

戴千一,戴建初,吴柏燕,等.基于空间可达性的南昌市主城区公园绿地空间布局优化[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2023,38(3):88-96. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2023.03.011

DAI Q Y, DAI J C, WU B Y, et al. Spatial Layout Optimization of Park Green Space in the Main Urban Area of Nanchang Based on Spatial Accessibility [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2023, 38(3): 88-96. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2023.03.011

# 基于空间可达性的南昌市主城区 公园绿地空间布局优化

戴千一<sup>1,2,3</sup>, 戴建初<sup>5</sup>, 吴柏燕<sup>1,2\*</sup>, 危小建<sup>4</sup>, 李朝奎<sup>1,2</sup>

1. 湖南科技大学 地理空间信息技术国家地方联合工程实验室, 湖南 湘潭 411201;
2. 湖南科技大学 测绘遥感信息工程湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201;
3. 湖南科技大学 地球科学与空间信息工程学院, 湖南 湘潭 411201;
4. 东华理工大学 测绘工程学院, 江西 南昌 330013; 5. 湖南省第一测绘院, 湖南 长沙 410114

**摘要:** 公园绿地在维持城市生态平衡中具有重要作用, 城市公园绿地空间布局应以居民需求为原则, 最大化公园服务价值. 可达性指标能从人的角度出发衡量公园绿地的服务效率, 被用于量化表达公园绿地与居民之间的供需关系. 以南昌市主城区为例, 运用高斯两步移动搜索法(G2SFCA)开展公园绿地可达性评价, 结合南昌市城市绿地系统规划, 以2021年为优化时间节点, 对可达性较低的公园绿地服务盲区进行新增公园绿地选址. 结果表明: (1) 高斯两步移动搜索法引入距离缩减函数, 可达性评价结果能有效指导公园绿地选址规划. (2) 南昌市主城区公园绿地可达性偏低, 空间分布表现为自内环向外环递减, 行政区内部公园绿地可达性分布不平衡且存在明显差异. 第一层级公园绿地可达性低于 $1\text{ m}^2/\text{人}$ , 第二层级公园绿地可达性高于 $8\text{ m}^2/\text{人}$ , 但低于南昌市民人均公园绿地水平. (3) 以均衡分布和高效利用公园绿地为原则, 新增公园选址共计18处, 第一层级和第二层级公园各9处.

**关键词:** 南昌市主城区; 公园绿地; 可达性; G2SFCA; 布局优化

中图分类号: TU984.11+3; TU985.11 文献标志码: A 文章编号: 1672-9102(2023)03-0088-09

## Spatial Layout Optimization of Park Green Space in the Main Urban Area of Nanchang Based on Spatial Accessibility

DAI Qianyi<sup>1,2,3</sup>, DAI Jianchu<sup>5</sup>, WU Baiyan<sup>1,2</sup>, WEI Xiaojian<sup>4</sup>, LI Chaokui<sup>1,2</sup>

1. National and Local Joint Engineering Laboratory of Geospatial Information Technology, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Information Engineering for Surveying, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
3. College of Geoscience and Spatial Information Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;
4. College of Surveying and Mapping Engineering, East China University of Technology, Nanchang 330013, China;
5. The First Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha 410114, China

**Abstract:** Park green space plays an important role in maintaining the ecological balance of the city, and the spatial layout of urban park green space should be based on the principle of residents' needs to maximize the

收稿日期: 2022-02-24

基金项目: 湖南省自然科学基金创新研究群体项目资助(2020JJ1003); 湖南省教育厅科研项目资助(20C0770); 国家自然科学基金资助项目(41201389)

\* 通信作者, E-mail: 44721388@qq.com

value of park services. Accessibility index can measure the service efficiency of park green space from the perspective of people, and is used to quantitatively express the supply-demand relationship between park green space and residents. Taking the main urban area of Nanchang City as an example, the Gaussian two-step moving search method(G2SFCA) is applied to evaluate the accessibility of park green spaces, which is combined with the urban green space system planning of Nanchang City and with 2021 as the optimization time endpoint to select sites for new park green spaces in the blind areas with low accessibility. Results show that: (1) the Gaussian two-step moving search method introduces a distance reduction function, and the accessibility evaluation results can effectively guide the planning of site selection for park green space, and (2) The accessibility of parkland in the main urban area of Nanchang is low, and the spatial density is decreasing from the inner ring to the outer ring. What's more, the accessibility of parkland within the administrative districts is unbalanced and significantly different. The accessibility of the first level of parkland is lower than  $1 \text{ m}^2/\text{per person}$ , while the accessibility of the second level of parkland is higher than  $8 \text{ m}^2/\text{person}$  but lower than the per capita level of parkland in Nanchang. (3) Based on the principles of balanced distribution and efficient use of parkland, a total of 18 new park sites are selected, 9 for the first tier and 9 for the second.

**Keywords:** the main urban area of Nanchang; park green space; accessibility; G2SFCA; layout optimization

近年来,贯彻“实施生态文明”国家战略,打造优质生态宜居城市已成为趋势<sup>[1]</sup>.公园绿地是城市居民近距离接触大自然的主要场所,一方面满足人们游憩休闲的身体和精神的双重需求,另一方面在美化环境的同时起到防灾减灾、带动经济发展的作用<sup>[2]</sup>.城市居民居住环境日益美化,户外活动方式多样化,对公园绿地空间布局的合理性和公平性提出更高的要求,公园绿地空间布局的效率高低实质上体现居民需求与绿地供给的关系<sup>[3-4]</sup>.

近年来,国内外对城市公园绿地的研究成果显著,大致包括三方面:一是基于卫星遥感数据分析城市绿地时空变化及其关系<sup>[5]</sup>;二是关于城市公园绿地的空间公平性研究<sup>[6]</sup>;三是从可达性视角出发分析公园绿地供给关系<sup>[7]</sup>.现今对公园绿地的研究逐渐转向社会公平性和生态效应影响研究<sup>[8]</sup>,公园绿地空间布局经历了快速填充、增效转型、稳定过渡、服务优化等阶段<sup>[9-10]</sup>,通常受自然地理环境和城市规划政策的影响,分布复杂且缺乏系统性.公园服务效率及空间布局评价的度量往往采用可达性这一指标<sup>[11]</sup>,考虑居民实际需要克服的阻力,实质性衡量人们去往公园的难易程度,为城市公园绿地的空间布局规划提供重要参照<sup>[12-13]</sup>.当前空间可达性研究方法包括网络分析法<sup>[14]</sup>、空间句法分析<sup>[15-16]</sup>、两步移动搜索法<sup>[17-18]</sup>等.其中,网络分析法基本精确地反映出行交通因素对可达性的影响,但缺少人为意愿选择的考虑;两步移动搜索法考虑到服务设施与人口的供需关系问题,体现人的需求.不难发现,现有关公园绿地研究多涉及可达性评价,却少有根据实际提出具体量化的布局优化方法.同时,由于难以收集完整公园绿地数据,城市公园绿地空间布局缺乏整体、系统的研究,评价单元受到人口空间化技术影响不够细致,不精确的分析结果对规划的借鉴意义有限.

本文从空间可达性视角出发,以道路网络数据、居住人口数据和公园绿地数据为基础,通过高斯两步移动搜索法分析不同出行方式下南昌市主城区第一层级公园和第二层级公园绿地可达性水平,以区为单位定量分析局部公园绿地空间布局现状,参考南昌市城市绿地系统规划、土地利用规划等政策,提出优化建议的同时,进行新增公园绿地选址,以期提升城市公园价值效益和居民生活品质,为南昌市主城区公园绿地空间规划提供补充参考.

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 研究区概况

南昌市地处江西省中部偏北,位于赣江、抚河下游,鄱阳湖的西南岸,是中国唯一毗邻长江三角洲、珠江三角洲和闽南金三角的省会中心城市.根据《南昌市 2020 统计年鉴》,南昌市总面积约为  $7\,195 \text{ km}^2$ ,中心城区的用地约为  $236 \text{ km}^2$ ,人口约 260 万.以南昌市主城区为研究区域,南昌市主城区中心位置为东经

115°54'14",北纬 28°41'6",研究范围包括东湖区、西湖区、青云谱区、青山湖区、红谷滩区、新建区(部分)等6个区.

### 1.2 数据来源与预处理

#### 1.2.1 公园绿地数据

公园绿地数据涵盖公园地址、经纬度、名称、类型、绿地面积等.根据已有城市公园绿地分类标准(见图1),将社区公园与游园划分为第一层级公园,综合公园和专类公园为第二层级公园进行研究<sup>[19]</sup>.利用 ArcGIS 软件矢量化功能及 ENVI 软件从高德地图提取 2020 年南昌市主城区公园绿地遥感影像,获得矢量面数据,完成公园绿地面积统计,分类得到 44 个第一层级公园和 37 个第二层级公园(见表1).以公园绿地投影转换后的几何中心为研究点,据此建立公园绿地点面数据库(见图 2a).

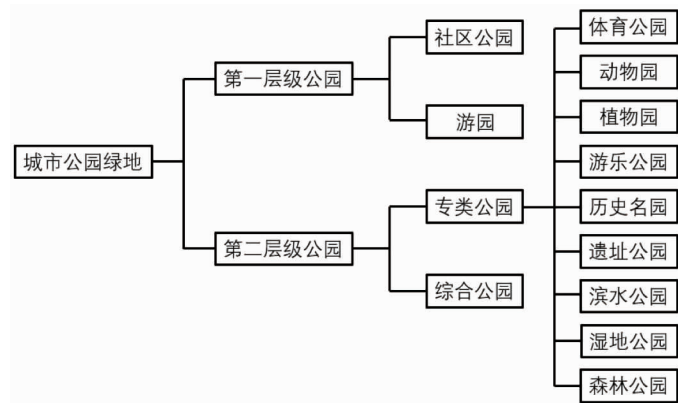


图1 城市公园绿地分类

表1 南昌市主城区公园绿地统计

行政区域	第一层级 公园数/个	第二层级 公园数/个	第一层级公园 绿地面积/hm <sup>2</sup>	第二层级公园 绿地面积/hm <sup>2</sup>	公园绿地 面积/hm <sup>2</sup>	公园绿地 面积占比/%
东湖区	5	5	23.81	66.84	90.65	6.34
西湖区	7	7	4.27	114.86	119.13	8.33
青云谱区	8	4	12.39	477.12	489.50	34.24
青山湖区	14	9	22.77	96.16	118.93	8.32
红谷滩区	7	8	29.52	484.17	513.69	35.93
新建区	3	4	17.22	80.49	97.72	6.84
总计	44	37	109.98	1 319.63	1 429.61	100.00

#### 1.2.2 居住人口数据

居住人口数据包括南昌市主城区人口密度数据、居住小区名称和地址、人口数等,居民小区数据来源于南昌市地理信息公共服务平台网站(https://www.nc3s.cn/index.html),通过坐标校正得到居民小区分布.统计得到 1 695 个居民小区,共计约 1 155 739 户人口.本文假定每户平均有 3 人,约 3 467 217 人.将居住小区中靠近道路点作为居民出行的起始点,据此建立居住人口数据库(见图 2b).

#### 1.2.3 路网数据

通过百度下载 OSM 路网数据,在 ArcGIS 中裁剪得到 2020 年南昌市主城区路网矢量数据.设定成人步行速度 5 km/h,自行车行驶速度 15 km/h.参考《城市道路交通规划设计规范》,将研究区内城市道路分为主干路、次干路和支路三级.设定主干路机动车平均行驶速度 50 km/h,次干路机动车平均行驶速度 40 km/h,支路机动车平均行驶速度 30 km/h<sup>[20]</sup>.利用 ArcGIS 构建南昌市主城区的路网数据库(见图 2c),基于网络分析的 OD 成本矩阵计算居民到达南昌市主城区公园绿地的最短时间.

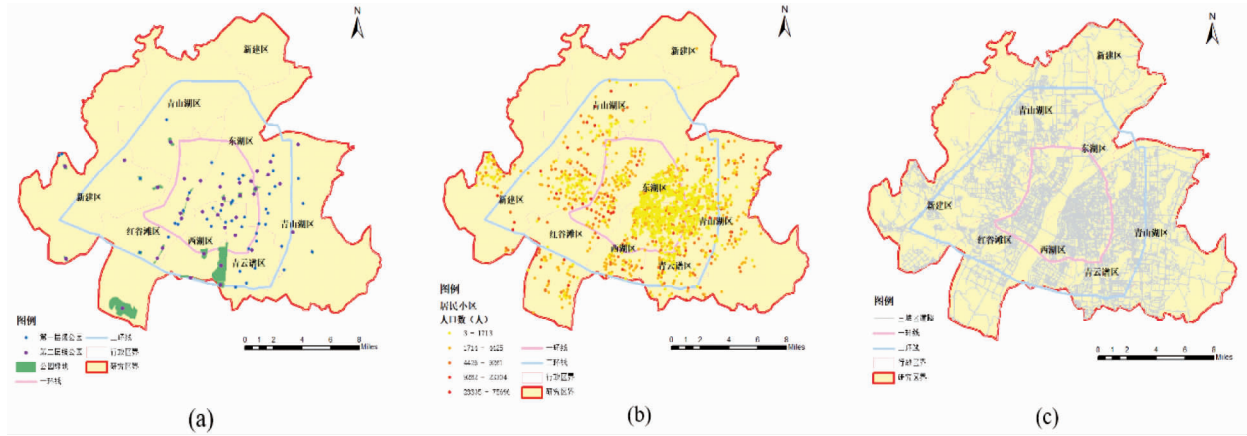


图 2 研究区公园绿地(a)、居住人口(b)、路网(c)分布

### 1.3 研究方法与过程

本文选用高斯两步移动搜索法进行公园绿地可达性评价,在两步移动搜索基础上引入高斯距离缩减函数<sup>[21]</sup>,随距离增加,居民到达相应的公园绿地概率减少,直观展现基于网络分析的真实可达性,充分考虑时间空间因素带来的复杂变化,使得计算结果更具备说服力。

在 ArcGIS 构建 OD 成本矩阵获得每个居民点  $i$  到达公园  $j$  的最短时间  $d_{ij}$ .高斯两步移动搜索模型可在 OD 成本矩阵基础上使用 ArcGIS 字段计算器和汇总统计工具实现,主要分 2 步:

第 1 步:对每个公园  $j$  搜索落在时间阈值内的居民小区人口并计算公园绿地的供需状况。

$$A_{ij} = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} < d_0\}} P_i} \quad (1)$$

式中: $S_j$  为公园  $j$  的供给绿地面积; $P_i$  为需求人口数; $A_{ij}$  为每个公园  $j$  和居民点  $i$  之间的供需比; $d_{ij}$  为居民点  $i$  到达公园  $j$  花费的时间。

现实生活中,人们会考虑交通和天气等外界因素,出行时间是本文所考虑的可达性衰减因素,给出距离衰减函数公式为

$$W_{ij} = \begin{cases} G(d_{ij}), & d_{ij} \leq d_0; \\ 0, & d_{ij} > d_0. \end{cases} \quad (2)$$

参考高斯函数,推算出本研究查找阈值  $d_0$  范围内所对应的衰减函数:

$$G(d_{ij}) = \begin{cases} (e^{-\frac{1}{2} \times (\frac{d_{ij}}{d_0})} - e^{-\frac{1}{2}}) / (1 - e^{-\frac{1}{2}}), & d_{ij} \leq d_0; \\ 0, & d_{ij} > d_0. \end{cases} \quad (3)$$

式中: $d_{ij}$  为人口  $i$  到达公园  $j$  的时间; $W_{ij}$  为基于高斯距离缩减函数的加权,表示公园  $j$  到居民  $i$  的距离权重。

第 2 步:计算居民点的可达性  $K_i$ ,公式为

$$K_i = \frac{\sum_{j \in \{d_{ij} < d_0\}} S_j W_{ij}}{\sum_{i \in \{d_{ij} < d_0\}} P_i W_{ij}} \quad (4)$$

式中: $S_j$  为公园  $j$  的供给绿地面积; $P_i$  为需求人口数; $d_0$  为本文不同类型的查找阈值; $d_{ij}$  为居民点  $i$  到达公园  $j$  的时间。

## 2 结果与分析

### 2.1 可达性评价分析

#### 2.1.1 第一层级公园绿地可达性分析

研究发现,第一层级公园因服务半径较小,人们大多选择步行前往,大量社会调查表明:居民去往第一层级公园的时间为早晨和傍晚,多为工作后锻炼放松、娱乐等意图.按照居民心理平均预期<sup>[22]</sup>,步行时间不超过 30 min.而事实上由表 2 可知:当搜寻阈值  $d_0$  设为 30 min 时,仅有 78.05% 的小区有公园可达,这说

明还有近 22%的居民小区周围没有可以步行到达的公园,且周边可达公园数量很少,无法反映整体真实情况.经过多次试验,在保证每个小区周边可达性公园数量大于 1 的情况下,确定搜寻阈值  $d_0$  为 150 min.高斯两步移动搜索法得到每个居民小区尺度可达性,利用克里金插值对结果进行处理(见图 3).

表 2 第一层级公园绿地步行可达性阈值比较

搜寻阈值/min	覆盖小区数/个	覆盖小区比/%	平均可达公园数/个	可达公园数量区间/个
30	1 323	78.05	3.0	1~8
60	1 603	94.57	8.7	1~19
90	1 677	98.93	16.6	1~28
120	1 690	99.71	24.0	1~38
150	1 695	100.00	30.4	1~41

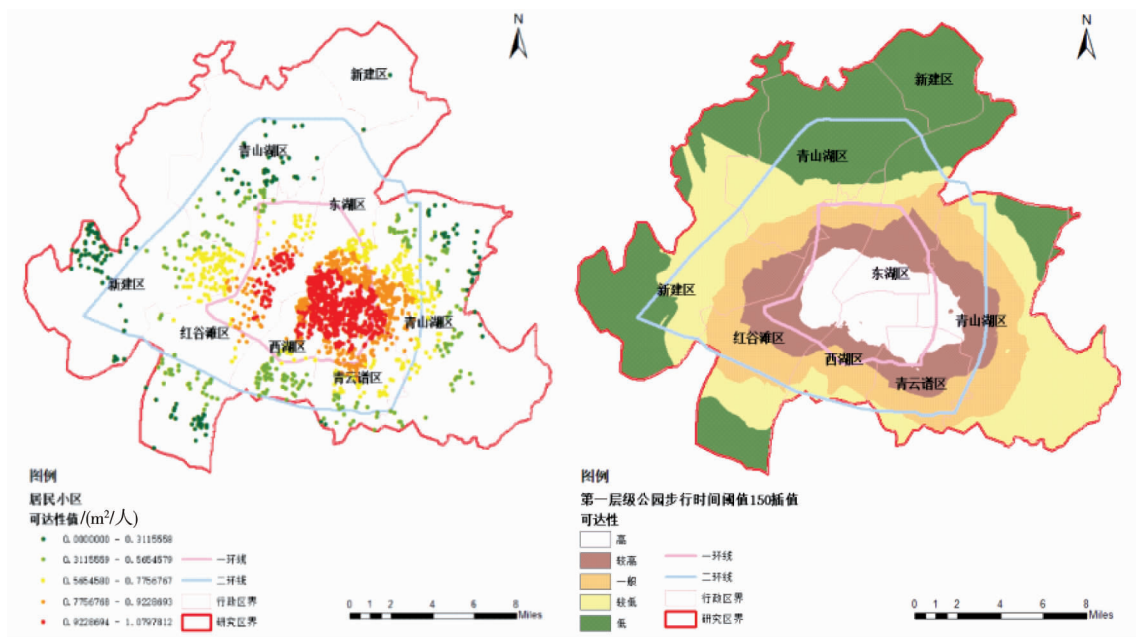


图 3 第一层级公园绿地步行可达性(左)及克里金插值结果(右)

2.1.2 第二层级公园绿地可达性分析

对第二层级公园绿地,由于其服务设施和功能多样化,服务区范围远大于第一层级公园绿地.受自然因素和社会因素影响(如天气、实时路况和个人需求等),居民去往较远的公园时主要选择自行车、公交、机动车这 3 种交通工具.城市公交行驶路线复杂多样,外界干扰较强,因而居民出行时间无法准确评估,相比之下骑行自行车和驾驶机动车时间稳定便于分析,故本文基于步行时间、自行车时间、机动车时间对第二层级公园绿地开展可达性评价.基于本文实验结果(见表 3),确定步行时间阈值为 150 min,自行车时间阈值为 60 min,机动车时间阈值为 30 min.第二层级公园绿地可达性结果见图 4.

表 3 第二层级公园绿地可达性阈值比较

出行方式	搜寻时间阈值/min	覆盖小区数/个	覆盖小区比/%	平均可达公园数/个	可达公园数量区间/个
步行	30	1 176	69.38	2.5	1~6
	90	1 674	98.76	12.8	1~22
	150	1 695	100.00	24.2	1~32
自行车	30	1 674	98.76	12.8	1~22
	45	1 693	99.88	21.7	1~32
	60	1 695	100.00	28.4	3~35
机动车	20	1 694	99.94	25.7	2~34
	25	1 694	99.94	30.5	4~36
	30	1 695	100.00	33.2	3~37

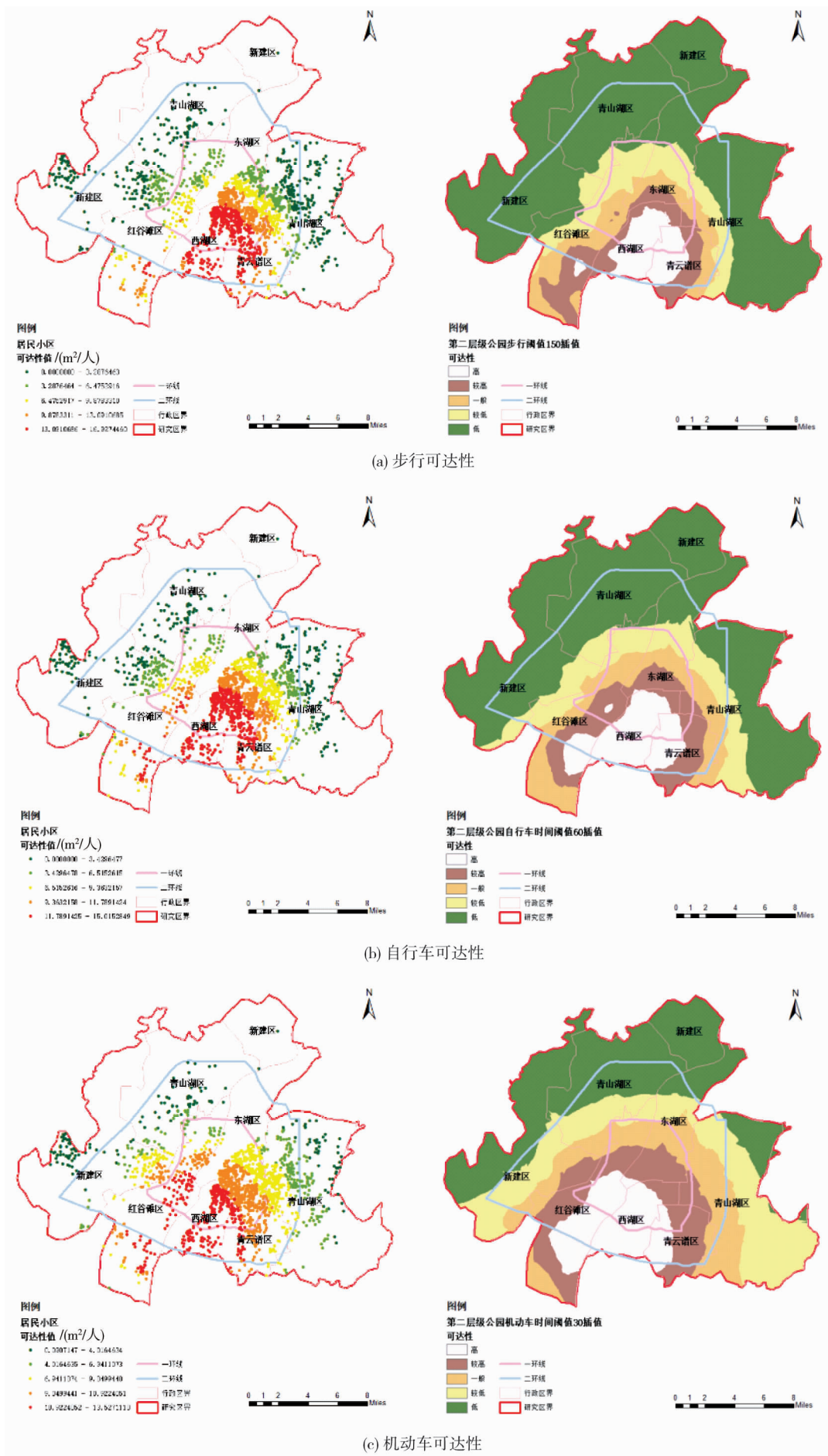


图 4 第二层级公园绿地可达性

研究发现,总体上南昌市主城区公园绿地可达性偏低,低于南昌市人均公园绿地水平,整体空间分布呈明显环形递减趋势.由图5可知:南昌市主城区第一层级公园较第二层级公园绿地可达性相差甚远.其中第一层级公园绿地可达性极低,仅为 $0.7554\text{ m}^2/\text{人}$ ,且可达性值最高不超过 $1.5\text{ m}^2/\text{人}$ ,说明许多居民小区附近第一层级公园绿地数量和面积都严重不足,甚至个别小区在一定范围内没有步行可前往的公园,亟须加强第一层级公园绿地建设.由表4可知:空间分布上,以东湖区和西湖区为主的旧城区路网密集、人口密度大,以此为中心,南昌市主城区第一层级公园绿地步行可达性由内环向外环线逐渐降低;南昌市主城区第二层级公园绿地可达性大致以西湖区为中心环形向外递减,基于步行、自行车、机动车这3种不同出行方式分析,可达性结果相差不大且均大于 $8\text{ m}^2/\text{人}$ ,以机动车可达性为最优,步行可达性和自行车可达性次之,但仍低于南昌市人均拥有公园绿地 $11.8\text{ m}^2/\text{人}$ (由《南昌市2020年统计年鉴》得)的标准.东湖区和西湖区第一层级公园绿地可达性最好,区内有八一广场、象山文化广场等休闲公园,区内路网成熟,但公园绿地较为破碎;青云谱区因人口密度低而公园绿地面积大,第二层级公园绿地可达性仅次于西湖区;青山湖区和新建区远离市中心、路网稀疏且人口密度低,无论是第一层级公园绿地,还是第二层级公园,绿地可达性均低于研究区整体水平,各种类型的公园绿地都有缺失;红谷滩区第一层级公园绿地、第二层级公园绿地步行可达性均低于研究区整体水平,人行道路网络建设仍然不足.

表4 各行政区公园绿地可达性统计

行政区	居民小区数/个	人口数/人	第一层级公园绿地步行可达性/ $(\text{m}^2/\text{人})$	第二层级公园绿地步行可达性/ $(\text{m}^2/\text{人})$	第二层级公园绿地自行车可达性/ $(\text{m}^2/\text{人})$	第二层级公园绿地机动车可达性/ $(\text{m}^2/\text{人})$
东湖区	230	246 636	0.893 8	8.505 7	9.259 6	8.921 6
西湖区	347	529 563	0.894 9	13.951 8	12.694 2	11.119 5
青云谱区	218	393 285	0.847 2	13.334 1	11.794 8	10.143 7
青山湖区	538	1071 615	0.681 3	4.573 3	5.429 5	6.427 1
红谷滩区	198	703 794	0.699 5	7.400 5	8.793 4	10.244 4
新建区	164	522 324	0.466 5	2.327 0	3.087 2	5.631 1
南昌市主城区	1695	3 467 217	0.755 4	8.242 8	8.400 6	8.558 1

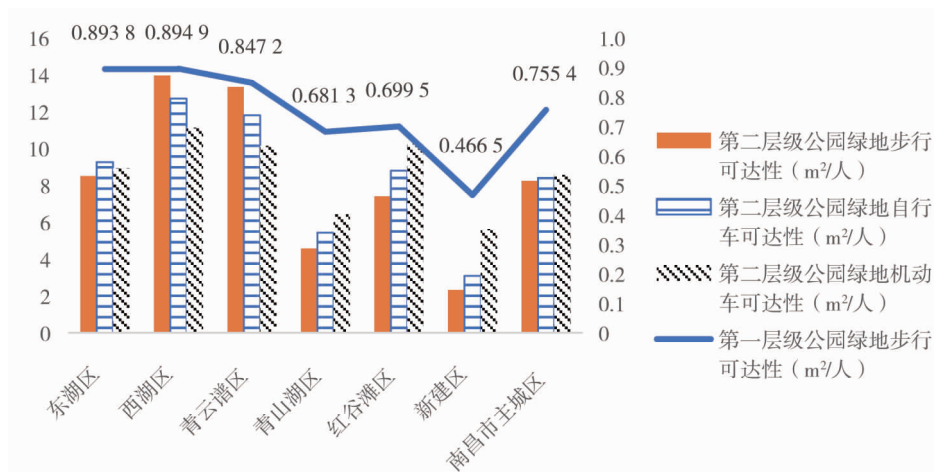


图5 南昌市主城区公园绿地可达性统计

## 2.2 新增公园绿地选址

针对上述第一层级和第二层级公园绿地数量和面积不足,参考《南昌市城市绿地系统规划(2021—2035)》修编,为优化各区公园绿地空间布局进行新增公园绿地选址,实验选址结果见图6,最终达到减少公园服务盲区,提高公园绿地可达性目的.

东湖区人口密度和公园绿地可达性均呈现南高北低的趋势,除完善各级路网建设外,需弥补北部公园绿地服务盲区,如在扬子洲建设大型生态公园,增加第二层级公园绿地服务面积.此外,从居民小区尺度来

看,必须适当补充在龙泉水、贤士湖住宅区的第一层级公园数量。

根据西湖区第一层级公园绿地面积小和空间分布破碎的现状,选择在观洲公寓、世纪滨江、桃花三村周边新增社区公园数量.对西湖区南部的抚生南路和云飞路附近建议新增大型综合公园,满足周边居民对公园绿地的需求。

青云谱区在广州路、105国道、墅溪路、城南大道附近几乎没有公园分布,可沿周边小区建设特色游园,同时利用闲置空地考虑建设大型综合公园.青云谱区第二层级公园绿地可达性状况与西湖区相似,东南部区域缺少大型公园绿地,可选择在八大山人梅湖景区新增特色专类公园。

赣江西岸青山湖区的玉屏东大街、双港西大街、双港东大街等路段几乎没有高质量的公园绿地,且周围高校众多,公园绿地需求大,建议新增综合公园和社区公园以满足人们需求;赣江东岸青山湖区在北京东路、高新南大道、青山湖大道附近公园绿地可达性极低,说明东部的公园绿地服务半径无法覆盖中部偏西的居民,应在西侧增补综合公园绿地面积和公园广场.同时充分利用青山湖和艾溪湖的自然优势发展沿湖公园绿地带,集中连片积极构建湖滨公园。

红谷滩区居民小区分布均匀,已有公园绿地主要沿赣江西岸分布.建议在前湖大道和学府大道,结合前湖水域增建湖滨综合公园,碟子湖大道和凤凰北大道补充社区公园绿地,增加居民步行可达性。

新建区人口分布在南昌市六区中最为稀疏,公园绿地主要集中在靠近梅岭的原湾里区工农路、长堽镇文化大道和新建大道.为实现公园绿地有效利用,仅在居民小区1 km内,如幸福路、长富大道、长堽大道附近补充第一层级小型公园,就近满足居民需求。

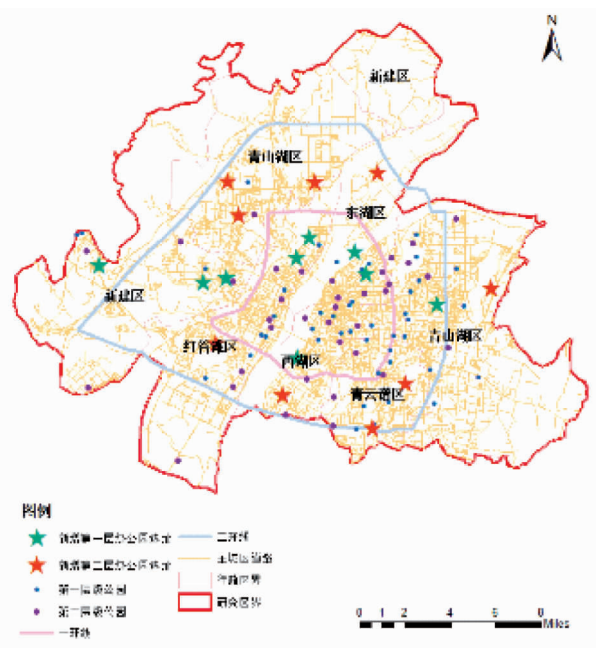


图6 南昌市主城区新增公园选址

### 3 结论

1) 高斯2步移动搜索法在两步移动搜索基础上引入距离缩减函数,定量考虑公园绿地供给和居民需求.不同的搜索阈值可达性结果不同,从居民尺度出发更加符合实际城市规划,对城市公园绿地可达性评价具有可行性。

2) 整体上,南昌市主城区公园绿地可达性低于南昌市平均水平  $11.8 \text{ m}^2/\text{人}$ ,第一层级公园绿地可达性甚至不足  $1 \text{ m}^2/\text{人}$ ,第二层级公园绿地可达性不超过  $8.6 \text{ m}^2/\text{人}$ .空间分布上,第一层级和第二层级公园绿地可达性分别以南昌市旧城区和西湖区为中心由内环向外环递减.东湖区、西湖区和青云谱区公园绿地整体优于青山湖区和新建区,红谷滩区公园绿地可达性与南昌市主城区相近。

3) 新增第一层级公园地址的选择主要针对居民小区周边步行可达性,新增第二层级公园地址的选择



以行政区为整体考量,主要参考公园绿地自行车和机动车可达性,最终确定新增9个第一层级公园和9个第二层级公园.

### 参考文献:

- [1] 王彬.“公园城市”视角下特大城市郊区城乡绿地系统规划思考:以上海市青浦区为例[J].上海城市管理,2021,30(1):71-78.
- [2] ELDERBROCK E, ENRIGHT C, LYNCH K A, et al. A Guide to Public Green Space Planning for Urban Ecosystem Services [J]. Land,2020,9(10):391-391.
- [3] 陆砚池,方世明.均衡和效率双重视角下武汉市主城区公园绿地空间布局优化研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(1):68-79.
- [4] 任家悻,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.
- [5] 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.
- [6] 许基伟,方世明,刘春燕.基于G2SFCA的武汉市中心城区公园绿地空间公平性分析[J].资源科学,2017,39(3):430-440.
- [7] 孙艳芝,张同升,孔含笑,等.不同供给视角下徐州公园绿地社会服务供需关系研究[J].江苏林业科技,2020,47(5):43-49.
- [8] 邵大伟,吴殿鸣.1979—2017年城市公园绿地空间布局的分形演化特征:以南京为例[J].风景园林,2021,28(3):113-120.
- [9] ECOLOGY E L. Research from University of Oregon in Landscape Ecology Provides New Insights (A Guide to Public Green Space Planning for Urban Ecosystem Services) [J]. Ecology Environment & Conservation, 2020: 1682.
- [10] FENG S, CHEN L D, SUN R H, et al. The Distribution and Accessibility of Urban Parks in Beijing, China: Implications of Social Equity [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2019,16(24):4894.
- [11] 石钰.空间阻力和人口分布影响下的绿地可达性研究[C]//中国城市规划学会,重庆市人民政府.活力城乡美好人居:2019中国城市规划年会论文集(13风景环境规划).中国建筑工业出版社,2019:70-77.
- [12] 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.
- [13] ZHENG Q, ZHAO X, JIN M. Research on Urban Public Green Space Planning Based on Taxi Data: A Case Study on Three Districts of Shenzhen, China [J]. Sustainability,2019,11(4):1132.
- [14] 熊慧锦,沈钦炜,魏凌伟,等.基于网络分析的南昌市公园绿地可达性[J].中国城市林业,2021,19(1):89-94.
- [15] 李倩,刘兴诏,连欣欣,等.基于空间句法的福州南台岛公园绿地可达性研究[J].广西师范大学学报(自然科学版),2021,39(4):181-195.
- [16] 谷康,梁冰.基于空间句法的南京明城墙沿线公园绿地可达性研究[J].现代城市研究,2020(8):11-17.
- [17] 周劲草.武汉市中心城区城市公园绿地多尺度分布差异研究[D].武汉:华中科技大学,2019.
- [18] 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.
- [19] 樊英姿.基于GIS的城市生活空间中公园绿地的服务水平研究[D].上海:上海师范大学,2016.
- [20] 《中国公路学报》编辑部.中国交通工程学术研究综述·2016[J].中国公路学报,2016,29(6):1-16.
- [21] 王奇.基于改进两步移动搜索法的上海市医疗服务可达性分析[D].武汉:武汉大学,2019.
- [22] 王绮,修春亮,魏冶,等.基于高斯两步移动搜索法的沈阳市就业可达性评价[J].人文地理,2015,30(2):78-82.