

分类居住区夜间停车供需诱增关系研究

吴娇蓉¹, 林子阳²

(1. 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室, 同济大学城市交通研究院, 上海 201804; 2. 厦门交通研究中心, 福建厦门 361000)

摘要: 居住区夜间停车困难已成为很多城市的巨大困扰。由于不同类型居住区停车供给对需求的刺激水平不一, 增加停车供给带来的效果差异较大。而目前停车配建标准给出的分类指标和方法难以支持停车供需诱增关系定量研究。基于上海市中心城区790个居住区夜间停车普查和居民出行意愿调查数据, 研究短期内影响居住区停车供需诱增的关键建成环境指标, 包括建成年份和户均面积。开展基于居住区建成环境指标的停车需求增长概率分析, 得出关键控制指标对停车需求诱增的敏感性。采用车均停车缺口、公共交通可达性、房价、停车位供需诱增率、停车位增容可能性五个指标, 建立购车意愿模型, 分析指标的显著性。针对不同建成年份的居住区, 提出面向精细化停车位供给策略的居住区分类方法和差别化停车管理策略。

关键词: 居住区分类; 夜间停车; 供需诱增关系; 建成环境指标; 上海市

Supply-Demand Inducing Relationship of Night Parking in Classified Residential Areas

Wu Jiaorong¹, Lin Ziyang²

(1.Key Laboratory of Road and Transportation Engineering of Ministry of Education, Urban Mobility Institution, Tongji University, Shanghai 201804, China; 2.Xiamen Transportation Research Center, Xiamen Fujian 361000, China)

Abstract: Night parking problems in urban residential areas has become a great problem in many cities. Due to different stimulation levels of parking demand for different types of residential areas, the effects of increasing parking supply are quite different. However, the existing classification indicators and methods of parking construction standards are difficult to support the quantitative research on the relationship between parking supply and demand. Based on the parking survey data and residents' travel intention of 790 residential districts in central Shanghai at night, this paper discusses the critical build-up environmental indicators, including completion year and average household area, which affect the parking supply and demand in residential areas in the short term. Based on the probability analysis of parking demand growth based on the built-up environment indicators of residential areas, the paper analyzes the sensitivity of key control indicators to parking demand inducement. Using five indicators, namely parking space shortage, public transit accessibility, housing price, induced increase rate of parking space supply and demand, and possibility of parking space expansion, the paper develops a car purchase intention model to analyze the significance of the indicators. According to the residential area built in different years, the paper proposes classification method and differentiated parking management strategies.

Keywords: residential area classification; night parking; supply-demand inducing relationship; built-up environment indicators; Shanghai

收稿日期: 2019-03-02

基金项目: 国家自然科学基金“城市交通治理现代化理论研究”(71734004)

作者简介: 吴娇蓉(1973—), 女, 上海人, 博士, 教授, 主要研究方向: 交通运输规划与管理。

E-mail: wjrshtj@163.com

0 引言

由于近年来居民小汽车拥有水平不断提

升, 居住区停车困难而造成的乱停乱放, 已成为很多城市的巨大困扰。停车需求可以分为基本需求和弹性需求。本文所指的居住区

夜间停车需求属于基本需求,具有刚性,一般通过居住区配建停车位来满足,约占总停车需求的70%~80%^[1-2]。政府及规划部门往往希望通过增加居住区停车供给解决夜间停车问题。但在实践中发现,由于不同类型居住区停车供给对需求的刺激水平不一,增加停车供给带来的效果差异较大^[3-5]。以美国奥克兰市为例,不同停车管理措施对不同地区的需求刺激量有近20%的差别^[6]。2012—2017年,上海市对停车紧张的居住区进行了停车位挖掘补增,部分居住区停车困难状况有所缓解,而另一部分却呈现加重态势。当某类居住区的居民停车需求对供给敏感时,增加停车供给会刺激更多的停车需求^[7-8],加剧供需矛盾。

因此,面向精细化居住区停车管理,需要考虑的问题很多,例如影响居住区夜间停车需求的各类因素以及敏感性,城市交通发展战略,不同分类居住区的停车供需诱增规律等。本文面对各类居住区挖潜余地越来越少的实际情况,聚焦短期内各类居住区自身停车供给条件及建成区环境差异引起的停车供需诱增变化研究。这些研究结合了政府管理部门五年停车管理行动计划要求,并假定短期内城市交通发展战略及小汽车拥有政策保持稳定,以此控制一部分刺激停车需求的外部影响因素。

梳理全国各城市的“停车设施配建指标”可知,居住区的停车设施配建指标通常按照居住区所处区位、建成年份、住房性质、平均户型面积(以下简称“户均面积”)分别给出规划建议^[9-11]。该居住区分类方法可以反映不同居住区停车供给水平,但是否支持停车供需诱增关系定量研究尚不明确。另一方面,目前常用的描述居住区停车供需关系的主要指标为居住区供给(户均停车位、车均停车位)及需求(户均需求、夜间需求)两类,这两类指标能较好地描述某一居住区在某一时间点的停车状态^[12-13],但难以描述其变化关系。

本文结合上海市790个居住区2012年和2017年的停车普查数据、居民出行意愿调查数据,研究居住区停车位日趋紧张情况下,影响居住区停车供需诱增的关键居住区建成环境指标,如居住区公共交通服务水平^[14]、停车服务水平^[15]、周边用地开发程度^[16-17]等,分析关键指标对停车需求诱增的敏感性;在研究中加入时间跨度的供需类指标,

如“供给增速”“需求增速”“供需增速比”等,通过建模揭示分类居住区停车供需诱增规律;为不同建成年份、不同类型居住区的精细化停车管理施策提供依据。

1 居住区夜间停车供需关系变化分析

1.1 数据来源

本文的数据来源主要有以下三部分:

1) 基于停车普查的居住区夜间停放供需数据。与各居住区居委会联合调查,获取790个居住区基本建成数据(包括区位、建成年份、住房性质等),2012年和2017年的停车设施建设情况(包括地面停车位、立体停车位、新能源车停车位等)、夜间实际停放车辆数(包括居住区内停在划定或没有划定停车位区域的所有车辆)。2017年,790个居住区包含38万户、108万人,夜间停车数量11.6万辆。

2) 基于网络平台数据接口的区位信息。结合ArcGIS平台和电子地图API获取了790个居住区的地理区位信息、周边兴趣点、用地情况以及周边公共交通车站、线网数据。

3) 居民意愿调查。对居住区按照建成年份分类后,进行随机抽样,开展居民购车、用车意愿调查,发放1206份问卷,回收有效问卷1100份。在进行交通调查时,样本量的确定并非主要取决于总量,而是与即将测量的参数在全样本中的变异性及每个参数估测的精度要求相关^[18]。按样本公式计算,如果概率误差在 ± 0.05 以内($\Delta p = 0.05$)的概率为95%($t_{\alpha/2} = 1.96$),有效样本量应大于384份。因而本文1100份样本可满足建模需求。

1.2 居住区供给

梳理上海市1993版、2006版、2014版停车配建指标可以发现,由于建筑成本、用地限制等关系,居住区一般按规范最低配建值进行配建。随着时间推移,停车位日渐紧张。2012—2017年经过多轮挖掘工作,上海市中心城区各类居住区停车位均有一定增加(见表1)。

可以看出,2012年各类居住区停车供给水平基本达到配建要求的最低水平。2017年停车供给增幅 $\geq 10\%$ 的居住区主要是2014年以前建成的户均建筑面积小于 100 m^2 的居住

区。这部分居住区经过多轮挖掘，如今已无多余停车空间可用。户均建筑面积大于120 m² (2006年以前建成的)、户均建筑面积大于150 m²或别墅(2006年后建成的)居住区，2017年停车供给增幅小，不超过2%。

1.3 夜间停放需求

本文的夜间停放需求指居住区夜间实际停车数量。考虑到可比性，采用每户需求量指标(居住区停车总需求量与总户数的比值)进行比较。2014年之前建成、户均建筑面积小于100 m²的居住区停车需求增幅大于14%；2006年后建成、户均建筑面积大于150 m²或别墅的居住区停车需求增幅较小，不超过6%(见表1)。2014年实施新配建标准后，各类居住区停车需求增幅为1%~3%，只有经济适用房停车需求增幅达5%。值得注意的是，各类居住区停车位供给挖潜后的

供给增加率与各类居住区夜间停车需求增加率呈非线性规律。在制定五年停车管理行动计划时，面对部分居住区已无停车空间、部分居住区还有一些可挖潜停车空间的实际情况，需要首先明晰分类居住区供需诱增关系，然后针对性给出停车管理引导方向，实现精细化居住区停车管理。

2 现有居住区分类指标对停车供需诱增分析的支持度

2.1 现有分类指标整理

汇总1993版、2006版、2014版停车配建指标可以看出，居住区的分类指标主要包括建成年份、区位、户均面积和居住区性质；2014年后，区分为商品房、经济适用房、公共租赁住房。

由于790个居住区主要分布于内外环线

表1 上海市中心城区2012—2017年各类居住区停车位供给和需求

Tab.1 Supply and demand of parking spaces in various residential areas in central Shanghai from 2012 to 2017

居住区建成年份	分类因素一	分类因素二	最低配建要求/(个·户 ⁻¹)	2012年配建数/(个·户 ⁻¹)	2017年供给数/(个·户 ⁻¹)	供给增加率/%	2012年需求量/(个·户 ⁻¹)	2017年需求量/(个·户 ⁻¹)	需求增加率/%
2006年以前 (参照1993年指标)	全市范围	户均面积≥150 m ² 或别墅	1.00	1.03	1.05	2	0.28	0.32	14
		120 m ² ≤户均面积<150 m ²	0.50	0.51	0.52	2	0.36	0.38	6
		100 m ² ≤户均面积<120 m ²	0.25	0.26	0.28	8	0.27	0.31	15
		80 m ² ≤户均面积<100 m ²	0.10	0.11	0.13	18	0.23	0.27	17
		户均面积<80 m ²	0.05	0.08	0.10	25	0.22	0.26	18
2007—2014年 (参照2006年指标)	内环线以内	户均面积>150 m ² 或别墅	0.80	0.81	0.83	2	0.84	0.87	4
		100 m ² ≤户均面积<150 m ²	0.50	0.53	0.60	13	0.65	0.76	17
		户均面积<100 m ²	0.30	0.31	0.34	10	0.55	0.59	7
	内外环线之间	户均面积>150 m ² 或别墅	1.00	1.01	1.05	4	1.02	1.08	6
		100 m ² ≤户均面积<150 m ²	0.60	0.65	0.71	9	0.66	0.75	14
2015年以后 (参照2014年指标)	一类区	户均面积<100 m ²	0.40	0.42	0.46	10	0.27	0.33	22
		户均面积≥140 m ² 或别墅	1.20	1.21	1.21	0	1.05	1.06	1
		90 m ² ≤户均面积<140 m ²	1.00	1.05	1.08	3	1.01	1.03	2
	二类区 (内外环线之间)	户均面积<90 m ²	0.80	0.86	0.91	6	0.80	0.84	5
		经济适用房	0.50	0.59	0.63	7	0.55	0.58	5
		公共租赁住房	0.30	0.45	0.47	4	0.35	0.37	6
		户均面积≥140 m ² 或别墅	1.40	1.41	1.41	0	1.35	1.36	1
		90 m ² ≤户均面积<140 m ²	1.10	1.12	1.16	4	1.05	1.08	3
		户均面积<90 m ²	0.90	0.95	0.98	3	0.93	0.95	2
	经济适用房	0.60	0.63	0.67	6	0.61	0.64	5	
	公共租赁住房	0.40	0.45	0.47	4	0.38	0.39	3	

之间，且在2014年后建成的经济适用房、公共租赁房也较少(二者共占研究对象总量的2.5%，不具代表性)，因此，在进行居住区分类时暂不考虑区位和居住区性质。下文主要讨论建成年份和户均面积这两个分类指标。

建成年份依照停车配建指标的颁布年份分为1993年以前、1993—2006年、2007—2014年、2015年以后四类；三版停车配建指标中户均面积分类较细，为便于讨论，对户均面积区间进行合并得到表2的四类。

2.2 停车供需诱增分析

对790个居住区进行排查，筛选出人口流动性较小且2012年、2017年间居民户数变化小于5%的680个居住区作为分析样本。根据建成年份和户均面积，对居住区单位停车位供需诱增率(即停车需求增量与停车位增量的比值)进行统计分析(见表3)。

采用建成年份分析停车位供需诱增率的区分度较高，分类中心明显(见图1a)。1993—2006年建成的居住区，1个单位的供给增长能刺激接近2个单位的停车需求；而2015年之后建成的居住区，由于停车供给尚能满足需求，1个单位供给增长将刺激出不满1个单位的停车需求。

户均面积与停车位供需诱增率之间缺乏明显规律(见图1b)。为了检验二者的关系，将户均面积等级由低到高转化为有序分类变量，与停车位供需诱增率进行斯皮尔曼相关性分析，显著性为0.26，相关性为0.462。可见，户均面积指标在当下的环境中并不能很好地描述居住区的停车紧缺水平。

综上，建成年份指标在描述居住区停车位供需诱增关系时较为有效，但仅用该项指标来支持停车供需诱增定量分析，仍略显不足。

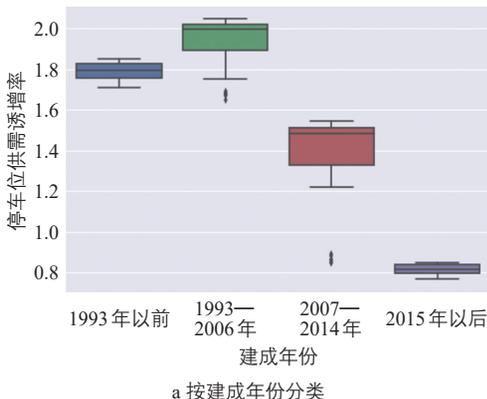


图1 单位停车供给诱增的停车需求

Fig.1 Parking demand induced by unit parking supply

3 居住区建成环境指标与停车供需诱增关系

停车供需诱增关系的影响因素非常多，必须假定一部分影响因素短期内不发生变化，例如城市交通发展战略不变，短期内城市小汽车拥有政策保持稳定。下文面向政府管理部门五年停车管理行动计划要求，聚焦短期内可能发生变化的居住区建成环境指标与停车供需诱增关系研究。居住区建成环境指标包括居住区建成特性(停车位数量、土地成本、容积率、地块面积、入住率、住宅类型)、公共交通环境(公共汽车和轨道交通的车站布局、线网配置等)、现状停车需求情况等。通过Logit模型对所有变量进行初筛，同时通过相关性检验排除变量之间的共线性问题。针对居住区停车供给紧张程度、公共交通可达性及地块经济价值的差异，开

表2 合并后的居住区户均面积分类

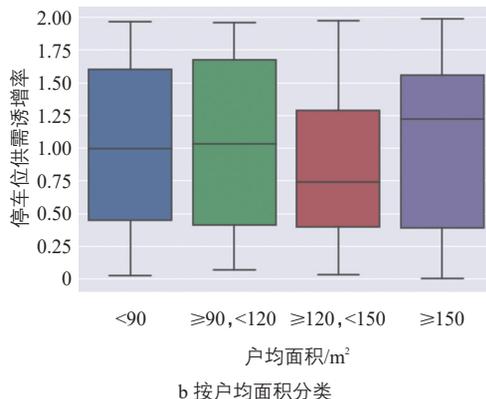
Tab.2 Classification of per capital area of residential areas after merger

户均面积/m ²	<90	≥90, <120	≥120, <150	≥150	小计
居住区个数/个	433	154	131	72	790
比例/%	54.8	19.5	16.6	9.1	100

表3 不同建成年份居住区停车位供需诱增率

Tab.3 Induced increase rate of parking supply and demand in residential areas in different built years

建成年份	户均面积/m ²			
	<90	≥90, <120	≥120, <150	≥150
1993年以前	1.86	1.78	1.81	1.75
1993—2006年	1.96	2.02	2.12	1.96
2007—2014年	1.51	1.62	1.55	1.61
2015年以后	0.76	0.86	0.88	0.91



b 按户均面积分类

展与居住区停车供需诱增关系研究。

3.1 停车供给紧张程度

3.1.1 指标选择

描述居住区停车供给紧张程度的主要指标有：1)户均停车缺口=(停车总需求-停车位总量)/总户数；2)户均停车需求=停车总需求/总户数；3)车均停车缺口=(停车总需求-停车位总量)/停车总需求。

为了探寻居民停车难度与三类指标的关系，在进行居住区停车普查时，对居民感知的停车难度进行抽样问卷调查。将居民感知的停车难度划分为“困难”“一般”“不困难”三级，计算每个居住区问卷中“困难”一级的选择比例，并与每个居住区的停车紧缺描述指标情况进行相关性检验(见表4)。车

表4 居民停车困难感知与停车紧张程度指标相关性

Tab.4 Correlation between residents' perception of parking difficulty and parking tension

居民停车困难感知	显著性(双侧)	Pearson相关性
户均停车缺口	0.010	0.482
户均停车需求	0.015	0.434
车均停车缺口	0.002	0.852

表5 车均停车缺口与购车意愿聚类分析

Tab.5 Cluster analysis of average parking space shortage rate and car purchase intention

变量	聚类中心	
	类别1	类别2
车均停车缺口	<0.38	>0.40
购车意愿	>0.26	<0.25

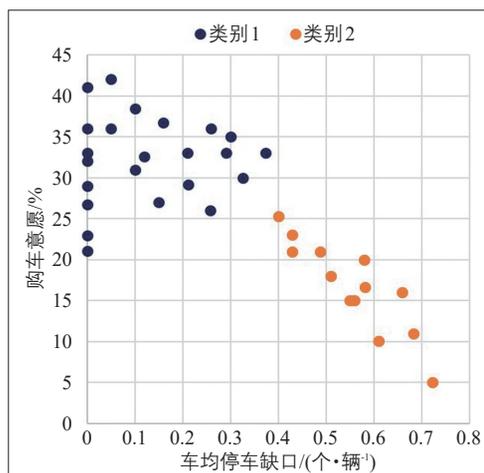


图2 车均停车缺口与购车意愿分类

Fig.2 Classification of average parking space shortage rate and car purchase intention

均停车缺口这一指标对居民感知的“停车难”在显著性和相关性上均较高，说明用车均停车缺口指标能较好地反映居民停车困难感受。

3.1.2 紧张程度分级

由于夜间停车需求与居民购车意愿有密切关系，在抽样普查中发现，不同车均停车缺口下的购车意愿有所区别。因此，通过对车均停车缺口和购车意愿的K-means聚类分析，对居住区停车紧张程度进行分级(见表5)。根据车均停车缺口和购车意愿将居住区先分成两类：第一类居住区车均停车缺口小于0.38个·辆⁻¹，希望购车的居民占调查居民数的26%以上；第二类居住区车均停车缺口大于0.40个·辆⁻¹，购车意愿小于25%(见图2)。

对居住区车均停车缺口与停车位供需诱增率之间进行皮尔森检验。结果表明二者有较好的相关性(0.786)和显著性(0.015)。

3.2 居住区公共交通可达性

单一车站的公共交通可达性计算模型主要有空间阻隔模型、机会累计模型、效用模型、空间相互作用模型^[19-20]。其中空间相互作用模型将交通系统与土地开发相结合，既能反映个体获得活动机会的能力，也能体现出行成本的作用。本文采用基于空间相互作用的可达性模型不仅考虑了公共交通系统出行成本，同时考虑了一定出行成本内乘客可获得机会数量对区域公共交通可达性的影响，而且增加了区域公共交通出行时间有限性和可达地点间的可行路径数量对居住区或地点可达性的影响。

居民常用的公共交通方式有轨道交通和公共汽车。通过时间指标对具体的车站可达性进行计算。本文基于高德地图应用程序编程接口(API)二次开发，获取了790个居住区周边22个轨道交通车站和395个公共汽车站的坐标及其两两之间“站到站”时间，共86 736条时间对数据，形成车站可达时间OD矩阵。最后通过某个车站到其他所有车站所需时间的平均值来反映车站可达性。可达性模型为

$$A_i = \sum_{C_{ij} < C_i} O_j \times C_{ij}^\beta, \quad (1)$$

$$A_w = \sum A_i, \quad (2)$$

式中： A_i 为第*i*个车站的可达性指标； A_w 为第*W*个居住区的可达性指标总和； C_{ij} 为车站*i*和车站*j*间的出行时间/min； C_i 为车站*i*对各车站的公共交通可达时间上限阈值/min，在本文中定为50 min； O_j 为车站*i*和

车站 j 之间的可行公共交通路径数, 即通过该车站的公共交通线路条数/条; β 为车站间出行时间 C_{ij} 的衰减系数。

对每个居住区进行可达性评分, 通过中心化方法归为 0~10 分的无量纲评分, 计算方法为

$$y_i = 10 \times \frac{x_i - \min\{X\}}{\max\{X\} - \min\{X\}}, \quad (3)$$

式中: y_i 为转换后数值; x_i 为转换前数值 (即采用公式(1)和(2)计算出的居住区可达性); X 为需要转换数列。计算结果如表 6 所示。

在公共交通可达性评价的基础上, 对居住区公共交通可达性评分与停车位供需诱增率之间进行皮尔森检验。二者有较好的相关性(-0.864)和显著性(0.01), 且呈负相关趋势, 即公共交通可达性评分越高, 减缓停车需求增长的趋势越明显。

3.3 居住区地块经济价值

房地产价格是土地价值、地上建筑物及其相关权益价值的货币表现, 大批学者通过模型、实证研究^[21-22]等方法说明: 住宅价格预期能够较好地反映该地块价值。而地块经济价值与居住停车行为之间有一定相关性, 停车政策会影响地块经济价值^[23]。本文通过安居客、链家等房地产网站, 爬取该地区房屋销售均价(以下简称“房价”)(见表 7), 作为该居住区地块经济价值的体现。皮尔森检验显示, 房价与停车位供需诱增率之间有良好的相关性(0.773)和显著性(0.02), 且呈现正相关趋势, 即居住区房价高有促进停车需求增长的趋势。

3.4 家庭收入

三年间共跟踪了 35 个居住区的收入情况。对比受调查居住区 2012 年、2017 年、2020 年各收入区段户数比例, 并抽取居住区进行研究。可以发现杨浦区有调查居住区整体上家庭收入结构变化不大(如图 3 所示), 说明居民收入情况相对稳定。通过相关性评价发现其与停车位供需诱增率之间有一定相关性(0.773)和显著性(0.02), 可以作为研究变量。

3.5 指标相关性检验

为了避免出现分类共线性问题, 对公共交通可达性、车均停车缺口、房价、家庭收入四个指标两两之间进行显著性检验(见表

8)。除了房价与家庭收入之外, 其他 5 组指标不存在强相关性, 不会出现分类共线性问题。由于房价能够更客观地反映居住区所处地块价值, 因此选取房价作为指标。

综上所述, 选取车均停车缺口、公共交通可达性、房价三个指标作为居住区分类标准, 能够有效地对居住区停车供需状况进行分类。

4 分类居住区停车供需诱增规律及差别化管理策略

4.1 基于居住区建成环境指标的停车需求增长概率分析

在停车拥有政策和城市交通发展战略短期不变条件下, 建立基于居住区建成环境指标的停车需求增长分析模型, 模型中采用居民购车意愿表示停车需求增长概率, 分别以“建成年份”“车均停车缺口”“公共交通可达性”“房价”为自变量, 以居民“是否放弃购车”为因变量对居住区建立多元 Logit 模型。为了方便建模, 将不同居住区的车均停车缺口、公共交通可达性、房价进行归一化处理, 得到表 9。

按照建成年份, 建立 Logit 模型, 购车意愿模型参数如表 10 所示, 可以得出如下结论:

表 6 部分居住区公共交通可达性评价结果

Tab.6 Public transit accessibility of several communities

居住区名称	公共汽车站/个	换乘站/个	轨道交通车站/个	可达性评分
双喜家园	3	0	1	4.1
康阳小区	6	2	1	8.6
景江公寓	2	2	0	3.6
保利香槟苑	2	1	1	4.1
五金江浦楼	1	1	0	1.8
嘉禄公寓	1	1	1	3.2

表 7 部分居住区房屋销售均价

Tab.7 Average selling price of several communities

居住区名称	X 坐标	Y 坐标	房价/(万元·m ²)
双喜家园	121.528666	31.255952	5.56
康阳小区	121.521182	31.266519	4.56
景江公寓	121.526321	31.263078	8.62
保利香槟苑	121.523194	31.258235	8.22
五金江浦楼	121.527184	31.256070	6.75
嘉禄公寓	121.516642	31.261837	6.66

1) 车均停车缺口、公共交通可达性、房价三个指标对居民放弃购车意愿整体呈现显著影响，侧面验证了建成区环境指标选取

的合理性。2014年以后建成的居住区由于大部分尚未出现停车缺口，车均停车缺口的显著性相对较低。

2) 居民放弃购车意愿对车均停车缺口的敏感性最强。另两个指标的敏感性强弱随年份有所不同：在2006年以前的居住区公共交通可达性的敏感性强于房价，而在2006年以后的居住区房价敏感性强于公共交通可达性，即房价越高的居住区，停车位供给增加对停车需求的刺激越大。

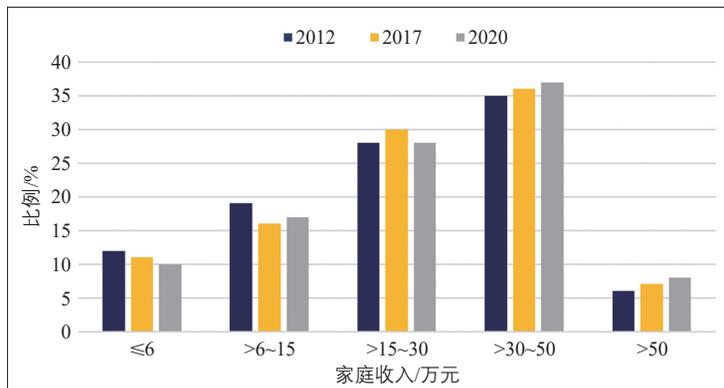
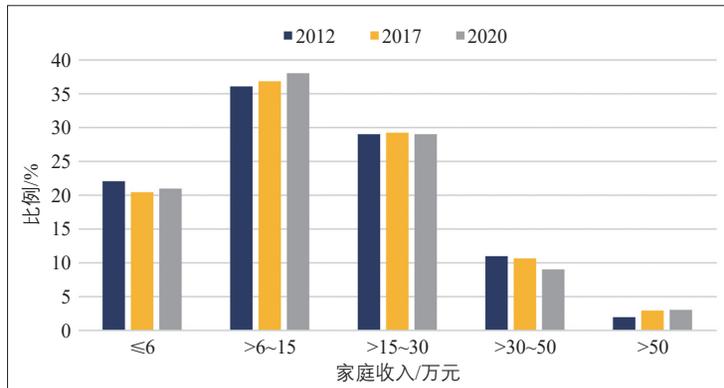


图3 杨浦区有调查居住区家庭收入分布

Fig.3 Distribution of average household income in surveyed communities, Yangpu District

表8 变量两两显著性关系

Tab.8 Variable pairwise significant relationship

显著性	公共交通可达性	车均停车缺口	房价	家庭收入
公共交通可达性		-0.26	0.22	0.24
车均停车缺口	-0.26		0.32	0.33
房价	0.22	0.32		0.92
家庭收入	0.24	0.33	0.92	

表9 部分居住区数据归一化预处理

Tab.9 Data normalization preprocessing of several communities

居住区名称	车均停车缺口	公共交通可达性	房价	需求增量与停车位增量比值
双喜家园	0.23	0.16	0.20	1.32
康阳小区	0.54	0.08	0.45	1.12
景江公寓	0.08	0.24	0.16	1.06
保利香槟苑	0.17	0.08	0.27	1.45
五金江浦楼	0.08	0.15	0.15	1.05
嘉禄公寓	0.08	0.23	0.08	0.86

4.2 面向停车位供给策略的居住区分类

制定精细化停车位供给策略必然要对居住区分类施策。结合建模分析结果，采用居住区车均停车缺口、公共交通可达性、房价、停车位供需诱增率、居住区停车位增容可能性五个指标进行K-means聚类分析。其中，居住区停车位增容可能性主要结合居住区内已划线车位、居住区内可增加车位难度综合评估得到。1表示可增容，2表示增容较困难，3表示不能增容。结果表明，1993年以前建成的居住区基本上不具备增容条件；1993—2014年建成的居住区多为较困难或不能增容；只有少量2015年后建设的居住区可增容。

对居住区采用轮廓系数法确定每一类分类的最优簇(k)值，共划分出12类，如表11所示。深入分析每类居住区停车位供需诱增率，进行归类后可针对性地提出各类居住区停车位供需调控策略。

1) 1993年前建成的居住区。

共分为2个子类，居住区1个单位的停车位供给增长约能刺激1.75个单位的停车需求，而这类老旧居住区已经没有停车位增容空间，因此不建议通过增加停车位缓解夜间停车压力。应优先实施老旧居住区公共交通服务优化提升策略，从而降低小汽车购买意愿。

2) 1993—2006年建成的居住区。

应特别关注表11中的类别二、三，这两类居住区房价较高，公共交通可达性评分较低，停车供需诱增指标达到2.0。考虑到这类居住区停车位增容较困难或不能增容，因此，不建议采用增加停车位缓解夜间停车压力。模型结果表明，该类居住区停车缺口的感知对降低小汽车购买意愿敏感度高。因此，建议继续控制停车缺口，在有条件的情况下尽早引进新能源分时租赁电动汽车服务，增设一部分公共停车位作为分时租赁小汽车专用车位，同时实施居住区公共交通服

务优化提升策略。一方面控制车均停车缺口，另一方面通过提供分时租赁小汽车服务和提升公共交通吸引力，双管齐下，延缓一部分家庭的购车计划。

3) 2007—2014年建成的居住区。

该类居住区应关注表 11 中的类别一、二、三，由于其公共交通可达性水平较高，居民对公共交通可达性改善而降低购车意愿的敏感度并不高。通过调研发现，该类居住区的居民有一定的分时租赁出行意愿。考虑到这类居住区停车位增容较困难或不能增容，因此，建议继续控制停车缺口，优先在居住区外增设共享停车位，同时提供分时租赁小汽车服务。

4) 2015年后建成的居住区。

该类居住区应关注表 11 中的类别一、二，这两类居住区停车位供需诱增率相对较低，公共交通可达性好，房价高，居民购车意愿强。因此，建议继续维持紧缺的停车位供给策略。对停车位可增容的居住区，在居住区内适当增设共享停车位，对停车位增容

较困难的居住区，在居住区外增设共享停车位。一方面抑制居民购车意愿，另一方面通过继续提供多元的公共交通服务来改变居民出行行为。

5 结语

针对既有停车配建标准中居住区分类方法在停车供需诱增量分析中的不足，提出

表 10 购车意愿模型变量显著性

Tab.10 Significance of variables in car purchase intention model

变量	指标	建成年份			
		1993年以前	1993—2006年	2007—2014年	2015年以后
房价	参数	-0.13	-0.14	-0.18	-0.21
	显著性	0.07	0.10	0.08	0.01
车均停车缺口	参数	0.21	0.25	0.28	0.26
	显著性	0.03	0.02	0.02	0.05
公共交通可达性	参数	0.18	0.19	0.16	0.15
	显著性	0.03	0.01	0.05	0.05

表 11 面向停车位供给策略的居住区分类

Tab.11 Residential area classification oriented to parking supply strategy

分类	建成年份	聚类区域	车均停车缺口	公共交通可达性	房价	停车位增容可能性	停车位供需诱增率
类别一	1993年以前	聚类中心	0.53	5.6	3.5	3	1.71
		聚类边界	>0.39	>4.8	<4.0		<1.75
	1993—2006年	聚类中心	0.56	7.6	4.4	3	1.62
		聚类边界	>0.46	>7.2	<5.0		<1.70
	2007—2014年	聚类中心	0.55	8.1	4.6	3	0.96
		聚类边界	>0.46	>7.7	<5.5		<1.01
2015年以后	聚类中心	0.35	8.5	5.1	2/3	0.62	
	聚类边界	>0.21	>8.1	<5.8		<0.71	
类别二	1993年以前	聚类中心	0.33	3.8	5.5	3	1.88
		聚类边界	<0.39	<4.8	>4.0		>1.75
	1993—2006年	聚类中心	0.36	6.8	6	3	1.65
		聚类边界	0~0.46	6.0~7.2	5.0~7.2		1.70~2.00
	2007—2014年	聚类中心	0.41	7.5	6.2	2	1.26
		聚类边界	0.35~0.46	7.0~7.7	5.5~7.3		1.01~1.31
2015年以后	聚类中心	0.15	7.9	7.2	2	0.82	
	聚类边界	0~0.21	7.6~8.1	5.8~7.6		0.71~0.92	
类别三	1993—2006年	聚类中心	0	5.5	7.8	3	2.12
		聚类边界	≤0	<6.0	>7.2		>2.00
	2007—2014年	聚类中心	0.26	6.9	7	2	1.41
		聚类边界	0~0.35	6.5~7.0	7.3~8.0		1.31~1.48
	2015年以后	聚类中心	0	7	8.6	1	1.06
		聚类边界	≤0	<7.6	>7.6		>0.92

了面向停车位供给策略的居住区分类方法。在停车拥有政策和城市交通发展战略短期不变的前提下,建模探讨了各项居住区建成环境指标对居民购车意愿的影响,研究了3大类11小类居住区停车供需诱增规律及相应的停车位供给策略。本次研究主要针对上海市中心城区,未涉及近郊区和远郊区的居住区。不同区位居住区在停车紧张程度、公共交通配置水平上都有一定的差异。在后续研究中将继续扩大居住区研究样本,更全面地建立城市不同区位居住区停车位供需诱增关系。

参考文献:

References:

- [1] 邓惠章,李铭.基于机动车保有量的停车需求总量研究[J].交通与港航,2016,3(3):51-54+76.
Deng Huizhang, Li Ming. Research on the Gross Parking Demand Based on Urban Vehicles Population[J]. Communication & Shipping, 2016, 3(3): 51-54+76.
- [2] Leibling D. Parking Supply and Demand in London[M]. London: Emerald Group Publishing Limited, 2014.
- [3] Cutter W B, Franco S F. Do Parking Requirements Significantly Increase the Area Dedicated to Parking? A Test of the Effect of Parking Requirements Values in Los Angeles County [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2012, 46(6): 901-925.
- [4] Cutter W B, Franco S F. The Uneasy Case for Lower Parking Standards[R/OL]. 2012[2019-01-17]. <https://run.unl.pt/bitstream/10362/11156/1/wp564.pdf>.
- [5] Shoup D C. The Trouble with Minimum Parking Requirements[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 1999, 33(7/8): 549-574.
- [6] Leung H Y A. The Impacts of Minimum Parking Requirements on Land Use Efficiency and the Viability of Alternative Parking Policies in Auckland[D]. Dunedin City: University of Otago, 2014.
- [7] 魏连雨,周永亮,张朝清,等.改进的停车生产率停车需求预测模型研究[J].河北工业大学学报,2007,36(5):101-106.
Wei Lianyu, Zhou Yongliang, Zhang Chaoqing, et al. The Research on Improved Parking Generation Rate Forecast Model[J]. Journal of Hebei University of Technology, 2007, 36(5): 101-106.
- [8] 徐雷,刘冰,张涵双.停车需求预测和泊位供给策略分析[J].交通科技与经济,2014,16(2):39-43.
Xu Lei, Liu Bing, Zhang Hanshuang. Research and Application of Parking Demand Forecasting and Parking Supply Strategy[J]. Technology & Economy in Areas of Communications, 2014, 16(2): 39-43.
- [9] 王有为,赵波平.关于当斯定律与城市交通需求管理(TDM)的几点思考[C]//中国建筑学会城市规划分会.中国城市规划学会学术委员会2001年年会暨第十九次学术研讨会,2002.
- [10] 岳振中,徐汝华,文杰.基于主成分分析的居住区停车需求预测研究[J].交通与运输(学术版),2005(1):72-74.
Yue Zhenzhong, Xu Ruhua, Wen Jie. Research on Parking Demand Predicting in Residence Based on Principal Component Analysis[J]. Traffic & Transportation, 2005(1): 72-74.
- [11] 冯喆.我国城市停车管理问题与对策研究:以天津滨海新区为例[D].天津:天津大学,2012.
Feng Zhe. Study on Urban Parking Management Problems and Countermeasures in China: Taking Tianjin Binhai New Area for Example[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [12] Bagozzi R P, Burnkrant R E. Attitude Organization and the Attitude-Behavior Relationship[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1997, 37(6): 913-929.
- [13] 胡纹,杨玲.居住区停车配建指标的多因子设计方式[J].重庆建筑大学学报,2006(2):4-7.
Hu Wen, Yang Ling. Multi-Factor Design Pattern for Parking Index of Residential Areas[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006(2): 4-7.
- [14] 马辉,王建军,张素丽,等.城市居住区停车配建标准研究[J].中国公路学报,2013,26(3):164-169+190.
Ma Hui, Wang Jianjun, Zhang Suli, et al. Study of Accessory Parking Standard for Urban Residential Area[J]. China Journal of Highway and Transport, 2013, 26(3): 164-169+190.

(下转第9页)