

实时交通信息作用下公交多公司博弈研究^①

田 琼, 柴娇龙, 周 畅

(北京航空航天大学经济管理学院, 北京 100191)

摘要: 研究了提供公交车实时到站信息服务, 对乘客出行行为的影响以及公交公司在基于自身利润最大化目标下, 决策是否提供信息进行分析. 模型中假设, 理性的出行者随机到达车站或者利用公交信息提前规划自己的行程. 计划出行的人数依赖于公交车的发车频率以及提供信息的质量的高低. 基于固定需求的乘客出行分析, 研究了公交公司在选择是否提供信息和设定运营频率以最大化利润. 得到不同运营策略的公交公司的发车频率及最优利润. 发现乘客利用信息成本越低, 公交公司在提供信息方面越积极, 公交公司可能在降低社会总成本的情况下落入“囚徒困境”. 如果乘客利用信息的成本较高, 而信息提供成本较低, 则可能出现一家公交公司提供信息而另一家通过增加服务频率来差异竞争的均衡结果.

关键词: 实时交通信息; 博弈论; 用户均衡; 出行计划; 发车频率

中图分类号: F570; U491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2017)03-0098-07

0 引言

公交优先已成为缓解城市拥堵的共识, 如何提高公交的服务水平也受到越来越多的关注. 随着通讯技术的不断发展, 4G 通信技术的应用给人们的生活带来了巨大的改变. 高速的网络环境, 给实时提供动态交通信息带来了便利. 出行者足不出户就可实现对道路交通实时信息的获取, 从而选择自己的出行方式. 在信息对出行者出行行为方面的影响研究中, Kenyon 等分析了公交信息对乘客出行方式选择的影响^[1]. Fries 等的研究表明, 公交信息能够提高公共交通的分担率, 因为公交信息会直接影响公交乘客的出行经验, 而这些经验会决定其是否还会采用公交出行^[2]. 实时公交信息的有效性会受到多种复杂因素的影响, 例如乘客的异质性、乘车环境、公交信息技术等^[3-4]. 胡华和滕靖等从出行链的角度分析了多模式公交信息服务对出行方式选择行为的影响^[5]. 曹祎等分析了打车软件作为一种信息共

享机制, 其使用比率对出租车行业的影响^[6]. 周燕等分析了不同类型信息公开机制对搭便车行为的影响^[7]. 通过博弈模型分析决策问题方面, 王春苹等研究了寡头企业完全信息下静态博弈问题, 根据销售策略的选择确定实现收益最大化的最优定价模式; 用户进行企业选择及是否选择服务决策的过程将影响消费者的网络效用^[8].

国内外学者对信息影响人们出行行为选择的影响做了较多研究^[4, 9-12], 但尚且没有研究涉及公交公司对于是否提供公交信息的决策以及之后的市场结构. 本文将研究实时到站信息对乘客出行行为的影响, 以及两个公交公司竞争下的运营策略和博弈均衡分析.

1 模型构建

1.1 乘客出行成本

考虑 N 位乘客从生活区到工作区上班, 该条线路同时有两家公交公司共同运营, 其发车频率

① 收稿日期: 2016-10-19; 修订日期: 2016-10-30.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71071011; 71271017; 71471010); 中央基本科研业务费资助项目(YMF-16-JCTD-A-07). 本文入选“第十三届全国青年管理科学与系统科学学术会议(2015年, 西安) 优秀论文”.

作者简介: 田 琼(1981-), 男, 河北廊坊人, 博士, 教授. Email: tianqiong@buaa.edu.cn

分别为 f_1 和 f_2 . 公交公司可以选择向出行乘客提供公交车的实时到站动态信息或者不提供此类信息. 当有公交公司向乘客提供公交车实时到站动态信息时, 乘客就可以选择提前安排自己的出行计划, 减少在车站的候车时间, 也可以按照自己原有的出行方式在车站候车, 乘坐先到达的班次出行.

乘客的出行成本除了车票费用外, 还有非金钱成本, 如车站等待、车辆到站信息查询等. 这里假设乘客对搭乘哪个公司的车辆是无偏好的, 这时乘客所面对的车辆到达频率为 $f = f_1 + f_2$. 当公交公司不提供车辆实时到站信息时, 乘客随机到达, 其期望等待时间为 $1/2f$, 在票价为 p 时, 出行成本为

$$P_1 = p + \frac{\mu}{2f} \tag{1}$$

其中 μ 是单位等车时间价值.

当公交公司提供车辆实时到站信息时, 乘客出行成本包括: 票价和查找信息成本. 利用公交公司向乘客提供的车辆到站信息, 乘客可以事先获悉何时车辆将会达到该车站. 假设计划出行乘客到站就可以上车, 无车站的等待时间; 查找信息成本和公交公司提供的信息质量以及乘客查找信息的能力有关. 若乘客查找信息付出自身的努力越多, 则查找信息成本会增加; 反之, 则降低. 若公交公司提供的信息质量越好, 查找信息成本亦会降低; 反之, 则增加. 这时, 利用信息计划出行乘客出行成本

$$P_2 = p + \varphi(\sigma, I) \tag{2}$$

其中 σ 为乘客个人禀赋的参数, 反映一个乘客在收集出行的信息时的能力, σ 越大, 获取信息对其的成本越高. 假设乘客查找信息成本中的参数 σ 是服从区间 $[\sigma^-, \sigma^+]$ 的均匀分布. I 是公交公司提供信息的信息质量. 其中利用信息的成本函数 $\varphi(\sigma, I)$, 满足: $\partial\varphi(\sigma, I)/\partial\sigma > 0$ 和 $\partial\varphi(\sigma, I)/\partial I < 0$.

1.2 乘客出行均衡

对理性的出行乘客, 他会依据自己的禀赋参数 σ 来决策. 若计划出行的成本不大于不计划下的随机出行的成本, 即 $P_1 \geq P_2$, 乘客会选择计划出行, 这时有 $\varphi(\sigma, I) \leq \mu/(2f)$. 用函数 $m(\mu/2f, I)$ 来表示取等号时的 σ^* . 则满足 $\sigma \leq m(\mu/2f, I)$ 的乘客就会利用信息计划出行. 这时应有

$\partial m/\partial f < 0$ 和 $\partial m/\partial I > 0$, 表示公交公司降低发车频率或者提高信息质量, 有计划出行乘客的乘客数量会增加, 即有更多的出行者会选择计划出行.

这时也可能存在着极端条件, 如: 当 $m(\mu/2f, I) < \sigma^-$ 时, 这时所有人利用信息的成本都很高, 将没有人会计划出行; 当 $m(\mu/2f, I) > \sigma^+$ 时, 利用信息的成本都相对低或者说等待时间成本都很高, 这时所有的人都会计划出行.

当 $\sigma^- < m(\mu/2f, I) < \sigma^+$ 时, 计划出行和不计划出行的乘车行为将并存. 因为 σ 是区间 $[\sigma^-, \sigma^+]$ 内均匀分布, 所以在固定需求 N 下, 有计划出行乘客数量表示为

$$N_2 = \frac{N}{\sigma^+ - \sigma^-} (\sigma^* - \sigma^-) \tag{3}$$

这时选择非计划行程的乘客人数

$$N_1 = \frac{N}{\sigma^+ - \sigma^-} (\sigma^+ - \sigma^*) \tag{4}$$

因为 σ 是一个无量纲的参量, 不失一般性, 本文假设 $\sigma^- = 0$. 这时不计划出行和计划出行的人数为

$$\begin{cases} N_1 = N \frac{\sigma^+ - \sigma^*}{\sigma^+} \\ N_2 = N \frac{\sigma^*}{\sigma^+} \end{cases} \tag{5}$$

1.3 公交公司利润

用 M_i 分别表示公交公司 i 搭载乘客总数, 则公司 i 的利润为

$$\pi_i = (p - k) M_i - cf_i - g(I), i = 1, 2 \tag{6}$$

其中 c 表示单位时间运营一辆公交车的成本, 设为常数. k 表示每增加一位乘客平均增加的变动成本, 包括水费、耗油费、电费等, 也为一常数. $g(I)$ 为公司提供信息的成本, 其满足: $g(I) \geq 0$; 当信息质量 $I = 0$ 时 $g(0) = 0$; $g'(I) > 0$, 即信息质量越高, 对公交公司而言, 其所付出的信息成本也越多. 为了简化计算, 本文对提供信息成本函数采用与文献 [4] 同样的线性函数, 即 $g(I) = aI, a > 0$. 还假设公交公司受到价格管制, 只能通过优化发车频率和决策是否提供动态信息来吸引消费者、降低成本, 从而最大化利润.

2 多情境分析

对于利用信息计划出行的乘客, 将随机到达

车站并选择搭乘最先到达的公交车,对于利用信息计划出行的乘客,将只搭乘提供信息公司的车辆。如果两个公司均提供信息,乘客将依公司发车频率的高低来选择搭乘公交。根据两家公司是否提供动态信息,可以将市场分为三种情景,即:情境 1,两家公交公司均不向乘客提供公交车实时到站信息(此种情况以下简称:均不提供信息);情境 2,仅有一家公交公司向乘客提供公交车实时到站信息(此种情况以下简称:仅一家公司提供信息);情境 3,两家公交公司均向乘客提供公交车实时到站信息(此种情况以下简称:均提供信息)。下面将对照不同情景一一分析。

2.1 情境 1 均不提供信息

在此种情境下,由于公交公司均不提供信息,乘客随机到达车站。乘客的出行成本包括:票价和期望的等车时间成本。此时,乘客出行成本 P_1

$$P_1 = p + \frac{\mu}{2(f_1 + f_2)} \quad (7)$$

这时乘坐公交公司 i 的人数 M_i

$$M_i = N \frac{f_i}{f_1 + f_2}, i = 1, 2 \quad (8)$$

2.2 情境 2 仅一家公司提供信息

在两家公交公司中仅有一家公交公司提供信息时,不妨假设是公交公司 1 不提供信息,公交公司 2 提供信息。这种情境下,不计划出行的乘客,随机乘坐任一公交公司的车,选择概率依各公司频率,从而不计划出行乘客的出行成本

$$P_1 = p + \frac{\mu}{2(f_1 + f_2)} \quad (9)$$

而利用信息计划出行的乘客只会乘坐提供信息的公交车,即公司 2 的公交车,其出行成本 P_2

$$P_2 = p + \varphi(\sigma, I) \quad (10)$$

可以得到乘坐公交公司 1 的人数 M_1

$$M_1 = N_1 \frac{f_1}{f_1 + f_2} \quad (11)$$

乘坐公交公司 2 的人数 M_2

$$M_2 = N_1 \frac{f_2}{f_1 + f_2} + N_2 \quad (12)$$

2.3 情境 3 均提供信息

在此情境下,公交公司 1、2 均向乘客提供公交车实时到站信息,随机出行和有计划出行乘客乘坐哪家公交公司的车,依公交公司的发车频率

而定。

不利用信息计划出行的乘客的出行成本 P_1

$$P_1 = p + \frac{\mu}{2(f_1 + f_2)} \quad (13)$$

利用信息计划出行乘客的出行成本 P_2

$$P_2 = p + \varphi(\sigma, I) \quad (14)$$

乘坐公交公司 i 的人数 M_i

$$M_i = N \frac{f_i}{f_1 + f_2}, i = 1, 2 \quad (15)$$

3 公交公司最优决策

在本节中,将对不同信息提供情境下公交公司的不同最优决策进行分析。

3.1 情境 1 均不提供信息

在两个公司均不提供信息的情况下,即为传统的公交公司共线运营竞争。这时,任一公司 i 的利润函数为

$$\pi_i = (p - k) M_i - c f_i, i = 1, 2 \quad (16)$$

把式(8)代入式(16)得到

$$\pi_i = (p - k) N \frac{f_i}{f_1 + f_2} - c f_i, i = 1, 2 \quad (17)$$

利润最大化的一阶条件为

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial f_i} = (p - k) N \frac{f_i}{(f_1 + f_2)^2} - c = 0, i = 1, 2$$

联立两公司一阶条件可得

$$f_1^1 = f_2^1 = \frac{(p - k) N}{4c} \quad (18)$$

这里用上标“1”表示情境 1 下的最优解,后面也分别用“II”和“III”的上标表示另两种情境下的最优解。考虑到两个公司完全相通的属性,利润最大化时两公司的发车频率合情合理。这时对应的公交公司最优利润为

$$\pi_1^1 = \pi_2^1 = \frac{(p - k) N}{4} \quad (19)$$

3.2 情境 2 仅有一家公司提供信息

在此情境下,模型中本文认为公交公司 1 不向出行乘客提供出行信息,公交公司 2 会向乘客提供出行信息。此时公交公司 1 的利润为

$$\pi_1 = (p - k) M_1 - c f_1 \quad (20)$$

公司 2 的利润为

$$\pi_2 = (p - k) M_2 - c f_2 - g(I) \quad (21)$$

将式(11)和式(12)分别代入上面二式,得到

$$\pi_1 = (p - k) M_1 - cf_1 \quad (22)$$

$$\pi_2 = (p - k) M_2 - cf_2 - g(I) \quad (23)$$

联立两家公司利润式(22)和式(23)最大化的一阶条件,得到两家公司最优发车频率

$$\begin{cases} f_1^{\text{II}} = \frac{(p - k)(N_1^{\text{II}})^2}{4c(N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}})} \\ f_2^{\text{II}} = \frac{(p - k)N_1^{\text{II}}(N_1^{\text{II}} - 2N_2^{\text{II}})}{4c(N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}})} \end{cases} \quad (24)$$

此时,两家公司的利润分别为

$$\begin{cases} \pi_1^{\text{II}} = \frac{(p - k)(N_1^{\text{II}})^2}{4(N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}})} \\ \pi_2^{\text{II}} = (p - k) \frac{(N_1^{\text{II}})^2 - 4(N_2^{\text{II}})^2 + 2N_1^{\text{II}}N_2^{\text{II}}}{4(N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}})} - g(I) \end{cases} \quad (25)$$

3.3 情况3 均提供信息

若两个公司均提供信息,任一公司*i*的利润函数为

$$\pi_i = (p - k) M_i - cf_i - g(I), i = 1, 2 \quad (26)$$

联立两公司利润函数的一阶条件可得

$$f_1^{\text{III}} = f_2^{\text{III}} = \frac{(p - k)N}{4c} \quad (27)$$

该情境下,公交公司利润

$$\pi_1^{\text{III}} = \pi_2^{\text{III}} = \frac{(p - k)N}{4} - g(I) \quad (28)$$

由此可以看到,情境3中两公司的发车频率将一样,而且等于情境1的发车频率,但是利润上将因为提供信息,而较情境1损失了信息提供成本。

4 公交公司竞争均衡与社会成本

4.1 公交公司竞争均衡

本节分析研究公交公司的利润矩阵,通过前面对不同情境下公司利润的分析,公交公司对于是否提供动态到站信息决策作进一步分析。

表1 公交公司利润矩阵

Table 1 The profit matrix of bus companies

		公司2	
		不提供信息	提供信息
公司1	不提供信息	(π_1^I, π_2^I)	$(\pi_1^{\text{II}}, \pi_2^{\text{II}})$
	提供信息	$(\pi_2^{\text{II}}, \pi_1^{\text{II}})$	$(\pi_1^{\text{III}}, \pi_2^{\text{III}})$

对表1讨论不同参数情况下的纳什均衡,将可以得到对应的均衡情境。

1) 仅有一家公交公司提供信息时的情境。

(1) 当信息质量满足 $0 < I < 2(p - k)N\sigma^+ / 9\mu c$ 时,不提供信息公交公司和提供信息公交公司的发车频率均大于零,即 $f_1^{\text{II}} > 0$ 和 $f_2^{\text{II}} > 0$ 。这时公交公司的利润 π_1^{II} 和 π_2^{II} 也均大于零。

(2) 当信息质量满足 $\frac{2(p - k)N\sigma^+}{9\mu c} < I < \frac{(p - k)N\sigma^+}{4\mu c}$ 时,提供信息公交公司的发车频率小于零,即 $f_2^{\text{II}} < 0$,且其公司利润也小于零,即 $\pi_2^{\text{II}} < 0$ 。这时情境2显然不是均衡解。

(3) 当信息质量满足 $I > \frac{(p - k)N\sigma^+}{4\mu c}$ 时,不提供信息公交公司和提供信息公交公司的发车频率和对应公交公司利润也均小于零,这时的情境

2显然也不会是均衡解。

2) 当信息质量满足 $0 < I < 2(p - k)N\sigma^+ / 9\mu c$ 时。

(1) 信息成本范围 $0 < g(I) < \frac{(p - k)}{4}(N_2^{\text{II}} \times \frac{2N_1^{\text{II}} - 3N_2^{\text{II}}}{N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}}})$ 时,情境2中提供信息公交公司的利润高于情境1中公交公司2的利润,即 $\pi_2^{\text{II}} > \pi_2^I$ 。

(2) 信息成本范围 $g(I) > \frac{(p - k)}{4}(N_2^{\text{II}} \times \frac{2N_1^{\text{II}} - 3N_2^{\text{II}}}{N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}}})$ 时,情境2中提供信息公交公司的利润低于情境1中公交公司的利润,即 $\pi_2^I > \pi_2^{\text{II}}$ 。

3) 当信息质量满足 $I < (p - k)N\sigma^+ / 4\mu c$ 时,情境2中不提供信息公交公司的利润高于情境1中公交公司A的利润,即 $\pi_1^{\text{II}} > \pi_1^I$ 。

综合上面的分析,可以得到如下性质.

性质 1 当提供信息质量满足 $0 < I < \frac{2(p-k)N\sigma^+}{9\mu c}$ 时.

1) 提供信息成本满足 $g(I) > \frac{(p-k)}{4}(N_2^{\text{II}} \times \frac{2N_1^{\text{II}} - 3N_2^{\text{II}}}{N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}}})$ 时,均衡结果是两家公司均不提供信息.

2) 提供信息成本满足 $0 < g(I) < \frac{(p-k)}{4}(N_2^{\text{II}} \frac{2N_1^{\text{II}} - 3N_2^{\text{II}}}{N_1^{\text{II}} - N_2^{\text{II}}})$ 时,均衡结果是仅有一家公交公司提供信息.

性质 2 当信息质量满足 $\frac{2(p-k)N\sigma^+}{9\mu c} < I < \frac{(p-k)N\sigma^+}{4\mu c}$ 时,均衡结果是两家公司均不提供信息.

性质 3 当 $I > \frac{(p-k)N\sigma^+}{4\mu c}$ 时,均衡结果是两家公司均提供信息.

由以上性质可以看出,该公交系统的均衡结果受到信息提供成本和乘客使用信息的成本影响很大.当使用信息成本相对较低时(性质 3),更多的乘客愿意利用信息规划自己的出行而不是随机到站台等候,这迫使公交公司均提供信息以赢得乘客,虽然面对的是“囚徒困境”;但是当乘客使用信息成本较大时,由于乘客对于信息利用不敏感,公交公司倾向于不提供信息(性质 1 中的 1)和性质 2).但是如果提供信息的技术成本对于公交公司的确非常低廉,那么也有可能出现某一家公司提供信息的情况(性质 1 中的 2)).

4.2 系统总成本分析

因为总需求为常数,这时系统总成本即代表了系统效率.本小节将分析、比较不同情境下的系统总成本.

1) 情境 1 的系统总成本为

$$C^I = kN + c(f_1^I + f_2^I) + N \frac{\mu}{2(f_1^I + f_2^I)} \quad (29)$$

化简可得

$$C^I = kN + \frac{(p-k)N}{2} + \frac{\mu c}{p-k} \quad (30)$$

2) 情境 2 的系统总成本为

$$C^{\text{II}} = kN + c(f_1^{\text{II}} + f_2^{\text{II}}) + N_1^{\text{II}} \frac{\mu}{2(f_1^{\text{II}} + f_2^{\text{II}})} + \int_{\sigma^-}^{\sigma^+} \frac{N}{\sigma^+ - \sigma^-} \varphi(\sigma, I) d\sigma \quad (31)$$

基于前几节的假设 $\sigma^- = 0$ 和 $\varphi(\sigma, I) = \sigma/I$,进一步化简可得

$$C^{\text{II}} = kN + \frac{(p-k)N_1^{\text{II}}}{2} + \frac{\mu c}{(p-k)} + \frac{NI\mu^2 c^2}{2\sigma^+ (p-k)^2 (N_1^{\text{II}})^2} \quad (32)$$

3) 情境 3 的系统总成本为

$$C^{\text{III}} = kN + c(f_1^{\text{III}} + f_2^{\text{III}}) + N_1^{\text{III}} \frac{\mu}{2(f_1^{\text{III}} + f_2^{\text{III}})} + \int_{\sigma^-}^{\sigma^+} \frac{N}{\sigma^+ - \sigma^-} \varphi(\sigma, I) d\sigma \quad (33)$$

进一步化简可得

$$C^{\text{III}} = kN + \frac{(p-k)N}{2} + \frac{\mu c}{(p-k)} - \frac{I\mu^2 c^2}{2\sigma^+ (p-k)^2 N}$$

分别比较不同情境下系统总成本,可以得出如下性质.

性质 4 当信息质量满足 $0 < I < \frac{2(p-k)N\sigma^+}{9\mu c}$ 时,仅有一家公交公司提供信息时的系统总成本最小,且小于两家公司均提供信息或者均不提供信息,即 $C^{\text{II}} < C^I$ 且 $C^{\text{II}} < C^{\text{III}}$.

性质 5 当信息质量满足 $I > \frac{(p-k)N\sigma^+}{4\mu c}$ 时,两家公司均提供信息的系统总成本小于两家公司均不提供信息的系统总成本,即 $C^{\text{III}} < C^I$.

性质 6 只要有公交公司提供信息,就会降低系统总成本,即 $C^{\text{II}} < C^I$ 且 $C^{\text{III}} < C^I$.

5 结束语

本文将公交乘客划分为两类:利用实时信息计划出行者和不利用信息随机出行者.通过比较两类乘客的出行成本分析得出计划出行者愿意计划出行所需的条件.进而分析固定需求下,计划出行乘客和随机出行乘客的数量.其次,分析不

同公交公司共同运营同一条公交线路时,为了使公交公司利润最大化,此时公交公司将如何制定信息的质量以及公交车的发车频率. 分析了三种不同情境下公交公司运营策略的纳什均衡. 通过对均衡对应情境的具体分析,发现乘客利用信息成本越低,公交公司在提供信息方面越积极,公交公司可能在降低社会总成本的情况下落入“囚徒困境”. 如果乘客利用信息的成本较高,而信息提供成本较低,则可能出现一家公交公司提供信息而另一家通过增加服务频率来差异竞争的均衡结果.

目前的研究主要基于固定需求下的乘客选择

及公交公司运营决策,从出行乘客的出行成本角度分析,尚未考虑公交运营中车厢内部拥挤成本对乘客出行的影响,也没能从公交公司的角度分析提供信息质量在受到发车频率等因素影响的情况. 但在实际中,交通系统会受到各种因素的影响,出行乘客也会因为车厢内部拥挤程度判断是否选择等待下一班车,公交公司提供信息成本会受到如发车频率等因素的影响. 因此,接下来的工作包括考虑车厢内部拥挤成本,考虑公交公司信息成本函数模型,并研究出行乘客在提供实时公交信息作用下的行为选择;以及建立弹性需求下公交公司的决策模型.

参考文献:

- [1] Kenyon S, Lyons G. The value of integrated multimodal traveler information and its potential contribution to model change [J]. *Transportation Research Part F*, 2003, 6(1): 1-21.
- [2] Fries R, Dunning A, Chowdhury M. Traveler's Value of Real-Time Transit Information [C]. Washington DC: Transportation Research Board, TRB 2009 Annual Meeting CD-ROM, 2009.
- [3] Eboli L, Mazzulla G. Service quality attributes affecting customer satisfaction for bus transit [J]. *Journal of Public Transportation*, 2007, 10(3): 21-34.
- [4] De Borger B, Fosgerau M. Information provision by regulated public transport companies [J]. *Transportation Research Part B*, 2012, 46(4): 492-510.
- [5] 胡华,滕靖,高云峰,等. 多模式公交信息服务条件下的出行方式选择行为研究[J]. *中国公路学报*, 2009, 22(2): 87-92.
Hu Hua, Teng Jing, Gao Yunfeng, et al. Research on travel mode choice behavior under integrated multi-modal transit information service [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2009, 22(2): 87-92. (in Chinese)
- [6] 曹祎,陶竑宇,罗霞. 打车软件使用率对出租车社会福利的影响[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2015, 15(3): 1-6.
Cao Yi, Tao Hongyu, Luo Xia. Influence of usage rate of taxi-hailing apps on urban taxi social welfare [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2015, 15(3): 1-6. (in Chinese)
- [7] 周燕,张麒麟,付丽娜,等. 信息公开机制控制搭便车行为的效果—实验证据[J]. *管理科学学报*, 2014, 17(4): 86-94.
Zhou Yan, Zhang Qilin, Fu Lina, et al. Effect of information disclosure mechanism on free riding behavior: Evidence from laboratory [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2014, 17(4): 86-94. (in Chinese)
- [8] 王春苹,南国芳,李敏强,等. 寡头市场信息产品与服务的最优定价策略[J]. *管理科学学报*, 2016, 19(3): 92-106.
Wang Chunping, Nan Guofang, Li Minqiang, et al. Optimal pricing for information goods and complementary services in duopoly markets [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2016, 19(3): 92-106. (in Chinese)
- [9] Tian Q, Huang H J, Yang H. Pareto efficient strategies for regulating public transit operations [J]. *Public Transport*, 2011, 3(3): 199-212.
- [10] 叶敏,杨海, Wilson W Tang. 不同规制条件下出租车静态市场平衡机制分析[J]. *城市交通*, 2005, 3(3): 8-13.
Ye Min, Yang Hai, Wilson W Tang. Analysis of taxi market equilibrium mechanisms under different market regulations

- [J]. *Urban Transport of China*, 2005, 3(3): 8–13. (in Chinese)
- [11] 田 琼, 黄海军. 城市公交系统内乘客出行动态均衡模型[J]. *管理科学学报*, 2009, 12(1): 1–8.
Tian Qiong, Huang Haijun. Dynamic model for passengers equilibrium commuting in urban transit systems[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(1): 1–8. (in Chinese)
- [12] 吴文祥, 黄海军. 固定需求交通网络的一般系统最优模型与性质[J]. *管理科学学报*, 2015, 18(12): 58–67.
Wu Wenxiang, Huang Haijun. Generalized system optimal model and properties in traffic networks with fix demand[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2015, 18(12): 58–67. (in Chinese)

The public transport companies' competition with on-line information provision

TIAN Qiong, CHAI Jiao-long, ZHOU Chang

School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China

Abstract: In this paper, we study how the bus companies to provide real-time bus station information service will influence the passenger travel behavior, and do game research about whether the company will provide the information to the passenger under the four difference situations. This finding will help in designing the transportation management policies. The model assumes that users can come to the bus stop or rail station at random or they can plan their trips. The fraction of users who plan their trips depends on the frequency of service and on the quality of information provided. Based on the analysis the cost of travel, we got the equilibrium of system in the case of fixed demand. Also compares the bus frequency, the number of planning passenger, and the company net profit under different strategies. A numerical example is presented to verify the theoretical results, which are consistent with classical economics theory. The finding can be helpful the transportation management policies.

Key words: on-line information; game theory; user equilibrium; travel plan; bus frequency