

文章编号: 1000-5471(2013)10-0001-05

时间价值影响城市交通效率的实证研究^①

陈岱婉

汕头职业技术学院, 广东 汕头 515041

摘要: 利用出行时间价值研究城市小汽车出行策略与公共交通出行策略的博弈, 研究表明在出行成本较低时, 小汽车出行是个体理性选择, 但个体的理性将导致交通低效率. 仅通过增加收费限行可短期内缓解交通拥堵, 但交通效率无法根本提高. 政府如果开辟快速公交系统, 公共交通出行是个体理性选择, 此时个体的理性将使交通高效率, 达到集体理性.

关键词: 博弈; 时间价值; 交通效率

中图分类号: O29

文献标志码: A

所谓时间价值是指由于时间的推移而产生的效益增加量和由于时间的非生产性消耗造成的效益的损失量的货币表现, 对于出行者来说, 单位出行时间的货币化表现即为出行的时间价值^[1]. 出行成本是交通参与者完成一次出行任务的费用. 随着城市化进程的快速发展, 小车拥有量持续增加, 城市交通拥堵已经成为普遍的现象. 城市交通是城市社会经济发展的基本载体, 通行效率即单位时间内的车流量, 将直接关系到经济发展的可持续性. 由于出行主体从多, 选择的方式各异, 因此出行时间和出行成本成为衡量出行质量和效率的标准, 时间价值成为交通效率评价的一个重要环节. 外部效应理论指出: 只要某人的效用函数所包含的变数是在另一个人的控制之下, 就有外部效应的存在. 由于出行时间价值不仅影响出行方式的选择, 还影响其他交通参与者出行时间, 必将产生外部效应, 直接影响交通效率. 因此研究小车车主的出行时间价值及产生的外部效应对提高城市交通效率, 解决城市交通问题是十分必要的.

1 文献回顾

云美萍, 劳云腾, 杨晓光(2010)以出行选择效用最大化作为出行者的目标函数, 应用 Stackelberg 博弈模型描述政府及出行者双方的动态博弈平衡. Szeto W Y 从社会效益分析, 认为政府建设运营是一种比较理想的模式, 同时也分析了 BOT 模式的适应性. 王洪德、张俊(2009)认为某个交通黑点是引起整条线路甚至整个交通网络堵塞的主要原因, 因此, 如何避开交通堵塞黑点, 找到方便、快捷的通行路径是目前亟须解决的问题. 吴毅洲(2005)认为, 对高峰时间行驶的车辆收取交通拥挤费, 促使一些在高峰时间行驶的车辆转入非高峰时间行驶, 是解决高峰时间交通拥堵的好方法, 使道路资源最好被利用. 谢建刚(2010)运用博弈论, 研究了交管部门在内城区的最优收费费率、私人汽车在内城区的最优行驶里程、交管部门和私人汽车的最优得益.

从现有文献看, 大部分都是基于效用和效率来解决城市交通拥堵问题, 从时间价值的角度分析小汽车出行成本对交通效率影响的研究并不多见. 实际上, 从中国城市的交通来看, 小汽车出行, 导致道路上的小汽车数量激增, 占据了城市道路网负荷能力的绝大部分, 而仅承担了城市全部客运量的很小一部分, 这

① 收稿日期: 2012-12-17

基金项目: 汕头职业技术学院科研课题(SZK2013Y08).

作者简介: 陈岱婉(1971-), 女, 广东汕头人, 硕士, 副教授, 主要从事应用数学方面研究.

造成了道路容量分配上的严重失衡,并进一步引发道路拥堵和所有车辆的时耗增大(包括公共交通).对每个交通参与者都有直接影响.考虑到公交车出行决策或小汽车出行决策是出行博弈的结果,笔者从时间价值的角度,利用博弈论这一分析工具,建立小汽车出行时间价值模型,研究拥堵时间与车主出行决策选择的关系,以及产生的外部效应和对交通效率的影响.

2 时间价值模型的建立

2.1 基本假定

模型建立的目标是确定如下问题:①基于交通顺畅的考虑,从时间也有价值的角度,车主如何选择出行方式.②车主选择出行方式将产生什么外部效应,对交通效率产生什么影响.③交通效率的改变将如何影响车主出行方式的选择.④政府如何通过车主出行方式的选择制定相应的交通决策,从根本上提高通行效率,满足人们的出行需求.

为了研究方便,本文记号列举如下:

a : 车主的时间价值,单位为元/小时;

k_i : 第 i 个车主一次出行的路程,单位为 km; $i=1, 2, \dots, n$. ($n \in N$)

t_i : 道路通畅时,第 i 个车主走 k_i 公里所花费的时间, $t_i \in [0, +\infty)$, 单位为 h ;

w : 道路通畅时,车主选择公交车到达目的地花费的时间;

t : 道路拥堵时,车主走 k_i 公里多花费的时间, $t \in [0, +\infty)$, 单位为 h ;

c : 在道路通畅时,车主每公里的油耗;单位为 L/km;

d : 某一型号的汽油的价格,单位为元/L;

b : 车主放弃小汽车出行,选择公交车到达目的地一次的费用, $b < k_i c d$, 单位为元/次;

p : 车主选择公交车出行的概率, $p = p(t)$;

在模型中假定,①车主可自主选择的出行方式仅为小汽车出行与公共交通出行两种方式.②车主认为政府在通过税收的方式用全体公民的钱来修路,进行交通设施的建设与维护.车主在买车、税收、执照、养路、停车等费用后,只需加油就可以上路.③在不计算购车成本的条件下,车主追求自身利益的最大化是快捷方便,节省时间,即使小汽车出行费用高于公共交通出行费用,仍认为小汽车出行是最优策略,④假定每位车主每小时的时间成本是相等的.⑤假定车主都使用同一型号的汽油,且油耗相同.⑥假设城市拥堵时为轻度拥堵,额外油耗比通畅时多耗时 0.8 倍^[2](如下表).

交通指数	对应路况	出行多耗时
0~2	基本没有道路拥堵	可以按道路限速标准行驶
2~4	有少量道路拥堵	比畅通时多耗时 0.2~0.5 倍
4~6	部分环路、主干路拥堵	比畅通时多耗时 0.5~0.8 倍
6~8	大量环路、主干路拥堵	比畅通时多耗时 0.8~1.1 倍
8~10	全市大部分道路拥堵	比畅通时多耗时 1.1 倍以上

据 2011 年 5 月 31 日新闻报道,北京市交通拥堵指数在当日已实现实时发布,发布间隔时间为 15 min.

2.2 公交未优先时,车主的出行时间价值模型

公交未优先时,公共交通出行与车主出行面对的拥堵程度无明显差异,故假设拥堵时间相同.公交未优先时,一般情况下是 $w \geq t_i$.

2.2.1 公交未优先时,车主的出行成本函数

则道路通畅时,车主走 k 公里的成本函数为:

$$C_i = p(b + aw) + (1 - p)(at_i + ck_i d) \quad (1)$$

由假设,道路处于轻度拥堵状态,即日交通拥堵指数为 4~6 度,额外油耗是通畅时多耗时 0.8 倍,(事实上,由于轻度拥堵时,小汽车需要频繁的起步、停车油耗还要更大)即额外油耗是 1.6 L/h.

则道路轻度拥堵时,第 i 个车主到目的地的时间价值函数为:

$$C_i(t) = p(b + aw + at) + (1 - p)(at_i + ck_i d + at + 1.6td) \quad (2)$$

2.2.2 车主出行博弈中的最佳出行时间

在这个博弈中，假定各车主已购买了小汽车，可以自由选择适当的出行策略，达到快捷方便出行，节省时间的目的，使自身利益的最大化。

对(2)求导，得

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{dp}{dt}(b + \alpha w + at) + ap + \left(-\frac{dp}{dt}\right)(at_i + dck_i + at + 12.8t) + (1-p)(a + 1.6d) \quad (3)$$

由边际成本可知，最优化的条件为 $\frac{dC_i}{dt} = 0$ 。这个一阶条件的解 $t = t^*$ ，即为第 i 个车主的最佳堵车时间。

则第 i 个车主选择小汽车出行的最佳出行时间为：

$$t_i^* = t_i + t^* \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

第 i 个车主选择公交车出行的最佳出行时间为：

$$w_i^* = w + t^* \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

因为 $w \geq t_i$ ，比较(4)，(5)可知

$$w_i^* \geq t_i^* \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

由于第 i 个车主已购买了小汽车，考虑到当前时间就是金钱，自己的时间是最珍贵的，选择小汽车出行所得的额外私人利益多于支出，为了达到快捷方便出行节省时间的目的，小汽车出行就是的第 i 个车主的最优策略，此时车主认为自身利益达到最大化，其他车主的理性选择也是小汽车出行。显然汽车的大量使用是基于个人效应最大化的个体理性选择结果，那么个体的理性是否就是集体的理性呢？

2.2.3 最佳出行时间 t_i^* 时的车主的时间价值博弈

对(3)再求导，可得

$$\frac{d^2 C_i}{dt^2} = \frac{d^2 p}{dt^2}(b - \alpha w + at_i - dck_i - 1.6td) + \frac{dp}{dt}(-3.2d - a) \quad (6)$$

由于 $w \geq t_i$ ， $b < k_i cd$ ，所以，

$$\frac{d^2 C_i}{dt^2} \Big|_{t=t_i^*} = \frac{d^2 p}{dt^2}(b - \alpha w + at_i - dck_i - 1.6t^*d) + \frac{dp}{dt}(-3.2d - a) < 0 \quad (7)$$

由(3)、(7)可知，此时 t^* 取得最大值，即堵车时间最长。个体的理性导致了集体的悲剧。为何个体的最优反而是集体的悲剧呢？

事实上，道路交通的需求关系与一般商品的需求关系有明显差别，它的供给可理解为每分钟或每小时通过的车流量，需求则是在目前城市交通状况下，交通参与者的出行。它的特点是当需求达到一定水平时，新的需求将导致供给的减少。因为道路参与者出行越多，将导致道路的车越多，车主的速度将变慢，那么每分钟或每小时通过的车流量就减少。此时车主仅考虑到自己的时间是最宝贵的，汽车的出行时间低于公交出行时间，自驾车出行所得的额外私人利益多于支出，因此小汽车出行是第 i 个车主的最优策略，但他没有考虑个体的最优将产生外部负效应，自己的出行将影响其他车主的通行速度，从而增加其他车主的通行时间和出行成本，也没有考虑到其他车主的速度减小，将使自己的通行速度减小，从而增加自己的通行时间和出行成本，即当其他人的利益受到损害时，自己的利益也同样受到损害。在道路资源有限的情况下，汽车的大量使用这种现象必然产生外部负效应。车主所看到的个人边际成本，低于该小汽车驶入车流的实际成本，难以实现最佳利益，反而导致交通低效率。

2.3 公交优先时，车主的出行时间价值模型

为解决城市拥堵问题，中国式治堵高招不断，如提出收拥堵费、排污费；提出限购、单双号限行……，这些措施都是希望通过提高车主的使用成本来使道路通畅，提高交通效率^[3]。这些措施能否从根本上提高交通效率呢？

实际上，限购、拥堵费、排污费等措施，虽然在一定程度上会增加车主的成本而减少开车出行，但这些措施忽视了市民出行的刚性需求，在城市规划、交通建设、文明出行等方面没做好相应准备时，这些高招不仅很难从根本解决问题，而且会增加民心拥堵，与幸福相悖。因为当公共交通挤得像罐头一样，每次出行要折腾四五次换车，显然开车出行比公共交通出行要便捷，毕竟堵车比等不来公交车要好多了。单双

号限行虽然在北京奥运会成功实行,但毕竟是市民的无私奉献为前提,能否延续还是问题,甚至出现购买第二辆车来应对限行,显然仅通过收费增加小汽车的出行成本来治堵,不仅满足不了人们出行的刚性需求,反而让人感觉民意未得到充分尊重,不仅堵车还堵心。

显然,只有重视市民出行的刚性需求,才能从根本上解决拥堵问题。在交通流高峰期间,公共汽车中 1 m^2 的面积上载客达 $10 \sim 12$ 位,而私人汽车占地面积为 5.75 m^2 ,私人汽车交通方式的占地面积约为公共交通方式的 60 倍^[4]。相比私人小汽车而言,公共交通的运量大,外部负效应小,在目前道路资源有限的情况下,显然只有大力发展公交,开辟公交车专道,使公交出行做到方便快捷,增加城市公共交通的吸引力,使车主自愿选择公交出行,此时个体的最优将产生外部正效应,用有限的道路面积承担尽可能多的出行,提高道路资源的利用率,从根本上提高交通效率。

2.3.1 公交优先时,车主的出行时间价值

开辟公交车专道,公交优先时,公共交通出行与车主出行面对的拥堵程度明显差异,此时公共交通出行几乎不拥堵,假设拥堵时间为零,此时公交出行成本减少;在道路无拓展的情况下,由于开辟公交车专道,公交优先,将减少小汽车出行的道路供给,此时假如小汽车的出行需求不变,将增加拥堵时间,从而小汽车出行成本增加。

若道路轻度拥堵时,第 i 个车主走 k_i 公里的时间价值函数为:

$$C_i(t) = p(b + aw) + (1 - p)(at_i + ck_i d + at + 1.6td) \quad (8)$$

2.3.2 公交优先时,车主出行博弈

在这个博弈中,假定各车主已购买了小汽车,可以自由选择适当的出行策略,达到快捷方便出行,节省时间的目的,使自身利益的最大化。

公交优先时,显然 $w < t_i$ 。对(8)求导,得

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{dp}{dt}(b + aw) + (-\frac{dp}{dt})(at_i + dck_i + at + 1.6td) + (1 - p)(a + 1.6d) \quad (9)$$

由边际成本可知,最优化的条件为 $\frac{dC_i}{dt} = 0$ 。这个一阶条件的解 $T = T^* (T^* > t^*)$,即为第 i 个车主的最佳堵车时间。

则第 i 个车主选择小汽车出行的最佳出行时间为:

$$T_i^* = t_i + T^* (i = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

第 i 个车主选择公交车出行的最佳出行时间为:

$$w_i^* < w (w < t_i) (i = 1, 2, \dots, n) \quad (11)$$

因为 $w < t_i$,比较(10),(11)可知,

$$w_i^* < T_i^* (i = 1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

由于 $b < k_i cd$,所以,

选择公共交通出行的时间价值为

$$C_i(t) = b + aw$$

选择小汽车出行的时间价值为

$$C_i(t) = at_i + dck_i + at + 1.6td > b + aw$$

$$w_i^* < T_i^* (i = 1, 2, \dots, n)$$

即选择公共交通出行的时间少于小汽车出行时间。

为了达到快捷方便出行,节省时间的目的,车主出于理性选择,选择公交车出行既节省时间,又节省成本,所得的额外私人利益多于支出,公交车出行就是的第 i 个车主的最优策略,此时车主认为达到自身利益的最大化。

由于更多车主选择公交车出行,也减轻非公交车专道的交通压力,将产生外部正效应,使其他道路车速增快,更通畅,公共交通资源得到较充分利用,达到交通效率最优。

3 结 论

本文从时间价值的角度出发，建立我国城市小汽车的出行时间价值函数，研究车主的出行方式博弈，结果表明在公共交通缺乏吸引力，小汽车出行成本较低的情况下，小汽车出行能满足市民快速便捷出行，是车主的最优策略。但由于土地资源的稀缺性，道路的供给总不能满足需求，急剧增加的小汽车出行将引发所有车辆的时耗增大(包括公共交通)产生外部负效应，导致道路交通低效率，个体的理性将是集体的悲剧。通过增加收费或限行等策略虽然可以降低车主选择小汽车出行的欲望，从而减轻路面的压力，但在公共交通缺乏吸引力时，这种治堵方式无法满足市民快速便捷出行的欲望，不仅堵车更堵心。只有制定实施合理的公共交通政策，让公共交通优先通行，开辟公共交通专道，建立完备公交网络，合理布局公交、地铁等公共交通网络，减少公交车的通行时间，提高公共交通吸引力，使更多车主选择公交车出行，这时将产生外部正效应，强大的公共交通网络极大地缓解了高峰时期路面的交通拥堵状况，提高了交通效率。再通过收费或限行等策略提高小汽车出行成本，控制汽车拥有量，从根本上解决交通问题。

参考文献：

- [1] 宗 芳, 隗志才, 张慧永, 等. 出行时间价值计算及应用研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2009(3): 114-119.
- [2] 刘 冕. 北京交通拥堵指数将实时发布市民可推算出行时间 [EB/OL]. [2011-04-18]http://news.ifeng.com.
- [3] 田 璠. 基于道路拥挤收费的出行时间价值研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2009.
- [4] 李淑华. 我国城市交通拥堵成因及对策初探 [J]. 中国人民公安大学学报: 自然科学版, 2003(3): 46-49.

An Empirical Study on Time Value Impact on Urban Transportation Efficiency

CHEN Dai-wan

Shantou Polytechnic Institute, Shantou 515041, China

Abstract: On the basis of the traveling time value, the game of travel tactics between choosing car or public transport has been studied. The result shows that when travel costs at a lower level, car travel is individual rational choice, but individual rationality will cause traffic inefficient. In short term, to increase the toll can alleviate traffic congestion, but traffic efficiency can't be improved completely. If the government opens up bus rapid transit system, traveling by public transportation is of individual rationality. It will lead to the traffic efficiency and achieve collective rationality.

Key words: game theory; time value; transport efficiency

责任编辑 汤振金