

# 成都市中心城区路内停车收费费率研究

曹力文, 李宗平, 鞠艳妮, 陈宇帆

(西南交通大学交通运输与物流学院, 综合交通运输智能化国家地方联合工程实验室, 综合运输四川省重点实验室, 四川成都 611756)

**摘要:** 通过宏观调控路内外停车、优化交通结构, 缓解成都市中心城区道路交通压力、促进城市发展。从出行者角度出发, 充分分析交通方式特性和出行者特性, 基于价格杠杆作用机理建立路内停车收费费率阈值模型。采取 RP&SP 调查法获取数据; 运用 Biogeme 软件对模型参数进行标定, 并通过参数值正负号、t-test、统计量和优度比对模型进行检验; 结合现状情况, 运用 Matlab 软件求解此模型。结果表明, 合理的价格对出行者停车方式选择和交通方式选择行为产生调控作用, 当路内停车收费费率上调时, 公共交通出行分担率明显提高。该模型精度较高, 求解得出成都市四类区域路内停车收费最优费率分别为  $16.184 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $14.756 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $13.272 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$  和  $11.788 \text{ 元} \cdot \text{h}^{-1}$ 。在此基础上, 针对现行收费标准存在的问题提出时间与空间差异化路内停车收费方案。

**关键词:** 交通工程; 路内停车; 费率阈值模型; 价格杠杆; Biogeme; 期望感知效益

On-Street Parking Charging Rate in Downtown Chengdu

Cao Liwen, Li Zongping, Ju Yanni, Chen Yufan

(School of Transportation and Logistics, Nation United Engineering Laboratory of Integrated and Intelligent Transportation, Comprehensive Transportation Key Laboratory of Sichuan Province, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan 611756, China)

**Abstract:** Through macro-control of on-street and off-street parking behavior and optimizing travel mode share, the road traffic pressure will be alleviated and urban development will be promoted in Chengdu. Based on the mechanism of price leverage and analysis of travelers characteristics, the threshold model for on-street parking charging rates was proposed from the perspective of travelers. Data was obtained by RP & SP survey. Meanwhile, the parameters in the model were calibrated using Biogeme. The model was tested by using parameter symbols, t-test, statistics, and odds ratio. It was solved by Matlab on the basis of the current situation of downtown Chengdu. The results show that the reasonable price has a regulatory effect on the choice of parking mode and travel mode. When the on-street parking charging rate is increased, the public transportation mode share is significantly increased. The model is of high precision, and the optimal on-street parking charging rates in four types of areas in Chengdu is 16.184, 14.756, 13.272, and 11.788 RMB/h. On this basis, in view of the problems existing in the current charging standard, the paper proposes the on-street parking charging scheme with time and space differentiation for policy makers in Chengdu.

**Keywords:** traffic engineering; on-street parking; charging rates threshold model; price leverage; Biogeme; expected perceived benefit

收稿日期: 2020-09-04

作者简介: 曹力文(1994—), 男, 四川宜宾人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。E-mail: liwencao1112@163.com

## 0 引言

随着机动车保有量与驾驶人数量的不断增加, 成都市不仅存在交通拥堵问题, 停车资源也出现供求失衡。《2019 中国主要城市交通分析报告》显示, 2019 年成都市路网高峰行程延时指数为 1.714, 处于交通亚健康

状态<sup>[1]</sup>。2019 年末, 成都市中心城区内有停车位 168.3 万个(其中路内停车位 2.6 万个), 而成都市发展和改革委员会信息显示, 全市中心城区车位缺口超过 40 万个, 停车难问题严重。路内停车因方便快捷受到停车用户的偏爱, 但其对道路交通运行环境的影响不可忽视。依靠加大投入、加快基础设施建设

等增加供给的措施不能从根本上解决问题；通过合理的价格引导、调节路内停车需求，运用科学的路内停车收费费率提高公共交通出行分担率，才是解决供求失衡和交通运行环境问题的根本与关键。

在对停车收费问题的研究中，最早认定停车收费具有合理性的是激励经济理论奠基人威廉·维克里(William Vickrey)<sup>[2]</sup>，他提出应对停车供需矛盾突出区域进行停车收费。文献[3]根据路内停车位收费政策和特性，建立了次优路内停车定价模型。文献[4]为验证停车费用对出行方式的影响，建立了Logit模型。文献[5]为研究停车者停车行为建立了Probit模型，得出1 h的路内停车费用有较大弹性的结论。文献[6]运用Binary Logit理论，建立了私人汽车视角的停车收费定价模型。文献[7]对停车用户行为及最佳停车收费费率进行分析，对停车管理、停车效率和时间约束进行了经济评价。文献[8]建立了基于停车许可证的停车定价模型，寻求路外停车最优定价机制。文献[9]建立了多阶段路内停车收费博弈模型，结果表明，博弈后价格的调控作用减弱。文献[10]利用社会最大化剩余理论，建立了路内外联合定价模型。

中国关于停车收费方案设计方面的研究较少，在有限的研究中，对方案制定的方法并未作详细说明。在对停车方式影响因素分析时大多局限在停车时长和费用，很少涉及其他因素，例如停车后步行距离、职业类型或收入情况等。同时，单独使用RP调查数据或SP调查数据进行研究会造成误差偏大。由于数据采集困难，学者较少使用可减小此误差的RP&SP调查数据进行分析研究。基于此，本文运用价格杠杆作用机理建立路内停车收费费率阈值模型，充分考虑成都市中心城区路内停车现状，以成都市中心城区基础数据和RP&SP调查数据测算出最优路内停车收费费率，即发挥最大宏观调控作用的价格；同时，在最优路内停车收费费率设定的基础上，针对现行路内停车收费标准存在的问题，提出符合现状的路内停车收费方案。

## 1 成都市中心城区路内停车现状分析

### 1.1 区域特征

根据成都市路内停车收费标准，路内停车收费区域按距市中心距离划分为四类：一类区域为一环路(含)以内；二类区域为一环

路(不含)至二环路(含)之间、桐梓林片区和高新南区片区；三类区域为二环路(不含)至三环路(含)之间；四类区域为三环路(不含)至绕城高速之间<sup>[11]</sup>。白天收费时段(8:00—19:00)现行收费标准为：一类区域起价10元，1 h后3元·30 min<sup>-1</sup>；二类区域起价8元，1 h后2元·30 min<sup>-1</sup>；三类区域起价6元，1 h后1元·30 min<sup>-1</sup>；四类区域起价2元，1 h后1元·h<sup>-1</sup>。

对于一、二类区域，路段停车位大多为20~40个；对于三、四类区域，停车位超过50个的路段有所增加。由图1可知，三类区域停车位最多、密度较小，一类区域停车位最少、密度最大；一、二类区域停车位呈现规模小、分布密的特点，三、四类区域停车位则呈现规模大、分布散的特点；整体来看，路内停车位分布不均匀，主要集中在三环以内。

根据私人汽车的使用习惯和出行特征，白天收费时段(7:00—20:00)可分为路内停车低峰期(7:00—10:00、17:00—20:00)和路内停车高峰期(10:00—17:00)。由图2可知，低峰期间停车需求较为分散；高峰期间停车大量集中在市中心区域，区域内停车压力大。一、二类区域的路内停车位利用率高；三、四类区域的利用率偏低。

### 1.2 收费费率存在的问题

由图3可知，路内停车用户大部分停车时长为2 h以内，且0.25~1 h居多，符合路内停车方便快捷的特点；仅有小部分用户会长时间停车。

根据路内停车现行收费标准和停车时长

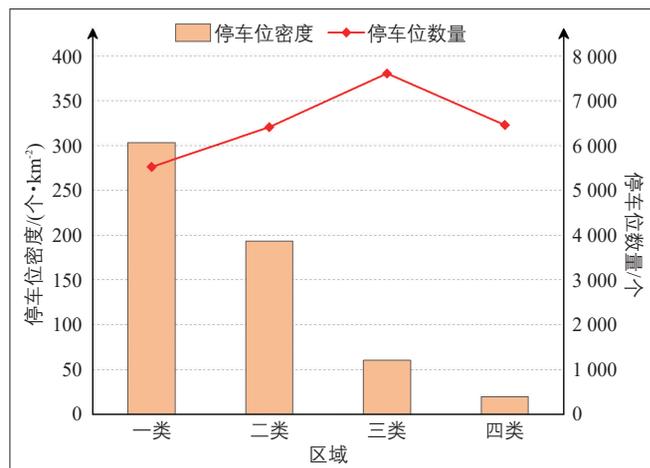
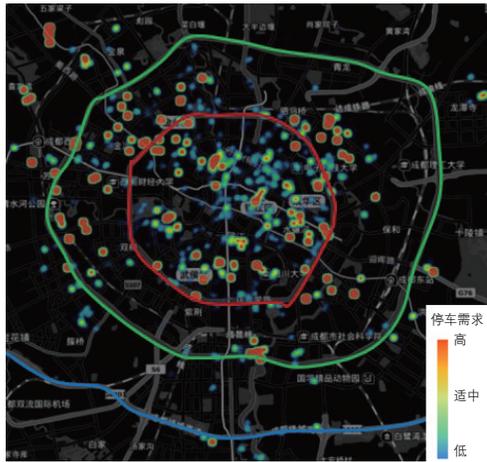


图1 成都市各类区域路内停车位数量与密度

Fig.1 Number and density of on-street parking in different areas of Chengdu



a 低峰期



b 高峰期

图2 成都市路内停车数量分布

Fig.2 Distribution of on-street parking in Chengdu

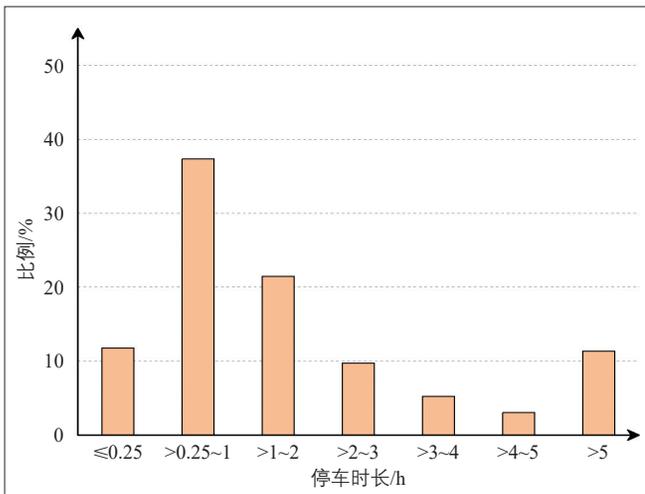


图3 路内停车时长分布

Fig.3 On-street parking time distribution

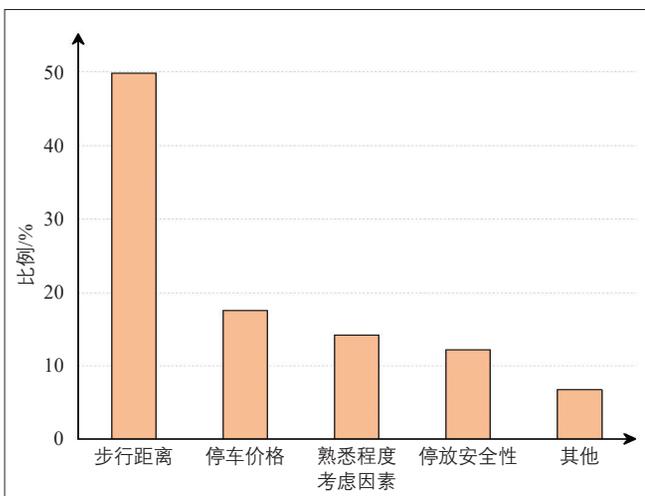


图4 用户选择停车地点的首要考虑因素

Fig.4 Primary factor for parking users to choose parking place

元·h<sup>-1</sup>。由图4可知，停车用户将停车价格作为选择停车地点首要考虑因素的比例偏低。现行停车收费费率设定较低，导致居民对停车收费费率的敏感程度不高。

停车后步行距离是用户首要考虑因素。由图5可知，路内停车后步行距离普遍优于路外停车，因此更多的私人汽车出行者愿意选择路内停车位进行停车，从而导致路内停车位需求量不断上涨，车辆乱停乱放现象严重，从而影响道路交通正常运行。

综上，虽然成都市中心城区现行路内停车收费标准设定了空间差异化的收费费率，但仍存在以下问题：

1) 价格调控作用未充分发挥。在白天收费时段内，路内停车需求过大，尤其是中心城区，收费费率未对路内停车行为起到良好的引导作用。

2) 停车时长与费率关系不合理。首小时后，收费价格简单地随停车时间增加均匀递增且低于起步价，导致长时停车收费费率更低，在一定程度上鼓励了路内长时停车行为。

3) 收费时段划分不合理。未充分考虑出行早晚高峰时段路内停车行为对交通流的影响，根据成都市出行早晚高峰起止时间，现行白天收费时段范围偏小。

4) 时间差异化的收费费率未设定。在白天收费时段内，未考虑路内停车高峰期与低峰期的价格关系，相同的收费方案不能缓解停车高峰期的停车压力。

因此，需要制定更科学合理的收费费率与方案，以改善道路交通运行环境，提高城市运行效率。

分布数据估算，四类区域收费费率均值分别为8.33元·h<sup>-1</sup>，6.44元·h<sup>-1</sup>，4.54元·h<sup>-1</sup>和1.61

## 2 路内停车费率阈值模型

### 2.1 理论方法

出行者在选择交通方式时会选择效用最大的方案, 定义效用为出行者在一次出行中被满足的程度大小。效用表达式为

$$U_m = V_m + \epsilon_m, \quad (1)$$

式中:  $U_m$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的效用;  $V_m$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的效用函数确定项;  $\epsilon_m$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的效用函数随机项。

分析出行者出行行为时, 应充分考虑个体感受, 因此采用应用性最好的MNL模型(Multinomial Logit Model)。在式(1)中, 当  $\epsilon_m$  服从Gumbel分布时, 易导出MNL模型表达式为<sup>[12]</sup>

$$P_m = \frac{e^{V_m}}{\sum_{i=1}^I e^{V_m}}, \quad (2)$$

式中:  $P_m$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的概率。

在出行付费大环境下, 对于不同的交通方式, 存在因人而异的期望最大效益值, 称为期望感知效益(Expected Perceived Benefit)。出行者认为, 在出行时支出某种费用能获得一个可感知的效益(如路内停车收费是抑制路内停车行为的政策, 能提高道路运行环境, 利于自身出行)。价格杠杆作用机理与阈值示意如图6所示。

图6中,  $\tilde{E}_m(F_i)$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的期望感知效益;  $P_m(F_i)$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的概率;  $F_i$  为交通方式  $i$  的相关支出费用。在概率曲线中,  $F_i$  与  $P_m(F_i)$  呈负相关, 符合需求定律。在期望感知效益曲线中, 当  $0 < F_i < F_i'$  时,  $F_i$  在出行者可接受范围内,  $F_i$  与  $\tilde{E}_m(F_i)$  成正相关; 当  $F_i > F_i'$  时,  $F_i$  已超出出行者心理承受范围,  $F_i$  的继续增加不会使  $\tilde{E}_m(F_i)$  增大, 反而使得  $P_m(F_i)$  变得很小。因此, 当  $F_i = F_i'$  时,  $\tilde{E}_m(F_i)$  达到最大的同时  $F_i$  未超出出行者心理承受范围, 并且在合理范围内最大限度地抑制了  $P_m(F_i)$ , 故称  $F_i'$  为  $F_i$  的阈值(Threshold), 即起最大宏观调控作用的费用。

### 2.2 模型构建

在交通方式影响因素中, 相关支出费用是出行者最能感知的因素, 且期望该费用最小。由需求定律可知, 该交通方式的效用函

数与相关支出费用的关系为

$$U_m = \omega F_i + \varphi, \quad (3)$$

式中:  $\omega$  为费用认知敏感参数, 通常  $\omega < 0$ ;  $\varphi$  为效用函数其他成分。

根据导数定义, 在  $\tilde{E}_m(F_i)$  中对  $F_i$  求导表示为期望感知效益的变化率, 且变化率随相关支出费用的增加逐渐变小; 再由式(2)和(3)可知, 出行者选择交通方式的概率随着相关支出费用的增加而减小。在此条件下, 出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的期望感知效益的导数等于出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的概率, 即

$$\frac{d\tilde{E}_m(F_i)}{dF_i} = P_m(F_i). \quad (4)$$

对式(4)两边积分, 可得期望感知效益表达式, 即

$$\tilde{E}_m(F_i) = \int_0^{F_i} P_m(F_i) dF_i. \quad (5)$$

为便于计算, 设定MNL模型中特性变量  $X_{mk}$  与效用函数  $V_m$  呈线性关系, 即

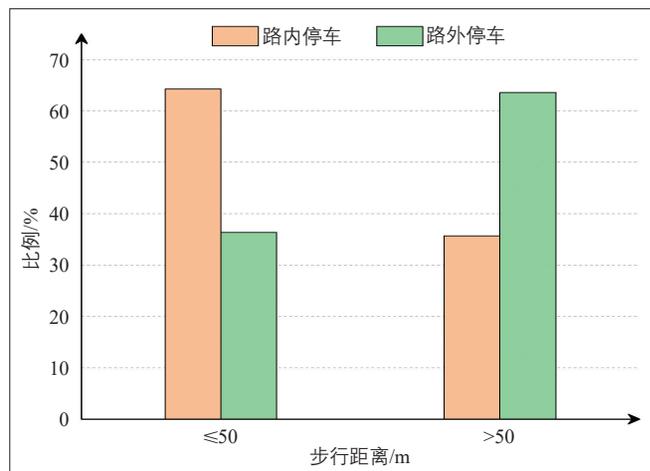


图5 停车后步行距离

Fig.5 Walking distance after parking

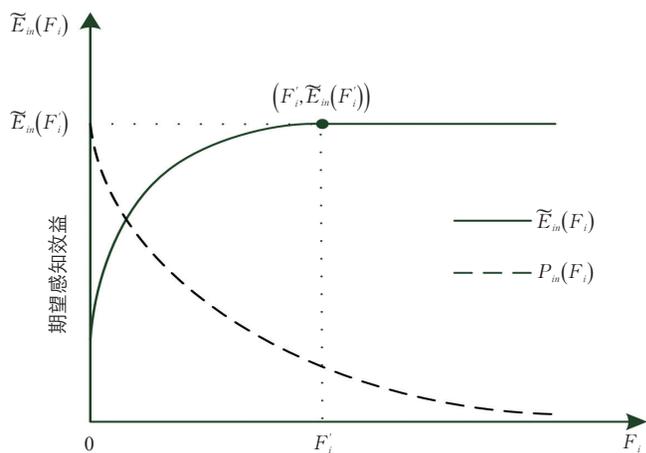


图6 价格杠杆作用机理与阈值示意

Fig.6 Mechanism and threshold of price leverage

$$V_{in} = ASC_{in} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ink}, \quad (6)$$

式中： $X_{ink}$  为效用函数特性变量； $ASC_{in}$  为效用函数固有哑元； $\beta_k$  为未知参数； $K$  为特性变量个数。

通过在研究范围内进行 RP&SP 调查获取的数据对特性变量的参数进行标定，得到效用函数表达式。效用函数合理与否可通过参数值正负号、t-test、统计量  $-2(L(0) - L(\hat{\theta}))$  检验和优度比  $\rho^2$  检验来判断。

其中，驾驶私人汽车 ( $i=1$ ) 出行时，路内停车和路外停车是常见的停车行为，为体现其比价关系，两者须符合联动定价准则，即

$$F_c = \lambda F_o, \quad (7)$$

$$F = \frac{F_c + F_o}{2}. \quad (8)$$

由式(7)和(8)可得

$$F_c = \frac{2F}{1 + \frac{1}{\lambda}}, \quad (9)$$

式中： $F$  为平均停车收费费率； $F_c$  为路内停车收费费率； $F_o$  为路外停车收费费率； $\lambda$  为联动系数。

为使收费费率起到有效引导停车行为的作用，联动系数须考虑路内外停车位利用率的差异，即

$$\lambda = \frac{u_c}{u_o}, \quad (10)$$

式中： $u_c$  为路内停车位利用率； $u_o$  为路外停车位利用率。

不同区域间经济发展水平和人口活动密度存在明显差异，其道路运行情况也各不相同。为调节区域内交通量和路内停车需求，须实行区域差异化收费。计算公式为：

$$F_{cx} = \mu_{xy} F_{cy}, \quad (11)$$

$$F_c = \frac{\sum_{a=1}^A F_{ca}}{A}. \quad (12)$$

由式(11)和(12)可得

$$F_{cx} = \frac{4\mu_{x1}}{\sum_{a=1}^A \mu_{a1}} F_c, \quad (13)$$

式中： $F_{cx}$ ， $F_{cy}$  分别为区域  $x$ ， $y$  的路内停车收费费率； $\mu_{xy}$  为区域  $x$  和  $y$  间的差异系数； $A$  为区域全集； $x$ ， $y$ ， $a$  为区域标号， $x, y, a \in A$ 。

不同区域收费费率应发挥引导交通量由中心向外合理分配的作用，差异系数须与各区域内道路运行情况密切相关，即

$$\mu_{xy} = \frac{l_x}{l_y}, \quad (14)$$

式中： $l_x$ ， $l_y$  分别为区域  $x$ ， $y$  的路网高峰行程延时指数。

### 3 成都市中心城区路内停车收费费率与方案

#### 3.1 收费费率设定

针对成都市中心城区发展情况，本文有以下假设：1)假设出行者均为理性人，能根据交通方式特性和经济社会属性指标的量化，理性选择效用最大的方案；2)假设私人汽车均为小型车，所用燃料均为 92 号汽油，出租汽车包括巡游型和网约型等，地铁和公共汽车等统一视作公共交通；3)为充分考虑出行早晚高峰期的情况，假设研究时段为 7:00—20:00；4)假设出行者在选择任意一种交通方式出行时，不产生换乘行为，如需换乘，换乘前后视为独立的出行。

本文以个体为单位，采取 RP&SP 调查法对成都市中心城区居民的出行行为和出行意愿进行调查，共回收有效问卷 397 份，样本精度较高<sup>[13]</sup>。将问卷导入 SPSS 软件进行整理。在交通方式特性中，私人汽车出行效用主要考虑停车费率、燃油费和出行时间价值；出租汽车出行效用主要考虑打车费和出行时间价值；公共交通出行效用主要考虑票价和出行时间价值。在出行者特性中，主要考虑私人汽车有无、性别、年龄、职业、学历和收入情况。

1) 燃油费换算方法为

$$f_o = \frac{dr}{f_e}, \quad (15)$$

$$f_e = 6.732 - 0.716r_g + 0.138v - 0.001v^2, \quad (16)$$

式中： $f_o$  为燃油费/元； $d$  为汽油单价/(元·L<sup>-1</sup>)； $r$  为出行距离/km； $f_e$  为耗油量/(km·L<sup>-1</sup>)； $r_g$  为路面常数，水泥路面取值 1，沥青路面取值 0； $v$  为私人汽车平均运行速度/(km·h<sup>-1</sup>)。

2) 出行时间价值换算方法为

$$TIME_{in} = T_{in} \times VOT_n, \quad (17)$$

$$VOT_n = \frac{R_n}{H}, \quad (18)$$

式中： $TIME_{in}$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的出行时间价值/元； $T_{in}$  为出行者  $n$  选择交通方式  $i$  的出行时间/h； $VOT_n$  为出行者  $n$  的单位出行时间价值/(元·h<sup>-1</sup>)； $R_n$  为出行者

$n$  的平均月收入/(元·月<sup>-1</sup>);  $H$  为月工作小时数/h。

本文运用 Biogeme 软件<sup>[14]</sup>对模型参数进行标定。编辑模型代码 mod 文件和模型数据 dat 文件, 运行 Biogeme 得到相关结果如表 1 所示。

由表 1 可知, 私人汽车出行与出租汽车出行的固有哑元  $|t\text{-test}| < 1.96$ , 但其具有优化模型作用, 故保留; 其余特性变量

$$V_1 = 1.05 - 0.298COST_1 - 11.4TIME_1 + 2.68CAR - 0.402AGE - 0.298WORK + 0.33INCOME_1, \quad (19)$$

$$V_2 = -0.461 - 0.135COST_2 - 11.4TIME_2 + 0.468INCOME_2, \quad (20)$$

$$V_3 = -0.135COST_3 - 11.4TIME_3. \quad (21)$$

将成都市中心城区数据和式 (19), (20), (21) 带入式(2), 得出私人汽车、出租汽车、公共交通三种交通方式的分担率分别为:  $P_1 = 43.95\%$ ,  $P_2 = 16.52\%$ ,  $P_3 = 39.52\%$ 。对于超大城市而言, 公共交通出行比例偏低, 并且私人汽车出行比例偏高, 不利于城市社会经济的发展<sup>[15]</sup>。当对停车收费费率进行上调时, 根据式(2), (19), (20)和(21), 私人汽车出行分担率下降, 转向其他交通方式, 对交通方式起到调控作用(见图 7)。

根据成都市发展和改革委员会统计数据

$$\tilde{E}_{c1} = (F_{c1}) = \int_0^{F_{c1}} P_{c1}(F_{c1}) dF_{c1} = \int_0^{F_{c1}} \frac{e^{-0.2204F_{c1}-3.96164}}{e^{-0.3304F_{c1}-3.96164} + e^{-6.272212} + e^{-5.4}} dF_{c1}, \quad (22)$$

$$\tilde{E}_{c2} = (F_{c2}) = \int_0^{F_{c2}} P_{c2}(F_{c2}) dF_{c2} = \int_0^{F_{c2}} \frac{e^{-0.2418F_{c2}-3.96164}}{e^{-0.2418F_{c2}-3.96164} + e^{-6.272212} + e^{-5.4}} dF_{c2}, \quad (23)$$

$$\tilde{E}_{c3} = (F_{c3}) = \int_0^{F_{c3}} P_{c3}(F_{c3}) dF_{c3} = \int_0^{F_{c3}} \frac{e^{-0.2688F_{c3}-3.96164}}{e^{-0.2688F_{c3}-3.96164} + e^{-6.272212} + e^{-5.4}} dF_{c3}, \quad (24)$$

$$\tilde{E}_{c4} = (F_{c4}) = \int_0^{F_{c4}} P_{c4}(F_{c4}) dF_{c4} = \int_0^{F_{c4}} \frac{e^{-0.3027F_{c4}-3.96164}}{e^{-0.3027F_{c4}-3.96164} + e^{-6.272212} + e^{-5.4}} dF_{c4}. \quad (25)$$

运用 Matlab 软件求解积分函数, 并绘制函数图像如图 8 所示。成都市一、二、三、四类区域路内停车收费费率阈值分别为  $F'_{c1} = 16.184$  元·h<sup>-1</sup>,  $F'_{c2} = 14.756$  元·h<sup>-1</sup>,  $F'_{c3} = 13.272$  元·h<sup>-1</sup>,  $F'_{c4} = 11.788$  元·h<sup>-1</sup>。

根据价格杠杆作用机理和图 8, 四个费率阈值对应的期望感知效益基本达到最大且未超出出行者心理承受范围, 故将其设定为路内停车收费费率。将设定的收费率和效用函数带入 MNL 模型, 得到私人汽车出行分担率为 8.76%, 24.82% 转向公共交通出行分担率, 大幅度优化了城市交通结构, 此时价格的调控作用接近最大化; 公共交通出行分担率可达 64.34%, 利于城市拥堵和环境问题的缓解以及城市 TOD 模式的发展。

的参数  $|t\text{-test}| \geq 1.96$ , 满足显著性检验; 特性变量参数均符合实际情况;  $-2(L(0) - L(\hat{\theta})) = 136.236 > \chi_{0.05}^2(10)$ , 满足统计量  $-2(L(0) - L(\hat{\theta}))$  检验;  $0.2 < \rho^2 = 0.337 < 0.4$ , 满足优度比  $\rho^2$  检验。

上述结果表明, 该模型精度较高。将参数带入式(6), 得到私人汽车、出租汽车、公共交通的效用表达式分别为

显示, 中心城区 7:00—20:00 路内停车位利用率为 45.91%, 路外停车位利用率为 32.58%; 带入式 (10) 得出联动系数  $\lambda = 1.41$ , 符合国际定价经验<sup>[3]</sup>。成都市一、二、三、四类区域路网高峰行程延时指数分别为 2.06, 1.88, 1.69, 1.31, 带入式(14)得出一类区域分别同二、三、四类区域间的差异系数  $\mu_{21} = 0.912$ ,  $\mu_{31} = 0.82$ ,  $\mu_{41} = 0.646$ 。将上述结果带入式(5), 得到四类区域路内停车期望感知效益函数分别为

### 3.2 收费方案确定

为解决现行路内停车白天收费时段费率标准存在的问题, 停车收费方案建议进行以

表 1 参数标定及相关统计量结果

Tab.1 Parameter calibration and correlation statistics

变量	值	t-test	变量	值	t-test
$ASC_1$	1.05	1.13	$\beta_4$	2.68	5.74
$ASC_2$	-0.461	-0.95	$\beta_5$	-0.402	-1.98
$\beta_1$	-0.298	-3.54	$\beta_6$	-0.298	-2.02
$\beta_2$	-0.135	-3.29	$\beta_7$	0.33	1.97
$\beta_3$	-11.4	-3.27	$\beta_8$	0.468	2.04

$$-2(L(0) - L(\hat{\theta})) = 136.236$$

$$\rho^2 = 0.337$$

下调整:

1) 在设定的最优收费费率基础上, 采

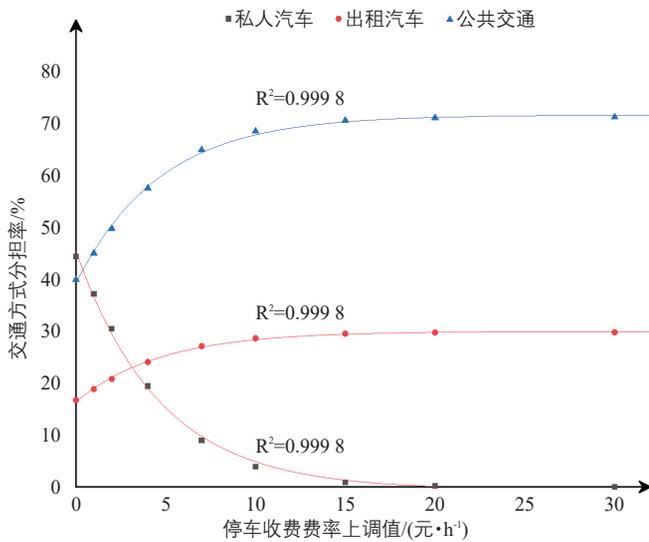


图7 交通方式分担率与停车收费费率的关系

Fig.7 Relationship between travel mode share and parking charging rates

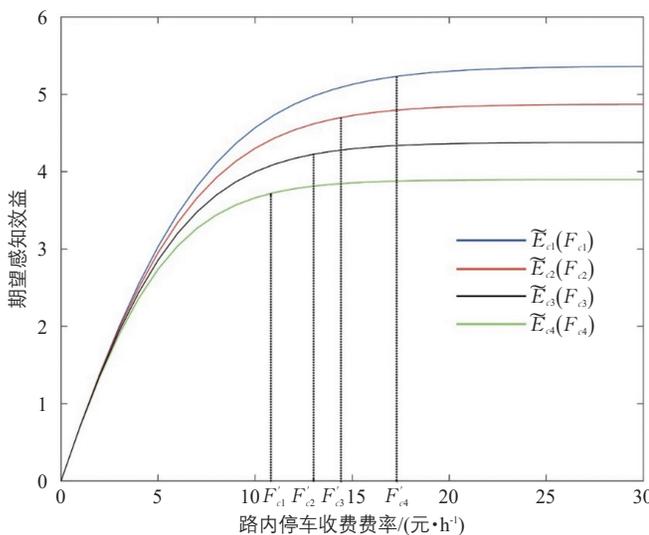


图8 成都市四类区域路内停车收费费率期望感知效益曲线

Fig.8 Expected perceived benefit curve of on-street parking charging rates in four types of areas in Chengdu

用累进计价收费模式, 鼓励路内停车用户快停快走, 收取长时路内停车用户更多的停车费; 2 h内, 收费费率采用最优费率, 超过2 h, 进行累进计价。据计算, 收费费率均值超过22元·h<sup>-1</sup>时, 私人汽车出行分担率低于3%, 严重超出了私人汽车出行者的心理承受范围, 故累进计价收费费率不超过22元·h<sup>-1</sup>。

2) 根据图3, 沿用对于时长不足15 min的停车行为免收停车费的政策, 进一步鼓励快停快走。

3) 成都市出行早高峰起止时间为7:00—9:00, 出行晚高峰起止时间为17:00—20:00, 考虑到路内停车行为对交通流的影响, 对于路内停车白天收费时段的划分调整为7:00—20:00。

4) 路内停车高峰起止时间为10:00—17:00, 为着重缓解停车高峰期的需求过大问题, 对超过两小时的路内停车行为多增收5%~10%的费率, 在可承受范围内实现对长时路内停车行为的进一步引导。

同时, 为了便于管理与实施, 收费费率保留至整数。做出调整后, 白天收费时段采取时间与空间差异化的路内停车收费方案如表2所示。

#### 4 结语

成都市中心城区现行路内停车收费费率标准很难起到宏观调控作用。为测算最优费率, 建立了基于价格杠杆作用机理的路内停车收费费率阈值模型。结合成都市中心城区现状情况, 求解模型得出四类区域路内停车收费最优费率分别为16.184元·h<sup>-1</sup>, 14.756元·h<sup>-1</sup>, 13.272元·h<sup>-1</sup>和11.788元·h<sup>-1</sup>, 即发挥价格最大宏观调控作用的收费费率。在此基

表2 日间路内停车收费标准

Tab.2 Day-time charging standard of on-street parking

区域	停车时长/h							
	≤1	>1-2		>2-3		>3-4		>4
	白天时段/ (元·h <sup>-1</sup> )	白天时段/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车低峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车高峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车低峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车高峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车低峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )	停车高峰/ (元·30 min <sup>-1</sup> )
一类	17	9	10	11	11	12	12	13
二类	15	8	9	10	10	11	11	12
三类	13	7	8	9	9	10	10	11
四类	11	6	7	8	8	9	9	10

白天收费时段(7:00—20:00)、停车低峰(7:00—10:00、17:00—20:00)、停车高峰(10:00—17:00)  
 停车时长不足15 min, 免收停车费

基础上,针对现行收费标准的不足提出新的时间与空间差异化路内停车收费方案,能更有效调节停车需求和交通结构,缓解道路交通压力;同时,公共交通出行分担率提升有利于超大城市的可持续发展。

参考文献:

References:

- [1] 陈婉.《2019中国主要城市交通分析报告》发布城市交通呈现向好趋势[J].环境经济,2020(6):48-51.
- [2] Vickrey W. Statement to the Joint Committee on Washington, DC, Metropolitan Problems (with a Foreword by Richard Arnott and Marvin Kraus)[J]. Journal of Urban Economics, 1994, 36(1): 42-65.
- [3] 安实,马天超,尹缙瑞.我国城市停车收费定价模型研究[J].哈尔滨工业大学学报,2000(2):65-69.  
An Shi, Ma Tianchao, Yin Jinrui. Parking Fee Pricing Model for Urban Cities in China[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2000(2): 65-69.
- [4] Raquel E, Juan de Dios Ortúzar, Román C. Understanding Suburban Travel Demand: Flexible Modelling with Revealed and Stated Choice Data[J]. Transportation Research Part A, 2007, 41(10): 899-912.
- [5] Kobus M BW, Gutiérrez-i-Puigarnau E, Rietveld P, et al. The On-Street Parking Premium and Car Drivers' Choice Between Street and Garage Parking[J]. Regional Science and Urban Economics, 2013, 43(2): 395-403.
- [6] 丁海鹰,马飞,张兆芬.理解期望效用视角的私家车停车收费定价模型[J].交通运输系统工程与信息,2016,16(4):206-210+216.  
Ding Haiying, Ma Fei, Zhang Zhaofen. Parking Pricing Model for Private Car Based on Understanding Expectation Utility[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2016, 16(4): 206-210+216.
- [7] Fadeyev D. Method for Evaluating Economic Efficiency of Parking Management Tools[J]. Transportation Research Procedia, 2017, 20: 193-199.
- [8] 王鹏飞,关宏志.基于停车许可证的路外公共停车设施最优收费定价:基础模型及其扩展[J].中国公路学报,2018,31(9):182-190.  
Wang Pengfei, Guan Hongzhi. Optimal Pricing Models of Public Off-Street Parking Facilities Based on Parking Permits: Basic Model and Its Extension[J]. China Journal of Highway and Transport, 2018, 31(9): 182-190.
- [9] 王瑜琼,贾顺平,李军,等.考虑路侧停车收费博弈的多方式出行网络配流模型[J].交通信息与安全,2019,37(6):88-94+162.  
Wang Yuqiong, Jia Shunping, Li Jun, et al. A Model of Network Assignment for Multimode Travel Considering Roadside Parking Charge Game[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2019, 37(6): 88-94+162.
- [10] 陈鹏,王高飞.城市中心最优停车收费定价模型研究[J].交通科技与经济,2020,22(4):77-80.  
Chen Peng, Wang Gaofei. Research on Optimal Combined Charge Fee Model in Urban Center[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2020, 22(4): 77-80.
- [11] 成都市发展和改革委员会.中心城区机动车临时占道停放差别化收费标准[EB/OL].2017[2020-09-09].[http://cddrc.chengdu.gov.cn/cdfgw/c120778/2017-02/09/content\\_47d8a256b1634cbe9bf786209c807f5a.shtml](http://cddrc.chengdu.gov.cn/cdfgw/c120778/2017-02/09/content_47d8a256b1634cbe9bf786209c807f5a.shtml).
- [12] 关宏志.非集计模型:交通行为分析的工具[M].北京:人民交通出版社,2004:13-17.  
Guan Hongzhi. Disaggregate Model: A Tool of Traffic Behavior Analysis[M]. Beijing: China Communications Press, 2004: 13-17.
- [13] 森地茂,屋井鐵雄.非日常的交通への非集計行動モデル選擇肢別標本抽出法の適用性[J].土木学会論文報告集,1984(343):161-170.  
Morichi Shigeru, Yai Tetsuo. Application of Disaggregate Travel Demand Model and Choice-Based Sampling for Infrequent Trips [J]. Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, 1984(343): 161-170.
- [14] Bierlaire M. Estimation of Discrete Choice Models with BIOGEME 1.8[R/OL].2009[2020-09-09].<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.146.4074>.
- [15] 周家中.特大城市公共交通系统结构关键问题研究[D].成都:西南交通大学,2014.  
Zhou Jiazhong. Research on Key Problems of Public Transport System Structure in Mega-City[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2014.