

# 社会公平视角下湛江公园绿地可达性评估

蔡敏惠, 穆 健, 杨 清, 陈东平, 杨 鑫\*

岭南师范学院地理科学学院, 广东 湛江

收稿日期: 2026年6月9日; 录用日期: 2026年7月9日; 发布日期: 2026年7月17日

## 摘 要

公园绿地的可达性是衡量城市居民公园绿地资源配置是否公平合理的关键指标。为深入分析湛江市公园绿地的配置现状, 探寻优化公园绿地配置的有效途径。本研究通过高斯两步移动搜索法计算居住尺度下的公园绿地可达性特征, 分析不同出行方式下公园绿地可达性分布特征, 并采用Moran's I和双变量空间自相关分析方法、洛伦兹曲线以及基尼系数法剖析可达性差异化模式及供需平衡特征。结果显示: 1) 湛江市中心城区可达性特征分异现象明显, 麻章区在3种出行方式下的可达性平均值均处于最低水平, 赤坎区和霞山区随着出行范围扩大, 公园绿地可达性差异缩小。2) 湛江市中心城区公园绿地可达性存在空间集聚现象, 出行范围扩大后, 高值聚类增多, 低值聚类减少。3) 湛江市中心城区的公园绿地资源存在供需不均衡现象, 赤坎区中部、麻章区公园绿地资源紧缺, 供不应求, 而市中心东部沿海区域公园绿地供大于求。湛江市的公园绿地可达性亟待提高, 应针对湛江市中心城区不同区域公园绿地可达性及供需关系的差异化特征, 制定分区分类的规划管理策略, 促进社会公平在城市绿地资源配置中的实现。

## 关键词

公园绿地, 可达性, 高斯两步移动搜索法, 供需平衡

# Accessibility Assessment and Improvement Strategies of Park Green Spaces in Zhanjiang from the Perspective of Social Equity

Minhui Cai, Jian Mu, Qing Yang, Dongping Chen, Xin Yang\*

School of Geographical Sciences, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: June 9, 2026; accepted: July 9, 2026; published: July 17, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 蔡敏惠, 穆健, 杨清, 陈东平, 杨鑫. 社会公平视角下湛江公园绿地可达性评估[J]. 林业世界, 2026, 15(3): 674-685. DOI: 10.12677/wjf.2026.153078

## Abstract

The accessibility of park green spaces serves as a crucial indicator for ensuring equitable resource allocation of urban residents' park green spaces. This study aims to analyze whether the distribution of park green spaces in Zhanjiang City is fair and reasonable, and to explore methods for optimizing their allocation. This research employs the Gaussian two-step moving search method to calculate accessibility characteristics of park green spaces within residential scales, analyzes distribution patterns under different travel modes, and utilizes Moran's I, bivariate spatial autocorrelation analysis, Lorenz curves, and Gini coefficient methods to examine accessibility differentiation patterns and supply-demand balance characteristics. 1) The accessibility characteristics in central urban areas of Zhanjiang show significant regional disparities: Mazhang District exhibits the lowest average accessibility across all three travel modes, while Chikan District and Xiashan District demonstrate reduced accessibility differences as travel ranges expand. 2) Spatial clustering patterns emerge in central urban areas, with increased high-value clusters and decreased low-value clusters as travel ranges increase. 3) Supply-demand imbalance persists in central urban park green spaces, where Chikan District's central area and Mazhang District face resource scarcity with supply-demand mismatches, whereas the eastern coastal area of the city experiences oversupply. Improving park green space accessibility in Zhanjiang City is urgent. Tailored planning strategies should be developed based on differentiated accessibility characteristics and supply-demand relationships across urban districts, thereby promoting social equity in urban green space resource allocation.

## Keywords

Park, Accessibility, ga2SFCA, Balance of Supply and Demand

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

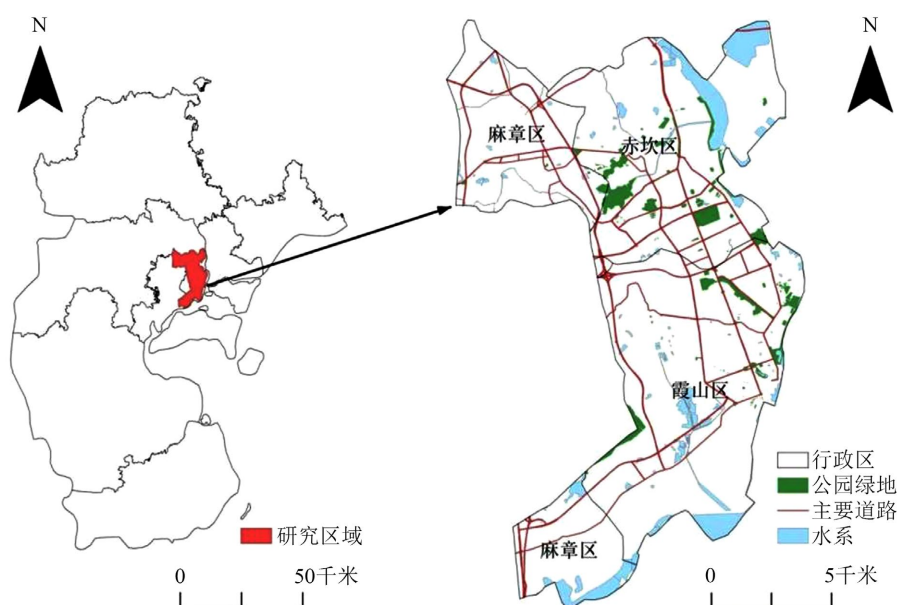
## 1. 引言

作为城市生态系统的重要组成部分,城市绿地在提升居民生活质量[1]、优化城市生态环境等方面具有不可替代的功能[2]。城市公园绿地是城市生态系统和空间规划中的重要组成部分,能优化城市环境并减轻热岛现象,促进社会交流和提升公众健康,同时提高房产价值并吸引投资,对多个领域产生积极影响[3]。确保城市公园绿地的供需平衡对城市居民的福祉和环境保护具有重要意义。它在提升生态效益、促进社会福利以及实现环境公平方面发挥关键作用[4],这一过程也是建设宜居城市和推进可持续发展的基础。科学规划和有效管理城市公园绿地,对促进城市的可持续发展和提高居民的生活幸福感极为重要。

公园绿化空间的可达性指的是居民从住处到达这些区域时,所需克服的时间以及距离等障碍的难度[5][6],常用方法有最近邻法[7]、费用加权距离法[8]、缓冲区分析法[9]、网络分析法[10]和两步移动搜索法(2SFCA)[11]等。两步移动搜索法(2SFCA)是一种通过逐步分析供需节点来评估公共服务设施可达性的方法。它能够兼顾公共设施的供需规模,并体现供需之间的距离关联。该方法具有较强的理解性和操作性[12]。高斯函数通常用作距离衰减函数,因为它能很好地反映居民对公园绿地访问频率与距离变化的关系敏感性[7]。此函数能够模拟居民对于距离的敏感性,即随着距离增加,居民到访公园绿地的可能性会逐步减少。另外,通过设定不同的搜索半径,可以更加细致地定义公园绿地的服务区域及其吸引力。确

定搜索半径应依据公园的大小、用途以及附近的环境等多种因素进行调整。

各大城市如深圳[13]、上海[14]、厦门[15]、广州[16]、南京[17]等纷纷开展了公园绿地可达性研究,以保障居民享有更加公平和合理的绿地资源分配,提高民众的幸福感和获得感。湛江市作为中国南方重要的沿海城市,近年来随着城市人口的增长和城市空间的扩张,公园绿地的分布和可达性问题逐渐凸显。然而,至今湛江在这方面的相关研究不足。此外,大多数研究在衡量公园绿地的可达性时,通常只以面积这个单一因素来评估其提供能力。但是,公园绿地的实际供给能力实际上受到多种因素的影响[18]。基于以上背景,本研究将湛江市中心城区选为研究区域,并在传统方法的基础上,优化高斯两步移动搜索法,并从出行方式角度划分不同群体,旨在更准确地评估公园绿地的公平性,得出湛江市公园绿地可达性结果,分析其空间分布及供需特性,希望能够进一步完善可达性评估体系并提出相应改善策略,为湛江市公园绿地相关政策的制定和中心城区资源优化提供有力的理论支持。



地图来源于: OpenStreetMap 中湛江市标准行政规划图。

**Figure 1.** Location of the central urban area of Zhanjiang City

**图 1.** 湛江市中心城区区位

## 2. 研究区概况与数据来源

### 2.1. 研究区概况

湛江市是全国重要的交通枢纽城市,是粤西地区唯一参与“一带一路”海上合作的城市,也是连接粤港澳大湾区、北部湾城市群和南海战略的重要门户。湛江市在城市化进程快速推进的同时也面临着环境方面的挑战。以湛江市中心城区为研究对象,分析其公园绿地可达性服务水平及供需情况,有助于为湛江的可持续发展奠定良好的绿色空间基础。湛江市中心城区包括赤坎区、霞山区 2 个完整的行政区以及麻章区的一部分(图 1),该区域的人均公园绿地面积为  $26.35 \text{ m}^2$ ,超过了《城市绿地规划标准》<sup>1</sup>规定的人均绿地面积大于  $7 \text{ m}^2/\text{人}$  的要求。但是中心城区公园绿地 500 m 服务半径覆盖率仅 26.50%,距离所要求的 90% 标准相去甚远。

<sup>1</sup> 《城市绿地规划标准》(GB/T 51346-2019) [https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2019/art\\_17339\\_242194.html](https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2019/art_17339_242194.html)。

## 2.2. 数据来源及预处理

### 2.2.1. 公园绿地数据

本研究通过互联网地图服务获得湛江市公园绿地边界数据,并参照《湛江市城市绿地系统规划(2021-2035年)》<sup>2</sup>结合实地调研对数据进行整理与修正(湛江市城市管理和综合执法局,2024),提取其质心作为公园点数据。

### 2.2.2. 小区人口数据

小区人口数据来源于网络房产平台,包括房天下(<https://www1.fang.com/>)和安居客(<https://zhanjiang.anjike.com/>)。通过对截至2021年底湛江市小区的兴趣点(POI)进行爬取,获取了小区名称、地理位置、楼栋数量、总户数及经纬度坐标等信息。根据《湛江市第七次全国人口普查公报》<sup>3</sup>公布的数据,全市家庭户共2,004,387户,家庭户人口为6,622,893人,计算得出家庭户的平均人口为3.30人/户,因此本研究将小区人数估算为3.3总户数。

### 2.2.3. 出行时间数据

通过参考《城市居住区规划设计标准》<sup>4</sup>(GB 50180-2018),本研究将最大出行时间设定为15 min,结合湛江市公园绿地的具体情况,根据已有研究以及湛江市中心城区交通的实际情况,将步行、骑行和公交出行3种出行方式的速度设定为3、10和20 km/h,确定3种出行方式下的搜索阈值 $d_0$ 为0.75、2.5和5 km [19]。

## 3. 研究方法

### 3.1. 公园绿地可达性分析

本研究应用高斯两步移动搜索法(G2SFCA)评估湛江市中心城区的公园绿地可达性。

首先,将公园绿地视作供给点 $j$ ,以评估其资源的供给能力。选择半径为 $d_0$ 建立搜索区域 $j$ ,统计搜索域 $j$ 内的居民总数,并应用高斯函数根据距离衰减原则给予权重,最后对加权后的小区居民数量进行加和汇总,得出供需比 $R_j$  [20]。计算公式为:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{ij} \leq d_0\}} G(d'_{ij}) D_k} \quad (1)$$

式中: $D_k$ 表示第 $k$ 个区域的居民人数;在某个搜索区域 $j$ 中,小区 $k$ 与供应节点 $j$ 的最短距离表示为 $d_{kj}$  ( $d_{kj} \leq d_0$ ); $S_j$ 表示公园绿地 $j$ 的服务范围,即其所属的面积大小; $G(d_{ij})$ 是考虑了空间摩擦问题的高斯衰减函数,计算公式为:

$$G(d_{ij}) = \frac{e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{d_{ij}}{d_u} \right)^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1 - e^{-\frac{1}{2}}} (d_{ij} < d_0) \quad (2)$$

在第二阶段,将小区点视作需求点 $i$ ,评估其对公园绿地的可达性。以搜索域值 $d_0$ 为半径,建立搜索域 $I$ ,查找搜索域 $I$ 内的所有公园绿地 $j$ ,对每个公园绿地 $j$ 的供需比 $R_j$ 基于高斯衰减函数汇总求和,得到小区点 $i$ 的公园绿地可达性指数 $A_i$ ,单位为 $\text{m}^2/\text{人}$ ,数值越大表示可达性程度越高:

$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} G(d_{ij}) R_j \quad (3)$$

<sup>2</sup><https://cghzf.zhanjiang.gov.cn/hdjlpt/yjzi/answer/37392>。

<sup>3</sup>[https://www.zhanjiang.gov.cn/zwgk/sjfb/tjgb/content/post\\_1454745.html](https://www.zhanjiang.gov.cn/zwgk/sjfb/tjgb/content/post_1454745.html)。

<sup>4</sup>[https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2018/art\\_17339\\_238590.html](https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2018/art_17339_238590.html)。

### 3.2. 空间集聚格局分析

为探究公园绿地可达性的是否存在空间分异规律,本研究通过单变量全局莫兰指数(Moran's I)对公园绿地可达性的空间自相关性进行测度[21], 计算公式为:

$$\text{Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, (i \neq j) \quad (4)$$

式中:  $x_i$ ,  $x_j$  分别表示空间单元  $i$  和空间单元  $j$  的值;  $W_{ij}$  表示第  $i$  个与第  $j$  个区域间的权重系数,  $n$  则指的是区域的数量。Moran's I 的取值范围是 $[-1, 1]$ , 当 Moran's I  $> 0$  时, 公园公园绿地的可达性在空间上呈现出正相关性, 数值越高, 意味着空间聚集现象愈发显著; 当 Moran's I  $< 0$ , 公园绿地可达性存在空间负相关, 数值越低, 表明空间的分散程度更为显著。

### 3.3. 供需平衡分析

为检验公园绿地可达性与小区人口数量的空间分布依赖性,本研究利用双变量空间自相关分析分别从步行、骑行和公交尺度探讨公园绿地供给能力与小区居民需求水平之间的空间匹配程度[22], 计算公式为:

$$I_{i,k,l} = \frac{Y_{i,k} - \bar{Y}_k}{\delta_k} \times \sum_{j=1}^n \left( W_{ij} \times \frac{Y_{j,l} - \bar{Y}_l}{\delta_l} \right) \quad (5)$$

式中:  $Y_{i,k}$  表示区域  $i$  的第  $k$  项属性的值, 而  $Y_{j,l}$  则是区域  $j$  第  $l$  项属性的值;  $\bar{Y}_k$  和  $\bar{Y}_l$  分别表示属性  $k$  和  $l$  的均值;  $\delta_k$  用表示属性  $k$  的方差,  $\delta_l$  用来表示属性  $l$  的方差;  $W_{ij}$  代表区域  $i$ 、 $j$  之间的空间权重因子;  $n$  表示小区  $W$  点的个数。

洛伦兹曲线与基尼系数常被用于定量测度社会收入分配的公平程度, 由于收入分配的公平程度在本质上与公园绿地资源分配较为相似, 本研究基于洛伦兹曲线与基尼系数对湛江市中心城区整体公园绿地资源分配的供需平衡进行测度, 其中洛伦兹曲线定义为小区点  $k$  的累计人口比例与其累计获取的绿地资源比例之间的函数关系, 基尼系数的计算公式为:

$$G = 1 - \sum_{k=1}^n (P_k - P_{k-1})(C_k + C_{k-1}) \quad (6)$$

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^k A_{iri}}{\sum_{i=1}^n A_{iri}} \quad (7)$$

式中:  $G$  代表湛江市中心城区公园绿地供需平衡指数。其中,  $n$  表示中心城区内的小区数量,  $k$  为根据小区对公园绿地的可达性由低到高排序后的序号;  $A_i$  为小区点  $i$  的公园绿地可达性值;  $\gamma_2$  为小区点  $i$  的人口数;  $C_k$  为从小区点 1 到小区点  $k$  的累计比例  $C_0 = 0$ ,  $C_x = 1$ ,  $P_k$  为从小区点 1 到小区点  $k$  的累计比例  $P_0 = 0$ ,  $P_x = 1$ 。根据基尼系数的数学意义, 若基尼系数的值在 $[0, 0.2)$ , 则表示公园绿地资源的空间分配非常均匀, 在 $[0.2, 0.3)$ 之间, 表示资源分配相对均衡; 处在 $[0.3, 0.4)$ 时, 分配相对合理; 若在 $[0.4, 0.6)$ 范围内, 则说明资源分配存在明显不均; 而在 $[0.6, 1.0]$ 之间, 意味着资源分配的不公平程度极高, 差距非常显著。

## 4. 结果与讨论

### 4.1. 公园绿地可达性数量特征

从平均值来看, 赤坎区和霞山区的公园可达性普遍较高, 而麻章区则远低于前两者(表 1)。赤坎区的公交可达性( $11.96 \text{ m}^2/\text{人}$ )略低于骑行( $12.80 \text{ m}^2/\text{人}$ ), 而步行可达性( $11.99 \text{ m}^2/\text{人}$ )处于两者之间, 表明赤坎区



的公园绿地资源在三种出行方式下基本均衡,但步行可达性相对较低。霞山区的步行可达性(18.53 m<sup>2</sup>/人)略高于骑行(17.88 m<sup>2</sup>/人)和公交(16.38 m<sup>2</sup>/人),说明霞山区的步行可达性较高,区域内公园绿地的空间分布以及步行距离较为合理。麻章区在三种出行方式下的可达性均处于最低水平,步行可达性仅为 4.53 m<sup>2</sup>/人,骑行和公交的可达性亦不高,分别为 7.48 m<sup>2</sup>/人和 8.32 m<sup>2</sup>/人,这反映出麻章区存在公园供需之间的矛盾。从标准差来看,赤坎区和霞山区的步行可达性标准差较大(分别为 39.52 m<sup>2</sup>/人和 60.35 m<sup>2</sup>/人),说明在这些区域内公园绿地的分布较为不均,可能存在部分地区绿地过于集中或分布不合理的情况。麻章区在三种出行方式下可达性标准差较小,且总体可达性较低,意味着区域内公园绿地资源总量不足。

**Table 1.** Average values and standard deviations of park accessibility under different travel modes in the central urban area of Zhanjiang City (m<sup>2</sup> per person)

**表 1.** 湛江市中心城区不同出行方式下公园可达性平均值及标准差(m<sup>2</sup>/人)

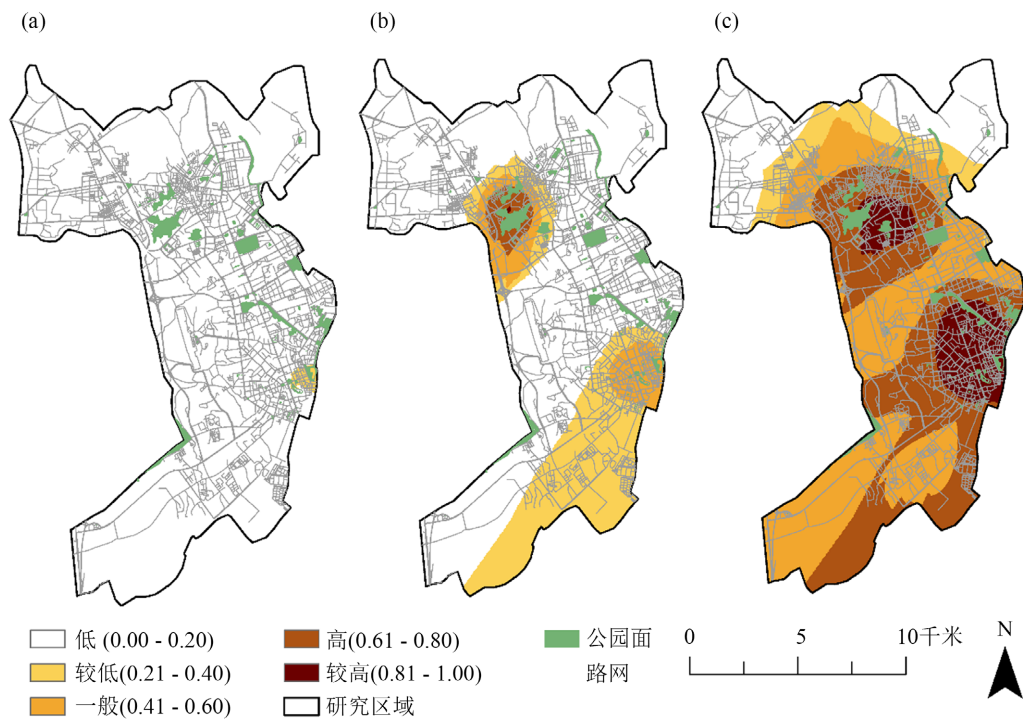
| 区域  | 类型  | 步行    | 骑行    | 公交    |
|-----|-----|-------|-------|-------|
| 赤坎区 | 平均值 | 11.99 | 12.80 | 11.96 |
|     | 标准差 | 39.52 | 13.21 | 3.30  |
| 霞山区 | 平均值 | 18.53 | 17.88 | 16.38 |
|     | 标准差 | 60.15 | 11.89 | 2.35  |
| 麻章区 | 平均值 | 4.53  | 7.48  | 8.32  |
|     | 标准差 | 27.22 | 14.65 | 3.38  |

本文利用克里金法将改进的高斯两步移动搜索法得到的湛江市市区公园绿地可达性结果进行插值分析,使用自然断点法将可达性分为较高、高、一般、较低、低 5 个等级,绘制并统计各等级在不同行政区与出行方式下的占比情况(表 2)。从整体趋势来看,随着出行范围的扩大,较低与低等级小区所占比例明显下降,较高与高等级小区占比显著增加,说明交通方式的拓展有助于改善区域绿地服务水平,缓解部分空间不均问题。就区域而言,赤坎区的步行可达性严重不足,低等级占比达 100%,高、中等级占比均为 0%,反映出其步行绿地可达性极差;但在公交模式下,可达性结构大幅改善,中、高等级合计超过 58%,表明公交出行在一定程度上缓解了绿地服务不均问题。霞山区表现出公交可达性最为理想,高等级占比达 16.94%,较高和一般等级合计占比超过 83%,这与该区域沿海地带海滨公园、滨水绿道分布密集、公交线路发达密切相关;其骑行模式下的较高等级占比也达 55.09%,表现优于赤坎与麻章,显示出良好的中距离出行绿地服务能力。麻章区的可达性整体偏低,步行方式下低等级占比高达 100%,骑行方式下也达 82.87%,仅公交模式下中等级以上的占比有所上升(合计约 50.68%),但高等级区域仍为 0,反映出该区绿地供给和交通设施均较为薄弱,绿地布局与公共交通的协调关系亟待改善。

**Table 2.** Statistical table of accessibility classification in central urban area of Zhanjiang City (%)

**表 2.** 湛江市中心城区可达性分类统计表(%)

| 可达性<br>分类 | 赤坎区      |          |          | 霞山区      |          |          | 麻章区      |          |          |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           | 步行<br>占比 | 骑行<br>占比 | 公交<br>占比 | 步行<br>占比 | 骑行<br>占比 | 公交<br>占比 | 步行<br>占比 | 骑行<br>占比 | 公交<br>占比 |
| 高         | 0.00     | 0.11     | 8.81     | 0.00     | 0.00     | 16.94    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |
| 较高        | 0.00     | 5.44     | 25.19    | 0.00     | 0.00     | 42.54    | 0.00     | 2.56     | 15.85    |
| 一般        | 0.00     | 7.16     | 24.07    | 0.00     | 7.71     | 40.52    | 0.00     | 2.37     | 34.83    |
| 较低        | 0.00     | 7.25     | 13.96    | 1.48     | 37.21    | 0.00     | 0.00     | 12.21    | 10.26    |
| 低         | 100.00   | 80.04    | 27.97    | 98.52    | 55.09    | 0.00     | 100.00   | 82.87    | 39.06    |



地图底图源于 OpenStreetMap，下同。

**Figure 2.** Spatial distribution of park and green space accessibility under different modes of transportation in the central urban area of Zhanjiang: ((a) Walking travel; (b) Cycling travel; (c) Public transport travel)  
**图 2.** 湛江市中心城区不同出行方式下公园绿地可达性空间分布: ((a). 步行出行; (b). 骑行出行; (c). 公交出行)

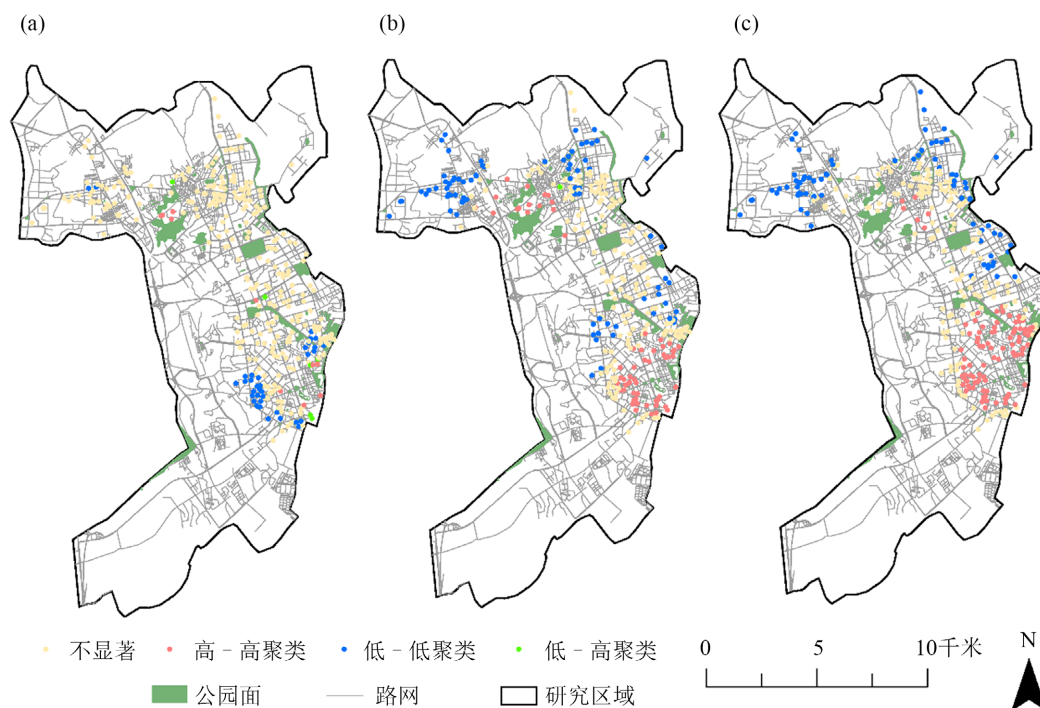
4.2. 公园绿地可达性空间分布特征

图 2 展示了湛江市中心城区公园绿地的空间可达性分析结果，我们采用了克里金插值法进行此分析。结果表明，1) 步行方式下，公园绿地对于小区居民有较大的局限性，辐射范围较小，可达性较低，整体来看，居民的休闲游憩不能得到很好的满足；但是，在霞山区的东南部，步行前往各地相对方便，状况也较为理想。2) 骑行方式下，公园绿地高可达性和较高可达性的小区主要分布在赤坎区和霞山区东南部沿海地带。而麻章区人口密集的东北区域则缺乏公园，骑行的可达性相比步行并无显著提升。3) 公交方式下，赤坎区和霞山区均能较好地实现 15 min 到达宜游的公共绿地空间的需求，大体上以公园绿地为核心“环绕式”分布，可达性向外逐渐减小，较好地体现了公园的服务能力；公交方式下可达性较低的区域仍然是麻章区，麻章区人口密集地段距离公园绿地较远，例如面积较大的地质公园湖光岩景区无法辐射到麻章区的居住小区。

**Table 3.** Moran’s I index of park accessibility under different travel modes  
**表 3.** 不同出行方式下的公园可达性莫兰指数

| 出行方式 | 莫兰指数  | Z 得分  |
|------|-------|-------|
| 步行   | 0.419 | 3.300 |
| 骑行   | 0.746 | 5.560 |
| 公交   | 0.695 | 5.152 |

注：3 种出行方均通过显著性检验，在 99% 的统计水平下显著。



**Figure 3.** Accessibility clustering spatial pattern of urban central park green spaces in Zhanjiang City under different travel modes (a. Walking; b. Cycling; c. Public transit)

**图 3.** 不同出行方式下湛江市中心城区公园绿地可达性聚类空间格局((a). 步行出行; (b). 骑行出行; (c). 公交出行)

#### 4.3. 公园绿地可达性的空间集聚差异

通过使用莫兰指数(Moran's I)来分析湛江市中心城区的可达性,以评估其是否存在空间聚集的现象。分析结果表明,在湛江市中心城区,步行、骑行和公交出行 3 种出行方式下,公园可达性在统计上有显著正相关性(图 3)。其中, P 值均小于 0.001, Z 得分都超过 1.65, Moran's I 均大于 0.2,这显示了研究区域在这些交通模式下存在显著的空间聚集特征(表 3)。

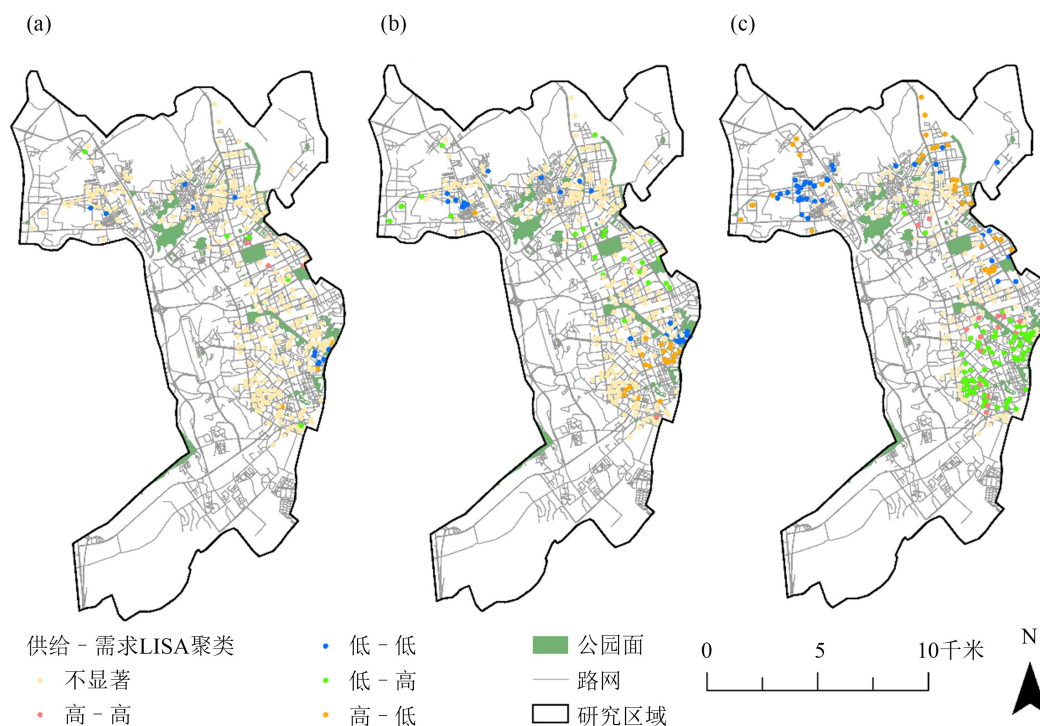
从空间分布的视角分析,公园绿地的可达性在不同地区显现出显著的差异。1) 步行方式下,低-低聚类占 11.80%,主要分布在霞山区南部和东部,这些区域人口众多,公园的空间分布存在不均衡情况;高-高聚类占 3.54%,零星分布在霞山区东南部,这一片主要有海滨公园、霞山观海长廊,能满足人口数量对应的公园的需求量。另外,不显著的聚类情况占 82.89%。2) 骑行方式下,低-低聚类占 25.66%,主要分布在麻章区、赤坎区和霞山区的中间地带,与之相对的高-高聚类占 20.59%,以霞山区南部为主。3) 公交方式下,低-低聚类占 23.30%,多存在于麻章区和赤坎区东北部,而高-高聚类占 31.27%,主要分布在霞山区,此外还存在 45.43%的小区点聚类情况不显著。总体而言,湛江市中心城区的公园绿地可达性偏低,绝大多数公园难以满足小区居民的需求,与其供给能力之间存在明显的不平衡。

#### 4.4. 公园绿地供需平衡分析

为分析不同出行方式下湛江市中心城区公园绿地供给能力与居民需求水平之间的平衡关系,本研究通过双变量空间自相关分析,将公园绿地的可达性与各小区的人口需求进行对比,探讨它们之间的匹配程度。图中显示的高-高状态表明该地区公园绿地的供应能力以及居民区的需求水平都处于较高水平(图 4);高-低意味着这个区域的公园绿地资源丰富,而当地居民对绿地的需求相对较少;低-高公园绿地附



近区域的住房需求十分高涨，而供应能力却相对不足；低-低指的是该地区的公园绿地的提供能力以及周边居民对其的需求程度均处于较低水平；不显著意味着该地区的公园绿地供应能力与住宅区的需求水平大致相当，整体协调程度良好。



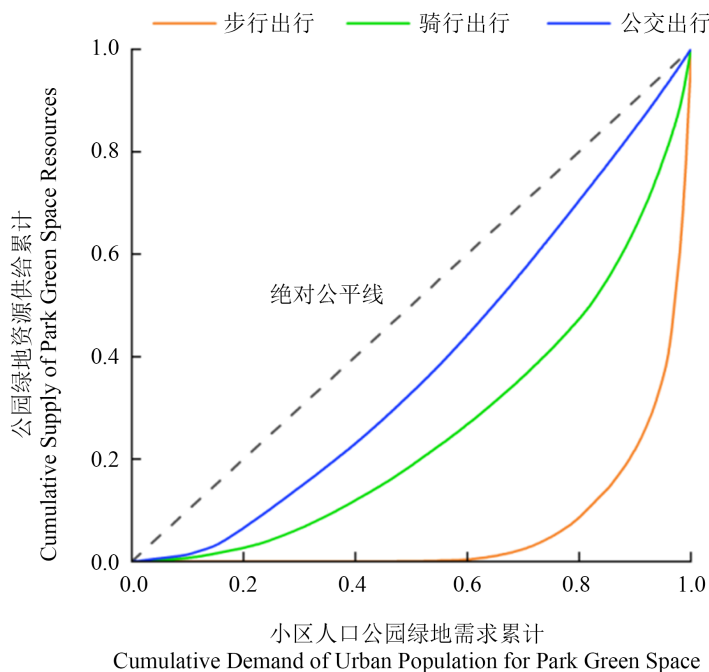
**Figure 4.** Supply and demand matching patterns of urban central park green spaces in Zhanjiang City under different travel modes: ((a) Walking travel; (b) Cycling travel; (c) Public transport travel)

**图 4.** 不同出行方式下的湛江市中心城区公园绿地供需匹配模式：((a) 步行出行；(b) 骑行出行；(c) 公交出行)

研究结果显示(图 5)，三种方式下，二者均存在空间负相关( $P < 0.01$ )，即小区的人口越多，公园绿地可达性就越差。1) 步行方式下，高-高型小区有 3 个，占比 0.88%；高-低型小区有 3 个，占比 0.88%；低-高型小区有 6 个，占比 1.77%，多分布在霞山区东南部；低-低型小区有 14 个，占比 4.13%。2) 骑行方式下，高-高型小区只有 1 个；高-低型小区有 26 个，占比 7.67%；低-高型小区有 26 个，占比 7.67%，分布特征与步行大致相同；低-低型小区有 29 个，占比 8.55%。3) 公交方式下，高-高型小区有 16 个，占比 4.71%；高-低型小区有 39 个，占比 11.50%；低-高型小区有 90 个，占比 26.55%；低-低型小区有 40 个，占比 11.80%。整体来看，三种出行方式下的湛江市中心城区公园绿地供需匹配存在较大差异，呈低-高聚集状态的区域附近人口密集，小区居民对公园绿地资源的需求较大，且由于缺乏大型公园，从供给方的角度也能看出其公园绿地资源的供给能力不足。

通过使用洛伦兹曲线对湛江市中心城区公园绿地的供需状况进行了深入分析，比较步行、骑行和公交三种出行方式下公园绿地资源的空间分布情况。结果显示，这三种方法的洛伦兹曲线弯曲程度不同，其中步行曲线的弯曲程度最大，说明湛江市中心城区公园绿地资源空间分配整体上存在较大的不均衡性。采用几何法计算公园绿地资源空间分配的基尼系数，步行出行方式下公园绿地资源分配的基尼系数为 0.9358，意味着仅极少数小区居民在步行范围内可享有公园绿地服务，大量居住单元完全处于服务盲区；骑行出行方式下该值为 0.7393，有所缓解，但资源集中效应依旧显著；即便在公交出行方式下该值仍为

0.6169 高于 0.4, 说明绿地资源的空间不均衡并未因出行方式拓展而根本性改善。整体而言, 公园绿地资源在空间上的配置远未实现公平可达, 不同出行方式下的差异性也说明仅依靠交通方式的拓展难以解决结构性公平问题。



**Figure 5.** Lorenz curve of park green space resource allocation in the central urban area of Zhanjiang City under different travel modes

**图 5.** 不同出行方式下湛江市中心城区公园绿地资源分配洛伦兹曲线图

从上述分析可以看出, 湛江市中心城区公园绿地的供需平衡问题较为突出。尽管不同出行方式在一定程度上影响了公园绿地的可达性, 但整体上仍难以满足居民的实际需求。特别是在步行方式下, 公园绿地的辐射范围有限, 导致大量居住单元无法享受到便捷的绿地服务。骑行和公交方式虽然拓展了可达范围, 但资源集中效应依旧显著, 尤其是在麻章区等人口密集区域, 公园绿地的供给能力明显不足。

此外, 研究结果还表明, 公园绿地的空间分布与人口需求之间存在明显的不匹配现象。高-高聚集状态的区域较少, 而低-高聚集状态的区域则较多, 这意味着在人口密集的地区, 公园绿地的供给能力无法满足居民的需求。这种供需不平衡不仅影响了居民的生活质量, 也制约了城市生态环境的可持续发展。

因此, 为了改善湛江市中心城区的公园绿地供需平衡状况, 需要从多个方面入手。一方面, 可以通过优化公园绿地的空间布局, 提高其在不同区域的可达性; 另一方面, 可以加强公共交通与公园绿地的衔接, 提高居民使用公园绿地的便利性。同时, 还需要加强城市规划与管理, 确保公园绿地的建设与人口增长和城市发展相协调, 从而实现公园绿地资源的公平可达和可持续利用。对于赤坎区而言, 应在低密度开发、低可达性的西部新建社区公园, 填补该区域的公园绿地缺口, 满足新增居住小区居民的休闲需求; 霞山区现有公园绿地集中在南部沿海区域, 需在北部人口密集的老城区推进拆违建绿、留白增绿, 挖掘零散闲置空间打造小型开放绿地, 缓解老城区的绿地供需矛盾; 麻章区作为供需矛盾最突出的区域, 需结合城区发展规划, 在东北部人口集中区域规划建设至少 1 处区级综合公园, 同时完善连接现有公园绿地的公共交通线路, 逐步提升公园绿地的整体可达性, 缩小与赤坎、霞山两区的服务差距。

## 5. 结论

本研究采用了高斯两步移动搜索法,对湛江市中心城区现有的公园绿地从步行、骑行和公交三种不同的出行方式进行空间可达性计算,并进行了以下优化:①与大数据结合。通过抓取房天下和安居客等房产交易平台的居住小区 POI,可以获得各小区的实际人口数据。这种方法有效解决了传统手段存在的数据滞后、理想化程度高以及耗时耗力等问题;②采用多阈值搜索法。结合已有研究并根据 15 min 社区生活圈的相关政策规定赋予其不同的搜索阈值;③为探究公园可达性是否存在空间分异规律以及各小区对公园绿地的实际需求水平,本研究通过 Moran's I 对其空间自相关性进行测度,并采用洛伦兹曲线与基尼系数对整体公园绿地资源分配的供需平衡进行测度。研究结果表明:湛江市中心城区的公园绿地资源存在不均衡的情况,赤坎区中部、麻章区若干区域公园绿地资源供不应求,因此亟需提升公园绿地服务水平与交通通达能力;而市中心东部沿海区域,海滨公园、休憩绿道众多,公园绿地资源供大于求。

## 基金项目

本论文受湛江市哲学社科项目(社会公平视角下湛江市公园绿地可达性评估及提升策略研究,ZJ23QN05)资助。

## 参考文献

- [1] 赵芮,申鑫杰,田国行.郑州市公园绿地景观特征对公园冷岛效应的影响[J].生态学报,2020,40(9):2886-2894.
- [2] 杨文越,杨如玉,李晖.绿地与居民超重肥胖之间关系的 Meta 分析[J].生态学报,2022,42(10):4284-4299.
- [3] 丁宇,张雷.区域绿地主要生态功能研究进展[J].西北林学院学报,2018,33(6):279-286.
- [4] 饶钰飞,邹亚锋,罗锋,等.基于两步移动搜索法的福州市公园绿地主客观可达性研究[J].生态学报,2024,44(10):4064-4080.
- [5] 幸丽君,杜赛南,仝照民,等.环境正义视阈下城市公园绿地时空可达性及其影响因素[J].生态学报,2023,43(13):5370-5382.
- [6] 谢涪湘,谢晓亮,常江.基于文献计量的公园绿地可达性分析[J].生态学报,2021,41(18):7475-7483.
- [7] Coombes, E., Jones, A.P. and Hillsdon, M. (2010) The Relationship of Physical Activity and Overweight to Objectively Measured Green Space Accessibility and Use. *Social Science & Medicine*, 70, 816-822. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2009.11.020>
- [8] 刘韬,杨德刚,张豫芳,等.城市公园绿地可达性时空变化及影响因素——以乌鲁木齐市为例[J].中国科学院大学学报,2021,38(3):350-359.
- [9] 廖含文.北京中心城区开放性绿色空间格局、评价与优化思考[J].现代城市研究,2019(9):104-111.
- [10] 李博,宋云,俞孔坚.城市公园绿地规划中的可达性指标评价方法[J].北京大学学报(自然科学版),2008(4):618-624.
- [11] Radke, J. and Mu, L. (2000) Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. *Annals of GIS*, 6, 105-112. <https://doi.org/10.1080/10824000009480538>
- [12] 裴新蕊,郭鹏,吴佳莉,等.基于改进多交通模式两步移动搜索法的天津市公园绿地可达性评价[J].地理与地理信息科学,2024,40(4):74-79.
- [13] 黄玖菊,林伊婷,陶卓霖,等.社会公平视角下深圳公园绿地可达性研究[J].地理科学,2022,42(5):896-906.
- [14] 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.
- [15] 黄思颖,徐伟振,傅伟聪,等.城市公园绿地可达性及其提升策略研究[J].林业经济问题,2022,42(1):89-96.
- [16] 朱战强,吴月婵,秦日成.广州市中心城区公园可达性时空演变[J].热带地理,2023,43(5):945-958.
- [17] 余思奇,朱喜钢,刘凤豹,等.社会公平视角下城市公园绿地的可达性研究——以南京中心城区为例[J].现代城市研究,2020(8):18-25.
- [18] 胡昂,刘洋洋,戴维维,等.基于改进两步移动搜索法的城市公园绿地供需评价——以成都市三环内为例[J].风

---

景园林, 2022, 29(9): 92-98.

- [19] 徐欣, 胡静, 贾垚焱, 等. 武汉市多维度城市公园绿地空间公平性分析[J]. 地理科学, 2021, 41(12): 2138-2148.
- [20] 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.
- [21] 王娜, 吴健生, 彭子凤. 深圳市零售业空间格局及影响因素[J]. 经济地理, 2021, 41(9): 125-134.
- [22] 赵洋, 徐枫, 万义良. 基于改进引力模型的公园绿地空间可达性及供需平衡分析方法[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24(10): 1993-2003.