

# 基于博弈论的交通管理政策效用分析

云美萍, 劳云腾, 杨晓光

(同济大学 交通运输工程学院, 上海 201804)

**摘要:** 研究了考虑管理盲区影响下的交通管理政策效用. 指出交通系统中存在不受交通管理政策影响的管理盲区, 并以公务用车为例进行建模分析. 首先, 分析了政府的交通管理决策目标与出行者的出行选择目标, 以缓解交通阻塞、维持区域经济活力作为政府的目标函数, 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. 然后, 对出行选择效用进行假定, 分析了中心区发达与否条件下的模型输出, 揭示了公务用车对交通管理政策效用的影响. 研究结论显示, 对于发达的中心区, 公务用车出行比例越高, 限制个体交通的管理政策能够起到的效果就越差, 且其他出行方式选择的综合效用也会显著降低.

**关键词:** 交通管理政策; 效用; 公务用车; 博弈模型

**中图分类号:** U 491.2

**文献标识码:** A

## Game Theory-based Analysis on Utility of Transportation Management Policy

YUN Meiping, LAO Yunteng, YANG Xiaoguang

(College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** This paper presents an investigation of the utility of transportation management policy by taking into consideration of the impact of blind zone, which is almost free from management measures. A case study was made of the travel by government-owned cars (GOC). The government's objective was formulated as maximum vitality of the urban center and mitigation of traffic congestion. Travelers' objective was to maximize their travel utility. Then Stackelberg game theory was adopted to describe the equilibrium between government and travelers. With assumption of travel utility function, the output of the game model was solved graphically by considering whether the urban center was developed or not. The results show that for a developed center the higher the proportion of travel by GOC

is, the less effective the transportation management policy on reducing private car travel becomes and so does the whole transportation system.

**Key words:** transportation management policy; travel utility; government-owned cars; game model

目前私家车出行已成为备受居民青睐的出行方式, 此类个体交通方式的增加恶化了城市中心区日趋严重的交通阻塞. 为了减缓阻塞, 政府当局拟采取措施减少私人汽车的拥有量与使用. 以上海为例, 为了限制小汽车的拥有量, 自 1994 年起上海以有底价、不公开拍卖的方式对私车牌照进行市场化分配, 即政府每月发放一定数量的车牌额度, 车主根据自己的预期报价竞拍. 历经数次调整, 这一交通管理政策实施至今, 2007 年拍卖单价达到峰值近 6 万元. 在上海私车牌照拍卖饱受争议的同时, 关于“道路拥挤收费的可行性研究”等交通管理政策也备受关注.

交通管理政策是指导、约束和协调城市交通活动的总纲, 由政府部门基于城市交通发展战略而制定, 是引导城市交通发展的关键因素<sup>[1]</sup>. 交通管理政策的实施形式包括改变交通需求特征的各项宏观调控措施<sup>[2]</sup>, 例如拥挤收费、停车需求管理、牌照拍卖等. 然而交通政策的制定会受到诸多不确定性因素的影响, 例如实施交通拥挤收费时, 公车出行几乎不受拥挤收费的制约, 或者其制约程度与私家车出行存在显著差异.

北京市 2007 年的调查数据显示, 机动化出行方式中, 公共交通出行比例占 30.2%, 私人小汽车出行达到 29.8%, 公务用车出行占到 40.0%, 公务用车比例比公交、私人用车分别高出了约 10%. 2006 年中非论坛在北京召开期间, 采取了限制公车的措施, 即强制性要求“驻京中央、国家机关、部队、企事业单位

收稿日期: 2008-12-25

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(70631002); 国家自然科学基金青年基金资助项目(70501023)

作者简介: 云美萍(1977—), 女, 讲师, 工学博士, 主要研究方向为交通系统管理与行为、防灾与减灾交通系统.

E-mail: yunmp@tongji.edu.cn

位按照 50% 的比例控制封存公车,北京市属各机关、单位以及外省市驻京单位控制封存公车比例达到 80%”,当 49 万辆公车封存后,相关机关、事业单位的工作并没有因此受到影响,而那些平时拥堵不堪的快速路却通畅了<sup>[3]</sup>. 这充分说明公车出行占用的道路资源不容忽视.

本文中將不受交通管理政策影响或影响较小的出行称为“交通管理盲区”,以公车出行为例,研究交通管理盲区对交通政策的效果影响.

## 1 文献回顾

交通管理政策制定是一个多目标优化过程,不仅应考虑缓解堵塞,还应考虑对区域经济发展的影响,一些发达国家和地区甚至已充分关注交通政策对都市再造能否产生积极影响.

以停车管理政策为例,中心区个体交通方式太过集中引发拥堵后,英国 20 世纪 60 年代开始引入中心区停车泊位供给的上限值. 相关研究显示,在停车泊位受限的区域中,公共交通出行方式有所增加;但也有研究表明,到这些区域的出行总量在减少,导致区域经济活力衰退<sup>[4]</sup>. 于是在确定停车管理政策时,政府会面临两难境地,因为太小的停车供给可能导致驾驶员改变目的地,而并非仅是出行方式改变. 即在城市中心区找不到停车位的出行者不会改乘公共交通,而是前往有充足停车位的其他副中心,由此导致城市中心区经济活力衰退. 有学者提出用非合作博弈分析政府的停车需求管理方案,博弈的双方分别是政府与出行者,以此确定停车政策制定原则<sup>[5]</sup>. 拥挤收费政策的相关研究显示,收费对道路交通系统成本有显著影响,流量较小的公路,降低道路收费并控制车速可使交通成本减少;交通要道等流量较高的道路降低收费,则会造成交通成本增加,引发阻塞<sup>[6]</sup>.

由此可见,交通管理政策的制定在交通系统中存在诸多不确定性. 相关研究显示,不仅是交通政策本身,非交通性政策诸如社会经济发展、用地开发等也会影响交通需求特征,这就更增加了交通管理决策的复杂性<sup>[7]</sup>. 不同模式的交通管理政策其效果也各不相同,例如,交通设施建设中政府建设运营、企业建设运营并移交(BOT)、市场竞争机制 3 类政策各有优缺点,有学者采用时变网络建模分析了上述 3 类政策在消费者剩余、出行成本、社会剩余等方面的影响,认为就社会效益分析看,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<sup>[8]</sup>.

然而诸如公车出行等交通管理盲区对交通政策影响的研究并不多见. 从中国城市的交通实际来看,研究此类盲区对交通政策的影响非常重要. 例如在实施交通拥挤收费时,收费对公车出行与个体出行者的制约存在明显差异,由于公车出行的费用可以报销,于是拥挤收费几乎不会影响公车出行选择其他交通方式,由此影响交通管理政策的总体效果. 笔者试图研究此类“交通管理盲区”对交通政策的效果影响,考虑到政府与出行者群体是交通政策博弈的双方,借鉴博弈论这一分析工具<sup>[9-10]</sup>,分析公车出行对交通管理政策效用的影响机理.

## 2 博弈模型建立

### 2.1 基本假定

博弈模型建立的目标是确定如下问题:①某项交通管理政策要否实施,实施的力度如何. ②交通管理政策实施后,出行者的出行选择如何变化. ③管理盲区对交通政策的效果影响.

在出行者和政府的博弈中,出行者是指所有出行者组成的一个复合体,此类博弈定义为 Stackelberg 博弈. 博弈中政府先分析某项交通管理措施实施后出行者的预期反应,然后进行决策. 出行者基于不同选择方案的效用,按照效用最大化进行选择. 交通管理政策变量视为管理措施的力度,是模型的输出量.

政府进行交通管理决策时,将考虑对出行者可能产生的影响. 出行者必须根据政府已经采取的交通管理措施作出新的选择. 本文中对出行者的出行选择简化为目的地与交通方式的组合选择(combination of destination and mode, CDM).

### 2.2 政府目标函数

政府的目标不仅是缓解交通阻塞,同时也要维持区域经济活力. 因为若交通不便,出行者可能改变活动目的地,例如到城市或区域其他副中心去休闲、购物,导致中心区出现空心化,经济活力衰退. 一般,政府总是希望多数出行者选择某种出行方式与目的地的组合,例如,乘公共交通到市中心的方式是政府最为推荐的,若以优先系数反映政府对不同选择方案的优先度,则乘公共交通到市中心将被赋以最高的优先度. 所有 CDM 的优先度都是博弈模型的基本输入. 设第  $i$  类 CDM 组合的优先系数为  $R_i$ ,出行者选择  $i$  类 CDM 的实际比例为  $X_i$ ,政府的目标是追

求目标函数的最大化,故政府的目标函数  $f_1$  可表达如下:

$$f_1 = \sum_{i=1}^N R_i X_i \quad (1)$$

### 2.3 出行者目标函数

对应于某项交通管理政策,采用效用理论可确定出行者选择某类 CDM 的效用,出行者个体的目标是效用最大化,而博弈模型的局中人是所有出行者群体,这里认为出行者群体的目标是把他们实际的选择与模型输出结果的差异最小化,故可表达如下:

$$f_2 = \sum_{i=1}^N \left( X_i - \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A p_{t,i} \right)^2 \quad (2)$$

式中:  $f_2$  为出行者群体的目标;  $N$  为可供选择的 CDM 类型;  $A$  为出行样本(总出行次数);  $t$  为样本中的出行;  $p_{t,i}$  为出行者在  $t$  出行中选择  $i$  类 CDM 的概率,采用 Logit 模型描述此概率

$$p_{t,i} = \frac{e^{U_{t,i}(V)}}{\sum_{j=1}^N e^{U_{t,j}(V)}} \quad (3)$$

式中:  $U_{t,i}$  为在  $t$  出行中选择  $i$  方式的个体出行者的效用;  $V$  为交通管理政策变量. 变量  $V$  定义为交通管理政策执行与否及执行强度. 以拥挤收费为例,  $V=0$ , 则不实施拥挤收费;  $V=1$ , 则收取最高额的拥挤收费;  $V$  值介于零和 1 之间代表某种具体的拥挤收费策略.

已知一个出行样本  $A$ , 采用 Logit 模型描述选择  $i$  方式的出行者比例  $f_{i,3}$  为

$$f_{i,3} = \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A p_{t,i} = \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A \frac{e^{U_{t,i}(V)}}{\sum_{j=1}^N e^{U_{t,j}(V)}} \quad (4)$$

用平方差表示实际比率与 Logit 模型结果之间的差异,如式(5)所示:

$$f_4 = \sum_{i=1}^N (x_i - f_{i,3})^2 = \sum_{i=1}^N \left[ X_i - \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A \frac{e^{U_{t,i}(V)}}{\sum_{j=1}^N e^{U_{t,j}(V)}} \right]^2 \quad (5)$$

博弈中出行者群体的目标是使式(5)最小化.

### 2.4 博弈模型

按照上述分析,政府与出行者之间的博弈模型可表达如下<sup>[4]</sup>:

$$\max_V Z_S = \sum_{i=1}^N R_i X_i \quad (6)$$

$$\text{s. t.} \quad \min_X Z_P = \sum_{i=1}^N \left[ X_i - \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A \frac{e^{U_{t,i}(V)}}{\sum_{j=1}^N e^{U_{t,j}(V)}} \right]^2 \quad (7)$$

$$G(\bar{X}, V) > 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1 \quad (9)$$

$$0 \leq X_i \leq 1, \forall i, 0 \leq V \leq 1 \quad (10)$$

式中:  $Z_S$  为政府的目标函数;  $R_i$  为政府对  $i$  类 CDM 的优先系数;  $Z_P$  为出行者的目标函数;  $G$  为其他必要的约束条件.

按照上述博弈模型,对应于任何可行的  $V$  值存在  $Z_P$  为最小值时的解决方案,即不同的  $X_i$  值. 在  $Z_P$  最小值问题的所有解决方案中,  $Z_S$  为最大值时的变量  $V$  就是政府目标最优时的解决方案. 约束集  $G$  不是必须的,可视实际需求而定.

博弈模型的输入量是出行者选择每类 CDM 的效用函数  $U$ 、政府给以每类 CDM 的优先系数  $R$  及影响效用函数的参数. 模型的输出量是交通管理政策变量  $V$  及每类 CDM 出行者的比率  $X$ .

### 2.5 交通管理盲区影响下的博弈模型

交通管理盲区是不受交通管理政策影响的 CDM 组合,已有研究证明公务用车出行不受拥挤收费的影响<sup>[11]</sup>,因此公务用车是一种典型的交通管理盲区. 这里以公务用车为例,分析其对交通管理政策的影响. 令  $X_b$  表示公务用车占总出行方式的比例,  $R_b$  表示政府对公务用车出行的优先系数,  $U_b$  为公务用车的效用(为常数),建立模型如下:

$$\max_V Z_S = \sum_{i=1}^N R_i X_i + R_b X_b \quad (11)$$

s. t.

$$\min_X Z_P = \sum \left[ X_i - (1 - X_b) \frac{1}{A} \sum_{t=1}^A \frac{e^{U_{t,i}(V)}}{\sum_{j=1}^N e^{U_{t,j}(V)}} \right]^2 \quad (12)$$

$$G(\bar{X}, V) > 0 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^N X_i + X_b = 1 \quad (14)$$

$$0 \leq X_i \leq 1, \forall i, 0 \leq V \leq 1 \quad (15)$$

## 3 实例研究

为了验证 2.5 节模型描述实际问题的合理性,研究了公车出行占不同比例时,最佳交通管理政策及交通系统效用的变化. 为便于分析,作如下假定:

(1) 假定 CDM 选择为 3 类: ①乘公共交通出行去市中心(center transit, CT); ②乘私人小汽车出行

去市中心(center automobile, CA);③乘私人小汽车出行去其他目的地(other automobile, OA).

(2) 假定公务用车的效用  $U_b$  为常数.

(3) 假定效用函数与交通政策变量是线性关系,可将效用函数定义为  $U = a + bV$  的形式,其中  $a$  和  $b$  均为参数.

(4) 假定公车出行仅对公共交通出行有影响,即  $U_{CT} = a_{CT} + b_{CT}V + c_{CT}X_b$ .  $a_{CT}$  为公车出行及交通管理政策对  $U_{CT}$  影响的常数项;  $b_{CT}$  为交通管理政策对  $U_{CT}$  的影响系数;  $c_{CT}$  为公车出行比例对  $U_{CT}$  的影响系数.

于是,出行者群体有 3 个决策变量,即上述 3 类 CDM 选择的比例,分别为  $X_{CT}$ ,  $X_{CA}$  和  $X_{OA}$ . 模型的输入量是各 CDM 选项的效用函数,分别为  $U_{CT}$ ,  $U_{CA}$  和  $U_{OA}$ ,相应的优先系数为  $R_{CT}$ ,  $R_{CA}$ ,  $R_{OA}$ ,公务用车的优先系数  $R_b$ . 交通管理政策变量  $V \in [0, 1]$  是模型的输出量,是未知变量.

交通管理政策的实施与区域发达程度、公共交通服务水平等因素密切相关,可通过作为模型输入的各选择方案的效用体现. 现将影响交通管理政策效果的各种情形讨论如下:

(1) 城市中心区发达程度. 对发达的城市中心区,若私家车比公共交通更具吸引力,未采取交通管理政策时,各选择方案的效用符合  $U_{CA}(0) > U_{CT}(0) > U_{OA}(0)$ . 其中,  $U_{CA}(0)$ ,  $U_{CT}(0)$ ,  $U_{OA}(0)$  分别是当  $V = 0$  即未采取交通管理政策时,选择私人小汽车到市中心的效用、选择公共交通到市中心的效用、选择私人小汽车到其他区域的效用. 反之,若中心区不发达,主要出行吸引点在中心区域之外,则以下条件成立:  $U_{OA}(0) > U_{CA}(0) > U_{CT}(0)$ .

(2) 中心区公共交通服务水平. 若中心区公共交通服务水平很高,未采取交通管理措施时,效用函数符合下列条件:  $U_{CT}(0) > U_{CA}(0) > U_{OA}(0)$ ; 反之,

若中心区缺乏有效的公共交通,则下式成立:  $U_{CA}(0) > U_{OA}(0) > U_{CT}(0)$ .

(3) 交通管理政策对  $U_{OA}$  的影响. 为缓解拥堵,在中心区采取限制个体交通的管理政策(如拥挤收费、停车泊位限制等),  $U_{CA}$  将减小. 同时可能会改变乘私家车前往其他目的地的相对效用,最可能的情况是  $U_{OA}$  不变或增加. 因此,对于效用函数  $U_{OA} = a_{OA} + b_{OA}V$ ,可能的情况是  $b_{OA} = 0$  或  $b_{OA} > 0$ .

(4) 交通管理政策及公务用车对  $U_{CT}$  的影响. 即使公共交通自身服务水平没有改变,限制个体交通的管理政策也可能对  $U_{CT}$  产生积极或消极的影响. 例如,采取拥挤收费后,中心区拥堵缓解,公共汽车车速提高,  $U_{CT}$  将增加;拥挤收费也可能在收费区域外围引发拥堵,若没有公共汽车专用道,将会增加公交延误,导致  $U_{CT}$  减小. 而公务用车对公共交通的效用将产生消极影响. 故对于效用函数  $U_{CT} = a_{CT} + b_{CT}V + c_{CT}X_b$ ,可能的情况有  $b_{CT} < 0$ ,  $b_{CT} > 0$  或  $b_{CT} = 0$ ,  $c_{CT} < 0$ .

综上所述,采取限制中心区个体交通方式的政策后,有  $U_{CA}$  减小、 $U_{OA}$  不变或增加、 $U_{CT}$  减少、不变或增加共 6 种情况. 若考虑中心区发达与否、公共交通服务完善与否,则有 24 种情况. 验证模型的合理性首先应确定效用函数的各项参数,这涉及到复杂的调研与建模,并非是论文的研究重点,这里不再展开. 本部分实例研究依据上述各选择方案效用的变化规律及其相互关系,对各项参数进行合乎逻辑的假定,考虑到实际中的效用值往往与行程时间负相关,参数多取为负值,具体取值如表 1 所示. 并假设公务用车对公共交通出行的影响系数  $c_{CT} = -0.5$ ,公务用车的效用  $U_b = -8$ ,优先系数  $R_{CT} = 1.0$ ,  $R_{CA} = 0.5$ ,  $R_{OA} = -1.0$ ,  $R_b = -0.5$ . 针对上述 24 种情景检验模型的输出结果.

表 1 考虑中心区及公共交通特征的效用函数参数假定

Tab.1 Parameter assumption considering characteristics of urban center and transit

$U_{OA}$ $U_{CT}$	发达中心						不发达中心						发达公共交通						不发达公共交通					
	CA		CT		OA		CA		CT		OA		CA		CT		OA		CA		CT		OA	
	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$
不变 减少	-10	-4	-11	-1	-13	0	-12	-4	-11	-1	-9	0	-10	-4	-9	-1	-11	0	-10	-4	-12	-1	-11	0
不变 不变	-10	-4	-11	0	-13	0	-12	-4	-11	0	-9	0	-10	-4	-9	0	-11	0	-10	-4	-12	0	-11	0
不变 增加	-10	-4	-11	1	-13	0	-12	-4	-11	1	-9	0	-10	-4	-9	1	-11	0	-10	-4	-12	1	-11	0
增加 减少	-10	-4	-11	-1	-13	1	-12	-4	-11	-1	-9	1	-10	-4	-9	-1	-11	1	-10	-4	-12	-1	-11	1
增加 不变	-10	-4	-11	0	-13	1	-12	-4	-11	0	-9	1	-10	-4	-9	0	-11	1	-10	-4	-12	0	-11	1
增加 增加	-10	-4	-11	1	-13	1	-12	-4	-11	1	-9	1	-10	-4	-9	1	-11	1	-10	-4	-12	1	-11	1

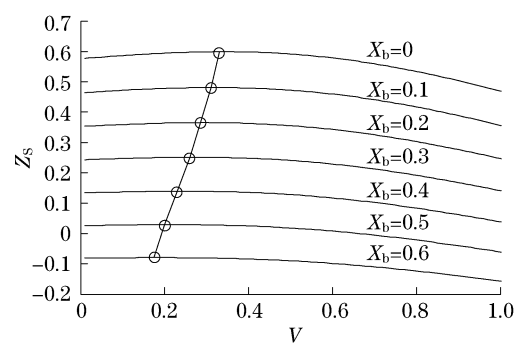
上述中心区发达与否、公共交通发达与否4种情况中,以中心区发达为例,选取表1中所示的 $U_{OA}$ 不变、 $U_{CT}$ 减少(情形1)及 $U_{OA}$ 增加、 $U_{CT}$ 减少(情形2)为例,模型的输出如图1a、图1b所示;以中心区不发达为例,选取表中所示的 $U_{OA}$ 不变、 $U_{CT}$ 减少(情形3)及 $U_{OA}$ 增加、 $U_{CT}$ 增加(情形4)为例,求解后得到博弈模型的输出结果如图1c、图1d所示。

## 4 结论分析

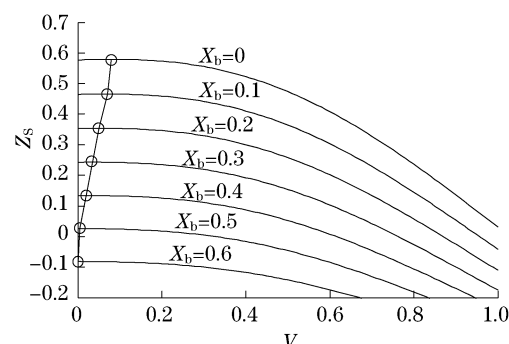
(1) 情形1分析. 情形1城市中心区发达,交通管理措施将限制私人小汽车进入市中心( $U_{CA}$ 减少),也会间接影响乘公共交通进入市中心( $U_{CT}$ 减少),但不影响乘私人小汽车到其他的区域中心( $U_{OA}$ 不变). 由图1a可见,政府的目标函数随交通管理措施的变化成 $\cap$ 形曲线,曲线有最高点,是博弈的斯塔克伯格均衡点,最高点对应的 $V$ 值在零和1之间,即采取一定强度的管理措施能使政府的目标函数最优. 图1a还显示公务用车占不同比例时,对应的最优点也不同,无公务用车时系统的总体效用最高,随着公务用车比例的增加,系统的效用在显著降低,且效用最高时对应的交通管理措施的执行力度也相应降低. 说明公务用车的存在对交通管理措施的实施有显著影响,极端的情况就是有大量公务用车存在时,不宜采用限制私人小汽车的交通管理措施。

(2) 情形2分析. 情形2与情形1的区别是交通管理政策会促使私人小汽车改变目的地到其他的区域中心( $U_{OA}$ 增加),曲线形状与情形1类似,如图1b所示,主要区别是对应于效用最高值的点较情形1向左移动,即由于交通管理政策的实施会促使私人小汽车到其他的区域中心,导致对市中心区活力的削弱,因此交通管理的实施力度应降低。

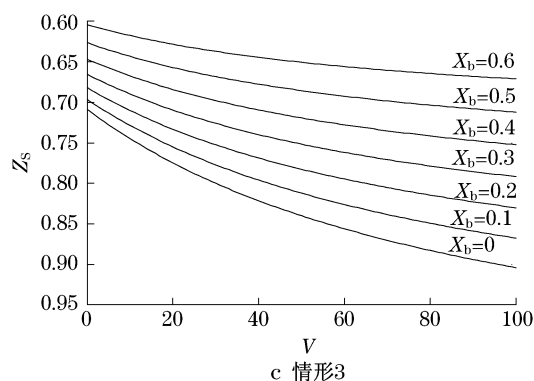
(3) 情形3分析. 情形3是指中心区不发达时,交通管理政策限制了私人小汽车出行( $U_{CA}$ 减少),同时也对公共交通有消极影响( $U_{CT}$ 减少),模型输出结果如图1c显示,交通管理政策力度加强时,系统总体效用呈下降趋势. 此时 $V=0$ ,即不采取任何交通管理政策时交通系统效用最大. 而此时随着公务用车比例的增加,系统总效用也在增加. 这揭示出对于不发达的中心区采取限制个体交通的政策并不会产生积极的效果,而公务用车出行却有助于提高系统的总效用,这恰恰为城市新区开发中政府机构搬迁至新区提供了理论依据。



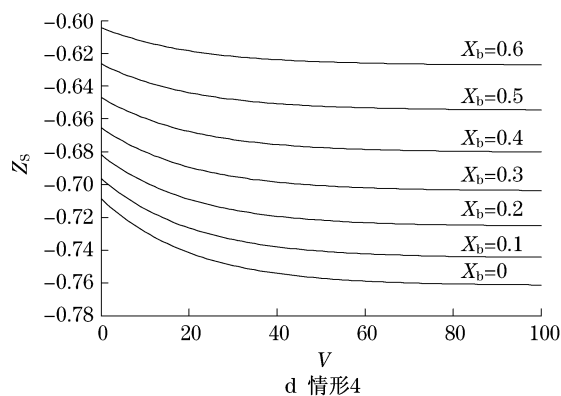
a 情形1



b 情形2



c 情形3



d 情形4

图1 政府目标函数随交通管理政策的变化  
Fig.1 Variation of government objective with transportation management

(4) 情形4分析. 情形4是指中心区不发达,交通管理政策限制了私人小汽车出行( $U_{CA}$ 减少),引发小汽车出行转移到其他副中心,而交通管理对公共

交通出行具有积极的改善效果. 模型的输出结果如图1d显示, 交通管理政策力度加强时, 系统总体效用也呈下降趋势, 这表明, 对于不发达的中心区, 即使限制个体交通的管理政策能增加公共交通的出行效用, 最终还是被个体交通转移至其他区域的负效应所抵消, 此时不采取交通管理政策可使交通系统效用最大. 同样, 随着公务用车比例的增加, 系统总效用也在增加, 证实了城市新区开发中政府机构搬迁至新区的合理性, 情形3也证实了此合理性.

(5) 博弈模型可能的输出结果分析. 对上述24种情形对应的博弈模型图解输出进行分析, 可能的输出结果有4种曲线: ①∩形曲线. 情形1与情形2就属这一类型, 即交通管理措施的实施有积极的作用, 也有消极的作用, 此时曲线有1个最高点, 而 $V$ 的最优值在零和1之间. ②递增曲线. 即随着交通管理措施的加强, 系统的效用增加, 这种情况发生在成熟的中心区域, 且公共交通发达, 即交通管理措施只限制了私人小汽车到市中心, 此时 $V=1$ 为最优值, 当然这是极端理想的情况. ③递减曲线. 即采取交通管理措施对缓解拥挤与增强中心区的活力没有积极效果, 可能发生在市中心不发达或公共交通不发达的情况下. 此时 $V=0$ 为最优值, 即不采取任何限制个体交通的管理政策. 情形3与情形4即是这一类型. ④U形曲线. 这种曲线出现在市中心不发达或公共交通不发达的情况下, 稍微加强交通管理会产生负面的效果, 但当管理的力度更大时, 系统效用的下降会达到均衡. 此时的最优值是选择 $V=0$ 或 $V=1$ . 当 $V=1$ 时, 政府的效用是基于出行者乘公共交通到达市中心为主要出行方式. 当 $V=0$ 时, 政府的效用是基于出行者乘私人小汽车到达市中心为主要出行方式. 在这种情况下, 交通管理政策的选择还应该考虑其他的约束条件.

#### 参考文献:

- [1] 高中岗. 从京沪城市交通政策的差异看北京的交通拥堵[J]. 城市规划汇刊, 2004, 152(4): 35.
- GAO Zhonggang. Analysis of traffic congestion in Beijing: from view of transportation policy difference between Beijing and Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2004, 152(4): 35.
- [2] 周鹤龙, 徐吉谦. 大城市交通需求管理研究[J]. 城市规划, 2003, 27(1): 57.
- ZHOU Helong, XU Jiqian. Study on large city transportation demand management [J]. City Planning Review, 2003, 27(1): 57.
- [3] 邓海建. 交通不节约不能只归罪于私车出行量[EB/OL]. [2008-12-01]. [http://news.xinhuanet.com/comments/2007-05/30/content\\_6168561.htm](http://news.xinhuanet.com/comments/2007-05/30/content_6168561.htm).
- DENG Haijian. Transportation non-efficiency is not only imputed to travelling by private cars[EB/OL]. [2008-12-01]. [http://news.xinhuanet.com/comments/2007-05/30/content\\_6168561.htm](http://news.xinhuanet.com/comments/2007-05/30/content_6168561.htm).
- [4] Still B D, Simmonds D. Parking restraint and urban vitality[J]. Transport Rev, 2000, 20(3): 291.
- [5] Yaron Hollander, Prashker Joseph N, David Mahalel. Determining the desired amount of parking using game theory [J]. Journal of Urban Planning and Development, 2006, 132(1): 53.
- [6] 冯苏苇. 收费对两道路交通系统成本演化的影响[J]. 系统工程理论与实践, 2005(5): 139.
- FENG Suwei. The influence of decreasing toll on cost evolution of traffic system with two lanes [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2005(5): 139.
- [7] Dominic Stead, David Banister. Influencing mobility outside transport policy[J]. Innovation, 2001, 14(4): 315.
- [8] Szeto W Y, Lo Hong K. Time-dependent transport network improvement and tolling strategies [J]. Transportation Research Part A, 2008(42): 376.
- [9] Chen O J, Ben-Akiva M E. Game-theoretic formulations of interaction between dynamic traffic control and dynamic traffic assignment [C] // Transportation Research Board Annual Meeting. Washington D C: TRB, 1998: 179-188.
- [10] Fisk C S. Game theory and transportation systems modeling [J]. Transportation Res Part B, 1984, 18(5): 301.
- [11] 张中安, 冯苏苇. 公务车与私家车博弈下的交通拥挤收费效果研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008, 8(2): 85.
- ZHANG Zhong'an, FENG Suwei. Game analysis of private cars and government-owned vehicles under road pricing regulation [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2008, 8(2): 85.

[1] 高中岗. 从京沪城市交通政策的差异看北京的交通拥堵[J].