

电动汽车分时租赁动态定价策略研究

孔德洋 王敏敏 马 丹 (同济大学汽车学院,上海 201804)

【摘要】 文章提出一种在电动汽车分时租赁系统日收益最大化前提下的动态定价的策略,通过价格杠杆来调节用户需求,以达到供需平衡。并以上海国际汽车城运营的 EVCARD 项目为例,验证了实施动态定价策略后系统日收益可以提升 19.27%。

【Abstract】 The dynamic pricing strategy is put forward under the premise of EV Time Sharing Lease system daily income maximization. Main determinant of the dynamic pricing strategy is pick up time and pick up and return location, The price is up to demand time, pick up station and return station. Finally, the method is applied to the theoretical case – study of EVCARD in Shanghai. When the dynamic pricing policy is applied, the optimal system profit is 19.27% higher than base price.

【关键词】 电动汽车 分时租赁 混合整数非线性规划 站点聚类

doi: 10.3969/j.issn.1007-4554.2017.01.08

0 引言

电动汽车分时租赁是一种有别于传统形式的汽车租赁,是借助物联网技术实现的一种新型租赁模式,与传统租车相比,电动汽车租赁有符合短途出行需求、满足多人高效率共用、网点分布多等特点,可降低私人使用电动汽车成本、弥补公共交通空白、降低机动车保有量、缓解空气污染和节能环保等积极作用,并最终实现城市可持续发展。目前在国际上也已经有了较为成功的案例和经验。

汽车分时租赁分为单程式和往返式两种,往返式汽车分时租赁要求用户在同一站点取还车,单程式汽车分时租赁的用户可以在任意站点还车。单程式相对于往返式更加灵活便捷,可以满

足用户多样化的出行需求。但是,单程式取还车的灵活性给汽车分时租赁运营商在租赁网络管理维护上带来了困难,用户出行需求受时间段、天气等影响较大,各个站点很难做到车辆供给与需求的平衡。可能出现有的站点车辆堆积,而有的站点无车可租,造成订单流失。近年来,我国出现了很多以电动汽车为运营车辆的单程式汽车分时租赁项目,例如上海国际汽车城的 EVCARD 项目、杭州车纷享项目、北京绿狗电动项目。由于电动汽车受到续航里程、充电等限制,可能加剧系统供需不平衡。因此通过有效机制与方法对汽车租赁网络内各租赁站点间的租赁车辆进行有效配置,是实现汽车租赁网络的供需平衡的关键。

针对单程式汽车分时租赁存在的租赁网络中车辆供给与需求不平衡的问题,科研学者提出多方面的解决方案^[1]。主要手段可以分为以下 3 种。

收稿日期: 2016-11-15

(1) 准确预测需求,优化站点布局及车辆配置。

为尽量缓解供需不平衡问题,在项目准备阶段会充分调研,根据需求预测来确定站点的布局、各个站点配备的车辆数、停车位数量。Zhu X 等^[2]采用 SAE 模型来对需求进行深度学习,准确预测汽车分时租赁系统的需求量,SAE 是一个有效的无需监督的学习模型。实验表明,该模型对汽车分时租赁需求预测具有优越的性能。Correia G H D A 等^[3]针对单程式汽车分时租赁的车辆供需不平衡问题,基于收益最大化的混合整数规划模型,优化选址方法。模型考虑了汽车分时租赁运营中所有收入和成本。并采用葡萄牙里斯本的案例进行研究。文章证明了单程式汽车分时租赁模式具备盈利能力。Correia, G. 等^[4]提出当系统供需不平衡度达到某一阈值时,通过拒绝某些加剧供需不平衡的需求,来缓解系统的不平衡度。

(2) 通过多种手段实现人工车辆调度。

车辆调度是维持系统供需平衡最为普遍的方法,当汽车分时租赁系统内某些站点出现车辆短缺或停车位短缺的情况下,运营公司采用某些调度方法将车辆从富余站点调至短缺站点。这一过程中主要涉及到两个问题:(1) 通过系统后台监控数据建立调度模型从而求解出调度需求;(2) 综合考虑调度需求、有限的调度人员、调度工具等,得出具体分配到各个调度员的调度工作。Jorge, D^[5]等研究了在一定量的需求下,建立线性混合整数规划模型,求解出在系统收益最大化时的调度需求。Maurizio Bruglieri 等^[6]研究了在已知需求的情况下,用 Matlab 模拟电动汽车分时租赁系统的运营过程,系统每分钟更新各个站点车辆数、各个车辆的位置、各车辆的充耗电情况。当某一站点车辆数为 0 时,产生一个调进需求;当某一站点停车位已满,下一辆车即将进站时,产生一个调离需求。据此统计各个时间段各个站点的调度需求。Bruglieri M^[7]提出使用折叠式自行车协助调度员进行车辆调度,调度员骑自行车到达有调离需求的站点,将自行车放进汽车后备箱,然后将汽车开往目的地,完成一个调度需求。

(3) 利用价格作为杠杆调节供需。

汽车分时租赁网络中遇到的供需不平衡问题在其他服务产品的销售过程中也有体现,例如航班、酒店、汽车租赁等,这些服务的共同特征是:服务具有时效性;服务的容量是有限的或者相对固定的,而在容量的范围内固定成本较高,但是可变成成本相对很低;与固定容量相对应的是,顾客对服务的需求是多种多样的。同时需求受到许多因素的影响,波动较大,从而使得供求关系的平衡很难实现。具备这些特点的产品被科研学者称为易逝性产品。对于易逝性产品,可以通过应用一些专门的方法和技术来提高其收益,这些方法和技术统称为收益管理。动态定价是收益管理理论研究和商业实践中一个最为活跃的分支,是指企业根据市场需求和自身的供应能力,以不同的价格将同一种产品适时地销售给不同的客户或不同的细分市场,以实现收益最大化的策略^[8]。

Uber 专车正是根据供求曲线的原理实施动态定价。就需求方而言,在两个方向上都具备高度弹性。其一,当价格升高后,直接使需求量相应减少。其二,当价格降低后,需求量也会立即增加。Uber 动态定价模型中,当需求大于供给,算法会自动提高价格,减少需求提高供给,使得供需达到一个动态平衡。这个过程持续一段时间后,供给会逐渐大于需求,价格会恢复到初始水平。这个过程循环往复,始终维持着平衡。王喆等^[9]使用动态价格激励机制,提出汽车租赁商通过客户信息终端设备向顾客提供实时动态的激励价格来引导并鼓励顾客改变他们还车的站点,使顾客在还车时避免将车辆还到库存水平过高的租赁站点,而交付至库存水平较低的站点,实现租赁网络内的车辆配置。Jorge D 等^[10]针对汽车分时租赁的动态定价问题作出了进一步的研究。文章建立单程式汽车分时租赁动态定价模型,并以葡萄牙里斯本为案例进行模型验证。最终证明,动态定价可以显著提高汽车分时租赁企业的总收益。

国内外对动态定价在汽车分时租赁中的应用研究尚且不多,Jorge D 等人对汽车分时租赁企业运营层面的研究包括车辆调度、动态定价等,走在学术前列。国内对于汽车分时租赁运营层面的研究较少,对动态定价在汽车分时租赁中应用的研

究也较少。本文结合国内积极推进新能源汽车推广应用的背景,以 Uber 动态定价为灵感,将动态定价应用于国内现有的单程式电动汽车分时租赁项目中。并以上海市 EVCARD 项目为研究案例,证明动态定价可以提高运营收益。

1 动态定价模型

本文依据两个维度来区分租赁价格,维度一是时间,不同时间段租赁价格不同;维度二是订单的取车站点和还车站点,不同的取车站点或还车站点租赁价格也不同。即租赁服务的价格随用车时间和 OD 的不同而不同。在某一特定时间段内,汽车分时租赁服务的价格取决于 OD,当取车站点的车辆供大于求,还车站点的车辆供不应求时,应适当提高此 OD 路线的价格,从而降低 OD 路段上的订单需求,缓解 OD 站点的供需不平衡度,反之亦然。

定义变量如下:

$K' = \{1 \cdots k \cdots K\}$: 租赁系统内站点集合;

$K' = \{1 \cdots t \cdots T\}$: 一个时间周期内的时间点集合;

$X = \{1 \cdots k_{t-1} \quad k_t \quad k_{t+1} \cdots K_T\}$: 时间和空间节点的集合,包含 K 个站点在 T 个时刻的表示符 k_t 表示时刻 t 的站点 k ;

δ_{kj}^t : 在 t 时刻车辆从 k 站点行驶到 j 站点所需要的时间;

$A_1 = \{\cdots [k_t \quad j_t + \delta_{kj}^t] \cdots\} \quad k_t \in X$: 括号表示车辆在时刻 t 从 k 站点行驶到 j 站点,到达时刻是 $t + \delta_{kj}^t, \forall k \quad j \in K'$;

$A_2 = \{\cdots [k_t \quad k_{t+1}] \cdots\} \quad k_t \in X$: 括号表示在时间段 t 到 $t+1$ 站点 k 停靠的车辆;

$I' = \{1 \cdots i \cdots I\}$: 将一个运营周期分割为 I 个时间段, i 表示第 i 个时间段;

PO : 当前租赁服务价格,单位元/min;

DO_{k,j,δ_{kj}^t} : 表示 t 时刻从站点 k 到站点 j 的订单量;

Z_k : 站点 k 的规模, $\forall k \in K'$, 站点的规模取决于停车桩位的数量;

a_{k_t} : 在 t 时刻站点 k 的可用车辆数, $\forall k \in K'$;

$V_{k,k_{t+1}}$: 在时间 t 到 $t+1$ 内, 站点 k 停靠的车辆数。

1.1 站点聚类分析

动态定价的目的是利用价格杠杆在较大的需求波动下有效平衡供给和需求,保留电动汽车分时租赁服务以待最有价值的顾客,实现收益最大化。在电动汽车分时租赁系统内,某一时间出行需求的取车点和还车点的供给和需求状态是决定这一需求价格的主要因素。例如顾客要从 A 站点到 B 站点,在接收订单时,系统判断此时站点 A 供给富裕,站点 B 需求量大,此时出行的租赁价格很可能低于租车价格的平均水平,反之亦然。因此,如何描述在某一时间系统内各个站点的供给和需求的状态十分关键。本文采用站点停车位使用率来反映该站点的供需状况,在某一时间段内,若站点在大多数时候停车位的利用率为 0% ,则可反映该站点车辆供不应求;而有些站点在大多数时候停车位利用率为 100% ,则该站点的车辆供大于求。

除上文定义的变量外,还需要定义以下变量:

$Z' = \{1 \cdots z \cdots Z\}$ 站点分类类别的集合, Z 为类别数;

tb_i : 时间段 i 的开始时间;

te_i : 时间段 i 的截止时间;

ε_{k_i} : 在时间段 i 结束时站点 k 的可用车辆数, 当 $i=0$ 时,在 t 时 $\varepsilon_{k_0} = a_{k_t}$;

α_{k_i} : 在 i 时间段内,还车到 k 站点的订单数;

β_{k_i} : 在 i 时间段内,从 k 站点取车的订单数;

ω_{k_i} : 站点 k 在第 i 个时间段内停车位平均利用率;

o : 聚类分析样本量;

μ : 聚类类别数。

依据以上变量,在 i 时间段内,还车到 k 点的订单数为

$$\alpha_{k_i} = \sum_{j \in K', t' = t - \delta_{kj}^t, j \in I} D_{j_t \quad k_t}, \forall (k_t \quad j_t + \delta_{kj}^t) \in A_1 \quad (1)$$

在 i 时间段内,从 k 点取车的订单数为

$$\beta_{k_i} = \sum_{j \in X, j \in I} D_{k_t \quad j_t + \delta_{kj}^t}, \forall (k_t \quad j_t + \delta_{kj}^t) \in A_1 \quad (2)$$

$$\varepsilon_{k_i} = \varepsilon_{k_{i-1}} + \alpha_{k_i} - \beta_{k_i} \quad (3)$$

$$\omega_{k_i} = \frac{\varepsilon_{k_i}}{Z_k}, \forall k \in K', \forall i \in I' \quad (4)$$

本节采用变量 ω_{k_i} 这一变量来衡量各个站点之间的相似度,在某一时间段供需情况相似的站点被归为一类,采用 K 均值聚类分析法将 o 个站

点分为 u 类, u 代表站点的设定的类别数, ρ 代表被分析的站点数。这个聚类过程可能不能求出最合理的分类形式, 因为这取决于 u 的选取。但是这个问题并非模型的主要问题。聚类过程最终是为了在各个时间段内将站点分为 u 个类别, 同一站点在不同的时间段内可以隶属于不同的类别。

1.2 动态定价模型

本节提出了一个混合整数非线性模型。模型要求如下: 给定一个单程式汽车分时租赁系统的站点的集合、车辆集合、停车位集合, 系统目前 OD 需求矩阵已知, 动态定价模型旨在找出一个定价策略使得一个工作日的系统运营收益最大。在此过程中系统不拒绝任何订单, 除非站点无车可取。

除了上文定义的变量, 本节还需要定义以下变量:

m : 租赁系统中拥有车辆数;

L : 电动汽车的续航里程 (km);

n : 一辆电动汽车从空电到满电需要充电时长 (h);

v : 城市私家车平均行驶速度 (km/h);

b : 一个运营周期时长 (h);

x : 平均每辆电动汽车可服务的最大时长 (h);

E : 价格弹性系数;

PO_{zw}^i : 当前汽车分时租赁服务在第 i 个时间段内, 从区域 z 到区域 w 的单位时间价格, $\forall z, w \in Z', i \in I'$ 。

决定变量:

$D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i$: 当价格变化后, 从时间 t 到时间 $t + \delta_{kj}^i$ 从站点 k 到站点 j 的订单量, $\forall (k_t j_t + \delta_{kj}^i) \in A_1$;

P_{zw}^i : 汽车分时租赁服务在第 i 个时间段内, 从区域 z 到区域 w 的单位时间价格, $\forall z, w \in Z', i \in I'$;

C_{mv} : 每辆车单位行驶时间成本, 电量消耗成本;

C_v : 每辆车一天的折旧成本;

C_{mp} : 每个停车桩位一天的使用成本, 停车位的成本加上充电桩的成本。

在此模型中, 需求根据价格需求弹性系数随价格的变化而变化。 $D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i$ 满足以下公式

$$E = \frac{\frac{D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i - DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}}{DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}}}{\frac{P_{zw}^i - PO_{zw}^i}{PO_{zw}^i}} \quad (5)$$

在此假设需求价格弹性系数在不同的时间段以及价格区间内是相同的, 实际上当价格变化较大时价格弹性系数是不断变化的。但是, 企业一般会将价格设定在参考价格 PO 上下符合实际的价格区间之内。

$$\text{Max} \theta = \sum_{\substack{k_t j_t + \delta_{kj}^i \in A_1 \\ z, w \in Z', i \in I'}} (P_{zw}^i - C_{mv}) \times D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \times \delta_{kj}^i \times \delta_{ki}^i - C_{mp} \sum_{k \in K'} Z_k - C_v \sum_{k \in K'} a_{k_t} \quad (6)$$

满足:

$$D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \geq DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i + \frac{E \times DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \times (P_{zw}^i - PO_{zw}^i)}{PO_{zw}^i} - 0.5, [k_t j_t + \delta_{kj}^i] \in A_1; z, w \in Z'; i \in I' \quad (7)$$

$$D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \geq DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i + \frac{E \times DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \times (P_{zw}^i - PO_{zw}^i)}{PO_{zw}^i} + 0.5, [k_t j_t + \delta_{kj}^i] \in A_1; z, w \in Z'; i \in I' \quad (8)$$

$$DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i + \frac{E \times DO_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \times (P_{zw}^i - PO_{zw}^i)}{PO_{zw}^i} \geq 0 \quad (9)$$

$$V_{k_t k_t + 1} + \sum_{j \in K'} D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i - \sum_{j \in K'; t' = t - \delta_{kj}^i} D_{j_t k_t}^i - V_{k_t - 1 k_t} = 0, \forall k_t \in X \quad (10)$$

$$a_{k_t} - \sum_{j \in K'} D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i - V_{k_t - 1 k_t} = 0, \forall k_t \in X \quad (11)$$

$$v_x = (b - x) \frac{L}{n} \quad (12)$$

$$\sum_{k_t j_t + \delta_{kj}^i} \leq 60 \quad mx \quad (13)$$

$$Z_k + 5 \geq a_{k_t}, \forall k_t \in X \quad (14)$$

$$2 Z_k \geq a_{k_t}, \forall k_t \in X \quad (15)$$

$$D_{k_t j_t + \delta_{kj}}^i \in N^0, [k_t j_t + \delta_{kj}^i] \in A_1; \quad (16)$$

$$P_{zw}^i \in R^0, \forall z, w \in Z', i \in I' \quad (17)$$

$$V_{k_t k_t + 1} \in N^0, \forall (k_t, k_t + 1) \in A_2 \quad (18)$$

$$a_{k_t} \in N^0, \forall k_t \in X \quad (19)$$

$$Z_k \in N^0, \forall k_t \in K' \quad (20)$$

目标函数 (6) 保证单项式汽车分时租赁服务利润最大化, 其中考虑到由客户支付的租赁费用收入、车辆单位行驶时间成本、车辆折旧成本、停车桩位成本。约束 (7) 和 (8) 计算出需求随价格的变化, 鉴于需求是价格的连续函数, 此处使用了两个不等式, 以确保需求是整数。约束 (9) 保证需求是正数。约束 (10) 和 (11) 表示系统内任意时刻任意站点的车辆流平衡。(12) 和 (13) 表示租赁系统

内电动汽车行驶时长的总和,不超过电动汽车可服务的最大时长。约束(14)、(15)表示站点车辆数不超过站点停车位数量的两倍且停放在固定停车位以外的车辆数不大于5。表达式(16)~(20)设置变量的取值区间。

2 求解算法

本文首先采用 Matlab 软件求出各个站点在各个时间段内停车位平均利用率;然后采用 SPSS 对这一变量进行 K 均值聚类分析,求出各个时间段内各站点所属的类别;最后采用 Lingo 求解动态定价模型,Lingo 是一套专门用于求解最优化问题的软件,Lingo 可以求解非线性规划问题,也可以用于一些线性和非线性方程的求解等。

3 案例分析

本文以上海国际汽车城在上海市推出的 EV-CARD 电动汽车分时租赁项目为例,对动态定价策略进行案例验证。EVCARD 是上海国际汽车城新能源汽车运营服务有限公司开展的电动汽车分时租赁项目。该业务于 2015 年 1 月 19 日投入运营,发展速度迅猛。

本文选取 2016 年初某一工作日作为研究对象,对该天的订单做适当处理后得到 1 097 条有效订单信息,表示为 $DO_{k_{ij} + \delta_{kj}^t}$ 。数据来源为 EVCARD 项目组。

价格弹性系数 E ,理论上用车高峰期的价格弹性系数与低谷期的价格弹性系数不同,但本文假设价格弹性系数为一个常数,由于汽车分时租赁项目没有相关动态价格的历史数据,本文参照 Jorge D 论文中的价格弹性系数,假设 $E = -1.5$ 。

站点数 $k = 269$, Z_k 即各个站点的停车位分布情况已知, μ_{k_1} 在 $t = 1$ 时候各个站点的可用车辆数分布情况已知,系统内一共拥有车辆 576 辆。在 t 时刻车辆从 k 站点行驶到 j 站点所需要的时间 δ_{kj}^t 已知。

$I = 8$ 。本文以一个工作日 24 h 为一个研究周

期,综合考虑订单量随时间的变化规律,本文将一个研究周期分解为 8 个时长不尽相同的时间段,时间段 1(0:00 ~ 2:59),时间段 2(3:00 ~ 5:59),时间段 3(6:00 ~ 8:59),时间段 4(9:00 ~ 11:59),时间段 5(12:00 ~ 14:59),时间段 6(15:00 ~ 17:59),时间段 7(18:00 ~ 20:59),时间段 8(21:00 ~ 24:00)。

车辆租赁价格为 $P_0 = 0.5$ 元/min。

C_{mv} : 0.075 元/min,每辆车单位行驶时间的维护成本,电动汽车的充电成本为 1 元/kWh,电动汽车充满电需要 8 h,满电续航 120 km,电池容量为 18 kWh。假设上海市私家车市区内平均行驶车速为 30 km/h。则电池充满电需要 18 元,能行驶 240 min,单位行驶时间的成本为 0.075 元/min。

C_p : 54.79 元/天,车辆购置成本约为 10 万,租赁车辆的使用年限为 5 年,一年按 365 天计,车辆一天的折旧成本约为 54.79 元。

C_{mp} : 56 元/天,单个停车位一天的成本包括停车位维护成本以及充电设备折旧成本,停车位一天的成本以低于市均价的水平计算,约为 50 元/天,充电设备的成本包括充电电网布置成本,充电桩折旧成本,约为 6 元/天。

4 结果分析

动态定价前后电动汽车分时租赁系统日收益分别为 -34 686.7、-27 831.40 元,如表 1 所示,动态定价策略使用后可减少系统亏损 19.27%。其中订单收入由 35 568.31 元提高至 42 423.61 元,提高率为 19.76%,由此可见动态定价策略可显著提高系统日收益。表 2 罗列出在收益最大化的前提下各个时间段从某一站点类别到另一站点类别的租赁价格,价格范围为 0.42 ~ 0.57 元/min。

表 1 动态定价策略应用前后系统收益变化情况

名称	系统日 收益/元	订单 收入/元	服务 订单数	日收益 提高率/%	订单收入 提高率/%
动态定价前	-34 686.7	35 568.31	1 097	19.27	19.76
动态定价后	-27 831.4	42 423.61	1 430		

表2 各个时间段各个站点类别之间的租赁价格

时间段1	1	2	3	4	5	时间段2	1	2	3	4	5
1	0.50	0.50	0.50	0.44	0.50	1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
2	0.50	0.44	0.44	0.45	0.50	2	0.50	0.50	0.42	0.42	0.50
3	0.50	0.50	0.45	0.46	0.50	3	0.50	0.50	0.50	0.45	0.50
4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50	4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50
5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50
时间段3	1	2	3	4	5	时间段4	1	2	3	4	5
1	0.56	0.52	0.46	0.46	0.44	1	0.52	0.45	0.45	0.46	0.50
2	0.54	0.44	0.45	0.45	0.43	2	0.52	0.44	0.45	0.46	0.50
3	0.50	0.50	0.44	0.45	0.50	3	0.50	0.51	0.50	0.44	0.50
4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50	4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50
5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50
时间段5	1	2	3	4	5	时间段6	1	2	3	4	5
1	0.54	0.45	0.45	0.45	0.50	1	0.54	0.52	0.50	0.50	0.50
2	0.52	0.45	0.45	0.45	0.43	2	0.53	0.50	0.45	0.45	0.50
3	0.50	0.52	0.45	0.45	0.50	3	0.50	0.50	0.45	0.45	0.50
4	0.42	0.50	0.50	0.43	0.43	4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.50
5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50
时间段7	1	2	3	4	5	时间段8	1	2	3	4	5
1	0.57	0.45	0.45	0.44	0.50	1	0.52	0.50	0.44	0.46	0.50
2	0.52	0.45	0.45	0.45	0.50	2	0.50	0.51	0.45	0.45	0.43
3	0.53	0.51	0.44	0.50	0.50	3	0.50	0.50	0.44	0.45	0.45
4	0.42	0.51	0.52	0.50	0.50	4	0.42	0.50	0.50	0.50	0.42
5	0.43	0.50	0.50	0.50	0.50	5	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

5 总结与展望

电动汽车分时租赁在国内发展势头良好,但对于运营商来说,由于电动汽车分时租赁的运营商在车、桩、位的投资非常大,该模式存在较大的盈利压力。提高系统供需平衡度是运营商面临的重要课题,目前存在两类主要的方式平衡系统供需情况,第一是根据需求预测来确定站点的布局、各个站点配备的车辆数、停车位;第二类为采用某些调度方法将车辆从富余站点调至短缺站点。由于站点布局时不能完全预测需求量的情况,动

态定价策略可以作为平衡系统供给的有效补充手段。其次,使用动态定价的方式来调节需求量的方式相比于采用人工调度的方式成本更低,也更加易于管理。未来的趋势是电动汽车分时租赁运营商综合使用多种平衡供需的方式,合理布局站点并采用动态定价,在运营中对特殊站点车辆进行人工调度。

参考文献

- [1] Jorge D, Correia G. Carsharing systems demand estimation and defined operations: a literature review [J]. European Journal of Transport & Infrastructure Research, 2013, 13(3): 201-220.
- [2] Zhu X, Li J, Liu Z, et al. Optimization Approach to Depot Location in Car Sharing Systems with Big Data [C]// Big Data (Big-Data Congress), 2015 IEEE International Congress on. IEEE, 2015.
- [3] Correia G H D A, Antunes A P. Antunes, A. P.: Optimization approach to depot location and trip selection in one-way car-sharing systems. Transp. Res. Part E 48(1), 233-247 [J]. Transportation Research Part E Logistics & Transportation Review, 2012, 48(1).
- [4] Correia, G., Antunes, A. Optimization approach to depot location and trip selection in one-way carsharing systems [J]. Transportation Research Part 2012, E 48(1): 233-247.
- [5] Jorge, D., Correia, G., Barnhart, C. Comparing optimal relocation operations with simulated relocation policies in one-way carsharing systems. IEEE Transactions on Intelligent [J]. Transportation Systems 2014, 15(4): 1667-1675.
- [6] Bruglieri M, Colomi A, Luè A. The Vehicle Relocation Problem for the One-way Electric Vehicle Sharing: An Application to the Milan Case [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2014, 111: 18-27.
- [7] Bruglieri M, Colomi A, Luè A. The relocation problem for the one-way electric vehicle sharing [J]. Networks, 2014, 64(4): 292-305.
- [8] 周晶 杨慧. 收益管理方法与应用 [M]. 上海: 科学出版社 2009.
- [9] 王喆, 苗瑞, 顾希奎等. 基于动态价格激励机制的租赁车辆配置研究 [J]. 工业工程与管理, 2015, 20(4): 80-85.
- [10] Jorge D, Molnar G, Correia G H D A, et al. Trip pricing of one-way station-based carsharing networks with zone and time of day price variations [J]. Transportation Research Part B Methodological, 2015, 81: 461-482.