

基于活力视角的城市公园人群时空分布特征研究 ——以苏州中心城区为例

Study on Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Urban Park Population from the Perspective of Vitality: Taking the Central Urban Area of Suzhou as an Example

胡昕宇 李婷婷
HU Xinyu LI Tingting

(南京林业大学风景园林学院, 南京 210037)
(College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu, China, 210037)

文章编号: 1000-0283(2022)07-0090-08
DOI: 10. 12193/j. laing. 2022. 07. 0090. 011
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2021-03-05
修回日期: 2022-06-01

摘 要
城市公园承担改善人居环境, 提升城市空间品质的功能, 部分城市公园使用效率低、全天活力不足等现状问题引发了关于如何切实提升城市公园品质并满足人群游憩需求的思考。人及其活动是城市公园活力的使用主体与外在表征, 手机信令数据的实时性、规模化等优势特性让定量分析城市空间人群行为特征、把握空间活力本质成为可能。选取苏州中心城区 23 个城市公园, 基于活力视角分析城市公园人群时空特征; 采用时空间分析法, 以人群规模、人群密度作为测度城市公园活力高低的直接指标, 由此得到 4 种活力模式; 并在此基础上借助 SPSS 分析工具进行城市公园活力与影响要素相关性分析; 最终提出城市公园建设应重点考虑周边建筑人群等要素, 进行复合式开发和关注公园节点设计, 以期全方位提升公园活力。
关键词
城市公园; 空间活力; 时空行为; 苏州

Abstract
Urban parks aim to improve the living environment and the quality of urban space. However, some urban parks are inefficient in use and lack vitality throughout the day, which leads to thinking about how to effectively improve the quality of urban parks and meet people's leisure and recreation needs. People and their activities are the main body and external representation of the vitality of urban parks. The real-time and large-scale advantages of mobile signaling data make it possible to quantitatively analyze the behavior characteristics of the urban spatial population and grasp the essence of spatial vitality. Twenty-three urban parks in the central urban area of Suzhou were selected to analyze the temporal and spatial characteristics of the urban park population from the perspective of vitality. Four vitality models are obtained using the time-space analysis method, taking the population size and population density as the direct indicators to measure the vitality of urban parks. With the help of SPSS analysis tools, the correlation between the vitality of urban parks and the influencing factors is analyzed. Finally, it is proposed that the construction of urban parks should focus on the surrounding building crowd and other factors, carry out compound development and pay attention to the park node design to enhance the park vitality in an all-around way.
Keywords
urban parks; spatial vitality; spatiotemporal behavior; Suzhou

胡昕宇
1987 年生 / 女 / 安徽芜湖人 / 博士 / 副教授 /
研究方向为城市高密度城区人居环境
李婷婷
1995 年生 / 女 / 安徽铜陵人 / 在读硕士研究生 /
研究方向为城市公园活力

城市公园作为长久为人群提供高质量公共健康服务的绿色基础设施及城市重要空间, 其景观建设水平与功能提升对于城市发展具有重要意义^[1-3]。面对当前部分城市公园建设与人群实际需求不相适应而导致的公园使用不均、活力不足等问题, 国内城市公园建设积极响应高质量发展理念倡导的迫切需要, 正逐步由注重建设数量转为重点关注公园建

设品质, 以满足人群需求为工作落脚点。既有城市空间活力研究主要聚焦于活力提升理论、活力提升实践及活力评价三方面。如蒋涤非^[4]、张佩沛^[5]对城市活力的内涵及外延、活力提升原则等进行了具体阐述, 为城市空间活力营造奠定一定理论基础; 韩龙玫^[6]结合具体实践项目, 剖析场地现存问题, 提出对应改造措施; 而在活力评价方面, 冯莹^[7]梳理理论研究及典型案例, 提取与城市滨水空间活力相关因子, 构建生态导向的滨水空间活力多维评价体系与方法, 提升改造策略针对性。

同时, 受益于信息技术手段的提升, 基于大数据的分析方法弥补了传统数据获取中不存在的人力耗费、样本量少、时间间断等弊端, 为城市公园人群活动的精细化、量化研究提供了可能性^[8]。如利用手机信令等定位数据量化分析使用者的空间分布与行为轨迹特征并揭示影响人群行为的空间影响要素; 通过网络媒体数据反映人群职业特征与个人爱好倾向从而提供精准化、人性化定向服务; 基于公交、地铁刷卡数据分析人群出行方式选择并提升公共服务质量与水平等^[9-12]。大数据的广泛应用为由服务提供者转向服务满足者的以人为本的公园建设理念的落实注入了充沛动能。

研究基于公园活力提升视角, 借助获取的手机信令数据, 整体分析苏州中心城区城市公园人群时空行为与公园及周边环境要素的关系, 旨在真实展现并探讨公园人群公园人群分布特征, 为城市公园研究、规划设计提供一定经验依据及启发。

1 相关概念与研究对象

1.1 “空间活力”概念界定

梳理“空间活力”相关定义可知既有研究主要从空间使用者视角出发, 认为人及其

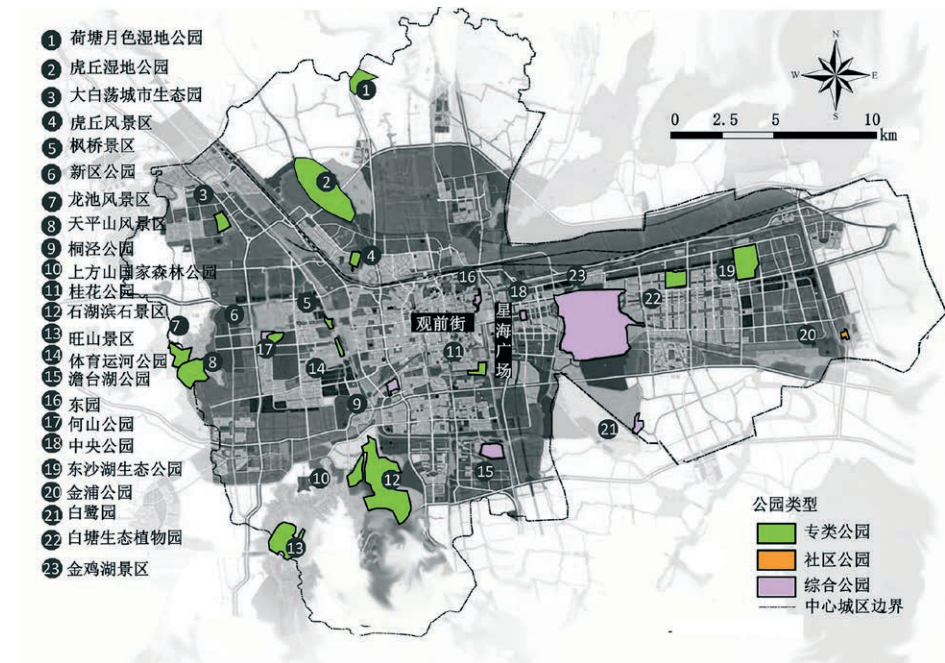


图1 研究对象
Fig. 1 Study objects

活动是空间活动主体与外在表征, 物理环境承担活动物质载体功能并影响活动行为。如凯文·林奇^[13]提出城市活力应当是“一个空间聚落形态所能达到的对于生态要求、生命机能和人类行为的支持程度”。扬·盖尔^[14]认为人群在空间展开的一系列活动是决定城市空间活力的根本要素。蒋涤非^[4]在《城市形态活力论》中提出城市空间对周边产业、服务业活动和人群居住行为等均能产生吸引, 并将空间活力划分为“文化活力、经济活力、社会活力”。据此, 文章将“空间活力”定义为满足城市各类人群日常活动需求和心理需求的程度及吸引人群的能力。

1.2 研究对象

苏州中心城区是苏州政治、经济和文化中心。该片区用地功能多元、人口稠密、公共资源丰富, 易产生人群聚集。中心城区空

间系统结构基本合理、生态功能趋于稳定、城市公园功能多样, 因而可作为城市空间活力研究的典型区域。

由于无法精确识别面积较小的街头公园或广场公园实际到访人数, 本文研究对象重点关注中心城区内规模较大的城市公园, 即公园面积大于10 hm²的苏州市中心城区公园, 共计23处(图1)。同时依据《苏州市城市绿地系统规划(2017-2035)》对城市公园进行分类, 包括综合公园6处, 占比26%; 社区公园1处, 占比4%; 专类公园16处, 占比最大为70%。

2 研究方法

2.1 时空分析

公园活力是对公园活跃状态的客观描述, 人及其活动是公园活力的产生对象与外在表征。基于这一假设, 分析空间人群

行为在时间空间维度上的特征,并将人群规模、人群密度作为测度城市公园活力高低的直接指标。目前已有相关学者基于此作深入研究,如王鲁帅等^[15]利用手机信令数据,从时空维度出发分析上海黄浦江滨水区人群分布特征;代鑫等^[16]以上海商业中心为例,归纳出人群活动的4种分布模式;王德^[17]等基于手机信令数据计算得到的人群密度值,分析上海不同等级商业中心人群的时空分布特征等。本文采用时空分析探究多维度下城市公园人群时空活力特征具有可说服力。

其中,时间维度分析指公园人群活力随时间波动所产生的变化特征。基于获取的手机信令数据,以1h为时间切片,计算23个城市公园在6:00-23:00各个时段的公园人群密度,分析各时间点公园活力强度特征。具体计算见公式(1)、(2)。

$$M_x = \frac{Sum_x}{S} \quad (1)$$

$$Mr = (M_{x+1} - M_{x-1})/2 \quad (2)$$

公式(1)中, M_x 为公园某时段人群活力, Sum_x 表示该日公园在 x 时的人群数量, S 表示该公园用地面积;公式(2)中, Mr 为人群密度转折点, M_{x+1} 、 M_{x-1} 表示 $M+1$ 、 $M-1$ 时刻人群密度。

空间维度分析旨在探究公园人群密度在空间不同区位的分布特征。结合ArcGIS平台,计算各个公园时均人群密度,见公式(3)。通过自然断裂法对23个公园人群密度进行可视化显示。

$$M = \frac{(Sum_6 + Sum_7 + Sum_8 + \dots + Sum_{23})}{S * 18} \quad (3)$$

公式(3)中, M 为公园时均人群密度, Sum_6 表示该日公园在6时的人群数量,以此类推, S 表示公园的用地面积。

2.2 数据来源与处理

手机数据(MPD)即通过获取手机用户与发射站之间的通信数据,确定手机用户在空间上的具体位置及其相关状态信息。目前,手机信令以其高样本量、高精度、高实时性优势在城市人群空间分布研究中已得到广泛应用。如龙瀛等^[18]基于POI数据进行城市街区功能分类,利用手机信令数据进行街区人群密度的测算并量化比较不同类型街道空间活力特征;王德等^[17]基于手机信令数据,运用空间分布可视化及指标法来量化研究人群的空间分布特征等。

本研究所用数据主要包括手机信令数据,包括匿名加密手机终端ID、信令发生时间、信令发生时服务基站、区域分布人群等信息。数据空间范围为苏州中心城区城市公园。时间范围为2017年7月23日(星期三,排除假期对工作日的干扰)6:00-23:00共计18个时段(非睡眠阶段)。该数据考虑天气因素干扰选择了晴好天气,同时排除用户同一时段出现在多个基站服务区的影响,数据总体而言相对可靠。

3 城市公园活力时空分析

3.1 城市公园活力时间波动特征

3.1.1 城市公园活力整体时间波动特征

计算苏州市中心城区23个城市公园6:00-23:00人群密度(图2),观察其整体时段变化:(1)公园活力整体波动呈平缓态势。根据公园各小时人群密度变化曲线得到一个活力转折点19:00,即该时间点前后人群密度变化大,其变化率为0.59人/h。以该数值转折点为分界点,根据公园活力整体波动趋势将其划分为两个时间阶段,其中6:00-19:00是公园活力缓慢波动上升阶段,19:00-23:00公园活力急速下降并归于沉寂。(2)公园活力呈

三峰式波动。公园活力密度存在11:00、15:00、19:00三个公园活力峰值,其数值高于一日内时均人群密度7人/hm²,分别为8人/hm²、8人/hm²、9人/hm²,且夜间19:00是城市公园一日活力最高值。

3.1.2 单个城市公园活力时间波动特征

从城市公园人群规模(图3)及人群密度(图4)两方面具体比较分析各公园活力时间波动特征。(1)整体而言,公园人群规模与人群密度波动态势呈一致性变化特征。整体波动趋势趋向平缓,除金鸡湖景区、虎丘山风景名胜,受日间游客量等因素影响,人群规模与人群密度波动起伏变化大。(2)具体来看,各公园活力高峰时段有早晚高峰、日间高峰、晚间高峰之分。如金鸡湖景区晚间活力高于日间,活力聚集时段为17:00-21:00。该公园夜景设施丰富,活动人群多为外来游客,活动需求以旅游、观光等为主,因而实际人群流量和发展态势稳定。而虎丘山风景名胜区等专类公园,自然景观优质,日间游客人群充足,因而公园日间9:00-17:00为活力高值时间段。此外,金浦公园等服务对象以周边社区居民为主,人群活动以锻炼、休憩为主要方式,早晚活力最高,活力聚集时段为早间6:00-9:00、日间14:00-18:00。(3)虎丘山风景名胜区在一日人群密度、人群规模上均为高值。整体活力高峰时段聚集于夜间及日间。时均人群规模为888人,峰值、极值数分别为14:00的时均人群规模469人,时均人群密度137人/hm²。景区知名度高,周边商业用地、居住用地混杂,服务设施丰富,因而活动人群多为本地居民及外来游客等。这表明人群活动可能受周边用地性质、服务设施、景观条件影响。

3.2 城市公园活力的空间分布特征

3.2.1 城市公园活力整体空间分布特征

计算城市公园时均人群规模及人群密度,借助ArcGIS平台进行空间显示,以公园时均人群规模927人与时均人群密度7人/hm²为界,划分为高、低公园人群规模及高、低公园人群密度,整体分析城市公园活力空间分布特征。(1)在人群规模上(图5),高人群规模公园主要分布于中心城区中心区域(观前街、星海广场为城市中心区域)和北部(金鸡湖景区、虎丘山风景名胜区、桂花公园等)。低人群规模公园主要分布于南部,如上方山国家森林公园、石湖滨石景区等。(2)人群密度呈现城区中心区域高值,城区周边低值分布特征(图6)。高人群密度公园以综合公园、居住区公园为主,主要分布于中心城区内部姑苏区、吴中区、工业园区等区域。此类公园面积小,如东园、桐泾公园、桂花公园,人群密度为75人/hm²、19人/hm²、10人/hm²。同时由于靠近区域中心,用地性质以商业用地、居住用地为主,空间功能多复合、交通便捷、人群流量充足,因而人群密度大。低密度公园多为风景区等专类公园,散布于城区中心区域周边,如东沙湖生态公园、虎丘山风景名胜区等。距中心城区中心区域(观前街、星海广场)远,周边用地功能单一。此外,虎丘山风景名胜区等知名旅游胜地,受山水资源,文化等元素影响,游客量大,但由于面积过大,因而人群密度也较低。据此可推测,公园活力差异与自身景观资源、地理位置、人流量大小、面积等可能存在相关性。

3.2.2 基于最小分配单元的活力空间分布特征

借助ArcGIS泰森多边形工具得到公园分配单元共252块,具体分析城市公园内部人

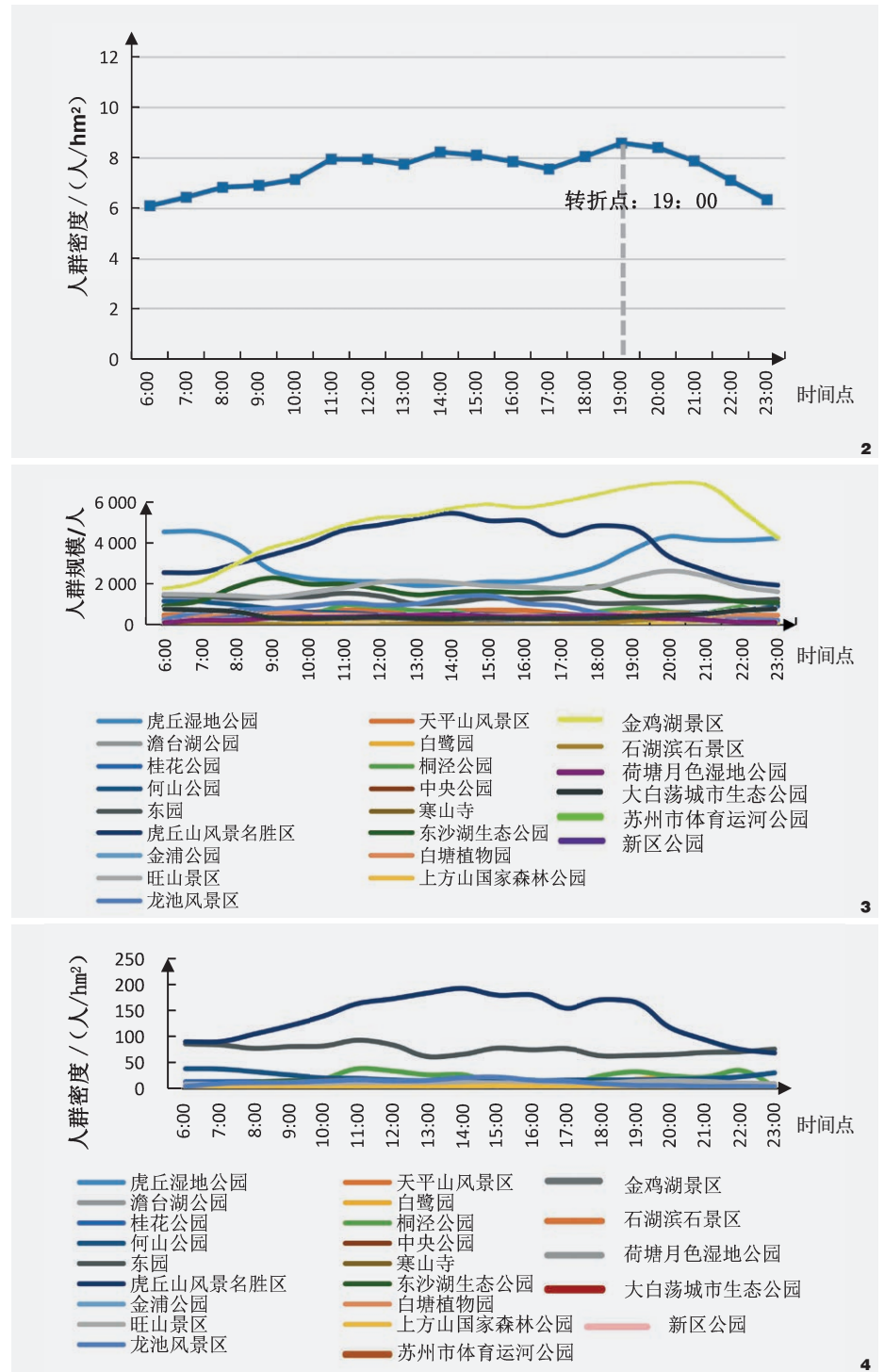


图2 各公园整体人群密度时间波动图

Fig. 2 Time fluctuation diagram of overall population density in each park

图3 单个公园人群规模时间波动图

Fig. 3 Time fluctuation diagram of population size in a single park

图4 单个公园人群密度时间波动图

Fig. 4 Time fluctuation of population density in a single park

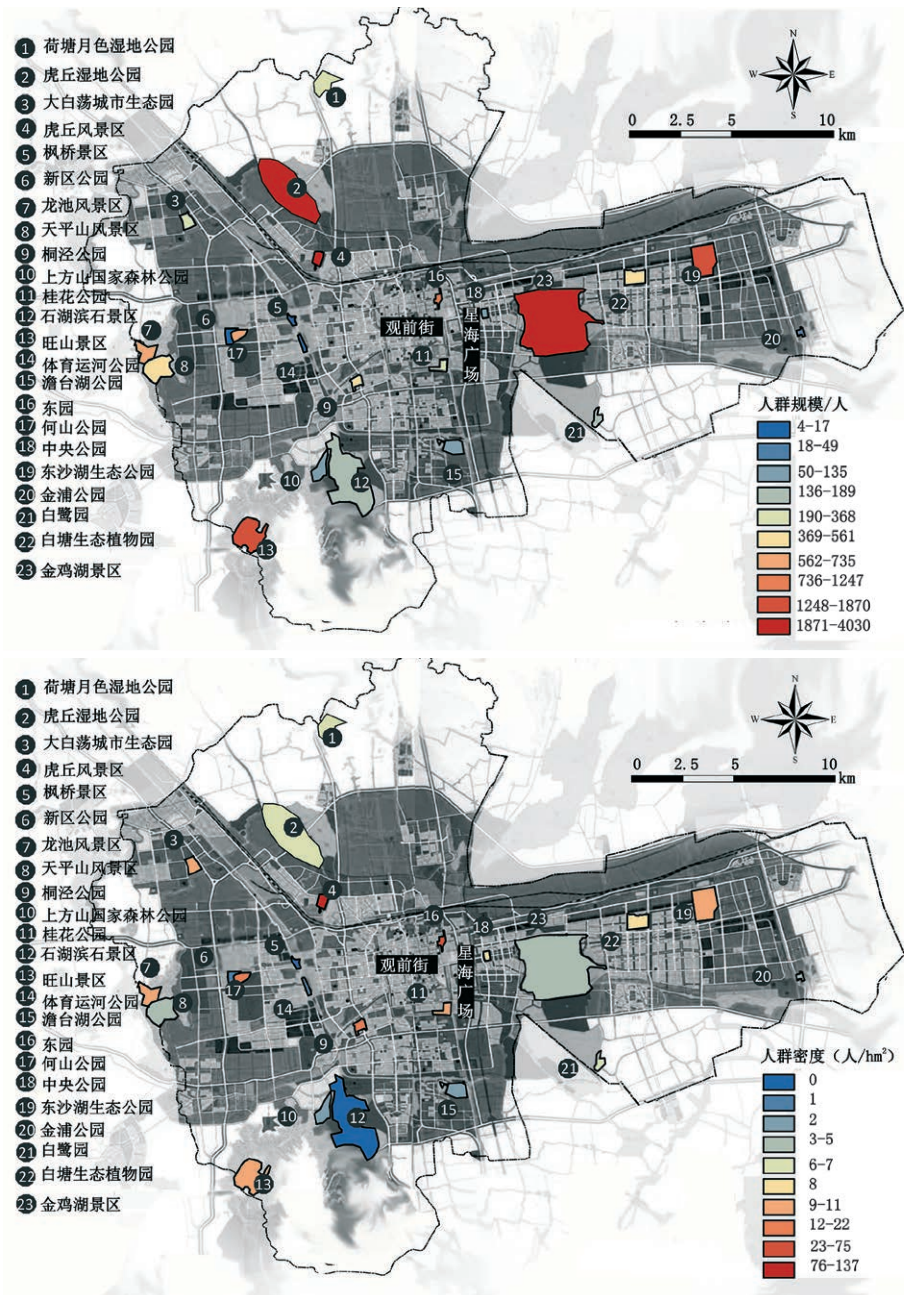


图5 各公园整体人群规模空间分布图
Fig. 5 Spatial distribution of the overall population size of each park
图6 各公园整体人群密度空间分布图
Fig. 6 Spatial distribution of overall population density in each park

群规模及密度差异特征。由图7、图8可知，
(1) 人群规模与人群密度空间位置分布存在相似性。高人群规模区域分布在金鸡湖景区东部、西部，虎丘山北部、桐泾公园、桂

花公园等处，而高人群密度区域分布与其存在一致性。(2) 公园内部高热活力区域受周边环境的影响，且其覆盖范围与公园自身面积大小相关。面积较大公园内部高热活力受周

边用地性质、公共设施等要素影响，沿公园周边呈线状、环状分布；面积较小公园内部高热活力覆盖公园全部，如金鸡湖景区东南部，周边多为商业、居住用地，设施丰富，为公园提供稳定人流，面积约1 150 hm²，高热活力区环湖呈线状分布，而中间为湖泊区域，公园活力呈低值状态。面积较小者如桐泾公园，其面积约为20 hm²，周边以居住用地为主，用地复合，设施完善，人流量稳定，公园高热活力区域覆盖整个公园。

3.3 城市公园活力时空特征差异分型

结合苏州中心城区23个城市公园人群时空分布特征可知，各公园人群行为复杂性和多样化受公园周边要素及自身环境特征影响。以公园人群规模及人群密度为横纵轴，构建活力矩阵图，进行城市公园活力模式分型，可得到高总量高密度型、高总量低密度型、低总量高密度型、低总量低密度型4类(图9)，占比分别为17%、18%、4%及61%。

高总量高密度型与高总量低密度型均指该公园人群规模高于公园整体时均人群规模927人，但公园人群密度分别高于或低于公园总体时均活力密度7人/hm²。其中，高总量高密度型公园有东园、桐泾公园、桂花公园、虎丘山风景名胜。此类公园距离城区中心近，承载的活动类型丰富，周边用地功能多样，基础设施较为完善，交通便利，有较为稳定的人群基础。居民以锻炼、慢跑等晨练活动类型为主，因此在健身器材及健身场地布置上应多加考虑。高总量低密度型公园有虎丘湿地公园、金鸡湖景区、旺山景区等。公园类型多为专类公园，日间活力高。由于距城区中心区域较远，景区知名度高，活动人群多以游客为主，人群基础较为广泛，有稳定的人群流量和发展态势，但公园面积

大, 公园人群密度低。

低总量高密度型与低总量低密度型均指该公园人群规模低于公园总体时均人群规模, 但公园人群密度分别高于或低于公园总体时均人群密度。其中, 低总量高密度型如历史园林专类公园中的何山公园, 占地面积小, 公园内部多为绿植, 活动人群以少量游客为主。低总量低密度型占公园总量最大, 为61%。代表公园有龙池风景区、荷塘月色湿地公园、上方山国家森林公园等。该类距离主城区较远, 交通不便, 且基础设施不完善, 人群基础不足。这充分说明城市公园活力可能受到公园内部功能与外部交通条件、公共设施等因素影响。因而, 提升现有公园全天候活力极具必要性, 可结合市民生活方式的演变, 提供更符合现代人早午晚间健康需求的活动空间类型。

4 城市公园活力与影响因子耦合分析

基于上文, 选取并量化公园活力影响因子, 旨在明晰公园人群行为内在机制。查阅相关文献可知, 既有学者关于城市公共空间活力指标选取角度主要从空间内部环境物质组成要素与外部影响因素入手, 分一二级或多级指标进行影响因子的筛选与归纳, 从而完成空间活力的量化解析。如刘颂等^[19]从城市滨水空间特征、可达性、周边环境特征三个角度筛选活力影响因子; 丁志凡^[20]将活力指标分为滨水外部空间影响要素和滨水内部空间结构影响要素; 臧玥^[21]将城市滨水空间的物质环境要素归纳为水、岸、堤、路、桥、建筑6个层面, 并据此选取绿地水流形状、岸线类型、建筑开发强度、交通可达性与步行系统、集散广场特征等指标。因而本节城市公园活力影响指标选取主要从公园周边环境特征和内部特征出发选取9类指标, 并基

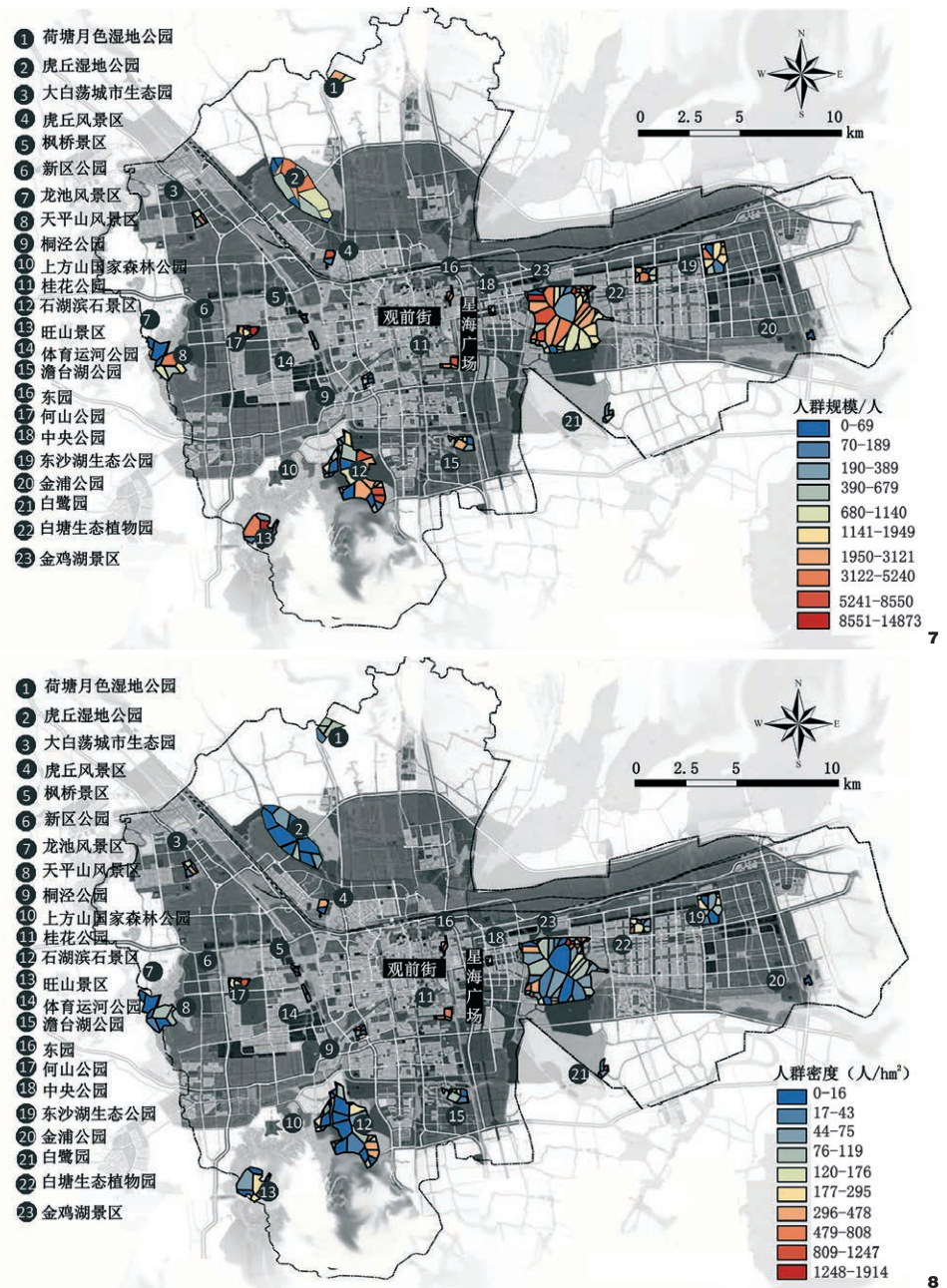


图7 最小分配单元下人群规模空间分布图
Fig. 7 Spatial distribution of population size under the minimum allocation unit

图8 最小分配单元下人群密度空间分布图
Fig. 8 Spatial distribution of population density under the minimum distribution unit

于上文时空间分析所得城市公园活力可能性影响要素指标, 采用SPSS分析软件中Pearson相关分析法量化分析城市公园人群密度与城市公园活力影响因子相关性。

由表1可知:(1) 对于周边环境特征而言, 居住人群密度影响因子与公园活力强度关联性最高, 相关程度为中度正相关相关性系数为0.49。越靠近城市中心、人口越密集

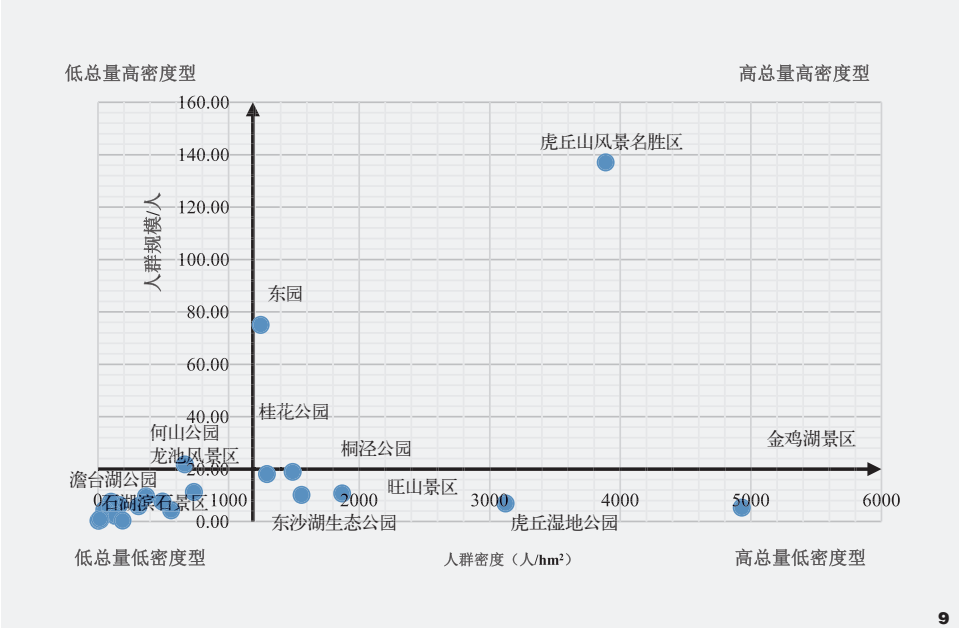


图9 时空维度下公园活力矩阵图 (注: 选取典型公园进行部分显示)
Fig. 9 Park vitality matrix under the spatial dimension

的区域公园使用频率较高。周边空间中建筑规模、容积率、设施量影响因子与公园活力强度呈中度相关, 相关系数分别为0.45、0.35、0.31。这说明完善的服务设施、高建设规模有助于促进公园活力的提升, 便利、多元的城市生活氛围会增加人们公园出行的意愿,

而交通条件指标不会显著影响公园使用。周边公交车站和地铁站的数量指标也并非显著性影响因素, 这说明人们出行公园会首先选择离居住地较近且步行可达的公园, 较少用到公共交通。(2) 对于公园自身环境特征而言, 公园面积与公园活力呈负相关, 相关系

数为0.27, 小型公园反而更受居民欢迎。此外, 公园内部设施密度相关系数0.24, 内部设施也会对公园活力起到一定影响。

5 结论与讨论

人群是城市公园活力产生的基础, 城市公园各类环境能否满足人群需求决定公园活力高低。本文从活力视角入手, 基于手机信令数据定量比较分析各公园活力时空分布特征差异及内在规律, 归纳4种公园活力模式。综合上述研究现得出如下结论:

(1) 城市公园选址规划需考虑多种影响因素, 需重点关注周边空间如建筑、设施等因子。城市公园活力高低受既有基础设施、周边用地条件等共同影响。尤其是周边用地混合、商业设施完善的公园, 实际人流稳定, 公园活力高。周边用地单一、商业设施不足则会存在公园人群流量小、活力低的问题。因而新建公园在进行场地规划选址时, 应重点关注场地周边商业设施、用地条件等, 提高空间分布均衡性并满足周边人群的实际需求, 为保障公园活力提供稳定的人群基础。

(2) 复合式开发有助于提升城市公园活

表1 城市公园活力与各类影响因子相关性分析统计表
Tab. 1 Statistical table of correlation analysis between urban park vitality and various influencing factors

编号 Number	指标类型 Indicator type	具体指标 Specific indicator	计算方式 Calculation method	Pearson值 Pearson value	相关程度 Degree of correlation
1	城市区位	与中心区距离	与市中心距离	0.33**	中度正相关
		居住人群密度	周边人群密度	0.49**	中度正相关
2	周边空间	建筑规模	周边建筑面积	0.45**	中度正相关
		容积率	周边建筑底面积占地面积比例	0.35**	中度正相关
		设施量	周边设施量	0.31**	中度正相关
3	交通条件	道路密度	周边内道路网密度	0.12**	低度正相关
		交通设施量	周边交通设施量	0.14**	低度正相关
4	公园自身	公园面积	面积大小	-0.27**	低度负相关
		公园设施密度	内部设施密度	0.24**	低度正相关

注: **表示在0.01水平上(双尾检验)呈显著相关。

力。各个公园活力时空间特征存在显著差异,复合型开发方式的“多栖性”特质,使得场地具有多重空间属性并承担多重功能,因而空间活力高且具有长久持续性。单一型开发方式会导致公园空间类型单一,空间活力强度低且存在特定时段活力缺失。因此在实际城市公园规划设计中必须依据公园实际使用状况适当打造功能多样的空间类型,如在把握公园人群时空间分布特征基础上,进行公园空间复合式开发,提升公园使用持续性与长效性。通过开展“桂花节”“相亲角”等民俗活动,赋予公园独特文化属性并提升公园全时段活力,满足人群身心健康需求。

(3) 合理进行城市公园内部空间节点设计。城市公园内部布局合理性与节点设计影响公园活力的均衡性。不均衡、不合理的公园布局无法充分发挥公园效益最大化。对于人流量充足的城市中心区域,可采取“见缝插绿”等方式增加面积较小如口袋公园的数量来满足人群游憩需求。对于部分面积过大、活力分布不均衡的公园,在实际规划设计中需依据周边实际进行公园合理布局与规划,如明确公园定位、出入口数量、内部场地节点设计等,全面提升公园活力,切实为人居环境的改善提质增效。

基于活力视角分析城市公园人群时空分布特征,无法表征公园人群行为的主观因素及个性特征,且受手机信令精读局限性的影响,无法测定面积较小的城市公园,因而对公园人群时空行为内在机制解释、归纳的科学性不足。随着相关技术方法的不断改进,如Wi-Fi探针技术能精准探测小型尺度城市空间人群行为特征等,为城市公园的研究与建设提供数据支撑。

注:文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 李惊. 依托“绿色基础设施”构建“绿色现代化城市”[J]. 风景园林, 2013(6): 2.
- [2] 胡剑锋, 刘畅, 曹弈璘. 邻里交往空间实践探索——亲子成长与运动活力视角下的社区公园[J]. 风景园林, 2018, 25(02): 118-124.
- [3] 陈菲, 朱逊, 张安. 严寒城市不同类型公共空间景观活力评价模型构建与比较分析[J]. 中国园林, 2020(3): 5.
- [4] 蒋涤非. 城市形态活力论[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [5] 张沛佩. 城市滨水空间活力营造初探[D]. 长沙: 中南大学, 2009.
- [6] 韩龙玫. 城市公园活力营造的规划设计策略研究——以美国史蒂芬湖公园为鉴[J]. 四川建筑, 2016(36): 4-6.
- [7] 冯莹. 基于生态理念的城市滨水空间活力营造初探[D]. 南京: 东南大学, 2007.
- [8] 宋小冬, 丁亮, 钮心毅. “大数据”对城市规划的影响: 观察与展望[J]. 城市规划, 2015, 39(4): 15-18.
- [9] 钟炜菁, 王德. 上海市不同类型的城市空间活动动态特征比较——基于手机信令数据的探索[C]//规划60年: 成就与挑战——2016中国城市规划年会论文集(04城市规划新技术应用). 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [10] 王鑫, 李雄. 基于网络大数据的北京森林公园社会服务价值评价研究[J]. 中国园林, 2017, 33(10): 5.
- [11] 李方正, 戴超兰, 姚朋. 北京市中心城社区公园使用时空差异及成因分析——基于58个公园的实证研究[J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(09): 91-101.
- [12] 李祖芬, 于雷, 高永, 等. 基于手机信令定位数据的居民出行时空分布特征提取方法[J]. 交通运输研究, 2016, 002(001): 51-57.
- [13] 凯文林奇. 城市形态[M]. 北京: 华夏出版社, 2001.
- [14] 扬盖尔. 交往与空间[M]. 何人可, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [15] 王鲁帅, 缪岑岑. 基于手机信令数据的城市滨水区时空活力模式研究——以上海黄浦江中段为例[C]//规划60年: 成就与挑战——2016中国城市规划年会论文集(04城市规划新技术应用). 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [16] 代鑫, 杨俊宴, 吴浩. 基于手机信令数据的城市商业中心空间活力研究——以上海为例[C]//规划60年: 成就与挑战——2016中国城市规划年会论文集(04城市规划新技术应用). 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [17] 王德, 钟炜菁, 谢栋灿, 等. 手机信令数据在城市建成环境评价中的应用——以上海市宝山区为例[J]. 城市规划学刊, 2015, 32(05): 90-98.
- [18] 韩治远, 龙瀛. 城市再开发在街区尺度的识别与评

价[J]. 现代城市研究, 2017(6): 16-26.

- [19] 刘颂, 刘滨谊. 城市人居环境可持续发展评价指标体系研究[J]. 城市规划汇刊, 1999(5): 35-37.
- [20] 丁治凡. 基于多源大数据的南京主城区滨水空间活力探究与评价[D]. 南京: 南京林业大学, 2019.
- [21] 臧玥. 城市滨水空间要素整合研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.