

基于云平台的共享制造模式定价策略

李 凯[†], 肖 巍, 朱晓曦

(合肥工业大学 管理学院, 合肥 230009)

摘要: 在共享制造背景下, 设备制造商可以通过两种方式向消费者提供服务: 直接出售生产型设备给消费者, 通过云平台提供制造服务: 在购买模式下, 讨论消费者的决策行为以及设备制造商的最优定价策略; 在服务模式下, 采用逆向归纳法分别求解基于商业性云平台(最大化自身收益)和基于公益性云平台(最大化社会总效益)的多阶段动态博弈问题. 通过比较两种模式下设备制造商的利润, 给出其选择不同商业模式的条件. 同时, 研究云平台普及率对消费者效用和设备制造商利润的影响, 以及两种不同商业模式的环境效益. 对于公益性云平台, 设计返利机制协调供应链效率. 研究表明, 当云平台将收益全部返利给消费者时, 社会总效益最大. 从充分利用社会资源、提高社会经济和环境效益的角度进行分析, 为供应链各参与方提供决策参考.

关键词: 商业模式; 云平台; 定价; 环境效益; 社会福利; 供应链

中图分类号: T-9

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2020.1464

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 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.

Pricing strategies for sharing manufacturing model based on cloud platform

LI Kai[†], XIAO Wei, ZHU Xiao-xi

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: In the context of sharing manufacturing, most equipment manufacturers provide services to consumers in two ways: selling equipments directly to consumers; providing manufacturing services through a sharing platform. The issues of consumers' decision-making and the equipment manufacturer's optimal pricing strategy are discussed in the selling model. In the servicization model, following the standard backward induction, the multi-stage dynamic game between players is solved, considering the for-profit sharing platform (maximizing self-revenues) and the not-for-profit sharing platform (maximizing social welfare). By comparing the equipment manufacturer's profits under the two models, the conditions for choosing each business model are investigated. Furthermore, the impacts of the popularizing rate of the sharing platform on supply chain members are examined, as well as environmental benefits of the two business models. For the not-for-profit sharing platform, a rebate mechanism is designed to coordinate the supply chain. Results show that the total social welfare reaches its maximum when the sharing platform returns all the benefits to consumers. This paper makes an analysis from the perspective of making full use of social resources and improving economic and environmental benefits, and provides a reference for all players' decision-making.

Keywords: business model; cloud platform; pricing; environmental impact; social welfare; supply chain

0 引言

信息技术的飞速发展对传统制造模式产生了巨大的冲击, 云制造、网络协同制造等概念深入人心, 并由此产生了一种新的商业模式. 在这种模式下, 企业不出售设备本身, 而是共享闲置的制造能力, 将这种以租代买的共享制造模式称为“服务模式”^[1]. 对于消费者(包括个人消费者和企业消费者)而言, 服务模

式有效地避免了因为购买较少使用的生产设备所产生的浪费, 消费者会更多地选择租赁设备的生产服务而不是购买设备. 实际上, 很多生产活动都是通过共享设备的制造能力完成的. 例如, 沈阳机床于 2016 年末开发上线了 iSesol 云平台, 机床制造商可以通过该线上+线下的共享生产力平台将昂贵的机床设备提供给消费者(主要是中小微企业)“共享”, 按小时或

收稿日期: 2020-10-24; 录用日期: 2021-02-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71871076, 71690235, 71801076).

责任编辑: 樊治平.

[†]通讯作者. E-mail: hfutlk@163.com.

加工量收费. 消费者通过租赁共享机床代替传统的购置机床,大幅度降低了设备购置及维护成本,实现了“轻资产”运营. 区别于传统的产品租赁,在服务租赁模式下,消费者租赁的是生产型设备的制造能力,但具体的生产活动仍由设备制造商完成. 这种服务模式通常会在经济效益和环境效益两方面体现出一定的优势. 从经济效益的角度看,设备可以得到统一的维护,相对于消费者而言具有一定的规模优势;从环境效益的角度看,由于需要承担设备的使用和维护费用,制造商有动机生产高质量的设备,从而减少维护活动带来的损失. 其次,相比于购买模式,消费者需要为每单位设备使用支付较高的服务费用,从而减少设备使用. 另外,服务模式下设备的使用率较高,避免了不必要的设备的生产.

然而,美国环境保护署2009年提供的报告显示,服务模式的环境优势并不总是明显的. Agrawal等^[2]指出了导致这一现象的主要原因:首先,一些在购买模式下不愿购买生产设备的消费者可能会选择服务模式,导致多余的设备使用;其次,在设备质量较高的情况下使用成本低,消费者对服务的需求量大;最后,服务模式下同一台生产设备通常可以服务于多个客户订单,设备制造商通常倾向于收取较低的服务费用,从而扩大消费者对服务的需求.

目前,有关服务模式的研究并不多. Pan等^[3]以云制造服务平台的业务管理模式为研究对象,结合双边市场理论,建立了云服务平台的定价模型. Bellos等^[4]提出要想实现经济可持续发展,基于产品的经济模式应该转变为面向服务的经济模式. Bellos等^[5]基于戴姆勒和宝马公司参与到汽车共享的实例,研究了不同商业模式之间的相互影响以及生产线的设计问题,并通过模型解释了戴姆勒和宝马公司参与汽车共享的原因. Bhaskaran等^[6]研究了由制造商、经销商和客户组成的三级供应链结构,其中经销商既可以直接将产品出售,也可以通过租赁的方式将产品出租给消费者. Örsdemir等^[7]对服务模式下产品耐用性的设计进行了研究. 目前,汽车市场上部分汽车公司(例如通用和丰田)选择P2P汽车共享,而其他公司(例如日产和海马)选择使用B2C汽车共享, Li等^[8]通过建立博弈模型,研究了如何在共享经济环境下选择合适的业务模式. 文献[9-11]分析了信息技术快速发展引发的商业模式创新,从资源基础观的角度指出,在互联网环境下资源能够更容易地实现聚合.

还有部分文献考虑到了不同商业模式对环境因素的影响. Agrawal等^[12]从产品全生命周期的角度比

较了购买模式和租赁模式对环境效益的影响. 研究发现,如果通过收处理费或者采取再制造的方式处理废弃产品,则租赁模式可以获得更高的经济效益和环境效益. Agrawal等^[2]分别为购买模式、服务模式以及混合模式制定了不同的定价策略. Raddats等^[13]指出,服务型制造的相关研究需要更多地用参与者视角来替代制造者视角. Benjaafar等^[14]在经典运营管理理论与共享经济间建立了联系,提出了未来的研究方向.

此外,相关文献进一步丰富了有关供应链定价策略的研究. Abhishek等^[15]考虑了3种不同类型的供应链结构:1)原始设备制造商(OEM)仅出售产品;2)OEM同时出售和出租产品;3)允许消费者在P2P市场上共享和租赁闲置产品. 研究结果表明,当产品使用率和消费者异质性都足够大时,OEM可以从P2P共享中获利. 梁喜等^[16]研究了由自营和通过平台销售组成的双渠道供应链模型,分析了制造商的最优定价决策与渠道选择问题. Gilbert等^[17]讨论了耐用品市场的产品销售和租赁,其中制造商可以采取价格歧视策略. 如果在租赁市场上引入销售,则会对租赁价格有正向影响,但在销售市场上引入租赁对最优售价的影响是不确定的.

然而,目前很少有学者研究基于云平台的生产型设备制造能力共享的问题. 基于此,本文构建了购买模式和服务模式下消费者、制造商以及云平台的多阶段动态博弈模型. 此外,在企业实践中,服务模式的效益会受到云平台实施程度的影响,因此本文引入平台普及率的概念,同时讨论了商业性云平台和公益性云平台的的不同特点,对基于这两种平台的供应链各参与方的最优策略进行了对比分析.

1 问题描述

假定一个生产型设备制造商可以选择如下两种商业模式:1)线下直接出售设备给消费者;2)发布设备的相关信息到云平台上,通过平台将这些设备的制造能力共享给消费者. 消费者对设备使用量的需求 θ 是不同的,不失一般性,假设 θ 服从 $[0,1]$ 上的均匀分布. 设备的生产成本为 $k(o)$,是产品质量 o 的增函数. 设备质量越高,生产所消耗的人力物力资源越多,本文设备质量 o 是外生变量. 较高的设备质量导致较低的设备维护频率和使用过程的资源消耗,因此其单位使用成本较低. 假设质量为 o 的设备的单位使用成本为 $m_i/o, i \in \{s, h\}$. 其中: s 表示购买模式, h 表示服务模式. 如果消费者购买了该设备,则对设备的使用一般比较小心,因此,不妨假设 $m_s < m_h$. 在设备质

量 o 给定的情况下, 消费者根据设备使用需求量 θ 决策每种模式下的最佳设备使用量 q_i . 根据上述假设, 得到如下所示的消费者净效用函数:

$$U_i(\theta) = \begin{cases} \int_0^{q_i} (\theta - x) dx - \frac{m_i q_i}{o} - k(o) - f_i, & i = s; \\ \int_0^{q_i} (\theta - x) dx - \frac{m_i q_i}{o} - f_i q_i, & i = h. \end{cases} \quad (1)$$

其中 $U_s(\theta)$ 和 $U_h(\theta)$ 分别为购买模式和服务模式下消费者的净效用.

式(1)中, $\int_0^{q_i} (\theta - x) dx$ 表示当设备使用量为 q_i 时, 消费者获得的效用值^[2]. 式(1)表明, 在 $q_i \leq \theta$ 时消费者的边际效用 $\theta - q_i$ 随着设备使用量的增大而减小, 因此消费者的最佳设备使用量 q_i 与其需求量 θ 满足 $q_i \leq \theta$. 消费者净效用函数 $U_i(\theta)$ 由消费者效用、使用成本及设备购买成本(或服务成本)构成. 表1整理了本文涉及到的符号及说明.

表1 符号及说明

符号	说明	符号	说明
$i = s, h$	s 购买模式, h 服务模式	f_s	出售单台设备净利润
θ	使用需求, $\theta \sim U[0, 1]$	f_h	单位设备使用费
o	设备质量	ω_i	设备总使用量
m_i/o	设备单位使用成本	r	平台普及率下均衡解
$k(o)$	设备生产成本	w	公益性平台下均衡解
l	单台设备服务能力	π_p	云平台利润
q_i	最佳设备使用量	π_i	设备制造商利润
Q_i	消费者数量	TU_i	消费者总效用
v	服务模式实施程度	Π	社会总效益
λ	云平台返利比例	E_i	环境效益
p	平台单位服务费		

2 模型

考虑购买模式和服务模式下供应链各参与方的决策问题, 该问题可以用完全信息动态博弈进行描述, 其中供应链成员的决策行为是序贯的. 在购买模式下, 首先设备制造商制定设备的售价 $k_0 + f_s$, f_s 表示每出售一台设备设备制造商获得的净利润; 然后消费者决策是否购买该设备以及最佳设备使用量, 此时设备的使用成本由消费者自己承担. 在服务模式下, 首先云平台决策向设备制造商收取的单位服务费 p ; 然后设备制造商决策单位设备使用价格 f_h , 由于设备仍由制造商操作, 消费者需要支付的使用成本为设备制造商的操作成本; 最后消费者决定是否采用该模式以及最佳设备使用量. 下面通过逆向归纳法求解两种模式下的多阶段决策问题.

2.1 消费者最佳设备使用量

对于消费者而言, 目标是在不同模式下选择最佳设备使用量以实现净效用最大化, 即在购买模式下,

消费者的目标函数为

$$\max_{q_s} U_s(\theta) = \theta q_s - q_s^2/2 - (m_s/o)q_s - k(o) - f_s, \quad (2)$$

在服务模式下, 消费者的目标函数为

$$\max_{q_h} U_h(\theta) = \theta q_h - q_h^2/2 - (m_h/o)q_h - f_h q_h. \quad (3)$$

引理1 在购买模式和服务模式下, 消费者最佳设备使用量分别为 $q_s = \theta - m_s/o$, $q_h = \theta - m_h/o - f_h$, 且满足 $q_s > q_h$.

证明 对于消费者净效用函数 $U_s(\theta)$ 、 $U_h(\theta)$, 分别求 q_s 和 q_h 的一阶和二阶导数, 得到

$$\frac{\partial U_s(\theta)}{\partial q_s} = \theta - q_s - m_s/o, \quad \frac{\partial^2 U_s(\theta)}{\partial q_s^2} < 0,$$

$$\frac{\partial U_h(\theta)}{\partial q_h} = \theta - q_h - m_h/o - f_h, \quad \frac{\partial^2 U_h(\theta)}{\partial q_h^2} < 0,$$

因此消费者的净效用函数是使用量 q_i 的凹函数. 令 $\partial U_s(\theta, q_s)/\partial q_s = 0$, $\partial U_h(\theta, q_h)/\partial q_h = 0$, 得到购买模式和服务模式下, 消费者的最佳设备使用量分别为 $q_s = \theta - m_s/o$, $q_h = \theta - m_h/o - f_h$. 由于 $m_s < m_h$, $q_s = \theta - m_s/o > q_h = \theta - m_h/o - f_h$, 即在同样的设备使用需求量 θ 下, 选择购买模式的消费者的最佳设备使用量更大. \square

在购买模式下, 消费者的购买成本成为沉没成本, 单位使用量下仅需支付 m_s/o 的使用成本. 而在服务模式下, 消费者除了需要支付较高的单位使用成本 m_h/o 外, 还需要支付给设备制造商相应的服务费 f_h . 因此, 在购买模式下, 消费者更倾向于充分利用已购设备.

定理1 在购买模式下, 当且仅当消费者设备使用需求量满足 $\theta \in (\sqrt{2(k(o) + f_s)} + m_s/o, 1]$ 时才会购买设备. 在服务模式下, 当且仅当消费者设备使用需求量满足 $\theta \in (m_h/o + f_h, 1]$ 时才会租赁设备服务.

证明 显然, 只有在消费者的净效用大于零的情况下, 才会产生商业行为, 即在购买模式和服务模式下, 消费者净效用需要满足

$$U_s(\theta) = \theta q_s - q_s^2/2 - (m_s/o)q_s - k(o) - f_s > 0,$$

$$U_h(\theta) = \theta q_h - q_h^2/2 - (m_h/o)q_h - f_h q_h > 0.$$

将 $q_s = \theta - m_s/o$, $q_h = \theta - m_h/o - f_h$ 代入式(2)和(3), 可以得到购买模式和服务模式下消费者的净效用函数.

为了方便后文描述, 记 $\theta_i (i = s, h)$ 为模式 i 下, 使消费者效用非负的最低的设备使用需求量. 在购买模式下, 消费者净效用为

$$U_s(\theta) = \frac{(\theta - m_s/o)^2 - 2(k(o) + f_s)}{2},$$

关于 m_s/o 对称且为 θ 的凸函数, 使得消费者净效用为正的 设备使用需求量满足 $\theta < \theta_s^1 = m_s/o - \sqrt{2(k(o) + f_s)}$ 或 $\theta > \theta_s^2 = m_s/o + \sqrt{2(k(o) + f_s)}$. 不难发现, 当 $\theta < \theta_s^1$ 时, $q_s < 0$, 因此当消费者的设备使用需求量满足 $\theta \in (\theta_s, 1]$ 时, 其净效用 $U_s(\theta, q_s) > 0$, 其中 $\theta_s = \theta_s^2$. 在服务模式下, 消费者净效用为

$$U_h(\theta) = \frac{(\theta - m_h/o - f_h)^2}{2}.$$

同理, 当消费者的设备使用需求量满足 $\theta \in (\theta_h, 1]$ 时, 消费者的净效用 $U_h(\theta) > 0$, 其中 $\theta_h = f_h + m_h/o$. □

定理 1 给出了两种模式下消费者参与购买模式和服务模式的条件, 两种模式下消费者人数分别为

$$Q_s = 1 - m_s/o - \sqrt{2(k(o) + f_s)},$$

$$Q_h = 1 - f_h - m_h/o.$$

2.2 购买模式下设备制造商的定价策略

由第 2.1 节可知, 只有在消费者的设备使用需求分布在 $(m_s/o + \sqrt{2(k(o) + f_s)}, 1]$ 上时, 才会选择购买设备. 设备制造商以 $k(o) + f_s$ 的价格将设备出售给消费者, 设备购买需求量等于消费者人数 Q_s . 因此, 设备制造商的利润函数可以表示为

$$\begin{aligned} \max_{f_s} \pi_s &= f_s Q_s = \\ &f_s (1 - m_s/o - \sqrt{2(k(o) + f_s)}). \end{aligned} \quad (4)$$

根据式 (4), 可以得到以下定理.

定理 2 在购买模式下, 设备制造商的最优设备定价为

$$f_s^* + k(o) = \frac{[1 - m_s/o + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}]^2}{18}.$$

证明 为方便表述, 令 $t = \sqrt{k(o) + f_s}$, 则式 (4) 可改写为

$$\max_t \pi_s = (t^2 - k(o))(1 - m_s/o - \sqrt{2t}). \quad (5)$$

对于设备制造商的利润函数 π_s , 分别求 t 的一阶、二阶和三阶导数, 得到

$$\frac{\partial \pi_s}{\partial t} = \sqrt{2}k(o) + t(2 - 2m_s/o - 3\sqrt{2}t),$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s}{\partial t^2} = 2(1 - m_s/o - 3\sqrt{2}t),$$

$$\frac{\partial^3 \pi_s}{\partial t^3} = -6\sqrt{2} < 0.$$

令 $\partial \pi_s / \partial t = 0$, 得到

$$t_1 = \frac{1 - m_s/o + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{3\sqrt{2}},$$

$$t_2 = \frac{1 - m_s/o - \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{3\sqrt{2}}.$$

由 $\partial^3 \pi_s / \partial t^3 < 0$ 可知, $\partial \pi_s / \partial t$ 是关于 t 的凹函数, 且存在两个零点 t_1 和 t_2 . π_s 在 $t < t_2$ 时单调递减, 在 t_2

$\leq t < t_1$ 时单调递增, 在 $t \geq t_1$ 时单调递减. 很明显 $t_2 < 0$, 因此, π_s 在 $f_s = t_1^2 - k(o)$ 时取得最大值, 即设备制造商的最优定价为 $f_s^* + k(o) = t_1^2$. □

为了保证 $f_s > 0$ 以及 $0 < \theta_s < 1$, 参数 m_s 、 $k(o)$ 需要满足

$$m_s/o < 1, \quad 0 < k(o) < \frac{(1 - m_s/o)^2}{2}.$$

将 $f_s^* = t_1^2 - k(o)$ 代入式 (4), 得到设备制造商的利润为

$$\begin{aligned} \pi_s^* &= \\ &[2(m_s/o - 1) + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}] \times \\ &\frac{[6k(o) + (1 - m_s/o + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)})(m_s/o - 1)]}{27}. \end{aligned}$$

消费者的设备总使用量和总效用分别为

$$\begin{aligned} \omega_s^* &= (7(1 - m_s/o)^2 - 6k(o) - 2(1 - m_s/o) \\ &\sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)})/18, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TU_s^* &= (6k(o)(2\sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)} - \\ &3(1 - m_s/o) + 17(1 - m_s/o)^3)/162 - \\ &\frac{10(1 - m_s/o)^2 \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{162}. \end{aligned}$$

如果设备质量是内生的, 满足 $k(o) = o^2$, 则该成本形式在文献中被普遍采用^[18]. 由于生产过程需要一定的周期, 制造商往往会首先决策产品质量 o . 根据逆向归纳法, 设备制造商的质量决策问题如下:

$$\begin{aligned} \max_o \pi_s &= [2(m_s/o - 1) + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6o^2}] \times \\ &\left\{ \frac{(m_s/o - 1)\sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6o^2}}{27} + \right. \\ &\left. \frac{6o^2 - (1 - m_s/o)^2}{27} \right\}. \end{aligned} \quad (6)$$

对于这个高次优化问题, 很难求得解析解. 为此, 本文通过数值实验分析购买模式下设备制造商的产品质量设计问题. 根据前文分析, 参数 m_s 和 o 需要满足

$$(1 - \sqrt{2}o)o - m_s > 0, \quad 0 < o < \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

设备制造商的利润函数关于 m_s 和 o 的关系如图 1 所示. 由图 1 可见, 设备制造商的最优设备质量 o 大致随着 m_s 的增大而增大. 解释如下: 假设设备质量 o 保持不变, 而 m_s 变大, 那么消费者的净效用减少, 设备的总购买量下降. 因此, 制造商有动机提高设备质量以降低消费者的使用成本, 从而吸引消费者购买.

2.3 服务模式下设备制造商和云平台的决策问题

服务模式下, 消费者通过云平台向设备制造商租赁设备的生产能力. 设备制造商根据消费者的使用量进行收费. 由于该模式下设备可以得到制造商专

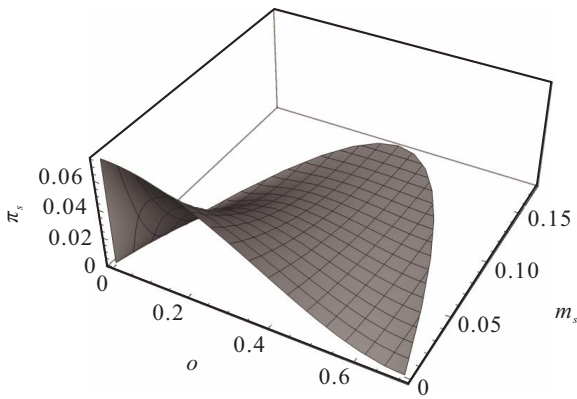


图1 购买模式下设备制造商的利润

业的维护和管理,其状态相对保持较好,使用年限及总服务能力更大.因此假设服务模式下一台设备可以提供较购买模式更大的服务能力 $l, l \geq 1$, 这种特征也被称为“pooling effect”^[2].

假设存在两种类型的云平台:一种是商业性云平台,其目标是通过向设备制造商收取单位服务费最大化平台自身利润;另外一种为公益性云平台,通过适当的利益分配机制最大化整个社会的总效益(包括平台自身收益、消费者效用、制造商利润等),这种平台往往由政府或者公益性组织负责搭建和运维^[19].例如,NeighborGoods是一个促进家庭物品共享的P2P平台,其目标是通过消费者闲置物品的共享来最大化社会效益.

2.3.1 商业性云平台

首先求解设备制造商的决策问题.根据消费者的最优反应,设备制造商需要确定单位设备服务定价以最大化自身利润.由第2.1节的分析可知,消费者对设备的总使用需求量为

$$\omega_h = \int_{\theta_h}^1 q_h d\theta = \frac{(1 - f_h - m_h/o)^2}{2},$$

因此设备制造商的目标函数为

$$\begin{aligned} \max_{f_h} \pi_h &= f_h \omega_h - \frac{\omega_h k(o)}{l} - p \omega_h = \\ &= \frac{[f_h - k(o)/l - p](1 - f_h - m_h/o)^2}{2}. \end{aligned} \quad (7)$$

根据式(7)可以得到以下定理.

定理3 在服务模式下,当云平台为商业性平台时,设备制造商每单位设备服务的最优反应定价为

$$f_h = \frac{1 + 2k(o)/l + 2p - m_h/o}{3}.$$

证明 对 π_h 求 f_h 的一阶导数,得到

$$\frac{\partial \pi_h}{\partial f_h} = \frac{(1 - f_h - m_h/o)[1 - 3f_h - m + 2p + 2k(o)/l]}{2}.$$

令 $\partial \pi_h / \partial f_h = 0$, 得到

$$f_h^1 = 1 - m_h/o, f_h^2 = \frac{1 + 2k(o)/l + 2p - m_h/o}{3}.$$

$\pi_h = 0$ 的3个零点分别是 $x_1 = x_2 = 1 - m_h/o, x_3 = p + k(o)/l$. 注意到 $Q_h = 1 - f_h - m_h/o > 0$, 因此 f_h 满足约束 $f_h < 1 - m_h/o$. 通过分情况讨论各点的关系,结合函数性态可知,当设备制造商每单位设备服务定价为

$$f_h = \frac{1 + 2k(o)/l + 2p - m_h/o}{3}$$

时可以获得最大的利润.为了保证有可行解,云平台的定价满足 $1 - m_h/o - k(o)/l > p$. \square

定理3给出了设备制造商每单位设备服务的最优定价策略.将

$$f_h = \frac{1 + 2k(o)/l + 2p - m_h/o}{3}$$

代入 $\omega_h = (1 - f_h - m_h/o)^2/2$, 得到

$$\omega_h = \frac{2[1 - p - m_h/o - k(o)/l]^2}{9}.$$

下面分析商业性云平台的收费问题.设备制造商在向消费者提供单位生产服务的同时需要向云平台支付单位价格为 p 的平台服务费.商业性云平台的的目标是最大化自身收益,其利润函数为

$$\max_p \pi_h = p \omega_h = \frac{2p[1 - p - k(o)/l - m_h/o]^2}{9}. \quad (8)$$

通过对式(8)求解可得,在 $1 - p - k(o)/l - m_h/o > 0$ 的约束条件下,商业性云平台的最优单位服务定价为 $p^* = (1 - k(o)/l - m_h/o)/3$. 将 p^* 代入 f_h 和 q_h , 得到设备制造商的最优单位设备服务价格为 $f_h^* = (5 + 4k(o)/l - 5m_h/o)/9$, 消费者的最佳设备使用量为 $q_h^* = \theta - (5 + 4k(o)/l + 4m_h/o)/9$. 当且仅当消费者设备使用需求量满足 $\theta \in ((5 + 4k(o)/l + 4m_h/o)/9, 1]$ 时,其效用为正,因此消费者总效用为

$$TU_h(\theta) = \int_{\theta_h}^1 U_h(\theta, q_h) d\theta.$$

同样地,可以求出商业性云平台和设备制造商的收益 π_p^*, π_h^* 以及社会总效益 Π^* . 具体结果见表2.

表2 商业性云平台下的均衡解

参数	取值
p^*	$(1 - k(o)/l - m_h/o)/3$
f_h^*	$(5 + 4k(o)/l - 5m_h/o)/9$
ω_h^*	$(8[1 - k(o)/l - m_h/o]^2)/81$
π_p^*	$(8[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/243$
π_h^*	$(16[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/729$
TU_h^*	$(32[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/2187$
Π^*	$(152[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/2187$

通过分析表2的均衡解可以发现, $p^*, \omega_h^*, \pi_p^*, \pi_h^*, TU_h^*, \Pi^*$ 都是设备性能 $k(o)/l$ (提供单位服务所需

要的设备制造成本)的减函数. 但 f_h^* 是 $k(o)/l$ 的增函数. $k(o)/l$ 增大意味着制造商提供单位设备服务需要的生产成本变大, 制造商会相应地提高设备的单位服务费, 从而导致消费者参与服务模式的意愿降低. 为了保证稳定的服务需求量, 云平台选择降低对设备制造商的服务收费来吸引消费者. 尽管如此, 消费者的设备使用量仍会减小, 供应链各参与方的收益以及社会总效益也随之减小.

类似地, 在服务模式下, 如果设备质量是内生的, 则制造商的质量决策问题如下:

$$\max_o \pi_h = \frac{16(1 - o^2/l - m_h/o)^3}{729}, \quad (9)$$

该优化问题等价于

$$\max_o \tilde{\pi}_h = 1 - o^2/l - m_h/o. \quad (10)$$

定理4 在服务模式下, 设备制造商的最优质量设计为 $o^* = \sqrt[3]{m_h l/2}$.

证明 由式(10), 对 $\tilde{\pi}_h$ 分别求 o 的一阶和二阶导数, 得到

$$\frac{\partial \tilde{\pi}_h}{\partial o} = \frac{m_h}{o^2} - \frac{2o}{l}, \quad \frac{\partial^2 \tilde{\pi}_h(o)}{\partial o^2} = -\frac{2m_h}{o^3} - \frac{2}{l} < 0,$$

即 $\tilde{\pi}_h$ 是 o 的凹函数. 令 $\partial \tilde{\pi}_h / \partial o = m_h/o^2 - 2o/l = 0$, 得到设备制造商的最优质量设计为 $o^* = \sqrt[3]{m_h l/2}$. □

定理4给出了设备质量内生情况下制造商的最优质量设计方案. 不难看出, 设备质量 o 是关于 l 和 m_h 的增函数, 这是因为: 1) 单台设备的服务能力越大, 对设备制造商越有利, 设备制造商越有动机提升设备质量来进一步降低使用成本; 2) 如果设备使用成本变大, 则设备制造商要承担更多的设备使用成本, 这部分成本被转移到消费者身上, 导致设备使用量减小. 因此, 设备制造商会通过提高质量来降低使用成本, 从而扩大消费者需求.

通过云平台实现的服务模式尚未成熟, 导致部分消费者不会选择该模式. 记基于云平台的服务模式的实施程度(消费者接入平台的比例)为 $v(0 < v \leq 1)$, 表示在服务模式下净效用为正的消费者中, 只有比例为 v 的消费者会参与服务模式. 因此, 设备使用需求量分布在 $(\theta_h, 1]$ 之间的消费者接入到云平台的人数为 $v(1 - \theta_h)$. 对于消费者而言, 需求量越大, 接入到云平台的可能性越高, 不妨假设这部分消费者分布在 $(1 - v(1 - \theta_h), 1]$ 上. 在考虑平台普及率的情况下, 消费者的总需求量为

$$\omega_h^r = \int_{1-v(1-\theta_h)}^1 q_h d\theta = \frac{v(2-v)(1-f_h^r - m_h/o)^2}{2},$$

其中上标 r 表示考虑云平台普及率下的均衡解. 此时, 设备制造商的目标函数可以表示为

$$\max_{f_h^r} \pi_h^r = f_h^r \omega_h^r - \frac{\omega_h^r k(o)}{l} - p \omega_h^r. \quad (11)$$

式(11)的求解过程与不考虑平台接入率的情形相同, 这里不再赘述. 由逆向归纳法, 可以求得如表3所示的均衡解.

表3 考虑平台普及率下的均衡解

参数	取值
p^{r*}	$(1 - k(o)/l - m_h/o)/3$
f_h^{r*}	$(5 + 4k(o)/l - 5m_h/o)/9$
ω_h^{r*}	$(8v(2-v)[1 - k(o)/l - m_h/o]^2)/81$
π_p^{r*}	$(8v(2-v)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/243$
π_h^{r*}	$(16v(2-v)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/729$
TU_h^{r*}	$(32v(3-3v+v^2)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/2187$
Π^{r*}	$(8v(42-27v+4v^2)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/2187$

推论1 基于云平台的服务模式的实施程度 v 对设备制造商和平台的均衡策略没有影响.

推论1指出, 不管服务模式的实施程度如何, 设备制造商和云平台的定价策略保持不变. 这是因为消费者的净效用与平台普及率无关, 因此平台普及率的高低不会对消费者的决策行为产生影响. 尽管设备的总使用量会随着平台普及率的变化而变化, 但仅存在比例关系, 这点可以从消费者总使用量表达式

$$\omega_h^r = \frac{v(2-v)(1-f_h^r - m_h/o)^2}{2}$$

中看出. 另外, 从设备制造商和云平台的利润函数表达式可以得到, v 的取值对设备制造商和平台的决策也没有影响, 但会影响设备制造商和云平台的利润以及社会总效益.

推论2 随着服务模式的不断普及和深化, 消费者总效用、设备制造商和云平台的利润均不断增加.

证明 对消费者总效用 TU_h^{r*} 、设备制造商的收益 π_h^{r*} 和云平台的利润 π_p^{r*} 分别求 v 的一阶导数, 得到

$$\frac{\partial TU_h^{r*}}{\partial v} = \frac{32(1-v)^2[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{729},$$

$$\frac{\partial \pi_h^{r*}}{\partial v} = \frac{32(1-v)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{729},$$

$$\frac{\partial \pi_p^{r*}}{\partial v} = \frac{16(1-v)[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{243},$$

其中 $1 - k(o)/l - m_h/o > 0$. 因此 $\partial TU_h^{r*} / \partial v > 0$, $\partial \pi_h^{r*} / \partial v > 0$, $\partial \pi_p^{r*} / \partial v > 0$. □

由推论2可知, 随着服务模式的不断普及和深化, 消费者设备使用需求量不断增大 ($\partial \omega_h^{r*} / \partial v > 0$), 设备制造商和云平台的收益越来越高, 社会总效益也随之增加. 对于设备制造商和云平台而言, 不断提高服务水平、降低消费者参与服务模式的门槛对供应链各参与方都是有利的, 因此大力推广共享制造模式很

有必要.

2.3.2 公益性云平台

公益性云平台通常不以最大化自身利益为目标,其追求的是最大化社会总效益.为促进服务模式的发展,这类平台往往会采取一些措施刺激消费者对服务的需求.本文用上标 w 表示公益性云平台下的均衡解.为了实现社会总效益最大化,设计了随机返利机制扩大消费者对设备的服务需求,具体描述如下:公益性云平台在向设备制造商收取单位服务费用 $p^w(p^w \neq 0)$ 后,对消费者进行随机返利.消费者获得返利的概率为 $\lambda, 0 < \lambda \leq 1$,返利总额为平台针对其需求量向设备制造商收取的服务费用.这种情形下,云平台需要决策单位服务费用 p^w 以及返利比例 λ 来最大化社会总效益.

消费者通过公益性云平台向设备制造商租赁制造服务的期望净效用为

$$\begin{aligned} EU_h^w(\theta) = & \lambda[\theta q_h^w - (q_h^w)^2/2 - (m_h/o)q_h^w - f_h^w q_h^w + p^w q_h^w] + \\ & (1-\lambda)[\theta q_h^w - (q_h^w)^2/2 - (m_h/o)q_h^w - f_h^w q_h^w] = \\ & \lambda p^w q_h^w + \theta q_h^w - (f_h^w + m_h/o)q_h^w - (q_h^w)^2/2. \end{aligned}$$

此时,设备使用需求量为 θ 的消费者其最佳设备使用量为

$$q_h^w = \theta - f_h^w - m_h/o + \lambda p^w.$$

同样,消费者期望净效用 $EU_h^w(\theta) > 0$ 时,会参与服务模式.将 q_h^w 代入消费者期望净效用,可得 $EU_h^w(\theta)$ 是关于 θ 的凸函数, $EU_h^w(\theta) > 0$ 恒成立,即设备需求量在 $(f_h^w + m_h/o - \lambda p^w, 1]$ 之间的消费者会通过云平台租赁制造服务,且所有消费者的设备总使用量为

$$\omega_h^w = \int_{f_h^w + m_h/o - \lambda p^w}^1 (\theta - f_h^w - m_h/o + \lambda p^w) d\theta = \frac{(1 - f_h^w - m_h/o + \lambda p^w)^2}{2}.$$

因此设备制造商的目标函数为

$$\begin{aligned} \max_{f_h^w} \pi_h^w = & \omega_h^w [f_h^w - p^w - k(o)/l] = \\ & \frac{(1 - f_h^w - m_h/o + \lambda p^w)^2}{2} \times [f_h^w - p^w - k(o)/l]. \end{aligned} \tag{12}$$

易证,使设备制造商收益最大的服务定价为

$$f_h^w = \frac{1 + 2k(o)/l - m_h/o + 2p^w + \lambda p^w}{3}.$$

将其代入 ω_h^w 和 π_h^w ,得到

$$\begin{aligned} \omega_h^w = & \frac{2[1 - k(o)/l - m_h/o - p^w + \lambda p^w]^2}{9}, \\ \pi_h^w = & \frac{2[1 - k(o)/l - m_h/o - p^w + \lambda p^w]^3}{27}. \end{aligned}$$

公益性云平台通过制定返利比例 λ 以及向设备制造商收取单位服务费 p^w 来最大化社会总效益.其目标函数可表示为

$$\max_{\lambda, p^w} \Pi^w = TU_h^w + \pi_h^w + \pi_p^w, \tag{13}$$

其中消费者总效用为

$$\begin{aligned} TU_h^w = & \int_{f_h^w + m_h/o - \lambda p^w}^1 EU_h^w(\theta) d\theta = \\ & \frac{4[1 - k(o)/l - m_h/o - p^w + \lambda p^w]^3}{81}. \end{aligned}$$

由于公益性云平台提供给消费者返利的比例为 λ ,平台获得的收益为其向设备制造商收取的总服务费的 $1 - \lambda$,即

$$\begin{aligned} \pi_p^w = & (1 - \lambda)p\omega_h^w = \\ & \frac{2p^w(1 - \lambda)[1 - k(o)/l - m_h/o - p^w + \lambda p^w]^2}{9}. \end{aligned}$$

定理5 在返利策略下,为了最大化社会总效益,公益性云平台会放弃自身收益,给予全部消费者返利,即 $\lambda^* = 1$.

证明 对于任意的 p^w ,求 Π^w 关于 λ 的一阶导数,得到

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi^w}{\partial \lambda} = & -\frac{8p^w[1 - k(o)/l - m_h/o + \lambda p^w - p^w]^2}{81} + \\ & [4p^w[5k(o)/l + 5m_h/o + 4(\lambda - 1)p^w - 5][k(o)/l + \\ & m_h/o - \lambda p^w + p^w - 1]]/81. \end{aligned}$$

令 $\partial \Pi^w / \partial \lambda = 0$,得到

$$\begin{aligned} \lambda_1' = & 1 - \frac{1 - k(o)/l - m_h/o}{p^w}, \\ \lambda_2' = & 1 + \frac{1 - k(o)/l - m_h/o}{2p^w}. \end{aligned}$$

由约束条件 $1 - k(o)/l - m_h/o > 0$ 可知 $\lambda_1' < 1 < \lambda_2'$.同时, $\Pi^w = 0$ 的3个零点从小到大分别为

$$\begin{aligned} \lambda_1 = \lambda_2 = & 1 - \frac{1 - k(o)/l - m_h/o}{p^w}, \\ \lambda_3 = & 1 + \frac{5[1 - k(o)/l - m_h/o]}{4p^w}. \end{aligned}$$

结合 $\partial \Pi^w / \partial \lambda$ 为凹函数($\partial^3 \Pi^w / \partial \lambda^3 < 0$), Π^w 的大致图像可以描述如下:当 $\lambda \in (-\infty, \lambda_1')$ 时, Π^w 单调递减,且 $\Pi^w(\lambda = \lambda_1) = 0$;当 $\lambda \in (\lambda_1', \lambda_2')$ 时, Π^w 单调递增;当 $\lambda \in (\lambda_2', +\infty)$ 时, Π^w 单调递减,且 $\Pi^w(\lambda = \lambda_3) = 0$.因此 Π^w 的最大值可能在 $\lambda = 0$ 或 $\lambda = 1$ 时取得,通过比较 $\Pi^w(\lambda = 0)$ 和 $\Pi^w(\lambda = 1)$ 的值易得在 $\lambda > 0, p^w \neq 0$ 的情况下,当 $\lambda = 1$ 时, Π^w 取最大值. □

表4给出了云平台给予全部消费者返利时的均衡解.

表4 公益性云平台下的均衡解

参数	取值
f_h^{w*}	$(2k(o)/l - m_h/o + 1)/3 + p^w$
ω_h^{w*}	$(2[1 - k(o)/l - m_h/o]^2)/9$
π_p^{w*}	0
π_h^{w*}	$(2[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/27$
TU_h^{w*}	$(4[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/81$
Π^{w*}	$(10[1 - k(o)/l - m_h/o]^3)/81$

定理5表明,若要实现社会总效用最大化,公益性云平台应该将向设备制造商收取的服务费全部返利给消费者.事实上,如果云平台不采取返利策略,仅通过调节单位服务定价最大化社会总效益,则其最优策略是不向设备制造商收取服务费,即当 $\lambda = 0$ 时, $p^w = 0$.此时供应链各参与方的利润与表4中的结果相同.这两种措施在本质上是一致的,都是通过牺牲云平台的利益来最大化社会总效用.

通过分析表4,给出如下推论.

推论3 当云平台对全部消费者进行返利时,其向设备制造商收取的单位服务费 p^w 对消费者效用、设备制造商利润和社会总效益没有影响.

当 $\lambda = 1$ 时,对于平台制定的任意单位服务费 p^w ,设备制造商向消费者收取的单位设备使用费为

$$f_h^{w*} = \frac{2k(o)/l + 1 - m_h/o}{3} + p^w.$$

由此可知,设备制造商会将平台收取的单位服务费用转移到消费者身上,因此并不影响其总收益.其次,公益性云平台将收益全部返利给消费者,转化为消费者效用,所以消费者总效用和社会总效益也不受云平台定价的影响.

通过比较购买模式和两种不同类型云平台下服务模式的均衡解,给出如下定理和推论.

定理6 与商业性云平台相比,公益性云平台提高了消费者的设备使用量及总效用,给设备制造商带来了更高的利润;同时,公益性云平台下的社会总效益更高.

证明 由表2和表4的结论可知,两种类型的平台下消费者设备总使用量、消费者总效用、制造商利润和社会总效益的差值分别为

$$\Delta\omega_h = \omega_h^{w*} - \omega_h^* = \frac{10[1 - k(o)/l - m_h/o]^2}{81} > 0,$$

$$\Delta TU_h = TU_h^{w*} - TU_h^* = \frac{76[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{2187} > 0,$$

$$\Delta\pi_h = \pi_h^{w*} - \pi_h^* = \frac{38[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{729} > 0,$$

$$\Delta\Pi = \Pi^{w*} - \Pi^* = \frac{118[1 - k(o)/l - m_h/o]^3}{2187} > 0.$$

由此定理得证. □

由定理6可知,在 $\lambda = 1$ 的情况下,由于消费者可以获得来自平台的返利,增加了设备的总使用量,设备制造商也可以从增加的总使用量中获利.公益性云平台相当于承担着中介的作用,帮助消费者在平台上找到合适的设备资源,尽管平台本身并没有获得收益,但通过利益分配实现了社会效益的提高.实际上,这种返利机制消除了双重边际效应的影响,提高了供应链的效率.

推论4 在商业性云平台环境下,如果设备制造商选择提供服务模式,则需要满足条件

$$1 - k(o)/l - m_h/o > 3 \left[\frac{2(m_s/o - 1) + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{2} \right]^{\frac{1}{3}} \times [(6k(o) + (1 - m_s/o + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)})(m_s/o - 1))/8]^{\frac{1}{3}};$$

在公益性云平台环境下,如果设备制造商选择提供服务模式,则需要满足条件

$$1 - k(o)/l - m_h/o > \left[\frac{2(m_s/o - 1) + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{\sqrt{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \times [(6k(o) + (1 - m_s/o + \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)})(m_s/o - 1))/\sqrt{2}]^{\frac{1}{3}};$$

否则,设备制造商倾向于采用购买模式.

证明 直接比较服务模式和购买模式下设备制造商的利润值即可得到上述条件. □

推论4给出了设备制造商选择不同商业模式的条件.在公益性云平台环境下,设备制造商的利润更大,选择服务模式的可能性更高.直观地,如果在服务模式下设备的服务能力越高,使用成本越低,则这种模式对设备制造商越有吸引力.

3 不同模式下的环境影响

无论是购买模式还是服务模式,对环境效益的影响都体现在设备的生产和使用两个阶段.在设备生产阶段,生产一台设备需要消耗原材料及其他资源,甚至会产生有毒物料和废弃物,因此设备生产过程中的环境效益不可忽略,用 α 表示生产一台设备的环境影响.在设备使用阶段,会消耗一些物料和能源,产生噪声和污染物,该阶段对环境的影响与设备使用量成正比关系,用 β 表示设备的单位使用造成的环境影响.在购买模式下,产生的环境影响记为 E_s ,有

$$E_s = \alpha(1 - \theta_s) + \beta \int_{\theta_s}^1 q_s d\theta = \left[\frac{2(1 - m_s/o) - \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{3} \right] \alpha +$$

$$[(7(1 - m_s/o)^2 - 6k(o) - 2(1 - m_s/o)\sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)})/18]\beta.$$

在服务模式下,产生的环境影响记为 E_h ,有

$$E_h = \alpha \frac{\int_{\theta_h}^1 q_h d\theta}{l} + \beta \int_{\theta_h}^1 q_h d\theta = \frac{8[1 - k(o)/l - m_h/o]^2}{81l} \alpha + \frac{8[1 - k(o)/l - m_h/o]^2}{81} \beta.$$

环境影响指标 E_i 的值越小表示环境效益越高. 记两种模式下环境效益的差值为

$$\Delta E = E_s - E_h = A\alpha + B\beta.$$

其中

$$A = \frac{2(1 - m_s/o) - \sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{3} - \frac{8[1 - k(o)/l - m_h/o]^2}{81l},$$

$$B = \frac{7(1 - m_s/o)^2 - 6k(o)}{18} - \frac{(1 - m_s/o)\sqrt{(1 - m_s/o)^2 + 6k(o)}}{9} - \frac{8[1 - k(o)/l - m_h/o]^2}{81}.$$

当 $\Delta E > 0$ 时,购买模式对环境的影响更大,否则服务模式会对环境产生更大影响. 特别地,当 $\alpha/\beta = -B/A$ 时,购买模式和服务模式对环境的影响相同.

4 数值算例

本节借助于数值算例分析设备性能等因素对供应链各参与方均衡策略以及两种不同类型平台下社会总效益的影响,并且对购买模式和服务模式下的环境效益进行比较. 首先,分析在购买模式下设备的制造成本对制造商利润的影响. 考虑3种不同的设备使用成本假设, $m_s/o = 0.05, 0.10, 0.20$, 得到的结论如图2所示. 显然在购买模式下,随着设备制造成本的增加,设备制造商的总利润不断降低. 若设备的制造成本固定,则消费者设备使用成本越高,其净效用越小,设备的购买量越低. 因此,随着设备使用成本的增加,设备制造商的利润减少. 在设备制造成本固定的前提下,尽量提高产品质量,降低消费者使用成本,有

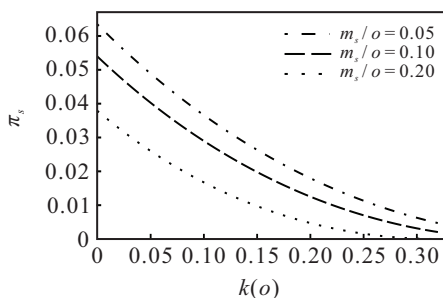
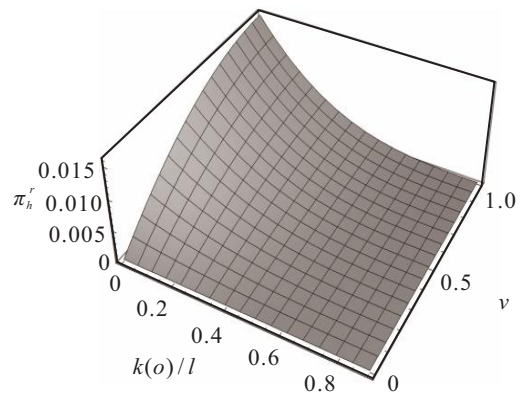


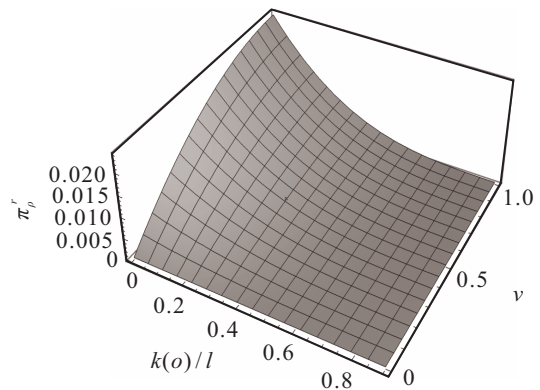
图2 购买模式下设备制造商的利润

效提高设备制造商的收益.

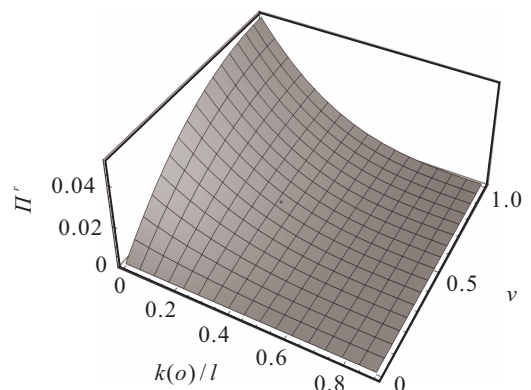
图3(a)~(c)分别描述了服务模式实施程度对设备制造商、商业性云平台和社會总效益的影响. 假设 $m_h/o = 0.1$, 由约束 $1 - m_h/o > k(o)/l$, 可得 $k(o)/l < 0.9$. 与推论2的发现一致,云平台的普及率和设备的性能越高,设备制造商和云平台的利润越高,社会总效益也越大. 因此,大力推广服务模式对供应链各参与方都是有利的.



(a) 设备制造商的利润



(b) 云平台的利润



(c) 社会总效益

图3 考虑商业性云平台普及率下的均衡解

图4(a)~(d)分别描述了在 $m_h/o = 0.1$ 的情况下,消费者总需求量、消费者总效用、设备制造商利润及社会总效益随着 $k(o)/l$ 的变化情况. 由图4可以看出,随着设备的性能降低,供应链各参与方的收益

都随之减小. 在设备性能较低的情况下, 制造商需要付出更多的生产成本, 为此会提高设备的单位服务价格, 但这也导致了较低的服务需求量和各参与方的收益. 随着 $k(o)/l$ 的增大, 两种类型平台下的各项指标的差距逐渐缩小, 但在公益性云平台下, 消费者效用、设备制造商的利润及社会总效益总是更高的, 这是因为公益性云平台将向设备制造商收取的全部利润通过返利的形式返还给了消费者, 增加了服务需求量, 因此整个系统的效率达到最大.

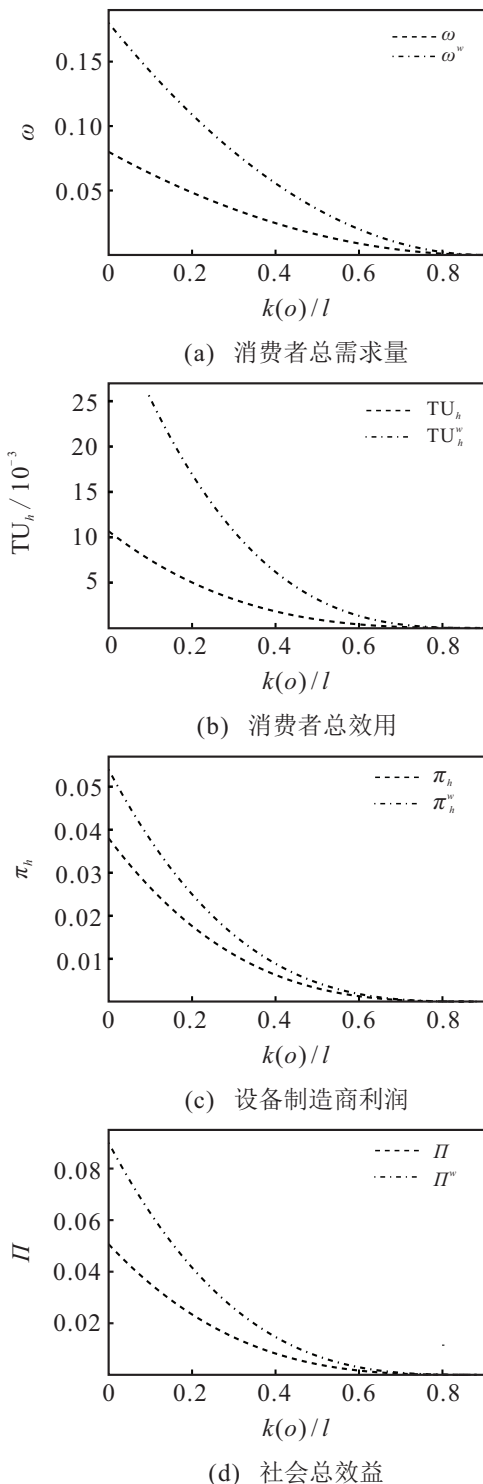


图4 不同类型云平台下的均衡解

图5(a)和(b)均假设 $m_s/o = 0.05, m_h/o = 0.1$. 由约束 $0 < k(o) < (1 - m_s/o)^2/2$ 可得 $k(o) < 0.45125$. 图5(a)和(b)分别描述了在 $\alpha = 0.5, \beta = 1.0$ 和 $\alpha = 1.0, \beta = 0.5$ 的情况下, 购买模式和服务模式的环境效益差值. 不难发现, 在设备服务水平一定时, 制造成本越低, 购买模式对环境的影响越大. 这是因为当设备的制造成本变低时, 购买模式下设备的销售价格相应降低, 更多的消费者会购买设备, 并且由于该模式下消费者使用量更大, 设备总购买量和总使用量更高, 导致购买模式的环境效益变差.

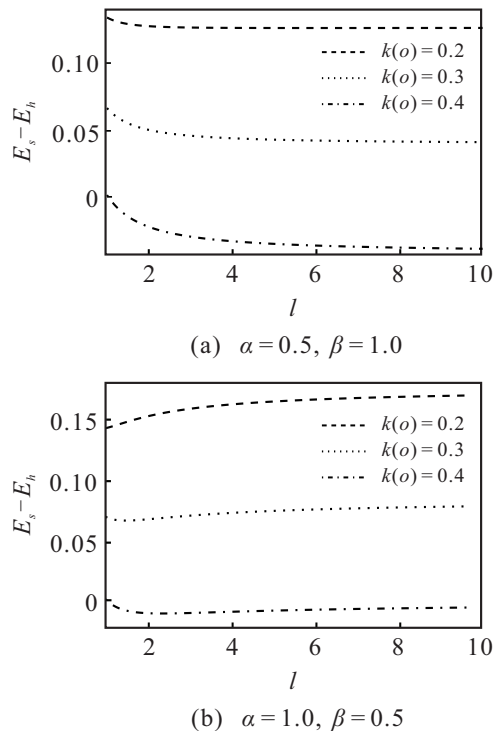


图5 购买模式和服务模式下的环境效益

5 结论

本文以生产型设备的出售及其服务能力共享为研究对象, 简述了共享制造环境下通过云平台进行产能共享的服务模式与传统购买模式的区别. 对于这类生产型设备, 分别为购买模式和服务模式建立了决策模型, 给出了消费者的最佳设备使用量和制造商的最优定价策略. 本文考虑了两种不同类型的云平台以及各自的收费策略. 在公益性云平台下, 为了实现社会总效益的最大化, 云平台会将向设备制造商收取的服务费通过返利的形式全部返还给消费者. 通过对购买模式和服务模式下设备制造商收益的比较, 给出了其选择不同商业模式的条件. 另外, 本文将平台普及率的概念引入到消费者制造服务需求模型, 结果表明平台普及率越高, 对供应链各参与方越有利.

本文只考虑了单一商业模式下各参与方的决策问题, 进一步可以针对设备制造商同时提供服务模式

和购买模式研究制造商、消费者以及云平台的博弈问题. 此外,设备质量的设计也是制造商需要考虑的重要问题之一,未来可以进一步考虑在设备质量内生的情形下针对差异型消费者生产不同质量的设备以及制定不同的服务定价策略.

参考文献(References)

- [1] Toffel M W. Contracting for servicizing[R]. Harvard: Harvard Business School Technology & Operations Management Unit, 2008: 8-63.
- [2] Agrawal V V, Bellos I. The potential of servicizing as a green business model[J]. *Management Science*, 2017, 63(5): 1545-1562.
- [3] Pan X Y, Ma J Z, Zhao D Z. Study on pricing behaviour and capacity allocation of cloud manufacturing service platform[J]. *Cluster Computing*, 2019, 22(6): 14701-14707.
- [4] Bellos I, Ferguson M. Moving from a product-based economy to a service-based economy for a more sustainable future[M]. Berlin: Springer, 2017: 355-373.
- [5] Bellos I, Ferguson M, Toktay L B. The car sharing economy: Interaction of business model choice and product line design[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2017, 19(2): 185-201.
- [6] Bhaskaran S R, Gilbert S M. Implications of channel structure for leasing or selling durable goods[J]. *Marketing Science*, 2009, 28(5): 918-934.
- [7] Örsdemir A, Deshpande V, Parlaktürk A K. Is servicization a win-win strategy? Profitability and environmental implications of servicization[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2019, 21(3): 674-691.
- [8] Li Y J, Bai X M, Xue K L. Business modes in the sharing economy: How does the OEM cooperate with third-party sharing platforms?[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 221: 107467.
- [9] 罗珉, 李亮宇. 互联网时代的商业模式创新: 价值创造视角[J]. *中国工业经济*, 2015(1): 95-107.
(Luo M, Li L Y. Business model innovation in the Internet age: Value creation perspective[J]. *China Industrial Economics*, 2015(1): 95-107.)
- [10] 刘建刚, 马德清, 陈昌杰, 等. 基于扎根理论的“互联网+”商业模式创新路径研究——以滴滴出行为例[J]. *软科学*, 2016, 30(7): 30-34.
(Liu J G, Ma D Q, Chen C J, et al. Research on innovation paths of business model under “Internet +” formats based on ground theory—A case study of di di taxi[J]. *Soft Science*, 2016, 30(7): 30-34.)
- [11] Girotra K, Netessine S. OM forum-business model innovation for sustainability[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2013, 15(4): 537-544.
- [12] Agrawal V V, Ferguson M, Toktay L B, et al. Is leasing greener than selling?[J]. *Management Science*, 2012, 58(3): 523-533.
- [13] Raddats C, Kowalkowski C, Benedettini O, et al. Servitization: A contemporary thematic review of four major research streams[J]. *Industrial Marketing Management*, 2019, 83: 207-223.
- [14] Benjaafar S, Hu M. Operations management in the age of the sharing economy: What is old and what is new?[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2020, 22(1): 93-101.
- [15] Abhishek V, Zhang Z. Business models in the sharing economy: Manufacturing durable goods in the presence of peer-to-peer rental markets[J]. *SSRN Electronic Journal*, DOI: 10.2139/ssrn.2891908.
- [16] 梁喜, 蒋琼. 考虑线上线下零售商竞争的制造商双渠道定价策略[J]. *控制与决策*, 2019, 34(7): 1501-1513.
(Liang X, Jiang Q. Pricing strategy of manufacturer in dual-channel considering competition between online retailers and offline retailers[J]. *Control and Decision*, 2019, 34(7): 1501-1513.)
- [17] Gilbert S M, Randhawa R S, Sun H Y. Optimal per-use rentals and sales of durable products and their distinct roles in price discrimination[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(3): 393-404.
- [18] Shi H Y, Liu Y C, Petrucci N C. Consumer heterogeneity, product quality, and distribution channels[J]. *Management Science*, 2013, 59(5): 1162-1176.
- [19] Benjaafar S, Kong G W, Li X, et al. Peer-to-peer product sharing: Implications for ownership, usage, and social welfare in the sharing economy[J]. *Management Science*, 2019, 65(2): 477-493.

作者简介

李凯(1977—), 男, 教授, 博士生导师, 从事生产运作管理、优化算法等研究, E-mail: hfutlk@163.com;

肖巍(1994—), 男, 博士生, 从事供应链管理、优化算法的研究, E-mail: hfutwx@mail.hfut.edu.cn;

朱晓曦(1987—), 男, 讲师, 博士, 从事供应链管理、共享经济等研究, E-mail: zhuxiaoxi@hfut.edu.cn.

(责任编辑: 郑晓蕾)