

城市通勤停车需求管理

张秀媛¹, 董苏华², 柳昌江³

(1. 北京交通大学 交通运输学院, 100044 北京; 2. 中国城市规化院停车研究中心, 100044 北京;
3. 北京市海淀停车管理有限责任公司, 100083 北京)

摘 要: 为了缓解我国大城市交通拥堵, 调控通勤高峰时段中心区停车需求, 给出城市不同功能的停车场不同的停车收费方法和价格. 结合北京城市中心区实行累进停车收费的政策, 开展居民多模式出行的意愿调查, 构建政府指定停车票价与居民交通出行方式选择的双层规划模型方法, 通过数值计算给出了停车价格调整范围与通勤机动车出行转移到停车换乘 10% ~ 20% 比例的相互关系. 在城市机动化发展, 通过“以静制动”停车价格政策可以有效地缓解中心区通勤交通拥堵, 同时为城市中心区停车价格政策制定和完善停车市场化运作提供参考.

关键词: 城市交通; 停车资源; 双层规划

中图分类号: U121

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2012)08-0124-06

Urban commuter parking demand management

ZHANG Xiu-yuan¹, DONG Su-hua², LIU Chang-jiang³

(1. School of Traffic and Transport, Beijing Jiaotong University, 100044 Beijing, China; 2. Parking Center of China Academy of Urban Planning and Design, 100044 Beijing, China; 3. Beijing Haidian Parking Co., Ltd., 100083 Beijing, China)

Abstract: To alleviate the traffic congestion in major urbam cities in China, the regulation of parking demand and parking price is given in central areas during peak hours. Based on the implementation of the regulation at Beijing downtown area, a multi-modal travel survey was carried out and a bi-level programming model for adjusting the government-designated parking fares and the cheaper and convenient way for residents to travel is set up. The numerical calculation provide a proper relationship between the parking price and the use of parking facilities and commuter vehicles. The parking pricing policies can effectively alleviate the commuter traffic congestion at central area and provide references to other cities.

Key words: commuter traffic; parking resources; bi-level programming

我国城市机动车保有量的快速增长,使道路交通拥堵日趋严重,各大城市先后开展治理交通拥堵措施,发展公共交通,加强停车资源管理,引导多种交通方式出行. 国内外中心区停车需求理论方法研究较多^[1-2],白玉等^[3]分析了交通 O-D 量与路网容量对停车需求的影响,以区域路网总容量及路网服务水平为约束,提出了一种基于

路网容量的停车需求预测方法;张洪海等^[4]在停车生成率预测模型的基础上,通过多元线性回归确定各区域不同类型用地间相互作用后的停车动态生成率,利用道路交通量对其进行扩展,建立用地与交通影响分析模型. 吴世江等^[5]对交通出行方式离散选择模型的效用随机项结构展开研究,以多项 Logit 模型的基本假定为基础,提出了能够真实反映不同选择肢效用随机项的异方差性和相关性的效用随机项结构. 李伟通过北京市小汽车出行停车行为调查分析,得到停车价格等因素的关注程度^[6]. 但是这些研究对于通勤出行停车价格调整的灵敏度分析研究还十分欠缺,对上层政府政策和下层居民出行互动的效果研究不足.

收稿日期: 2011-09-30.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2006CB705500);
北京市科委科技计划项目(Z07020600290793).

作者简介: 张秀媛(1958—),女,副教授.

通信作者: 张秀媛,ysx2001@126.com.

1 出行停车需求及其影响因素

我国城市的社会经济发展水平提高, 机动车保有量和使用量增长, 因此, 驾车出行者出行车辆停放需求也不断增长, 并带来车辆乱停、乱放等停车行为规范问题. 通勤出行停车的影响因素主要包括: 1) 道路交通条件改善刺激小汽车出行; 2) 居民经济收入水平的提高, 单一的小汽车出行选择增多; 3) 出行中追求便捷性和舒适性; 4) 中心区停车费用价格偏低^[7].

1.1 停车选择过程及主要因素分析

停车选择行为是指驾车者而言, 从起点到达目的地, 可有多个或多种停车设施供选择, 而对应不同的停车设施又可能有多条路径到达. 因此, 驾车者的停车选择行为包含: 1) 到达停车设施的路径的选择; 2) 从停车设施到目的地的接续交通方式选择. 本文假设驾车者从起点 o 出发去目的地 d , 沿线各节点附近均有停车设施可供选择, 而选择 1 个停车设施又有多条路径可走, 则驾车者的停车选择过程可表示为如图 1 所示^[8-9].

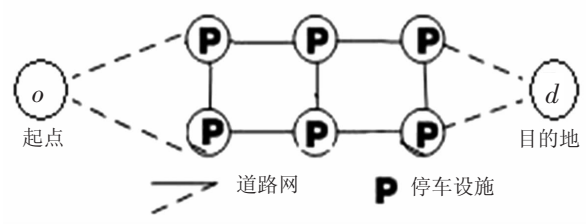


图 1 停车选择过程示意图

停车设施选择和路径选择之间存在多种组合, 两者相互影响又相互制约, 共同决定最终驾车者如何完成车辆的停放过程.

停车场选择的主要影响因素有: 1) 停车设施与目的地的距离. 2) 停车收费价格政策, 可以平抑不同地区的停车设施集中指数. 3) 停车设施的方便性、可达性和安全性程度. 4) 广义出行费用可接受程度. 5) 个体属性诸如驾车者职业、收入、出行目的、计划停车时间等特性因素.

1.2 停车需求效用分析

通勤驾车者选择某一停车设施希望能够产生最大广义效用值(即吸引力). 通勤驾车者选择停车设施的广义效用分为 3 个部分: 1) 从起点到停车设施的驾驶效用; 2) 停车效用; 3) 从停车设施到目的地的交通接续方式效用. 停车广义效用, 如图 2 所示.

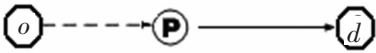


图 2 停车广义效用示意图

在实际问题中, 通勤驾车者的停车决策过程受到众多因素的影响, 因此, 其效用值无法被直接观测出来, 很难预先估计, 具有随机性. 假设某通勤驾车者从起点 o 出发选择停车设施的方案集合为 K , 其中选择停车设施 k 的广义效用表示为 U_{ok} . 根据随机效用理论, U_{ok} 为概率变量, 可以分为两部分: 一部分是可测的确定性效用(固定项) V_{ok} , 另一部分是不可测的随机效用(概率项) τ_k , 并假设它们呈线性关系, 则 U_{ok} 可以表示为

$$U_{ok} = V_{ok} + \tau_k, \forall o, k. \tag{1}$$

式中: V_{ok} 为通勤驾车者从起点 o 出发选择停车设施 k 的确定性效用; τ_k 为此过程中的随机效用. 其中, 确定性效用值 V_{ok} 可表示为

$$V_{ok} = \sum_i a_{ok}^i x_{ok}^i, \forall o, k. \tag{2}$$

其中: x_{ok}^i 为通勤驾车者选择停车设施 k 时的第 i 种特性值, 如时间、费用等, a_{ok}^i 为待定参数, 可从观察抽样调查数据中用统计推断方法估计出来.

而随机效用因素 τ_k 是由通勤驾车者的选择行为产生的, 主要包括两方面: 1) 通勤驾车者本身所产生的随机效用, 即由于通勤驾车者自身对确定性效用的估计偏差所产生; 2) 由通勤驾车者的选择行为偏好受到其他通勤驾车者的影响所产生.

结合北京市停车换乘(P + R) 的规划与运营情况, 选取北京市地铁终端站周边小汽车通勤出行客流在中心区停车价格调整影响停车选择行为变化来研究交通需求管理的效果.

2 中心区停车级差收费与双层规划模型

北京市为了缓解交通拥堵, 规范中心区停车行为, 采用分区域和一类地区首小时 2 元/15 min 累进收费, 后续 2.5 元/15 min 累进停车收费, 并在中心区外围的大型公共交通站点建设 P + R 停车换乘设施, 鼓励居民通勤的多种交通方式选择.

2.1 停车需求分析

驾车出行者从起点到目的地把车停放在第 k 个停车场的广义费用 U_{ok} 表示为

$$U_{ok} = -(\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kd}) + \tau_k, \forall o, k. \tag{3}$$

式中: μ_{ok} 为驾车者从起点 o 到停车设施 k 的路网行驶时间; p_k 为停车设施 k 的停车费用; t_k 为等待换乘其他交通工具的时间和从停车设施到目的地的接续方式的时间; w_{kd} 为驾车者从停车设施 k 到目的地 d 中的步行时间; θ, κ 和 γ 均为参数.

采用 Logit 离散选择模型来描述驾车者的年龄、职业、收入等社会经济特性以及停车目的、时间等停车行为的特性等,对于不同类型停车设施的选择行为效用函数产生的影响. 用 U_{oj} 表示选择停车设施 j 所获得的效用,则从 $\mathbf{K}$ 中选择设施 k 条件为

$$U_{ok} > U_{oj}, \forall j \in \mathbf{K}, j \neq k. \quad (4)$$

可见,驾车者的停车选择是一个概率问题,即驾车者以多大的概率选择某种停车设施. 根据效用最大化原则,停车设施 k 被选择的概率就是其效用在所有可选停车设施中为最大的概率,即

$$P_{ok} = \Pr(U_{ok} \geq U_{oj}, \forall j \in \mathbf{K}, j \neq k), \forall o, k. \quad (5)$$

式中: P_{ok} 为从起点 o 出发的驾车者选择停车设施 k 的概率, $0 \leq P_{ok} \leq 1, \sum_{k \in \mathbf{K}} P_{ok} = 1$.

假定随机误差项 τ_k 互相独立并且服从双指数分布 (Gumbel distribution), 则从起点 o 出发的驾车者选择停车设施 k 的概率可以用多项 Logit (Multinomial Logit, ML) 形式表示为

$$P_{ok} = \frac{e^{V_{ok}}}{\sum_j e^{V_{oj}}}, \forall j \in \mathbf{K}. \quad (6)$$

将式(3)代式(6),则从 o 出发选择停车设施 k 的概率为

$$P_{ok} = \frac{e^{-(\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kd})}}{\sum_j e^{-(\mu_{oj} + \theta p_j + \kappa t_j + \gamma w_{jd})}}, \quad \forall o, k. \quad (7)$$

设 q_o 为从 o 出发的总交通需求; q_{ok} 为其中选择停车设施 k 的交通流量,满足 $q_{ok} = P_{ok} \cdot q_o$; f_{ok}^m 为从起点 o 到停车设施 k 的第 m 条路径上的流量,则路径流量和停车流量应满足的流量守恒约束为

$$\sum_m f_{ok}^m = q_{ok}, \quad \forall o, k, \quad (8)$$

$$\sum_k q_{ok} = q_o, \quad \forall r, \quad (9)$$

$$x_a = \sum_o \sum_k \sum_m f_{ok}^m \delta_{a,m}^{ok}, \quad \forall a. \quad (10)$$

式中: x_a 为路段 a 上的流量; $\delta_{a,m}^{ok}$ 为网络中路段与路径之间的相关系数,如果路段 a 在从 o 到 k 之间第 m 条路径上,则其取值为 1,否则为 0.

设 z_a 为路段 a 上的行驶阻抗,则它为路段流量 x_a 的单调递增函数,其关系通常采用 BPR 形式表示为

$$z_a(x_a) = z_a^0 \left[1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right], \quad \forall a. \quad (11)$$

其中: α, β 均为待定参数, z_a^0 和 C_a 分别为路段 a 的零流阻抗和通行能力.

如果用 z_{ok}^m 表示从起点 o 到停车设施 k 的第 m

条路径上的行驶阻抗,则根据路径与路段的关联性有

$$z_{ok}^m = \sum_a z_a \delta_{a,m}^{ok}, \quad \forall o, k, m. \quad (12)$$

根据用户平衡原则,则有

$$\mu_{ok} - z_{ok}^m \begin{cases} = 0 & f_{ok}^m > 0 \\ \leq 0 & f_{ok}^m = 0 \end{cases}, \quad \forall o, k, m. \quad (13)$$

2.2 通勤出行与停车资源利用双层规划模型

停车费用与停车流量之间存在着一定的映射关系,在城市不同区域差异化停车费用调解下构建停车资源利用率最大化模型的双层规划模型 (Bi-level programming). 即下层规划是驾车者基于自身需要对停车设施的选择过程,是满足用户平衡的城市停车流量分配问题;而上层规划是制定合理的停车费用,实现停车资源利用率空间分布最大化目标的过程. 当两个过程相互作用的结果达到某一平衡点,即双层规划问题取得最优解时,则驾车者和决策者的利益同时得到了满足. 通勤出行停车影响因素主要为在途时间,停车费用以及停放车辆后到达目的地的时间、方便程度等. 根据前面的分析,构造了通勤出行者在不同类型停车设施之间分配的模型 (下层模型 L14) 为

$$\begin{cases} \min Z(x, q) = \sum_a \int_0^{x_a} z_a(u) du + \\ \quad \sum_r \sum_k \int_0^{q_{ok}} (\ln u + \theta p_k + \\ \quad \kappa t_k(u) + \gamma w_{kd}) du, \\ \sum_m f_{ok}^m = q_{ok}, \quad \forall o, k, \\ \sum_k q_{ok} = q_o, \quad f_{ok}^m \geq 0, \quad \forall o, k, m, \\ x_a = \sum_o \sum_k \sum_m f_{ok}^m \delta_{a,m}^{ok}, \quad \forall a. \end{cases} \quad (14)$$

首先,对于一般情况下不考虑通勤时间模型的拉格朗日函数进行证明最优解满足 Logit 模型式(7)和用户平衡条件式(14).

$$L(f, q, \mu, \lambda) = Z[x(f), q] + \sum_{ok} \mu_{ok} (q_{ok} - \sum_m f_{ok}^m) + \sum_o \mu_o (q_o - \sum_k q_{ok}) + \sum_{okm} \lambda_{okm}^m f_{ok}^m. \quad (15)$$

式中: $\mu_{ok}, \mu_o, \lambda_{okm}^m$ 分别为式(14)约束条件的拉格朗日乘子.

模型最优解的一阶必要条件为

$$\begin{cases} f_{ok}^m \frac{\partial L}{\partial f_{ok}^m} = 0 \text{ 且 } \frac{\partial L}{\partial f_{ok}^m} \geq 0, \quad \forall o, k, m, \\ \frac{\partial L}{\partial q_{ok}} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \mu_{ok}} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \mu_o} = 0, \quad \forall o, k. \end{cases} \quad (16)$$

由式(16)可以推出停车选择概率模型式

(7), 可以分别推出式 (14) 中的两个约束分别为

$$\frac{dL}{dq_{ok}} = \ln q_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kl} + \mu_{ok} - \mu_r = 0, \forall o, k.$$

$$q_{ok} = \exp\{\mu_o - (\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kl})\}, \forall o, k.$$

根据式 (14) 的约束有

$$\sum_k \exp\{\mu_o - (\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kl})\} = q_o.$$

$$q_{ok} = \frac{\exp\{\mu_o - (\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kl})\}}{\sum_l \exp\{\mu_o - (\mu_{ol} + \theta p_l + \kappa t_l + \gamma w_{ld})\}} q_o = \frac{\exp\{-(\mu_{ok} + \theta p_k + \kappa t_k + \gamma w_{kl})\}}{\sum_j \exp\{-(\mu_{oj} + \theta p_j + \kappa t_j + \gamma w_{jd})\}} q_o, \forall o, k.$$

从以上的证明中可以看出, 拉格朗日乘子 μ_{ok} 实际上就是在平衡状态下从起点 o 到停车设施 k 的路网行驶时间. 再来考虑上层规划, 即停车泊位利用率最大化问题. p_k 为停车设施 k 的停车费用, $q_{ok}(p_k)$ 表示此时从起点 o 出发选择停车设施 k 的停车流量. 在区域内其他停车设施费用不变的情况下, 如果提高某一停车设施的停车费用, 会使该停车设施的停车流量向其他停车设施转移, 则该停车设施的停车泊位利用率有可能没有增加反而减少, 模型 (上层模型) 为

$$\begin{cases} \max Z(p, q) = U_1 + U_2 = \\ \frac{t_{P+R} \cdot q_{o(P+R)}(p_{P+R})}{T^* \cdot C_{P+R}} + \frac{t_{ok} \cdot q_{ok}(p_k)}{T^* \cdot C_k}; \\ p_k^T \leq p_k^{\max}; \\ q_{ok} \leq 0.7C_k, q_{o(P+R)} \geq 0.9C_{P+R}, \forall k. \end{cases} \quad (17)$$

其中: C_k 为停车设施 k 的停车能力, $p_k^{\max}$ 为驾车者所能接受的最高停车费用, $q_{ok}(p_k)$ 为停车费用 p_k 和停车流量之间的映射函数, 由下层规划 (L14) 得出. 约束条件 $p_k^T \leq p_k^{\max}$ 表示在任意类型停车设施, 其停车费用不超过驾车者所能接受的最高费用; 约束条件 $q_{ok} \leq 0.7C_k, q_{o(P+R)} \geq 0.9C_{P+R}, \forall k$ 表示确定停车费用后, 各类停车设施的停车泊位利用率规定的目标范围.

2.3 求解算法

目前, 求解基于用户平衡的交通流量分配问题大部分采用 Frank-Wolfe 算法或者 MSA 算法, 本文采用 MSA 算法求解城市通勤停车流量分配问题, 具体步骤如下.

第 1 步: 初始化. 找出初始可行解 $\{q_{ok}^{(0)}, \forall o, k\}$ 以及 $\{x_a^{(0)}, \forall a\}$, 设置迭代次数 $n = 1$.

第 2 步: 计算路段阻抗 $\{z_a^{(n)}, \forall a\}$ 和停车延误 $\{t_k^{(n)}, \forall k\}$.

第 3 步: 在 $\{z_a^{(n)}, \forall a\}$ 基础上, 找出从起点 o 到停车设施 k 的最短路径, 其阻抗 $\{\mu_{ok}^{(n)}, \forall o, k\}$.

第 4 步: 用 Logit 模型分离式 (7), 计算从起点 o 到停车设施 k 的流量 $\{v_{ok}^{(n)}, \forall o, k\}$.

第 5 步: 将 $\{v_{ok}^{(n)}, \forall o, k\}$ 加载到从起点 o 到停车设施 k 之间的最短路径上, 路段流量 $\{y_a^{(n)}, \forall a\}$.

第 6 步: 迭代计算

$$q_{ok}^{(n+1)} = q_{ok}^{(n)} + \frac{i}{n+1}(v_{ok}^{(n)} - q_{ok}^{(n)}), \forall o, k;$$
$$x_a^{(n+1)} = x_a^{(n)} + \frac{i}{n+1}(y_a^{(n)} - x_a^{(n)}), \forall a.$$

其中: i 是 1 个正的常数, 表示迭代步长的幅度, 可根据网络拥挤程度进行调整.

第 7 步: 检查收敛性, 若满足收敛准则, 则停止迭代; 否则令 $n = n + 1$, 转入第 2 步.

3 案例分析与求解算法

结合北京市天通苑地区早高峰进入城市中心区通勤小汽车客流在地铁 5 号线开通后形成的停车换乘为例, 分析中心区停车价格调整的效果.

3.1 停车资源空间分布规划模型

网络中包括 1 个 O-D 对, 3 条行驶路段和 2 条接续方式路段. 交通方式有小汽车, 公交车, 地铁 3 种出行方式, 网络结构如图 3 所示. 为了方便探讨与分析, 本算例中将网络中的停车设施简化为两类, 即 P+R 停车场和中心区或目的地停车场 $P_k = P_d$.

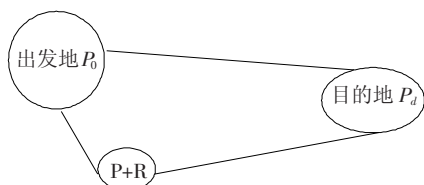


图 3 算例网络结构示意图

双层规划问题大多是非凸的 NP-Hard 问题, 为了使计算简便易行, 本文采用灵敏度分析方法的启发式算法 SAB (Sensitivity analysis based algorithm). 得出用户平衡停车流量分配模型的解以及约束条件的拉格朗日乘子对模型中扰动参数的导数关系为

$$q_{ok}^T(p_k) = q_{ok}^*(p_k^{(0)}) + \frac{\partial q_{ok}}{\partial p_k}(p_k - p_k^{(0)}). \quad (18)$$

式中: $p_k^{(0)}$ 为停车设施 k 的停车费用的初始值; $q_{ok}^*(p_k^{(0)})$ 为停车设施 k 的停车流量; $\frac{\partial q_{ok}}{\partial p_k}$ 为停车设施 k 的停车流量对其停车费用的导数关系.

将式 (18) 代入到上层规划函数中, 则上层问题就变成一个普通的非线性优化问题, 用已有的方法求解. 对于求出的最优解, 停车费用最优价

格,再一次求解下层问题,得到新的停车流量,重复以上的基本思路,又可以得到一组新的最优停车费用.如此重复计算,最后有望收敛于双层规划模型的最优解,具体步骤如下.

第 1 步:初始化.设停车设施 k 的停车费用的初始值为 $\{p_k^{(0)}\}$,并且置 $i = 0$.

第 2 步:在 $\{p_k^{(i)}\}$ 条件下,求解下层停车流量分配问题,得到用户平衡解 $\{q_{ok}^{(i)}\}$.

第 3 步:利用灵敏度分析方法找到停车设施 k 的停车流量对其停车费用的导数,并根据式 (17) 得出映射函数的线性近似形式.

第 4 步:将映射函数的线性近似代入上层规划函数中,求解上层问题得到一组新的停车费用 $\{y_k^{T(i)}\}$.

第 5 步:迭代计算
$$p_k^{T(i+1)} = p_k^{T(i)} + \alpha^{(i)} (y_k^{T(i)} - p_k^{T(i)}).$$
其中: $\alpha^{(i)}$ 为迭代步长,可以用一维搜索法得出.

第 6 步:收敛判断.如果 $|p_k^{T(i+1)} - p_k^{T(i)}| \leq \delta$,那么算法停止.否则令 $i = i + 1$,转到第 2 步.其中 δ 为迭代精度.

3.2 数据及参数设定

在本算例的网络中,路段阻抗函数采用式 (11) BPR 形式,其中 z_a^0 为路段 a 上的零流阻抗, h ; C_a 为路段 a 的通行能力,辆/h; α, β 均为待定参数,本算例中取 $\alpha = 0.15, \beta = 4.0$.

路段零流阻抗 z_a^0 以及路段通行能力 C_a 的取值由表 1 给出,各种出行方式广义费用标定见表 2.

表 1 通勤出行各路段数据

路段	z_a^0/h	$C_a/(辆 \cdot h^{-1})$
(起点, P+R)	0.112	5 000
(起点, Pk)	0.134	8 000
(P+R, Pk)	0.106	8 000

表 2 通勤出行方式的广义费用构成

出行方式	吸引力	出行时间/ min	费用/ 元	步行时间/ min
公交+地铁	2	40	3~3.5	10
公交	1	55	3	5
小汽车	20	25	90	5
小汽车+停车换乘	10	35	5	12

根据两类停车设施的特点,作如下假定:停车场距离目的地较近时,接续方式时间为 5 min. 两个停车场的停车位供给能力均为 3 000. 在本算例中,为便于分析,重点分析早高峰时段通勤出行客流从 o 出发的停车需求 q_o^1 为 3 000 辆,式中的参数

取 $\kappa = 1, \gamma = 1, \theta = 0.5$, 并和 $\theta = 0.3$ 的作对比.

3.3 结果分析

通过对已知数据进行计算分析,得到停车费用调整条件下,小汽车通勤出行转移比例结果.

假定 P+R 停车场的停车费用固定不变,通过中心区停车场停车费用的变化,来分析小汽车转移比例和对停车泊位利用率的影响.假定全天出行支付停车费从现在的 15 元以 5 元为单位增加,并把对停车费支付重视程度进行划分为重视和不太重视两类影响因子,出行方式转移情况如图 4 所示.

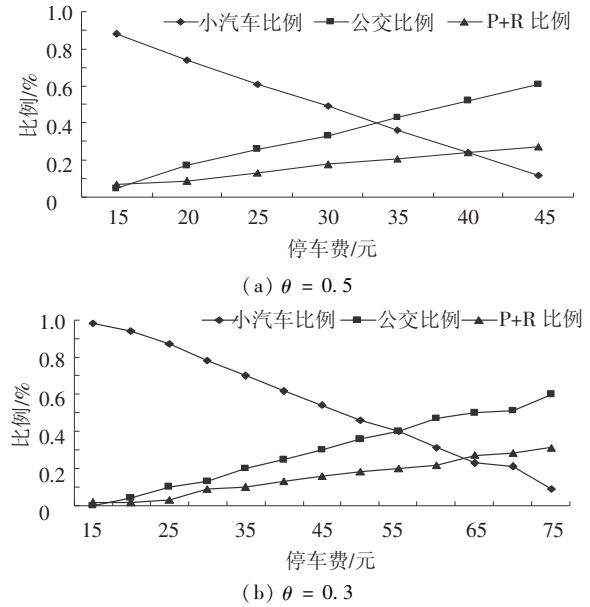


图 4 中心区停车费用调整下通勤出行方式转移

模型计算结果表明小汽车通勤出行方式转移与停车费用支付密切相关,当影响因子为 0.5 时,每日支付 35 元出行停车费则有 20% 的出行者转向 P+R 停车换乘,40% 转向公共交通出行;当影响因子为 0.3 时,每日支付 55 元出行停车费则有 20% 的出行者转向 P+R 停车换乘,40% 转向公共交通出行,停车费用的影响是引导出行方式选择的关键,如何提高费用的影响程度,应通过合理的政策措施和管理手段,保证管理的有效性.

4 结 论

- 1) 城市中心区停车收费价格调整对于通勤机动车出行有一定的影响,10%~20% 机动车出行中转移到停车换乘对应每天支付停车费用为 35~50 元.
- 2) 随着公共交通的改善和停车价格调整,居民对停车价格的敏感程度性也在变化,导致城市交通结构也会发生变化.

3) 停车费用对于通勤出行和商务办公访客驾车出行影响较大,敏感性较高. 制定停车收费政策的取值范围是否合理,是否有利于中心区引导公共交通出行,可以分阶段加以推进,完善和扩大P+R换乘停车场的使用,使得停车流量在各停车设施之间更加合理地分配,提高停车资源的利用率. 通过制定合理的差别化停车费用,推进停车产业化,使停车泊位利用率达到最大化.

参考文献:

- [1] COOMBE D, GUEST P, BATES J, *et al.* Study of parking and traffic demand part 1 [J]. *Traffic Engineering and Control*, 1997, 38:62-67.
- [2] HASS-KLAU C. Car restraining measures and town centre businesses: a case study [J]. *Transportation Planning Systems*, 1994, 2:59-66.
- [3] 白玉,薛昆,杨晓光. 基于路网容量的停车需求预测方法[J]. *交通运输工程学报*, 2004, 4(4):49-52.

- [4] 张洪海,王丰元,邹旭东,等. 基于 MapX 的城市停车需求预测的研究[J]. *公路交通科技*, 2006, 23(10):120-123.
- [5] 吴世江,史其信,陆化普. 交通出行方式离散选择模型的效用随机项结构[J]. *公路工程*, 2007, 32(6):92-97.
- [6] LI W, ZHANG X Y, PAPACOSTAS C S. Analysis of parking fee effect on travel behavior in a downtown district [C]//*Proceedings of Transportation and Development Innovative*. Beijing: [s. n.], 2008:319-412.
- [7] 张秀媛,董苏华,蔡华民,等. 城市停车规划与管理[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2006.
- [8] 四兵锋,张好智,孙会君,等. 能力约束条件下城市道路和停车流量分配模型及算法[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2009, 9(3):78-85.
- [9] 邹贞元,徐亚国,安实,等. 城市静态交通管理理论与应用[M]. 广州:广州出版社, 2000.

(编辑 魏希柱)

(上接第 75 页)

- [11] 王景雪,孙毅,高武军. 一种简便实用的植物总 DNA 提取方法[J]. *山西大学学报*, 2000, 23(3):271-272.
- [12] 邵碧英,陈文炳,李寿菰,等. 转基因花卉的 DNA 提取与多重 PCR 分析[J]. *厦门大学学报*, 2002, 41(5):674-678.
- [13] 彭锁堂,颜启传,王学德,等. 水稻单粒种子 DNA 提取及 RAPD 程序优化研究[J]. *上海交通大学学报:农业科学版*, 2002, 20(1):34-41.
- [14] KIM C S. Simple and rapid method for isolation of high quality genomic DNA from fruit trees and conifers using PVP [J]. *Nucleic Acid Res*, 1997, 25:1085-1086.
- [15] COUCH J A, FRITZ P J. Isolation of DNA from plants high in polyphenolics [J]. *Plant Mol Biol Rep*, 1990, 8(1):8-12.
- [16] PICH U, SCHUBERT I. Miniprep method for isolation of DNA from plants with a high content of polyphenolics [J]. *Nucleic Acids Research*, 1993, 1(14):3328-3332.
- [17] ZIDANI S, FERCHICHI A, CHAIEB M. Genomic DNA extraction method from pearl millet (*Pennisetum glaucum*) leaves [J]. *African Journal of Biotechnolo-*

gy, 2005, 4(8):862-866.

- [18] BERENDZEN K, SEARLE I, RAVENSCROFT D, *et al.* A protocol for rapid DNA extraction from *Arabidopsis thaliana* for PCR analysis [J]. *Plant Molecular Biology Reporter*, 2004, 22:49-52.
- [19] 沈洁,罗安才. 提取蕨类植物 DNA 方法比较[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(4):1738-1740.
- [20] 岳巧云,陈定虎,伍朝晖,等. 实时荧光 PCR 在鉴别奶粉中掺入大豆成分的应用研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(12):190-193.
- [21] LOPEZ-CALLEJA I, GONZALEZ A I, FAJARDO V, *et al.* PCR detection of cows' milk in water buffalo milk and mozzarella cheese [J]. *International Dairy Journal*, 2005 (15):1122-1129.
- [22] 王敏强,王斌,刘晓玲. 保存温度与时间对动物组织 DNA 提取质量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(33):16407-16409.
- [23] 徐伟丽,杜明,李启明,等. 动物肌肉组织基因组 DNA 两种提取方法的比较[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(12):81-84.

(编辑 刘 彤)