

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2024.05.015

宗会明, 王楚雯, 戴技才. 基于改进潜能模型的城市公园绿地可达性评价与优化布局研究——以重庆市江津区为例 [J]. 2024, 46(5): 161-174.

基于改进潜能模型的城市公园绿地 可达性评价与优化布局研究

——以重庆市江津区为例

宗会明^{1,2,3}, 王楚雯^{1,3}, 戴技才⁴

1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室, 重庆 401147;
3. 西南大学 陆海新通道与区域发展研究中心, 重庆 400715; 4. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331

摘要: 城市公园绿地空间布局因城市的自然条件和社会经济条件不同而具有差异性。当前国内外研究多聚焦发达地区和大城市, 而小城市和典型城市的公园绿地可达性研究鲜见, 且在案例代表性和数据精度方面还有一定的局限性。选择西南山地类型的重庆市江津区中心城区为案例, 以居民小区出入口与公园绿地出入口为研究主体, 构建改进潜能模型和网络分析方法, 揭示其空间特征和存在问题, 参考位置分配模型与调研结果, 得出优化布局方案并检验。结果表明, 江津区中心城区城市公园绿地布局与服务水平空间差异明显。提出拟新建 7 个游园与 5 个社区公园, 并将部分公园绿地进行合并扩建或新增出入口。

关键词: 改进潜能模型; 可达性; 城市公园绿地;

优化布局; 重庆市江津区

中图分类号: TU986.5

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2024)05-0161-14

A Study on the Accessibility Evaluation and Optimized Layout of Urban Green Spaces Based on the Improved Potential Model

——Take Jiangjin District of Chongqing as an Example

ZONG Huiming^{1,2,3}, WANG Chuwen^{1,3}, DAI Jicai⁴

1. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Key Laboratory of Monitoring, Evaluation and Early Warning of Terrestrial Spatial Planning Implementation, Ministry of Natural Resources, Chongqing 401147, China;
3. Research Center for New Land-Sea Corridor and Regional Development, Southwest University, Chongqing 400715, China;
4. College of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

收稿日期: 2023-11-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(42071209; 42071217); 重庆市社科联成渝双城经济圈建设重大项目(2023ZDSC01); 重庆市大学生创新创业训练计划项目(S202310635032)。

作者简介: 宗会明, 教授, 博士研究生导师, 主要从事城市地理与城乡规划研究。

Abstract: The spatial layout of urban park green spaces is shaped by unique natural and socio-economic factors of each city. Current research, both domestic and international, is primarily focused on large metropolitan areas, leaving smaller-scale urban green spaces underexplored. This gap is due to limited case representation and data precision. Our study zeroes in on the central urban area of Jiangjin District in Chongqing, a mountainous city in southwest China. We concentrated on the entrances and exits of both residential neighborhoods and park green spaces to better understand their spatial patterns. Using an improved potential model and network analysis, we revealed their spatial characteristics and challenges. By referencing the location allocation model and conducting field studies, we have designed an optimized layout plan that has been thoroughly tested. Our findings highlight significant spatial disparities in the layout and service quality of these green spaces. To address this, we proposed seven new playgrounds and five community parks, while consolidating and expanding existing green spaces or introducing new access points.

Key words: improved potential model; accessibility; urban park green space; optimized layout; Jiangjin District, Chongqing

可达性良好的公园绿地可以改善附近居民的生活质量^[1]。当前城市研究和规划领域对公共服务可达性和空间布局方面的研究主要围绕两个主题:一是构建可达性定量模型,开展城市公共服务设施可达性格局及其影响因素的实证研究^[2-5]。1959 年 Walter^[6]第一次提出空间可达性的概念,后发展出 Huff 模型、潜能模型^[7]和两步移动搜寻模型^[8]等。Nicholls^[9]运用网络分析法来分析公园绿地可达性,为其他学者提供了新思路。王子琳等^[10]以武汉市中心城区为例,研究中国大型城市公园绿地可达性。陈希等^[11]发现除了规划因素外,季节因素也对城市公园空间可达性具有影响;二是基于可达性分析,结合人口规模和发展需求,对服务设施布局进行公平性评价或空间优化^[12-13]。孙喆等^[14]运用潜能模型,结合洛伦兹曲线和基尼系数,探索北京市六环内城市公园绿地空间布局公平性。赵艳福等^[15]采用区位熵,探究宁波市各街道城市公园的社会公平性。徐宇曦等^[16]从环境正义视角,研究南京市主城区公园绿地空间配置的公平性。布局优化方面,位置分配模型在优化选址中有出色表现^[17-19]。该模型在西安纺织城地区社区公园与游园优化^[20]、徐州中心城区城市绿地^[21]的空间布局优化等实证研究中得到验证。近年来,山地城市规划的特殊性逐渐得到学术界重视,学者们围绕公共服务设施空间可达性与布局开展了深入研究^[22-23],山地城市公园绿地备受关注^[24-25]。

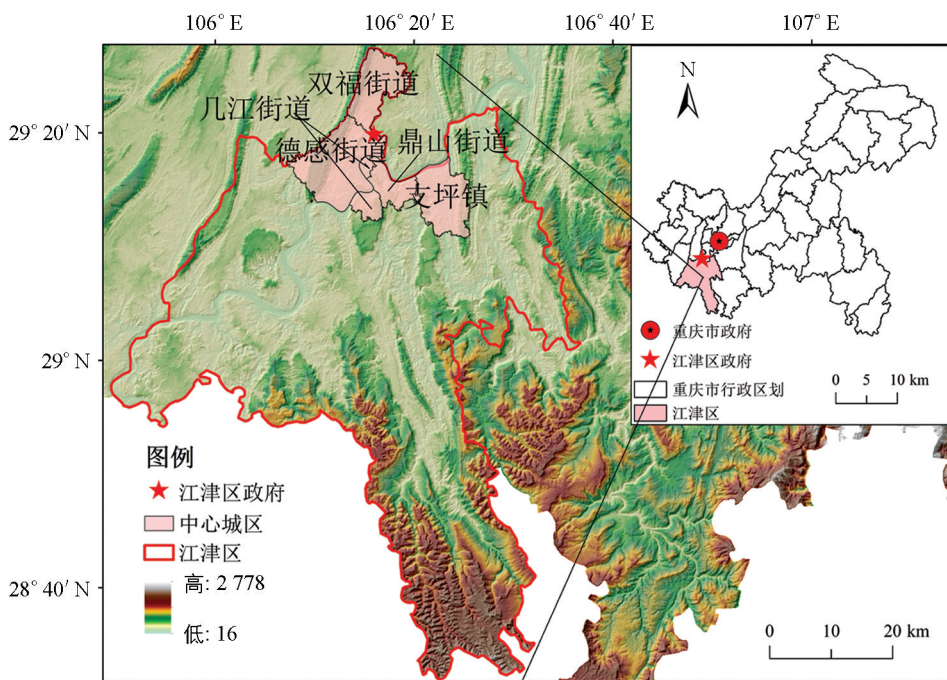
综上,当前国内关于城市公园绿地可达性方面的研究已较为成熟,研究案例多聚焦于大城市或平原地区,以街道为尺度展开研究。但鲜见小城镇与更小单位尺度的公园绿地可达性研究。因此,现有研究在案例代表性和数据精度方面还有一定的局限性。本研究借鉴已有研究,聚焦山地类型城市与小城镇,综合考虑居民出行意愿和距离阻抗,对传统模型进行改进,围绕居民小区开展小尺度研究,结合重庆市江津区特殊地理条件,分别以尺度更小的居民小区与公园绿地出入口为对象,从可达性与均等性两个方面开展江津区城市公园绿地服务水平研究,结合位置分配模型确立城市公园绿地优化选址方案,以期为提高城市公园绿地的服务能力和制定均等化规划政策提供理论支撑。

1 研究区概况、研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

江津区位于重庆市的西南部,毗邻四川省合江县和贵州省习水县,地理位置优越,是重庆辐射川南黔北的重要门户、重庆市同城化发展先行区之一。2022 年末,全区常住人口 135.38 万人,其中城镇常住人口 83.94 万人,占全区常住人口比例为 62%,城镇人口主要分布于中心城区。中心城区(图 1)包括几江街道、德感街道、双福街道、鼎山街道以及支坪镇,距重庆市中心 42 km,距江北机场 70 km,长江穿城而过,公园绿地资源丰富。《江津区国土空间生态保护修复规划(2021—2035 年)》提出,积极推动城市公园体系建设,优化公园绿地布局,提升公园绿地功能,形成“布局均衡、类型多样、功能丰富、特色鲜明”的城市公园

体系,构建“300 m 见绿、500 m 见园”的城市绿化生态格局。



审图号:渝 S(2021)006 号

图 1 江津区中心城区区位示意图

1.2 方法及模型

1.2.1 城市公园绿地空间服务水平评价

以“300 m 见绿,500 m 见园”为目标,公园绿地为主体,利用网络分析,研究公园绿地服务覆盖情况,评价江津区中心城区公园绿地的服务能力。本研究以公园绿地图斑边界作为要素,以路网为网络,阈值设置为 500 m,得出公园绿地 500 m 服务范围的覆盖情况,并评价其服务能力。

1.2.2 城市公园绿地可达性

1) 改进后的潜能模型

潜能模型是从万有引力定理引申而来的理论模型,其原理是在特定的地域范围内,社会经济活动的强度与其发生地点的需求水平成正比,与二者之间的距离成反比。公式如下:

$$A_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (1)$$

$$A_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{D_{ij}^\beta} \quad (2)$$

其中: A_i 为需求点 i 的设施总可达性; A_{ij} 为需求点 i 到供应点 j 的可达性; M_j 为供应点 j 的服务能力; D_{ij} 为需求点 i 到供应点 j 的阻抗; β 为摩擦系数。 A_i 的值越大,则需求点 i 的设施可达性越高。

Weibull^[26]在传统潜能模型的基础上引入了人口规模因子 V_j ,将区域人口对设施资源的竞争纳入考虑,对潜能模型的一般公式进行了改进。现实生活中,考虑到不同等级规模的城市公园绿地的服务能力以及居民的极限出行距离,本研究对潜能模型进一步改进。在原有潜能模型的基础上,设置多级服务半径 d_0 ,考虑到居民前往各级城市公园绿地的出行习惯,设置极限出行距离 d_1 。为表征距离衰减因素的影响,引入等级规模影响系数 W_{ij} 对潜能模型进一步改进。公式如下:

$$A_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (3)$$

$$A_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{W_{ij} S_j}{D_{ij}^\beta V_j} \quad (4)$$

$$V_j = \sum_{k=1}^m \frac{W_{kj} P_k}{D_{kj}^\beta} \tag{5}$$

$$W_{ij} = \begin{cases} 1 & D_{ij} \leq d_1 \text{ 或 } D_{kj} \leq d_0 \\ 0 & D_{ij} > d_1 \text{ 或 } D_{kj} > d_0 \end{cases} \tag{6}$$

其中： S_j 为设施点 j 的服务能力； V_j 为设施点 j 的人口规模因子； P_k 为需求点 k 处的人口规模； m, n 分别为需求点 k 和设施点 j 的数量； D_{kj}^β 表示在摩擦系数为 β 的前提下，需求点 k 和设施点 j 之间的阻抗。

由于研究区域多山地的地形因素，往往需耗费较长的时间才能到达目的地，因而本研究采用步行时间距离代替欧氏距离来表征居民的出行阻抗。同时，根据城市公园绿地的特殊性，以面积来衡量其服务能力 S_j 。综合其他学者^[27-28]的研究观点，将摩擦系数 β 设置为 2。

进一步改进后的潜能模型综合考虑了居民点人口规模、需求点与设施点之间的出行阻抗、城市公园绿地服务能力及规模、居民主观选择性、生活实际等因素，所反映的情况更符合实际，计算结果可靠性更高。

2) 区位熵

为方便研究区域内各小区公园绿地可达性与整体水平之间的关系，本研究以居住小区为空间单元，借鉴区位熵概念，通过分析各居住小区人均公园绿地资源区位熵，来表示各小区居民使用公园绿地的难易程度，公式如下：

$$LQ_i = \frac{A_n}{\bar{A}_i} \tag{7}$$

式中： LQ_i 为区位熵； A_n 为各小区的可达性水平； $\bar{A}_i$ 为江津区中心城区的平均可达性水平。如果区位熵 $LQ_i > 1$ ，表明该小区城市公园绿地资源供给水平高于江津区中心城区总体水平；如果区位熵 $LQ_i < 1$ ，表明该小区城市公园绿地资源供给水平低于江津区中心城区总体水平。

1.2.3 城市公园绿地均等性——空间聚类分析

空间聚类分析一般分为两大类：全局聚类分析和局部聚类分析。

在进行全局聚类分析时，本研究采用 Moran's I 指数对城市公园绿地均等性总体情况进行分析，它通常使用单一属性来反映研究区中邻近地区是相似、相异还是相互独立，判断该属性值在空间上是否存在聚集特征，进而反映其均等化程度。Moran's $I > 0$ 时，表明空间均衡性较好；Moran's $I = 0$ 时，表明属性值随机分布或不存在空间自相关；Moran's $I < 0$ 时，说明空间差异性较大，分配存在不公平的问题。

由于在实际情况下经常出现研究区域在全局聚类分析中无显著关联性，但仍存在局部关联的现象，因此将全局聚类分析和局部聚类分析相结合来判断其均等性更具备科学性。本研究运用 LISA 局部关联模型来分析江津区中心城区各居住小区的城市公园绿地均等化水平，可得到“高高”“低低”“高低”“低高”4 种空间关联信息，并在 ArcGIS 软件中对其进行可视化表达，使各居住小区的城市公园绿地均等化状况更加清晰。

1.2.4 城市公园绿地优化布局——位置分配模型

位置分配模型(Location Allocation Model, LA)由 Cooper^[29]于 1963 年提出，其基本原理是在一定空间范围或一定人口规模内，保证所需设施的数量和区位最优。将需要选址的设施设为供应点，将位置固定的设施服务对象设为需求点，利用 ArcGIS 位置分配模块，根据特定优化模型，从指定的系列候选设施选址中挑选出指定数目的设施选址，实现设施的优化布局。本研究将把需要选址的城市公园绿地作为供应点，将位置固定的居民点作为需求点进行计算。城市公园绿地属于公共服务设施之一，其布局主要考虑公平与效率。对于服务对象而言，到达设施点的成本最低或距离最短是其主要考虑的因素；对于作为规划方的政府而言，为控制建设成本，应尽可能减少新增设施的数量并满足更多人的需要。所以本研究选择最小化阻抗和最小化设施点模型，希望在提升可达性的同时，实现低居民出行成本与低建设成本的效果。

1.3 数据来源及处理

1) 江津区中心城区城市公园绿地数据。由于城市与农村绿地数据差异较大，且数据获取精度有限，本文仅研究江津区中心城区城镇开发边界范围内 0.4 hm² 以上的公园绿地。通过高德地图卫星影像，提取出公园绿地图斑数据，并计算图斑面积。公园出入口位置通过 POI 数据提取并结合实际情况进行补充

校正。根据“15 min 生活圈”和《城市绿地规划标准》(GB/T 51346—2019)等,结合居民实际出行偏好,设置各级公园绿地服务范围(表 1)。该标准仅用于从居民小区角度,运用改进的潜能模型进行可达性测度的研究中。

表 1 公园绿地服务半径设置

类型	规模	服务半径
综合公园	>50 hm ²	>3 000 m(步行 60 min)
	20.01~50.00 hm ²	3 000 m(步行 45 min)
	10.01~20.00 hm ²	2 000 m(步行 30 min)
社区公园	5.01~10.00 hm ²	1 000 m(步行 15 min)
	1.01~5.00 hm ²	500 m(步行 10 min)
游园	0.41~1.00 hm ²	300 m(步行 5 min)

2) 江津区中心城区各小区及人口数据。利用 python 技术获取江津区中心城区 POI 数据,提取研究区内小区出入口为位置点,并结合实际进行补充更新。人口数据主要来自国内房产交易平台“安居客”(https://xuzhou.anjuke.com/)中的小区详细信息,对于无法直接获取人口数据但可知户数的小区,人口按照户数进行估算,城市户均人数按照平均每户 3 人进行估算^[15,30],最终共筛选出 320 个居民小区,居民数占总人口的 85%以上,数据具有可靠性。

3) 江津区中心城区道路路网数据。网络获取 2022 年高德地图卫星遥感影像(分辨率 5 m×5 m),自行对道路路网进行分级矢量化处理,并结合实际进行数据核查和补充。

4) 出行速度与居民极限出行距离的确定。由于小城镇居民通常偏好步行前往公园绿地,参考其他学者研究成果^[31]与平均红绿灯等候时间,并将山地城市多梯坡的特点纳入考虑,将居民步行平均速度设置为 4 km/h。综合各居民点到公园绿地的平均出行时间以及居民实际出行习惯得出,居民到公园绿地的步行极限出行时间阈值为 30 min。

2 江津区城市公园绿地空间分布特征

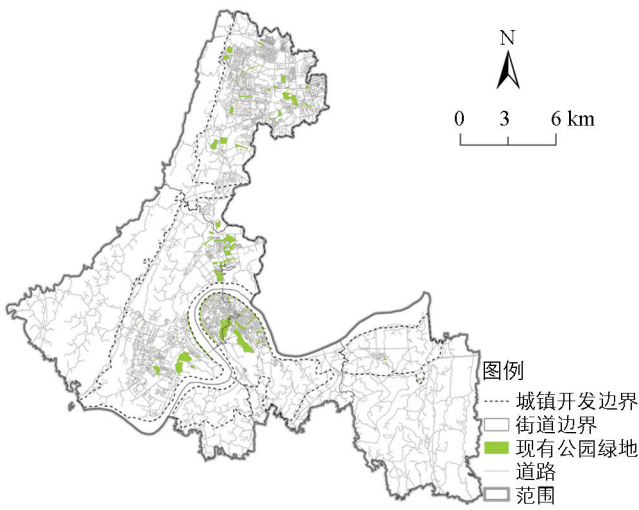
江津区中心城区城市公园绿地资源丰富,综合公园类和游园类绿地较少,而社区公园类绿地数量众多,人均公园绿地面积达到现有城市绿地标准。经过数据处理与筛选,截至 2022 年底,江津区中心城区各类城市公园绿地共 76 个,总面积约 610.19 hm²,人均公园绿地面积约为 12.4 m²,已达到我国小城市人均公园绿地面积≥10 m² 的标准。据统计(表 2),江津区中心城区内综合公园共 12 个,数量上仅占 15.79%,而面积占公园绿地总面积的 63.77%;社区公园共 41 个,占总数的 53.95%,占总面积的 33.51%;游园共 23 个,占总数的 30.26%,仅占总面积的 2.73%。

表 2 公园绿地分类统计表

类型	规模	数量/个	面积/hm ²
综合公园	>50 hm ²	3	194.36
	20.01~50.00 hm ²	5	135.36
	10.01~20.00 hm ²	4	59.39
	合计	12	389.11
社区公园	5.01~10.00 hm ²	18	134.92
	1.01~5.00 hm ²	23	69.52
	合计	41	204.44
游园	0.41~1.00 hm ²	23	16.63

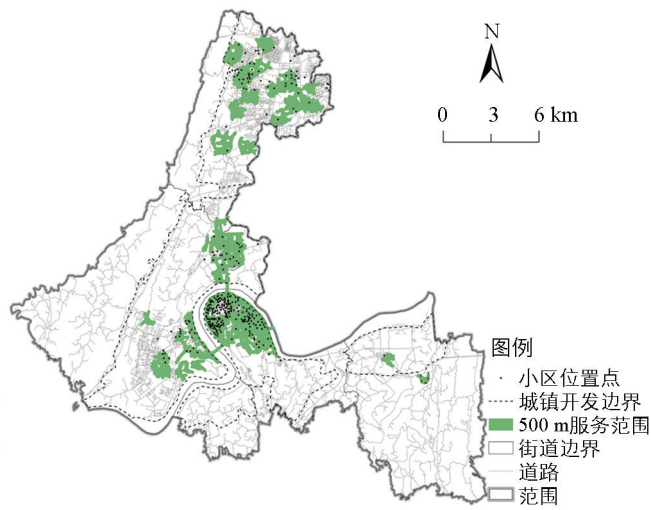
空间布局上,江津区中心城区城市公园绿地分布零散而不均衡,局部存在相对集中的空间特征。从各街道尺度上看,位于中心城区边缘的支坪镇公园绿地资源较为稀少,仅有 2 处;双福街道城市公园绿地分布相对均匀,穿插在居民小区间,有助于街道内居民使用;德感街道公园绿地主要集中分布在圣泉寺与篆山坪周围,形成区域内公园集群;几江街道与鼎山街道公园绿地集中分布在江滩与山地附近,主要利用自然资源禀赋打造生态公园(图 2)。

江津区中心城区公园绿地布局与居住小区布局具有一致性,总体 500 m 服务水平可覆盖中心城区 76.56% 的居住小区,双福与几江街道尚有提升空间。图 3 为江津区中心城区各公园绿地 500 m 服务范围覆盖情况,统计结果如表 3 所示。总体上看,500 m 服务范围覆盖面积仅占江津区中心城区集中建设区面积的 22.74%,而辐射居民小区共 245 个,占总数的 76.56%,这一定程度上说明现有公园绿地布局与居民点分布在空间上具有一致性。双福街道人口密集,居住小区较多,而仅有 58.21% 的小区达到“500 m 见园”的标准,说明双福街道内公园绿地服务能力有待提升,尚未完全实现“500 m 见园”的目标。几江街道虽覆盖情况较为良好,但仍存在较为明显的覆盖盲区,老城区房屋密集,人口众多,可开发的土地资源稀缺,新建公园绿地的潜力有限,覆盖率提升难度大。



审图号: 渝 S(2021)006 号

图 2 江津区中心城区公园绿地分布图



审图号: 渝 S(2021)006 号

图 3 城市公园绿地 500 m 服务范围图

表 3 公园绿地 500 m 服务覆盖情况统计

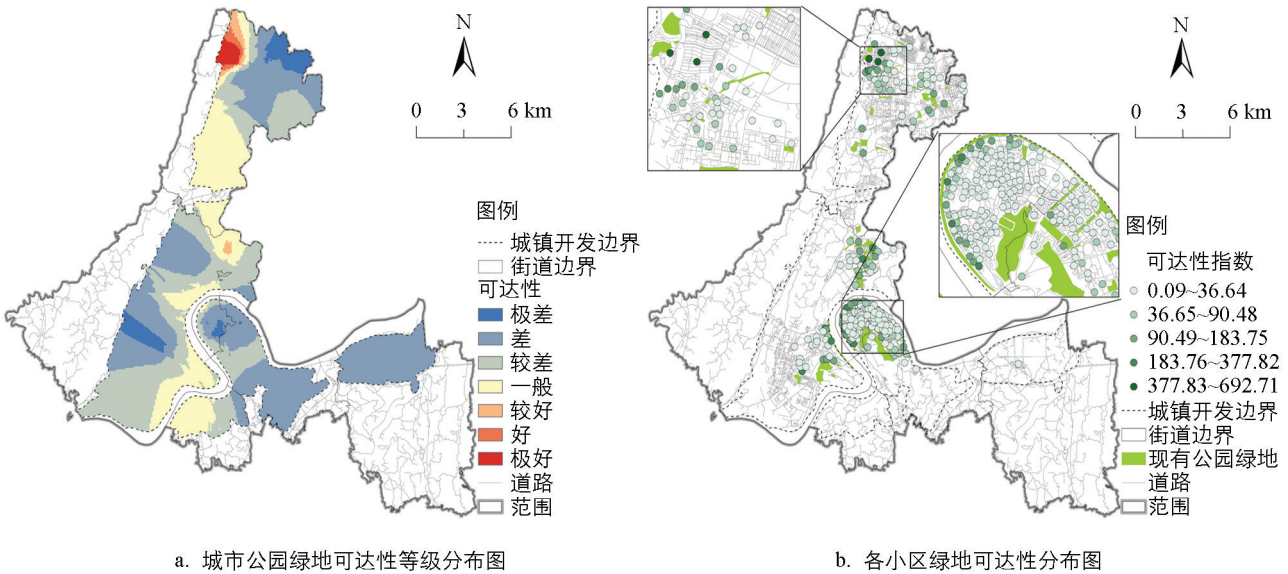
区域	500 m 服务范围内数量/个	占比/%	区域	500 m 服务范围内数量/个	占比/%
江津区中心城区	245	76.56	几江街道	97	72.39
双福街道	39	58.21	鼎山街道	63	94.03
德感街道	45	88.23	支坪镇	1	100.00

3 江津区城市公园绿地可达性与均等性评价

3.1 基于居民点的江津区城市公园绿地可达性评价

城市公园绿地可达性水平空间差异明显,差异形成的原因不一且大部分小区低于平均水平。由图 4 和图 5 可知,中心城区各街道绿地可达性差异明显,街道内各小区绿地可达性差异也十分显著。双福街道内可达性差异极大,同时拥有可达性水平极好与极差的区域,这是由于公园绿地的规模与周边居民需求之间存在矛盾,例如,极大值所在地恒大金碧天下小区附近共有 1 个游园、2 个社区公园,居民到达每个公园绿地的距离均较近,因而尽管小区居住人口庞大,但依然能够满足居民的需要。相比之下,可达性水平极差区域内的小区附近公园绿地规模小或距离较远,而小区居民较多,供不应求,因而可达性水平远远落后。几江街道与鼎山街道虽位于滨江区域,拥有环抱整个老城区的滨江公园以及艾坪山公园、鼎山公园两大综

合公园,但由于老城区内居住小区密度极高,人口庞大,路况复杂,除滨江地带的小区外,老城区内大部分小区都处于可达性极差水平.此外,艾坪山公园与鼎山公园虽规模庞大,但受地形影响,公园出入口设置较少,难以进出自如,因而对周边居民的服务能力也受限,尽管部分小区背靠公园,但由于距公园出入口较远,可达性也处于较低水平.



审图号: 渝 S(2021)006 号

图 4 城市公园绿地可达性空间插值与可达性分布图

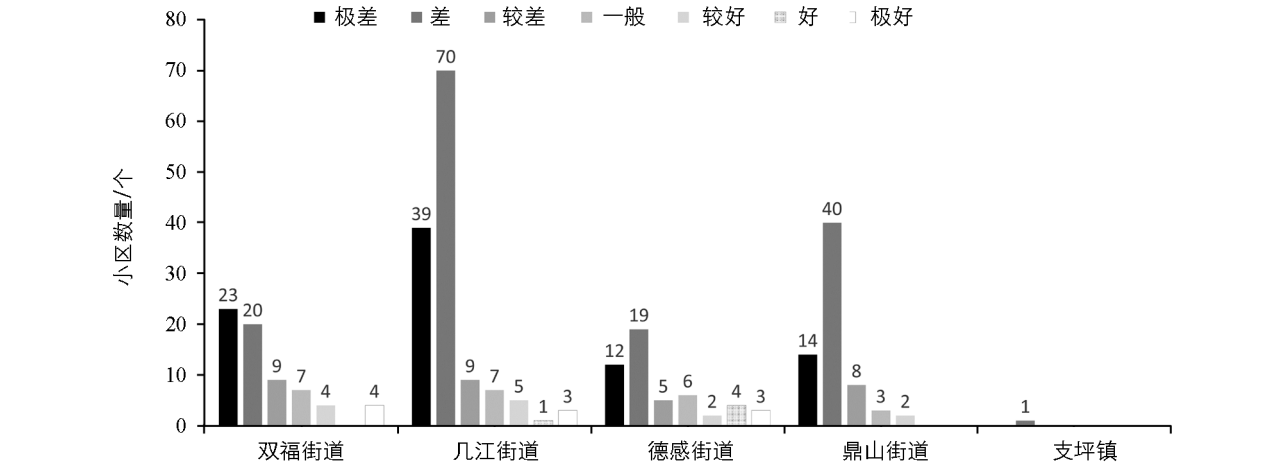


图 5 各街道公园绿地可达性等级统计直方图

经计算(表 4),各小区公园绿地可达性区位熵的值域为 0.00~14.93,标准差为 1.60,值域范围跨度较大,标准差较高.将区位熵分为 5 个等级,其中,区位熵<1 的小区共 238 个,占总数的 74.38%,而区位熵为极好等级的小区仅 3 个,占总数的 0.94%.一方面说明中心城区内大部分小区公园绿地可达性低于整体水平;另一方面也再次证明不同小区空间可达性差异极大,存在公园绿地资源分配不公平的问题.

表 4 可达性区位熵等级统计表

等级	区位熵	小区数量/个	比例/%	等级	区位熵	小区数量/个	比例/%
差	0.00~1.00	238	74.38	好	3.97~8.14	11	3.43
一般	1.01~1.95	32	10.00	极好	8.15~14.93	3	0.94
较好	1.96~3.96	36	11.25				

3.2 基于可达性的江津区城市公园绿地布局均等性评价

3.2.1 全局自相关分析

将基于居民点的可达性计算结果进行空间聚类分析,得出全局聚类结果(表 5)。Moran' I 值为 0.15,说明空间正相关性较为明显, $Z(I)$ 值为 5.63, $P<0.05$,数据具有显著性,且 Z 得分超过正态分布函数在 0.05 的显著性水平下的临界值 1.96,表明要素具有明显集聚特征。因此,江津区中心城区存在绿地可达性水平相近的居民小区集聚在一起的特征,这可能与各居民小区区位条件相对均衡有关。此外,绿地可达性的高度空间集聚也从侧面反映出城市公园绿地存在一定程度的空间集聚,从而导致存在城市公园绿地资源的供给不均衡问题。

表 5 全局自相关聚类分析结果

指标	数值	指标	数值
Moran's I	0.15	P	<0.05
$Z(I)$	5.63		

3.2.2 局部自相关分析

利用 LISA 模型对基于居民点的可达性数据进行局部自相关分析并在 ArcGIS 中进行可视化表达(图 6),计算得到 4 类空间关联类型:HH 型、HL 型、LH 型和 LL 型。表 6 为不同空间关联类型的小区数据统计结果。

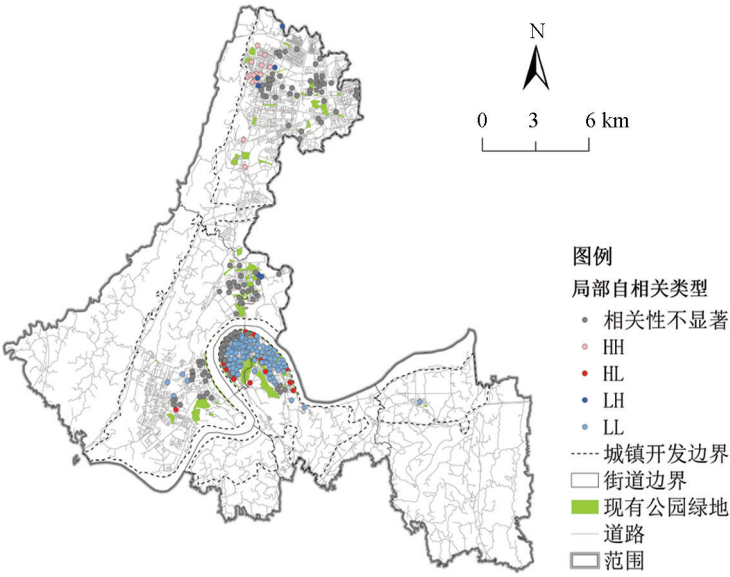
HH 型区域公园绿地供需较为均衡,该类型小区主要分布在城市公园绿地集聚、居住人口密集、交通便利的地区,例如恒大国际会议中心与恒大健康城附近,数量上仅占小区总数的 4.69%,而服务人口达 11.76%。该类型小区附近的公园绿地配置与人口规模相协调,形成高度的良性互动。

HL 型区域公园绿地供给明显高于相邻单元。该类型小区主要分布在老城区 LL 型小区外围,约 4.01%的居民处于 HL 型小区内。该类型小区相比周边其他小区而言距离公园绿地较近,因而可达性水平明显高于周边区域。

LH 型区域可达性水平明显低于周边小区。该类小区主要位于 HH 型小区外围,数量较少,仅 6 个,服务人口比例为 3.23%。尽管该类小区附近存在一定规模的公园绿地,但由于人口密度较大,资源竞争压力大,距离与资源优势被庞大的人口需求抵消。

LL 型区域公园绿地服务水平严重滞后。该类小区主要分布在老城区以及德感街道老旧小区,数量上占总数的 45.00%,服务人口比例为 32.18%。该类小区附近公园绿地资源十分匮乏,数量与质量均低于整体水平,人口密集而距离公园绿地较远,可达性水平远远落后。

综上所述,江津区中心城区各居民点的城市公园绿地服务均等性存在明显差距,新城区与高档小区居民相对享有更加高质量的公园绿地服务,而老城区与老旧小区居民的需求难以得到满足。



审图号:渝 S(2021)006 号

图 6 局部聚类空间关联类型分布图

表 6 小区绿地可达性空间关联类型统计表

空间关联类型	小区数量/个	数量百分比/%	服务人口/人	人口百分比/%
HH 型	15	4.69	75 744	11.76
HL 型	12	3.75	25 827	4.01
LH 型	6	1.88	20 803	3.23
LL 型	144	45.00	207 265	32.18

4 江津区城市公园绿地空间优化布局方案

4.1 江津区城市公园绿地服务短缺区识别

综合上述江津区中心城区公园绿地可达性与均等性测算结果,对尚未实现“500 m 见园”目标,且公园绿地可达性与均等性处于较低水平的区域进行识别。结果表明,几江街道江津中学附近区域、德感街道茨鸿城附近区域、双福街道福城大道沿线区域为公园绿地服务相对短缺区,应当采取适宜的优化布局方案,以提升上述区域的公园绿地服务水平,贯彻“以人为本”的规划理念。

4.2 基于位置分配模型的城市公园绿地优化布局过程

因综合公园新建成本过高,占地面积较大,且受江津区中心城区山水地形和格局限制,新建难度较大,所以本研究仅对游园与社区公园提供新增选址参考。

步骤 1: 对上位规划指标进行解读,确保新建公园绿地指标的科学性。对照《江津区“十四五”城市基础设施建设规划》中,“到 2025 年,江津区建成区 500 m 公园服务半径覆盖率将达 90%”的规划目标,当前覆盖率仅达到 76.56%。

步骤 2: 利用 ArcGIS 网络分析中的位置分配模型,以居民极限出行时间 30 min 为阈值,建立现有城市公园绿地基于交通路网的最小化阻抗模型,结果如表 7 所示。该结果说明从最小出行阻抗角度,现有城市公园绿地已经能够基本满足居民需要,大部分居民能够就近享受到公园绿地所提供的服务,但结合服务短缺区识别结果来看,仍存在提升空间,所以应进一步结合最小化设施点模型进行优化布局。

表 7 公园绿地服务情况统计表

类型	小区数量/个	比例/%	服务人口/人	比例/%
游园	272	85.00	514 492	79.88
社区公园	283	88.44	578 964	89.89

步骤 3: 以江津区中心城区城镇开发边界为范围,利用 ArcGIS 创建分辨率为 200 m×200 m 的网格,并生成网格中心点。按照位置属性提取不满足“500 m 见园”标准的网格点。在此基础上,按照构建“15 min 生活圈”要求对其进行二次筛选,仅保留居民步行 15 min 可达范围内的网格点作为新建绿地候选点(图 7)。

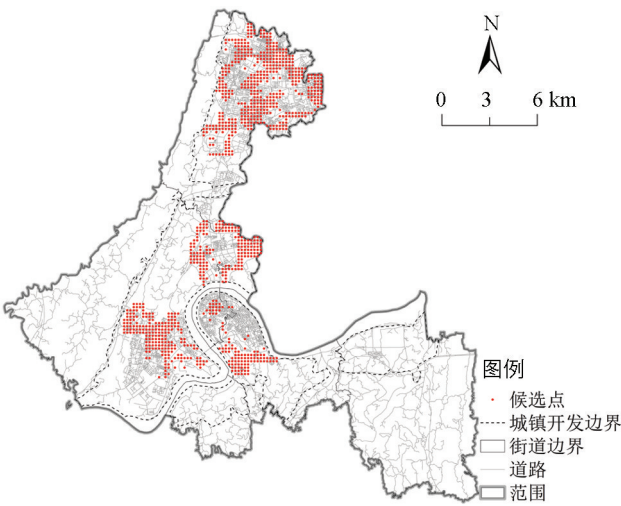
步骤 4: 将现有公园绿地数据与候选点数据代入最小化设施模型进行进一步筛选,得出实现最大覆盖范围共需要 63 个社区公园,其中 20 个为现有社区公园,可覆盖 93.75%的小区,服务 94.39%的居民;游园共需要 75 个,其中 14 个为现有游园,可覆盖 49.06%的小区,服务 47.81%的居民,候选点位置如图 7 所示。由此可见,现有公园绿地中部分绿地使用效率较低,未被模型认可,应进行提质升级;新增社区公园能够显著提升公园绿地服务覆盖率,因而应着重新建社区公园,同时兼顾游园建设。

步骤 5: 出于经济性与高效性两个方面考虑,继续对候选点进行删减。重点保留服务短缺区内的候选点,排除位于小区内部以及现有公园绿地内部的候选点。参考位置分配模型结果,结合《城市绿地规划标准》(GB/T 51346—2019),排除服务人口规模不足 5 000 人的候选点。

步骤 6: 实地观察候选点所处位置的实际情况, 对地形坡度 $>15^{\circ}$ 或现状用地并非处于低效闲置状态的候选点进行剔除, 并着重调研街角、居住区周边等区域, 考虑存量更新的可行性, 留意儿童嬉戏及老人闲谈的场所, 进行最终筛选. 根据各位置可利用土地面积以及周边居民人口规模大小确定建设规模.

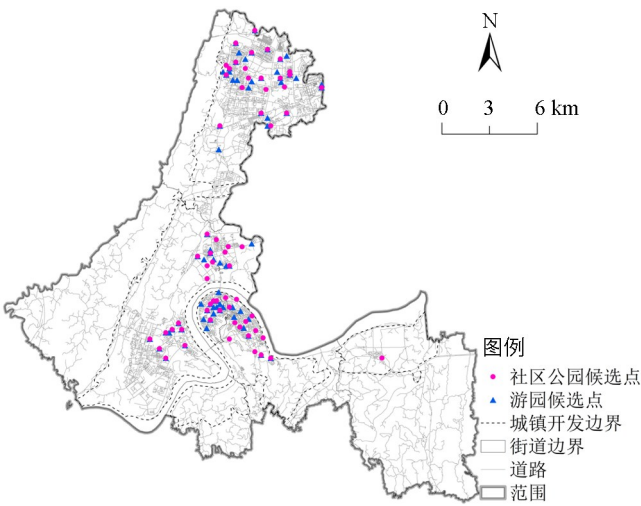
4.3 江津区城市公园绿地优化布局方案

综合模型与实地调研结果, 遵循尽可能地控制新增公园绿地的数量且最大程度提升服务水平原则, 最终保留 12 个新增公园绿地, 其中 5 个为社区公园, 7 个为游园(图 8, 表 8), 并对部分现有公园绿地进行提质升级, 将大溪河公园、琅山大道公园以及元帅广场 3 处公园绿地分别与其周边绿地进行合并与扩建. 此外, 调研发现部分综合公园存在“绕路找门”、次出入口无法通行或出入口相隔较远等问题, 使居民体验感不佳, 因而建议对浒溪公园、大岭湖公园等综合公园结合地形、路网新增出入口.



审图号: 渝 S(2021)006 号

图 7 新建公园绿地候选点分布图



审图号: 渝 S(2021)006 号

图 8 位置分配模型所保留的候选点

表 8 新增公园绿地信息

序号	位置	类别	面积/hm ²
1	祥瑞庭院时光小区西北部街角	游园	0.79
2	奎星广场步行街内	游园	0.89
3	迷你星座大楼对面	游园	0.48
4	金堂苑附近	游园	0.42
5	卫生局家属院右侧街角	游园	0.49
6	茨鸿城北侧大片空地	社区公园	9.77
7	江津区重滩学校对面空地	社区公园	2.86
8	润雨田御璟台小区背后	社区公园	9.91
9	中骏云景台小区北侧	社区公园	5.36
10	迪鑫阳光天宸小区右侧, 临双庆路	社区公园	4.12
11	庆润福润广场南侧街角	游园	0.58
12	同福国际大楼南侧	游园	0.88

4.4 江津区城市公园绿地布局优化布局结果讨论

4.4.1 人均公园绿地面积显著提升

经过优化调整后, 江津区中心城区范围内共有 82 个城市公园绿地, 在现有基础上增加了 6 个. 其中游

园 25 个, 社区公园 45 个, 综合公园 12 个(图 9). 总面积为 654.03 hm², 新增公园绿地面积 43.84 hm², 人均城市公园绿地面积提升至 13.3 m².

4.4.2 服务覆盖率超过 90%, 服务盲区被清除

公园绿地 500 m 服务范围显著扩大(图 10), 更好地满足了“300 m 见绿, 500 m 见园”的目标. 优化后的公园绿地共辐射小区 289 个, 在现有基础上增加了 44 个, 服务覆盖率由 76.56% 提升至 90.31%, 填补了现有公园绿地的服务盲区, 达到《江津区“十四五”城市基础设施建设规划》中 500 m 公园服务半径覆盖率达 90% 的指标. 双福街道覆盖率提升最为明显, 由 58.21% 提升至 83.58%, 几江街道服务盲区基本被清除, 服务覆盖率高达 98.51%.

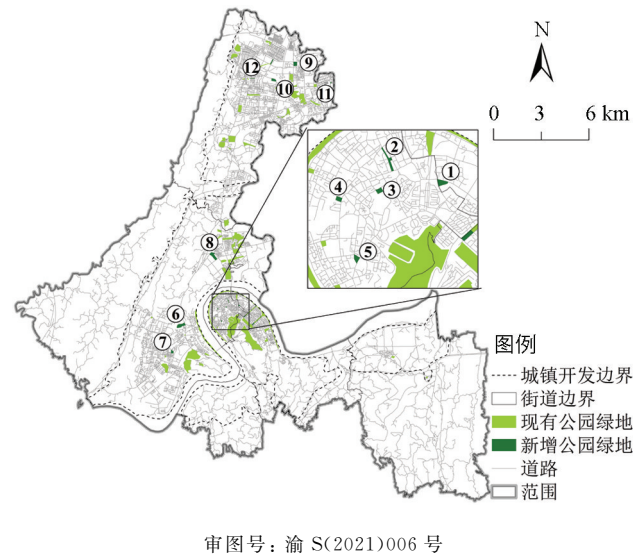


图 9 优化后的公园绿地分布图

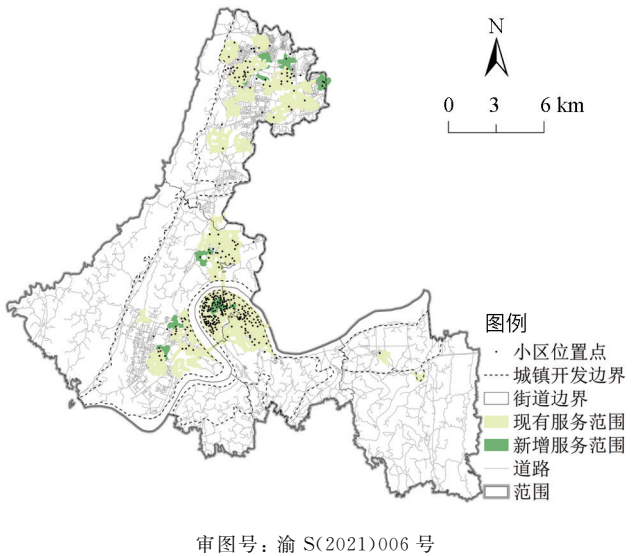


图 10 优化后的城市公园绿地 500 m 服务范围图

4.4.3 各居民点可达性整体水平明显改善, 均等性有所提高

对比优化前后的可达性数据(表 9、图 11)可知, 各小区可达性整体水平显著提升, 且均等性有所提高. 可达性极差水平区域明显缩小, 几乎被完全消除, 高可达性水平区域虽变化较小但仍有所增加, 可达性中等水平区域向外扩张明显, 占大部分面积. 双福街道、德感街道可达性提升最为明显, 老城区虽仍较为落后, 但与新城区可达性水平差距明显缩小, 且鼎山大道转盘、琅山大道与元帅大道附近小区可达性得到明显提升.

表 9 优化前后数据对比

指标	优化前	优化后
可达性值域	0.09~692.71	0.43~763.03
可达性均值	46.39	54.66
区位熵标准差	1.60	1.42

由此可见, 基于最小化阻抗与最小化设施点模型所得出的优化方案, 既提升了江津区中心城区城市公园绿地可达性, 又缩小了新老城区及新旧小区之间公园绿地服务差距, 实现公园绿地服务均等化, 改善了江津区中心城区城市公园绿地的整体服务水平. 同时, 该模型所得出的优化方案, 能够在提升可达性的同时, 将居民的出行距离与新建绿地的建设成本尽可能降低, 既方便居民, 又节省成本, 实用性较强, 具有高度的可操作性, 能够为未来绿地规划建设提供有效参考.

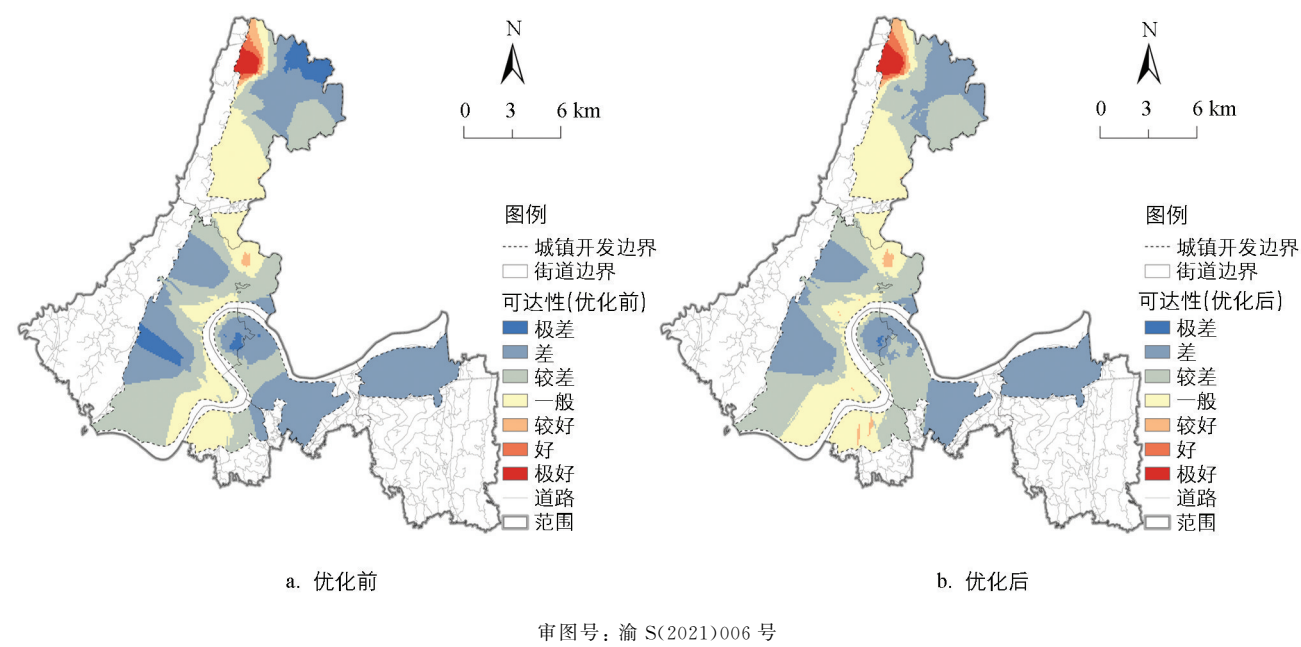


图 11 优化前、优化后的城市公园绿地可达性对比图

5 结论与讨论

5.1 结论

本研究采用改进的潜能模型来测度空间可达性，以空间聚类方法分析均等化水平，并以此为依据，基于位置分配模型制定“以人为本”的优化布局方案，主要得到以下结论：

1) 从数量上看，江津区中心城区城市公园绿地以社区公园绿地为主，约占绿地总数的一半以上，人均公园绿地面积超过 10 m^2 ，总体达到现有国家绿地标准；从空间上看，公园绿地整体分布零散，但局部空间集聚特征明显。城市公园绿地 500 m 服务水平可覆盖 76.56% 的居住小区。

2) 通过可达性测度与均等性评价可知，江津区中心城区公园绿地服务水平差异明显，双福街道与几江街道尚有提升空间。新城区与高档小区居民相对享有更高质量的公园绿地服务，而老城区与老旧小区居民的需求难以得到满足。未来应着眼于消除公园绿地服务盲区，缩小新老城区及新旧小区之间公园绿地服务水平差距，以实现公园绿地服务均等化，提升居民幸福感。

3) 识别服务短缺区，并参考位置分配模型所给出的新建公园绿地候选位置进行筛选，综合考虑用地空间与人口规模等因素，提出拟新建 7 个游园与 5 个社区公园，并将部分公园绿地进行合并扩建或新增出入口的优化方案。优化后，整体服务覆盖率显著提升，可达性与均等性水平明显改善。该方案在改善居民生活质量的同时，兼顾建设成本的把控，具有高度的可操作性，能够为未来绿地规划建设提供有效参考。

5.2 讨论

从现有研究来看，改进的潜能模型已被广泛运用于公共服务设施研究，主要涉及医疗卫生^[32-33]、文化教育^[34-35]、养老服务^[36]、应急避难^[37]等方面，而较少涉及公园绿地方面。近年来，城市公园绿地这一主题研究热度有所回升^[38-40]，但鲜从规划方面切入。本研究探讨了将潜能模型用于城市公园绿地空间优化布局的可行性，综合考虑距离衰减因素、居民主观选择性、生活实际等要素对传统潜能模型进行改进，引入等级规模影响系数 W_{ij} ，选用时间距离精准表征距离阻抗，并从出入口尺度分析城市公园绿地服务水平差异。该方法时空尺度精度更高，与实际情况更加接近，易于在山地城市与小城镇公园绿地优化布局研究方面进行推广，研究成果可为规划决策者在识别绿地短缺地区、完善城市公园绿地的空间配置等方面提供借鉴与参考，有助于实现“公园绿地服务均等化”的目标。但研究过程仍存在部分局限性：首先，由于数据可获得性有限，研究中人口数据采用根据户数估测的方法，与实际人口间存在一定的误差；其次，研究中将居民

出行方式确定为步行,对于居民自驾或公交车到公园绿地的方式未予考虑;最后,研究中仅提取了 0.4 hm^2 以上的城市公园绿地,而 0.4 hm^2 以下的绿地以及居住小区内的绿地均不在研究范围内,对于土地资源短缺的老城区及老旧小区,这些口袋公园对于居民尤其重要,因此部分社区的可达性可能被低估,未来将对江津区中心城区公园绿地数据进行进一步精准化提取。

结合本研究发现,针对江津区为代表的山地中小型城市的公园绿地布局和规划提出如下建议:一是针对老旧小区与老城区的公园绿地建设,可结合旧城更新,充分利用街角地、“边角料”地、废弃场地等闲置低效用地,打造“游园”“口袋公园”“袖珍公园”,实现“见缝插绿”,更好地满足老城区居民的日常需求,改善老城区人居环境,激发老城区新活力;二是应重视新建社区公园的规划与建设.新建社区公园对于提升江津区中心城区公园绿地服务能力的影响最为显著.本研究提供了 12 处新建公园绿地选址参考点,可供规划部门决策参考;三是应注意提升城市综合公园的可达性,着重表现在交通通达度与出入口设置方面.结合路网设置适宜数量和位置的出入口,使居民更加方便快捷地使用综合公园,提高综合公园的服务效率。

参考文献:

- [1] 刘晔,肖童,刘于琪,等.城市建成环境对广州市居民幸福感的影响——基于 15 min 步行可达范围的分析 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(8): 1270-1282.
- [2] 宋正娜,陈雯,张桂香,等.公共服务设施空间可达性及其度量方法 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(10): 1217-1224.
- [3] 李小马,刘常富.基于网络分析的沈阳城市公园可达性和服务 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1554-1562.
- [4] 吴建军,孔云峰,李斌.基于 GIS 的农村医疗设施空间可达性分析——以河南省兰考县为例 [J]. 人文地理, 2008, 23(5): 37-42.
- [5] 陈阳,张琳琳,马仁锋,等.城市绿色空间可达性与居民分布的空间匹配与影响因素 [J]. 生态学报, 2022, 42(24): 9971-9980.
- [6] WALTER G H. How Accessibility Shapes Land Use [J]. Journal of the American Planning Association, 1959, 25(2): 73-76.
- [7] 李晨曦,吴克宁,高星,等.基于潜力模型的城市公路网络可达性及经济联系分析——以唐山市为例 [J]. 现代城市研究, 2017, 32(2): 108-113.
- [8] 聂丽,王艳慧.基于两步移动搜寻法的居民应急避难场所可达性分析——以北京西部城区为例 [J]. 地理信息世界, 2017, 24(6): 98-101, 106.
- [9] NICHOLLS S. Measuring the Accessibility and Equity of Public Parks: A Case Study Using GIS [J]. Managing Leisure, 2001, 6(4): 201-219.
- [10] 王子琳,李志刚,程晗蓓.中国大城市公园绿地可达性的公平性研究——以武汉市中心城区为例 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(4): 621-635.
- [11] 陈希,董玉宽,王秋实.基于 2SFCA 改进模型的城市公园季节性供需评价 [J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2022, 38(3): 504-511.
- [12] BENNETT WILLIAM D. A Location-Allocation Approach to Health Care Facility Location: A Study of the Undoctored Population in Lansing, Michigan [J]. Social Science and Medicine Part D: Medical Geography, 1981, 15(2): 305-312.
- [13] 陈志宗,尤建新.重大突发事件应急救援设施选址的多目标决策模型 [J]. 管理科学, 2006, 19(4): 10-14.
- [14] 孙喆,阿拉太,张珣.城市公园绿地空间布局的公平性量化评估——以北京六环内公园为例 [J]. 西部人居环境学刊, 2020, 35(5): 83-90.
- [15] 赵艳福,李艳宾,汪璐.基于 GIS 的宁波城市公园可达性与社会公平性研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(3): 93-97.
- [16] 徐宇曦,陈一欣,苏杰,等.环境正义视角下公园绿地空间配置公平性评价——以南京市主城区为例 [J]. 应用生态学报, 2022, 33(6): 1589-1598.
- [17] GHOSH A, HARCHE F. Location-Allocation Models in the Private Sector: Progress, Problems, and Prospects [J]. Location Science, 1993, 1(1): 81-106.

- [18] MURRAY A T, GERRARD R A. Capacitated Service and Regional Constraints in Location-Allocation Modeling [J]. Location Science, 1997, 5(2): 103-118.
- [19] DEVI Y, PATRA S, SINGH S P. A Location-Allocation Model for Influenza Pandemic Outbreaks: A Case Study in India [J]. Operations Management Research, 2022, 15(1): 487-502.
- [20] 王冰倩, 陈晓键. 西安纺织城地区公园绿地布局优化研究 [J]. 规划师, 2020, 36(2): 12-19.
- [21] 李鑫, 马晓冬, 薛小同, 等. 城市绿地空间供需评价与布局优化——以徐州中心城区为例 [J]. 地理科学, 2019, 39(11): 1771-1779.
- [22] 潘勇卓, 周廷刚, 沈敬伟. Ga2SFCA 下的公共图书馆可达性评价——以重庆主城区为例 [J]. 图书馆论坛, 2017, 37(1): 86-92.
- [23] 廖心治, 王华, 赵万民. 融合地图数据的山地城市医疗设施服务覆盖评估方法研究 [J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(4): 604-616.
- [24] 艾冰, 黄炜, 李阳兵. 基于最小邻近成本的喀斯特山地城市公园可达性分析——以贵阳市为例 [J]. 中国岩溶, 2022, 41(6): 952-961.
- [25] 高兴, 秦华. 基于可达性的山地城市公园绿地服务范围分析及布局优化——以万盛经济技术开发区为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(5): 54-59.
- [26] WEIBULL J W. An Axiomatic Approach to the Measurement of Accessibility [J]. Regional Science and Urban Economics, 1976, 6(4): 357-379.
- [27] PEETERS D, THOMAS I. Distance Predicting Functions and Applied Location-Allocation Models [J]. Journal of Geographical Systems, 2000, 2(2): 167-184.
- [28] 胡舒云, 陆玉麒, 胡国建, 等. 基于多源大数据的深圳市医疗设施可达性与公平性测算 [J]. 经济地理, 2021, 41(11): 87-96.
- [29] COOPER L. Location-Allocation Problems [J]. Operations Research, 1963, 11(3): 331-343.
- [30] 匡纬, 李莎, 周慧荻. 城市公园绿地布局公平性精准化评价方法研究——以北京市海淀区为例 [J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(1): 160-169.
- [31] 秦晗, 朱珈仪, 徐欢, 等. 城市公园绿地供给公平性评价与优化布局研究 [J]. 园林, 2022, 39(10): 95-103.
- [32] 程敏, 连月娇. 基于改进潜能模型的城市医疗设施空间可达性——以上海市杨浦区为例 [J]. 地理科学进展, 2018, 37(2): 266-275.
- [33] 陶印华, 申悦. 医疗设施可达性空间差异及其影响因素——基于上海市户籍与流动人口的对比 [J]. 地理科学进展, 2018, 37(8): 1075-1085.
- [34] 汤鹏飞, 向京京, 罗静, 等. 基于改进潜能模型的县域小学空间可达性研究——以湖北省仙桃市为例 [J]. 地理科学进展, 2017, 36(6): 697-708.
- [35] 吴波. 基于改进后潜能模型的公共文化服务设施服务强度评价研究 [J]. 规划师, 2010, 26(S2): 32-35.
- [36] 武田艳, 夏清涛, 陈震. 基于改进潜能模型的养老机构空间可达性——以上海市奉贤区为例 [J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2022(1): 85-96.
- [37] 王志涛, 李甜甜, 郭小东. 区域抗震防灾空间结构体系构建方法研究 [J]. 灾害学, 2023, 38(1): 43-49.
- [38] 李芷汀, 钟升明, 徐梦蝶. 新公共服务视角下公园绿地休闲性量化评价——以重庆市为例 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(7): 217-225.
- [39] 吴天杰, 卓志雄, 曾真, 等. 后疫情时代口袋公园的恢复性效应影响机制研究——基于视觉观感视角 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(11): 190-200.
- [40] 杨阳, 王佳杰. 基于 GIS 的城市公园夜晚灯光对游人行为偏好影响的研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(9): 205-214.