城市生态系统定位观测

基于“15 分钟社区生活圈”的上海城市公园可达性影响因素

董 涛[1,2] 颜景理[2] 刘 洋[1,2] 殷 杉[2,3,4]

（1. 沈阳农业大学林学院，沈阳 110866；2. 上海交通大学农业与生物学院，上海 200240；3. 上海长三角区域生态环境变化与综合治理国家野外科学观测研究站，上海 200240；4. 国家林业和草原局上海城市生态系统定位观测研究站，上海 200240）

摘要：【目的】“15 分钟社区生活圈”背景下，行政尺度分配公平难以反映步行成本约束下的公园服务机会。为解决这一问题，以“分配公平-机会公平”视角评估上海城市公园可达性及其影响因素，为公园配置优化提供决策支持。【方法】基于截至 2023 年上海 512 座城市公园（总面积 5 817.24 hm^2）与路网数据，构建多入口-变半径增强型两步移动搜索法（MVE-2SFCA），在 1 200 m 步行阈值与距离衰减下测算约 12 280 个居民区可达性；用洛伦兹曲线与基尼系数评估公园资源分配格局；采用随机森林与 SHAP 识别贡献及非线性阈值。【结果】城市公园总体呈现均衡的资源分配格局，基尼系数为 0.22，但社区尺度上的公园可达性差异显著，可达性指数均值为 1.81，约有 25%的社区可达性为 0。社区到市中心距离、GDP 与建成年份贡献更高。当社区到市中心距离超过约 10 km 时，其贡献由正转负；GDP 在中值段偏负、高值段转正增强；社区建筑房龄的贡献随房龄的增加逐步提升后趋稳。【结论】市域“总量均衡”并不必然转化为社区“机会公平”，步行可达约束下上海仍存在“无园可享”的盲区，提升公园公平性需强化公园与居民点的空间匹配。后续可整合 POI、街景影像/遥感语义分割等多源数据，构建质量加权的吸引力指标，提升有效供给的计算精度；还可引入人群需求异质性，关注“15 分钟步行圈”在不同年龄与社会经济群体中的适用差异，形成更具公平导向的评估框架。

关键词：城市公园；空间分布；公园可达性；居民社区；空间公平性

DOI：10.12169/zgcsly.2026.01.05.0002

Influencing Factorsto Shanghai’s Urban Park Accessibility within a 15-Minute Community Life Circle

Dong Tao[1,2] Yan Jingli[2] Liu Yang[1,2] Yin Shan[2,3,4]

（1. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 2. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 3. National Observation and Research Station for Shanghai Yangtze River Delta Eco-environmental Change and Integrated Management, Shanghai 200240, China; 4. Urban Ecosystem Research Station of National Forestry and Grassland Administration, Shanghai 200240, China）

Abstract：【Objective】In the 15-minute community life circle, park service accessibility under walking-cost constraints cannot be fully reflected in administration-scale distributional equity. To address this challenge, urban park accessibility in Shanghai and its influencing factors are assessed from the perspective of distributional equity and opportunity equity, with the aim of providing decision-making

收稿日期：2026-01-05

* 基金项目：国家自然科学基金面上项目（42271096）；重庆市自然基金面上项目（CSTB2024NSCQ-MSX0866）

第一作者：董涛，女，2000 年生，硕士生，研究方向为风景园林规划。E-mail：ann52144@163.com

通信作者：殷杉，男，1982 年生，教授，研究方向为城市生态系统长期监测及生态服务价值。E-mail：yinshan@sjtu.edu.cn

support for park configuration optimization.【Method】 With the data on 512 urban parks of the total area of 5 817.24 ha and the road network in Shanghai as of 2023, an enhanced multi-entrance and variable-radius two-step floating catchment area method (MVE-2SFCA) is developed to estimate the accessibility of about 12 280 residential compounds to urban parks under a 1 200 m walking threshold and distance decay. The allocation pattern is evaluated using the Lorenz curve and Gini coefficient. A random forest model and SHAP are applied to identify the contributions of explanatory variables and nonlinear threshold.【Result】 The urban park resources present a relatively even distribution pattern, with the Gini coefficient at 0.22. However, pronounced heterogeneity in community park accessibility is observed, and the mean accessibility index is 1.81, while about 25% of communities have zero accessibility. Distance to the city center, GDP, and age of buildings make relatively higher contributions. There is a change from positive to negative when distance to the city center exceeds about 10 km. GDP in the middle range has a negative contribution, but has a positive and stronger contribution in the high-value range. The age of buildings in communities has an increasing contribution to a stable stage with the increase of age.【Conclusion】 Citywide balance in total supply does not necessarily translate into community opportunity equity, and there are park-service blind spots in many communities. Hence, to achieve equity improvement, the spatial matching between parks and residential compounds should be boosted. In future research, multi-source data, such as POIs, street-view imagery, and remote-sensing semantic segmentation, should be integrated to construct quality-weighted attractiveness indicators and improve the precision estimation of effective supply, and in addition, heterogeneous needs of people could be introduced to examine the applicability of the 15-minute walking catchment across different ages and socioeconomic groups, thereby developing a more equity-oriented assessment framework.

Keywords: urban park; spatial distribution; park accessibility; residential community; spatial equity

城市公园作为关键绿色基础设施，在改善生态环境、提升公众福祉及缓解心理压力方面具有重要意义[1]。联合国《2030 年可持续发展议程》提出“建设包容、安全、有韧性且可持续的城市和人类住区”，而城市公园的高效可达是实现该目标的重要支撑，但在高密度城市环境中，公园空间分布与可达性普遍存在不均衡现象。

21 世纪以来，中国城市公园供给规模大幅增长，人均面积显著提升，但区域与城市之间仍存在明显差异[2-3]。在“15 分钟社区生活圈”的规划背景下，公园可达性成为衡量城市宜居性和分配公平性的核心指标，直接反映居民获取公园资源的难易程度，然而现实中仍有大量居民无法便捷到达公园[4-7]。

针对公园可达性评估，国内外已形成多种模型，其中两步移动搜索法（2SFCA）能够综合供需关系与空间阻力，被广泛用于城市绿地研究。近年来，学者们通过引入距离衰减函数、公园吸引力因子（如面积、质量）及多模式交通网络（步行、公交等），不断优化 2SFCA 模型[8-11]。此外，一些研究利用高德、百度等地图 API 路径数据和手机定位等多源大数据来提高测算精度[8,12]，但现有研究对 2SFCA 的改进方法多局限于单一维度，缺乏对供需及阻力因素的综合优化[9,13]。此外，传统 2SFCA 通常以公园几何质心作为供给点，忽略了大型公园多出入口的实际特征[14]，使评估结果难以全面反映公园布局的合理性与社会公平性。

上海市作为超大城市，由于快速城市化和城市人口规模的快速扩张，城市公园的空间供给和服务能力面临巨大压力，尤其是在快速城市化的边缘地带[2,15-16]。因此，本研究以上海为例，在传统 2SFCA 的基础上，引入多出入口及可变半径机制，形成多入口－可变半径增强型 2SFCA（Multi-gate, Variable-radius Enhanced Two-Step Floating Catchment Area, MVE-2SFCA），分析空间分异特征并识别影响因素，真实地反映居民社区的公园可达性；同时结合随机森林算法，探讨公园可达性与社会经济因素之间的非线性关系。

1 研究区概况

选取全球重要的超大城市——上海市（31.233 3°N, 121.483 3°E）作为研究区域。上海地处长江入海口，总面积 6 340.5 km^2，截至 2023

年末，常住人口超过 2 480 万，是我国高密度发达城市的典型代表。上海市积极践行“人民城市”理念，持续打造“生态之城”，通过“千园之城”建设、“15 分钟社区生活圈”规划和郊野公园体系推进[17]，推动了公园绿地的快速扩张与空间演化，具备检验“公平性-可达性”命题的典型性与代表性[1]。

本研究采用的 512 座城市公园（图 1）数据来源于《上海市绿化和市容管理局》的城市公园名录（截至 2023 年）。根据《城市绿地分类标准》（CJJ/T 85-2017），城市公园作为绿地系统的核心，具备服务半径长、辐射范围广及生态游憩功能多样等特征，是影响居民休闲活动的重要生态空间。



图 1　2023 年上海城市公园空间分布

2　研究方法

2.1　数据来源与预处理

利用 2023 年高分一号遥感影像（2 m 分辨率），在 ArcGIS 10.8 平台中精细勾绘 512 座城市公园的边界，结合百度地图识别校正城市公园主要出入口的矢量数据。为保证计算精度，将公园边界数据统一转换至投影坐标系 UTM Zone 51N 后，在 ArcGIS 10.8 中计算各公园的投影面积。最终获得所有城市公园边界、出入口和面积数据，作为后续公平性与可达性分析的基础输入。

人口总数采用国家统计局汇总发布的第七次全国人口普查街道（乡镇）级数据，调查时间为 2020 年。国内生产总值（GDP）采用中国科学院发布的 2020 年中国 GDP 公里网格数据。鉴于 2020—2023 年上海市人口与经济格局总体稳定，该时间差不影响结论有效性。居民区数据通过安居客、链家等平台爬取，共计 12 280 个居民小区，数据属性信息包括经纬度坐标、房价、容积率及建筑年份等。道路网络来源于 OpenStreetMap（OSM）。所有空间数据均统一到 WGS_1984 地理坐标系（表 1）。

表 1　研究数据来源及时间

数据类型	来源	年份
遥感影像	高分一号卫星	2023
城市公园	上海市绿化和市容管理局公园名录、百度地图	2023
人口	第七次全国人口普查	2020
GDP	中国科学院 GDP 公里数据集	2020
居民区	安居客、链家等公开房地产网站	2023
道路网络	OpenStreetMap（OSM）	2023

2.2　城市公园时空演变分析

根据上海市城市发展规划，将 512 座公园按建成年份划分为 6 个时间阶段：1949 年及以前，1950—1977 年计划经济时期，1978—1989 年改革开放初期，1990—1999 年浦东开发与城市快速扩张期，2000—2009 年环城绿带建设期，2010—2023 年公园城市建设期。采用标准差椭圆（Standard Deviational Ellipse，SDE）法计算每个时期新建公园的椭圆重心（公园建设重心）、方向（主要拓展方向）和集聚程度（椭圆面积与扁率），并将 6 个时期的椭圆中心点相连，即直观呈现上海市公园建设重心的迁移轨迹，旨在为后续公平性评估提供基础空间背景。

2.3　城市公园空间公平性评价

采用洛伦兹曲线（Lorenz Curve）和基尼系数（Gini Coefficient）定量评估上海市城市公园资源的分配公平性[18]。首先，按行政区人均公园面积从低到高排序，绘制人口与公园面积累计百分比曲线（即洛伦兹曲线）；基尼系数（G）则为绝对公平线（45°对角线）和洛伦兹曲线之间的面积（A）与绝对公平线右下方总面积（A+B）之比，即 G=A/（A+B），取值范围为 0~1（图 2），越

接近 0 表示分配越均衡。其次，参考国际通用标准，将 G=0.4 设为“警戒线”；G≥0.5 则为差距悬殊。

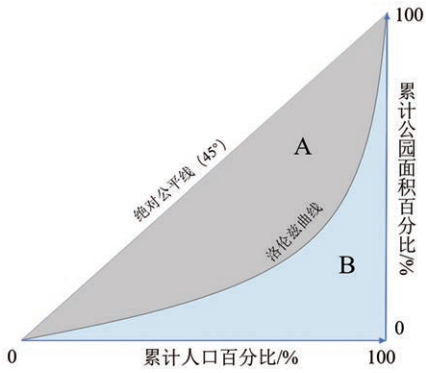


图 2 洛伦兹曲线与基尼系数示意

2.4 城市公园可达性评价

在经典 2SFCA 基础上，构建一种基于多入口及可变半径的增强型两步移动搜索法（MVE-2SFCA）精确评估研究区内城市公园可达性。相比传统 2SFCA，改进的 MVE-2SFCA 模型有 4 点优势：1）多入口节点：以公园实际出入口作为空间分析的供给节点，所有距离计算均以公园出入口为起始点或终止点，避免大型或不规则公园因质心偏移产生的路径误差。2）可变服务半径：根据公园面积规模设定差异化服务半径（表 2），避免采用固定半径带来服务范围的偏差。3）非对称衰减逻辑：模型采用增强型框架，在供给侧按面积估算公园的潜在服务负荷，不设距离衰减；在需求侧以 1 200 m 为步行阈值，引入高斯距离衰减函数模拟居民出行意愿随距离增加的衰减行为。4）真实路网距离：基于实际路网数据利用 GIS 网络分析工具计算最短路径，精准模拟居民到达公园的真实出行成本。

表 2 公园面积划分及其服务半径

面积范围/hm^2	服务半径/m	划分依据
<2	500	居民日常散步的舒适步行距离
2~10	800	满足居民基本游憩需求
10~50	1 500	居民出行的最大步行阈值
>50	3 000	具有远程吸引力,兼容机动出行

可达性测度在 2SFCA 框架基础上进行改进[19-20]，模型仍分两步估算公园供需比与居民可达性指数，但在服务半径设定、距离度量与衰减形式上进行了针对性调整。

第一步，以公园实际出入口为供给节点，结合公园面积分级为每个公园 j 设定服务半径 D_j，在该半径内汇总居民小区人口 P_k，得到公园的供需比，其计算公式为：

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in G_j,\ d_{kg} \leqslant D_j} P_k} \tag{1}$$

式（1）中：S_j为公园面积（单位：m^2）；G_j是公园 j 所有入口集合；d_{kg}是居民区 k 与公园入口 g 的路网最短距离。

第二步，基于 15 min 生活圈的时间约束，按常用步行速度 80 $m \cdot min^{-1}$折算[21]，以 1 200 m 为步行搜索阈值 d_{walk}，计算居民区 i 至公园最近入口的路网距离 d_{ij}，并采用高斯距离衰减函数 $G(d_{ij},\ d_{walk})$[9]，得到社区尺度的公园可达性指数：

$$A_i = \sum_{j,\ d_{ij} \leqslant d_{walk}} R_j G(d_{ij},\ d_{walk}) \tag{2}$$

式（2）中，A_i表示居民区 i 的公园可达性水平。模型的整体结构与 2SFCA 一致，仅在多出入口、可变服务半径和步行阈值设定等方面结合研究区特征进行改进。在可达性测算结果的基础上，采用 ArcGIS 10.8 中的自然断点法对可达性指数进行 5 级划分，分析其空间格局特征。

2.5 城市公园可达性的影响因素分析

为识别城市公园可达性差异的相关因素，以社区层面的社会经济特征、建成环境特征与人口变量为自变量，以小区公园可达性水平为因变量，构建随机森林（Random Forest，RF）预测模型。考虑到人口数、GDP 与房价等连续变量分布右偏且存在少量极端值，避免异常高值对节点分裂过程与特征贡献估计的干扰，本研究对上述变量及到市中心距离等非负连续指标采用 ln（1+x）变换后纳入模型。RF 可在一定程度上缓解单棵树模型的方差与过拟合风险[22]，刻画变量之间的非线性关系与交互效应，适用于城市空间多源数据建模。

在模型解释方面，引入沙普利可加性解释（SHapley Additive exPlanations，SHAP）方法对随机森林输出进行可解释化分析。SHAP 基于合作博弈论的 Shapley 值思想，将单个样本的预测结果分解为各输入特征的边际贡献[23]。本研究结合全局特征重要性（平均绝对 SHAP 值）与 SHAP 依赖图，描述各变量在模型输出层面的贡献方向、强度及其非线性阈值特征。需要说明的是，为避免尺度混淆，在依

赖图展示中，部分指标按需进行反变换恢复至原量纲（如距离以 km 表示），而 GDP 等变量保留 ln（1+x）尺度并在图注中明确其原始计量单位。上述模型训练与解释流程均在 RStudio 4.5.1 环境下完成。

3　结果与分析

3.1　城市公园的时间演进与空间扩张特征

从城市公园数量变化（图 3）来看，上海城市公园经历了由缓慢积累到快速扩张的阶段性变化。在 2000 年前，公园数量增速相对平缓，截止 1999 年共有 121 座公园，总面积 1 151.43 hm^2，单园平均面积 9.52 hm^2；进入 21 世纪后，随着“公园城市”建设的推进，公园数量呈现指数级攀升趋势，2000—2009 年新增公园 124 座，新增面积 1 454.94 hm^2，新增数量超过此前半世纪总和，单园平均面积提升至 10.64 hm^2。2010—2023 年进入快速扩张期，新增公园 267 座，新增面积 3 210.88 hm^2。至 2023 年，全市城市公园总数达 512 座，总面积达 5 817.24 hm^2，单园平均面积提升至 11.36 hm^2，这种规模和数量的快速扩张，奠定了上海市公园系统的基本空间格局。

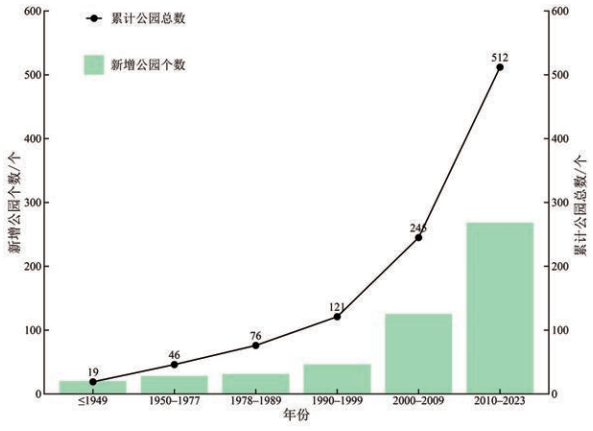


图 3　上海市公园数量的阶段性增长与总量演变

在规模跨越式增长的同时，公园布局与城市扩张高度耦合，呈现由“中心集聚”向“郊区扩张”，再到“中心集聚与外围扩张并行”的动态演变过程（图 4）。

1990 年以前，公园建设重心稳定在黄浦江沿岸的核心城区，SDE 面积最小，反映了早期以完善内城绿地系统为主的建设方向。1990—2009 年，重心向西南方向迁移，并在 2000—2009 年到达轨迹最南端，呈现“郊区化扩张”趋势，对应

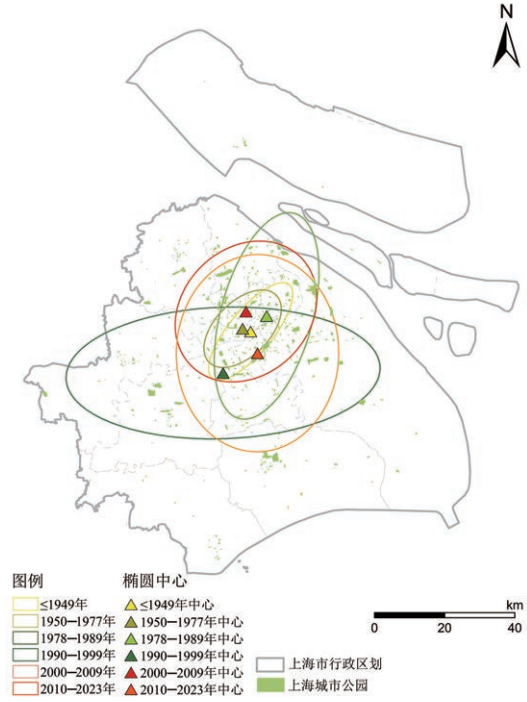


图 4　基于标准差椭圆的上海城市公园重心迁移路径

城市开发和人口向闵行、松江等西南片区疏解，公共配套设施对城市发展的追赶性布局特征显著。2010—2023 年，建设重心重新向中心城区方向移动，SDE 面积最大，这一阶段的公园建设呈现出“中心聚集与外围扩张”的复合模式。一方面，城市更新推动了内城口袋公园和滨水绿地的建设；另一方面，远郊大型生态公园建设也同步推进。

总体来看，上海城市公园供给表现为“数量增长”与“重心迁移”的耦合过程。这种建设重心由中心向郊区再部分回归中心的轨迹，在一定程度上跟随了人口的扩张方向，为后续社区尺度城市公园公平性与可达性评价奠定了空间背景。

3.2　公园配置的公平性

从图 5 可见，公园资源的洛伦兹曲线位于绝对公平线的下方，弯曲度较小，且与绝对公平线距离较近，计算基尼系数为 0.22。根据联合国的划分标准，处于 0.2～0.3 通常被视为“比较平均”的分配状态，远低于 0.4 的国际警戒线，表明在行政单元尺度上，上海城市公园面积与人口规模之间的分配关系总体较为均衡。

综上，上海城市公园在宏观层面呈现“分配公平”的特征，这与前文所述公园建设重心随城市扩张动态调整的趋势相符合。然而，基于总量数据与宏观尺度得出的公平性结论难以直接等同

于社区尺度的“机会公平”。因此，社区尺度的可达性分析对于识别宏观公平性所掩盖的“机会不公平”至关重要。

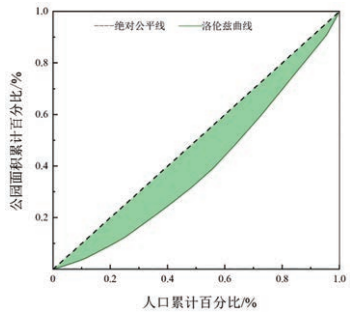


图 5 上海城市公园与人口分布匹配的洛伦兹曲线

3.3 上海城市公园可达性的空间格局

表 3 显示，城市公园可达性在社区尺度呈现空间异质性。可达性指数均值为 1.805，最大值为 299.54，中位数仅为 0.727，远低于平均值，表明超过一半的居住区公园可达性低于整体平均水平。第一四分位数（Q1）为 0，意味着全市约 25%的社区处于“无园可享”状态。极值间的巨大差异揭示了服务机会的高度不均衡，少数邻近大型公园的“热点”社区占据了极高资源，而大量社区则处于低可达性甚至完全缺乏服务的“盲区”。

表 3 城市公园可达性指数的描述性统计

统计量	数值
样本量（N）	12 280
平均值（Mean）	1.805
中位数（Median）	0.727
标准差（Std. Dev）	4.768
最小值（Min）	0
第一四分位数（Q1）	0
第三四分位数（Q3）	1.984
最大值（Max）	299.54

图 6 显示，上海公园可达性呈现出典型的“中心-外围”格局，高值和较高值社区高度集聚在中心城区，与公园空间分布高度契合。崇明、金山、奉贤以及临港新片区等外围地区，仅零星分布少量彩色散点，大面积区域可达性接近于零，形成连续的“冷点区”和服务“盲区”。此外，即使在享有较高公园可达性的中心区域，仍存在部分居住区位于多个公园服务圈的“夹缝”地带，在 15 min 步行范围内无法到达任一公园，呈现出局部低可达或“无园可享”的镶嵌式斑块。这表明上海城市公园可达性不仅在中心-外围之间存在梯度分异，在核心区内部也存在微观尺度上的机会不均衡。

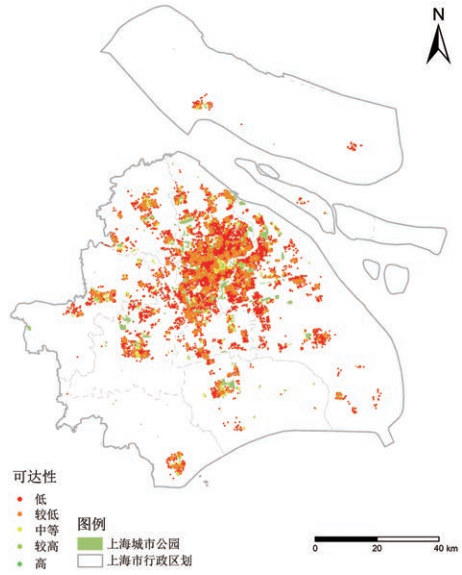
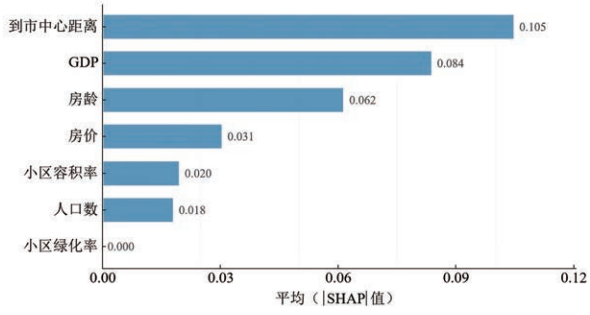


图 6 上海城市公园可达性的空间分布格局

3.4 公园可达性的影响因素及其特征重要性

基于平均绝对 SHAP 值的全局重要性排序（图 7）显示，各影响因素的贡献呈现明显的梯度特征。到市中心距离贡献最大，其后依次为 GDP 和房龄，房价、小区容积率及人口数，小区绿化率几乎不产生解释作用。总体上，区位结构相关变量在模型解释中贡献更高，社会经济与居住建成环境特征提供补充性解释信息。



注：人口数、GDP、房价与到市中心距离等偏态连续变量在建模阶段采用 ln（1+X）变换。

图 7 基于 SHAP 的全局特征重要性

图 8 显示，不同变量对模型输出的贡献方向存在系统性差异。到市中心距离的高取值多呈负向贡献，而 GDP 与房龄的高取值表现正向贡献。贡献分布的离散性表明社区间存在显著异质性，这种可达性差异可能受因素的非线性与交互特征的影响。图 9 显示，到市中心距离与可达性贡献

随距离增加呈下降趋势，并在 10 km 阈值处出现正负转折，表明中心区在公园供给密度与出行连通性上的综合优势，而外围地区的居住扩张与公园供给不同步，导致服务机会不足，这与前文所述的空间可达性格局存在高度的内在耦合性。

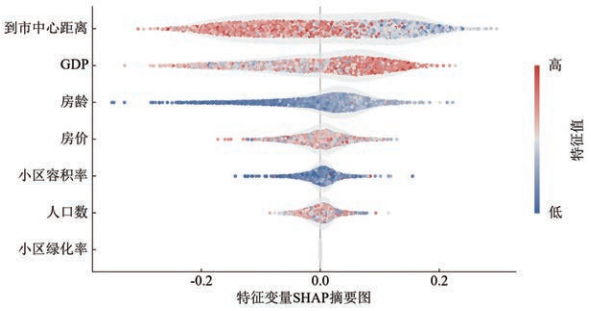


图 8　SHAP 摘要蜂群图

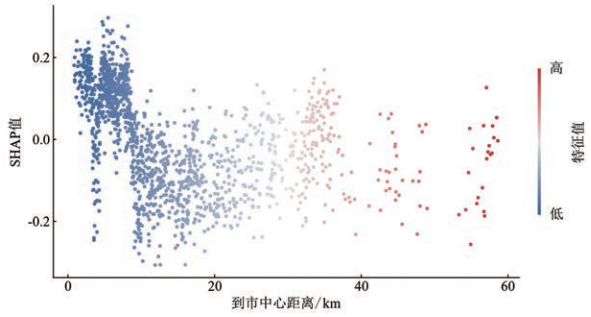
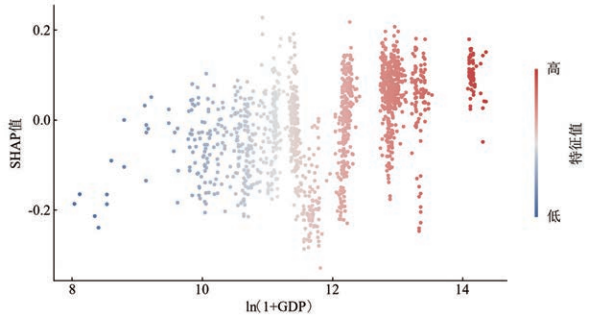


图 9　到市中心的距离对模型输出影响的 SHAP 依赖图

图 10 显示，GDP 对可达性的贡献具有阶段性。中等水平区域贡献偏负，而高水平区域转为正向并增强，这种分异反映了 GDP 与公共服务供给间的复杂关联。一方面，高 GDP 往往拥有更强的公共服务供给能力与更完善的设施体系，有效提升可达性；另一方面，中等 GDP 区域可能处于快速建设阶段，公园设施建设滞后导致贡献偏负。此外，GDP 贡献分布存在离散特征，表明变量与区位条件、建成环境间存在潜在的交互效益，从而呈现一定的空间异质性。



注：GDP 变量以万元计，进入模型前采用 ln（1+GDP）变换。

图 10　GDP 对模型输出影响的 SHAP 依赖图

图 11 显示房龄对模型贡献同样具有阶段性。低房龄社区贡献偏负，随房龄增加逐渐转正并趋于稳定，说明了公共服务设施随着建成时间推移逐步完善的过程，也揭示部分新建片区可能存在居住开发与公园供给配置不同步的阶段性缺口。上海既有相关研究也指出，不同发展阶段的社区获得公园服务机会存在差异[24]。

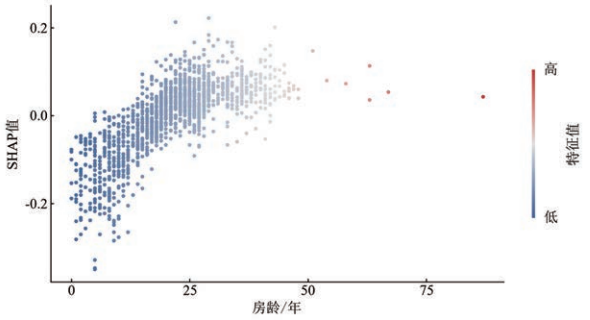


图 11　房龄对模型输出影响的 SHAP 依赖图

4　讨论

本研究表明，上海城市公园资源在市域尺度分配呈相对均衡特点，但在 15 min 社区尺度存在可达性差异与服务盲区。空间上总体呈“中心–外围”梯度分异，这与同类研究在上海外围地区识别到可达性衰减趋势相一致[16]，也与高密度建成区的步行可达性评估结果相吻合[9-10]。同时，核心区“镶嵌式盲区”表明公平性评估具有尺度敏感性，即公平不仅与供给总量及其空间分布相关，也与居民在实际出行约束下获得服务机会的能力相关，因此机会公平应作为可达性评价的重要维度。在影响因素解释方面，随机森林-SHAP 分析显示，区位结构变量在模型解释中贡献更为突出，社会经济与建成环境变量呈现阶段性与非线性特征。相较于传统研究，本文揭示的非线性关联趋势表明快速建设区更易出现居住扩张与公园供给不同步的现象，这与既有研究的判断相一致[24]。总体而言，本文在验证既有空间格局共识的基础上，为识别核心盲区与关键变量的非线性关联特征提供了更精细的证据。

尽管本研究在供给侧刻画与相关特征识别方面有所改进，但仍有待深化。首先，用面积和路网结构表征供给，尚未充分反映设施质量、安全水平与景观吸引力等差异，后续可整合 POI、街景影像/遥感语义分割等多源数据，构建质量加权的吸引力

指标提升有效供给的计算精度。其次，可引入人群需求异质性，关注“15 分钟步行圈”在不同年龄与社会经济群体中的适用差异，针对老年人、儿童等重点人群开展分类评价，形成更具公平导向的评估框架，为公园配置优化提供决策支持。

5 结论

在“15 分钟社区生活圈”导向下，市域尺度上的公园资源分配均衡并不等同于社区尺度上居民享有公园服务的机会公平，说明传统基于资源总量和行政单元的公平性评价难以充分反映居民实际可达性的差异。因此，高密度城市公园公平性评估应由关注资源总量和空间分布，转向居民在日常步行条件下获得公园服务的实际机会。公园可达性的空间格局不是仅由公园数量决定，而是公园布局、人口分布与区位条件共同作用的结果，并受到社会经济和建成环境因素的差异化影响，尤其在快速扩张地区，居住开发与公共绿地供给不同步的问题更为突出，容易形成服务薄弱区。因此，提升超大城市公园公平性的关键，在于优化公园布局与居住空间的配置关系，结合不同地区的发展特征实施差异化补充，提高居民日常步行范围内的公园服务水平。

参考文献

[1] YU Z W, MA W Y, HU S Y, et al. A simple but actionable metric for assessing inequity in resident greenspace exposure [J]. Ecological Indicators, 2023, 153: 110423.

[2] NICHOLLS S. Measuring the accessibility and equity of public parks: a case study using GIS[J]. Managing Leisure, 2001, 6(4): 201-219.

[3] SONG Y, HE C F, XU Y, et al. Spatio-temporal evolution and driving mechanism of supply and demand of urban park green space in China[J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(5): 1194.

[4] 刘佳烨，袁丽娜，李静格，等. 基于多源数据的公园绿地可达性研究：以上海市为例[J]. 上海国土资源，2024，45(4)：35-42.

[5] CHIARADIA F, LELO K, MONNI S, et al. The 15-minute city: an attempt to measure proximity to urban services in Rome [J]. Sustainability, 2024, 16(21): 9432.

[6] 刘颂，李奕霖. 社区生活圈公园绿地的公平性评价[J]. 中国城市林业，2025，23(3)：152-159.

[7] JEON Y, JUNG S. Spatial equity of urban park distribution: examining the floating population within urban park catchment areas in the context of the 15-minute city[J]. Land, 2024, 13(1): 24.

[8] 李嘉欣，陈兵，章银柯，等. 城市公园绿地可达性与社会公平性研究[J]. 浙江农林大学学报，2024，41(4)：820-829.

[9] 仝德，孙裔煜，谢苗苗. 基于改进高斯两步移动搜索法的深圳市公园绿地可达性评价[J]. 地理科学进展，2021，40(7)：1113-1126.

[10] 任家怿，王云. 基于改进两步移动搜索法的上海市黄浦区公园绿地空间可达性分析[J]. 地理科学进展，2021，40(5)：774-783.

[11] TIAN D W, WANG J, XIA C Y, et al. The relationship between green space accessibility by multiple travel modes and housing prices: a case study of Beijing[J]. Cities, 2024, 145: 104694.

[12] 汪淼，陈振杰，周琛. 城市绿色开敞空间可达性研究：以南京市中心城区为例[J]. 生态学报，2023，43(13)：5347-5356.

[13] 王俊，李斌，张焕雪，等. 顾及自身吸引力的公园时空可达性与变化强度分析[J]. 华南师范大学学报(自然科学版)，2021，53(6)：88-95.

[14] QIN J H, LIU Y S, YI D S, et al. Spatial accessibility analysis of parks with multiple entrances based on real-time travel: the case study in Beijing[J]. Sustainability, 2020, 12(18): 7618.

[15] MA Y S, BRINDLEY P, WANG R, et al. Discrepancies between perceived accessibility and spatial accessibility modelling: a case study of urban parks in Guangzhou, China [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2025, 191: 104292.

[16] FAN P L, XU L H, YUE W Z, et al. Accessibility of public urban green space in an urban periphery: the case of Shanghai [J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 165: 177-192.

[17] 上海市人民政府. 上海市公园城市建设指导意见[Z]. 2021.

[18] KABISCH N, HAASE D. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany [J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 122: 129-139.

[19] LUO W, WANG F H. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago Region[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2003, 30(6): 865-884.

[20] LUO W, QI Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians[J]. Health & Place, 2009, 15(4): 1100-1107.

[21] YANG Y, QIAN Y S, ZENG J W, et al. Walkability measurement of 15-minute community life circle in Shanghai[J]. Land, 2023, 12(1): 153.

[22] Breiman L. Random forests[J]. Machine Learning, 2001, 45(1): 5-32.

[23] LI M, SUN H Y, HUANG Y J, et al. Shapley value: from cooperative game to explainable artificial intelligence [J]. Autonomous Intelligent Systems, 2024, 4: 2.

[24] ZHANG R, SUN F Y, SHEN Y N, et al. Accessibility of urban park benefits with different spatial coverage: spatial and social inequity[J]. Applied Geography, 2021, 135: 102555.