

建成环境对居住区配建停车场利用率影响模型研究^{*}刘柯良¹, 彭涛¹, 陈坚¹, 邱智宣¹, 曹亦凡²

(1.重庆交通大学 交通运输学院, 重庆 400074; 2.重庆邮电大学 计算机科学与技术学院, 重庆 400074)

摘要: 为揭示居住区配建停车场利用率与建成环境的关系, 根据重庆市主城区停车调查数据中居住区配建停车场泊位利用率, 通过停车场泊位利用率指标反映建成环境对居民小汽车使用情况, 根据回归分析中空间自相关诊断指标建立建成环境与停车场泊位利用率之间的空间误差模型。结果显示, 土地利用混合度、路网密度、交叉口密度 3 项建成环境因子与居住区配建停车场泊位利用率成正相关, 停车场区位与居住区配建停车场泊位利用率成负相关, 而公共交通与轨道交通临近度及学校与公司密度等对居住区配建停车场泊位利用率的影响不显著。通过识别建成环境因子与居住区配建停车场泊位利用率的关系, 从城市设计角度提出提高居住区泊位利用率的方法, 减少道路浮动车辆数, 缓解城市交通压力。

关键词: 城市交通; 建成环境; 停车场; 泊位利用率; 居住区

中图分类号: U491.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)04-0031-05

随着城市经济的发展及城市建成区的不断扩张, 形成了职住分离的空间格局并派生了机动化的出行需求。在公交优先战略不断深化与小汽车千人保有率不断增加的背景下, 城市道路交通拥堵问题依然严峻, 早晚高峰尤为突出。近些年来, 学者们在静态交通与建成环境领域进行了许多探索, 如通过停车分区供给、停车收费等降低小汽车出行比例; 从建成环境角度通过集约型用地并增加公共交通可达性, 扩大公交服务人群并缩小出行距离, 促进交通方式转移等。但鲜有研究将居住区停车场泊位利用率与其周边建成环境结合起来审视小汽车拥有者在小区层面的集计行为。传统出行行为研究需通过问卷调查获取个体社会经济与出行特征等数据, 数据有效性存在一定不足, 而通过泊位利用率能更真实地反映出行行为, 提高结论的有效性。该文以重庆市为例, 将泊位利用率与居住区建成环境相结合, 通过泊位利用率反映小汽车拥有者在小区层面的集计行为, 探究建成环境对小汽车拥有者放弃小汽车出行的影响机理, 为城市管理部门提供决策支持。

1 研究框架

《雅典宪章》将城市功能定义为居住、工作、游憩与交通, 其中交通作为纽带将其他三大功能整合起来成为一个有机整体, 构成城市建成环境外在表现的内在源头。对于建成环境的刻画最经典的是 5D

模式, 即人口或就业岗位密度 (Density)、土地利用混合度 (Diversity)、道路网络设计 (Design)、与交通设施的距离 (Distance to Transit) 及目的地可达性 (Destination Accessibility)。该文重点研究建成环境对泊位利用率的影响, 其内核是建成环境对出行行为的影响, 故建成环境的测度指标选择重点考虑影响出行方式与出行强度的建成环境因子。结合已有研究成果, 选取区位、土地利用与交通设计及建筑特性 3 个维度的指标来刻画配建停车场建成环境。其中: 停车场区位选择与停车场距离最近的商圈的距离; 土地利用与交通设计分别从出行产生与出行方式两方面来影响人的出行, 选取土地利用混合度、路网密度、交叉口密度、公交临近度与轨道临近度、公司密度与学校密度 7 个指标; 由于不同建成时间的建筑物配建指标有一定差异, 可能对泊位利用率产生影响, 同时小区的房价在一定程度上能代表小区个体的社会经济属性, 建筑特性选取小区的建成时间与房价。

参考《城市停车设施规划导则》中停车普查指标, 泊位利用率界定为停车场的泊位在一天中被占用时间的比例, 反映停车场空间资源的富余程度, 间接反映小汽车的使用强度。

将停车场泊位利用率作为因变量、建成环境因子作为自变量, 通过回归分析刻画建成环境因子对停车场泊位利用率的影响。研究框架见图 1。

^{*} 基金项目: 重庆市教育委员会人文社会科学研究规划项目 (19SKGH208)

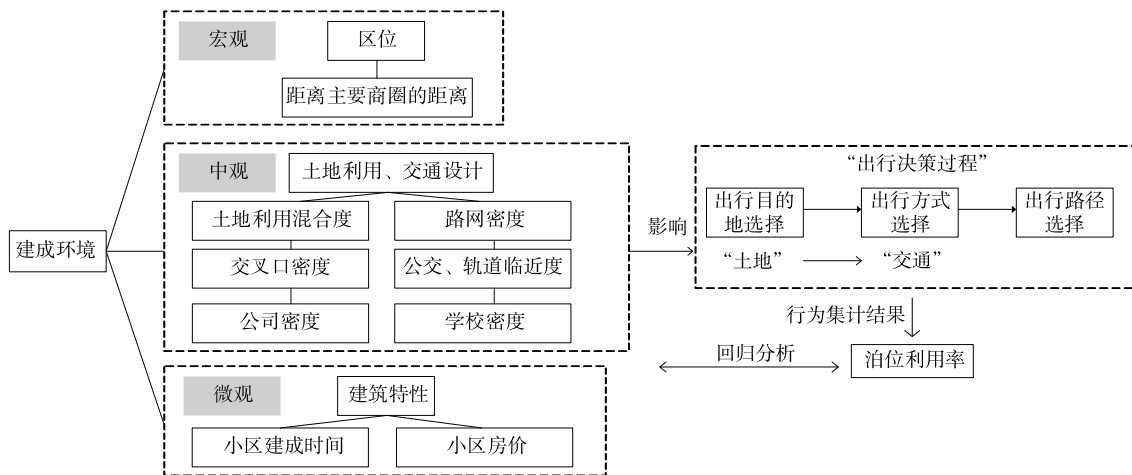


图1 环境因子对停车场泊位利用率影响的研究框架

2 数据描述

2.1 研究范围

基于重庆市停车调查数据,选取其中停车配建指标较高的居住区配建停车场,车位出售率均在95%以上且无对外共享车位情况,共68个样本,覆盖渝中区、南岸区、江北区、渝北区、北碚区、沙坪坝区、九龙坡区与大渡口区8个行政区(见图2)。

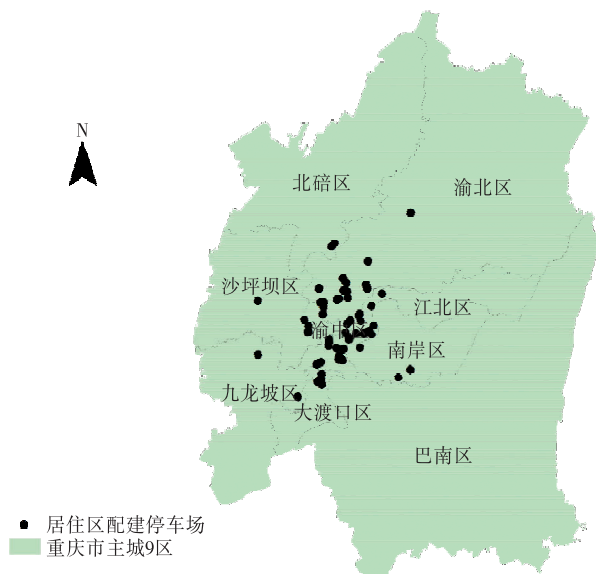


图2 样本的空间分布

2.2 研究变量求解

2.2.1 数据获取

采取现场连续人工调查与停车场电子数据相结合的方式获取车辆的停车时间及停车场设施特征,用于计算泊位利用率;停车场位置数据通过逆地理编码获取坐标位置,通过 Python 程序从高德 API

接口爬取建成环境所需兴趣点(POI)坐标数据,由于不同数据存在坐标系差异,通过 QGIS 软件对数据坐标进行统一;道路网络数据通过开源地图网站 OpenStreetMap 截取研究范围内的路网;小区房价通过 python 程序从网站中爬取。

2.2.2 分析单元确定

空间数据分析需注意尺度效应与划区效应。为分析停车场周边的建成环境,选择合适的分析单元大小,确定建成环境的空间因素对泊位利用率的影响,要求空间分析单元不可过大,既要保证建成环境测度的有效性,又要突出建成环境因子的内在差异。参考建成环境对出行行为与出行强度影响研究中空间单元划分的研究成果,选取停车场 500 m 缓冲区作为停车场泊位利用率周边建成环境的研究尺度,考虑到轨道站点的服务半径较大,建成环境中轨道站点密度的研究尺度取 800 m。

2.2.3 解释变量求解

通过 Arcgis 的缓冲区分析,生成停车场建成环境影响区域,用提取工具计算区域内各类 POI 的数量与路网长度。土地利用混合度主要考察每个停车场缓冲区内各类 POI 的混合程度,包括政府、银行、医院、学校、体育馆、商场、酒店、广场和公园 9 类 POI,土地利用混合度由土地利用熵指数表征[见式(1)]。区位分析通过构建道路网络数据集,进行 OD 成本矩阵求解,其中起点为各停车场,终点为重庆市五大商圈(渝中区解放碑、江北区观音桥、南岸区万达广场、沙坪坝三峡广场和九龙坡区杨家坪步行街)。区位计算中每个停车场会产生 5 个距离值,选取其中最小值作为停车场的区位值。综合以上数

据,构建停车场周围的建成环境特征(见表 1 和图 3)。

$$\text{土地利用熵指数} = - \sum_r P_r \cdot \log P_r \quad (1)$$

式中: P_r 为第 r 种 POI 数量占总数的比例。

3 空间计量模型实证分析

3.1 描述性分析

模型的因变量为泊位利用率,自变量为建成环

表 1 建成环境指标

维度	指标	释意
宏观	停车场区位	停车场与重庆市五大商圈距离的最小值
	土地利用混合度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内 POI 用地类型的熵指数
	路网密度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内道路长度之和
中观	交叉口密度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内交叉口个数
	公交临近度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内公交站点个数
	轨道临近度	研究对象 800 m 圆形缓冲区内公交站点个数
	公司密度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内公司数量
	学校密度	研究对象 500 m 圆形缓冲区内学校数量
微观	小区建成时间	1 代表建成时间超过 10 年,0 代表建成时间小于或等于 10 年
	小区房价	—

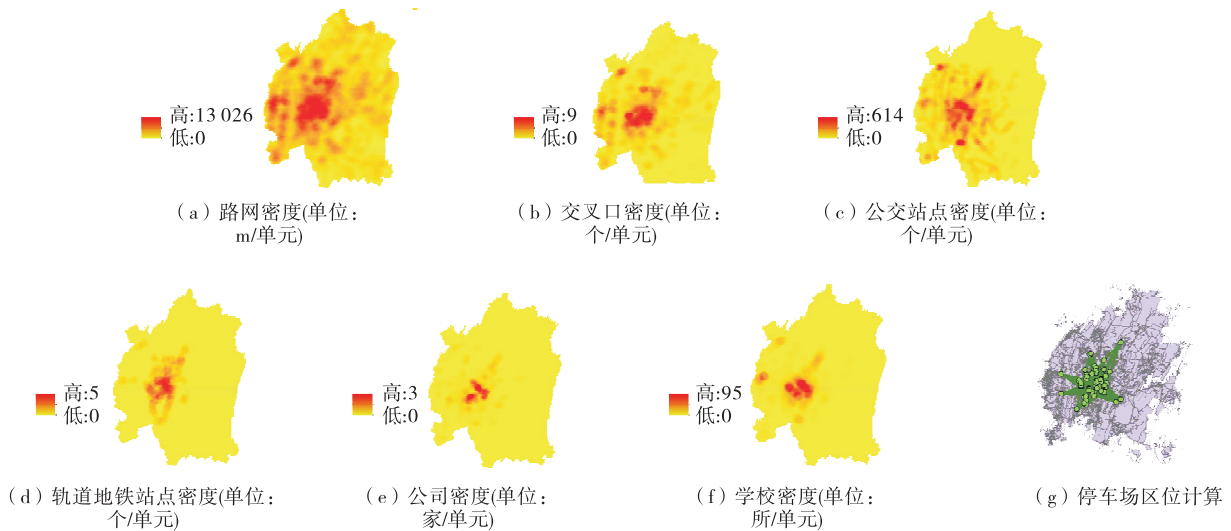


图 3 建成环境数据图示

境因素,包括宏观、中观与微观视角下 10 个建成环境因子,表 2 为建成环境指标的统计性分析。进行回归分析之前,对自变量之间的相关性进行分析,剔

除相关性过强的变量。将自变量导入 SPSS 中进行相关性分析,结果显示变量的相关系数都小于 0.7,故将所有解释变量纳入模型。

表 2 建成环境指标描述性统计分析

项目	土地利用熵指数	路网密度/m	交叉口密度/个	停车场区位/m	公交站点密度/个	轨道站点密度/个	公司密度/家	学校密度/所	小区建成时间	小区房价/元
最小值	0.61	1 479.36	2.00	7 695.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11 528
最大值	2.25	1 3025.95	5.00	35 697.19	9.00	1.00	614.00	95.00	1.00	25 436
均值	1.82	4 682.95	3.28	16 624.23	2.90	0.10	58.38	14.66	0.55	15 385
标准偏差	0.33	2 421.38	0.65	6 948.07	2.34	0.31	127.03	20.61	0.51	4 830

3.2 模型构建

根据地理学第一定律,距离较近的停车场具有

更加相似的建成环境,变量可能出现空间自相关导致传统回归模型的拟合结果较差。为验证是否存在

空间自相关,建立空间权重矩阵并进行空间自相关分析。对于点状数据的空间自相关分析,通常采用距离权重矩阵的方法,这里采用距离函数矩阵作为空间权重矩阵。

首先通过最小二乘回归对数据进行空间相关性诊断,若存在空间自相关,则依据诊断结果进行空间回归模型选择。最小二乘回归模型如下:

$$y = \beta_0 + x\beta + \varepsilon \quad (2)$$

式中: y 为泊位利用率向量; β_0 为截距; x 为建成环境因子构成的向量; β 为回归系数; ε 为随机误差。

将原始数据导入 Geoda 生成距离权重矩阵,进行最小二乘回归,采用极大似然法进行参数估计,并对模型进行 LM 诊断,诊断结果见表 3。

表 3 LM 诊断结果

检验项目	MI/DF	数值	P 值
莫兰指数	-0.008 6	0.342 9	0.035 00
拉格朗日乘子一滞后	1.000 0	0.254 8	0.213 74
稳健拉格朗日乘子一滞后	1.000 0	0.653 8	0.118 76
拉格朗日乘子一误差	1.000 0	0.060 6	0.002 00
稳健拉格朗日乘子一误差	1.000 0	0.459 7	0.037 78
高阶拉格朗日乘子	2.000 0	0.714 4	0.099 62

对比拉格朗日乘子一误差与拉格朗日乘子一滞后,发现前者显著、后者不显著,说明相邻区域间的泊位利用率不存在空间相关性。而相邻区域间的同一解释变量存在空间相关性,表明随机误差项不满足独立性,数据不再满足最小二乘回归中无自相关的假定。为控制随机误差项的空间自相关,提高模型精度,选择空间误差模型对数据进行回归分析,公式如下:

$$y = x\beta + \varepsilon, \varepsilon = \lambda W\varepsilon + u \quad (3)$$

式中: λ 为空间误差系数; W 为空间矩阵,其元素 w_{ij} 为第 j 个个体与第 i 个个体误差项之间的相关性; u 为回归误差模型的误差, $u \sim N[0, \delta^2 I]$ 。

3.3 模型结果分析

将建成环境因子纳入空间误差回归模型,通过 Geoda 软件进行空间误差回归,结果见表 4。模型整体通过了显著性检验,说明空间误差回归对研究问题具有良好的适应性。

从表 4 可看出:1) 建成环境因子中的土地利用混合度、停车场区位、路网密度与交叉口密度对泊位利用率的影响显著,其余建成环境因子在统计学意义上均不显著。2) 从影响方向来看,路网密度、交叉口密度与土地利用混合度 3 项建成环境因子与泊

表 4 空间误差回归分析结果

项目	系数	P 值
常数项	0.352 *	0.011
土地利用混合度	0.173 *	0.023
路网密度	0.069 *	0.031
交叉口密度	0.063 *	0.034
停车场区位	-0.020 *	0.013
公交站点密度	-0.004	0.135
轨道站点密度	0.087	0.116
公司密度	0.004	0.154
学校密度	-0.002	0.072
小区建成时间	-0.083	0.157
小区房价	-0.036	0.425
拟合优度	0.431 504	
赤池信息准则	-122.999 7	
施瓦茨准则	-12.061 3	
自然对数释然函数值	19.499 8	

注:* 代表为 5% 的显著性水平。

位利用率成正相关,停车场区位与泊位利用率成负相关。不难理解,泊位利用率越高,说明小汽车拥有者更倾向于将车辆闲置于车库里而采取其他方式出行。交通出行是一种派生需求,是因不同目的地在空间上分离而造成的一种被动行为,路网密度与交叉口密度越高,代表居住区周边设施的步行可达性好;土地利用混合度越高,人们日常的各种出行需求更有可能在离家较近的空间完成,从而使出行距离能控制在非机动化出行距离的阈值范围内,因而放弃使用小汽车;区位数值小,代表停车场离重庆主要商圈的距离越近,说明多商圈的布局形式可在一定程度将休闲娱乐出行控制在重庆各组团里,缩短出行距离,从而控制小汽车的使用。3) 从不显著结果来看,公交站点与轨道站点密度对泊位利用率的影响均不显著,说明若提高公交服务水平只是简单地依托于提高公交站点 500 m 覆盖率,将不能有效减少出行者对小汽车的使用;公司点与教育点的提高对解释变量的影响也不显著,反映在当下职住不平衡与教育资源分布不均的背景下,单纯地在小区周边增加公司与学校数量不能有效减少出行者对小汽车的使用。

4 结论与建议

综合运用 Python、Arcgis、SPSS、Geoda 等软件,选取重庆市停车调查数据中的居住区配建停车场数据进行挖掘,在计算各停车场泊位利用率与周

边建成环境的基础上,研究影响泊位利用率的建成环境因素,以反映小汽车拥有者的出行行为。空间误差模型的分析结果表明:建成环境因子中的土地利用混合度、路网密度、交叉口密度与泊位利用率成正相关,停车场区位与泊位利用率成负相关,其余建成环境因子对泊位利用率的影响均不显著。基于以上结论,对重庆市居住区周边建成环境建设提出以下建议:

(1) 随着西部经济的高速发展,在以重庆与成都为核心的成渝双城经济圈的建设背景下,人们生活品质不断提高,出行目的愈加丰富。可通过提高居住地周边的土地利用混合度,优化商业中心布局使出行距离缩短,并加密路网与交叉口,提高居住区周边设施的步行可达性,降低道路的机动性,提高居住区泊位利用率,提升小汽车拥有者放弃使用小汽车出行的比例。

(2) 2018年重庆市公共交通全方式分担率仅为33%,而国外公交都市普遍在60%以上,在重庆大规模进行轨道交通建设、公交线网优化的同时,不能仅从增量入手,要通过提高服务水平的综合性指标来提高公交与轨道的吸引力,从而提高公共交通的分担率,优化出行结构。

(3) 人们对美好生活的追求中包含着对良好工作环境与优质教育资源的追求,学校与工作岗位资源分布的差异,带来职住分离和学住分离的空间格局,由此产生长距离通勤和钟摆式交通。想要解决这类问题,与公共交通一样,不能简单地从增量入手。针对工作,在当下职住普遍分离的情况下,关键是提高通勤路径的公交服务水平;针对就学,重点在于进一步缩小教育资源的差异性,提高就近入学的比例。

参考文献:

[1] 郭继孚,刘莹,余柳.对中国大城市交通拥堵问题的认识[J].城市交通,2011,9(2):8-14+6.
 [2] 何保红,陈丽昌,高良鹏,等.公交站点可达性测度及其在停车分区中的应用[J].人文地理,2015,30(3):97-102.
 [3] 吴娇蓉,朱启政,林子暘.基于城市综合体分类的停车收费政策预评估[J].城市交通,2017,15(3):74-81.
 [4] HANDY S, CAO Xinyu, MOKHTARIAN P. Correlation or causality between the built environment and travel behavior Evidence from Northern California[J]. Transportation Research Part D (Transport and Envi-

ronment), 2005, 10(6): 427-444.

- [5] YASMEEN Gul, ZAHID Sultan, MEHDI Moeinaddini, et al. The effects of physical activity facilities on vigorous physical activity in gated and non-gated neighborhoods[J]. Land Use Policy, 2018, 77: 155-162.
 [6] BHAT C R, GUO J Y. A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and autoownership levels[J]. Transportation Research Part B (Methodological), 2007, 41(5): 506-526.
 [7] HONG J, SHEN Q, ZHANG L. How do built-environment factors affect travel behavior? A spatial analysis at different geographic scales[J]. Transportation, 2014, 41: 419-440.
 [8] BOARNET M G, CRANE R. The influence of land use on travel behavior: specification and estimation strategies[J]. Transportation Research Part A (Policy and Practice), 2001, 35: 823-845.
 [9] EWING R, CERVERO R. Travel and the built environment[J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3): 265-294.
 [10] FAGHIH-IMANI A, ELURU N, EL-GENEIDY A M, et al. How land-use and urban form impact bicycle flows: evidence from the bicycle-sharing system (BIXI) in montreal[J]. Journal of Transport Geography, 2014, 41: 306-314.
 [11] 董禹,秦椿棚,董慰,等.地铁站周边不同范围建成环境对居民出行方式的影响研究:哈尔滨的实证[J].南方建筑,2020(2):35-41.
 [12] 李武,赵胜川,戢晓峰,等.交通暴露与土地利用模式对社区 COVID-19 传播风险的影响[J].中国公路学报,2020,33(11):43-54.
 [13] 苏世亮,李霖,翁敏.空间数据分析[M].北京:科学出版社,2019.
 [14] 金丹丹,郭珍,李换旗.优化居民小区停车的策略研究:基于蚌埠文明城市创建的视角[J].品牌,2018(1):116+118.
 [15] 曾超,唐伯明,刘唐志,等.基于 HPM 理论的中心区配建停车库利用率模型[J].科学技术与工程,2015, 15(20):128-133.
 [16] 郭思臻,杨远祥.停车库利用率模型研究[C]//国际华人交通运输协会,重庆大学.第二十五届国际华人交通运输协会年会暨第九届亚太地区交通发展研讨会论文集.重庆:重庆大学,2012:568-570.