



基于手机信令数据的广州市居民公园访问行为 空间分异及其影响因素分析*

刘晔^{1,2}, 叶柏麟¹, 吴景豪¹

1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510006
2. 广东省公共安全与灾害工程技术研究中心 / 广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室,
广东 广州 510006

摘要: 加快推进城市公园建设是实现人与自然和谐共生的重要抓手。既有研究大多基于问卷调查数据和访谈资料分析城市居民的公园访问行为空间分异特征, 研究结论的普适性和科学性有限。手机信令数据具有大样本、覆盖范围广、信息被动提供和动态实时性强等优点。利用手机信令数据精准刻画城市居民的公园访问行为, 有助于开展城市公园的布局优化与品质提升工作。基于个体尺度的手机信令数据, 本研究试图揭示广州市居民公园访问行为的空间分异特征并识别其影响因素, 尤其关注城区居民和郊区居民的差别。结果表明: (1) 城区居民的公园访问频率、公园访问时长和公园访问强度均高于郊区居民, 前者的公园平均访问距离低于后者; (2) 公园访问频率、公园访问强度、公园平均逗留时间和公园平均访问距离呈现高值集聚区/低值集聚区在城区连片分布, 在郊区零星分布的空间特征; (3) 公园访问行为受性别、年龄、时空约束性、社会经济地位、公园可达性、社区出行便利性和出行适宜性等因素的共同影响。本研究为相关政府部门精准开展城市公园的规划、建设与管理提供决策参考。

关键词: 城市公园; 公园访问行为; 空间分异; 手机信令数据; 广州

中图分类号: K90 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2025)01-0195-12

The spatial divergence of park visits of Guangzhou residents and its influencing factors based on mobile phone signaling data

LIU Ye^{1,2}, YE Bailin¹, WU Jinghao¹

1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China

2. Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation / Guangdong Provincial
Engineering Research Center for Public Security and Disaster, Guangzhou 510006, China

Abstract: Constructing more urban parks facilitates the achievement of harmonious coexistence between human beings and nature. Most existing studies about residents' park-visiting behavior are based on questionnaire survey data and interview data to analyse the characteristics of spatial differentiation, limiting the universality and scientificity of the conclusions. Mobile phone signaling data offers advantages such as large samples, wide-coverage, passive information provision, and strong real-time dynamics. Utilizing mobile phone signaling data to identify urban residents' park visits accurately can assist in the optimization of urban park layout and quality improvement. Based on individual-scale mobile

* 收稿日期: 2024-04-16

录用日期: 2024-05-11

网络首发日期: 2024-08-27

基金项目: 国家自然科学基金(42171196)

作者简介: 刘晔(1986年生), 男; 研究方向: 城市人居环境与健康福祉、新型城镇化、
人口迁移流动; E-mail: liuye25@mail.sysu.edu.cn

全文阅读



ZR20240121

phone signaling data, this study aims to reveal the spatial differentiation of park visits of Guangzhou residents and identify influencing factors, particularly focusing on the differences between urban and suburban residents. The results show that: 1) the frequency, duration, and intensity of park-visiting of urban residents are higher than those of suburban residents, and the average park-visiting distance of the former is shorter than that of the latter; 2) the frequency, intensity, and duration of park-visiting and average park-visiting distance show the spatial characteristics of high- / low-value accumulation of an extensive distribution in urban areas and sporadic distribution in the suburbs; 3) park-visiting behaviour is jointly influenced by gender, age, temporal and spatial constraints, socio-economic status, park accessibility, community travel convenience, and travel appropriateness. This study provides decision-making reference for relevant government departments to effectively carry out the planning, construction, and management of urban parks.

Key words: urban park; park visit; spatial variation; mobile phone signaling data; Guangzhou

公园是城市公共服务体系的重要组成部分,承担着重要的绿色公共服务供给和生态环境保障功能,是支撑城市可持续发展的生态载体和服务载体(Chiesura, 2004; 苏婷婷等, 2023)。已有研究指出,公园能够增进人民群众的身心健康水平,并为城市发展带来社会效益(如促进社会交往和降低犯罪率)、经济效益(如带动周边地区消费活力和房产升值)和生态效益(如减轻污染,调节气候,保障物种多样性)等多重积极效益(Mcintire et al., 2022; 朱战强等, 2022; 刘晔等, 2023; 李宇坤等, 2024)。既有研究表明,居民对城市公园的访问频率与强度显著影响了上述效益的达成与实现(Hegetschweiler et al., 2017; Zhang et al., 2019)。鼓励城市居民经常访问和深度游览城市公园,不仅有助于推动城市绿色空间与居民日常生活空间的有机融合,还能显著提升公园的社会效益和经济效益(Chen et al., 2019; 史云贵, 2023)。

环境行为学理论指出,场所和使用者的相互作用会影响使用者的社会行为(李斌, 2008)。就城市公园访问行为而言,公园特征和城市居民特征共同作用于城市居民的公园访问行为(如公园访问频率),进而调节公园生态与健康效益的实现(Hegetschweiler et al., 2017; 王志鹏等, 2021)。就公园特征而言,前人大多关注公园规模、景观特征和设施配套等公园内在质量因素,以及交通可达性等公园周边环境支持因素(Zhang et al., 2018; Guo et al., 2019; Liang et al., 2021)。近年来,随着信息技术的发展,时空大数据被广大学者所使用,以深入剖析城市居民访问公园的频率、时长和出行模式的影响因素(方家等, 2017; 钮心毅等, 2021; 刘

颂等, 2021)。手机信令数据等大数据具有大样本、覆盖范围广、信息被动提供和动态实时性强等优点,与传统的问卷调查数据、实地考察资料和访谈资料相比,能够更为全面和更为细致地刻画一个城市的居民公园访问行为特征。基于大数据的研究发现,公园周边商业服务设施的完善程度、交通的便捷性、公园的规模和景观设计的水平均是影响市民公园访问行为的重要因素(Chen et al., 2019; Li et al., 2020; Gu et al., 2020)。

就访客个体特征而言,现有研究大多关注访客的人口学特征(如年龄、性别和种族等)、家庭结构(如有无子女等)和社会经济地位(如受教育程度、住房条件和经济收入水平等)等因素对其公园访问频率、出行距离和公园逗留时间的影响(Wright-Wendel et al., 2012; Rossi et al., 2015; 姚雪松等, 2015)。为揭示不同个体特征居民公园访问行为的差异,学者们往往使用现场考察资料、访谈资料和问卷调查数据开展分析。分析结果表明,城市居民访问公园的频率和出行距离均随着年龄的增长而降低(Xiao et al., 2019; 姚雪松等, 2015)。与低学历、未婚和少数民族裔的居民相比,高学历、已婚和优势族裔居民访问公园的频率更高(Schipperijn et al., 2010; Xiao et al., 2019; Gu et al., 2020)。此外,在探讨性别、住房条件和收入等个体因素对居民公园访问行为的影响时,在不同研究区域开展的研究呈现出差异性的研究结果,反映了不同社会、经济和文化背景下居民公园访问行为模式的多样性(Bedimo-Rung et al., 2005; Wright-Wendel et al., 2012; 姚雪松等, 2015)。

尽管已有学者借助汇总层面的手机信令数据,

对中国大城市居民公园访问的时空特征开展了一系列研究。然而, 这类研究大多依托通过手机信令数据生成的人口热力分布数据和住娱 OD 流数据, 聚焦于城市公园游客量和访问高峰的公园环境影响因素。在揭示中国大城市居民个人及其家庭属性如何影响其公园访问行为这一议题上, 鲜有研究能够依托个体尺度的手机信令数据进行深入挖掘。尽管传统的实地考察和问卷调查方法能为理解人们访问公园的时空特征提供一定的数据支撑, 但这些方法所收集的小样本数据存在代表性不足和记忆偏差等局限性, 不能支撑研究者准确且全面地揭示城市居民访问公园行为的影响机制。为此, 基于个体尺度的手机信令数据, 本研究试图揭示广州市居民的公园访问行为空间分异特征, 识别影响居民公园访问行为的个人与环境因素, 尤其关注城区居民和郊区居民的差异。本研究是基于手机信令数据在个体尺度开展居民公园访问行为分析的积极尝试, 以期通过低成本和客观全面的方式, 深入剖析在不同城市区位中, 居民在公园访问行为上所展现出的群体异质性, 从而有助于政府主管部门提升城市公园的规划、建设和管理水平。

1 研究数据和方法

1.1 研究区域概况

本研究的研究区域为广州市全域, 包含 11 个区、142 个街道和 34 个镇, 总面积为 7 434.4 km²。根据广州 2023 年统计年鉴, 截至 2022 年末, 广州共有常住人口 1 873.41 万, 全年生产总值近 3 万亿元。本研究将广州划分为城区和郊区两部分。其中, 城区包含荔湾、越秀、海珠、天河、番禺、白云和黄埔 7 个行政区, 总面积为 2 089.53 km², 常住人口 1 380.84 万。郊区包含南沙、从化、增城和花都 4 个行政区, 总面积为 5 344.87 km², 常住人口 492.57 万。近年来, 广州市加快推进公园体系的建设。截至 2022 年末, 广州市已建成公园的总面积为 76 678 hm², 其中公园的绿地面积为 32 413 hm², 人均公园绿化面积达 17.23 m²。广州市人民政府于 2023 年颁布《广州市绿地系统规划(2021—2035)》, 构筑“森林环城、绿廊织城、公园满城”的美好图景。

1.2 数据来源与处理

1.2.1 公园数据获取

首先从广州林业局官方渠

道获取了《2020 年广州公园名录》和《广州市绿地系统规划(2021—2035)》中记录的广州市公园现状名录, 整理得到公园的名称和地理位置等信息。随后, 基于整理得到的公园名录, 我们基于百度地图和高德地图平台对广州市所有的公园进行搜索与比对, 特别是对各个公园的边界划定情况进行了精确的校验。为确保数据的全面性和完整性, 进一步补充了未列入官方名录、但在地图平台上明确标注的公园信息。最后, 利用 ArcGIS 软件将所有公园数据进行了统一的绘制与整合, 生成公园面状数据集和图(图 1)。

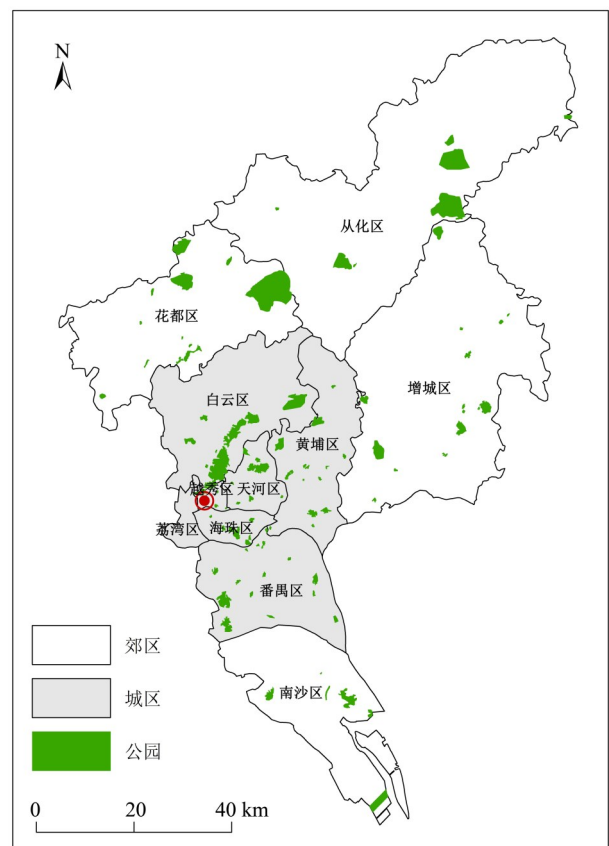


图 1 广州市公园分布图

Fig. 1 Distribution Map of Guangzhou Parks

鉴于本文手机信令数据的空间分辨率为 250 m, 我们通过 ArcGIS 软件生成 250 m×250 m 网格作为识别单元, 并将公园面状数据集与网格进行连接。为精确识别公园访问行为, 并有效减少非公园访客(即访问目的地为公园周边场所而非公园本身的人群)的潜在干扰, 我们仅将那些公园覆盖面积超过 80% 的网格区域识别为公园网格, 删除仅覆盖非公园网格的公园。经过严格筛选, 最终确定了 105 个符合条件的公园, 总面积为 25 062.03 hm²。

其中,规模最小的公园面积仅为 7.07 hm^2 ,规模最大的公园面积则高达 $4\,646.21\text{ hm}^2$ 。

1.2.2 手机信令数据预处理和公园访问行为模式识别

手机信令数据是手机通讯网络记录的手机终端在通讯网络中活动的地理空间信息和时间信息数据,当手机用户使用手机进行通话、联网、收发信息、开关机以及进行位置移动时都会被记录。本研究使用2023年5月8~28日的广州市中国联通手机信令数据。该数据记录了1 389万余位手机用户信息,包括481万余位广州市本地手机用户,时间跨度为3个完整周,期间无不宜出行的极端天气。我们通过4个步骤对数据进行预处理:①识别本地居民。将夜间最常驻留城市为广州的用户识别为广州本地居民。②识别本地居民的居住地和工作地。基于联通公司提供的用户月度驻留数据,将晚上9点至次日凌晨8点停留时间最长的网格判定为居住地,将工作日上午9点至下午5点停留时间最长且不为居住地的网格判定为工作地。③识别本地居民的公园访问行为。当用户的驻留行为产生在公园网格,且驻留时间超过30 min时,将该驻留行为判定为公园访问行为。进一步地,剔除居住地或工作地位于公园网格的居民访问该公园网格的记录,确保所有研究对象访问公园网格的目的是休闲娱乐而非上班与返家。④输出公园访问数据。以个人为单位汇总行为数据,共得到322 166位广州市居民的公园访问行为数据。在此基础上,计算访客的公园访问频率、平均逗留时间、访问强度和家-公园平均距离4个指标。其中,公园访问频率是对居民3周内访问次数的加总。公园平均逗留时间为居民访问公园的平均驻留时间。公园访问强度为居民平均每周在公园逗留的时间。家-公园平均距离为3周内访问的所有公园网格质心和居住地网格质心直线距离的平均值。

1.2.3 公园访问者和居住人口的空间分布 基于手机用户的居住地信息和公园访问信息,我们计算广州市内每个网格的居住人数、公园访客人数和公园访客占比(图2)。广州市公园访客分布格局与居住人口分布格局呈现高度的相似性,主要集中在越秀区、海珠区西部、天河区南部和白云区南部。荔湾区北部、番禺区西部、花都区的新华街道和新雅街道、南沙区的南沙街道、增城区的

荔城街道和增江街道、从化区的街口街道和城郊街道也集中了较多的公园访客。就公园访客占比而言,公园周边居民访问公园的概率更高,其中又以白云山风景区、海珠国家湿地公园、大夫山森林公园、滴水岩森林公园、增城荔湖公园、花都湖国家湿地公园、风云岭森林公园和黄山鲁森林公园周边居民访问公园的概率最高。总体而言,城区居民公园访客的占比(6.01%)高于郊区居民(1.78%)。

1.3 研究方法

本研究首先使用描述性统计、曼-惠特尼U检验和热点分析,揭示广州市城区居民和郊区居民公园访问行为模式的空间分异特征,然后使用多元线性回归和负二项回归识别其公园访问模式的影响因素。回归模型的分析单元为268 183位3周内曾访问公园的城区居民和53 983位3周内曾访问公园的郊区居民。我们用公园平均逗留时间、公园访问强度(即每周公园访问时间)、家-公园平均距离和公园访问频率表征居民的公园访问行为模式。鉴于前3个变量是连续型变量且数据存在有偏分布,我们对其进行对数变换处理后,采用多元线性回归分析其影响因素。鉴于公园访问频率为计数变量,且单样本K-S检验表明该变量存在离散现象,我们使用负二项回归模型分析其影响因素。在解释负二项回归模型结果的时候,我们使用发生率比值(IRR)描述自变量对因变量的影响程度。当自变量的 $IRR>1$ 时,我们倾向于认为因变量会随该自变量的增加而增加;当 $IRR<1$ 时,倾向于认为因变量会随该自变量的增加而减小;若 $IRR=1$ 时,则认为自变量对因变量没有显著影响。

为确保模型能够准确捕捉因变量的潜在影响因素,我们参考既有研究,综合考虑了居民个体因素和社区环境因素两大类自变量(表1)。考虑到不同年龄、不同性别、不同日常活动特点和不同社会经济地位的居民访问公园的意愿和机会不同,我们将人口学因素(年龄和性别)、时空约束性(空间约束性和时间约束性)和社会经济地位(是否终身移民、所在社区受教育水平和所在社区房价水平)3类变量纳入分析(Schipperijn et al., 2010; Xiao et al., 2019; Gu et al., 2020)。社区环境因素包括社区的公园可达性、出行便利性和出行适宜性3类因素。居民的家离公园越近,社区的出行便利性

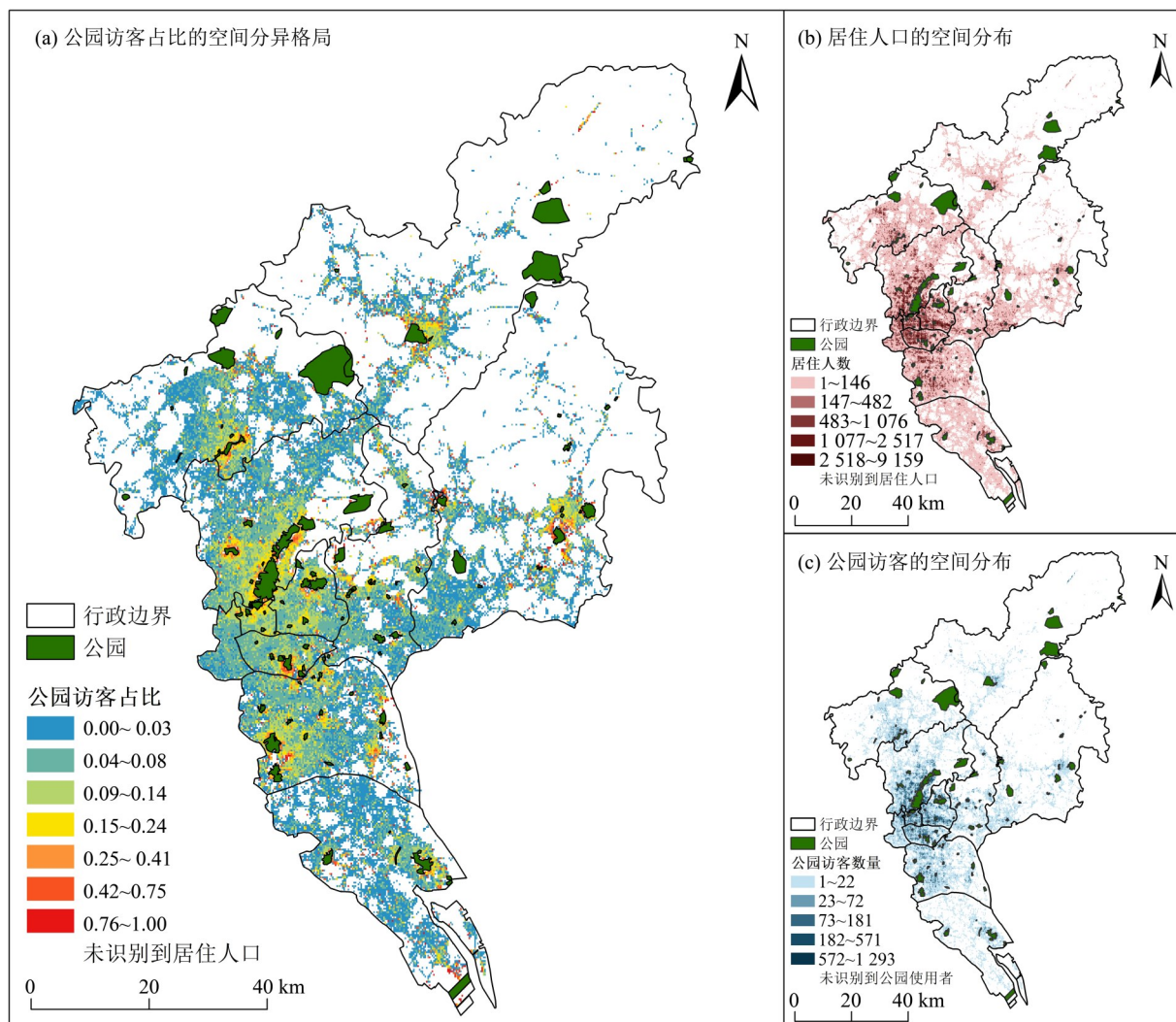


图 2 广州市公园访客占比的空间分异格局

Fig. 2 Patterns of spatial differentiation in the percentage of park visitors in Guangzhou

表 1 自变量内涵及其数据来源

Table 1 Description of independent variables and their data sources

类别	变量名	变量类别	符号	描述	数据来源
人口学因素	性别	二分类变量	Gen	1) 男性(M); 2) 女性(F)	手机信令数据
	年龄	六分类变量	Age	1) ≤18岁(Age1); 2) 19~29岁(Age2); 3) 30~39岁(Age3); 4) 40~49岁(Age4); 5) 50~59岁(Age5); 6) ≥60岁(Age6)	
时空约束性	空间约束性	三分类变量	SC	1) 被动空间约束型(PSC), 指在工作日日间有固定的非住宅长期逗留场所, 通常为工作或学习场所; 2) 自我空间约束型(ASC), 指在工作日日间居家为主; 3) 无空间约束型(USC), 指在工作日日间无固定的长时间逗留场所	手机信令数据
	时间约束性	二分类变量	TC	1) 高时间约束型(HTC), 指在固定非住宅场所的逗留时间每周超过 44 h; 2) 低时间约束型(LTC), 指在固定非住宅场所逗留时间每周不高于 44 h	
社会经济地位	终身移民	二分类变量	Migrant	1) 本地居民(NT), 指 1984 年启用居民身份证制度之时定居广州的人, 表现为身份证前 4 位号码为 4401; 2) 终身移民(MT), 身份证前 4 位号码不为 4401	

续表

类别	变量名	变量类别	符号	描述	数据来源
	所在社区平均受教育年限	连续变量	Edu	根据社区居民受教育程度换算得到其受教育年限，并进一步计算社区居民的平均受教育年限	广州市第七次人口普查
	所在社区平均房价	连续变量	House	对 2022 年 12 月平台在售房屋单价进行克里金差值得到每个社区的商品房均价	安居客房价数据
公园可达性	居住地与最近公园路网距离	七分类变量	Dis	居住地网格质心与最近公园的路网距离(km): 1) <0.3 (Dis1); 2) 0.3~0.5 (Dis2); 3) 0.5~1 (Dis3); 4) 1~3 (Dis4); 5) 3~5 (Dis5); 6) 5~10 (Dis6); 7) >10 (Dis7)	自绘公园数据,
	居住地数 km	连续变量	1kA	以居住地网格质心为中心, 1 km 路网距离范围	OSM 路网数据
	路网距离可达公园总面积	连续变量	10kA	以居住地网格质心为中心, 10 km 路网距离范围	
出行便利性	居住地周边路网密度	连续变量	Road	以居住地网格质心为中心, 1 km 圆形缓冲区内路网长度与区域面积之比	高德 POI 数据
	居住地周边公交站密度	连续变量	Bus	以居住地网格质心为中心, 1 km 圆形缓冲区内内的公交站数量	
	居住地周边地铁站可达性	二分类变量	Subway	以居住地网格质心为中心, 3 km 圆形缓冲区内: 1) 无地铁站(NS); 2) 有地铁站(HS)	
出行适宜性	居住地周边休闲设施密度	连续变量	POI	以居住地网格质心为中心, 1 km 圆形缓冲区内休闲设施类 POI 数量	Gong et al., 2020
	居住地周边绿化率	连续变量	Green	以居住地网格质心为中心, 1 km 圆形缓冲区内绿地(即林地、草地和灌木)占比	

和出行适宜性越高, 居民访问公园并开展休闲娱乐活动的可能性和强度越高(Donahue et al., 2018; Zhang et al., 2019; Yang et al., 2022)。多重共线性检验结果表明, 模型所有自变量之间均不存在严重的多重共线性问题。

2 公园访问行为模式的空间分异特征

2.1 城区居民和郊区居民的差异

图 3 展示了广州市城区居民和郊区居民公园访问行为模式的差异。曼-惠特尼 U 检验结果表明, 城区居民和郊区居民的公园访问频率、平均逗留时间、访问强度和家-公园平均距离均存在显著差异。相比于郊区居民, 城区居民访问公园更频繁, 在公园逗留的时间更长, 访问公园的强度更大, 且居住地与公园的距离更近。具体而言, 城区和郊区居民的公园访问频率并不高, 大部分居民的公园访问频率都低于每周 1 次。其中, 郊区居民中偶发性公园游客占比更高, 超过 75% 的访客在 3 周内仅访问了公园 1 次, 而城区有更多的规律性公园游客, 10% 以上的访客保持了周均 1 次或以上的公园访问频率, 且他们在公园的逗留时间也要略长

于郊区居民。同时, 郊区居民的公园访问强度显著低于城区居民, 前者的周均访问时间比后者少 10 min 左右。此外, 郊区居民访问公园所需出行距离远大于城区居民。就公园和居民居住地间的平均直线距离来看, 郊区居民比城区居民多 6.43 km。

2.2 空间分异特征

进一步使用 ArcGIS 空间统计工具, 对广州市所有网格单元中 3 周内曾访问公园居民的访问频率、逗留时间、访问强度和家-公园距离的平均值进行热点分析和高低聚类分析(图 4)。公园访问频率为显著高值集聚类型($z=8.640$, $P<0.000$), 呈现 3 个高值集聚区(分别以白云山风景区、海珠湖国家湿地公园和大夫山-滴水岩森林公园为核心)集中位于中心城区, 多个点状小型高值集聚区零星分布于郊区的空间分异格局。公园平均逗留时间同样为显著高值集聚类型($z=8.941$, $P<0.000$), 呈现高值集聚区在中心城区连片分布, 多个点状小型高值集聚区零星分布于郊区的空间分异格局。公园访问强度的高值集聚程度最高($z=12.174$, $P<0.000$), 其高值集聚区的空间分布格局与公园访问频率相似。与前 3 个变量相反, 家-公园距离的平均值为

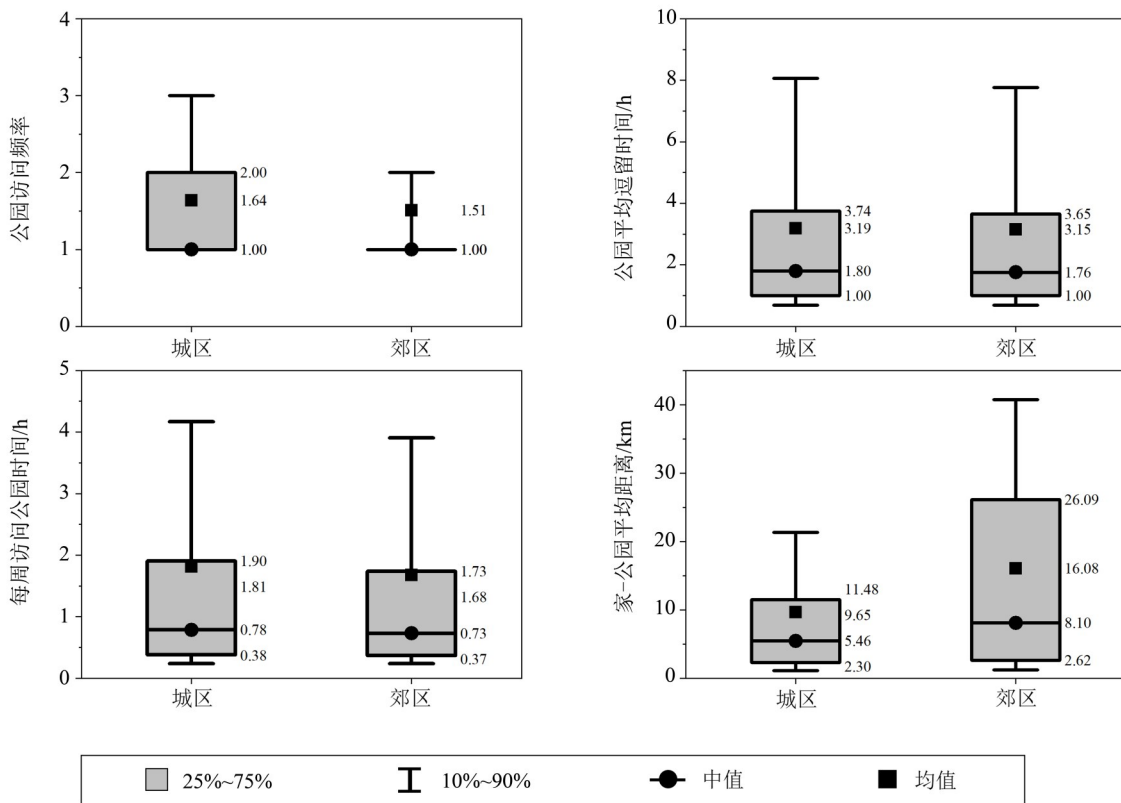


图3 城区居民和郊区居民公园访问行为特征的箱型图

Fig. 3 Boxed plot of the park visits of urban residents and suburban residents

显著低值集聚类型($z=-24.041, P<0.000$), 呈现城区大部分地区为连片分布的低值集聚区, 花都区、增城区和南沙区有零星低值集聚区的空间分异格局。由此可知, 居住于城区和郊区不同区域的居民的公园访问行为存在显著的差异。

3 城区居民和郊区居民公园访问行为模式的影响因素

使用多元线性回归和负二项回归估计城区各项因素对城区居民和郊区居民的公园访问频率、公园平均逗留时间、公园访问强度和家-公园平均距离的影响(表2)。人口因素对不同区位居民的影响较为一致, 其差异性影响主要体现在公园平均逗留时间方面。男性的公园访问频率和家-公园距离均显著高于女性, 但女性的公园逗留时间和访问强度均显著高于男性。随着年龄增长, 居民访问公园的频率和强度均显著提高, 且更倾向于访问离家更近的公园。公园平均逗留时间与年龄的关系在城区居民和郊区居民之间呈现出差异: 郊区居民的公园逗留时长与其年龄不相关, 城区居民在公园逗留时间较长的年龄段是19~39岁和60岁及以上。

在空间约束性方面, 无论在城区还是郊区, 无空间约束型居民的公园平均逗留时间最长, 公园访问强度最高。在城区, 被动空间约束型居民的公园访问频率低于自我空间约束型居民, 但前者的公园平均逗留时长和家-公园平均距离高于后者。在郊区, 没有证据表明被动空间约束型居民的公园访问频率与自我空间约束型居民存在显著差异, 但前者的公园平均逗留时间少于后者且家-公园平均距离长于后者。在时间约束性方面, 相比于低时间约束型的城区居民, 高时间约束型城区居民的公园访问频率更高, 公园逗留时间更少, 访问强度更低, 出行距离更短。不同的是, 没有证据表明郊区居民的公园访问行为与其时间约束存在显著关联。

不同社会经济地位的群体访问公园的行为存在异质性。在城区, 本地居民具有更长的公园逗留时间和出行距离, 所在社区房价高的居民公园访问频率和访问强度更低, 访问距离更短。在郊区, 本地居民的出行距离更短, 且其与移民在公园逗留时间上的差异不显著, 所在社区房价更高和平均受教育水平更低的居民公园访问频率、逗留时间和访问强度更高。此外, 本地居民和所在

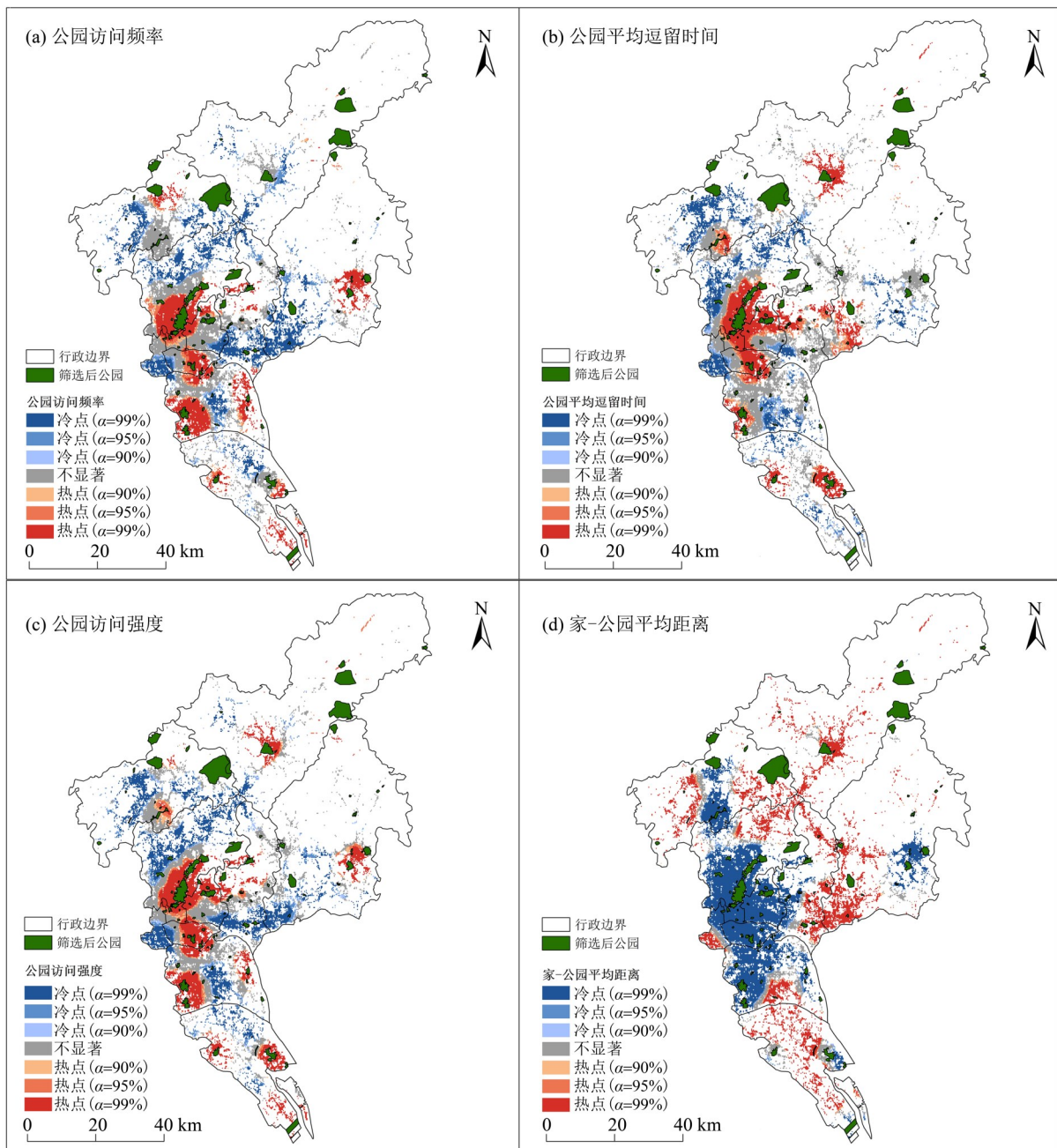
图4 公园访问行为热点分析 (α 为置信度)

Fig. 4 Hotspot analyses of park visits

社区受教育程度更低的居民具有更高的公园访问频率和访问强度，所在社区房价更高和平均受教育水平更低的居民出行距离更短。总体而言，没有证据表明社会经济地位低的群体在公园访问上呈现出显著的弱势，但需注意郊区因住房价格差异而导致的居民公园访问行为差异。

公园可达性的提升能够鼓励居民访问公园。无论在城区还是郊区，随着居民居住地到最近公园距离的减少，居民的公园访问频率、逗留时间和访问强度均显著提升，所访问公园与家的距离

显著下降。其中，当最近公园距离从300 m以内增加到300~500 m时模型发生率比和回归系数的变化量最大，说明在家周边5 min步行圈内建设公园对鼓励居民访问公园的边际效益最大。对比1、3和10 km三个路网距离范围内公园面积变化对居民公园访问行为的影响发现，在城区，仅在3 km路网距离范围内公园面积的增加，能均对公园访问频率、逗留时间和访问强度3个因变量产生积极影响，并减少公园访问距离。而在郊区，仅在1 km路网距离范围内公园面积的增加，能同时增加居

表 2 居民公园访问行为模式影响因素的回归分析结果¹⁾
Table 2 Results of regression analysis of factors influencing park visit patterns

回归分析		负二项回归				多元线性回归			
		公园访问频率		公园平均逗留时间		公园访问强度		家-公园平均距离	
指标		城区	郊区	城区	郊区	城区	郊区	城区	郊区
		(IRR)	(IRR)	(β)	(β)	(β)	(β)	(β)	(β)
Gen (ref:M)	F	0.982** (0.003)	0.977** (0.008)	0.028** (0.002)	0.024** (0.004)	0.019** (0.002)	0.013** (0.004)	-0.009** (0.002)	-0.012** (0.005)
	Age1	1.003 (0.014)	0.991 (0.023)	-0.007** (0.006)	0.003 (0.013)	-0.005** (0.008)	0.003 (0.015)	-0.003 (0.007)	0.000 (0.017)
Age (ref:Age2)	Age3	1.039** (0.004)	1.017 (0.009)	0.001 (0.002)	-0.002 (0.004)	0.012** (0.002)	0.004 (0.005)	-0.019** (0.002)	-0.020** (0.005)
	Age4	1.062** (0.005)	1.042** (0.011)	-0.006** (0.002)	-0.004 (0.005)	0.010** (0.003)	0.004 (0.006)	-0.022** (0.003)	-0.025** (0.006)
	Age5	1.145** (0.006)	1.071** (0.014)	-0.006** (0.003)	0.007 (0.006)	0.017** (0.003)	0.016** (0.007)	-0.023** (0.003)	-0.026** (0.008)
	Age6	1.252** (0.009)	1.139** (0.020)	0.003 (0.004)	0.007 (0.009)	0.026** (0.005)	0.016** (0.011)	-0.032** (0.005)	-0.014** (0.012)
SC (ref:ASC)	PSC	0.933** (0.012)	0.954 (0.025)	0.01* (0.005)	-0.016* (0.011)	-0.001 (0.006)	-0.019 (0.013)	0.013** (0.006)	0.033** (0.015)
	USC	1.000 (0.009)	1.043* (0.017)	0.08** (0.004)	0.041** (0.008)	0.067** (0.005)	0.042** (0.009)	0.029** (0.005)	0.027** (0.010)
TC (ref:LTC)	HTC	1.067** (0.011)	1.032 (0.021)	-0.039** (0.005)	0.004 (0.009)	-0.023** (0.006)	0.009 (0.011)	-0.019** (0.005)	-0.012 (0.012)
Migrant (ref:MT)	NT	1.032** (0.005)	1.042** (0.008)	0.011** (0.002)	0.005 (0.004)	0.016** (0.002)	0.017** (0.004)	0.029** (0.002)	-0.039** (0.005)
Edu		0.972** (0.002)	0.982** (0.003)	-0.003 (0.001)	-0.022** (0.001)	-0.018** (0.001)	-0.031** (0.002)	0.021** (0.001)	0.051** (0.002)
House		0.996** (0.001)	1.058** (0.009)	-0.002 (0.001)	0.031** (0.004)	-0.006* (0.001)	0.042** (0.005)	-0.004* (0.001)	-0.011* (0.005)
Dis (ref:Dis4)	Dis1	1.181** (0.006)	1.078** (0.015)	0.080** (0.003)	0.057** (0.007)	0.094** (0.003)	0.06** (0.008)	-0.271** (0.003)	-0.189** (0.009)
	Dis2	1.101** (0.008)	1.015 (0.021)	0.038** (0.003)	0.052** (0.009)	0.043** (0.004)	0.049** (0.011)	-0.145** (0.004)	-0.115** (0.012)
	Dis3	1.091** (0.005)	1.057** (0.013)	0.040** (0.002)	0.051** (0.006)	0.052** (0.003)	0.054** (0.007)	-0.167** (0.003)	-0.146** (0.008)
	Dis5	0.946** (0.006)	0.946** (0.0120)	-0.007** (0.002)	-0.042** (0.005)	-0.018** (0.003)	-0.046** (0.006)	0.124** (0.003)	0.131** (0.007)
	Dis6	0.910** (0.007)	0.922** (0.0130)	-0.012** (0.004)	-0.043** (0.006)	-0.022** (0.004)	-0.052** (0.007)	0.148** (0.004)	0.202** (0.008)
	Dis7	0.769** (0.024)	0.988 (0.020)	-0.018** (0.009)	-0.001 (0.009)	-0.024** (0.011)	0.001 (0.011)	0.090** (0.011)	0.190** (0.012)
	1kA		0.999** (0.000)	1.002** (0.000)	-0.003 (0.000)	0.027** (0.000)	-0.012** (0.000)	0.036** (0.000)	-0.008** (0.000)

续表

回归分析		负二项回归				多元线性回归			
3kA		1.006**	0.999	0.052**	0.016**	0.063**	0.016**	-0.040**	-0.012**
		(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
10kA		0.999*	1.001**	-0.028**	-0.017**	-0.025**	-0.013**	-0.024**	0.013**
		(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Road		0.999**	0.998**	0.008*	0.008	0.002	-0.022*	-0.113**	0.107**
		(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Bus		0.994**	1.001	-0.009**	-0.008	-0.022**	-0.002	0.070**	-0.024**
		(0.000)	(0.001)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Subway (ref: NS)	HS	0.942**	0.965**	-0.001	0.012**	-0.014**	0.007	-0.006**	0.003
		(0.004)	(0.012)	(0.002)	(0.005)	(0.002)	(0.006)	(0.002)	(0.007)
POI		1.001**	1.004**	0.017**	-0.009	0.020**	0.004	0.030**	-0.100**
		(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
Green		1.074**	0.913**	0.036**	0.027**	0.039**	0.018**	-0.047**	0.066**
		(0.013)	(0.021)	(0.006)	(0.009)	(0.007)	(0.011)	(0.007)	(0.012)
N		268 183	53 983	268 183	53 983	268 183	53 983	268 183	53 983
R ²				0.022	0.025	0.030	0.031	0.225	0.254
Pseudo R ²		0.007	0.004						
AIC		840 164. 273	158 563. 669	249 069. 826	49 388. 512	351 913. 143	68 338. 242	6 319 561. 141	80 001. 238

1) ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$ 。括号内数字为稳健标准误(robust SE), IRR 为发生率比值, β 为标准化回归系数; ref 表示参照组。2 个负二项回归模型的 Prob>chi2 及 6 个多元线性回归模型的 Prob>F 均小于 0.000, 表明模型结果显著。

民的公园访问频率、逗留时间和访问强度, 并减少公园访问距离。郊区居民比城区居民对公园的临近性更为敏感, 这可能是因为郊区交通便捷性较差, 郊区居民的出行成本更高, 居民更倾向于访问距离较近的公园。

出行便利性的提升对于公园访问行为的鼓励作用有限。在郊区, 居住在路网密度更高地区的居民, 其公园访问距离更远, 但公园访问频率和访问强度更低。随着社区地铁可达性的提升, 郊区居民访问公园频率更低但逗留时间更长, 而公交站密度越高, 居民访问公园的距离越近。在城区, 路网密度的增加将降低居民的公园访问距离和访问频率, 但使其逗留时间更长。公交和地铁两种公共交通可达性的提高, 均降低了城区居民的公园访问频率和访问强度, 同时前者对居民的公园逗留时间和访问距离分别产生消极和积极的影响, 后者对居民的公园访问距离产生消极影响。总体来看, 社区的出行便利性提高无益于居民公园访问频率和访问强度的提高, 这可能是由于其提高的同时不仅使得居民能更便捷的访问公园, 也同时提高了居民访问其他休闲场所的便利性, 从而造成了分流, 反而减少了公园的访问。

其中, 城区居民的公园访问行为更易受出行便捷性影响。

出行适宜性的提升将有利于居民公园逗留时间和访问强度的提高。在城区, 休闲设施密度的增加和绿化率的提高都能显著增加居民公园访问频率、逗留时间和访问强度, 同时前者和后者分别对公园访问距离产生积极和消极影响。在郊区, 休闲设施密度的影响较小, 仅对公园访问频率和访问距离分别有积极和消极影响, 对公园逗留时间和访问强度影响不显著; 而绿化率除了对公园访问频率有消极影响外, 对公园逗留时间、访问强度和访问距离都有显著积极影响。由此推测, 休闲设施密度的增加能提升住所外部空间对居民的吸引力, 促使居民产生更多出行, 从而有效提升城区和郊区居民访问公园的频率; 而绿化率的增加则能使得户外环境更为舒适, 增加居民在户外空间的逗留意愿, 从而延长城区和郊区居民的公园逗留时间并增加公园访问强度。

4 结 论

本研究是一项具前瞻性的尝试, 旨在将个体尺度的手机信令数据应用于城市居民公园访问行

为模式的分析,从而为城市公园的规划、建设和管理提供更为精准的决策支持。基于个体尺度的手机信令数据,研究揭示了广州市居民公园访问行为的空间分异特征并识别其影响因素,尤其关注城区居民和郊区居民的差别。主要结论如下:

1)城区居民的公园访问频率、公园访问时长和公园访问强度均高于郊区居民,前者的公园平均访问距离低于后者。

2)公园访问频率、公园访问强度、公园平均逗留时间和公园平均访问距离呈现高值集聚区/低值集聚区在城区连片分布,在郊区零星分布的空间特征。

3)公园访问行为模式受性别、年龄、时空约束性、社会经济地位等个体因素的影响。相较于男性和中青年,女性和老年人有更高的公园访问强度和更短的公园访问距离。女性比男性有更长的公园逗留时间和更低的公园访问频率。老年人比中青年访问公园的频率更高。无空间约束型居民的公园逗留时间和访问强度均大于被动空间约束型居民和自我空间约束型居民。时间约束制约了城区居民的公园逗留时长、访问强度和出行距离,但对郊区居民的公园访问行为模式没有显著影响。没有证据表明社会经济地位低的群体在公园访问上呈现出显著的弱势,但郊区的住房

价格差异将导致居民公园访问行为的差异。

4)公园访问行为模式受社区的公园可达性、出行便利性和出行适宜性等环境因素的影响。公园可达性的增加均能减少城区和郊区居民的公园访问距离。最近公园距离的减少将有效增加城区和郊区居民的公园访问频率、逗留时间和访问强度。居住地周边3和1 km路网距离范围内公园面积的增加,分别对于城区和郊区居民公园访问频率和强度的提升效果最大。出行适宜性的提升能够有效提升居民的公园访问强度,而出行便利性的提升对此并无积极影响。

本研究存在以下几点不足:受到数据可获取性的限制,本研究仅能将250 m×250 m网格的质心判定为手机用户的居住地位置,与实际的家庭地址存在一些偏差;本研究剔除了居民在单个公园网格逗留时间少于30 min的公园访问记录,以及居民访问其居住地/工作地网格内公园的公园访问记录,导致公园游客的规模可能被低估;回归模型没有考虑家庭结构(如有无未成年子女)、家庭经济条件和家庭出行方式(如有无小汽车)等可能影响公园访问行为的个人家庭因素;本研究所使用数据的采集时段仅包含工作日和周末,不包含法定节假日(如五一黄金周),节假日期间居民访问公园的行为模式与工作日和周末可能存在差别。

参考文献:

- 方家,刘颂,王德,等,2017.基于手机信令数据的上海城市公园供需服务分析[J].风景园林,(11):35-40.
- 李斌.2008.环境行为学的环境行为理论及其拓展[J].建筑学报,(2):30-33.
- 李宇坤,刘晔,黄柏石,等,2024.肇庆市老年人口健康水平的人居环境影响因素[J].中山大学学报(自然科学版)(中英文),63(1):45-55.
- 刘颂,杨莹,贾虎,2021.基于手机信令数据的上海市社区公园服务半径及影响因素研究[J].风景园林,28(6):88-93.
- 刘晔,何嘉锐,王若宇,等,2023.城市绿色空间对心理健康的影响:研究进展与展望[J].热带地理,43(9):1747-1759.
- 钮心毅,康宁,2021.上海郊野公园游客活动时空特征及其影响因素——基于手机信令数据的研究[J].中国园林,37(8):39-43.
- 史云贵,2023.以人民为中心的公园城市演进逻辑与绿色治理路径[J].天津社会科学,(5):46-52.
- 苏婷婷,李欢,马嘉,等,2023.公园城市理念下的城乡公园体系构建与优化研究——基于国内外实践[J].城市发展研究,30(4):37-41.
- 王志鹏,王薇,邢思懿,2021.城市公园绿地特征和使用方式与人群健康关系研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),45(5):223-231.
- 姚雪松,冷红,魏冶,等,2015.基于老年人活动需求的城市公园供给评价——以长春市主城区为例[J].经济地理,35(11):218-224.
- 朱战强,刘冰,符家颖,2022.邻里绿色空间对休闲性体力活动的影响:个人属性的调节作用——以广州市为例[J].中山大学学报(自然科学版)(中英文),61(6):15-27.
- BEDIMO-RUNG A L, MOWEN A J, COHEN D A, 2005. The significance of parks to physical activity and public health[J]. Am J Prev Med, 28(2):159-168.
- CHEN S, CHRISTENSEN K M, LI S, 2019. A comparison of park access with park need for children: A case study in Cache County, Utah [J]. Landsc Urban Plan, 187:119-128.

- CHIESURA A, 2004. The role of urban parks for the sustainable city[J]. *Landsc Urban Plan*, 68(1): 129–138.
- DONAHUE M L, KEELER B L, WOOD S A, et al, 2018. Using social media to understand drivers of urban park visitation in the Twin Cities, MN [J]. *Landsc Urban Plan*, 175: 1–10.
- GONG P, CHEN B, LI X, et al, 2020. Mapping essential urban land use categories in China (EULUC-China): Preliminary results for 2018[J]. *Sci Bull*, 65(3): 182–187.
- GU X, LI Q, CHAND S, 2020. Factors influencing residents' access to and use of country parks in Shanghai, China[J]. *Cities*, 97: 102501.
- GUO S, YANG G, PEI T, et al, 2019. Analysis of factors affecting urban park service area in Beijing: Perspectives from multi-source geographic data [J]. *Landsc Urban Plan*, 181: 103–117.
- HEGETSCHWEILER K T, VRIES S, ARNBERGER A, et al, 2017. Linking demand and supply factors in identifying cultural ecosystem services of urban green infrastructures: A review of European studies[J]. *Urban For Urban Green*, 21: 48–59.
- LI F, LI F, LI S, et al, 2020. Deciphering the recreational use of urban parks: Experiments using multi-source big data for all Chinese cities [J]. *Sci Total Environ*, 701: 134896.
- LIANG H, ZHANG Q, 2021. Temporal and spatial assessment of urban park visits from multiple social media data sets: A case study of Shanghai, China[J]. *J Clean Prod*, 297: 126682.
- MCINTIRE R K, HALSTEAD T, DAJEE D, et al, 2022. Disparities in neighborhood park access among adults in Philadelphia[J]. *Urban For Urban Green*, 78: 127790.
- ROSSI S D, BYRNE J A, PICKERING C M, 2015. The role of distance in peri-urban national park use: Who visits them and how far do they travel? [J]. *Appl Geogr*, 63: 77–88.
- SCHIPPERIJN J, EKHOLM O, STIGSDOTTER U K, et al, 2010. Factors influencing the use of green space: Results from a Danish national representative survey [J]. *Landsc Urban Plan*, 95(3): 130–137.
- WRIGHT WENDEL H E, ZARGER R K, MIHELICIC J R, 2012. Accessibility and usability: Green space preferences, perceptions, and barriers in a rapidly urbanizing city in Latin America [J]. *Landsc Urban Plan*, 107 (3) : 272–282.
- XIAO Y, WANG D, FANG J, 2019. Exploring the disparities in park access through mobile phone data: Evidence from Shanghai, China[J]. *Landsc Urban Plan*, 181: 80–91.
- YANG H, ZHANG Q, HELBICH M, et al, 2022. Examining non-linear associations between built environments around workplace and adults' walking behaviour in Shanghai, China[J]. *Transp Res Part A: Policy and Pract*, 155: 234–246.
- ZHANG J, TAN P Y, 2019. Demand for parks and perceived accessibility as key determinants of urban park use behavior[J]. *Urban For Urban Gree*, 44: 126420.
- ZHANG S, ZHOU W 2018. Recreational visits to urban parks and factors affecting park visits—Evidence from geo-tagged social media data [J]. *Landsc Urban Plan*, 180: 27–35.

(责任编辑 秦社彩)