

用户部分多归属下产能分享平台定价决策优化研究

李永林, 李金辉

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年2月14日; 录用日期: 2023年4月2日; 发布日期: 2023年4月10日

摘要

随着共享经济的发展, 将制造企业的闲置资源进行产能分享成了新的发展趋势。为提高竞争环境下产能分享平台的效益, 研究了用户在部分多归属下产能分享平台的定价策略。通过建立双寡头市场模型, 综合考虑网络外部性、用户多归属、服务水平等影响因素, 探索竞争市场下产能分享平台的定价策略。通过分析发现: 产能分享平台对一侧用户的定价与交叉网络外部性成反比; 基础服务水平与平台定价、平台利润无关; 增值服务水平与本平台的定价成正比, 而与竞争平台定价成反比; 平台增值服务水平存在使本平台利润最高与竞争平台利润最低的最优值。

关键词

产能分享平台, 平台定价, 用户多归属, 服务水平

Research on Pricing Decision Optimization of Capacity Sharing Platform under User Partial Multi-Homing

Yonglin Li, Jinhui Li

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Feb. 14th, 2023; accepted: Apr. 2nd, 2023; published: Apr. 10th, 2023

Abstract

With the development of sharing economy, it has become a new trend to share the idle resources of manufacturing enterprises. In order to improve the efficiency of capacity sharing platform under competitive environment, the pricing strategy of capacity sharing platform under partial multi-ownership is studied. Through the establishment of duopoly market model, comprehensive

consideration of network externality, user multi-homing, service level and other factors, explore the pricing strategy of capacity sharing platform in competitive market. It is found that the pricing of capacity sharing platform to one user is inversely proportional to the cross-network externality. The level of basic service has nothing to do with platform pricing and platform profit. The level of value-added service is directly proportional to the pricing of the platform, and inversely proportional to the pricing of the competitive platform; The value added service level of the platform has the optimal value which makes the platform have the highest profit and the competition platform has the lowest profit.

Keywords

Capacity Sharing Platform, Platform Pricing, User Multi-Homing, Service Level

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

近年来, 共享经济的浪潮在各个行业内快速发展, 如出行领域、住宿领域、办公领域。与此同时, 共享经济涵盖的领域从消费端拓展到制造端, 制造领域内的共享经济也在快速发展。新一代信息技术的迭代也在赋能制造领域的共享, 产能分享成为生产领域的新趋势。产能分享是以工业互联网为基础, 以生产能力分享、设备归属权不变为特征, 涵盖生产的各环节, 帮助企业解决信息不对称问题, 整合闲置生产能力, 优化资源配置, 提高生产效率。发展产能分享, 是顺应两化融合、培育新动能和推动制造业高质量发展的重要举措。产能分享平台为闲置产能供应方和需求方提供交易场所, 平台对双方进行智能化匹配, 并通过收取手续费等手段赚取利润。产能提供者的闲置资源得到充分利用, 需求方也能以低代价获取服务。产能分享平台在改善供需结构方面发挥着重要作用, 帮助企业特别是小微企业解决产能不足、信息不对称等问题。

根据国家信息中心分享经济研究中心的数据, 2021 年我国共享生产能力交易额达到 12,368 亿元, 在我国共享经济市场中占比为 33.53%, 比 2021 年同比增速为 14.0% [1]。现阶段我国产能分享平台发展速度加快, 近年来出现了一批新的平台, 但质量却良莠不齐, 平台在定价策略上存在一些问题, 而在运营过程中定价关系着平台的盈利以及平台的健康发展。近来兴起的制造业服务化的趋势下, 产能分享平台领域掀起了一波涨价潮。各平台选择提供更多个性化增值服务, 随之而来的是会员费及服务费的接连涨价, 这种涨价过于频繁引发了部分用户的不满甚至退出, 有的用户选择加入竞争对手的平台。因此平台如何处理好自身服务水平提高与涨价之间的关系, 如何控制好增值服务的水平, 选择什么定价策略, 这些问题亟待研究。基于此本文以产能分享平台的利润最大化为目标, 考虑平台的服务水平, 构建用户部分多归属下的平台定价模型, 分析平台的定价策略与最优服务水平, 希望能助力产能分享行业的发展。

2. 文献综述

产能分享的快速发展引起了学术界的重视, 一些学者从不同角度进行了研究。叶新娜[2]在共享制造背景下, 研究了机器产能分享调度问题, 并建立了新的平行机模型, 开发了 FPTAS 算法。谢磊[3]研究了产能分享领域的供应链问题, 采用博弈论的方法分析交易双方的最优策略, 结果发现次品率高低与双方的定价决策密切相关。陈俊龙和唐秋[4]对共享制造的发展进行了实证研究, 并对制造产能分享的高质量发展提出了建议。薄洪光等[5]引入了成熟度激励模式, 使用演化博弈对产能分享平台的演化进行分析,

发现使用成熟度激励可以加快演化系统的稳定。晏鹏宇[6]对共享制造平台的供需问题进行讨论, 总结了当前共享制造的发展和特征, 着重分析了两类供需匹配和调度问题。

尽管目前关于产能分享的研究已经相当丰富, 但大多数研究集中于产能分享平台的调度优化、供应链、行业发展等方面。在产能分享平台的定价方面, 只有为数不多的学者进行了讨论。赵道致和朱晨威[7]讨论了关于产能分享的供应链问题, 建立了关于制造商和用户企业的模型, 对比传统模式和产能分享下的利润。张珊[8]研究了产能分享平台的定价问题, 并且研究了平台的盈利模式与竞争策略。郝家芹等[9]以企业利润最大和社会福利最优为目标, 分别建立了定价模型, 结果表明兼顾利润和社会福利的企业最接近现实情况。赵道致和陈慢慢[10]在传统的垄断定价模型中引入了用户的时间敏感性, 构建了注册费和服务费模型研究云制造平台的定价策略。李凯等[11]基于云制造平台, 分别建立商业化平台和公益性平台模型, 讨论了共享制造模式对双边用户的定价策略。在已有的定价研究中, 少有考虑平台的服务水平, 而平台的服务水平特别是增值服务水平与平台的定价也是密切相关。

综上所述, 我国众多学者对产能分享平台进行了丰富的研究, 但少有综合考虑用户部分多归属和服务水平的定价问题。本文基于双边市场理论, 引入用户多归属、服务水平和交叉网络外部性, 构建产能分享平台的定价模型, 探索平台的最优定价决策和服务水平。

3. 问题描述与基本假设

假设在一个线性市场中存在两个互相竞争的产能分享平台 1 和平台 2, 分别分布在线段[0, 1]的两端, 如图 1 所示。主要参数和变量说明如表 1 所示, 基本假设如下所示:

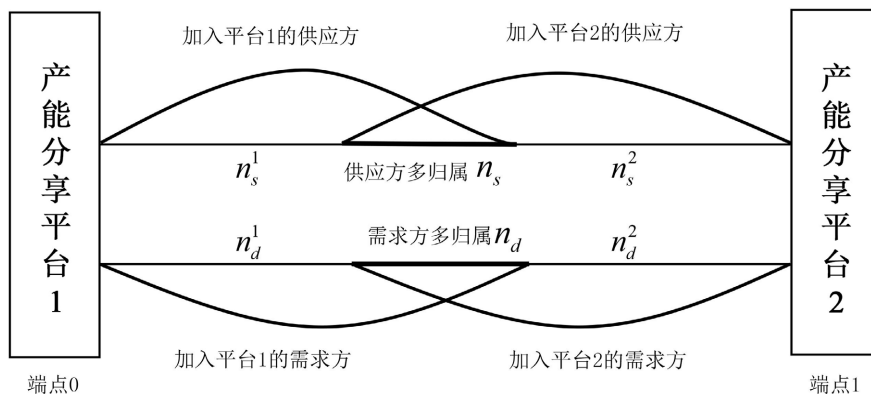


Figure 1. Capacity sharing platform competition market structure chart
图 1. 产能分享平台竞争市场结构图

假设 1: 市场上只存在平台 $i(i=1,2)$ 。供应方 s 和需求方 d 在线段上服从均匀分布。

假设 2: 平台用户总量为 1, n_s^1, n_s^2 是单归属于平台 1 和 2 的供应方数量, n_d^1, n_d^2 是单归属于平台 1 和 2 的需求方数量, n_s, n_d 是多归属于平台 1 和平台 2 的供需双方数量。

假设 3: 供应方和需求方的交叉网络外部性参数为 α_s, α_d 。

假设 4: 平台的服务水平分为基础服务水平和增值服务水平。两平台的基础服务水平均为 v , 两平台的增值服务水平分别为 v_1, v_2 。

假设 5: 两个平台增值服务成本参数为 k_i , 增值服务成本为 $k_i v_i^2 / 2$ 。用户增值服务水平的感知程度为 β_s, β_d 。

假设 6: 假设平台向双边用户只收取一次费用, 对供应方收费 f_i 。

假设 7: x, y 为单归属于平台 1 和平台 2 的用户到平台的距离。

Table 1. Main parameter and variable specification

表 1. 主要参数和变量说明

参数	含义
$i = \{1, 2\}$	产能分享平台 1 和产能分享平台 2
n_s^i, n_d^i	单归属于平台 1 和 2 的供应方与需求方数量
n_s, n_d	多归属于平台 1 和 2 的企业数量
α_s, α_d	供应方和需求方的交叉网络外部性参数
v	平台 1 和 2 给双边用户提供的基础服务水平
v_1, v_2	平台 1 和 2 对双边用户的增值服务水平
k_i	增值服务成本参数
x, y	单归属于平台 1 和 2 的用户到平台的距离
β_s, β_d	供应方、需求方对平台增值服务的感知程度
f_i	平台向供应方收取的会员费

4. 模型构建

单归属于平台 1 的供应方获得的效用为:

$$U_s^1 = v + (n_d^1 + n_s) \alpha_s + \beta_s v_1 - f_1 - x \quad (1)$$

供应方在平台 1 上单归属的净效用是平台 1 所提供的基础服务水平、增值服务水平以及交叉网络外部性提供的正效用, 减去供应方给平台 1 支付的会员费和到平台 1 的交通成本, 其中平台 1 吸引的需求方数量为在平台单归属和多归属的部分。

同样地, 单归属于平台 2 的供应方效用为:

$$U_s^2 = v + (n_d^2 + n_s) \alpha_s + \beta_s v_2 - f_2 - y \quad (2)$$

此时, 供应方同时归属于平台 1 和 2 时获得的效用为:

$$U_s = v + \alpha_s + (v_1 + v_2) \beta_s - f_1 - f_2 \quad (3)$$

同理, 可以得到单归属于平台 1、2 和多归属的需求方的效用:

$$U_d^1 = v + (n_s^1 + n_s) \alpha_d + \beta_d v_1 - x \quad (4)$$

$$U_d^2 = v + (n_s^2 + n_s) \alpha_d + \beta_d v_2 - y \quad (5)$$

$$U_d = v + \alpha_d + (v_1 + v_2) \beta_d \quad (6)$$

平台的利润函数由向供应方收取的会员费和增值服务成本构成, 平台的利润函数为:

$$\pi_i = f_i (n_s^i + n_s) - k_i v_i^2 / 2 \quad (7)$$

联立式(1) (2)和(3)可得用户无差异点 $x_s^*, y_s^*, x_d^*, y_d^*$, 由无差异点性质可求得用户规模。将用户规模代入式(7)后, 分别对 f_1, f_2 求一阶偏导, 令其为零后即得最优定价 f_1^*, f_2^* :

$$f_1^* = \frac{1 - \alpha_s \alpha_d + \beta_s v_1 - \alpha_s \beta_d v_2}{2}, f_2^* = \frac{1 - \alpha_s \alpha_d + \beta_s v_2 - \alpha_s \beta_d v_1}{2} \quad (8)$$

将最优定价式(8)代入规模函数可求得最优用户规模:

$$\begin{cases} n_s^{1*} = \frac{\alpha_s \alpha_d + \beta_s v_2 - \alpha_s \beta_d v_1 - 1}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)}, n_s^{2*} = \frac{\alpha_s \alpha_d + \beta_s v_1 - \alpha_s \beta_d v_2 - 1}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)} \\ n_s^* = -\frac{(v_1 + v_2)(\beta_s - \alpha_s \beta_d)}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)} \\ n_d^{1*} = \frac{\alpha_d^2 \alpha_s - 2\beta_d v_2 + \alpha_d (\beta_s v_1 + \alpha_s \beta_d v_2 - 1)}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)}, n_d^{2*} = \frac{\alpha_d^2 \alpha_s - 2\beta_d v_1 + \alpha_d (\beta_s v_2 + \alpha_s \beta_d v_1 - 1)}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)} \\ n_d^* = \frac{\alpha_d (-2 + \beta_s (v_1 + v_2) + \alpha_s (2 + \beta_d (v_1 + v_2))) + 2\alpha_d^2 \alpha_s - 2(1 + \beta_d (v_1 + v_2))}{2(\alpha_s \alpha_d - 1)} \end{cases} \quad (9)$$

接着把式(8)回代入式(7)即知最优利润:

$$\begin{cases} \pi_1^* = -\frac{(-1 + \alpha_s \alpha_d - \beta_s v_1 + \alpha_s \beta_d v_2)^2}{4(\alpha_s \alpha_d - 1)} - \frac{k_1 v_1^2}{2} \\ \pi_2^* = -\frac{(-1 + \alpha_s \alpha_d - \beta_s v_2 + \alpha_s \beta_d v_1)^2}{4(\alpha_s \alpha_d - 1)} - \frac{k_2 v_2^2}{2} \end{cases} \quad (10)$$

将最优利润函数对 v_1, v_2 求一阶偏导并令其为零, 可得最优增值服务水平:

$$\begin{cases} v_1^* = \frac{\beta_s (\alpha_d \alpha_s - 1)(\alpha_s \beta_d \beta_s + \beta_s^2 - 2k_2 + 2\alpha_d \alpha_s k_2)}{\beta_s^2 (-\alpha_s^2 \beta_d^2 + \beta_s^2 - 2k_1 + 2\alpha_d \alpha_s k_1) + 2k_2 (\alpha_d \alpha_s - 1)(\beta_s^2 + 2k_1 (\alpha_d \alpha_s - 1))} \\ v_2^* = \frac{\beta_s (\alpha_d \alpha_s - 1)(\alpha_s \beta_d \beta_s + \beta_s^2 - 2k_1 + 2\alpha_d \alpha_s k_1)}{\beta_s^2 (-\alpha_s^2 \beta_d^2 + \beta_s^2 - 2k_1 + 2\alpha_d \alpha_s k_1) + 2k_2 (\alpha_d \alpha_s - 1)(\beta_s^2 + 2k_1 (\alpha_d \alpha_s - 1))} \end{cases} \quad (11)$$

5. 模型分析与数值仿真

根据上述模型的求解得出了平台的最优定价、最优用户规模、最优利润和最优增值服务水平, 基于此, 接下来对产能分享平台的定价进行讨论。

5.1. 交叉网络外部性对平台定价的影响

结论 1: $\frac{\partial f_1}{\partial \alpha_s} < 0, \frac{\partial f_1}{\partial \alpha_d} < 0, \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_s} < 0, \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_d} < 0$, 产能分享平台对供应方的定价水平会随着供应方的交叉网络外部性的提升而降低; 与之类似, 随着需求方交叉网络外部性的增加, 平台对需求方定价水平会降低。

为验证结论 1 的正确性, 代入具体数值进行验证。如图 2 所示, 双边用户的交叉网络外部性与定价成反比。图 2(1)是平台 1 的定价情况, 当 α_d 保持不变, α_s 从 0.2 上升到 0.7 时, 平台 1 对供给方的定价从 2.6 下降到 1.85; 若 α_s 保持不变, α_d 从 0.2 提高到 0.7 时, 平台 1 对供给方的定价从 2.6 降低到 2.05。平台 2 与平台 1 的定价情况相类似, 如图 2(2)所示。此时其他参数设置为: (1) $\beta_s = 0.6, \beta_d = 0.2, v_1 = 8, v_2 = 4$; (2) $\beta_s = 0.7, \beta_d = 0.5, v_1 = 2, v_2 = 20$ 。

5.2. 服务水平对平台定价的影响

结论 2: $\frac{\partial f_1}{\partial v} = \frac{\partial f_2}{\partial v} = 0$, 基础服务水平与平台的定价无关。 $\frac{\partial f_1}{\partial v_1} = \frac{\partial f_2}{\partial v_2} > 0, \frac{\partial f_1}{\partial v_2} = \frac{\partial f_2}{\partial v_1} < 0$, 一方平台的增值服务水平增加时会抬高自身平台的定价, 并且会使另一方平台的定价水平降低。

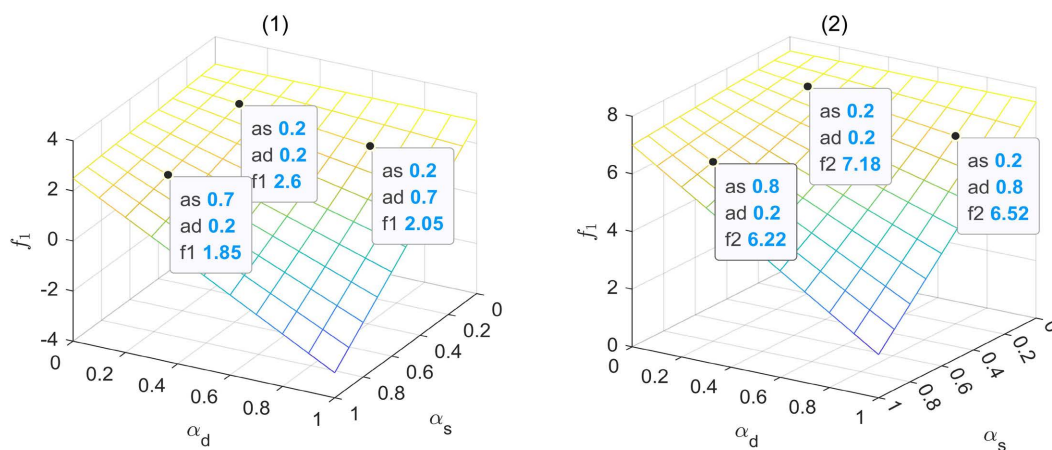


Figure 2. The impact of cross-network externalities on platform pricing
图 2. 交叉网络外部性对平台定价的影响

如图 3(1)所示, 当平台 1 提高增值服务水平后, 平台 1 对双边用户的定价随之上涨; 与之相反, 图 3(2), 随着平台 1 改善增值服务水平, 平台 2 对用户的定价水平呈下降趋势。平台 2 服务水平对定价的影响与平台 1 的情况类似。其他参数设置为: $\alpha_d = 0.2, \alpha_s = 0.2, \beta_s = 0.4, \beta_d = 0.2, v_1 = 8, v_2 = 4$ 。

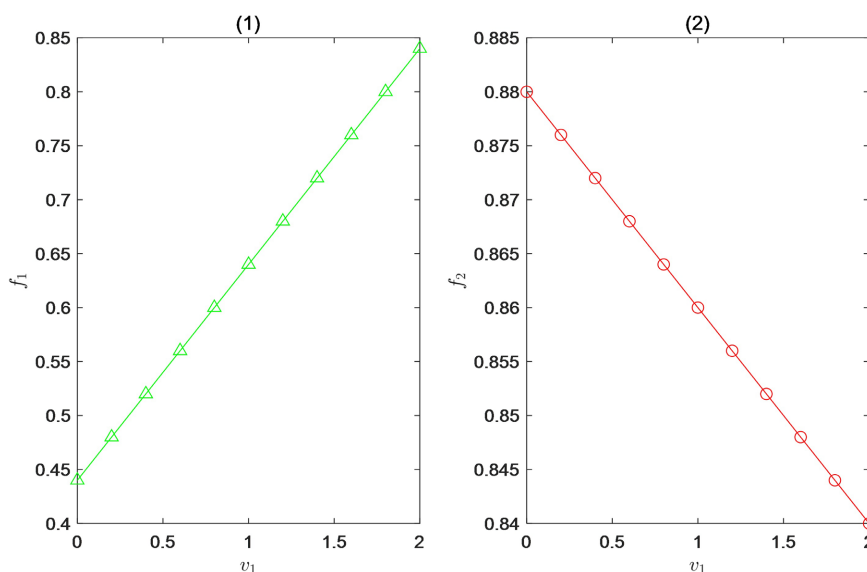


Figure 3. The impact of value-added service level on platform pricing
图 3. 增值服务水平对平台定价的影响

5.3. 服务水平对平台利润的影响

结论 3: $\frac{\partial \pi_1}{\partial v} = \frac{\partial \pi_2}{\partial v} = 0$, 基础服务水平与平台利润无关。而增值服务水平与平台利润的关系较为复杂, 需要分情况讨论。以平台 1 为例, 定义 $\frac{\partial \pi_1}{\partial v_1}$ 结果为 M , 当 M 为正数时, 平台 1 的利润与平台 1 的增值服务水平成正比例关系; 当 M 为负数时, 平台 1 的利润与平台 1 的增值服务水平成反比关系。定义 $\frac{\partial \pi_1}{\partial v_2}$

结果为 N , 当 N 为正数时, 平台 1 的利润与平台 2 的增值服务水平成正比关系; 当 N 为负数时, 平台 1 的利润与平台 2 的增值服务水平成反比关系。

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi_1}{\partial v_1} = \frac{\beta_s^2 v_1 + 2k_1 v_1 (\alpha_s \alpha_d - 1) - \beta_s (\alpha_s a_d + \alpha_s \beta_d v_2 - 1)}{2(1 - \alpha_s \alpha_d)} \\ \frac{\partial \pi_1}{\partial v_2} = \frac{\alpha_s \alpha_d (\alpha_s \alpha_d + \alpha_s \beta_d v_2 - 1 - \beta_s v_1)}{2(1 - \alpha_s \alpha_d)} \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial v_1} = \frac{\alpha_s \alpha_d (\alpha_s \alpha_d + \alpha_s \beta_d v_1 - 1 - \beta_s v_2)}{2(1 - \alpha_s \alpha_d)} \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial v_2} = \frac{\beta_s^2 v_2 + 2k_2 v_2 (\alpha_s \alpha_d - 1) - \beta_s (\alpha_s a_d + \alpha_s \beta_d v_1 - 1)}{2(1 - \alpha_s \alpha_d)} \end{cases} \quad (12)$$

如图 4(1)所示, 随着平台 1 的增值服务水平提高, 平台 1 的利润先升高后降低, 有升高和降低两种趋势; 如图 4(2)所示, 随着平台 2 的增值服务水平提高, 平台 1 的利润水平先降低后升高, 与结论 3 相符合。其他参数赋值为(1) $\alpha_d = 0.2, \alpha_s = 0.2, \beta_s = 0.4, \beta_d = 0.2, k_1 = 0.2$
 (2) $\alpha_d = 0.2, \alpha_s = 0.2, \beta_s = 0.2, \beta_d = 0.8, k_1 = 0.2$ 。

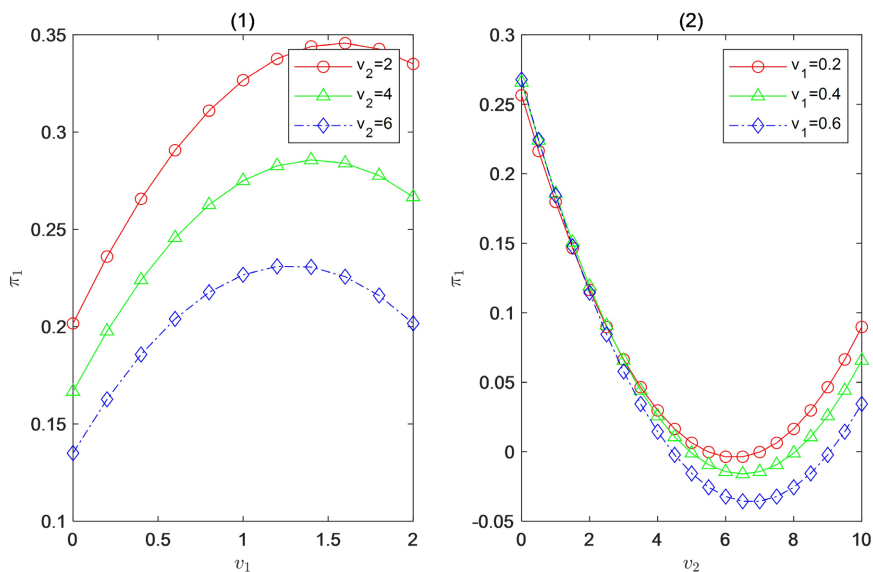


Figure 4. The impact of value-added service level on platform profits
 图 4. 增值服务水平对平台利润的影响

6. 结语

本文构建了一个用户多归属下产能分享平台的竞争模型, 考虑用户规模、服务水平和交叉网络效应等因素, 研究了竞争环境中产能分享平台的定价策略, 并通过数值仿真分析了双边用户各参数对平台决策的影响。研究表明平台的定价和利润与交叉网络效应和服务水平密切相关。根据研究结果对平台的运营提出以下建议: 首先, 平台应通过滚动历史数据估算双方用户交叉网络外部性的变化, 根据交叉网络外部性的强弱合理调整平台价格, 改善用户结构, 促进平台利润增长。然后, 平台的基础服务水平对平台的利润增长影响有限, 平台保持基础服务水平与竞争对手保持一致即可, 要重视增值服务的作用, 提高增值服务水平, 满足用户的多样化需求。其次, 在市场竞争中, 平台应重视差异化服务的提供, 这

样能吸引不同需求的用户, 提高用户单归属规模。最后, 平台增值服务水平一定要控制在合理范围内, 在保证自身利益最大的前提下, 使竞争对手的利润保持在较低水平。但本文在研究中仅考虑了双方用户多归属的情况, 在以后研究中可以对一方多归属另一方单归属、双方均为单归属这两种情况进行讨论。此外, 有一些平台是采用交易费或两部制收费模式, 进一步可以针对这两种模式进行研究。

基金项目

教育部人文社会科学研究青年基金项目“网络效应视角下区块链驱动的共享制造平台运营与治理机制研究”(项目编号: 21YJC630068)。

参考文献

- [1] 国家信息中心. 《中国共享经济发展报告(2022)》[EB/OL]. <http://www.sic.gov.cn/News/568/11277.htm>, 2022-02-22.
- [2] 叶新娜. 共享制造环境下平行机调度新模型及其优化算法[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工商大学, 2021.
- [3] 谢磊, 孟庆春, 韩红帅. 跟单服务与溢短交易驱动下产能分享供应链均衡策略选择[J]. 中国管理科学, 2022, 30(3): 165-175.
- [4] 陈俊龙, 唐秋. 基于三阶段 DEA-Malmquist 方法的中国共享制造高质量发展效率测度研究[J]. 工业技术经济, 2022, 41(3): 106-115.
- [5] 薄洪光, 王兴冕, 李焕之, 等. 考虑成熟度激励的服务型产能共享平台模式演化研究[J]. 工业工程与管理, 2021, 26(3): 123-131.
- [6] 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.
- [7] 赵道致, 朱晨威. 产能分享对设备制造商和用户企业的影响研究[J]. 运筹与管理, 2021, 30(11): 120-126.
- [8] 张珊. 产能分享平台的盈利模式与定价问题研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2019.
- [9] 郝家芹, 赵道致, 卓翔芝. 产能分享平台交易费最优定价策略[J]. 工业工程与管理, 2022, 27(1): 195-203.
- [10] 赵道致, 陈慢慢. 考虑用户时间敏感的云制造平台定价策略研究[J]. 管理学报, 2021, 18(2): 262-269.
- [11] 李凯, 肖巍, 朱晓曦. 基于云平台的共享制造模式定价策略[J]. 控制与决策, 2022, 37(4): 1056-1066.