

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2025.01.002

竞争视角下考虑长短途乘客的巡游车定价策略^①

李 想^{1, 2}, 聂发鹏^{1, 3}, 张 艺^{4, 1*}

(1. 北京化工大学经济与管理学院, 北京 100029; 2. 北京理工大学管理学院, 北京 100081;
3. 西北工业大学管理学院, 西安 710072; 4. 中国人民大学数学学院, 北京 100872)

摘要:近年来,巡游车市场份额遭到网约车的蚕食,并存在被赶出出租车市场的风险。为了应对风险,促进巡游车与网约车融合发展,调整巡游车价格是一种有效手段。本研究考虑了网约车竞争和长短途乘客出行成本的差异,基于概率选择模型分析两类乘客的出行选择行为,构建Stackelberg博弈模型分析竞争环境下的巡游车定价问题,探索出租车市场的均衡状态。研究发现:1)当巡游车起步价和单位里程价都相对较低时,巡游车和网约车可融合发展;2)为了避免被赶出市场,巡游车应设置较低的起步价和单位里程价,形成短途竞争、长途竞争的均衡市场状态;3)在均衡市场中,乘客偏好增加会使网约车和巡游车收益提高。进一步,当乘客偏好较高时,增加乘客偏好能提高乘客剩余。

关键词:巡游车定价;网约车定价;市场均衡;长短途乘客

中图分类号: F570.71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2025)01-0017-12

0 引 言

近年来,我国的网约车市场迅速崛起,对巡游车市场形成了巨大冲击^[1]。据《中国共享经济发展报告(2021)》,2016年—2019年网约车实现了客运量翻倍,而同期的巡游车客运总量逐年走低,三年下降29.8%^[2]。在这种冲击下,巡游车存在被赶出出租车市场的风险。虽然网约车在常规情况下能够为乘客提供更为便捷、舒适的乘车服务,但在恶劣天气、突发客流等极端情况下,巡游车能够以稳定的运价与运力保障乘客出行,因此巡游车与网约车各具优势,二者的融合发展是确保我国出租车市场健康稳定的最佳选择^[2]。

由于确保出租车市场稳定的有效方法是政府

制定合理的巡游车价格,因此本研究从政府角度出发,研究巡游车定价决策。该决策包含乘客出行选择和网约车竞争两个问题。从乘客出行选择来看,乘客拥有巡游车、网约车和公共交通等多种出行选择。不同出行选择,乘客支付的费用也不同。且短途乘客仅需支付起步价,而长途乘客不仅支付起步价还要支付里程费。从网约车的竞争来看,政府先公布巡游车起步价和单位里程价,网约车平台观察到巡游车价格后会相应调整自己的定价策略,因此巡游车定价需要考虑到平台的反应。由此可见,巡游车定价决策本质上是一个Stackelberg博弈问题,其中巡游车是博弈的主导者,网约车是跟随者。当该博弈均衡时,出租车市场达到稳

① 收稿日期:2021-08-25; 修订日期:2022-06-16。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71931001; 72201022); 中国博士后科学基金项目(2021M690317); 中央校基本科研业务费专项资金(ZY2114); 北京化工大学一流学科建设专项资金(XK1802-5)资助。

通讯作者:张 艺(1992—),男,北京朝阳人,博士,讲师。Email: ethanzhang@ruc.edu.cn

② 据中国共享经济发展报告(2021),2016年—2019年网约车客运量在出租车市场中的占比分别为:16.6%、30.1%、36.3%、36.5%。结合出租车行业客运总量数据(数据来源:https://www.sohu.com/a/428421776_473133),计算得到网约车和巡游车的客运数据,发现:2016年网约车客运量62.64亿人次,到2019年客运量达到126.98亿人次;2016年巡游车客运量314.71亿人次,到2019年下降为220.91亿人次。

定均衡状态。

除价格因素以外,出行特征、市场规模、乘客偏好等外部环境因素也会影响出租车市场。随着我国经济快速增长,城市居民生活水平不断提升,以出租车作为出行工具的乘客越来越多,所以,在长周期内,乘客出行特征和出租车市场规模会发生变化。另外,经济的迅速发展还导致了乘客对出行品质要求不断提高,网约车暂时因其便捷、舒适的服务获得了乘客的偏好,而巡游车也正在尝试通过更换高级车型、开通线上运营等方式来弥补自身劣势,所以,在长周期内,乘客的偏好也会因网约车和巡游车提供服务的差异而变化。因此,分析出行特征、市场规模、乘客偏好等外部环境因素对出租车市场均衡状态产生的影响既有理论价值又有现实需求。

现有文献针对竞争环境下出租车市场均衡的研究相对较少。于跃等^[3]运用演化博弈方法发现巡游车被网约车赶出市场是唯一演化稳定解; Yu 等^[4]发现当巡游车价格较高且网约车司机数量较多时,巡游车会被网约车赶出市场。然而,以上研究都忽视了长短途乘客支付的费用不同导致的出行选择的差异,研究表明不同类型乘客的差异性行为会让均衡产生偏离^[5, 6]。因此,本研究综合考虑了长短途乘客的出行选择行为,研究了出租车市场的均衡问题。其次,现有文献大多分别研究巡游车和网约车的定价问题^[7, 8]。然而,由于网约车服务的出现对传统巡游车带来了新的竞争,特别是乘客需求端出现了明显的分流效应^[9],基于以上分析,本研究运用乘客出行选择模型,研究带有网约车竞争的巡游车定价问题以促进巡游车与网约车的融合发展,具体研究问题如下:出租车市场是否存在均衡状态?若存在,均衡市场价格如何确定?出行特征、市场规模、乘客偏好等外部环境因素变化如何影响均衡市场?

为了解答这些问题,本研究建立了 Stackelberger 博弈模型,并用逆向递归法求解。最后,考虑到长周期内乘客偏好、出行特征、市场规模等外部环境因素会发生变化,本研究通过敏感性分析来探索外部环境对出租车市场均衡的影响。研究发现:1)当巡游车起步价和单位里程价相对网约车起步价和单位里程价均较低时,巡游车有低价优势,网约车有乘客偏好优势,这使得出租车市场达到

均衡状态,反之,巡游车将被赶出市场;2)在均衡市场状态下,巡游车的最优策略是根据乘客偏好和平均出行距离,设置一个较低的起步价和单位里程价以占据低价优势;3)乘客偏好是影响均衡市场状态的主要因素。均衡市场状态下,一方面,网约车因乘客偏好优势使其市场占比高于巡游车。另一方面,若乘客偏好增大,网约车和巡游车会分别从需求优势和价格优势中获益;进一步,当乘客偏好较大时,增加乘客偏好带来的效用能使乘客获得更高的剩余。

1 文献综述

本研究考虑长短途乘客的出行选择行为和网约车竞争研究巡游车定价问题。与本研究最相关的文献有三类:1)考虑乘客异质性的运营管理研究;2)网约车定价研究;3)政府规制下的巡游车定价研究。下面分别从这三个角度对国内外文献进行综述。

在乘客异质性方面,学者们研究了不同类型的乘客异质性对运营管理的影响^[10-14]。Ni 等^[15]研究了服务质量敏感性不同的两类乘客,发现通过区别对待不同类型的乘客,企业可以获得更多的收益。Zhong 等^[16]研究了乘客对拥堵敏感性的异质性对于网约车平台、网约车司机和乘客的影响,研究发现对拥堵敏感性不同的乘客提供差异化服务可以增加网约车平台收益、乘客剩余和社会福利,但是会伤害司机的福利。

在网约车定价方面,学者们会同时考虑乘客和司机的行为来研究网约车平台的定价策略^[17, 18]。Bai 等^[19]考虑了由网约车平台、网约车司机和乘客构成的双边市场,在考虑服务拥挤度的条件下,给出了网约车最优定价策略。Taylor 等^[20]研究了司机独立性对网约车平台定价决策的影响,发现由于司机的机会成本存在不确定性,司机的独立性会使网约车平台降低价格。张凯等^[21]研究了统一定价和歧视定价两种策略,发现歧视定价策略比统一定价策略更有利于平台获得较高利润,但是不利于两边用户效用和社会福利水平的提升。孙中苗和徐琪^[22]在乘客需求随机波动的条件下研究了网约车平台的定价问题,发现

需求市场竞争越激烈,平台定价越低,而供应市场竞争越激烈,平台定价越高.

在巡游车定价方面,杨浩雄等^[23]以最大化巡游车行业利润为目标研究定价问题,并分析网约车平台补贴对巡游车行业的影响,发现网约车平台补贴虽然会降低巡游车需求,但是不会将巡游车赶出市场. 赵道致等^[24]考虑了网络外部性对出租车市场均衡的影响,发现当网络外部性为正时,高差异化服务才能实现二者融合发展;当网络外部性为负时,无需其他约束,两种服务皆可融合发展. Yang 等^[25]考虑了包含政府、网约车平台、网约车司机、巡游车司机及乘客的系统,发现政府可以通过降低巡游车价格提升社会福利.

2 问题描述

本章将主要介绍出行系统构成、基本假设及博弈顺序.

2.1 出行系统

考虑一个由巡游车、网约车和公共交通构成的出行系统. 记乘客出行方式集合 $V = \{R, T, P\}$, 其中 R 代表网约车, T 代表出租车, P 代表公共交通. 巡游车企业无自主定价权,其起步价和单位里程价由政府制定,收益归巡游车司机所有. 巡游车起步价和单位里程价分别记为 f_T 和 p_T . 网约车平台拥有自主定价权,其网约车起步价与单位里程价由网约车平台制定,收益按一定比例 α 与网约车司机分成. 相应网约车起步价与单位里程价分别记为 f_R 和 p_R . 公共交通一般按距离分段式收费. 在该出行系统中,乘客根据效用选择出行方式,其乘坐巡游车、网约车和公共交通获得的单位效用分别记为 v_T , v_R 和 v_P .

2.2 基本假设

假设1 通过调研我国北京、上海、重庆、西安等城市出租车市场,发现大部分城市巡游车和网约车具有相同的起步里程. 鉴于此,假设巡游车与网约车的起步里程相同.

假设2 根据文献综述的结果,出租车定价方面的研究大多针对供过于求场景^[19, 26]. 因此,假设巡游车、网约车和公共交通的乘客出行需求都能够被满足.

假设3 为了刻画乘客出行特征的异质性,假设 $v_T \sim U[0, 1]$ 且 $v_R = lv_T$, 其中系数 l 刻画了乘客对网约车的相对偏好程度,简称为乘客偏好^[4, 19]. 进一步,因为相比于巡游车,乘客更偏好于乘坐网约车^[4],即 $l > 1$.

2.3 博弈顺序

本研究采用三阶段 Stackelberg 博弈模型研究出租车市场的均衡. 在第一阶段,政府制定巡游车起步价和单位里程价;在第二阶段,网约车平台根据巡游车价格信息调整网约车起步价和单位里程价;在第三阶段,乘客根据效用选择出行方式.

3 出行方式选择

首先从乘客效用出发,分析网约车和巡游车的需求. 由于乘客是价格敏感型,所以其效用主要受到价格(起步价和单位里程价)的影响. 巡游车和网约车的起步里程记为 d_m . 短途乘客的平均出行距离为 d_1 ($d_1 \leq d_m$), 短途乘客乘坐网约车或巡游车只需要支付相应的起步价. 长途乘客的平均出行距离为 d_2 ($d_2 > d_m$), 长途乘客乘坐网约车或巡游车除了支付起步价外,还需支付里程费,则一个出行距离为 d_2 的长途乘客,乘坐网约车的总支付为 $c_R = f_R + (d_2 - d_m)p_R$, 而乘坐巡游车的总支付为 $c_T = f_T + (d_2 - d_m)p_T$.

根据以上分析,对任意一种出行方式 $i \in V$, 短途乘客和长途乘客的效用可以分别表示为

$$U_i^S = d_1 v_i - f_i \quad (1)$$

$$U_i^L = d_2 v_i - c_i \quad (2)$$

由于公共交通的价格较低,因此将两类乘客乘坐公共交通的效用标准化为零,即 $U_P^L = U_P^S = 0$.

潜在乘客总数为 λ ,其中短途乘客占比为 β ,长途乘客占比为 $1 - \beta$. 根据概率选择模型^[4, 19],短途乘客对网约车、巡游车和公共交通的出行需求分别为

$$\lambda_R^S = \lambda \beta \Pr\{U_R^S \geq U_T^S, U_R^S \geq U_P^S\} \quad (3)$$

$$\lambda_T^S = \lambda \beta \Pr\{U_T^S \geq U_R^S, U_T^S \geq U_P^S\} \quad (4)$$

$$\lambda_P^S = \lambda \beta \Pr\{U_P^S \geq U_R^S, U_P^S \geq U_T^S\} \quad (5)$$

长途乘客对网约车、巡游车和公共交通的出行需求分别为

$$\lambda_R^L = \lambda(1-\beta) \Pr\{U_R^L \geq U_T^L, U_R^L \geq U_P^L\} \quad (6)$$

$$\lambda_T^L = \lambda(1-\beta) \Pr\{U_T^L \geq U_R^L, U_T^L \geq U_P^L\} \quad (7)$$

$$\lambda_P^L = \lambda(1-\beta) \Pr\{U_P^L \geq U_R^L, U_P^L \geq U_T^L\} \quad (8)$$

通过对式(3)一式(8)进行简化,本研究可以分别得到网约车、巡游车和公共交通的长短途需

求,由此可得引理1^③.

引理1 给定巡游车起步价 f_T 、巡游车长途总支付 c_T 、网约车起步价 f_R 、网约车长途总支付 c_R ,两类乘客对巡游车、网约车和公共交通三种出行方式的出行需求见表1.

表1 三种出行方式的乘客需求

Table 1 Passenger demand for three travel modes

条件	网约车	巡游车	公共交通	标记
$f_R > lf_T$	$\lambda\beta\left(1 - \frac{f_R - lf_T}{d_1(l-1)}\right)$	$\lambda\beta\frac{f_R - lf_T}{d_1(l-1)}$	$\lambda\beta\frac{f_T}{d_1}$	SC
$f_R \leq lf_T$	$\lambda\beta\left(1 - \frac{f_R}{d_1l}\right)$	0	$\lambda\beta\frac{f_R}{d_1l}$	SM
$c_R > lc_T$	$\lambda(1-\beta)\left(1 - \frac{c_R - c_T}{d_2(l-1)}\right)$	$\lambda(1-\beta)\frac{c_R - lc_T}{d_2(l-1)}$	$\lambda(1-\beta)\frac{c_T}{d_2}$	LC
$c_R \leq lc_T$	$\lambda(1-\beta)\left(1 - \frac{c_R}{d_2l}\right)$	0	$\lambda(1-\beta)\frac{c_R}{d_2l}$	LM

由表1前两行可知:当网约车起步价相对巡游车起步价较高时($f_R > lf_T$),巡游车与网约车在短途市场上相互竞争,此时的短途市场状态记为短途竞争(SC);当网约车起步价相对巡游车起步价较低时($f_R \leq lf_T$),所有短途乘客都选择网约车,巡游车短途需求为零,这意味着没有短途乘客选择乘坐巡游车从而导致巡游车被赶出短途市场,此时的短途市场状态记为短途垄断(SM).短途市场出现这两种状态是因为网约车需求与乘客偏好正相关,与网约车起步价负相关,所以当网约车起步价较高时,巡游车在短途市场中具有低价优势,而网约车在短途市场中具有乘客偏好优势,因此形成了短途竞争市场.反之,当网约车起步价较低时,网约车同时具有低价优势和乘客偏好优势,由此导致乘客都选择网约车,巡游车被赶出短途市场.与短途市场类似,由表1后两行可知:当长途乘客乘坐网约车的总支付较高时($c_R > lc_T$),长途市场状态记为长途竞争(LC)市场;当长途乘客乘坐网约车的总支付较低时($c_R \leq lc_T$),长途市场状态记为长途垄断(LM)市场.

除了价格外,平均出行距离也是影响需求的关键因素.在短(长)途市场中,随着短(长)途平均出行距离增加,巡游车和公共交通的短(长)

途出行需求将减少,而网约车短(长)途出行需求将增加.这是由于起步价为乘客的固定成本,平均出行距离的增加使得乘客乘坐网约车和巡游车在起步里程内的边际成本同时降低,削弱了巡游车的低价优势,导致了网约车需求增大.同理,公共交通的低价优势减弱,也导致对公共交通的出行需求流向网约车.

引理1 从长途或短途单一视角分析了巡游车和网约车的价格与不同市场状态之间的关系.由于每种出行方式的总需求由长短途需求两部分组成,为了分析巡游车是否会被赶出市场,下面从总需求视角分析各出行方式,结果见表2.

结合表2中第1列的条件,分析表2前三行发现:在三种巡游车价格条件下,巡游车与网约车均可融合发展.具体来说,当巡游车起步价和长途总支付都较低时,形成(SC,LC)市场;当巡游车起步价低和长途总支付高时,形成(SC,LM)市场;当巡游车起步价高而长途总支付相对低时,形成为(SM,LC)市场.

从表2第4行发现:当巡游车起步价和长途总支付均高于网约车时,长短途乘客将选择网约车或者公共交通,这使得巡游车长短途需求都为零,形成(SM,LM)市场.此时,巡游车总需求为零,即巡游车将被赶出市场.Yu等^[4]研究了类似

^③ 全文证明内容,请联系作者邮箱获取.

的问题,但是由于没有考虑乘客出行特征的异质性,所以只得到了当网约车单位里程价较低 ($p_R \leq l p_T$) 时,巡游车会被赶出市场的结论. 本研究通过考虑乘客出行特征的异质性,对巡游车能否存活进行更精细的分析,得到了更加丰富的条件.

表2 不同市场状态下各出行方式的总需求

Table 2 The total demand for various travel modes under different market states

条件	市场状态	总需求
$f_R > l f_T, c_R > l c_T$	SC, LC	网约车: $\lambda \beta \left(1 - \frac{f_R - f_T}{d_1(l-1)}\right) + \lambda(1-\beta) \left(1 - \frac{c_R - c_T}{d_2(l-1)}\right)$
		巡游车: $\lambda \beta \frac{f_R - l f_T}{d_1(l-1)} + \lambda(1-\beta) \frac{c_R - l c_T}{d_2(l-1)}$
		公共交通: $\lambda \beta \frac{f_T}{d_1} + \lambda(1-\beta) \frac{c_T}{d_2}$
$f_R > l f_T, c_R \leq l c_T$	SC, LM	网约车: $\lambda \beta \left(1 - \frac{f_R - f_T}{d_1(l-1)}\right) + \lambda(1-\beta) \left(1 - \frac{c_R}{d_2 l}\right)$
		巡游车: $\lambda \beta \frac{f_R - l f_T}{d_1(l-1)}$
		公共交通: $\lambda \beta \frac{f_T}{d_1} + \lambda(1-\beta) \frac{c_R}{d_2 l}$
$f_R \leq l f_T, c_R > l c_T$	SM, LC	网约车: $\lambda \beta \left(1 - \frac{f_R}{d_1 l}\right) + \lambda(1-\beta) \left(1 - \frac{c_R - c_T}{d_2(l-1)}\right)$
		巡游车: $\lambda(1-\beta) \frac{c_R - l c_T}{d_2(l-1)}$
		公共交通: $\lambda \beta \frac{f_R}{d_1 l} + \lambda(1-\beta) \frac{c_T}{d_2}$
$f_R \leq l f_T, c_R \leq l c_T$	SM, LM	网约车: $\lambda \beta \left(1 - \frac{f_R}{d_1 l}\right) + \lambda(1-\beta) \left(1 - \frac{c_R}{d_2 l}\right)$
		巡游车: 0
		公共交通: $\lambda \beta \frac{f_R}{d_1 l} + \lambda(1-\beta) \frac{c_R}{d_2 l}$

4 考虑网约车竞争的巡游车定价

在乘客出行选择的基础上,本章进一步研究网约车和巡游车的定价问题.

4.1 网约车定价

由上节可知,网约车的长途出行需求和短途出行需求分别为 λ_R^L 和 λ_R^S ,网约车平台的总收益可以表示为

$$\Pi_R = \alpha(f_R \lambda_R^S + c_R \lambda_R^L)$$

因此,本研究得到的结论更加符合实际.

表2展示了不同市场状态的边界,说明了巡游车被赶出市场的条件. 该条件由巡游车和网约车的价格共同决定,因此下面分析考虑网约车竞争的巡游车定价问题.

表2 不同市场状态下各出行方式的总需求

Table 2 The total demand for various travel modes under different market states

网约车平台通过决策起步价 f_R 和单位里程价 p_R 最大化总收益.

回顾表2可知,当巡游车起步价 f_T 和单位里程价 p_T 给定时,存在四种不同的市场状态,不同的市场状态对应于不同的长短途乘客需求. 以 (SC, LC) 市场状态为例,由表2可知,此时网约车平台的短途出行需求和长途出行需求分别为

$$\lambda_R^S = \lambda \beta \left(1 - \frac{f_R - f_T}{d_1(l-1)}\right), \lambda_R^L = \lambda(1-\beta) \left(1 - \frac{c_R - c_T}{d_2(l-1)}\right)$$

此时,网约车平台的定价模型为

$$\max_{f_R, c_R} \Pi_R = \alpha(f_R \lambda_R^S + c_R \lambda_R^L) \\ \text{s. t. } f_R > lf_T, \quad (9)$$

$$c_R > lc_T \quad (10)$$

其中式(9)和式(10)分别为短途竞争约束和长途竞争约束.

为了得到网约车平台定价策略,需要针对不同的市场状态分别构建定价模型,其结构与市场状态(SC, LC)所对应的模型类似,故此处不进行赘述.通过对不同市场状态所对应的定价模型进行求解,本研究可以得到网约车平台的定价策略,其结果见命题1.

命题1 给定巡游车起步价 f_T 和单位里程价 p_T ,网约车的最优反应策略如下

1)若 $(f_T, p_T) \in S_{11}$,则市场处于(SC, LC)状态时网约车平台的收益最大,此时网约车的最优起步价为 f_R^{11} ,最优单位里程价 p_R^{11} ;

2)若 $(f_T, p_T) \in S_{21} \cup S_{22}$,则市场处于(SC, LC)状态时网约车平台的收益最大,此时网约车的最优起步价分别为 f_R^{21} 和 f_R^{22} ,最优单位里程价分别为 p_R^{21} 和 p_R^{22} ;

3)若 $(f_T, p_T) \in S_{31} \cup S_{32}$,则市场处于(SM, LC)状态时网约车平台的收益最大,此时网约车的最优起步价分别为 f_R^{31} 和 f_R^{32} ,最优单位里程价分别为 p_R^{31} 和 p_R^{32} ;

4)若 $(f_T, p_T) \in S_{41} \cup S_{42} \cup S_{43} \cup S_{44}$,则市场处于(SM, LM)状态时网约车平台的收益最大,此时网约车的最优起步价分别为 $f_R^{41}, f_R^{42}, f_R^{43}$ 和 f_R^{44} ,最优单位里程价分别为 $p_R^{41}, p_R^{42}, p_R^{43}$ 和 p_R^{44} .

由命题1可知:当巡游车价格位于区域 S_{11} 时,形成(SC, LC)市场;位于区域 $S_{21} \cup S_{22}$ 时,形成(SC, LM)市场;位于区域 $S_{31} \cup S_{32}$ 时,形成(SM, LC)市场;位于区域 $S_{41} \cup S_{42} \cup S_{43} \cup S_{44}$ 时,形成(SM, LM)市场.进一步,分析各市场状态的边界条件,当 $f_T < d_1(l-1)/(2l-1)$ 时,形成短途竞争;否则,形成短途垄断;当 $c_T < d_2(l-1)/(2l-1)$ 时,形成长途竞争;否则,形成长途垄断.

为了便于理解各区域间的关系,以巡游车起步价为横坐标,巡游车单位里程价为纵坐标,绘制了巡游车价格的价格区域,虚线表示不同区域的

阈值(结果见图1).其中区域N表示无效区域,在该区域内巡游车价格过高导致其需求为负;区域 $S_{11} - S_{44}$ 表示命题1中的不同定价策略.

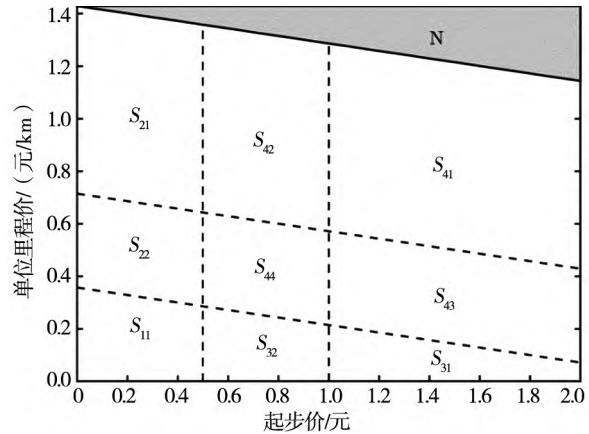


图1 网约车平台的最优反应策略

Fig. 1 The optimal response strategy of the ride-hailing platform

图1给出了巡游车9种可能的价格区域,不同区域内,网约车的最优反应不同.从图中可知,巡游车起步价和单位里程价越低,越有利于形成(SC, LC)市场;反之,可能落入区域 $S_{41} \cup S_{42} \cup S_{43} \cup S_{44}$ 中,使得巡游车因价格过高而被赶出市场.

命题1给出了巡游车价格位于不同区域时的网约车最优反应策略.结果表明:只要巡游车价格不在区域 $S_{41} \cup S_{42} \cup S_{43} \cup S_{44}$ 就能避免巡游车被网约车赶出市场.下面分析巡游车的最优定价.

4.2 巡游车定价

回顾命题1,当巡游车价格过高时,巡游车会被赶出市场,巡游车司机面临失业问题.为了保障出租车市场的稳定,政府需要调整巡游车价格以避免其被赶出市场.为此,本节将研究巡游车定价问题.

由于政府在调整巡游车价格时需同时协调乘客、巡游车行业、网约车行业等多方利益,所以本研究以社会福利作为政府的目标,类似做法也广泛应用于出租车行业定价文献中^[4, 26, 27, 28].为了得到社会福利,下面将分别刻画乘客剩余、巡游车行业收益以及网约车行业收益.

由于乘客分为长短途两类,所以乘客剩余由短途乘客剩余 CS_S 和长途乘客剩余 CS_L 共同构成.通过分析概率选择模型式(3)~式(5)可知,低价值($v_T \in [0, f_T/d_1]$)短途乘客会选择乘坐公

共交通,中等价值($v_T \in [f_T/d_1, (f_R-f_T)/(d_1(l-1))]$)短途乘客会选择乘坐巡游车,高价值($v_T \in [(f_R-f_T)/(d_1(l-1)), 1]$)短途乘客会选择乘坐网约车,结合短途乘客的效用函数式(1),可得短途乘客剩余为

$$CS_S = \lambda \beta \left[\int_{\frac{f_R-f_T}{d_1(l-1)}}^1 (d_1 v_T - f_R) d v_T + \int_{\frac{f_T}{d_1}}^{\frac{f_R-f_T}{d_1(l-1)}} (d_1 v_T - f_T) d v_T \right]$$

类似的,长途乘客剩余可以表示为

$$CS_L = \lambda(1-\beta) \left[\int_{\frac{c_R-c_T}{d_2(l-1)}}^1 (d_2 v_T - c_R) d v_T + \int_{\frac{c_T}{d_2}}^{\frac{c_R-c_T}{d_2(l-1)}} (d_2 v_T - c_T) d v_T \right]$$

类似于第4.1节中对网约车平台收益的刻画方式,本研究可以得到巡游车行业和网约车行业的利润分别为

$$\Pi_T = f_T \lambda_T^S + c_T \lambda_T^L$$

和

$$\Pi_{RD} = f_R \lambda_R^S + c_R \lambda_R^L$$

乘客剩余、巡游车行业收益和网约车行业收益的总和为社会福利,记为 SW . 政府通过决策巡游车价格来最大化社会福利,因此政府的决策问题可以表示为

$$\max_{(f_T, p_T)} SW = CS_S + CS_L + \Pi_T + \Pi_{RD} \quad (11)$$

由命题1可知,当巡游车价格位于不同区域时,网约车的最优反应策略不同,这使得社会福利的取值也不同,因此需要针对不同巡游车价格区域(见图2),考虑网约车的最优反应策略,分别求解巡游车定价模型式(11). 然后比较不同巡游车价格区域的社会福利,得到社会福利最大的巡游车价格,即为全局最优的巡游车定价策略(结果见命题2).

命题2 巡游车存在唯一的最优定价策略,其最优起步价和单位里程价分别为

$$f_T^* = \frac{d_1(l-1)}{4l-1} \quad (12)$$

$$p_T^* = \frac{(d_2-d_1)(l-1)}{(4l-3)(d_2-d_m)} \quad (13)$$

命题2表明在Stackelberg博弈的均衡状态下巡游车仅有唯一的最优定价策略. 这是因为如果巡游车使用其他的定价策略会使得网约车平台根据命题1使用相应的最优反应策略,从而导致巡

游车损失部分或全部的市场,从而减少了巡游车行业的利润. 进一步从需求侧来看,乘客因可选择的服务减少而导致乘客剩余减少,最终导致社会福利减少. 因此,政府为了社会福利最大只有唯一的巡游车价格选择. 注意到巡游车最优的起步价和单位里程价受到平均出行距离、起步里程和乘客偏好的影响. 短途平均出行距离越高其起步价越高,但是单位里程价越低. 巡游车起步里程增加对不会影响其起步价,但是会导致巡游车最优单位里程价上涨. 当乘客偏好的增加时,巡游车的最优选择是同时上调其起步价和单位里程价.

命题2给出了巡游车最优价格(f_T^*, p_T^*),根据命题1,可得此时网约车的最优价格为

$$f_R^* = \frac{d_1(l-1)(2l-1)}{4l-3} \quad (14)$$

$$p_R^* = \frac{(d_2-d_1)(l-1)(2l-1)}{(4l-3)(d_2-d_m)} \quad (15)$$

由命题1可知,出租车市场可能存在四种可能的状态,定义市场状态空间 $Z = \{(SC, LC), (SC, LM), (SM, LC), (SM, LM)\}$. 由于政府和网约车平台都是理性的,所以政府倾向于形成社会福利最大的市场,网约车平台倾向于形成平台收益最大的市场. 为了分析出租车市场的均衡,下面首先给出均衡市场的定义.

定义1 市场状态 $a \in Z$ 称为均衡市场状态,如果对任意的市场状态 $b \in Z$, 有

$$(\Pi_R, SW)|_a \geq (\Pi_R, SW)|_b$$

其中 $(\Pi_R, SW)|_a$ 代表市场处于 a 状态时的网约车平台利润及社会福利.

在不同市场状态下,根据均衡市场状态的定义分析网约车利润和社会福利,得到命题3.

命题3 均衡市场状态为(SC, LC)

命题3表明(SC, LC)对于政府和网约车平台来说都是最优的市场状态,这是因为若巡游车被赶出市场,网约车将处于垄断地位,网约车平台会制定更高的价格以获得更高的利润,由此导致乘客剩余下降,社会福利降低;与此同时,网约车平台制定的高价格,会让很多乘客望而却步,最终导致网约车平台利润下降,因此,(SC, LC)对于政府和网约车平台来说都是最优的市场状态. 该结论从理论上说明政府应该保障巡游车不被赶出出租

车市场,这符合我国出租车市场的实际运营现状.

推论 1 在均衡市场状态下,有以下两种情况

1)网约车、巡游车和公共交通的市场占比分别为 $r_R = (2l - 1)/(4l - 3)$, $r_T = (l - 1)/(4l - 3)$, $r_P = (l - 1)/(4l - 3)$;

2) 存在一个阈值 $\hat{\alpha} = (4l^2 - 5l + 2)/(2l - 1)^2$, 当 $\alpha < \hat{\alpha}$ 时, $\Pi_D > \Pi_T$; 当 $\alpha \geq \hat{\alpha}$ 时, $\Pi_D \leq \Pi_T$. 其中, $\Pi_D = (1 - \alpha)\Pi_{RD}$ 为网约车司机收益.

推论 1 中结论 1) 表明均衡状态下,网约车的市场占比大于巡游车市场占比. 这是因为网约车具有乘客偏好优势,而且即使巡游车采用低价策略也无法完全抵消网约车的乘客偏好优势. 推论 4 中结论 2) 表明当网约车平台提成较小时,网约车司机的收益大于巡游车司机的收益. 该结论给司机的职业选择提供了一定的依据. 司机可以通过比较网约车平台提成比例 α 和阈值 $\hat{\alpha}$ 进行职业选择.

5 均衡市场分析

在长周期内,诸如: 乘客偏好、出行特征、市场规模等外部环境因素也会发生变化,由此对出租车市场的均衡产生影响. 为此,本章将探讨外部环境因素变化对于出租车市场均衡的影响.

5.1 出行特征和市场规模对市场均衡的影响

命题 4 在均衡市场状态下,总需求 λ 、短途乘客占比 β 、短途平均距离 d_1 和长途平均距离 d_2 ,这四个外生参数变化对巡游车价格(f_T, p_T)、网约车价格(f_R, p_R)、网约车行业收益 Π_{RD} 、巡游车行业收益 Π_T 、乘客剩余 CS 和社会福利 SW 的影响如表 3.

表 3 外生参数的影响

Table 3 Effect of exogenous parameters

指标 参数	f_T	p_T	f_R	p_R	Π_{RD}	Π_T	CS	SW
λ	—	—	—	—	↗	↗	↗	↗
β	—	—	—	—	↘	↘	↘	↘
d_1	↗	↘	↗	↘	↗	↗	↗	↗
d_2	—	↗	—	↗	↗	↗	↗	↗

注:—表示无影响;↗表示单调递增;↘表示单调递减.

从表 3 本研究可以发现: 总需求 λ , 短途平均出行距离 d_1 和长途平均出行距离 d_2 的增加会提升网约车行业收益 Π_{RD} 、巡游车行业收益 Π_T 、乘客剩余 CS 以及社会福利 SW ; 而短途乘客占比的增加会起到相反作用. 这种现象背后的原因如下: 以总需求为例, 总需求增加使长短途乘客对三种出行方式的需求同时增加, 由此导致网约车行业利润, 出租车行业利润, 乘客剩余, 社会福利增加; 而短途乘客为系统带来的价值低于长途乘客, 所以当短途乘客占比增加时, 网约车行业利润, 出租车行业利润, 乘客剩余, 社会福利会下降.

命题 4 展示了出行特征和市场规模的变化对于市场均衡状态的影响, 对比发现: 总需求 λ 短途平均距离 d_1 和长途平均距离 d_2 增大或短途乘客占比 β 减少对网约车、巡游车和乘客更有利.

5.2 乘客偏好对市场均衡的影响

下面分析乘客偏好 l 对网约车行业、巡游车行业和乘客的影响.

命题 5 均衡状态下, $\frac{\partial r_R}{\partial l} < 0$, $\frac{\partial r_T}{\partial l} > 0$, $\frac{\partial r_P}{\partial l} > 0$.

命题 5 表明 当乘客偏好增大时,网约车市场占比减少,而巡游车和公共交通的市场占比将增大. 从命题 5 可知,除了保持低价优势外,提升乘客的网约车偏好,也是巡游车提升市场占比的一条重要路径. 从网约车角度来看,网约车平台如果提高服务质量,会增加乘客偏好,这反而会降低市场份额. 这意味着平台没有动机实施差异化服务质量策略. 从巡游车角度来看,巡游车只有降低服务质量,才能增加乘客偏好,从而提高巡游车市场占比. 这是因为低质量服务使巡游车只能收取一个较低的价格,从而使得巡游车因低价优势而扩大市场占比. 这本质上是一种差异化服务质量策略.

命题 6 均衡状态时, 1) $\frac{\partial \Pi_R}{\partial l} > 0$, $\frac{\partial \Pi_T}{\partial l} > 0$;

2) 乘坐网约车的乘客剩余关于乘客偏好先减后增; 3) 乘坐巡游车的乘客剩余关于乘客偏好单增; 4) 存在一个阈值 $\hat{l} = \frac{3 + \sqrt{5}}{4}$, 当 $l \leq \hat{l}$ 时, $\frac{\partial CS}{\partial l} \leq 0$; 当 $l > \hat{l}$ 时, $\frac{\partial CS}{\partial l} > 0$.

命题6中结论1)表明网约车和巡游车的收益随乘客偏好增加而增加.这是因为当网约车平台偏好优势增强时,网约车平台会通过涨价的方式获得更多利润,而巡游车将因此获得需求优势,由此导致网约车和巡游车的收益都随乘客偏好增加而增加;命题6中结论2)表明乘坐网约车的乘客剩余关于乘客偏好先减后增.这是因为尽管随着乘客偏好的增加,网约车乘客的剩余会增加,但是网约车平台会借此机会提高网约车价格,这又会导致网约车乘客的剩余减少;后者在乘客偏好增大的初期起主导作用,所以网约车乘客的剩余关于乘客偏好先减后增;命题6中结论3)表明乘坐巡游车的乘客剩余关于乘客偏好单增.这是因为若乘客偏好增大,乘客对巡游车的出行需求因低价优势增强而增加,但效用因价格上涨而减少.由于效用减少幅度小于需求增加幅度,这使得乘客乘坐巡游车的剩余增加.总乘客剩余由网约车乘客剩余和巡游车乘客剩余两部分组成.在乘客偏好增大的初期,网约车乘客剩余起主导作用,而后期两类乘客剩余都增加,这使得总乘客剩余先减后增,即命题6中结论4).

命题6表明当乘客偏好较小($l \leq \hat{l}$)时,乘客偏好 l 增加会同时增大网约车和巡游车收益;当乘客偏好较大($l > \hat{l}$)时,乘客偏好 l 增加既能增大网约车和巡游车收益,也能提高乘客剩余.

6 数值实验

在前面的讨论中,本研究假设了网约车需求都能被满足,本章对此进行拓展,引入了网约车司机数量 K ,分析了网约车需求可以全部被满足和网约车需求不能全部被满足两种情形,求解出了满足网约车全部需求的最小网约车司机数量,并在网约车需求不能全部被满足的情形下讨论了车队规模效应对均衡的影响.令 k 为活跃的网约车司机数量,其中服务短途订单的活跃网约车司机数量记为 k_R^S ,服务长途订单的活跃网约车司机数量 k_R^L ,于是网约车短途成功匹配的数量可以表示为 $Q_R^S = \min\{\lambda_R^S, k_R^S\}$,长途成功匹配的数量可

以表示为 $Q_R^L = \min\{\lambda_R^L, k_R^L\}$.网约车司机的平均收益可以表示为 $(1 - \alpha)(f_R Q_R^S + c_R Q_R^L)/k$.记网约车司机的保留收益 $R \sim U[0, 1]$,于是活跃的网约车司机数量满足

$$k = K \Pr\{(1 - \alpha)(f_R Q_R^S + c_R Q_R^L)/k \geq R\},$$

因此,活跃的司机数量为

$$k = \sqrt{K(1 - \alpha)(f_R Q_R^S + c_R Q_R^L)}$$

基于此,类似于3节—5节的分析方法,可以计算出网约车平台的收益和社会福利,并构建出考虑网约车司机规模的Stackelberg博弈模型.在网约车需求可以全部被满足时,通过求解模型,可以得到满足假设2所需的最小网约车司机数量为

$$K = \frac{\lambda}{(\beta d_1 + (1 - \beta)d_2)(1 - \alpha)(l - 1)}$$

在网约车需求不能全部被满足时,由于模型较复杂,无法获得解析解,可以借助遗传算法求解Stackelberg均衡.将模型中其余参数给定,即: $\alpha = 0.2, \beta = 0.6, \lambda = 100, d_1 = 2, d_2 = 4, l = 1.1$,令网约车数量 K 变化,可以看到网约车司机数量的变化对均衡的影响,其结果如图2、图3所示.

图2展示的是网约车司机数量的变化对社会福利的影响.从图中本研究可以看到,随着网约车车队规模的增加,社会福利大概呈现先减后增的趋势.图3展示的是网约车司机数量的变化对均衡决策的影响,从图中本研究可以看到,随着网约车车队规模的增加,网约车起步价、出租车起步价和网约车单位里程价呈现下降趋势;而出租车单位里程价对网约车车队规模的变化不敏感.

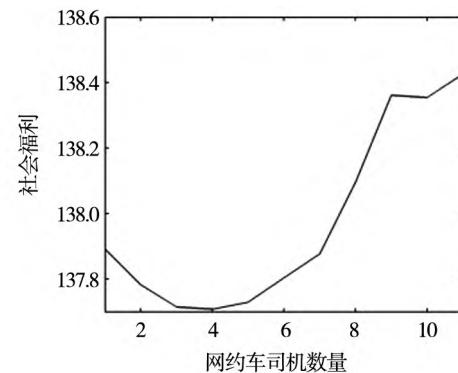


图2 网约车司机数量对社会福利的影响

Fig. 2 Impact of the number of the ride-hailing platform' drivers on social welfare

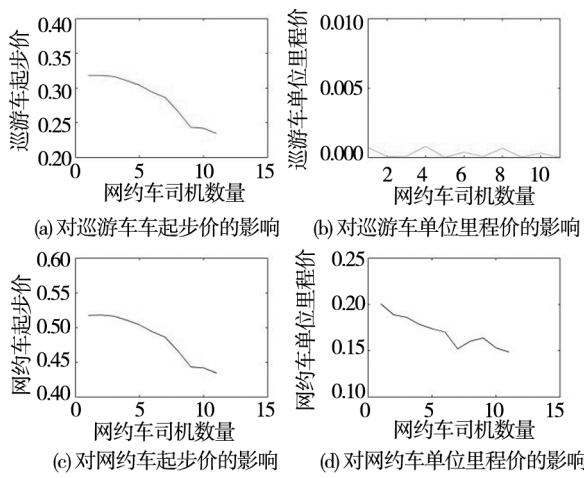


图 3 网约车司机数量对于均衡决策的影响

Fig. 3 Impact of the number of the ride-hailing platform's drivers on decisions in equilibrium

7 结束语

网约车的兴起严重冲击了巡游车行业。为促进巡游车与网约车的融合发展,避免巡游车被赶出市场,本研究运用概率选择模型研究长短途乘客的出行选择行为,在此基础上构建 Stackelberg 博弈模型,给出了考虑网约车竞争的巡游车定价策略及均衡市场特征,并针对出行特征、市场规模、乘客偏好进行了敏感性分析。本研究的主要贡

献在于:1)根据巡游车和网约车的价格关系对出租车市场状态进行分类,首次考虑乘客出行特征的不同,构建了带有网约车竞争的巡游车定价模型;2)通过理论分析发现巡游车设置低起步价和单位里程价可避免被赶出市场,此时市场处于“短途竞争、长途竞争”均衡状态,网约车起步价、单位里程价以及市场占比均高于巡游车;3)通过敏感性分析发现乘客偏好对出租车市场有较大影响,乘客偏好增加会使网约车和巡游车收益提高;进一步,当乘客偏好较高时,新增乘客偏好能提高乘客剩余。以上结论为政府调整巡游车价格提供了参考,有利于更好的理解巡游车调整价格对出租车市场的影响,促进巡游车和网约车的融合发展。本研究揭示了巡游车在出租车市场中的重要作用,为政府制定巡游车价格提供了理论支持,并给出了出租车市场的最优市场状态。

本研究主要针对供过于求的出租车市场展开研究,未考虑供不应求场景,且缺少网约车激增定价策略及巡游车服务质量提升的考虑。未来可以从以下几个方面展开研究:第一,针对供不应求场景,讨论出租车市场的均衡;第二,分析网约车平台采用激增定价策略对均衡市场的影响;第三,研究巡游车服务质量提升对出租车市场融合发展的影响。

参 考 文 献:

- [1] Nie Y M. How can the taxi industry survive the tide of ridesourcing? Evidence from Shenzhen, China[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2017, 79: 242 – 256.
- [2] 杨 彤, 吴江宁. 平台合作模式对出租车公司利润的影响研究[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(9): 208 – 217.
Yang Tong, Wu Jiangning. Impact of platform cooperation mode on profit of Taxi company[J]. *Operations Research and Management Science*, 2020, 29(9): 208 – 217. (in Chinese)
- [3] 于 跃, 李雷鸣. 从出租车到网约车的乘客出行方式选择行为演化博弈分析[J]. *软科学*, 2019, 33(8): 130 – 136.
Yu Yue, Li Leiming. Evolutionary game analysis on travel mode selecting behavior of passengers from Taxi to ridesharing [J]. *Soft Science*, 2019, 33(8): 130 – 136. (in Chinese)
- [4] Yu J, Tang C, Shen Z, et al. A balancing act of regulating on-demand ride services[J]. *Management Science*, 2020, 66(7): 2975 – 2992.
- [5] Dimitrakopoulos Y, Economou A, Leonardos S. Strategic customer behavior in a queueing system with alternating information structure[J]. *European Journal of Operational Research*, 2021, 291(3): 1024 – 1040.
- [6] Zhou W, Chao X, Gong X. Optimal uniform pricing strategy of a service firm when facing two classes of customers[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(4): 676 – 688.

- [7] Qian X, Ukkusuri S V. Time-of-day pricing in taxi markets[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2017, 18(6): 1610–1622.
- [8] Chen X M, Zheng H, Ke J, et al. Dynamic optimization strategies for on-demand ride services platform: Surge pricing, commission rate, and incentives[J]. Transportation Research Part B Methodological, 2020, 138: 23–45.
- [9] Wang H, Yang H. Ridesourcing systems: A framework and review[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2019, 129: 122–155.
- [10] 张辰, 田琼. 考虑旅客忠诚度的航空机票在线定价策略研究[J]. 管理科学学报, 2019, 22(12): 35–43.
Zhang Chen, Tian Qiong. Pricing strategy of online distribution of airline tickets considering the customers' loyalty[J]. Journal of Management Sciences in China, 2019, 22(12): 35–43. (in Chinese)
- [11] 陈斐然, 朱道立. 垄断双边平台的价格策略和数量策略设计问题[J]. 管理科学学报, 2021, 24(3): 18–31.
Chen Feiran, Zhu Daoli. Price strategy and network-size allocation strategy in monopoly two-sided platform[J]. Journal of Management Sciences in China, 2021, 24(3): 18–31. (in Chinese)
- [12] 马东升, 宋华明, 古晓宇, 等. 基于战略顾客行为的质量差异化产品定价策略[J]. 管理科学学报, 2021, 24(6): 76–87.
Ma Dongsheng, Song Huaming, Gu Xiaoyu, et al. Behavior-based pricing strategy of quality-differentiated products[J]. Journal of Management Sciences in China, 2021, 24(6): 76–87. (in Chinese)
- [13] 田琼, 刘鹏. 基于乘客异质性的高峰期公交出行均衡研究[J]. 管理科学学报, 2013, 16(3): 82–87.
Tian Qiong, Liu Peng. Equilibrium properties of peak-period commuting in mass transit system with heterogeneous passengers[J]. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(3): 82–87. (in Chinese)
- [14] 田丽君, 黄海军, 许岩. 具有异质参考点的多用户网络均衡模型[J]. 管理科学学报, 2014, 17(7): 1–9.
Tian Lijun, Huang Haijun, Xu Yan. Modeling the multi-class network equilibrium for travelers with heterogeneous reference points[J]. Journal of Management Sciences in China, 2014, 17(7): 1–9. (in Chinese)
- [15] Ni G, Xu Y, Dong Y. Price and speed decisions in customer-intensive services with two classes of customers[J]. European Journal of Operational Research, 2013, 228(2): 427–436.
- [16] Zhong Y, Pan Q, Xie W, et al. Pricing and wage strategies for an on-demand service platform with heterogeneous congestion sensitive customers[J]. International Journal of Production Economics, 2020, 230: 107901.
- [17] Jacob J, Roet-Green R. Ride solo or pool: Designing price-service menus for a ride-sharing platform[J]. European Journal of Operational Research, 2021, 295(3): 1008–1024.
- [18] Zhao D Z, Yuan Z W, Chen M Y, et al. Differential pricing strategies of ride-sharing platforms: Choosing customers or drivers? [J]. International Transactions in Operational Research, 2022, 29(2): 1089–1131.
- [19] Bai J, So K C, Tang C S, et al. Coordinating supply and demand on an on-demand service platform with impatient customers[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2019, 21(3): 556–570.
- [20] Taylor T A. On-demand service platforms[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20(4): 704–720.
- [21] 张凯, 李华琛, 刘维奇. 双边市场中用户满意度与平台战略的选择[J]. 管理科学学报, 2017, 20(6): 42–63.
Zhang Kai, Li Huachen, Liu Weiqi. Competition in two-sided platforms considering agent's satisfaction[J]. Journal of Management Sciences in China, 2017, 20(6): 42–63. (in Chinese)
- [22] 孙中苗, 徐琪. 随机需求下考虑不同竞争情形的网约车平台动态定价[J]. 中国管理科学, 2021, 29(1): 138–148.
Sun Zhongmiao, Xu Qi. Dynamic pricing for ride-hailing platforms with different competition conditions under stochastic demand[J]. Chinese Journal of Management Science, 2021, 29(1): 138–148. (in Chinese)
- [23] 杨浩雄, 魏彬. 网络约车与出租车的竞争博弈研究——以平台补贴为背景[J]. 北京社会科学, 2016, (5): 68–76.
Yang Haoxiong, Wei Bin. On the competition game between online tailored taxi and traditional taxi under platform's subsi-

- dy policy[J]. Social Science of Beijing, 2016, (5): 68 – 76. (in Chinese)
- [24] 赵道致, 杨洁, 李志保. 考虑等待时间的网约车与出租车均衡定价研究[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(5): 1229 – 1241.
- Zhao Daozhi, Yang Jie, Li Zhibao. Research on the equilibrium pricing of online car-hailing and taxi services considering the waiting time[J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2020, 40(5): 1229 – 1241. (in Chinese)
- [25] Yang J, Zhao D Z, Wang Z Y, et al. Impact of regulation on on-demand ride-sharing service: Profit-based target vs demand-based target[J]. Research in Transportation Economics, 2022, 92: 101138.
- [26] Yang H, Yang T. Equilibrium properties of taxi markets with search frictions[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2011, 45(4): 696 – 713.
- [27] Wei X, Nan G, Dou R, et al. Optimal business model for the monopolistic ride-hailing platform: Pooling, premier, or hybrid? [J]. Knowledge-Based Systems, 2020, 204: 106093.
- [28] Ke J, Yang H, Li X, et al. Pricing and equilibrium in on-demand ride-pooling markets[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2020, 139: 411 – 431.

Cruise taxi pricing strategies for long- and short-distance passengers: A competitive perspective

LI Xiang^{1, 2}, NIE Fa-peng^{1, 3}, ZHANG Yi^{4, 1*}

1. College of Economics and Management, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;
2. School of Management, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;
3. School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;
4. School of Mathematics, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: In recent years, the market share of cruising taxi has been gradually eroded by ride-hailing services, which poses a risk that cruising taxi services may be driven out of the taxi market. To cope with the risk and promote the integration of cruising taxis and ride-hailing, adjusting the price of cruising taxis is an effective way. Considering the competition from ride-hailing and the difference in the travel cost of long-and short-distance passengers, this paper analyzes the travel choice behavior of these two types of passengers based on the probability selection model. It then builds a Stackelberg game model to analyze the cruising taxi pricing problem in a competitive environment and derives the equilibrium state of the taxi market. The results show that: 1) when the flat fee per ride and unit mileage fare of the cruising taxi are relatively low, the development of cruising taxi and the ride-hailing can be integrated; 2) In order to avoid being driven out of the market, the cruising taxi service should set a lower flat fee and unit mileage fare so that the cruising taxi service and the ride-hailing service can reach equilibrium for both short and long-distance competition; 3) In the equilibrium market, an increase in passenger preference leads to higher revenue for both ride-hailing and cruising taxi services. Furthermore, when passenger preference reaches a higher level, enhancing the passenger preference leads to a higher passenger surplus.

Key words: pricing of cruise taxi service; pricing of ride-hailing service; market equilibrium; long-and short-distance passengers