

# 拥挤收费措施的公众可接受性与有效性

肖恢暉<sup>1,2</sup>, 孙祥龙<sup>1,2</sup>, 陆建<sup>1,2</sup>

(1.东南大学 城市智能交通江苏省重点实验室, 210096 南京;

2.现代城市交通技术江苏高校协同创新中心, 210096 南京)

**摘要:** 为了研究系统属性对公众可接受性的影响,明确拥挤收费措施的公众可接受性与有效性之间的关系,选择拥挤收费措施的5个系统属性作为模型变量,采用有序概率模型和多项Logit模型方法构建了公众可接受性和措施有效性模型,并利用SP调查的476个样本数据对模型进行了标定,然后利用这两个模型预测了3个收费场景的可接受性与有效性.结果表明:系统属性对可接受性有较大影响,而对有效性影响较小;在集计水平上,研究中的每个收费方案都是有效的,而且拥挤收费有效性高的方案,对应的接受性都较低,但接受性较高的方案中,却有很多是有效的,这说明有效的收费方案并不都是不能被接受的.在进行拥挤收费系统设计时应当主要关注公众可接受性,以提升拥挤收费措施的可行性.

**关键词:** 拥挤收费; 公众可接受性; 有效性; 有序概率模型; 多项Logit模型

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2014)06-0111-05

## Public acceptability and effectiveness of congestion pricing

XIAO Huihui<sup>1,2</sup>, SUN Xianglong<sup>1,2</sup>, LU Jian<sup>1,2</sup>

(1.Jiangsu Key Laboratory of Urban ITS, Southeast University, 210096 Nanjing, China;

2.Jiangsu Province Collaborative Innovation Center of Modern Urban Traffic Technologies, 210096 Nanjing, China)

**Abstract:** To discuss the impact of the system properties on the public acceptability of congestion pricing and the relationship between public acceptability and effectiveness of it, five system properties of congestion pricing are selected as the model variables, and the ordered probit model and the MNL model are used to establish the models of public acceptability and effectiveness, which are calibrated by 476 sample data from SP survey, then the acceptability and effectiveness of three pricing scenarios are predicted by the two models. The research results reveal that the system properties influence acceptability greatly, but do not significantly influence effectiveness. At the disaggregate level, all charging schemes in this research are effective, and highly effective schemes are less acceptable, whereas much of highly acceptable schemes are still effective, which indicate that not all of the effective charging schemes are unacceptable. To enhance the feasibility of congestion pricing, the design of the measure should focus on the public acceptability of it.

**Keywords:** congestion pricing; public acceptability; effectiveness; ordered probit model; MNL model

交通拥挤是全世界面临的一个棘手问题.根据以往经验,单纯的增加供给,不能彻底解决城市交通问题,而加强交通需求管理,以有限的供给满足持续增长的交通需求日益成为交通发展的主旋律.而城市道路拥挤收费被认为是有效的需求管

理措施之一,已经得到国内外专家与学者的广泛关注.世界上许多城市都对其进行了研究,包括国内的一些大城市,如北京、上海、广州、深圳、南京等.但目前只有伦敦、新加坡、斯德哥尔摩等少数几个城市实施了这个措施.技术上的发展已经解决了收费系统灵活多变的要求,然而除了技术和法律上的问题外,缺少公众的可接受性成为了拥挤收费顺利实施的一个主要障碍<sup>[1-3]</sup>.

不同拥挤收费方案对公众可接受性的影响程度,以及拥挤收费方案的有效性与可接受的关系

收稿日期: 2013-06-14.

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2011AA110302).

作者简介: 肖恢暉(1984—),女,博士研究生;

陆建(1972—),男,教授,博士生导师.

通信作者: 陆建, lujian\_1972@seu.edu.cn.

等问题都需要深入研究. 本文将利用随机效用理论, 建立公众可接受性和有效性模型, 研究措施的系统属性对公众可接受性的影响, 并验证可接受性与有效性之间的关系. 本文的研究意义在于可以定量地分析措施的系统属性对可接受性的影响程度, 揭示公众可接受性与有效性之间的关系, 为收费系统的设计提供依据.

## 1 SP 调查设计

### 1.1 系统属性及其水平

拥挤收费措施的公众可接受性受到很多因素影响, 可能会因系统属性的不同、心理感知的变化、个体之间的差异而有所不同<sup>[4-6]</sup>. 公众对措施的心理感知评价, 如感知公平、感知有效、感知自由等也会受到措施系统属性水平的影响. 所以本文主要研究拥挤收费的系统属性对公众可接受性的影响.

由于拥挤收费措施的系统属性较多, 因此为提高调查精度, 本文依据现有研究及预调查<sup>[6-8]</sup>, 选择收费标准、收费对象、延误时间减少、污染排放减少、收益分配作为调查属性, 并设定其各自的属性水平.

**收费标准.** 目前国内虽然没有城市实施拥挤收费, 但上海、北京、深圳等城市已经对拥挤收费的可行性进行了论证, 并已提出了收费标准, 类比这些城市的研究, 将南京市的拥挤收费标准定为 5、10、15、20 元/次 4 个水平.

**延误时间减少.** 参考拥挤收费的成功案例所产生的结果, 将延误时间减少设置为 4 个水平: 10%、20%、30%、40%.

**污染排放减少.** 参考拥挤收费的成功案例所产生的结果, 将排放时间减少设置为 4 个水平: 5%、10%、15%、20%.

**收费对象.** 从国外实施经验来看, 收费对象应包括除公交车、特种车辆(军车、消防车、救护车)外的其他一切车辆. 但由于我国城市中存在大量由政府、单位和公司支付用车开支的公务车, 即这部分费用不由使用人承担, 因此拥挤收费对这类车辆的使用几乎不能起到有效的调节作用. 在有大量公车的情况下推行拥挤收费策略, 会加剧不公平性, 影响公众对策略的接受程度. 因此, 本文

针对公车是否收费对收费对象设置两个水平, 一是对除公交车、特种车辆(军车、消防车、救护车)外的其他一切车辆(包括公车)收费; 二是对除公交车、特种车辆(军车、消防车、救护车)及公车外的其他一切车辆收费, 对公车不收费, 但对其进行严格配额管制.

**收益分配.** 拥挤收费产生的收益用于不同目标会对公众可接受性产生重要影响, 一般要求收益返还到交通系统. 因此, 本文将收益分配分为以下 4 个水平: 收益用于新建道路、收益用于改善公交、收益用于减免车辆使用相关税及不清楚使用目标的分配.

### 1.2 调查场景组合设计

由于拥挤收费措施国内还没有实施, 所以本文使用 SP 调查来获得公众对不同收费方案偏好. 为了尽量减少调查场景, 使用正交设计针对不同的系统属性水平进行场景的组合设计. 4 个 4 水平, 1 个 2 水平的混合正交场景为 16 个, 在这 16 个场景中随机抽取 4 个场景组成一个 SP 调查方案, 如表 1 所示.

对每个场景, 受访者分别对可接受性和有效性作出评价: 对可接受性的评价是 1~5 的评分, 1 为完全不接受, 2 为不接受, 3 为不确定, 4 为接受, 5 为完全接受; 对有效性的评价是在 4 种场景下, 对付费开车、公交、错开收费时段开车及其他 4 种出行方式进行选择. 在此基础上, 再加上个体特征信息即可构成一份完整的问卷.

利用设计的调查问卷对南京市小汽车用户进行了调查. 调查问卷共发放了 1 200 份, 回收了 897 份. 由于 SP 调查可靠性较低, 所以对样本数据进行了校核, 在一致性和控制性两个筛选标准下, 最终筛选有效样本数占回收样本数的 53.1%. 样本中男性比例明显高于女性; 年龄分布集中在 30~60 岁之间; 家庭组成和教育背景的分布差异较大; 中、高收入的比例占 80% 以上; 超过 70% 的公众居住在收费区域外, 工作在区域内. 样本中, 性别、年龄、居住地等的比例与南京市车管所统计的小汽车用户的分布情况大致相似; 月收入、家庭组成的比例与 2011 年南京市家庭平均收入相比也没有显著差异, 说明调查样本具有一定的代表性.

表 1 拥挤收费措施的 SP 调查方案

| 调查方案 | 收费标准/(元·次 <sup>-1</sup> ) | 延误时间减少率/% | 污染排放减少率/% | 收益分配  | 收费对象 |
|------|---------------------------|-----------|-----------|-------|------|
| A    | 5                         | 10        | 5         | 不清楚   | 公车收费 |
| B    | 15                        | 20        | 10        | 不清楚   | 公车管制 |
| C    | 20                        | 40        | 20        | 减少车辆税 | 公车管制 |
| D    | 15                        | 30        | 15        | 新建道路  | 公车管制 |

2 建模方法

2.1 有序概率模型

由于公众对可接受性的评价是非连续的有序变量, 因此本文选择有序概率模型 (ordered probit, OP) 对可接受性进行建模. 公众对措施的可接受性的评价分为 5 个等级: 完全不接受、不接受、不确定、接受、完全接受. 根据 OP 模型的表达形式, 可将各个等级的概率表示如下<sup>[9]</sup>.

出现等级 1 的概率为

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\beta'X_i} e^{-\frac{w^2}{2}} dw.$$

(1)

出现等级 2 的概率为

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\beta'X_i}^{\tau_1 - \beta'X_i} e^{-\frac{w^2}{2}} dw.$$

(2)

出现等级 3 的概率为

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\tau_1 - \beta'X_i}^{\tau_2 - \beta'X_i} e^{-\frac{w^2}{2}} dw.$$

(3)

出现等级 4 的概率为

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\tau_2 - \beta'X_i}^{\tau_3 - \beta'X_i} e^{-\frac{w^2}{2}} dw.$$

(4)

出现等级 5 的概率为

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\tau_3 - \beta'X_i}^{+\infty} e^{-\frac{w^2}{2}} dw.$$

(5)

第  $i$  个样本出现某等级  $j$  的或然率为

$$L_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \prod_{j=1}^5 \left[ \int_{l_{j-1}}^{l_j} e^{-\frac{w^2}{2}} dw \right]^{D_j}.$$

(6)

其中:  $D_j$  为等级标识符, 当  $j = y_i$  时,  $D_j = 1; j \neq y_i$

时,  $D_j = 0$ .

由于受访者的评价是相互独立的, 所以当样本量为  $n$  时, 总或然率为

$$L = \prod_{i=1}^n L_i.$$

(7)

通过  $L$  对  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  和  $\beta$  进行优化, 能使  $L$  值最大的  $\beta$  和  $\tau$  诸值即为所求的参数.

2.2 多项 logit 模型

多项 logit 模型 (MNL) 是研究出行方式的选择最常用的一种离散选择模型, 因此本文选择该模型对拥挤收费措施的有效性进行建模. 在 MNL 模型中, 个人  $n$  选择第  $i$  个选择枝的概率

可表示为

$$P_{ni} = \frac{\exp(\theta X_{ni})}{\sum_j \exp(\theta X_{ni})}.$$

(8)

式中:  $\theta = [\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_k]$  为未知的参数向量;  $X_{ni} = [X_{ni1}, X_{ni2}, \cdots, X_{nik}]$  为特征变量.

3 模型参数估计

本文利用 STATA11.0 软件对 OP 模型和 MNL 模型参数进行估计. 模型拟合的置信水平设为 0.05, 当系数对应的  $t$  检验统计量  $t$  值的绝对值  $|t| > 1.96$  时, 说明该系数对应的变量对模型的结果有显著影响. 为了提高模型精度, 将初始估计结果中  $|t| < 1.96$  的不显著变量剔除, 并对模型重新标定, 可得拥挤收费措施的可接受性与有效性的估计结果如表 2 所示.

表 2 OP 模型及 MNL 模型参数估计结果

| 变量                | 可接受性系数   | 有效性系数  |        |        |
|-------------------|----------|--------|--------|--------|
|                   |          | 付费开车   | 公交     | 错时开车   |
| $\tau_1$          | 2.320 0  | —      | —      | —      |
| $\tau_2$          | 3.410 0  | —      | —      | —      |
| $\tau_3$          | 5.670 0  | —      | —      | —      |
| 收费标准              | 0.002 9  | -0.001 | —      | —      |
| 延误减少              | -0.013 0 | 0.003  | —      | —      |
| 减少车辆税             | -1.144 0 | 0.532  | —      | —      |
| 修建道路              | -0.501 0 | 0.510  | —      | —      |
| 公车管制              | -0.582 0 | 0.067  | -0.225 | -0.035 |
| 年龄(51~60)         | 0.184 0  | 0.137  | -0.195 | -0.183 |
| 年龄(>60)           | 0.258 0  | 0.152  | -0.204 | -0.179 |
| 学历(硕士以上)          | -0.258 0 | 0.175  | -0.108 | -0.113 |
| 家庭组成(夫妻与孩子)       | -0.188 0 | -0.125 | 0.201  | 0.238  |
| 居住在收费区域外-工作在收费区域内 | 0.237 0  | 0.067  | -0.225 | -0.035 |

注: “—”表示该变量在有效性系数的估计结果中不存在.

从表 2 参数的估计结果可以看出,系统属性中的收费标准、延误时间减少、税收用于减少车辆使用税、用于修建道路、公车管制对公众可接受性和有效性有显著影响;个人特征中,年龄大于 51 岁、家庭中有孩子、居住在收费区域外,工作在收费区域内这些变量影响显著。

4 公众可接受性与有效性的关系

一些已有研究认为拥挤收费方案都是高有效性-低接受性或高接受性-低有效性的,而这个结论只是主观的假设,公众可接受性与措施有效性之间是否存在关系以及这种关系是如何作用的还需要进一步检验<sup>[10]</sup>。利用前文中的可接受性模型和有效性模型预测不同场景下的可接受性与有效性,在集计水平上检验两者的关系。

假设 3 个收费场景,后一个场景相对于前一个场景只改变其中一个因素,以便于分析每个因素对结果的影响程度:1)对公车进行收费,收益

分配不清楚;2)对公车进行管制,收益分配不清楚;3)对公车进行管制,收益分配用于减少车辆税。

利用表 2 中模型的估计结果预测 3 个场景的可接受性与有效性,预测结果如表 3 所示。其中,可接受性预测结果是指不同费率及不同场景下,所得可接受性出现等级 4“接受”和等级 5“完全接受”的概率。若此概率大于 50%,则表示该方案可接受;否则,表示该方案为不可接受。有效性预测结果是指由于拥挤收费对小汽车出行方式的影响,使小汽车出行量减少的比例。若小汽车出行量的减少比例大于 20%,则表示该方案是有效的;否则,表示该方案无效。

从表 3 中可以看出,小汽车使用量随着收费水平的增加而减少,收费水平对有效性影响较大,收费对象、收益使用对有效性的影响则不大,场景 2 相对于场景 1,有效性减少了 2.1%~5.3%,场景 3 相对于场景 2,有效性减少了 1.5%~5.0%。

表 3 预测结果

| 费率/(元/次) | 可接受性预测结果/% |      |      | 有效性预测结果/% |      |      |
|----------|------------|------|------|-----------|------|------|
|          | 场景 1       | 场景 2 | 场景 3 | 场景 1      | 场景 2 | 场景 3 |
| 5        | 19.7       | 34.9 | 50.3 | 23.6      | 21.5 | 20.0 |
| 10       | 15.4       | 29.2 | 44.1 | 27.1      | 24.7 | 21.8 |
| 15       | 11.7       | 26.9 | 39.3 | 31.9      | 28.8 | 25.2 |
| 20       | 7.9        | 21.9 | 35.2 | 38.1      | 32.8 | 27.8 |

措施的可接受性在 7.9%~50.3%之间,可接受性随着收费水平的增加而降低,收费水平对接受性有较大影响。从每个场景的可接受性变化来看,收费对象、收益使用都对可接受性有很大影响,每个变量的变化会引起接受性 9.0%~15.4%的变化,这表明系统属性对可接受性的影响较为明显。图 1 为拥挤收费措施的可接受性与有效性的关系。

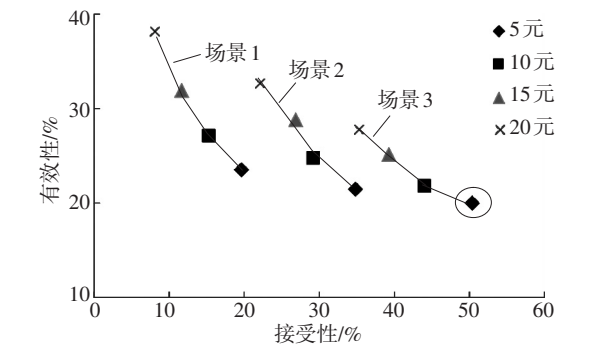


图 1 拥挤收费措施的可接受性与有效性的关系

从图 1 中可以明显的看出,在集计水平上,随着收费水平的增加,可接受性降低,而有效性增加,且所有方案都是有效的(小汽车出行减少大

于 20%),但并不是所有有效方案都是不能被接受的。例如,在场景 3 中,收费水平为 5 元时,接受性大于 50%,小汽车出行减少 20%。

因为每个收费方案都能有效减少小汽车的使用量,因此设计收费系统时应该着重关注可接受性。为提高拥堵收费方案的可接受性,可对公车进行严格管制,并将收费所得用于减少车辆使用的相关税费。

5 结 论

1)对拥挤收费公众可接受性以及可接受性与有效性关系的研究,可以量化系统属性对公众可接受性的影响程度,明确可接受性与有效性之间是否存在直接关系,为拥挤收费系统的设计提供依据。

2)构建了公众可接受性的 OP 模型以及出行方式选择的 MNL 模型。利用 OP 模型和 MNL 模型,预测不同拥挤收费方案的可接受性与有效性,结果表明,系统属性对可接受性的影响较为明显,但这些因素对有效减少车辆使用影响较小。

3)在集计水平上,拥挤收费有效性高的方

案,对应的接受性都较低,但可接受性较高的方案中,却有很多是有效的,这说明有效的收费方案并不都是不能被接受的.

4)收费系统设计时应该主要关注可接受性,因为每个收费方案都可能有效减少车辆使用.可接受的收费方案可以是对公车进行严格管制,并将收费所得用于减少车辆使用的相关税.

参考文献

[1] ELIASSON J, HULTKRANZ L, NERHAGEN L, et al. The Stockholm congestion-charging trial 2006: overview of effects [J]. Transportation Research Part A, 2009, 43(3): 240-250.

[2] ELIASSON J. Lessons from the Stockholm congestion charging trial [J]. Transport Policy, 2009, 15(6): 395-404.

[3] SCHLAG B, SCHADE J. Public acceptability of traffic demand management in Europe [J]. Traffic Engineering & Control, 2000, 41(8): 314-318.

[4] SCHADE J, SCHLAG B. Acceptability of urban transport pricing strategies [J]. Transportation Research Part F, 2003, 6(1): 45-61.

[5] ERIKSSON L, GARVILL J, NORDLUND A M. Acceptability of travel demand management measures: the importance of problem awareness, personal norm, freedom, and fairness [J]. Journal of Environmental Psychology, 2006,26(1): 15-26.

[6] JAENSIRISAK S, WARDMAN M, MAY A. Explaining variations in public acceptability of road pricing schemes [J]. Journal of Transport Economics and Policy, 2005, 39(2): 127-153.

[7] 岳芳菲, 沈映春. 北京市交通拥挤收费的可行性探究 [J]. 北京社会科学, 2010(1): 33-37.

[8] SCHUITEMA G, STEG L. The role of revenue use in the acceptability of transport pricing policies [J]. Transportation Research Part F, 2008, 11(3): 221-231.

[9] 赵建国, 苗莉. 基于 Probit 模型的辽宁省大学生就业难易度分析[J]. 财经问题研究, 2010(11): 86-91.

[10] COOLS M, BRIJS K, TORMANS H. The socio-cognitive links between road pricing acceptability and changes in travel behavior [J]. Transportation Research Part A, 2011, 45(8): 779-778.

(编辑 魏希柱)