

# 政府介入下城市出租车出行方式选择的演化博弈分析

刘皓, 任其亮, 赵天羽

(重庆交通大学 交通运输学院, 重庆 400074)

**摘要:** 网约车诞生于共享经济的潮流之中, 低廉的价格优势使其进入出租车市场后就占据了大量市场份额并与巡游出租车形成激烈竞争, 导致发生巡游出租车罢工等事件。为维持市场的稳定, 政府开始介入。文中通过研究乘客对于网约车与巡游出租车的出行选择构建演化博弈模型, 考虑政府介入因素, 分析出租车出行方式选择的演化博弈。结果表明, 政府管制力度大小会对出租车出行方式选择的演化稳定结果产生重要影响。

**关键词:** 城市交通; 网约车; 巡游出租车; 政府介入; 管制力度; 演化博弈

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)05-0017-04

完全理性的局中人是传统博弈论的假设前提, 然而演化博弈论认为在一个复杂的环境中局中人保持完全理性是不现实的, 而是具有有限理性。交通环境复杂, 演化博弈论的有限理性假设使它适合于研究交通出行, 并可较好地反映出行选择的演化过程。近些年来, 学者们利用演化博弈论对交通问题进行了一系列研究。如陈星光等利用演化博弈论对公共交通和私家车两种交通方式进行了分析; 肖海燕等在考虑政府参与下, 通过对公共交通、私家车出行选择的演化博弈分析, 得出政府的管制对演化结果有很大影响; 王桂鹏等对城市轨道交通和常规公交出行选择建立演化博弈模型, 通过仿真分析得出票价对演化结果的影响; 程苑等对共享汽车与私家车的竞争构建演化博弈模型, 并根据其演化结果提供了有效建议; 于跃等从出行效用和出行成本两个维度将乘客出行方式选择行为的演化划分为供需匹配方式选择和运营模式选择两个阶段; 赵永芳等考虑定量的方式, 通过构建演化博弈模型研究影响出租车市场的三群体的最优策略选择; 褚宏帆等建立政府与出行者的动态演化博弈模型进行了演化稳定趋势分析; 钟芳等构建几种公共交通出行方式的演化模型, 针对演化结果为改善居民出行给出了切实的建议。当前对于出租车市场的博弈研究大多集中在网约车企业和巡游出租车企业的竞争关系研究, 而对于网约车和巡游出租车两种出行方式演化博弈的研究很少, 更没有考虑政府的政策影响。该文考虑政府介入因素对演化结果的影响, 分析网约

车与巡游出租车出行方式选择的演化博弈。

## 1 现有政策对出租车市场的影响

网约车的兴起使巡游出租车的客流大幅流失, 经济收入也急剧减少, 生活与工作受到影响。因此, 出现了一系列巡游出租车司机罢工事件, 同时大量巡游出租车司机转到网约车行业。在这种情况下, 2016 年 11 月, 国家推出《网络预约出租汽车经营服务管理暂行办法》, 在赋予网约车合法地位的同时提高了网约车司机的准入门槛。此后, 各地方政府陆续推出一些政策来规范当地的出租车市场。

这些政策对网约车的主要影响: 1) 对于网约车, 取得合法经营权固然可喜, 但成为网约车司机的条件限制大大提高。据统计, 在这些政策实施后, 符合要求的网约车司机数量减少。2) 这些政策对网约车的价格也进行了一些调整, 会使网约车的价格优势慢慢丧失。根据目前状况, 网约车的价格提高了不少, 与出租车的价格基本相当, 在一定程度上使选择网约车的乘客数量减少。总体来说, 这些政策赋予网约车合法经营权的同时, 也使成为网约车司机的条件更加严格, 最终会导致其市场占有率下降, 相当于对网约车形成“管制效应”。

这些政策对巡游出租车的主要影响: 1) 政府对于网约车的限制和巡游车企业的鼓励措施会使一些投奔网约车的原巡游车司机回流。网约车企业发展迅速的原因之一, 就是在发展初期利用补贴吸引了大量巡游出租车司机, 而这些政策提高了网约车准

入门槛,对网约车司机的补贴也相应减少,网约车司机数量随之减少,巡游出租车数量 and 市场份额增加,乘客选择巡游出租车出行更方便。2) 这些政策限制了网约车,使网约车和巡游车之间的竞争变缓,给了巡游车改掉自身缺点的时间,有机会通过改革重新提升自身的竞争力。一旦巡游车经过改革,为乘客提供更好的服务,那么乘客选择乘巡游出租车的数量会增加,相当于对巡游出租车产生“激励效应”。

随着国家政策的引导,出租车市场会趋于稳定,网约车和巡游出租车企业会根据政策进行相应调整,两者的数量和市场占有率也会因为政策的变化而变化,政策导向成为双方博弈的一个关键点。

## 2 演化模型

网约车通过依托滴滴出行或其他互联网交通服务公司,其流动性较大,容易受到政策影响出现车辆数量激增或锐减的情况。

在一定时空范围内,网约车和巡游出租车的数量有限,两者的功能属性和适用范围都相似,且所吸纳的乘客消费水平相近,可以把两者看作是同质的。乘客为了充分利用有限的资源,通过不断试错和调整,使下次出行收益更大,符合演化规则。根据上面的分析,政府的介入会对网约车形成“管制效应”、对巡游出租车形成“激励效应”,在构建乘客对这两种出行方式选择演化模型时,需考虑政府介入因素的影响。

### 2.1 演化博弈模型

将乘客定义为同质群体,网约车和巡游出租车之间的博弈为对称博弈,政府未介入前的收益函数见式(1),政府介入后的收益矩阵见表1。

$$\pi_{ij} = -cT_{ij} - p_i \quad (1)$$

式中: $\pi_{ij}$  为乘客在他人使用  $j$  出行方式时,自己使用  $i$  出行方式所得的收益; $c$  为单位出行时间成本; $T_{ij}$  为乘客在他人使用  $j$  出行方式时,自己使用  $i$  出行方式所花的时间; $p_i$  为  $i$  种出行方式的票价。

假设  $x$  表示  $t$  时刻选择网约车出行的乘客人数

表1 两种出行方式的收益矩阵

出行方式	两种出行方式的收益	
	1(巡游出租车)	2(网约车)
1(巡游出租车)	$\pi_{11} + N, \pi_{11} + N$	$\pi_{12} + N, \pi_{21} - M$
2(网约车)	$\pi_{21} - M, \pi_{12} + N$	$\pi_{22} - M, \pi_{22} - M$

注:  $N$  为对巡游出租车的“激励效应”;  $M$  为对网约车的“管制效应”。

比例,那么  $t$  时刻选择巡游出租车出行的人数比例为  $1-x$ ,  $x$  满足  $0 \leq x \leq 1$ 。乘客出行方式策略集为  $S\{1: \text{传统巡游出租车}, 2: \text{网约车}\}$ , 选择网约车的适应度函数为:

$$S_1 = x(\pi_{11} + N) + (1-x)(\pi_{12} + N)$$

选择巡游出租车的适应度函数为:

$$S_2 = x(\pi_{21} - M) + (1-x)(\pi_{22} - M)$$

平均适应度函数为:

$$S = xS_1 + (1-x)S_2$$

演化博弈的复制动态方程为:

$$\dot{x} = x(1-x)(S_1 - S_2)$$

$$\dot{x} = x(1-x)[(\pi_{11} - \pi_{21} + \pi_{22} - \pi_{12})x + \pi_{12} - \pi_{22} + M + N]$$

令  $f(x) = \dot{x}$ ,  $f'(x) = g(x)$ , 则  $A = \pi_{21} - \pi_{11}$ ,  $B = \pi_{22} - \pi_{12}$ 。

当  $f(x) = 0$  时,  $x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = (M + N - B)/(A - B)$ ,  $g(x) = (1 - 2x)[(B - A)x + N + M - B] + (x - x^2)(B - A)$ ,  $g(x) = (1 - 2x)[(B - A)x + M + N - B] + (x - x^2)(B - A)$ , 得:

$$g(x_1) = M + N - B$$

$$g(x_2) = A - M - N$$

$$g(x_3) = (M + N - B)/(A - B)(M + N - A)$$

### 2.2 系统平衡点

根据演化博弈理论,所有满足条件  $f(x) = 0$  与  $g(x) < 0$  的点称为演化均衡(ESE)点。对于  $M, N, A, B, B < A < M + N$  时,  $x_3 = (M + N - B)/(A - B) > 1$ , 不满足  $0 \leq x \leq 1$ , 而  $g(x_1) = M + N - B > 0, g(x_2) = A - M - N < 0$ , 故  $x_2 = 1$  是演化稳定平衡点;  $A < B < M + N$  时,  $x_3 = (M + N - B)/(A - B) < 0$ , 不满足  $0 \leq x \leq 1$ , 而  $g(x_1) = M + N - B > 0, g(x_2) = A - M - N < 0$ , 故  $x_2 = 1$  是演化稳定平衡点;  $B < M + N < A$  时,  $0 < (M + N - B)/(A - B) < 1, g(x_1) = M + N - B > 0, g(x_2) = A - M - N > 0, g(x_3) = (M + N - B)/(A - B)(M + N - A) < 0, x_3 = (M + N - B)/(A - B)$  是演化稳定平衡点;  $A < M + N < B$  时,  $0 < (M + N - B)/(A - B) < 1, g(x_1) = M + N - B < 0, g(x_2) = A - M - N < 0, g(x_3) = (M + N - B)/(A - B)(M + N - A) > 0, x_1 = 0, x_2 = 1$  是演化稳定平衡点;  $M + N < B < A$  时,  $x_3 = (M + N - B)/(A - B) < 0$ , 不满足  $0 \leq x \leq 1$ , 而  $g(x_1) = M + N - B < 0, g(x_2) = A - M - N > 0$ , 故  $x_1 = 0$  是演化稳定平衡点;  $M + N < A < B$  时,  $x_3$

$= (M+N-B)/(A-B) > 1$ , 不满足  $0 \leq x \leq 1$ , 而  $g(x_1) = M+N-B < 0$ ,  $g(x_2) = A-M-N > 0$ , 故  $x_1=0$  是演化稳定平衡点。

### 3 数值仿真分析

为更直观地表现乘客对巡游出租车和网约车出行选择的演化博弈结果, 同时验证演化博弈平衡点的准确性, 针对上文中的几种情况运用 MATLAB 进行赋值验证, 其中参数取值没有实际意义, 只是为了满足条件。根据上文分析得到的演化稳定平衡点, 分 3 类情况通过软件赋值进行模拟分析。

(1)  $B < A < M+N$  或  $A < B < M+N$ 。此时参数设置见表 2。根据分析, 如果政府对巡游出租车给予更大的“激励”, 同时对网约车进行更严格的“管制”, 由于  $A = \pi_{21} - \pi_{11}$ ,  $B = \pi_{22} - \pi_{12}$ ,  $\pi_{11} + N > \pi_{21} - M$ ,  $\pi_{12} + N > \pi_{22} - M$ , 政府给予的“激励”使选择巡游出租车的收益大于网约车, 乘客会选择巡游出租车出行。如图 1、图 2 所示, 两种情况下都是以  $x=1$  为稳定状态。

表 2  $B < A < M+N$  或  $A < B < M+N$  时参数赋值

条件	A	B	M+N	初始值	仿真值
$B < A < M+N$	3	2	4	(0.2, 0.5, 0.8)	见图 1
$A < B < M+N$	1	5	6	(0.3, 0.7)	见图 2

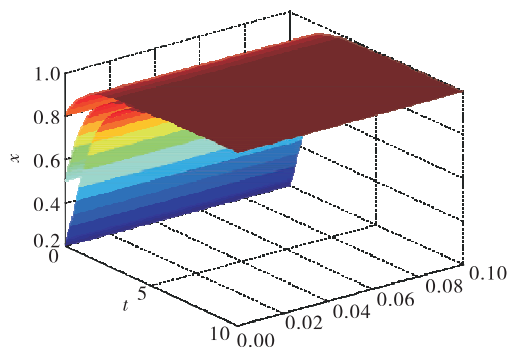


图 1  $B < A < M+N$  条件下仿真结果

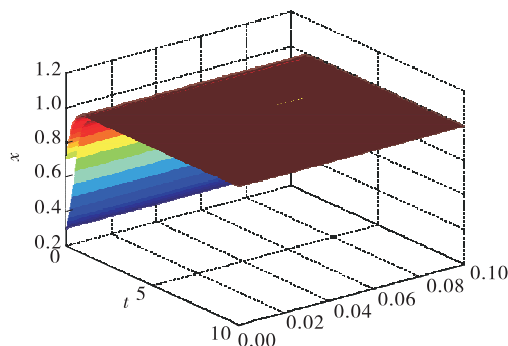


图 2  $A < B < M+N$  条件下仿真结果

(2)  $B < M+N < A$  或  $A < M+N < B$ 。此时参数设置见表 3。 $B < M+N < A$  的实际意义是当其他人选择巡游出租车出行时, 选择网约车出行的乘客收益更大; 在其他人通过网约车出行时, 通过巡游出租车出行的人能获得更大的收益。系统会逐渐达到稳定状态, 此时选择巡游车出行的乘客比例为  $x = (M+N-B)/(A-B)$ 。如图 3 所示, 这时系统的稳定状态是  $x=0.5$ , 表示有 50% 乘客选择巡游出租车, 同时有 50% 乘客选择网约车。 $A < M+N < B$  的实际意义是当其他人选择巡游出租车出行时, 出行者选择巡游出租车的收益更大; 如果其他人选择网约车出行, 乘客自己也选择网约车出行会获得更大的收益。这时将有乘客都选择巡游出租车出行或都选择网约车出行两种演化状态。如图 4 所示, 若输入的初始值取 0.2 或 0.5, 则系统最终的稳定状态都会在  $x=0$  处; 若初始值取 0.8, 则系统稳定状态在  $x=1$  处。系统稳定状态受初始值的影响。

表 3  $B < M+N < A$  或  $A < M+N < B$  时参数赋值

条件	A	B	M+N	初始值	仿真值
$B < M+N < A$	7	1	4	(0.3, 0.7)	见图 3
$A < M+N < B$	5	8	6	(0.2, 0.5, 0.8)	见图 4

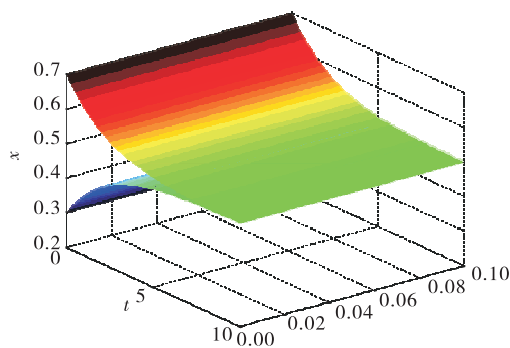


图 3  $B < M+N < A$  条件下仿真结果

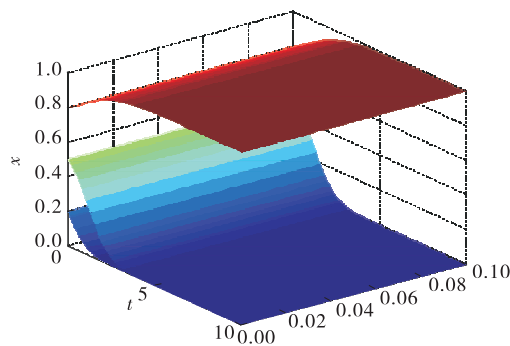


图 4  $A < M+N < B$  条件下仿真结果

(3)  $M+N < B < A$  或  $M+N < A < B$ 。此时参数设置见表 4。由于  $A = \pi_{21} - \pi_{11}$ ,  $B = \pi_{22} - \pi_{12}$ ,

$\pi_{11} + N < \pi_{21} - M$ ,  $\pi_{12} + N < \pi_{22} - M$ 。可以看作政府的介入对巡游出租车的“激励”不够大或对网约车的“管制”较小,乘客只要选择网约车出行,则所获得收益就会大于选择巡游出租车出行的收益,经过长期演化,最终剩下的是选择网约车出行的乘客。如图5、图6所示,这两种情形下,系统所形成的稳定状态都会在  $x=0$  处。

表4  $M+N < B < A$  或  $M+N < A < B$  时参数赋值

条件	A	B	M+N	初始值	仿真值
$M+N < B < A$	5	4	3	(0.3, 0.7)	见图5
$M+N < A < B$	8	10	7	(0.2, 0.5, 0.8)	见图6

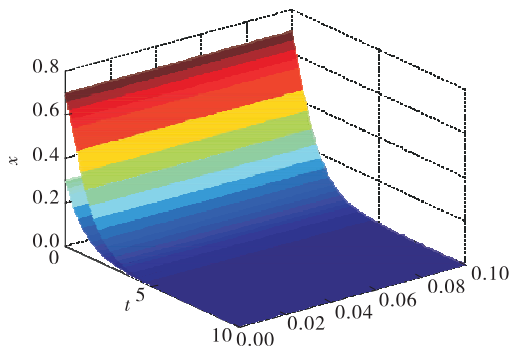


图5  $M+N < B < A$  条件下仿真结果

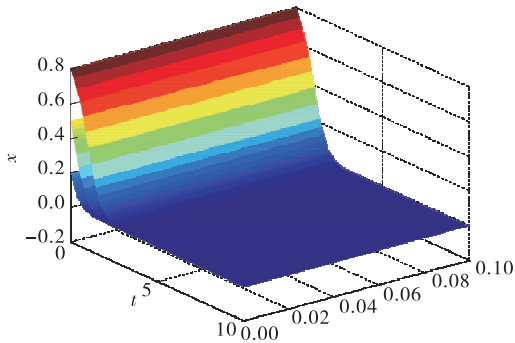


图6  $M+N < A < B$  条件下仿真结果

#### 4 结论

考虑政府介入影响因素时,构建乘客选择网约车与巡游车两种出行方式的演化模型分析系统的最终演化结果,得出以下结论:1) 政府管制力度大小影响系统的演化结果,如果政府介入且给予市场的管制力度很大,即  $M+N$  值较大,乘客都会选择巡游出租车出行。2) 如果政府介入但给予市场的管制力度较小,即  $M+N$  值较小,系统会根据不同的初始状态达到不同的演化稳定状态。3) 如果政府给予市场的管制力度很小,即  $M+N$  值很小,乘客都会选择网约车出行。

因网约车的出现而导致的出租车市场混乱,政府无论是放任不管还是过度干预都是不对的。前者会极大地压榨传统巡游车的生存空间,导致大量巡游车司机失业,影响社会稳定;后者与共享经济背景下行业创新的潮流背道而驰,违背大众创新的精神。据此给政府决策部门提出以下建议:1) 政府发挥调控者的作用,促进各有优势的两个竞争者的合作,使其优势互补,把出租车市场的“蛋糕”做大做强,降低因竞争带来的损失。2) 对出租车市场实行“双轨制”。一方面加快网约车与巡游出租车的合作,使其共同发展,维持市场稳定;另一方面正确利用它们的良性竞争,使双方都更注重服务质量,提升整个行业的服务水平。3) 政策上给予巡游车司机更多政策优惠,保证他们的基本收益,以维持行业的稳定。

#### 参考文献:

- [1] 陈星光,周晶,朱振涛.城市交通出行方式选择的演化博弈分析[J].管理工程学报,2009,23(2):140-142+130.
- [2] 肖海燕,王先甲.政府参与模式下出行者出行方式选择行为的演化博弈分析[J].管理工程学报,2010,24(2):115-118.
- [3] 王桂鹏.城市公共交通出行方式选择的演化博弈分析[J].甘肃科技,2018,34(4):29-32.
- [4] 程苑.汽车共享下的城市交通出行方式博弈研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [5] 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):1-14.
- [6] 赵永芳.网约车与传统出租车的演化博弈研究[D].大连:大连海事大学,2017.
- [7] 褚宏帆,胡大伟,杨倩倩.自行车共享下的城市慢行交通出行方式选择的博弈分析[J].交通工程,2018,18(3):12-17.
- [8] 钟芳.公共交通出行方式选择的演化博弈分析[J].交通科技与经济,2013,15(1):66-67+72.
- [9] 徐天柱.网约车崛起背景下出租车规制制度改革探讨[J].新疆大学学报(哲学·人文社会科学版),2018,46(1):16-23.
- [10] 任其亮,钟鹏.加强网约车经营管理对策研究[J].公路与汽运,2017(4):32-35.
- [11] 王珂,彭金栓,方媛.公共交通出行方式决策模型与实证分析[J].公路与汽运,2016(6):33-36.
- [12] 蔡雨涵.网络预约专车服务的法律问题研究[D].沈阳:沈阳师范大学,2018.