

基于 APP 的电动汽车分时租赁激励调度系统研究

陈 蓓 马万经

(同济大学交通运输工程学院, 上海 201804)

摘 要: 电动汽车分时租赁凭借方便快捷信息化的自助式服务, 成为越来越多人的出行选择, 有利于新能源汽车的推广应用。本文在“互联网+”思维的基础上, 提出了包括取车、还车以及拼车行为的“三阶段”激励调度策略, 使用户在使用服务的过程中完成调度员的工作, 并基于智能手机 APP 对电动汽车分时租赁激励调度系统进行研究, 全面整合激励调度策略的相关理论, 通过客户端设计实现系统与用户的有效交互。

关键字: 电动汽车; 分时租赁; 激励调度; 系统设计

Car-sharing Incentive Scheduling System of Electric Vehicles Based on Smartphone APP

Chen Bei, Ma Wanjing

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

Abstract: Electric Vehicles Car-sharing has become a better choice for more people because of its convenient self-service, and it helps the promotion and application of new energy vehicles. This paper puts forward ‘three-stages’ incentive scheduling strategy based on the ‘Internet +’ conception, aiming to make users play the role of car dispatcher during their travels, and studies car-sharing incentive scheduling system of electric vehicles based on smartphone APP as well as designing the smartphone client-side to keep effective interaction between the system and users.

Key words: Electric Vehicle, Car-Sharing, Incentive Scheduling, System Design

1 引言

电动汽车迎来了第三次发展浪潮, 而分时租赁服务是汽车共享领域近年来发展最为迅速的模式, 分时租赁可有效地提高电动汽车的使用率, 有利于其推广应用, 两者的结合是发展的必然趋势。而对于消费者而言, 其使用成本低于传统汽车出行, 能以较为经济的价格享受高品质的出行体验, 具有较强的吸引力。目前, 国外已有多个项目成功运作, 分别运用不同类型的纯电动汽车进行分时租赁运营, 国内则有北京、上海等十余个城市在推广分时租赁模式, 主营电动汽车分时租赁的运营企业有北京一度用车、上海 EVCARD 等约 15 家, 该行业也在不断地发展壮大。

在实际运营中发现, 目前的电动汽车分时租赁模式并不限制借还车的网点, 不同网点之间需求的时空分布并不均匀, 借换车需求存在差异, 这导致了一系列问题: 有些网点因为没有可用车辆而流失

部分用户,有些网点因为没有足够的专用车位而无法及时还车,还有一些车辆长时间闲置在需求较小的网点等。如果没有及时合理的调度,系统供需将持续失衡。

已有研究中,Susan A. Shaheen 等学者对世界范围内迅速增长的汽车共享做出总结及对比^[1]; David Fan 等学者研究了基于单程汽车共享需求不确定情况下的最优的汽车分配策略,建立多阶段随机线性规划模型并通过分层计算求解^[2]; William C. Jordan 等学者针对汽车分时租赁系统研究了车队规模及最优的车辆分配模型并运用网络近似法对其建立的动态随机线性规划模型求解^[3]。在理论基础层面,现有研究的空车调度优化基于相关的数学模型,但处于用户培育期的电动汽车分时租赁业务需求波动明显、影响因素的随机性大,传统模型在该情况下适用性较差。在调度的实现手段方面,目前主要靠运营公司人工调车的方法。这一方法受电动汽车续航里程的限制,并且响应需求时间较长,调度成本较高,局限性越来越明显。

在电动汽车分时租赁系统中,各网点间车辆资源的流动主要基于使用者的出行行为,使用者的每次出行实质上都是车辆的调动。基于该理念,为了对现存调度问题进行有效的优化,使有限的运输资源得到更加充分的利用,本文对电动汽车分时租赁激励调度系统进行了研究。激励调度系统的基本思想是让用户同时扮演出行者和调度员的角色,即通过一定额度激励引导用户对出行的路径和形式进行合理调整,将用户使用服务的过程转化为对车辆的有效调度,实现各个网点需求和供给的动态平衡,提高系统的用户体验与企业效益。

随着智能手机的普及,电动汽车分时租赁服务通过智能手机客户端的 APP 可以实现用户自助服务,高效方便,达到随取随用的效果。电动汽车分时租赁激励调度的每一步都与用户行为密切相关,基于智能手机客户端 APP 对系统进行深入研究和设计,实现与用户的有效交互,增强系统的可操作性,进一步促进理论策略的实际应用,促进电动汽车分时租赁的发展。

2 激励调度系统理论基础

面向用户出行取车、还车、拼车的全过程,激励调度系统应用“三阶段”激励调度策略对用户行为进行引导,如图 1 所示。激励取车策略在用户开始出行至到达取车点取车过程中实行,系统筛选周边合理范围内有车网点给予一定优惠引导用户至此取车完成出行;激励拼车策略在用户出行全过程中实行,系统筛选与用户出行路线近似的其他用户,给予双方一定额度优惠,激励两者拼车完成出行;激励还车策略在用户车辆使用的还车过程内实行,系统通过网点车辆需求情况给出该网点的还车优惠,吸引用户还车至有人无车的网点。

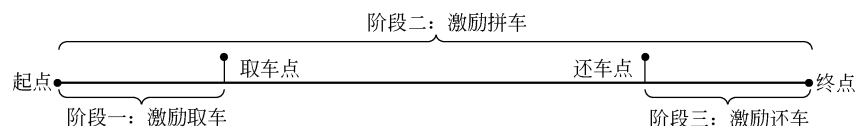


图1 “三阶段”激励调度策略示意图

为了提高用户对策略的接受程度同时保证公司运营收益,在确定优惠额度时,对于激励取车策略而言,以成本节约最大化为目标,同时考虑用户偏好,并以调车成本和用户的时间价值、接驳费用作为约束条件;激励拼车策略的优惠额度定价目标与取车相同,但需同时考虑折扣对拼车双方出行收益和用户偏好的影响;由于还车是用户的刚性需求,还车激励优惠额度主要根据各网点的性质,基于车辆和车位的历史数据和实时的需求情况进行合理的补贴。

在激励的具体实现形式上,多样化优惠方式有利于策略提高策略的实施效果。从企业的角度出发,一方面,以增强对用户的吸引力为目的,可提供考虑高端个性服务,如取还车优先、专人上门取还车等;为培养用户使用习惯,赠送可使用时长,同时也增加了系统使用需求;在绿色交通一体化的出行

理念下,可利用公共交通卡充值、免费使用公共自行车等形式作为奖励。另一方面,以提高激励策略经济性为目的,可与网点周边商圈合作,实现共享经济模式下资源信息的整合,作为发布平台将商圈的优惠提供给用户促进消费,既降低了企业的激励投入成本,又带动了网点区域经济共同发展,实现双赢。

科学的激励调度策略、合理的激励优惠额度与多样化的激励优惠手段,使得激励调度系统能够在提升企业效益的同时,提高系统的服务水平和用户满意程度,有利于该模式的推广与发展。

3 激励调度系统基本架构

基于 APP 的电动汽车分时租赁激励调度系统主要包括信息采集子系统、信息处理子系统、信息存储子系统、信息发布子系统和运营维护管理子系统,基本架构如图 2 所示。

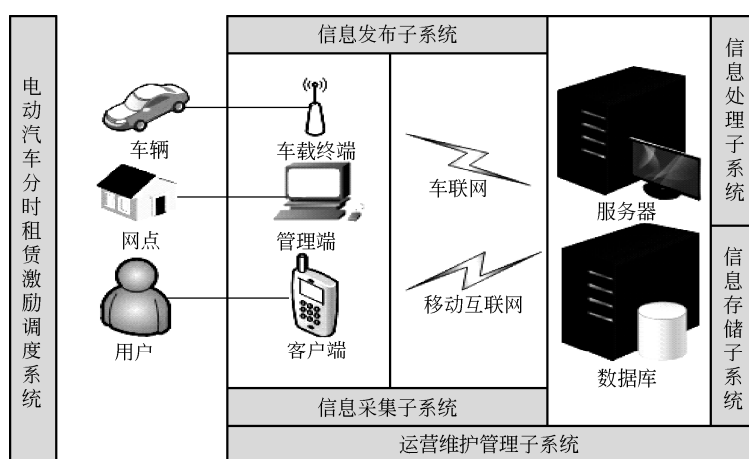


图2 电动汽车分时租赁激励调度系统基本架构

信息采集子系统通过车联网和移动互联网的相关技术,实现对电动汽车实时运行情况、分时租赁网点资源配置情况和用户服务信息的收集,并将相关信息录入系统。信息处理子系统对接收到的用户取车、还车、拼车等服务指令进行处理,并根据设置对当前情况进行激励策略的匹配和运算等。信息存储子系统对采集到的信息选择性地储存,为相关的数据处理提供支持。信息发布子系统将网点、车辆和用户服务的各项信息更新展现在客户端相关界面,包括对用户出行的激励引导等,同时该子系统还需完成服务指令在车辆和网点间的发布。

4 激励调度系统客户端功能模块设计

电动汽车和分时租赁激励调度系统的客户端主要分为四大功能模块,分别是取车预约模块、还车预约模块、动态拼车模块、用户中心模块。客户端的功能结构设计如图 3 所示。

4.1 取车预约模块设计

取车预约模块主要功能为实现用户的自助预约取车,达到随取随用的效果,方便用户出行安排。

在取车界面,用户可通过搜索网点或 GPS 来定位取车期望位置,客户端将显示周边各网点车辆情况(图 4(a))。当用户选择有车网点时,客户端显示预约界面(图 4(b))。预约界面中需要用户输入的相关信息,包含目的地、乘坐人数和是否接受拼车。提供目的地和乘坐人数的信息可使系统智能估算出行里程和耗电情况,为用户推荐电量充足的车辆,一般情况下考虑到预约流程简约化的需求,为

用户选填的信息，但若用户选择出行中接受其他用户加入拼车，由于系统匹配拼车用户及计算激励程度的需要，这两项则为必填信息。该方案针对需求进行了分层，有效服务不同用户。信息输入完毕，选择车辆后提交预约，系统为用户锁定车辆，客户端提示预约成功后（图4（c）），在规定时间内限制内到达网点即可成功取车，超时则预约取消。

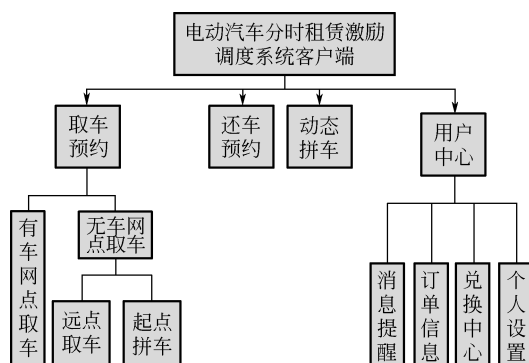


图3 电动汽车分时租赁激励调度系统客户端功能结构

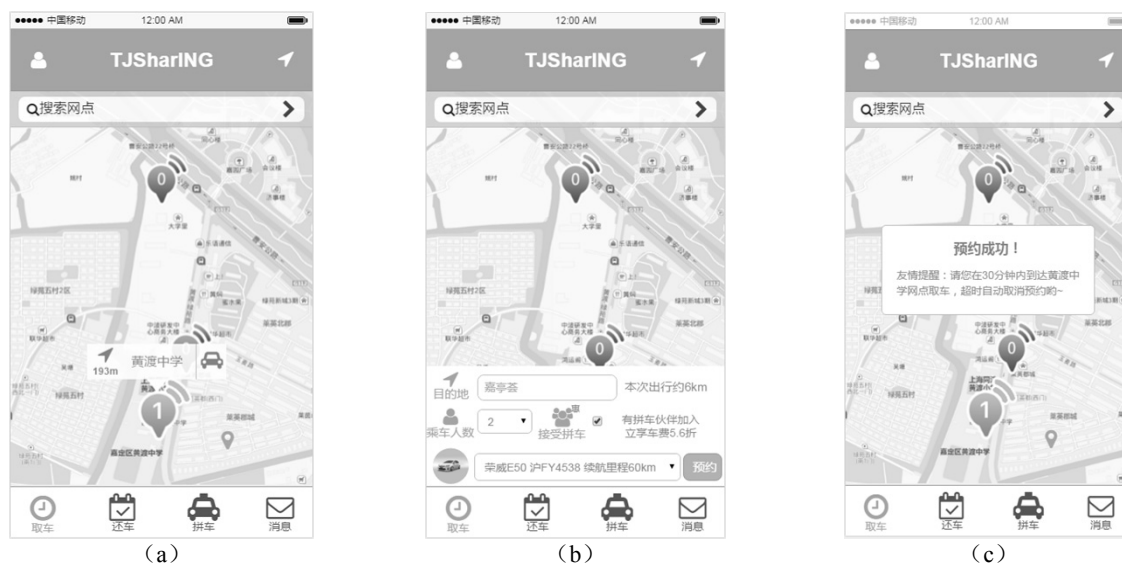


图4 取车预约客户端界面

当用户GPS定位显示目前周边距离最近的理想取车网点无车时，选择该类无车网点，客户端显示激励提示界面，有远点取车和取车点拼车两种模式供用户选择（图5（a））。

（1）远点取车即引导用户到周边较远的有车网点取车，在该模式下，系统根据用户到达较远网点的可接受出行时间等条件筛选，得到周边的激励取车网点以相应的优惠力度（图5（b）），通过客户端发布显示。用户选择激励网点后，预约流程同有车网点。预约成功后，此处规定取车时间为原有限制时间加上智能估算远点取车所增加的行程时间。

（2）取车点拼车即引导用户与该理想取车网点其他预约用户拼车完成出行，在该模式下，客户端界面中用户输入目的地和乘坐人数，提交拼车请求。系统对该网点当前已预约车辆但仍未取车的用户进行筛选，具体条件包括：①预约取车时选择接受拼车②本次出行双方路径重合度达到系统要求，如80%③剩余空座数满足需求④用户之间设置的拼车对象条件匹配；筛选后，系统将符合条件的拼车用户出行目的地、最晚取车时间和经计算得到的本次拼车价格反馈到客户端展示给用户选择（图5（c）），

选定后系统向对方客户端发送拼车的相关信息,若对方同意拼车,系统将拼车对象联系信息发送至客户端,提示拼车成功并从用户账户扣除拼车费用。若经筛选无符合条件拼车用户或对方不同意,则系统反馈给用户客户端提示拼车失败。无人响应时,用户可自行取消发送拼车请求。



图5 激励取车客户端界面

4.2 还车预约模块设计

还车预约模块的主要功能为实现用户的自助预约还车,通过提供车位信息,避免了信息不流通导致的还车难,方便用户的同时实现了资源的节约。

在还车界面,已借出车辆的用户定位当前位置或搜索目的地,客户端将显示周边各网点的实时车位信息(图6)。根据网点车位和车辆的需求情况,系统经计算确定各网点是否实施激励,实施激励的网点将会在客户端向用户展示其优惠力度以吸引目的地在周边的用户预约还车。用户在规定时间内到达网点还车即可,超时则预约取消。还车后系统从用户账户扣除本次出行费用。



图6 还车预约客户端界面



(a)



(b)

图7 动态拼车客户端界面

4.3 动态拼车模块设计

动态拼车模块主要功能是为用户出行提供实时拼车的途径，提高车辆的利用效率，同时使用户在不方便自主借还车时同样享受到分时租赁带来的便利。

在拼车界面，用户定位当前位置，输入拼车服务相关信息，包括目的地、乘车人数、是否接受其他用户继续加入拼车以及可接受等待时间，系统通过计算得到拼车价格并通过客户端显示（图 7（a））。用户确定发送拼车请求后，系统对拼车司机进行筛选，除了包括取车点拼车时的各项条件，还增加了当前位置行驶到拼车乘客位置的估算时间不超过其设置的可接受等待时间的要求。系统向符合条件的拼车司机的客户端发送拼车请求详细信息、优惠情况以及可能的绕行时间等（图 7（b））。当系统得到拼车司机同意拼车的反馈时，取消向其他符合条件的用户发送拼车请求，并将联系信息和位置信息发送至对方客户端。无人响应时，用户可自行取消拼车服务请求。

4.4 用户中心模块设计

用户中心模块又分为四个子功能模块：消息提醒子功能为用户提示相关的拼车消息并处理（图 8（a）），实现用户和系统在拼车问题上的反馈互动；订单信息子功能为用户提供各类订单的生成时间、订单状态、订单类型、出行费用等相关信息（图 8（b））；兑换中心子功能为用户提供响应激励获得的优惠信息详情（图 8（c）），并可供用户自由选择优惠形式进行兑换；个人设置子功能是用户对系统个人信息和拼车信息相关问题的设置平台，供用户核查个人信息以及设置拼车对象筛选条件。



图 8 用户中心客户端界面

(1) 优惠兑换系统

当用户响应激励策略时，会获得相应额度的优惠奖励，以提高积极性与参与度。对于未兑换的优惠机会，通过兑换中心子功能，可单次或多次累加进行兑换，累加多次机会相应的奖励价值也会增加。兑换中心为用户提供等价值多种优惠方式（图 9（a））。选择相应形式确认兑换后，系统会将优惠分配至用户账户，呈现在客户端兑换中心相应界面中（图 9（c））。用户选择网点周边购物优惠这种形式时，通过定位或输入位置信息，获取周边店铺的优惠详情，选择并进行兑换（图 9（b））。

(2) 拼车对象筛选系统

用户注册时需提供身份证信息和驾驶证信息，性别、年龄、驾龄等信息会经过系统的审查（图 10（a））。

个人设置子功能中拼车设置可实现设置拼车对象筛选条件，如作为拼车司机，对乘客的性别、年龄要求，或作为拼车乘客，对司机的性别、驾龄的要求等，可根据用户的需求随时更改（图 10（b））。个人设置功能是系统为用户在使用拼车相关服务时匹配对象的依据，充分考虑拼车过程中人们的心理特点和需求。



图 9 用户自主兑换优惠客户端界面



图 10 拼车对象筛选客户端界面

4.5 其他细节功能设计

为使用户获得良好的体验，在系统设计时充分考虑了细节功能的完善，使得系统更加人性化，获得用户的支持响应，为系统的运行效果提供保障。

(1) “电动汽车+公共自行车”绿色出行链

电动汽车分时租赁和公共自行车均是绿色共享交通的重要组成部分，将二者的网点结合建设，可实现绿色出行一体化。对激励调度系统而言，公共自行车既为激励用户到较远点取车提供了方便有效

的接驳方式，同时免费使用公共自行车也是一种极具吸引力的优惠方式。

(2) 智能导航

智能导航功能可为用户在客户端提供语音或屏幕导航，方便用户到达网点，用户可自主选择使用。其实用性强，对激励调度系统中具体激励的实施也起到了促进作用。例如，在远点取车时，用户在选择较远取车点后，系统会根据用户与取车点的位置情况，根据可接受出行时间，为用户主动推荐合适的出行方式和路径供用户参考（图 11（a）），用户可在客户端远点取车预约界面直接选择相应方式，添加到智能导航中随时调用（图 11（b）），减少因为不熟悉路线而拒绝响应激励的情况；在接受动态拼车请求后，拼车司机可利用智能导航选择最优路径到拼车乘客的位置，减少等待与绕行时间，同时语音导航的模式又保障了行车的安全。

(3) 用户个性化推荐

系统通过对用户历史数据的搜集，可以在不同问题上针对用户的使用习惯和特点进行个性化的推荐，方便用户的选择。例如，用户响应激励策略得到优惠后，系统在提示成功时，客户端会显示出该用户选择率高的优惠形式供其直接选择（图 11（c）），可节省自主兑换花费的时间；在智能导航推荐路线时，会优先显示用户常用的出行方式等。个性化的推荐结果使系统更加用户友好，是完善服务必不可少的一项功能。

(4) 会员积分制度

系统通过对用户的预约超时情况、车辆使用情况、服务使用次数、对激励的响应次数等相关行为进行统计，转换成相应的积分和会员等级。会员等级越高，享受的优惠与奖励也会提高。科学的积分制度，可以活跃用户群体，调动用户的使用积极性，增加服务的使用次数，以及对激励的接受程度，同时规范用户的使用行为，减少无效预约等现象，使系统资源得到更充分的利用，使企业效益得到提升。



图 11 细节功能客户端界面

5 激励调度系统实用性分析

为验证电动汽车分时租赁激励调度系统的实用性及可行性，本项目通过问卷调查得到 289 份有效问卷，通过对问卷数据分析可得：用户对现有电动汽车分时租赁系统满意度较低，而各阶段激励调度策略均可显著提升用户满意程度。在各阶段对于用户出行的引导，在没有激励优惠奖励的情况下，策

略引导的合理性是被人们所认同的,但接受比例相对较低;加入激励优惠奖励后,接受度都有较为显著的提升,可见具体激励手段可提高用户对相应策略响应的积极性,有助于培养用户的使用习惯。

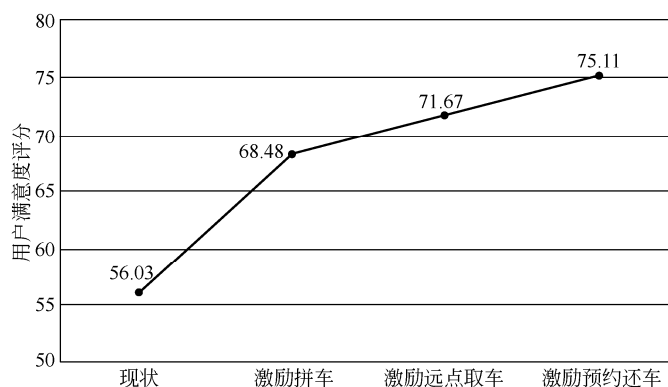


图 12 用户满意评分情况

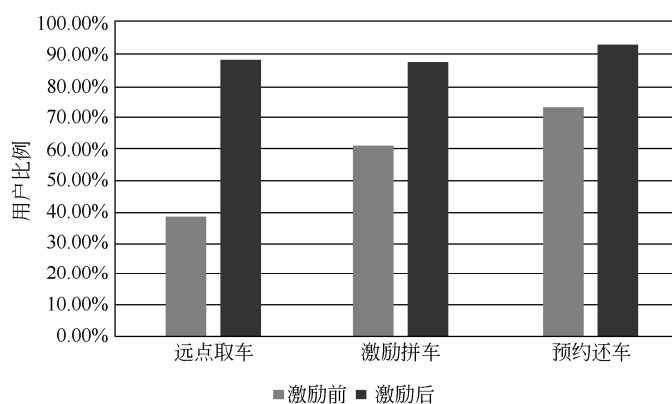


图 13 激励前后用户接受比例情况

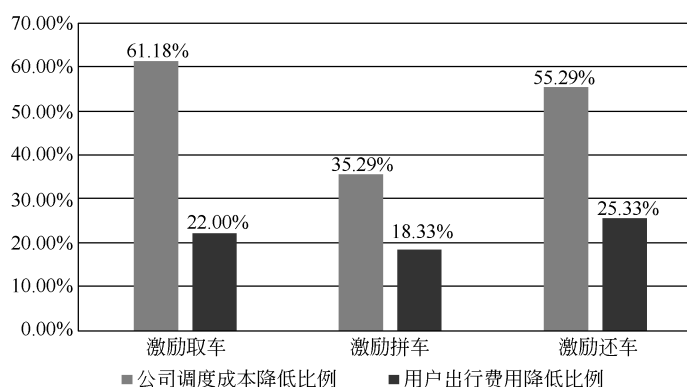


图 14 激励前后公司调度成本和用户出行费用情况

假设用户从同济大学嘉定校区到四平校区的一次出行需花费 60 分钟,综合考虑各激励调度策略所对应的激励额度计算相关因素,给出合理的优惠定价,在此基础上进行算例分析,结果如图 14 所示。当用户出行的理想取车点即嘉定校区网点无车时,通过激励取车和激励拼车策略,与传统调度模式相比,可实现公司调度成本以及用户出行费用的降低。当用户出行的目的地周边存在调度需求时,通过激励该用户还车至指定网点,与传统调度相比同样可实现上述两个低优指标的明显下降。同时,传统调度存在一定时间的滞后性,激励调度系统能够实时感知用户的需求,及时进行激励响应,有效降低

了等待过程中可能流失的用户比例。

综上可知,激励调度系统各阶段策略能够被用户广泛接受,有效提升系统用户体验,同时也降低了企业调度成本,具有较强实用性。

6 结语

随着电动汽车分时租赁的快速发展,调度的优化在系统的运营中越来越重要。激励调度系统为传统的调度提供了新的解决思路,利用目前较为普及的智能手机客户端来实现对用户出行的引导激励,在解决调度问题的同时,降低了用户的出行费用,进一步促进了使用群体的培养,提升了用户服务水平,同时推动电动汽车分时租赁系统的发展,具有较高的应用价值。在实际使用过程中,可对用户的相关累计历史数据进行挖掘,使不同人群的激励策略更加个性化,符合用户习惯,提高激励的成功率。

参考文献

- [1] Shaheen S. A., Cohen A.P. Worldwide Carsharing Growth: An International Comparison [J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2008, 1992 (458718).
- [2] Fan, Wei. Optimizing Strategic Allocation of Vehicles for One-Way Car-sharing Systems Under Demand Uncertainty [C]. Journal of the Transportation Research Forum. Transportation Research Forum, 2014.
- [3] Beaujon G.J. A Model for Fleet Sizing and Vehicle Allocation [J]. Transportation Science, 1991, 25 (1): 19-45.
- [4] Barth M. Simulation Model Performance Analysis of a Multiple Station Shared Vehicle System, Transportation Research, Part C [J]. Emerging Technologies, 1999, 7 (4): 237-259.
- [5] 汪鸣泉. 纯电动汽车共享推广可行性研究 [J]. 交通与运输 (学术版), 2013 (z1): 145-147.
- [6] 任美林, 樊春燕. 浅析电动汽车的分时租赁商业模式 [A]. 科技与创新, 2015 (22): 13-14.