revenue sharing[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2024, 32(1): 276-287.)
- [23] 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, 30(11): 239-249.
(Pan X J. Value-added service pricing model based on industrial Internet platform[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, 30(11): 239-249.)
- [24] 刘丽, 韩同银, 金浩. 成本分担机制下考虑品牌商誉的三级绿色供应链微分博弈[J]. *控制与决策*, 2024, 39(2): 659-668.
(Liu L, Han T Y, Jin H. Differential game of three-level green supply chain considering brand goodwill under cost sharing mechanism[J]. *Control and Decision*, 2024, 39(2): 659-668.)
- [25] Gu W, Yu X R, Zhang S C, et al. To outsource or not: Bike-share rebalancing strategies under the service quality deviation of a third party[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 310(2): 847-859.

作者简介

曹裕 (1985-), 女, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为企业数字化与绿色化运营, E-mail: caoyu@csu.edu.cn;

金敏杰 (2000-), 男, 硕士生, 主要研究方向为工业互联网平台和云服务, E-mail: 221611098@csu.edu.cn.