

基于最优供需分配法的社区公园空间可达性分析 ——以苏州市姑苏区为例

Spatial Accessibility Analysis of Community Parks Based on Optimal Supply-demand Accessibility Method: A Case Study of Gusu District, Suzhou City

刘志强* 非 凡 洪亘伟 余 慧
LIU Zhiqiang* FEI Fan HONG Genwei YU Hui

(苏州科技大学建筑与城市规划学院, 苏州 215011)
(College of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu, China, 215011)

文章编号: 1000-0283(2024)02-0055-07
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2024. 02. 0055. 007
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-10-25
修回日期: 2023-11-23

摘 要

“城市更新”背景下, 社区公园空间可达性研究有助于优化社区公园供需匹配状况, 推进高品质社区生活圈建设。针对传统空间可达性测度方法对供需关系识别不够精准的问题, 引入最优供需分配法(OSD), 以苏州市姑苏区为实证区域, 探究社区公园与居民的最优服务配置, 根据配置结果确定各居住区居民获取服务所需时间、社区公园服务覆盖率。(1) OSD通过对服务供给与需求的最优分配, 能客观呈现社区公园供需匹配的实际情况, 对于服务盲区的识别更为精准, 所得可达性指标的物理意义明确。(2) 最优供需分配结果显示, 姑苏区社区公园空间可达性水平整体较低, 可达性空间分布较为均衡, 高值集中在中南部, 低值则在中部片状聚集。(3) 空间可达性低值区域, 可针对性通过增设社区公园、微绿地、垂直绿化等方式增加服务供给, 并完善路网结构, 优化可达性水平。研究结果可为社区公园布局规划或调整提供科学依据, 为公园绿地可达性研究提供借鉴。

关键词

社区公园; 空间可达性; 最优供需分配法; 苏州市姑苏区

Abstract

Under the background of “urban renewal”, the research on the accessibility of community park space is of great significance for optimizing the supply and demand matching of community parks and promoting the construction of high-quality community living circles. In view of the shortcomings of the traditional spatial accessibility measurement method in identifying the supply and demand relationship is not accurate enough, optimal supply-demand accessibility method is introduced. Taking Gusu District of Suzhou City as the empirical area, the optimal service configuration of community parks and residents is explored. According to the configuration results, the time required for residents in each residential area to obtain services and the coverage rate of community park services are determined. (1) OSD can objectively present the actual situation of supply and demand matching in community parks by optimizing the allocation of service supply and demand. It is more accurate in identifying service blind spots and the physical meaning of the obtained accessibility indicators is clear. (2) The optimal supply and demand allocation results show that the overall accessibility level of community parks in Gusu District is relatively low, and the spatial distribution of accessibility is relatively balanced. High values are concentrated in the central and southern regions, while low values are clustered in the central region. (3) In areas with low spatial accessibility, targeted measures such as adding community parks, micro green spaces and vertical greening can be taken to increase service supply, and improve road network structure, to optimize accessibility levels. The research results provided scientific basis for the layout planning or adjustment of community parks, and provided reference for the study of park green space accessibility.

Keywords

community parks; spatial accessibility; optimal supply-demand accessibility method; Suzhou Gusu District

刘志强

1975年生/男/山东滨州人/教授/研究方向为风景园林规划设计与理论

非 凡

1998年生/男/江苏如东人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划设计与理论

洪亘伟

1978年生/女/江苏苏州人/副教授/研究方向为城乡规划理论与方法

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: zhiqiang@163.com

基金项目:
国家自然科学基金面上项目“基于空间计量分析的中国市域建成区绿地率空间分异的格局、演变及其机理研究”(编号: 51778389)

社区公园作为城市公园中最贴近居民、使用频率最高的社区级绿色开放空间，保障其供给与居民需求相匹配是其空间布局的基本原则^[1]。“十三五”以来，国内积极推进基本公共服务均等化，社区公园空间布局的科学性日益受到广泛关注^[2]。然而，随着城镇化的快速推进，城市人口迅速增长，社区公园供给与需求失衡，致使其空间布局科学性不足的问题愈发明显。因此，精准识别社区公园的服务供需关系，并评价及改进其空间布局必要且迫切^[3]。空间可达性作为评价社区公园布局的重要指标，可用于描述居民获取社区公园服务的难易程度、度量居民享有社区公园服务的公平性^[4]，该指标既受到公园供给能力的支撑和约束，也需与居民需求相匹配。在中国城市建设存量更新的新阶段，社区公园空间可达性研究对于促进社区公园空间布局优化、满足居民日益增加的游憩需求具有重要现实意义。

空间可达性主要反映居民到达目的地过程中所克服的空间阻力大小，相关学者基于服务供需关系对空间阻力的不同表达，形成了多样的可达性测度方法^[5]。公园绿地的空间可达性已成为风景园林领域的研究热点，根据研究视角和方法主要分为以下三类：（1）基于公园供给侧，主要采用缓冲分析、网络分析、核密度分析和泰森多边形等方法，通过统计一定服务半径内居住区数量来评价公园绿地可达性^[6-8]；（2）基于居民需求侧，运用费用加权距离、最小邻近距离等研究方法，测度居民在一定时间或空间范围内可达到的公园绿地数量，通过计算克服的距离、时间等出行成本量化可达性水平^[9-10]；（3）综合供需两侧，主要包括潜力模型、两步移动

搜索（2SFCA）等方法，通过设定出行时间或距离阈值，统计居民在阈值范围内可达的公园绿地面积^[11-12]，其中2SFCA因操作简便、结果可靠得到了广泛关注和应用，并拓展出众多优化形式^[13-14]。

既有研究已取得丰硕成果，但相关可达性测度方法对供需关系识别的精确性仍有待提升：（1）网络分析、费用加权距离等方法在进行可达性测度时，仅考虑了供给或需求的单一角度；（2）潜力模型、2SFCA虽综合考虑了社区公园的供给和需求，但对于其设定阈值范围以外的部分供需有所忽视。现实中，不同区位的居民实际获取服务的距离差异是较大的，固定时间或距离阈值难以反映真实的服务供需关系。因此，亟需引入一个可以精准识别服务供需关系的方法，用于公园绿地可达性测度。最优供需分配法（Optimal Supply-demand Accessibility Method, OSD）利用优化模型，将社区公园的服务供给与居民需求进行最优分配，并根据分配结果计算空间可达性指标。该方法无需固定阈值范围，客观充分地反映了供需关系，可以有效弥补现有方法的不足，且已被证实适用于公共服务设施的可达性分析^[15]。

随着中国国土空间规划逐步进入精准化调控阶段，基于最优供需分配结果的社区公园空间可达性分析，对提高公园绿地配置的科学性具有重要意义。鉴于此，本文引入OSD模型，与2SFCA对比分析，在明确OSD可行性及优势的基础上，以苏州市姑苏区为例，精准化识别社区公园服务供需关系，度量社区公园空间可达性，揭示供需空间匹配特征，并根据分析结果提出针对性优化策略，以期社区公园的规划建设提供科学支撑，为公

园绿地的精准化布局配置提供方法借鉴。

1 研究方法

2SFCA在公园绿地可达性评价中应用广泛，其与OSD均是在供需关系分析的基础上建立的。以社区公园为例，将两者进行对比分析，以明确OSD的可行性及优势。

1.1 2SFCA概述与分析

简单2SFCA用二分法来处理距离衰减，其假设搜寻半径范围内的社区公园，无论距离远近，对需求点可达性的影响均相同。部分学者采用出行时间分段赋予权重、可变搜寻半径、幂函数、核密度函数和高斯函数等对其进行优化^[16-20]。2SFCA的主要局限在于：（1）对搜寻半径范围以外的社区公园服务供需情况考虑不足，难以反映客观真实的供需关系，可变半径2SFCA虽优化了搜寻半径，但其参数确定存在主观性较强的缺点。（2）可达性计算结果为特定数值，物理意义不够明确，在进行评价时不易直观判读和解释说明。（3）距离衰减函数形式的科学选取、相应参数的标定，需要手机信令数据、出租车轨迹数据等大数据对居民出行行为的距离衰减特征进行识别^[21]，但相关大数据较难获取，操作较为复杂。

1.2 OSD概述与分析

OSD由翟石艳等^[15]提出，来源于经典运输问题^①模型，对于给定的服务设施与需求的空间分布，模型以最小出行成本为目标，求解供给量与需求量的最优分配方案，并依据分配结果计算空间可达性，能够充分反映供需关系，且计算指标含义清晰、易于理

① 运输问题是把某种商品从若干个产地运至若干个销地，而使总运费最小的一类问题，是运筹学中的经典问题之一。

解, 物理意义为各需求点获取服务的出行时间、供给点的服务覆盖率等。

具体模型如下: 在一个地理区域内, 令集合 $V = \{1, 2, \dots, m\}$ 表示 m 个需求点即居住区, 每个需求点上的属性 D_i 表示需求量即居住区 i 人口规模; 集合 $U = \{1, 2, \dots, n\}$ 表示 n 个供给点即社区公园, 每个供给点上的属性 P_j 表示服务供给量即社区公园 j 的服务人数上限; S_j 为社区公园 j 的面积, S_a 为区域内人均社区公园面积; 变量 d_{ij} 表示居住区 i 和社区公园 j 之间的距离。先假设社区公园总服务量大于总需求, 引入决策变量 x_{ij} 表示社区公园 j 为居住区 i 提供的服务量, 构建最优供需分配规划模型 (计算见公式 (1) - (5)):

$$\text{Minimize } \sum_{i \in V} \sum_{j \in U} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in U} x_{ij} = D_i, \forall i \in V \quad (2)$$

$$P_j = \frac{S_j}{S_a} \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} \leq P_j, \forall j \in U \quad (4)$$

$$x_{ij} = \{0, 1, 2, \dots\}, \forall i \in V, \forall j \in U \quad (5)$$

公式 (1) 为目标函数, 表示最小化出行成本; 公式 (2) 保证对于任一居住区, 到所有社区公园访问的人数等于该居住区总人数; 公式 (3) 为社区公园 j 的服务人数上限; 公式 (4) 保证每一个社区公园分配的服务量不超过其服务人数上限; 公式 (5) 保证 x_{ij} 为非负整数, 同时任一居住区 i 属于集合 V , 任一社区公园 j 属于集合 U 。但若社区公园总服务量小于居民总需求时, 以上模

型无解, 此时假设部分需求不能得到满足, 见公式 (7), 同时保证每个社区公园分配其最大的服务量, 见公式 (8), 模型修订如下 (计算见公式 (6) - (9)):

$$\text{Minimize } \sum_{i \in V} \sum_{j \in U} d_{ij} x_{ij} \quad (6)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in U} x_{ij} \leq D_i, \forall i \in V \quad (7)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = P_j, \forall j \in U \quad (8)$$

$$x_{ij} = \{0, 1, 2, \dots\}, \forall i \in V, \forall j \in U \quad (9)$$

基于OSD评估社区公园的空间可达性, 具体步骤为: (1) 在ArcGIS中求解公园出入口和居住区的OD成本矩阵^①。(2) 建立最优供需分配模型, 使用开源的OSD空间可达性计算工具 (<https://github.com/trirumisu/OSD>) 进行模型求解, 对公园服务供给量和居民需求量进行最优分配。(3) 依据分配结果, 统计不同居住区居民到达社区公园的时间、社区公园服务覆盖率等可达性指标。根据OSD计算获得的供需关系, 不仅可以评价居民获取社区公园服务的难易程度, 也可以判断公园区位是否合理、服务能力是否充足。

相较于2SFCA, OSD的优势在于以下三点: (1) 客观性好: 无需设定搜寻半径求解, 可精准反映研究区域社区公园服务的真实供需情况。(2) 可解释性强: 所得可达性指标易于直观判读和解释, 能够有效衡量社区公园供需空间分布差异、供给能力和需求的差异, 识别空间可达性较低的区域。(3) 可操作性优: 不涉及距离衰减函数的选择, 操作过程简单, 计算高效。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区概况

姑苏区位于苏州市地理中心, 是苏州建成度最高的区域之一, 总面积约83.4 km², 下辖白洋湾、平江、金阊、沧浪、双塔、虎丘、苏锦、吴门桥共8个街道, 2021年人口密度高达11 486人/km²。作为苏州市文化、旅游中心, 该区是公园游憩需求量最大的区域, 随着城区人口的持续增长, 社区公园供给状况紧张、提供服务不充分的问题突显。选择姑苏区作为研究的实证区域, 基于最优供需分配法分析社区公园的空间可达性现状及问题, 客观呈现社区公园供需的实际情况、识别服务盲区, 对其他城市具有一定借鉴意义。

2.2 数据来源

2.2.1 道路网络数据

通过开源网站Openstreetmap (<http://download.geofabrik.de/>) 获取2021年苏州市姑苏区道路网络的矢量数据, 经过拓扑处理后, 在ArcGIS10.6中构建网络数据集。

2.2.2 供给点与需求点

(1) 供给点: 公园数据。利用Python爬取2021年苏州市姑苏区公园绿地的高德POI、AOI数据, 结合《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2017) 中规定的社区公园规模标准, 以及《苏州市城市公园名录》(苏州市园林和绿化管理局), 通过ArcGIS10.6提取社区公园矢量数据。邱冰^[22]、何琪潇^[23]等学者提出为周边社区提供服务的综合公园具备社区公园功能, 所以下文将综合公园视作提供社区公园服务, 统计数据包括社区公园和综合公园; 鉴于姑苏区边缘的居民可能会选择邻近市辖区的社区

① OD成本矩阵 (Origin-Destination) 指起终点间的交通出行量, 文中为居住区与社区公园间的路网距离。

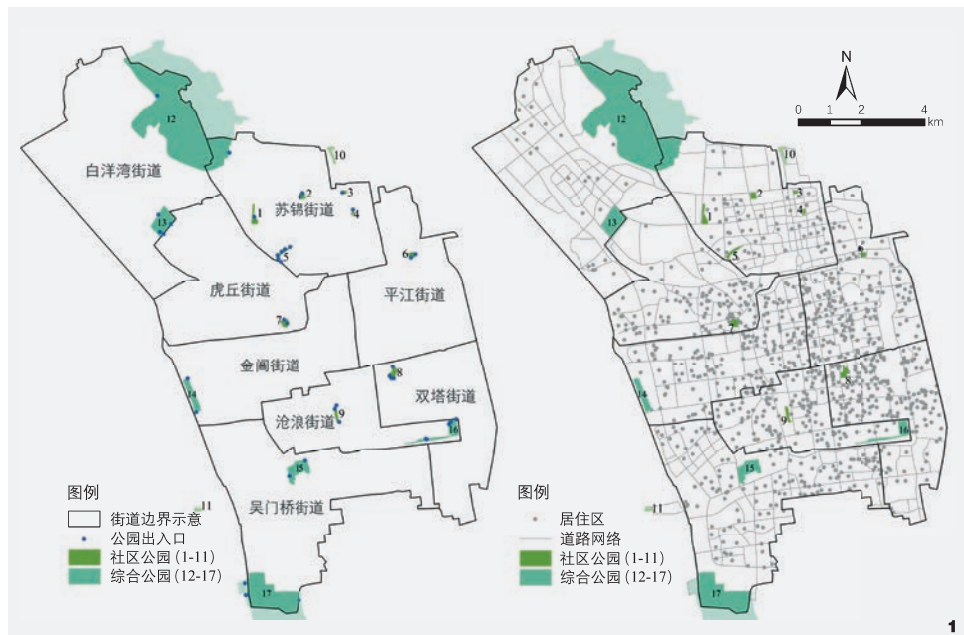


图1 姑苏区公园与居住区现状
Fig. 1 Current situation of parks and residential areas in Gusu District

公园，依据步行的最大耐受时间30 min^[24]，步行速度取75 m/min，在姑苏区边界外2 250m路网距离内建立缓冲区，将其中的社区公园、综合公园也纳入统计。

(2) 需求点：居住区数据。利用Python代码编程，采集链家网(https://sn.lianjia.com)2021年居住区数据，包含姑苏区各居住区中心点经纬度坐标及居住区总户数。参照《苏州统计年鉴-2021》，姑苏区家庭户规模为2.57人/户，平均入住率为55%，将居住区户数、每家庭户规模和平均入住率三者相乘，得到各居住区的人口规模。

3 结果分析

3.1 苏州市姑苏区社区公园服务供需现状及分析

苏州市姑苏区及其边界缓冲范围内提取

公园共17个，出入口共50个，其中社区公园11个，面积共为101.09 hm² (图1)，并通过实地调查，获得各社区公园服务范围数据；姑苏区内居住区共1 025个，居民总数约为75.9万人，在ArcGIS10.6中建立地理图层。基于姑苏区的道路网络，求解社区公园和居住区的OD成本矩阵。结合各社区公园实际的服务范围，计算得到其实际服务人数，并与其服务人数上限比较，获得每个社区公园的供需匹配情况。

图2显示，姑苏区社区公园普遍存在供给与需求不相匹配的状况：(1) 6个社区公园存在明显的供给量不足，供给量缺口均超过50%，其中东汇公园、前塘河公园的缺口甚至分别达到67.32%和82.76%；在空间分布上，供给量不足的公园主要位于姑苏区中部偏北区域，聚集在苏锦街道、平江街道及虎丘街

道，这些街道的社区公园总规模较小，致使其供给难以满足周边居民需求。(2) 供给量冗余的社区公园数量较少，仅苏州公园、友谊河绿地存在较明显的冗余状况，边界缓冲区内内的横山公园、社区绿地公园也存在一定程度的冗余，其中，友谊河绿地的冗余量较大，达43.47%。

由上述分析可知，社区公园供给量不足是造成供需不匹配的主要原因。其中，苏锦街道社区公园的供给与需求存在较为严重的失衡现象，街道内有1个社区公园供给量存在冗余，而其余4个的供给量明显不足且供给缺口均超过50%，显示该区域公园布局的合理性存在不足，原因在于苏锦街道社区公园的规模相对较小，同时在空间上呈现出显著的聚集分布趋势，各公园的服务范围有所重叠，造成其供给与需求失衡的现象。

3.2 基于OSD的空间可达性结果分析

构建OSD模型，对社区公园服务范围、居民获取服务的公园进行重新分配(图3)，依据“15 min社区生活圈”理念和步行最大耐受时间，统计15 min、30 min步行距离内苏州市姑苏区的社区公园服务覆盖率(表1)。图3显示，进行最优供需分配之后，姑苏区中部偏北区域，如苏锦、虎丘街道的社区公园服务供需失衡问题得到明显改善。

3.2.1 社区公园服务覆盖率分析

姑苏区30 min步行时间内的社区公园服务覆盖率较好，而15 min内多数居民无法获取服务。(1) 15 min步行距离内的社区公园服务覆盖率较低，覆盖居民数仅占总数的23.82%，多分布在中南部的双塔街道、沧浪

①《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2017)中，“社区公园”的定义为“用地独立，具有基本的游憩和服务设施，主要为一定社区范围内居民就近开展日常休闲活动服务的绿地，规模宜大于1 hm²”。

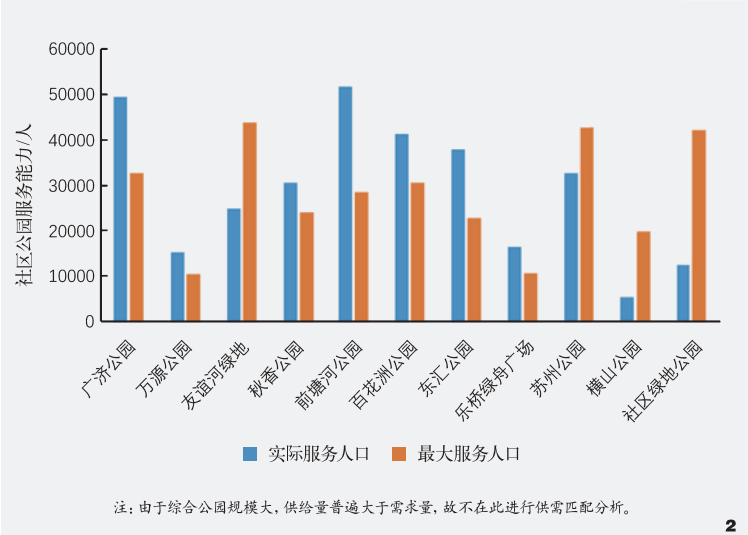


图2 姑苏区社区公园供需匹配情况
Fig. 2 Supply and demand matching of community parks in Gusu District

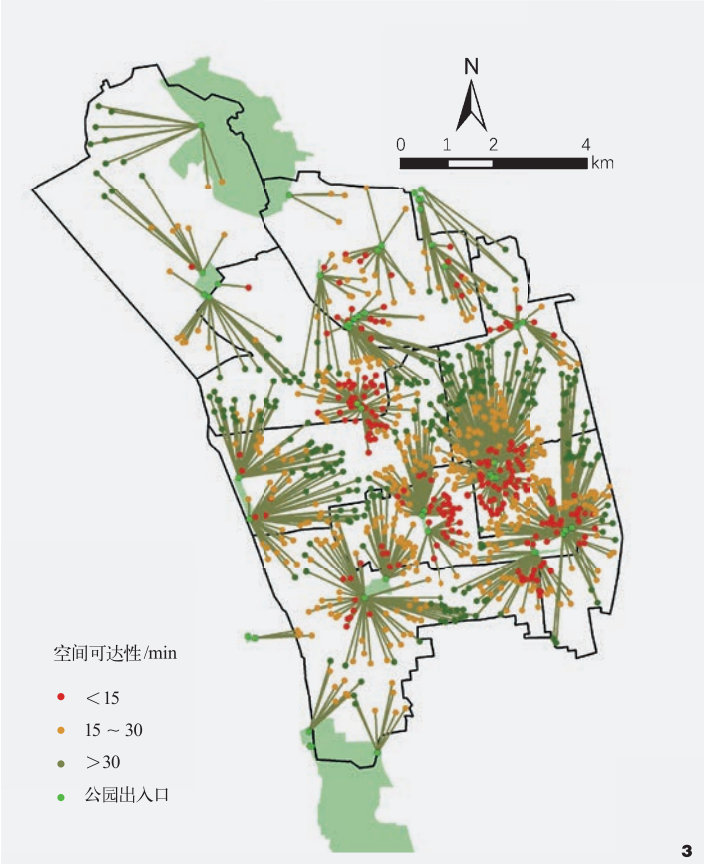


图3 姑苏区社区公园服务最优分配结果
Fig. 3 OSD results of community park services in Gusu District

表1 基于OSD的苏州市姑苏区社区公园服务覆盖统计
Tab. 1 Statistics on service coverage of community parks in Gusu District, Suzhou City based on OSD

分类/min Classification of spatial accessibility	人数/人 Number of people	占比/% Proportion
< 15	180 859	23.82
15-30	348 303	45.87
> 30	230 115	30.31

街道等区域。该比例距离“15 min社区生活圈”的发展目标还有较大差距,表明该步行时间内多数居民难以有效获取社区公园提供的相应服务,姑苏区社区公园空间布局存在一定的不合理性。(2) 30 min步行时间内的社区公园服务覆盖状况改善明显,69.69%的居民可在相应时间内到达至少一处公园;服务

未覆盖,即步行时间30 min内无法到达社区公园的居民占总数的30.31%,集中分布在东、西部的金阊街道、平江街道片区。综上所述,不同街道的居民间获取社区公园服务的时间存在较大差异,多数居民到达公园需要付出较长的时间成本,反映出公园布局存在明显的不均衡现象。因此需重点

加强服务未覆盖区域如金阊、平江等街道的社区公园建设与规划。

3.2.2 社区公园空间可达性分析

(1) 可达性高值较少,集中在姑苏区中南部区域,与交通状况、公园布局密切相关。沧浪、双塔街道及其周边部分区域的社区公园供需匹配状况较好,可达性数值呈现以公园为中心向周边区域递减的趋势,是姑苏区生活品质、宜居程度较高的区域。究其原因,这些区域交通条件优越,路网通达,社区公园数量较多,布局相对均衡,形成了以较大规模公园为中心的公园聚集区,区域内多数居民能够就近享受较为丰富的社区公

园服务。

(2) 可达性中值整体分布较为均衡, 呈现出明显的圈层结构, 多集中在平江街道西南部、金阊街道东部等区域, 社区公园服务供给不足是主要原因。该类区域在姑苏区分布较为广泛, 交通便捷性较好, 人口密度较高, 但社区公园数量相对较少, 与居住区的距离较远, 致使其提供的服务不够充分, 难以满足高密度人口的高游憩需求, 居民获取服务花费的时间成本高, 因而可达性水平不佳。

(3) 可达性低值在金阊街道及平江街道中部呈片状聚集, 社区公园服务供需失衡是主要原因。以上区域由于部分位于古城区内, 社区公园资源匮乏, 数量较少甚至没有分布, 服务覆盖范围有限, 而居住区密集、人口密度较高, 供需存在一定程度的失衡, 致使可达性较低, 难以满足居民的日常游憩生活需求。此外, 白洋湾街道、吴门桥街道的部分区域, 虽然所在街道的社区公园数量较多, 但可达性较低。原因在于该类街道辖区范围较大, 人口密度相对不高, 社区公园周边交通条件不佳, 居住区分布较为分散, 导致了小范围服务盲区的存在。

3.3 空间可达性优化策略

可达性中、高值区域可增设出入口、完善配套设施, 提升社区公园品质。此类区域可达性较好, 但人口密度大, 建议对苏州公园、横山公园等老旧公园提升改造, 一方面增设出入口, 减小周边居民的通行距离, 推动社区公园开放共享。另一方面针对居民日常锻炼、休闲娱乐需求, 增加、完善配套服务设施, 提升社区公园服务能力和居民吸引力。

可达性低值区域可探索多元化的服务供

给方式、完善路网结构, 明确供需差异, 多措并举。该类区域未来随着城市人口的不断增加, 需求进一步增大, 将面临更为严峻的低可达性压力, 是社区公园规划建设需关注的重点区域。(1) 新建社区公园。对于人口密度相对较低的区域, 识别城市低效用地, 在服务盲区及其周边适当新建公园, 提升可达性水平。(2) 增设微绿地。对于高人口密度区域, 可采取城市更新、社区综合整治等手段, 通过“拆旧补绿”“拆违增绿”等方式, 增补微绿地, 提升服务供给。(3) 建设垂直绿化。对于难以增设微绿地的区域, 在距离社区公园较远的居住区周边, 增加屋顶花园、空中花园等垂直绿化形式, 提高土地利用的集约化程度, 优化服务供给的空间格局。(4) 补充完善公园周边城市道路网络系统, 增加建设、改造社区公园与居住区间的支路、巷道, 健全道路网状结构, 减少居民通行时间, 以提升可达性水平。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文针对现有公园绿地可达性测度方法识别供需关系精准性不足的情况, 引入OSD模型, 与2SFCA对比分析, 明确可行性及优势, 以苏州市姑苏区为例, 基于OSD确定最优的供需分配方案, 测度社区公园的空间可达性, 并根据结果提出优化建议。主要结论如下:

(1) 相比2SFCA, OSD计算指标具有明确的物理意义, 且对于供需关系空间差异的识别更为精准。OSD计算结果为居民到达社区公园的时间、公园服务覆盖率等, 易于理解和直观判读; 通过对研究区域内社区公园资源的最优分配, 充分反映供给与需求的真实情况, 对空间上社区公园可达性低值区域

的识别更为精准, 能够有效弥补现有方法的不足。

(2) 最优供需分配结果显示, 姑苏区社区公园空间可达性水平较低, 可达性空间分布较为均衡, 高值集中在姑苏区中南部区域, 低值在中部片状聚集。15 min步行时间内多数居民无法有效获取社区公园服务, 而30 min内的服务覆盖率提升明显, 公园空间布局合理性存在不足。沧浪、双塔等街道可达性较好, 而金阊街道及平江街道中部片区可达性较差, 供给与需求错配是造成可达性空间分布失衡的重要原因。

(3) 针对姑苏区可达性低值区域, 可通过多元化增加服务供给、完善路网结构等方式优化提升。可达性中、高值区域可增设出入口、完善配套设施, 提升社区公园品质。可达性低值区域可针对性通过新建社区公园、增设微绿地、建设垂直绿化等多元化方式, 增加服务供给; 同时完善社区公园与居住区间的城市道路系统, 提升交通便捷性, 减少同行时间, 改善可达性水平。

4.2 讨论

(1) OSD可用于检验公园绿地空间布局规划方案的科学性。OSD不仅适用于既有公园的空间可达性评估, 在相关部门对公园绿地进行布局规划、增减及重新选址时, 也可使用该模型预先评估其空间可达性, 以判断公园布局规划是否合理, 以及调整后的布局是否有所优化。

(2) 研究的数据来源仍需细化补充。本文揭示了最优供需分配下的社区公园空间可达性, 所引入的方法能够更精确地识别服务供需状况, 对于社区公园的精准化布局配置具有一定研究价值与现实意义, 但也存在一定不足: 获取需求点数据时, 尚未考虑居民

的需求偏好。未来的公园绿地布局规划及可达性评估研究，应将居民的需求偏好一并纳入考虑，以构建更具人性化的高质量城市公园绿地系统。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] 方舟,刘骏.存量背景下重庆市沙坪坝老城区社区公园布局优化研究[J]. 园林, 2021, 38(3): 55-62.

[2] 杨文越,叶泓好,杨如玉.美国社区公园规划与管理模式[J]. 中国园林, 2022, 38(11): 58-63.

[3] 王春晓,黄舒语,邓孟婷,等.供需耦合协调视角下高密度城市公园绿地公平性研究——以深圳龙华区为例[J]. 中国园林, 2023, 39(1): 79-84.

[4] 浩飞龙,张浩然,王士君.基于多交通模式的长春市公园绿地空间可达性研究[J]. 地理科学, 2021, 41(4): 695-704.

[5] 胡莹,马锡海.可达与共享:学校体育设施开放对社区公共体育服务影响的实证研究——以苏州中心城区为例[J]. 上海城市规划, 2022(2): 32-39.

[6] KSHAMA G, ARIJIT R, KANISHKA L, et al. GIS Based Analysis for Assessing the Accessibility at Hierarchical Levels of Urban Green Spaces[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 18: 198-211.

[7] 谭钦,毛志睿,于潮.基于多源数据的公园绿地可达性分析与服务盲区识别——以昆明中心城区公园绿地为例[J]. 园林, 2020(6): 82-89.

[8] SISTER C, JENNIFER W, JOHN W. Got green? Addressing Environmental Justice in Park Provision[J]. Geo journal, 2010, 75(3): 229-248.

[9] 戴忠炜,洪昕晨,潘明慧,等.基于GIS的城市公园避雨设施可达性研究——以福州沙滩公园为例[J]. 中国园林, 2020, 36(2): 101-105.

[10] 翟宇佳,周聪惠.基于实例的城市公园可达性评价模型比较[J]. 中国园林, 2019, 35(1): 78-83.

[11] 宋正娜,陈雯.基于潜能模型的医疗设施空间可达性评价方法[J]. 地理科学进展, 2009, 28(6): 848-854.

[12] 刘炳熙,田宇,王蕾,等.基于网格尺度的公园绿地供需时空差异——以哈尔滨主城区为例[J]. 风景园林, 2022, 29(10): 115-121.

[13] 陶卓霖,程杨.两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展[J]. 地理科学进展, 2016, 35(5): 589-599.

[14] 赵迪先,徐建刚,高尚,等.基于改进2SFCA可达性建模的海绵型公园绿地空间社会效益评价——以镇江市海绵城市建设试点区为例[J]. 生态经济, 2020, 36(11): 221-227.

[15] 翟石艳,何新新,孔云峰,等.基于最优供需分配的公共设施空间可达性分析[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 1028-1038.

[16] 李睿,王军,李梦雅.暴雨内涝情景下城市消防服务可达性的精细化评估[J]. 地理科学进展, 2022, 41(1): 143-156.

[17] DONY C C, DELMELLE E M, DELMELLE E C. Re-conceptualizing Accessibility to Parks in Multi-modal Cities: A Variable-width Floating Catchment Area (VFCA) Method[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 90-99.

[18] LUO W, WHIPPO T. Variable Catchment Sizes for the Two-step Floating Catchment Area (2SFCA) Method[J]. Health & Place, 2012, 18(4): 789-795.

[19] 王艳霞,蔡祖亮.老年人公园绿地可达性的时空分布特征[J]. 风景园林, 2023, 30(1): 110-118.

[20] 袁君梦,葛幼松.养老设施空间分布及可达性研究——以杭州市主城区为例[J]. 上海城市规划, 2019(6): 99-105.

[21] 齐兰兰,周素红,闫小培.广州市医疗设施可达性模型中端点吸引的影响因素检验[J]. 地理科学, 2014, 34(5): 580-586.

[22] 邱冰,张帆,万执.国内社区公园研究的主要问题剖析[J]. 现代城市研究, 2019(3): 35-41.

[23] 何琪潇,谭少华,申纪泽,等.邻里福祉视角下国外社区公园社会效益的研究进展[J]. 风景园林, 2022, 29(1): 108-114.

[24] 魏冶,修春亮,高瑞,等.基于高斯两步移动搜索法的沈阳市绿地可达性评价[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 479-487.