

# 控制与决策

Control and Decision

竞争环境下两个B2C服务共享平台的均衡决策

樊治平, 董仲鹏, 池雪

引用本文:

樊治平,董仲鹏,池雪. 竞争环境下两个B2C服务共享平台的均衡决策[J]. *控制与决策*, 2023, 38(8): 2211–2222.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2023.0293>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 服务差异化背景下基于行为的定价策略

Pricing strategy based on strategic customer behavior with service differentiation

控制与决策. 2021, 36(7): 1754–1762 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1147>

#### 基于Bertrand博弈的共享单车定价与投放联合策略研究

Joint pricing and launching strategy for bike-sharing enterprises based on Bertrand game

控制与决策. 2021, 36(7): 1786–1792 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1638>

#### 政府补贴和增值税退税政策的闭环供应链决策

Closed-loop supply chain decisions under government subsidies and VAT rebates

控制与决策. 2021, 36(11): 2771–2782 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0356>

#### 需求波动下考虑乘运供应能力的网约车平台动态定价

Dynamic pricing for ride-hailing platform with demand fluctuation and supply capacity

控制与决策. 2021, 36(6): 1499–1508 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0881>

#### 平台品牌赋能情境下考虑信息不对称的供应链渠道冲突

Supply chain channel conflicts considering asymmetric information under platform brand empowerment

控制与决策. 2021, 36(9): 2123–2132 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0098>

# 竞争环境下两个B2C服务共享平台的均衡决策

樊治平, 董仲鹏<sup>†</sup>, 池雪

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110169)

**摘要:** 针对服务共享中某个时段内可能出现供小于需或供大于需的情形(即情形 $S$ 或情形 $G$ ),研究竞争环境下两个B2C服务共享平台的最优定价与服务水平决策. 首先,构建每种情形下两个平台的Nash博弈模型,并通过求解模型得到均衡结果,包括服务价格、服务水平、实际需求和平台利润. 进一步地,分析不同情形下共享产品投放量对均衡结果的影响. 研究表明:若两个平台总的共享产品投放量小于一个阈值,则情形 $S$ 下一个平台的最优服务价格与共享服务水平均大于情形 $G$ 下该平台的最优服务价格与服务水平. 若两个平台总的共享产品投放量满足一定条件,则情形 $S$ 下一个平台的利润大于情形 $G$ 下该平台的利润. 当消费者针对共享产品的平均使用量较大时,情形 $S$ 下的社会福利大于情形 $G$ 下的社会福利.

**关键词:** B2C服务共享; 供应与需求; Nash博弈; 均衡决策; 服务水平; 最优定价

中图分类号: C931 文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2023.0293

引用格式: 樊治平,董仲鹏,池雪. 竞争环境下两个B2C服务共享平台的均衡决策[J]. 控制与决策, 2023, 38(8): 2211-2222.

## Equilibrium decisions of two B2C service sharing platforms in competitive environment

FAN Zhi-ping, DONG Zhong-peng<sup>†</sup>, CHI Xue

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

**Abstract:** For the case that supply is less than demand (Case  $S$ ) or supply is more than demand (Case  $G$ ) within a time period in service sharing, the optimal pricing and service level decisions of two B2C service sharing platforms in the competitive environment are studied. First, the Nash game models of two platforms in each case are constructed, and the equilibrium results are obtained by solving the models, including service prices, service levels, actual demands and platform profits. Further, the effect of the number of shared products on the equilibrium results under different cases is analyzed. The research results show that if the total number of shared products launched by the two platforms is less than a threshold, the optimal service price and service level of a platform under Case  $S$  are greater than those of the platform under Case  $G$ . If the total number of shared products launched by the two platforms meets certain conditions, the profit of a platform under Case  $S$  is greater than that of the platform under Case  $G$ . The social welfare under Case  $S$  is greater than that under Case  $G$  when the average usage of shared products used by consumers is large.

**Keywords:** B2C service sharing; supply and demand; Nash game; equilibrium decision; service level; optimal pricing

## 0 引言

近年来,B2C服务共享作为一种新兴的共享经济商业模式得到迅猛发展<sup>[1-3]</sup>. B2C服务共享是一种基于服务共享平台(简称平台)“随取即用”的短期租赁服务或按使用付费服务. 例如共享单车、共享汽车和共享充电宝等. 针对这种类型服务共享,平台企业从制造商采购产品并投放市场,以形成共享产品服务池<sup>[4]</sup>. 平台通常根据消费者使用产品的时间或频次来

收取相应的费用. 经实践观察,平台在市场中投放共享产品的数量是一定的,而消费者在不同时段针对共享产品的使用需求通常是不同的,进而会出现供小于需或供大于需的情形<sup>[3]</sup>. 例如,在中国的一些大城市,每天的7:00~9:00和17:00~19:00通常是属于消费者使用共享单车和共享汽车的高峰时段(即供小于需),而其他时段属于低峰时段(即供大于需). 因此,面对上述两种供需情形,平台如何做出有利的运营决

收稿日期: 2023-03-17; 录用日期: 2023-06-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(72031002).

责任编委: 刘腾飞.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: zhongpeng\_dong@outlook.com.

策值得深入探索,而这方面的研究相对缺乏。

近年来,可以看到一些知名的B2C服务共享平台,如共享汽车平台“EVCARD”和“联动云”以及共享单车平台“哈啰单车”和“美团单车”,不仅在服务价格上互相竞争消费者<sup>[5-6]</sup>,还在运营区域的布局 and 不同区域之间共享产品再平衡调度等方面的服务水平<sup>[7]</sup>上相互竞争消费者。因此,面对供小于需和供大于需两种情形,两个竞争的平台如何决策各自的服务价格和服务水平,是需要关注的研究问题。此外,不同供需情形下消费者盈余和社会福利有什么区别?也需要深入探讨。

本文研究竞争环境下两个B2C服务共享平台的最优定价与服务水平决策。与本文研究密切相关的已有研究主要涉及两个方面: B2C服务共享平台的服务定价与服务共享平台之间的竞争。

关于B2C服务共享平台的服务定价,可以看到近年来这方面的最新研究成果。一些学者大多关注共享单车和共享汽车的服务定价。例如,文献[3]研究了一个B2C共享汽车平台在高峰和非高峰时段的定价策略选择及最优定价。文献[7]研究了共享汽车的可用性对汽车制造商的商业模式选择和定价策略的影响。文献[8]发现:共享单车平台设置较高的单车的可用比例和较低的服务价格会增加消费者的需求。文献[9]表明: B2C共享服务平台的风险规避程度的增加会降低共享产品的平均质量水平,并促使平台制定较低的服务价格。文献[10]探讨了一个B2C共享汽车平台针对电动汽车和燃油车的产品选择及服务价格决策。文献[11]研究了一个B2C共享汽车平台的增值服务投资策略,并探讨了汽车制造商的共享汽车模式选择策略对该平台的定价决策的影响。文献[12]探究了一个B2C共享单车平台针对共享单车服务的定价策略选择及服务价格决策。文献[13]研究了一个汽车制造商针对共享汽车业务的增值服务选择及服务共享价格决策。文献[14]探讨了一个汽车制造商是否以及何时应该增加共享汽车业务,并研究了共享汽车的服务价格决策。不同于上述研究仅关注平台的定价决策,本文则是研究两个竞争的B2C服务共享平台面对共享产品的供应与需求的服务价格和服务水平的联合决策,这可填补研究缺口。

关于服务共享平台之间的竞争,也引起了一些学者的高度关注。例如,Pei等<sup>[5]</sup>研究了制造商的B2C服务共享平台与第三方C2C服务共享平台之间的竞争对其产品的服务价格和零售价格决策的影响。Tian等<sup>[6]</sup>研究了一个制造商是否以及何时应自建其B2C

服务共享平台来应对外部C2C服务共享平台的竞争。Wang等<sup>[15]</sup>发现: 只有当高使用率消费者的比例和开展服务共享的成本都相对较低时,制造商才会自建B2C服务共享平台来应对外部C2C服务共享平台的竞争。谭春桥等<sup>[16]</sup>研究了两个竞争的共享单车平台在差异定价与协同定价两种情形下的最优策略组合。需要指出的是,上述研究大多关注B2C服务共享平台与C2C服务共享平台之间的竞争,而本文则是关注两个B2C服务共享平台在市场竞争中的竞争,并研究了他们的定价和服务水平的均衡决策,这可丰富已有研究。

在竞争环境下,每个平台通常需要设置合理的服务价格和服务水平,以尽可能达到供需平衡并做到利润最大化,其中服务水平涉及共享产品在运营区域的合理布局与调度。因此,针对上述已有研究存在的缺口以及B2C服务共享行业实践的驱动,本文研究两个竞争的B2C服务共享平台的最优定价与服务水平决策,并对分析共享产品的供小于需和供大于需两种情形下的均衡结果。本文的主要贡献在于: 1) 关注了一个新问题的研究,即聚焦两个竞争的B2C服务共享平台的定价与服务水平的均衡决策,并考虑两个平台的服务价格与服务水平的差异化来捕捉市场中不同时段下消费者针对不同平台的选择行为,这丰富了B2C服务共享平台之间竞争方面的研究。2) 不同于已有文献提出的模型,本文构建的模型考虑了不同时段下平台面临服务共享的供不应求或供过于求的情形,并通过服务价格和服务水平的联合决策以尽可能达到供需平衡和利润最大化。3) 揭示了供应与需求之间的大小关系对两个竞争的B2C服务共享平台的定价和服务水平决策的影响,这可为平台在不同时段下的战略决策提供重要依据。

## 1 问题描述

本文使用的符号如表1所示。其中: $i = G$ 表示供大于需情形,即每个平台投放的产品数量大于消费者需求; $i = S$ 表示供小于需的情形,即每个平台投放的产品数量小于消费者需求。 $j = A$ 和 $j = B$ 分别表示服务共享平台A(简称平台A)和服务共享平台B(简称平台B)。

本文考虑由两个竞争的B2C服务共享平台(简称平台)和一组消费者组成的服务共享市场,并且两个平台各自投放共享产品的数量是一定的。针对由 $T$ 个时段(每个时段被视为一小时)组成的一个周期(如一天),有 $q$ 个时段属于低峰时段和 $T - q$ 个时段

表1 符号说明

符号	说明
$p_k^{ij}$	共享产品的单位服务价格(决策变量)
$s_k^{ij}$	共享产品的服务水平(决策变量)
$q^j$	平台 $j$ 投放的共享产品数量
$\bar{n}_k$	时段 $k$ 下一个用户针对共享产品的平均使用量
$\theta$	消费者对服务水平的敏感性, $0 < \theta < 1$
$a_k$	时段 $k$ 下潜在市场规模
$Q_k^{ij}$	选择产品共享服务的潜在消费者人数(潜在需求)
$\beta$	消费者对服务价格的敏感性, $0 < \beta < 1$
$D_k^{ij}$	时段 $k$ 下实际实现需求的消费者人数(实际需求)
$c_k^j$	时段 $k$ 下平台 $j$ 针对每件共享产品承担的平均金额
$CS_k^{ij}$	时段 $k$ 下选择平台 $j$ 的消费者盈余
$SW_k^i$	时段 $k$ 下社会福利
$\pi_k^{ij}$	时段 $k$ 下平台 $j$ 的利润
$\Pi^j$	一个周期内平台 $j$ 的总利润

属于高峰时段. 针对某个时段 $k(k \in \{1, 2, \dots, T\})$ , 平台投放的共享产品数量和该时段的潜在需求(即使用共享产品的消费者人数)之间的大小关系存在两种情形. 一种是供大于需情形(简记情形 $G$ ), 这对应于低峰时段; 另一种是供小于需情形(简记情形 $S$ ), 这对应于高峰时段. 为了方便分析, 不失一般性, 令时段 $k \in \{1, 2, \dots, q\}$ 属于情形 $G$ 且 $k \in \{q + 1, q + 2, \dots, T\}$ 属于情形 $S$ . 现实中, 每个平台在不同时段的供需情况可通过采用调查手段、依据第三方机构提供的调查报告和产品服务共享行业的发展报告或通过大数据采集与分析来获知<sup>[17]</sup>.

面对不同时段的产品服务共享需求的差异, 每个平台在不同时段设置的服务价格 $p_k^{ij}$ 与服务水平 $s_k^{ij}$ 可能不同. 例如, 共享汽车平台“Zerocar”在7:00~21:00时段内设置共享汽车的收费标准为0.5元/min, 而其在21:00~次日7:00时段内设置的收费标准为0.3元/min (<http://www.car88.net/qcbj/19448.html>). 共享汽车平台“联动云”在不同时段设置的收费标准都为30元/h. 需要说明的是, 在现实中, 平台主要通过设置服务价格和服务水平来面对共享产品的供大于需或供小于需的情形<sup>[7]</sup>, 换言之, 实际需求与共享产品的投放量和服务水平高度相关, 其中服务水平是指平台在运营区域内投入的管理人员数量、共享产品在运营区域的合理布局和服务产品的调度等方面<sup>[18]</sup>.

依据现实观察和相关机构的分析报告, 假设消费者在不同时段都有共享产品的使用需求, 并且, 其在同一个时段内一旦使用共享产品, 则其使用需求可以被满足. 据艾媒咨询报告, 91.9%的共享单车用户在

每段共享单车行程中针对共享单车的使用时长不足30 min<sup>[12]</sup>. 在周一至周五的7:00~9:00时段内, 许多用户会从居住地附近骑行共享单车十几分钟到达地铁站后再换乘地铁前往上班地点; 在18:00~19:00时段, 他们下班后会先乘坐地铁, 再从地铁站骑行共享单车十几分钟到达居住地. 换言之, 许多用户在7:00~9:00时段和18:00~19:00时段内都有使用共享单车的需求并在相应时段其使用需求被满足. 此外, 为了便于分析和后续的模型构建, 参考文献<sup>[7]</sup>, 本文将所有消费者在 $k$ 时段内针对共享产品的平均使用量记为 $\bar{n}_k$ , 并且, 不同时间段的 $\bar{n}_k$ 可能不同.

事件发生顺序如下. 首先, 两个平台同时设置各自的服务水平 $s_k^{ij}$ 和服务价格 $p_k^{ij}$ ; 然后, 消费者在获得服务价格和服务水平等信息后, 其做出自己的选择, 即选择平台 $A$ 的产品共享服务, 或选择平台 $B$ 的产品共享服务, 或外部选项(即不选择产品共享服务). 需要说明的是, 每个平台在先决策其服务水平后决策其服务价格的情形下的最优结果, 与每个平台同时决策其服务价格和服务水平的情形下的最优结果是相同的, 这里不再赘述.

## 2 模型构建

本节将分别构建情形 $G$ 和情形 $S$ 下两个平台的需求函数与利润最大化模型和消费者盈余函数以及社会福利函数, 然后构建一个周期内两个平台的利润最大化模型.

### 2.1 情形 $G$

情形 $G$ 下平台 $A$ 和平台 $B$ 的需求函数(潜在需求)分别为<sup>[16,19]</sup> $Q_k^{GA} = a_k - p_k^{GA} + \beta p_k^{GB}$ 和 $Q_k^{GB} = a_k - p_k^{GB} + \beta p_k^{GA}$ . 从需求函数可以看出, 一个平台(如平台 $A$ )的需求不仅受平台 $A$ 的服务价格的影响, 还受平台 $B$ 的服务价格的影响. 需要说明的是, 采用线性需求函数描述不同时段下消费者对共享产品的需求, 这不仅符合现实, 而且还有助于对获得的结果进行深入分析. 这里以平台 $A$ 的需求函数 $Q_k^{GA} = a_k - p_k^{GA} + \beta p_k^{GB}$ 为例进行说明, 其表示时段 $k$ 下选择使用平台 $A$ 提供的共享产品的消费者人数, 其中 $a_k$ 表示时段 $k$ 下潜在市场规模,  $\beta$ 表示消费者对平台 $B$ 的服务价格的敏感程度. 为了保证平台的利润为正, 本文假设 $a_k$ 足够大<sup>[3,16]</sup>. 特别地, 依据共享汽车和共享单车等B2C服务共享行业的实践观察, 在情形 $G$ 下, 平台 $A$ 和平台 $B$ 获得的实际消费者需求 $D_k^{GA}$ 和 $D_k^{GB}$ 还与各自平台的服务水平和产品投放量相关, 因此, 情形 $G$ 下平台 $A$ 和平台 $B$ 的实际需求

分别为

$$D_k^{GA} = Q_k^{GA} \frac{q^A s_k^{GA}}{q^A + q^B}, \quad (1)$$

$$D_k^{GB} = Q_k^{GB} \frac{q^B s_k^{GB}}{q^A + q^B}. \quad (2)$$

在情形G下,平台A和平台B在k时段的利润函数分别为

$$\pi_k^{GA} = \bar{n}_k D_k^{GA} p_k^{GA} - \frac{\theta (s_k^{GA})^2}{2} - c_k^A q^A,$$

$$\pi_k^{GB} = \bar{n}_k D_k^{GB} p_k^{GB} - \frac{\theta (s_k^{GB})^2}{2} - c_k^B q^B.$$

进一步地,由式(1)和(2),情形G下平台A和平台B的利润最大化模型分别构建为

$$\begin{aligned} \max_{p_k^{GA}, s_k^{GA}} \pi_k^{GA} = & \bar{n}_k (a_k - p_k^{GA} + \beta p_k^{GB}) \frac{q^A s_k^{GA}}{q^A + q^B} p_k^{GA} - \\ & \frac{\theta (s_k^{GA})^2}{2} - c_k^A q^A, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \max_{p_k^{GB}, s_k^{GB}} \pi_k^{GB} = & \bar{n}_k (a_k - p_k^{GB} + \beta p_k^{GA}) \frac{q^B s_k^{GB}}{q^A + q^B} p_k^{GB} - \\ & \frac{\theta (s_k^{GB})^2}{2} - c_k^B q^B. \end{aligned} \quad (4)$$

以由式(3)表示的平台A的利润最大化模型为例进行说明. 等号右边的第1项表示平台A在时段k下赚取的收益;第2项表示平台A在时段k下承担的服务成本;第3项表示平台A在时段k下针对投放的共享产品所承担的还款金额或与采购成本相关的分摊成本.

类似于文献[3],本文提及的消费者盈余是指消费者接受B2C服务共享而获得的盈余. 情形G下消费者选择平台A和平台B的盈余<sup>[20]</sup>分别为

$$CS_k^{GA} = \frac{q^A s_k^A (Q_k^A)^2 + \beta Q_k^A Q_k^B}{q^A + q^B 2(1 - \beta^2)}, \quad (5)$$

$$CS_k^{GB} = \frac{q^B s_k^B (Q_k^B)^2 + \beta Q_k^A Q_k^B}{q^A + q^B 2(1 - \beta^2)}. \quad (6)$$

社会福利是消费者盈余和平台利润之和<sup>[21]</sup>. 因此,情形G下的社会福利为

$$SW_k^G = \pi_k^{GA} + \pi_k^{GB} + CS_k^{GA} + CS_k^{GB}. \quad (7)$$

### 2.2 情形S

类似2.1节中的每个平台的潜在需求,在情形S下,每个平台的潜在需求函数为

$$Q_k^{SA} = a_k - p_k^{SA} + \beta p_k^{SB},$$

$$Q_k^{SB} = a_k - p_k^{SB} + \beta p_k^{SA}.$$

需要说明的是,由于供小于需,时段k下平台A和平台B的实际需求 $D_k^{SA}$ 和 $D_k^{SB}$ 分别与各自平台的服务水平和产品投放量相关. 因此,情形S下平台A和平台B的实际需求为

$$D_k^{SA} = q^A s_k^{SA}, \quad (8)$$

$$D_k^{SB} = q^B s_k^{SB}. \quad (9)$$

其中,实际需求 $D_k^{SA}$ 与 $D_k^{SB}$ 均小于各自平台潜在需求的上限,即

$$D_k^{SA} = q^A s_k^{SA} \leq Q_k^{SA} \frac{q^A s_k^{SA}}{q^A + q^B},$$

$$D_k^{SB} = q^B s_k^{SB} \leq Q_k^{SB} \frac{q^B s_k^{SB}}{q^A + q^B}.$$

换言之,平台A和平台B的服务价格设置要分别满足

$$p_k^{SA} \leq a_k + \beta p_k^{SB} - (q^A + q^B),$$

$$p_k^{SB} \leq a_k + \beta p_k^{SA} - (q^A + q^B).$$

因此,在情形S下,平台A和平台B的利润函数为

$$\pi_k^{SA} = \bar{n}_k D_k^{SA} p_k^{SA} - \frac{\theta (s_k^{SA})^2}{2} - c_k^A q^A,$$

$$\pi_k^{SB} = \bar{n}_k D_k^{SB} p_k^{SB} - \frac{\theta (s_k^{SB})^2}{2} - c_k^B q^B.$$

进一步地,由式(8)和(9),情形S下平台A和平台B的利润最大化模型分别为

$$\begin{aligned} \max_{r_1 \geq 0} \pi_k^{SA} (p_k^{SA}, s_k^{SA}) = & \bar{n}_k q^A s_k^{SA} p_k^{SA} - \frac{\theta (s_k^{SA})^2}{2} - c_k^A q^A, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \max_{r_2 \geq 0} \pi_k^{SB} (p_k^{SB}, s_k^{SB}) = & \bar{n}_k q^B s_k^{SB} p_k^{SB} - \frac{\theta (s_k^{SB})^2}{2} - c_k^B q^B. \end{aligned} \quad (11)$$

在式(10)和(11)中, $r_1 \geq 0$ 和 $r_2 \geq 0$ 为约束条件且可以进一步表示为

$$a_k + \beta p_k^{SB} - (q^A + q^B) - p_k^{SA} \geq 0,$$

$$a_k + \beta p_k^{SA} - (q^A + q^B) - p_k^{SB} \geq 0.$$

类似于情形G下关于式(3)的解释说明,关于式(10)和(11)的解释说明不再赘述.

在情形S下,每个平台的实际需求与其产品的投放量相关,因此,平台A和平台B的消费者盈余分别为

$$CS_k^{SA} = \frac{(D_k^{SA})^2}{2}, \quad (12)$$

$$CS_k^{SB} = \frac{(D_k^{SB})^2}{2}. \quad (13)$$

类似于情形G下的社会福利,情形S下的社会福利为

$$SW_k^S = \pi_k^{SA} + \pi_k^{SB} + CS_k^{SA} + CS_k^{SB}. \quad (14)$$

依据情形S和情形G,平台A和平台B在一个周期内的总利润最大化模型分别为

$$\max_{p_k^{GA}, s_k^{GA}, p_k^{SA}, s_k^{SA}} \Pi^A = \sum_{k=1}^q \max_{p_k^{GA}, s_k^{GA}} \pi_k^{GA} + \sum_{k=q+1}^T \max_{r_1 \geq 0} \pi_k^{SA}(p_k^{SA}, s_k^{SA}), \quad (15)$$

$$\max_{p_k^{GB}, s_k^{GB}, p_k^{SB}, s_k^{SB}} \Pi^B = \sum_{k=1}^q \max_{p_k^{GB}, s_k^{GB}} \pi_k^{GB} + \sum_{k=q+1}^T \max_{r_2 \geq 0} \pi_k^{SB}(p_k^{SB}, s_k^{SB}). \quad (16)$$

### 3 均衡结果

本节将分别求解两个平台的利润最大化模型,并给出均衡结果. 需要说明的是,由式(15)和(16)不难看出,仅对式(3)和(4)以及(10)和(11)求解即可. 为了便于展示,本文分别给出情形G和情形S下每个平台的模型求解的均衡结果.

#### 3.1 情形G

求解式(3)和(4),可得如下定理.

**定理1** 在情形G下,平台A和平台B的最优服务价格和服务水平分别为

$$p_k^{GA*} = \frac{a_k}{2-\beta}, \quad s_k^{GA*} = \frac{q^A \bar{n}_k a_k^2}{\theta(q^A + q^B)(2-\beta)^2};$$

$$p_k^{GB*} = \frac{a_k}{2-\beta}, \quad s_k^{GB*} = \frac{q^B \bar{n}_k a_k^2}{\theta(q^A + q^B)(2-\beta)^2}.$$

**证明** 由式(3)可得

$$\frac{\partial \pi_k^{GA}}{\partial p_k^{GA}} = \frac{\bar{n}_k q^A s_k^{GA} (a_k - 2p_k^{GA} + \beta p_k^{GB})}{q^A + q^B},$$

$$\frac{\partial \pi_k^{GA}}{\partial s_k^{GA}} = \frac{\bar{n}_k p_k^{GA} q^A (a_k - p_k^{GA})}{q^A + q^B} + \frac{\bar{n}_k p_k^{GA} q^A \beta p_k^{GB}}{q^A + q^B} - \theta s_k^{GA},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{GA}}{\partial (p_k^{GA})^2} = -\frac{2\bar{n}_k q^A s_k^{GA}}{q^A + q^B}, \quad \frac{\partial^2 \pi_k^{GA}}{\partial (s_k^{GA})^2} = -\theta,$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{GA}}{\partial p_k^{GA} \partial s_k^{GA}} = \frac{\partial^2 \pi_k^{GA}}{\partial s_k^{GA} \partial p_k^{GA}} = \frac{\bar{n}_k q^A (a_k - 2p_k^{GA} + \beta p_k^{GB})}{q^A + q^B}.$$

由式(4)可得

$$\frac{\partial \pi_k^{GB}}{\partial p_k^{GB}} = \frac{\bar{n}_k q^B s_k^{GB} (a_k - 2p_k^{GB} + \beta p_k^{GA})}{q^A + q^B},$$

$$\frac{\partial \pi_k^{GB}}{\partial s_k^{GB}} = \frac{\bar{n}_k p_k^{GB} q^B (a_k - p_k^{GB})}{q^A + q^B} + \frac{\bar{n}_k p_k^{GB} q^B \beta p_k^{GA}}{q^A + q^B} - \theta s_k^{GB},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{GB}}{\partial (p_k^{GB})^2} = -\frac{2\bar{n}_k q^B s_k^{GB}}{q^A + q^B}, \quad \frac{\partial^2 \pi_k^{GB}}{\partial (s_k^{GB})^2} = -\theta,$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{GB}}{\partial p_k^{GB} \partial s_k^{GB}} = \frac{\partial^2 \pi_k^{GB}}{\partial s_k^{GB} \partial p_k^{GB}} = \frac{\bar{n}_k q^B (a_k - 2p_k^{GB} + \beta p_k^{GA})}{q^A + q^B}.$$

令  $\partial \pi_k^{GA} / \partial p_k^{GA} = 0, \partial \pi_k^{GA} / \partial s_k^{GA} = 0, \partial \pi_k^{GB} / \partial p_k^{GB} = 0, \partial \pi_k^{GB} / \partial s_k^{GB} = 0$ . 进一步地,可得

$$p_k^{GA*} = \frac{a_k}{2-\beta}, \quad s_k^{GA*} = \frac{q^A \bar{n}_k a_k^2}{\theta(q^A + q^B)(2-\beta)^2},$$

$$p_k^{GB*} = \frac{a_k}{2-\beta}, \quad s_k^{GB*} = \frac{q^B \bar{n}_k a_k^2}{\theta(q^A + q^B)(2-\beta)^2}.$$

此时,式(3)的Hessian矩阵为

$$H = \begin{bmatrix} -\frac{2\bar{n}_k q^A s_k^{GA}}{q^A + q^B} & & & & \\ & \frac{\bar{n}_k q^A (a_k - 2p_k^{GA} + \beta p_k^{GB})}{q^A + q^B} & & & \\ & & \frac{\bar{n}_k q^A (a_k - 2p_k^{GA} + \beta p_k^{GB})}{q^A + q^B} & & \\ & & & & -\theta \\ & & & & & -\theta \end{bmatrix}.$$

显然,  $H$  的一阶顺序主子式  $-\frac{2\bar{n}_k q^A s_k^{GA}}{q^A + q^B} < 0$ . 将  $p_k^{GA*}, s_k^{GA*}, p_k^{GB*}$  和  $s_k^{GB*}$  代入  $H$  中,得到  $H$  的二阶顺序主子式  $\frac{2a_k^2 \bar{n}_k^2 (q^A)^2}{(q^A + q^B)^2 (2-\beta)^2} > 0$ . 因此, Hessian 矩阵  $H$  是负定的. 因此,  $p_k^{GA*}$  和  $s_k^{GA*}$  是式(3)的极大值点,又因为它们可行域内连续可微且驻点唯一,所以  $p_k^{GA*} = \frac{a_k}{2-\beta}$  和  $s_k^{GA*} = \frac{q^A \bar{n}_k a_k^2}{\theta(q^A + q^B)(2-\beta)^2}$  是极大值点也是最大值点. 类似平台A的最优解的证明,平台B的最优解的证明不再赘述.  $\square$

定理1表明:在情形G下,两个平台的最优服务价格仅与消费者对服务价格的敏感性和潜在市场规模相关. 两个平台的最优服务水平还与消费者对服务水平的敏感性、该时段下消费者针对共享产品的平均使用量、共享产品的总投放数量以及每个平台的共享产品的投放量相关.

根据定理1,由式(1)和(2),可得到平台A和平台B最优的实际需求分别为

$$D_k^{GA*} = \frac{\bar{n}_k (q^A)^2 a_k^3}{\theta(q^A + q^B)^2 (2-\beta)^3}, \quad (17)$$

$$D_k^{GB*} = \frac{\bar{n}_k (q^B)^2 a_k^3}{\theta(q^A + q^B)^2 (2-\beta)^3}. \quad (18)$$

将式(17)和(18)代入(3)和(4)中,可得情形G下平台A和平台B的最优利润分别为

$$\pi_k^{GA*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^A)^2 a_k^4}{2\theta(q^A + q^B)^2 (2-\beta)^4} - c_k^A q^A, \quad (19)$$

$$\pi_k^{GB*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^B)^2 a_k^4}{2\theta (q^A + q^B)^2 (2 - \beta)^4} - c_k^B q^B. \quad (20)$$

由式(5)和(6),情形G下平台A和平台B的消费者盈余分别为

$$CS_k^{GA*} = \frac{\bar{n}_k (1 + \beta) (q^A)^2 a_k^4}{2(1 - \beta^2) (q^A + q^B)^2 (2 - \beta)^4}, \quad (21)$$

$$CS_k^{GB*} = \frac{\bar{n}_k (1 + \beta) (q^B)^2 a_k^4}{2(1 - \beta^2) (q^A + q^B)^2 (2 - \beta)^4}. \quad (22)$$

将式(19)~(22)代入(7)中,可得情形G下社会福利为

$$\begin{aligned} SW_k^{G*} = & \frac{\bar{n}_k a_k^4 [(q^A)^2 + (q^B)^2] [\bar{n}_k (1 - \beta^2) + \theta (1 + \beta)]}{2\theta (1 - \beta^2) (q^A + q^B)^2 (2 - \beta)^4} \\ & - c_k^A q^A - c_k^B q^B. \end{aligned} \quad (23)$$

### 3.2 情形S

求解式(10)和(11),可得如下定理.

**定理2** 在情形S下,平台A和平台B的最优服务价格与服务水平分别为

$$\begin{aligned} p_k^{SA*} &= \frac{a_k - q^A - q^B}{1 - \beta}, \quad s_k^{SA*} = \frac{\bar{n}_k q^A (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)}; \\ p_k^{SB*} &= \frac{a_k - q^A - q^B}{1 - \beta}, \quad s_k^{SB*} = \frac{\bar{n}_k q^B (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)}. \end{aligned}$$

**证明** 由式(10)和(11)可知

$$\frac{\partial \pi_k^{SA}}{\partial p_k^{SA}} = \bar{n}_k q^A s_k^{SA} > 0, \quad \frac{\partial \pi_k^{SB}}{\partial p_k^{SB}} = \bar{n}_k q^B s_k^{SB} > 0,$$

即  $\pi_k^{SA}$  关于  $p_k^{SA}$  和  $\pi_k^{SB}$  关于  $p_k^{SB}$  都是增函数. 因此,  $\pi_k^{SA}$  可在  $p_k^{SA}$  的边界处取得最优解,  $\pi_k^{SB}$  也可在  $p_k^{SB}$  的边界处取得最优解. 令

$$p_k^{SA} - a_k - \beta p_k^{SB} + q^A + q^B = 0,$$

$$p_k^{SB} - a_k - \beta p_k^{SA} + q^A + q^B = 0,$$

可得

$$p_k^{SA*} = \frac{a_k - q^A - q^B}{1 - \beta}, \quad p_k^{SB*} = \frac{a_k - q^A - q^B}{1 - \beta}.$$

将  $p_k^{SA*}$  和  $p_k^{SB*}$  分别代入式(10)和(11),可得

$$\pi_k^{SA} = \frac{\bar{n}_k q^A s_k^{SA} (a_k - q^A - q^B)}{1 - \beta} - \frac{\theta (s_k^{SA})^2}{2} - c_k^A q^A,$$

$$\pi_k^{SB} = \frac{\bar{n}_k q^B s_k^{SB} (a_k - q^A - q^B)}{1 - \beta} - \frac{\theta (s_k^{SB})^2}{2} - c_k^B q^B.$$

进而可得

$$\frac{\partial \pi_k^{SA}}{\partial s_k^{SA}} = -\frac{\bar{n}_k q^A (a_k - q^A - q^B)}{\beta - 1} - \theta s_k^{SA},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{SA}}{\partial (s_k^{SA})^2} = -\theta,$$

$$\frac{\partial \pi_k^{SB}}{\partial s_k^{SB}} = -\frac{\bar{n}_k q^B (a_k - q^A - q^B)}{\beta - 1} - \theta s_k^{SB},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_k^{SB}}{\partial (s_k^{SB})^2} = -\theta.$$

因为  $\frac{\partial^2 \pi_k^{SA}}{\partial (s_k^{SA})^2} < 0$  和  $\frac{\partial^2 \pi_k^{SB}}{\partial (s_k^{SB})^2} < 0$ , 所以  $\pi_k^{SA}$  关于  $s_k^{SA}$

是凹函数和  $\pi_k^{SB}$  关于  $s_k^{SB}$  是凹函数. 令  $\frac{\partial \pi_k^{SA}}{\partial s_k^{SA}} = 0$  和

$\frac{\partial \pi_k^{SB}}{\partial s_k^{SB}} = 0$ , 可得

$$s_k^{SA*} = \frac{\bar{n}_k q^A (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)},$$

$$s_k^{SB*} = \frac{\bar{n}_k q^B (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)}. \quad \square$$

与定理1给出的最优服务价格不同,定理2表明:在情形S下,平台A和平台B的最优服务价格不仅与消费者对服务价格的敏感性和该时段的潜在市场规模相关,还与市场中共享产品的总投放数量有关. 类似于定理1的最优服务水平,情形S下平台A和平台B的最优服务水平还与消费者对服务水平的敏感性、该时段的消费者针对共享产品的平均使用量、市场中共享产品的总投放数量以及每个平台针对共享产品的投放量相关.

根据定理2,由式(8)和(9),可得情形S下平台A和平台B的最优实际需求分别为

$$D_k^{SA*} = \frac{\bar{n}_k (q^A)^2 (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)}, \quad (24)$$

$$D_k^{SB*} = \frac{\bar{n}_k (q^B)^2 (a_k - q^A - q^B)}{\theta (1 - \beta)}. \quad (25)$$

将式(24)和(25)代入(10)和(11),可得情形S下平台A和平台B的最优利润分别为

$$\pi_k^{SA*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^A)^2 (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta (1 - \beta)^2} - c_k^A q^A, \quad (26)$$

$$\pi_k^{SB*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^B)^2 (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta (1 - \beta)^2} - c_k^B q^B. \quad (27)$$

由式(12)和(13),可得情形S下平台A和平台B的消费者盈余分别为

$$CS_k^{SA*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^A)^4 (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta^2 (1 - \beta)^2}, \quad (28)$$

$$CS_k^{SB*} = \frac{\bar{n}_k^2 (q^B)^4 (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta^2 (1 - \beta)^2}. \quad (29)$$

将式(26)~(29)代入(14),可得情形S下社会福利为

$$\begin{aligned} SW_k^{S*} = & \frac{\bar{n}_k^2 \theta [(q^A)^2 + (q^B)^2] (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta^2 (1 - \beta)^2} + \\ & \frac{\bar{n}_k^2 [(q^A)^4 + (q^B)^4] (a_k - q^A - q^B)^2}{2\theta^2 (1 - \beta)^2} - \end{aligned}$$

$$c_k^A q^A - c_k^B q^B. \tag{30}$$

### 4 分析与讨论

本节将通过比较两种情形下最优的服务价格、服务水平、实际需求、平台利润、消费者盈余和社会福利, 以获得可以帮助每个平台制定服务价格和服务水平的决策依据.

#### 4.1 服务价格的比较

比较两种情形下平台的服务价格, 可得如下命题. 为了可视化该命题, 采用图1展示  $q^A$  的变化对情形  $G$  和情形  $S$  下平台  $A$  的服务价格的影响. 依据有关服务共享行业的相关规定, 在数值分析中固定潜在市场规模  $a_k = 2$ , 平台  $B$  的共享产品的投放数量  $q^B = 0.5$ , 平均使用量  $\bar{n}_k = 1$ , 服务价格敏感性  $\beta = 0.2$ , 共享产品成本  $c_k^A = c_k^B = 0.2$  和服务水平敏感性  $\theta = 0.7$ , 进而关注关键参数  $q^A$  对最优结果的影响. 由于平台  $A$  的均衡结果和平台  $B$  的均衡结果的对称性, 本文仅展示参数  $q^A$  的变化对平台  $A$  的服务价格、服务水平、实际需求和利润的影响, 以及  $\bar{n}_k$  对消费者盈余和社会福利的影响. 下文的数值分析中的参数除非另有说明, 都将遵循这些设置.

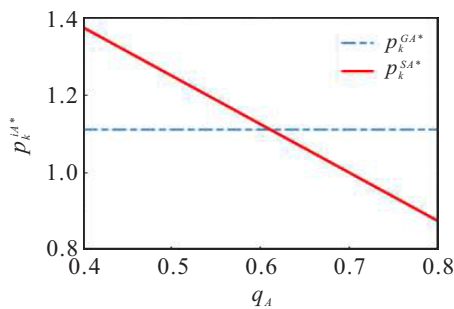


图1  $q^A$  的变化对情形  $G$  和情形  $S$  下平台  $A$  的服务价格  $p_k^{iA*}$  的影响,  $i \in \{G, S\}$

**命题1** 若  $q^A + q^B < \frac{a_k}{2 - \beta}$ , 则  $p_k^{GA*} < p_k^{SA*}$ ,  $p_k^{GB*} < p_k^{SB*}$ ; 否则,  $p_k^{GA*} > p_k^{SA*}$ ,  $p_k^{GB*} > p_k^{SB*}$ .

**证明** 由定理1和定理2, 可得

$$p_k^{SA*} - p_k^{GA*} = \frac{a_k - (q^A + q^B)(2 - \beta)}{(1 - \beta)(2 - \beta)},$$

$$p_k^{SB*} - p_k^{GB*} = \frac{a_k - (q^A + q^B)(2 - \beta)}{(1 - \beta)(2 - \beta)}.$$

此时, 若  $q^A + q^B < \frac{a_k}{(2 - \beta)}$ , 即  $a_k - (q^A + q^B)(2 - \beta) > 0$ , 则  $p_k^{GA*} < p_k^{SA*}$  和  $p_k^{GB*} < p_k^{SB*}$ .  $\square$

命题1表明: 在  $k$  时段, 若两个平台总的共享产品投放量小于一个阈值, 则情形  $S$  下每个平台的最优服务价格高于情形  $G$  下该平台的最优服务价格. 这是因为: 如果两个平台投放共享产品的总数量小于

一个阈值, 即市场的总供应小于总潜在需求, 则两个平台都会设置较高的服务价格. 这个结果可为平台提供关于定价决策的管理启示: 在竞争市场中, 平台应该通过多种方式获知竞争对手的共享产品投放数量、潜在的市场需求和消费者对竞争对手的服务价格的敏感性, 并结合自身的共享产品投放数量来预判不同时间段的供需情况. 在高峰时段, 平台应该设置一个较高的服务价格; 在低峰时段, 平台应该下调服务价格. 命题1在一定程度上解释了共享汽车平台“Zerocar”在白天时间段为何会设置一个较高的共享汽车服务价格, 而在晚间时段会设置一个较低的共享汽车服务价格.

#### 4.2 服务水平的比较

比较两种情形下平台的服务水平, 可得如下命题. 为了可视化该命题, 采用图2来展示  $q^A$  的变化对情形  $G$  和情形  $S$  下平台  $A$  的服务水平的影响.

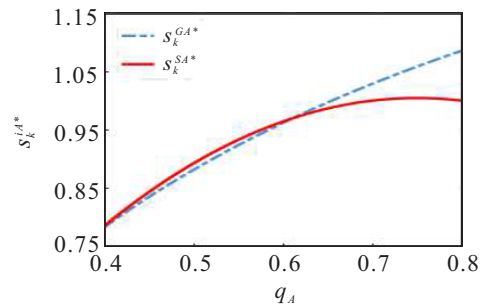


图2  $q^A$  的变化对情形  $G$  和情形  $S$  下平台  $A$  的服务水平  $s_k^{iA*}$  的影响,  $i \in \{G, S\}$

**命题2** 若  $q^A + q^B < \frac{a_k}{2 - \beta}$ , 则  $s_k^{GA*} < s_k^{SA*}$ ,  $s_k^{GB*} < s_k^{SB*}$ ; 否则,  $s_k^{GA*} > s_k^{SA*}$ ,  $s_k^{GB*} > s_k^{SB*}$ .

**证明** 由定理1和定理2, 可得

$$s_k^{SA*} - s_k^{GA*} = \frac{a_k^2 \beta^2}{4(2 - \beta)^2} - \left( q^A + q^B - \frac{a_k}{2} \right)^2 = \left( \frac{a_k}{2 - \beta} - q^A - q^B \right) \left[ \frac{a_k(1 - \beta)}{2 - \beta} + q^A + q^B \right].$$

此时, 若  $0 < q^A + q^B < \frac{a_k}{2 - \beta}$ , 则  $s_k^{SA*} > s_k^{GA*}$ . 类似地, 考虑到  $s_k^{SA*}$  和  $s_k^{GA*}$  分别与  $s_k^{GB*}$  和  $s_k^{SB*}$  的对称性,  $s_k^{GB*}$  和  $s_k^{SB*}$  的比较分析不再赘述.  $\square$

类似于命题1, 命题2表明: 在  $k$  时段, 若两个平台总的共享产品投放量小于一个阈值, 则情形  $S$  下一个平台的最优服务水平高于情形  $G$  下该平台的最优服务水平; 否则, 情形  $S$  下一个平台的最优服务水平小于情形  $G$  下该平台的最优服务水平. 这是因为: 当市场的总供应小于潜在需求时, 为了最大程度地满足更

多的消费者的需求,两个平台都会设置较高的服务水平来协调各个区域的共享产品的数量部署. 这个结果说明:在不同的时段,平台应该设置不同的服务水平来协调各个区域的共享产品的数量部署. 例如,在高峰时段,平台应该提前在需求较大的区域部署更多数量的共享产品. 命题2在一定程度上解释了为何在周一至周五的早晚高峰时段,会看到共享单车平台“哈啰单车”运维人员在地铁站和公交站等附近忙碌地摆放共享单车,并协调货车来转运不同停车点内的共享单车.

### 4.3 实际需求比较

比较两种情形下平台的实际需求,可得如下命题. 为了可视化该命题,采用图3来展示 $q^A$ 的变化对情形G和情形S下平台A的实际需求的影响.

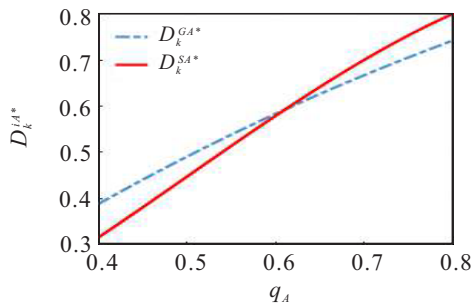


图3  $q^A$ 的变化对情形G和情形S下平台A的实际需求 $D_k^{iA^*}$ 的影响,  $i \in \{G, S\}$

**命题3** 若 $(a_k - q^A - q^B)(q^A + q^B)^2 > \frac{a_k^3(1-\beta)}{(2-\beta)^3}$ ,

则 $D_k^{GA^*} < D_k^{SA^*}$ 和 $D_k^{GB^*} < D_k^{SB^*}$ ; 否则, $D_k^{GA^*} > D_k^{SA^*}$ 和 $D_k^{GB^*} > D_k^{SB^*}$ .

**证明** 由式(17)和(24),可得

$$D_k^{SA^*} - D_k^{GA^*} = \frac{\bar{n}_k(q^A)^2[(a_k - q^A - q^B)(q^A + q^B)^2(2-\beta)^3 - a_k^3(1-\beta)]}{\theta(1-\beta)(q^A + q^B)^2(2-\beta)^3}$$

此时,若 $(a_k - q^A - q^B)(q^A + q^B)^2 > \frac{a_k^3(1-\beta)}{(2-\beta)^3}$ , 则 $D_k^{SA^*} > D_k^{GA^*}$ . 类似地,考虑到对称性,针对式(18)和(25)的 $D_k^{GB^*}$ 和 $D_k^{SB^*}$ 的比较分析,这里不再赘述. □

命题3表明:在 $k$ 时段,若两个平台总的共享产品投放量满足一定条件,即 $(a_k - q^A - q^B)(q^A + q^B)^2 > \frac{a_k^3(1-\beta)}{(2-\beta)^3}$ ,则情形S下一个平台的实际需求高于情形G下该平台的实际需求;否则,情形S下一个平台的实际需求小于情形G下该平台的实际需求. 这是因为:在情形S下,较高的服务水平会满足更多的消费者的需求,进而导致一个较大的实际需求. 这个结

果说明:针对不同的时段的供与需之间的实际关系,每个平台应该设置不同的服务价格和服务水平来协调各个区域的供应与需求,这可以在一定程度上缓解高峰时段的需求压力.

### 4.4 平台利润比较

比较两种情形下平台的利润,可得如下命题. 为了可视化该命题,采用图4来展示 $q^A$ 的变化对情形G和情形S下平台A的利润的影响.

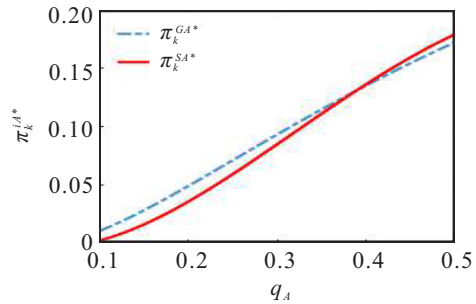


图4  $q^A$ 的变化对情形G和情形S下平台A的利润 $\pi_k^{iA^*}$ 的影响

**命题4** 若

$$(q^A + q^B)^2(a_k - q^A - q^B)^2 > \frac{(1-\beta)^2 a_k^4}{(2-\beta)^4},$$

则 $\pi_k^{GA^*} < \pi_k^{SA^*}$ ,  $\pi_k^{GB^*} < \pi_k^{SB^*}$ , 否则 $\pi_k^{GA^*} > \pi_k^{SA^*}$ ,  $\pi_k^{GB^*} > \pi_k^{SB^*}$ .

**证明** 由式(19)和(26),可得

$$\begin{aligned} \pi_k^{SA^*} - \pi_k^{GA^*} = & \frac{\bar{n}_k^2(q^A)^2(q^A + q^B)^2(a_k - q^A - q^B)^2(2-\beta)^4}{2\theta(1-\beta)^2(q^A + q^B)^2(2-\beta)^4} - \\ & \frac{\bar{n}_k^2(q^A)^2 a_k^4(1-\beta)^2}{2\theta(1-\beta)^2(q^A + q^B)^2(2-\beta)^4}. \end{aligned}$$

此时,若 $(q^A + q^B)^2(a_k - q^A - q^B)^2 > \frac{a_k^4(1-\beta)^2}{(2-\beta)^4}$ , 则 $\pi_k^{SA^*} > \pi_k^{GA^*}$ . 类似地,考虑到对称性,针对式(20)和(27)的 $\pi_k^{GB^*}$ 和 $\pi_k^{SB^*}$ 的大小比较,这里不再赘述. □

命题4表明:在 $k$ 时段,若两个平台总的共享产品投放量满足一定条件,即 $(q^A + q^B)^2(a_k - q^A - q^B)^2 > \frac{(1-\beta)^2 a_k^4}{(2-\beta)^4}$ ,则情形S下一个平台的利润高于情形G下该平台的利润;否则,情形S下一个平台的利润小于情形G下该平台的利润. 这是因为:若两个平台的共享产品投放量满足一定条件,则意味着在情形S下较高的服务价格带来的利润大于较高的服务水平带来的利润,进而导致情形S下一个平台的利润高于情形G下该平台的利润. 这个结果可以为平台提供

关于不同时段下服务价格和服务水平联合决策的重要启示: 一个平台可以通过采用实证调查等多种方式获知竞争对手的共享产品投放量和潜在的市场需求等信息, 并预估不同时段下供应与需求之间的关系, 进而该平台根据上述信息在不同时段设置合适的服务价格和服务水平以获取最优利润. 例如, 在高峰时段到来之前, 平台可设置较高的价格来尽可能实现供需平衡, 同时, 提供服务水平来尽可能高效地满足消费者的需求.

### 4.5 消费者盈余的比较

比较两种情形下平台的消费者盈余, 可得如下命题. 为了可视化该命题, 采用图5来展示  $\bar{n}_k$  的变化对情形G和情形S下消费者盈余的影响. 依据服务共享行业的相关规定, 在数值分析中固定潜在市场规模  $a_k = 2$ , 平台A的共享产品的投放数量  $q^A = 0.7$ , 平台B的共享产品的投放数量  $q^B = 0.5$ , 服务价格敏感性  $\beta = 0.2$ , 共享产品成本  $c_k^A = c_k^B = 0.2$  和服务水平敏感性  $\theta = 0.7$ . 下文的数值分析中的参数设置除非另有说明, 都将遵循这些设置.

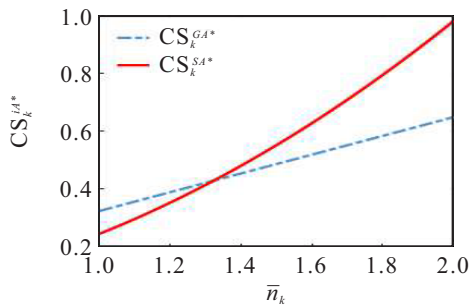


图5  $\bar{n}_k$  的变化对消费者盈余  $CS_k^{iA*}$  的影响

**命题5** 若  $\bar{n}_k > \bar{n}_k^{CS}$ , 则  $CS_k^{Gj*} < CS_k^{Sj*}$ ; 否则,  $CS_k^{Gj*} > CS_k^{Sj*}$ , 其中  $j \in \{A, B\}$ .

**证明** 由式(21)和(28)可得: 若  $\bar{n}_k > \bar{n}_k^{CS} = \frac{\theta^2(1+\beta)(1-\beta)^2 a_k^4}{(q^A)^2(a_k - q^A - q^B)^2(q^A + q^B)^2(1-\beta^2)(2-\beta)^4}$ , 则有  $CS_k^{SA*} > CS_k^{GA*}$ . 类似地, 考虑到对称性, 针对式(22)和(29)的  $CS_k^{GB*}$  和  $CS_k^{SB*}$  的比较被省略. □

命题5表明: 在  $k$  时段, 若消费者针对共享产品的平均使用量大于一个阈值, 则情形S下一个平台的消费者盈余大于情形G下该平台的消费者盈余; 否则, 情形S下一个平台的消费者盈余小于情形G下该平台的消费者盈余. 这是因为: 当消费者针对共享产品的平均使用量大于一个阈值时, 情形S下较高的服务水平使更多的消费者受益, 这会导致一个更高的实际需求和更高的消费者盈余. 这个结果表明: 如果平台想要维护自己的消费者群体, 则其在高峰时段应

该尽可能地通过设置合适的服务价格和服务水平来满足更多的消费者需求, 而在低峰时段应该下调服务价格来吸引消费者使用共享产品.

### 4.6 社会福利比较

比较情形S和情形G的社会福利, 可得如下命题. 为了可视化该命题, 采用图6来展示  $\bar{n}_k$  的变化对情形G和情形S下社会福利的影响.

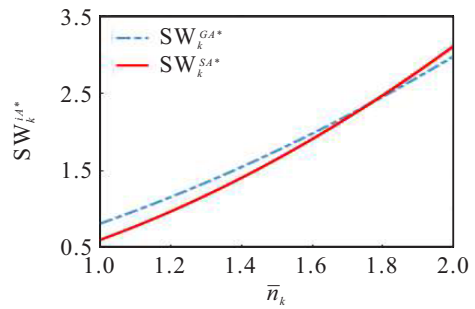


图6  $\bar{n}_k$  的变化对社会福利  $SW_k^{i*}$  的影响

**命题6** 若  $\bar{n}_k > \bar{n}_k^{SW}$ , 则  $SW_k^{G*} < SW_k^{S*}$ ; 否则,  $SW_k^{G*} > SW_k^{S*}$ .

**证明** 由式(23)和(30)可知: 若  $\bar{n}_k > \bar{n}_k^{SW} = \frac{\theta^2(1+\beta)(1-\beta)^2[(q^A)^2 + (q^B)^2]a_k^4}{(1-\beta^2)[W(a_k - q^A - q^B)^2(q^A + q^B)^2(2-\beta)^4 - Q]}$ , 则  $SW_k^{G*} < SW_k^{S*}$ . 其中  $W = \theta(q^A)^2 + \theta(q^B)^2 + (q^A)^4 + (q^B)^4$ ,  $Q = \theta[(q^A)^2 + (q^B)^2](1-\beta)^2 a_k^4$ .

命题6表明: 在  $k$  时段, 若消费者针对共享产品的平均使用量大于一个阈值, 则情形S下的社会福利大于情形G下的社会福利; 否则, 情形S下的社会福利小于情形G下的社会福利. 这是因为: 当消费者针对共享产品的平均使用量大于一个阈值时, 虽然情形S下的平台利润可能不是最大的(见命题4的解释), 但消费者盈余是最大的(见命题5的解释). 由于消费者盈余的增加大于平台利润的减少, 情形S下的社会福利大于情形G下的社会福利. 这个结果可以为平台提供管理启示: 对于考虑社会福利的平台而言, 在不同时段, 其设置相同的服务价格和服务水平并不是一个好的决策行为, 其应该动态调整不同时段的服务水平和服务价格.

### 4.7 消费者对服务价格和服务水平敏感性的影响

本节将通过数值分析来观察参数  $\beta$  和  $\theta$  的变化对情形S和情形G下平台A的实际需求与利润和社会福利的影响, 如图7和图8所示. 需要注意的是, 由于平台A的均衡结果和平台B的均衡结果的对称性, 这里仅展示参数  $\beta$  和  $\theta$  的变化对平台A的实际需求与利润和社会福利的影响.

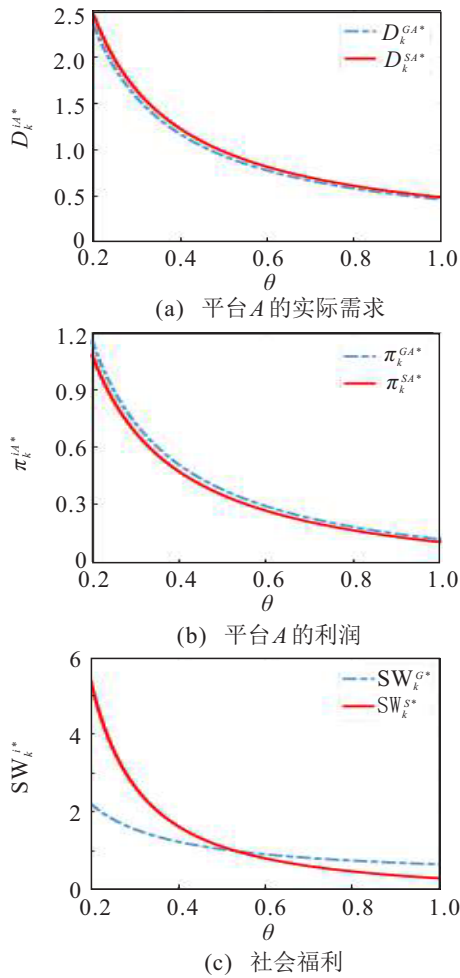


图7  $\beta$ 的变化对平台A的实际需求与利润和社会福利的影响

由图7可以看出:随着 $\beta$ 的增加,情形S和情形G下平台A的实际需求与利润和社会福利都会增加,但情形S下平台A的实际需求会先大于后小于情形G下平台A的实际需求,而情形S下平台A的利润均会先小于后大于情形G下平台A的利润,而情形S下社会福利小于情形G下社会福利.这是因为:随着消费者对服务价格敏感性的增加,两个平台的竞争会加剧,进而两个平台都会降低各自的服务价格来吸引消费者,导致情形S和情形G下平台A的实际需求与利润和社会福利都会增加.这个结果在一定程度上解释了在2023年的5月份,“联动云”为何在指定的68个中国城市中隆重推出免除共享汽车的起步价活动.该活动间接地降低了“联动云”共享汽车的服务价格,缓解了消费者对共享汽车服务价格的敏感性,进而增加了低峰时段和高峰时段下“联动云”的实际需求与利润.

由图8可以看出:随着 $\theta$ 的增加,情形S和情形G下平台A的实际需求与平台利润和社会福利都会降低,但情形S下平台A的实际需求大于情形G下平台

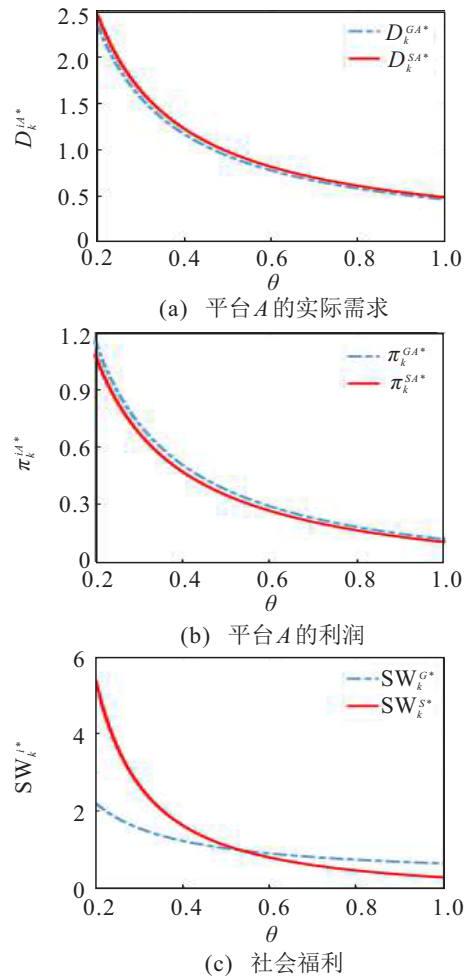


图8  $\theta$ 的变化对平台A的实际需求与利润和社会福利的影响

A的实际需求,情形S下平台A的利润小于情形G下平台A的利润,而情形S下社会福利先大于后小于情形G下社会福利.

## 5 结论

针对服务共享中存在供大于需和供小于需两种情形,本文研究了两个竞争的B2C服务共享平台的最优服务价格和服务水平的均衡决策.通过构建和求解每种情形下两个平台的Nash博弈模型、消费者盈余函数和社会福利函数,得到了均衡结果,包括平台的最优服务价格、服务水平、实际需求和利润,以及消费者盈余和社会福利.进一步地,通过比较分析两种情形的均衡结果,得到了如下主要发现:

1) 若两个平台总的共享产品投放量小于一个阈值,则情形S下一个平台的最优服务价格、服务水平和利润分别大于情形G下该平台的最优服务价格、服务水平和利润;否则,情形S下一个平台的最优服务价格、服务水平和利润分别小于情形G下该平台的最优服务价格、服务水平和利润.

2) 当消费者针对共享产品的平均使用量大于一

个阈值时,情形 $G$ 下一个平台的消费者盈余会小于情形 $S$ 下该平台的消费者盈余. 此外,当消费者针对共享产品的平均使用量较大时,情形 $S$ 下的社会福利大于情形 $G$ 下的社会福利.

本文研究的主要发现可为竞争市场下B2C服务共享平台提供若干实用的管理启示. 在竞争环境下,每个追求利润最大化的平台应该采用调查手段、依据第三方机构提供的调查报告和产品服务共享行业的发展报告或通过大数据收集与分析来获知竞争对手的产品投放量,以及竞争对手的用户寻找附近共享产品和使用共享产品的数据,并结合平台自身存储的用户数据来估算不同时段下潜在的消费者需求,进而基于不同时段下消费者使用需求的测量来区分不同时段下的供需情况. 运营商应该使用大数据技术进一步估计在一段时期内不同时段下消费者针对共享产品的平均使用量. 根据上述获得的关键信息,平台在不同时段去动态制定合适的服务水平和价格. 例如,在高峰时段,平台应该制定较高的服务水平和价格;在低峰时段,平台应该下调服务水平和价格.

今后的研究工作还可以在两个方面进行拓展: 1) 探讨需求不确定下两个平台的均衡决策; 2) 考虑政府以社会福利最大化为目标来决策两个平台的共享产品投放量及其对两个平台的服务水平和价格的均衡决策的影响.

#### 参考文献(References)

- [1] 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.
- [2] 董仲鹏, 樊治平. 共享经济环境下追求利润和消费者盈余双重目标的OEM商业模式选择[J]. *工程管理科技前沿*, 2022, 41(5): 9-17.  
(Dong Z P, Fan Z P. Business model choice for an OEM pursuing the dual goals of profit and Consumer surplus in the sharing economy environment[J]. *Frontiers of Science and Technology of Engineering Management*, 2022, 41(5): 9-17.)
- [3] Huang C Y, Fan Z P, Zhang C. Optimal pricing and pricing policy selection for a B2C car-sharing platform during peak and off-peak hours[J]. *Information Sciences*, 2022, 604: 197-209.
- [4] 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.
- [5] Pei J, Yan P, Kumar S, et al. How to react to internal and external sharing in B2C and C2C[J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30(1): 145-170.
- [6] Tian L, Jiang B J, Xu Y F. Manufacturer's entry in the product-sharing market[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2021, 23(3): 553-568.
- [7] Jia J X, Hao L Y, Chen S H, et al. Vehicles manufacturer's pricing strategies considering service level of car-sharing modes[J]. *Annals of Operations Research*, 2022, 315(2): 1755-1773.
- [8] Chen Y J, Wang D, Chen K H, et al. Optimal pricing and availability strategy of a bike-sharing firm with time-sensitive customers[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 228: 208-221.
- [9] Wen X, Siqin T N. How do product quality uncertainties affect the sharing economy platforms with risk considerations? A mean-variance analysis[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 224: 107544.
- [10] Abouee-Mehrzi H, Baron O, Berman O, et al. Adoption of electric vehicles in car sharing market[J]. *Production and Operations Management*, 2021, 30(1): 190-209.
- [11] Guo D L, Fan Z P, Sun M H. B2C car-sharing services: Sharing mode selection and value-added service investment[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2022, 165: 102836.
- [12] Dong Z P, Fan Z P, Wang N N. An analysis of pricing strategy for bike-sharing services: The role of the inconvenience cost[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2023, 175: 103146.
- [13] Zhang Y, Huang M, Tian L, et al. Manufacturer's product line selling strategy and add-on policy in product sharing[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 308(3): 1332-1343.
- [14] Zhang P, Shi V, Shao L Z, et al. When can a manufacturer benefit from adding a direct sharing channel?[J]. *European Journal of Operational Research*, 2023, 309(1): 371-386.
- [15] Wang X, Ng C T, Dong C W. Implications of peer-to-peer product sharing when the selling firm joins the sharing market[J]. *International Journal of Production Economics*, 2020, 219: 138-151.
- [16] 谭春桥, 李尽展, 周丽. 基于Bertrand博弈的共享单车定价与投放联合策略研究[J]. *控制与决策*, 2021, 36(7): 1786-1792.  
(Tan C Q, Li J Z, Zhou L. Joint pricing and launching strategy for bike-sharing enterprises based on Bertrand game[J]. *Control and Decision*, 2021, 36(7): 1786-1792.)

- [17] 谭春桥, 杨慧娟, 易文桃. 基于纳什谈判的共享经济区块链网络PoS共识传播博弈分析[J]. 控制与决策, 2022, 37(1): 219-229.  
(Tan C Q, Yang H J, Yi W T. Game analysis for PoS incentive consensus propagation in sharing economy blockchain network based on Nash negotiation[J]. Control and Decision, 2022, 37(1): 219-229.)
- [18] 吴禄彬, 章宇, 连宗凯, 等. 共享汽车系统空车调度的鲁棒优化模型[J]. 控制与决策, 2023, 38(2): 519-527.  
(Wu L B, Zhang Y, Lian Z K, et al. Robust optimization model for empty vehicle scheduling in vehicle-sharing system[J]. Control and Decision, 2023, 38(2): 519-527.)
- [19] Arya A, Mittendorf B, Ramanan R N V. Beyond profits: The rise of dual-purpose organizations and its consequences for disclosure[J]. The Accounting Review, 2019, 94(1): 25-43.
- [20] Singh N, Vives X. Price and quantity competition in a differentiated duopoly[J]. The RAND Journal of Economics, 1984, 15(4): 546-554.
- [21] Bian Y W, Cui Y T, Yan S, et al. Optimal strategy of a customer-to-customer sharing platform: Whether to launch its own sharing service?[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2021, 149: 102288.

### 作者简介

樊治平(1961—), 男, 教授, 博士生导师, 从事运作管理、决策分析等研究, E-mail: zpfan@mail.neu.edu.cn;

董仲鹏(1991—), 男, 博士生, 从事共享经济、运作管理等研究, E-mail: zhongpeng\_dong@outlook.com;

池雪(1992—), 女, 博士生, 从事共享经济、运作管理等研究, E-mail: x.chi@outlook.com.



**特邀专家** 樊治平, 1986年至今在东北大学工商管理学院从事教学科研工作, 于1996年获得东北大学自动控制理论及应用专业工学博士学位, 1998年破格晋升为教授。现任东北大学管理科学与工程学科带头人, 兼任教育部科技委管理学部委员。教育部长江学者特聘教授、国家杰出青年科学基金获得者。主要研究方向: 运作管理与决策分析。主持完成国家自然科学基金项目多项(含杰青、重大研究计划和重点项目), 在国际重要期刊上发表论文近200篇, 连续9年(2014年~2022年)入选中国高被引学者榜单。作为主要完成人曾分别获得省部级科技进步奖、自然科学奖6项, 教育部高校科学研究优秀成果奖(人文社会科学)2项, 省部级人文社科优秀成果奖(政府奖)6项。

**专家寄语** 饮水思源, 深切感激母校的栽培, 也非常关心母校的建设和发展。值东北大学百年华诞之际, 祝愿母校积历史之厚蕴, 宏图更展! 再谱华章!