城市公园绿地空间布局公平性研究*

王兴瑜 姚文飞 陈 菲 侯可明

青岛理工大学建筑与城乡规划学院 山东青岛 266000

摘要：随着城市发展的高密度化，城市公园绿地配置不公平性日益突出。文章以青岛市北区作为研究区域，划分行政街道作为空间单元，从城市公园绿地供给质量、空间可达性 2 个维度衡量公园绿地空间布局公平性。结果表明：空间单元内绿地资源以及人口密度的差异导致公园绿地供给质量分布不均，同时交通网络的便捷性也影响可达性；可达性作为影响空间公平性的关键因素，使得公园绿地供给质量较高但处于可达性盲区的区域空间布局公平性降低，从而导致公园绿地空间布局整体呈现“东北高、西南低”的趋势，且协调度相差较大，最高差距为 0.78。对此，建议对协调度较差的空间单元内公园绿地进行增建或改建，增强绿地间联系，同时兼顾与人口的空间匹配。

关键词：公园绿地；空间公平性；可达性；绿地质量；青岛市

DOI：10.12169/zgcsly.2022.11.26.0001

Equity in Spatial Pattern of Urban Park Green Spaces

Wang Xingyu Yao Wenfei Chen Fei Hou Keming

(School of Architecture and Urban and Rural Planning, Qingdao University of Technology, Qingdao 266000, Shandong, China)

Abstract: With the high-density development of cities, the inequity in park green space configuration has been increasingly prominent. Taking Shibei District of Qingdao City as the study area, the paper measures the equality of park green spaces from the two dimensions of quality of urban park green space availability and accessibility using administrative streets as the spatial units. The findings demonstrate that the variations in green spaces and population density in spatial units lead to the uneven distribution of the quality of park green space availability, and accessibility is also influenced by the ease of use of the transportation network. Accessibility, a key factor influencing spatial equity, increases the quality of park green space availability but decreases the equality of spacial pattern in accessibility blind areas, thus making the spatial pattern of park urban green spaces tend to be a high concentration in the north-east and a low concentration in the south-west, and causing the significant disparity in coordination, with the greatest value being 0.78. In this sense, it is recommended that additional park green spaces should be built or renovated in the spatial units with poor coordination, in order to enhance the linkage between green spaces and increase the spatial compatibility with the population.

Keywords: park green space; spatial equity; accessibility; quality of green space; Qingdao City

收稿日期：2022-11-26

* 基金项目：国家自然青年科学基金项目（32001367）；山东省社会科学基金培养基金项目（21CSHJ06）

第一作者：王兴瑜（1998-），女，硕士生，研究方向为风景园林与城市公共健康。E-mail：3371206989@qq.com

通信作者：姚文飞（1989-），女，博士，讲师，硕士生导师，研究方向为风景园林与城市公共健康。E-mail：yaowenfei@qut.edu.cn

城市公园绿地作为建成环境中重要的公共服务资源，与居民生活质量关系密切，在改善环境质量、促进居民户外活动以及缓解社会压力等方面具有重要作用，同时影响着社会可持续发展以及城市生态系统健康[1-4]。然而，随着城市化进程高速推进，建筑与人口的高度集聚使得绿化建设土地资源十分有限[5-6]，城市中绿地资源空间分布不均衡，存在不同程度的供需矛盾[7-8]。绿地配置是生态宜居环境建设之关键，保障城市内不同区域居民享有同等使用绿地的权利，从而达到环境、社会、健康效益最大化是绿地配置的重要目标[9-10]。因此，城市公园绿地空间布局公平性的相关研究十分重要。

城市公园绿地空间布局公平性强调城市公园绿地在不同区域人群中土地资源的使用效率[11-12]。可达性是公平性评价的量化基础，常用作衡量指标，公平性是可达性概念的延伸[13]。近年来，国内相关研究迅速发展，逐渐由传统以数量为主的公平性评价体系转向空间布局的公平性视角。关于城市区域尺度的空间公平性研究主要以供需视角为基础，通过城市绿地可达性、绿地数量、人均绿地面积、绿地覆盖率等多种客观测度指标来构建评价模型[14-15]，同时利用主观调查问卷探讨居民实际获得绿地服务的程度也被逐渐纳入到评价模型中[16]。国外在绿地公平性领域的研究起步较早[17]，较多从社会属性的角度探讨在资本、种族、年龄和性别等差异性下所享有公共绿色资源的不同[18-20]，并且证实少数种族和社会经济地位较低的人获取绿地机会较差[21-22]。随着研究深入，国外学者将研究视野从人均绿地面积、绿地率、可达性等方面逐渐转向通过量化技术来评估使用者对公园偏好程度[19]，并作为公园服务质量评价方法之一；同时，将绿地公平性与视觉补偿、人工智能、社会经济等方面相结合也逐渐成为研究新视角[23-25]。

目前此领域研究主要从公园绿地的空间视角出发，但从行政街道角度进行的研究较少，因此本文试图以研究区域内空间单元作为研究视角，以狭义公平性作为研究基础，以探究公园绿地供给与社会公平性、空间可达性、人口密度等方面的空间匹配度，从公园绿地供给质量与空间可达性两方面考虑城市公园绿地空间分布协调程度，并依据研究结果为城市公园绿地空间布局规划以及城市更新改造提供科学依据。

1　研究区概况

青岛市（东经 119° 30′—121° 00′、北纬 35°35′—37°09′）北区作为滨海城区，城市公园绿地建设时期较长，城市布局体系较为完整，且人口较为集中，工商业发展较早，区内集聚啤酒、纺织等现代民族工业，具有较强代表性。据统计，青岛市北区总面积约为 67.93 km^2，常住人口 109.68 万人。

2　研究方法

2.1　数据来源

本文采用的数据主要包括：1）市北区行政边界及行政街道划分的区域面积（青岛市市北区人民政府官网）（图 1）；2）市北区 2020 年城市公园数量、面积、公园出入口以及空间位置（青岛市园林绿化局、Google 高清遥感影像图）；3）市北区 2020 年道路路网（Open Street Map 开放街道地图）；4）市北区行政街道以及居住区人口数据（青岛市统计局，图 2）。



图 1　市北区街道空间单元划分

2.2　数据预处理

数据预处理主要包括：1）依据 2019 年的城市绿地规划标准（GB/T 51346—2019）将其划分为综合公园Ⅰ、综合公园Ⅱ、综合公园Ⅲ、社区

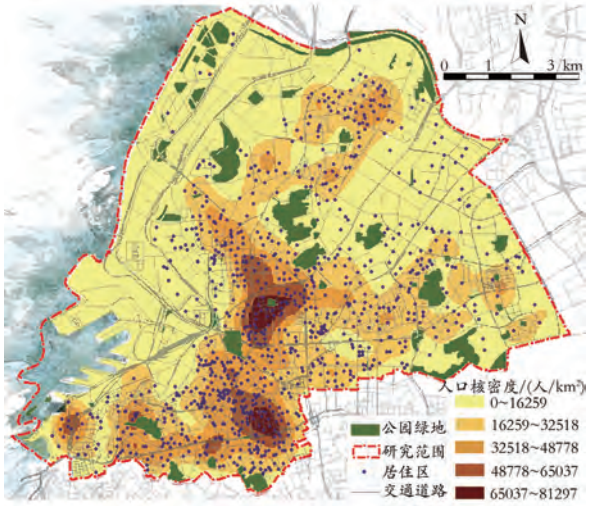


图 2 城市公园绿地及人口密度空间分布

公园Ⅰ、社区公园Ⅱ、游园 6 类，并结合居民出行阈值，划分城市公园绿地服务半径；2）通过 QGIS 3.2 获取 2020 年市北区路网数据，并通过 Google 高清遥感影像图以及现场调研进行数据核准；3）行政街道人口数据通过“六普街道人口数据+六普街道人口数据×青岛市人口增长率”获得，居住区人口数据利用“该空间单元人口数据/该空间单元内居住区个数”，从而得到居住区人口数据；4）基于 SPSS26.0 软件平台进行主成分分析和耦合协调分析。

2.3 公园绿地供给质量

城市公园面积大小是衡量公园服务范围的重要参数，依据《城市绿化规划建设指标的规定》，公园绿地供给质量评价指标主要包括单位面积公园数量、人均绿地面积、城市公园绿地覆盖率。本文采用能够反映信息熵变异程度的熵权法，对评价指标进行权重计算，得到公园绿地供给质量综合评价指标[26]。计算公式如下：

1）数据标准化处理

$$Y_{mn} = \frac{X_{mn} - \min(X_n)}{\max(X_n) - \min(X_n)} \quad (1)$$

式（1）中：Y_{mn}为第 m 街道在第 n 个评价指标上的标准化值；X_{mn}为第 m 街道在第 n 个评价指标所对应的量值；max（X_n）为第 n 个评价指标中所有量值的最大值；min（X_n）为第 n 个评价指标中所有量值的最小值。

2）计算信息熵

$$H_n = -k \sum_{m=i}^{i} P_{mn} \ln P_{mn} \quad (2)$$

$$P_{mn} = \frac{Y_{mn}}{\sum_{m=i}^{i} Y_{mn}} \quad (3)$$

式（2）（3）中：H_n为第 n 个评价指标的熵；i 为评价对象数量；k 为常数，$k = 1/\ln(i)$；P_{mn}为第 n 项指标下第 m 个方案占该指标的特征比重。

3）确定各指标权重

$$W_n = \frac{1 - H_n}{j - \sum H_n} \quad (4)$$

式（4）中：W_n为第 n 个指标的权重；j 为评价指标数量；$1-H_n$为信息熵冗余度。

4）计算综合指标

$$U_m = \sum P_{mn} W_n \quad (5)$$

式（5）中：U_m为第 m 街道的公园供给质量指数。

2.4 城市公园可达性评估

城市公园绿地可达性是衡量城市公园绿地空间布局公平性的重要因素。可达性水平和需求指数是城市公园绿地空间布局公平性的测度基础。本研究选择考虑距离衰减和供需特征两方面因素的两步移动搜索法进行可达性计算[27]，行政街道尺度的可达性结果利用该街道所有居住区可达性结果的平均值表示。计算公式如下：

1）计算供需比

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_0\}}^{k} D_j} \quad (6)$$

式（6）中：R_j为供需比；i 为需求点；j 为供给点；S_j城市公园绿地面积；D_j 表示居住区人口数量；k 为搜索半径内居住区数量；d_{ij}为 i 和 j 之间的距离；d_0表示不同等级公园服务半径

2）计算可达性

$$A_i = \sum_{i \in \{d_{ij} \leq d_0\}}^{m} R_j \times f(d_{ij}) \quad (7)$$

$$f(d_{ij}) = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2}\times(\frac{d_{ij}}{d_0})^2}}{0^{1-e^{-\frac{1}{2}}}} d_{ij} \leqslant d_0, \ d_{ij} \geqslant d_0 \end{cases} \quad (8)$$

式（8）中：A_i为每个居住区可达性值；m 为落在以 i 为核心，以 d_0为半径的空间内公园数量；f（d_{ij}）为空间摩擦的距离衰减系数

2.5 空间协调度

从空间布局公平性角度出发，通过对市北区

公园绿地系统、交通系统、社会系统的耦合协调分析，按照耦合等级的划分标准[28]得出城市公园绿地空间布局公平性协调程度，计算公式如下[29]：

$$C = \frac{2\sqrt{\frac{\min(B_1, B_2)}{\max(B_1, B_2)}}}{1 + \frac{\min(B_1, B_2)}{\max(B_1, B_2)}} \tag{9}$$

式（9）中：B_1、B_2分别为标准化后街道水平的城市公园绿地供给质量、可达性得分；C 为该区域城市公园绿地空间布局供给水平。

3　结果与分析

3.1　青岛市市北区城市公园绿地供给质量

3.1.1　供给质量指数

城市公园绿地在供给质量指标上存在显著空间分异（图 3）。总体呈现西北向南逐级递减的分布特征。供给质量综合指标最高的空间单元主要集中在工业生产加工及服务配套设施为主的西北部及绿地资源较为丰富的东北部区域，该区域人均公园绿地面积最高可达 16.13 m^2，并且单位面积公园数量以及公园绿地覆盖率同样处于较高水平（图 4~5）。中南部区域供给质量水平较低的原因很大程度上是人口密度过高导致人均公园绿地面积处于极低水平（图 6）。而以大港街道、阜新路街道为代表的行政街道虽然人均公园绿地面积较低，但由于单位面积公园数量以及公园绿地覆盖率水平较高，在一定程度上提高了供给质量指数。

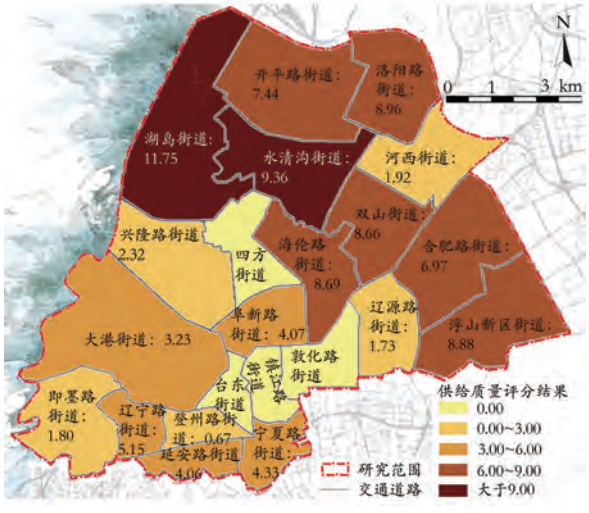


图 3　公园绿地供给质量指数

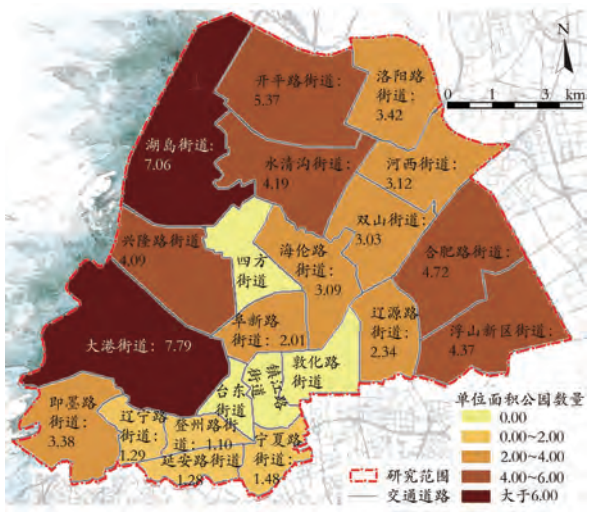


图 4　单位面积公园数量分布

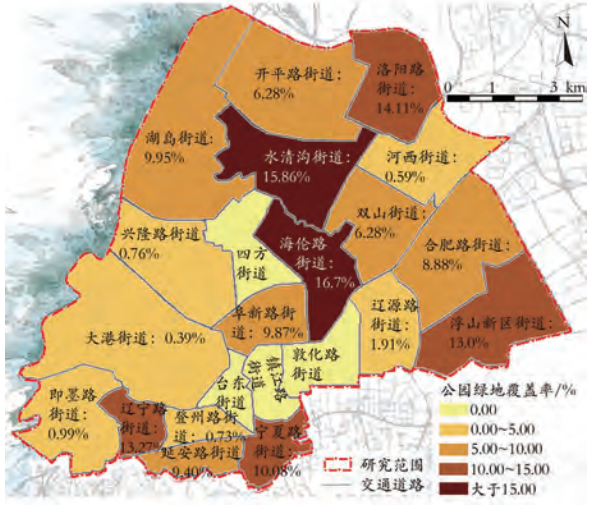


图 5　公园绿地覆盖率分布

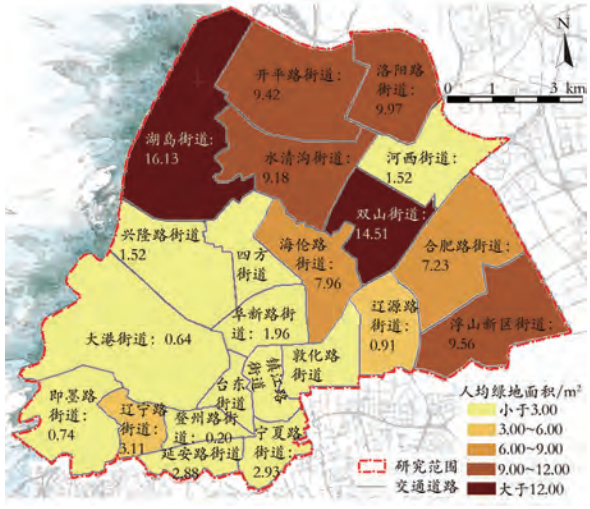


图 6　人均公园绿地面积分布

3.1.2　公园绿地可达性

基于实际交通的网络分析法构建公园绿地多

级范围可达模型发现，可达性结果呈现由北向南递减的趋势（图 7）。整体来看，可达性结果南北差异较大，最大差距为 38.80。研究区域的西北、西南方向均属于可达性盲区，主要是由于滨海环境居住区分布较少，人口密度较小，而周边缺乏大型公园绿地，因而绿地服务范围未能辐射到此处，导致绿地可达性较差。以水清沟街道、开平路街道为代表的北部区域绿地可达性普遍较高，主要是由于以水清沟公园为主的大型公园绿地分布于此，服务范围较广，其中绿地可达性值最高的兴隆路街道（38.80）便位于此区域。由于南部公园绿地分布较少，即便人口密集，绿地可达性结果仍然较低，由此说明该范围内公园绿地不能满足该区域内大部分居民的使用需求。

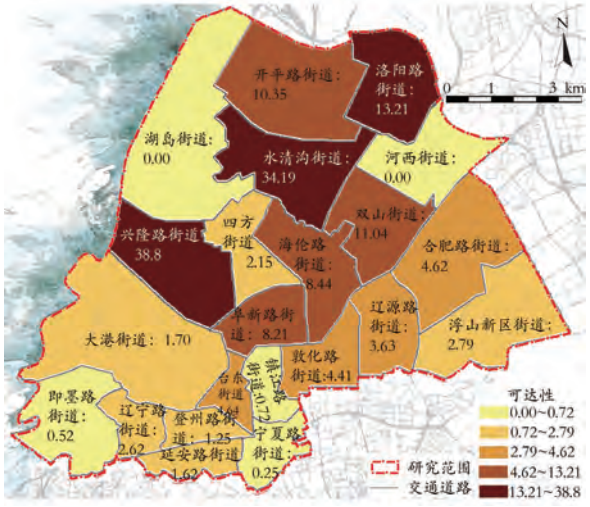


图 7 公园绿地可达性

3.2 青岛市市北区城市公园绿地空间协调度

市北区公园绿地空间布局供给水平结果呈现西北向东南递减的趋势（图 8），其中协调程度越高表明该空间单元在供给质量以及可达性方面供给水平越高。若处于失调程度则表明该空间单元出现一种或多种属性处于相对滞后状态，而这也直接反映该空间单元供给水平较低。整体来看，市北区公园绿地供给水平较差，近 63.636% 的空间单元供给水平处于失调等级（严重、中度、轻度、濒临失调），近 31.819% 的空间单元处于较低的协调等级（勉强、初级、中级协调），而供给水平处于优质协调等级的仅占 4.545%。市北区公园绿地空间布局在供给水平上具有显著差异性，表明空间布局公平性缺失。从空间位置上分析，供给水平为严重失调的 4 个空间单元主要位于中部偏南区域，最低为 0.130；而协调等级较高的空间单元主要位于北部区域，最高为 0.912。

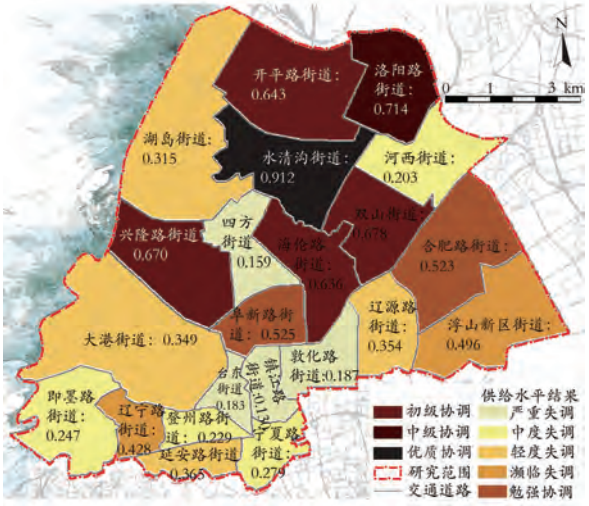


图 8 公园绿地空间协调度分析

4 讨论

公园绿地供给公平性是关系到环境正义、社会公平的重要问题。本文通过构建多维度公园绿地公平性定量评价模型来量化青岛市北区不同行政街道内公园绿地空间布局差异性。在以往研究中，无论是以美国丹佛市、德国柏林[19,30]为代表的西方国家城市还是以南京[31]、上海[32]等为代表的国内城市，在绿地空间布局中呈现显著不公平性。本文研究结果也表明青岛市北区公园绿地供给质量、可达性在空间配置中呈现显著差异性，且空间布局呈现明显核心-边缘特征，公园绿地供给质量指数、可达性结果与空间协调水平呈现明显正相关，且可达性在影响最终空间协调结果的因素中占较大比例。

城市用地的自然属性和功能属性决定了公园绿地的资源条件，从而影响公园绿地空间分布[33]，并在很大程度上决定了公园绿地供给质量。有学者研究认为，徐州市绿地空间分布不公平的主要原因是绿地空间供给不均[34]，本研究中的青岛市市北区亦存在相似问题，研究区域内大部分公园绿地主要依附于天然山地丘陵和丰富的森林资源，因此，在北部区域形成了北岭山森林公园、嘉定山公园等大型公园绿地。另外，也有学者考虑到工商业发展较早的行政街道必然会导

致建筑用地集中，人口密度大，从而缺少便捷可达的公园[35]，这也是台东街道等行政街道公园绿地供给质量较差的原因。公园绿地可达性是空间分布公平性的基础，也是重要影响因素之一[30]。众多学者均认为交通网络密度以及公园绿地出入口布局对可达性的影响很大[36-37]。由于青岛市市北区地理位置的特殊性，自然环境对居住区的选址影响较大，从而影响人口密度，进一步导致以湖岛街道为代表的滨海区域空间单元内交通网络密度低。与之相反的四方街道、台东街道等经济发展较好，人口分布较为密集，交通网络设施完善，在一定程度上弥补了公园绿地匮乏对供给水平产生的消极影响。

本研究还存在诸多不足：1）由于研究区域内的居住区人口数据是以大数据为基础的宏观层面统计，因而人口数据缺乏精准性，同时人口社会学特征的差异也会影响公平性结果；2）未全面考虑市北区以外的周边区域城市公园绿地的服务范围，因此在一定程度上削弱了某些区域的可达性程度；3）在评价体系中没有考虑公园内部基础设施和景观状况对使用者的影响，缺乏城市居民对公园使用需求、使用评价等微观维度。

因此，提出如下建议：1）未来研究应充分利用大数据辅助研究，同时借助实地访谈作为辅助增加数据多源化和精确化，以弥补技术手段对人群需求主观意愿的表达不足。2）应尽可能从居民实际出行情况出发，尽可能全面考虑影响可达性因素，从而使结果更具真实性。3）应基于问卷调查综合考虑个体实际需求以及现实因素，进一步将不同群体或者特定群体的具体需求纳入到公园绿地服务效能公平性考虑范畴之中，以更好地促进社会公平、提升公众健康。4）应从提高人均“绿量”方面提升城市公园绿地空间公平性：首先，充分激活闲置土地，注重公园绿地多层次构建，强化小微公园建设，如口袋公园、街头游园等，突出小而精、广而便的绿地空间[38]；同时利用立体绿化弥补平面空间的不足，也可为老城增绿。其次，推动旧城改造，在交通网络条件尚可区域打造慢行绿廊，完善现有绿地网络，降低绿色资源破碎化对生态服务效能的影响，进而从可达性角度保证不同片区居民最基本的绿地需求。最后，还应注意在高密度人口集聚区内不能一味追求土地财政最大化，应增加对公园绿地空间的建设，将生态效益置于重要地位。

5　结论

本文在传统可达性研究基础上，综合考虑公园绿地供给质量，并通过耦合协调模型等方法对青岛市市北区公园绿地空间布局公平性进行研究，得出以下结论：1）绿地供给质量较高区域主要位于西北部和东北部，其中湖岛街道与水家沟街道绿地供给质量最高。2）绿地可达性与绿地供给质量结果出现反差，绿地可达性最好的区域位于绿地资源匮乏的兴隆路街道，而绿地资源较为丰富的湖岛街道可达性水平较差。3）公园绿地空间布局公平性不协调，供给水平协调指数差距较大（最大为 0.78），整体空间公平性具有很大提升空间。

参考文献

[1]王蕾,王志,刘连友,等.城市园林植物生态功能及其评价与优化研究进展[J].环境污染与防治,2006,28(1):51-54.

[2]毛齐正,罗上华,马克明,等.城市绿地生态评价研究进展[J].生态学报,2012,32(17):5589-5600.

[3]SARKAR C,WEBSTER C,GALLACHER J.Residential greenness and prevalence of major depressive disorders:a cross-sectional,observational,associational study of 94 879 adult UK Biobank participants[J].The Lancet Planetary Health,2018,2(4):e162-e173.

[4]EKKEL E D,DE VRIES S.Nearby green space and human health:Evaluating accessibility metrics[J].Landscape and Urban Planning,2017,157:214-220.

[5]许超,孟楠,王文静,等.澳门城市绿色基础设施生态系统服务供需匹配[J].中国城市林业,2022,20(1):29-35,95.

[6]TIAN Y H,JIM C Y,WANG H Q.Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city[J].Landscape and Urban Planning,2014,121:97-108.

[7]BRUTON C M,FLOYD M F.Disparities in built and natural features of urban parks:comparisons by neighborhood level race/ethnicity and income[J].Journal of Urban Health:Bulletin of the New York Academy of Medicine,2014,91(5):894-907.

[8]JENNINGS V,GAITHER C J,GRAGG R S.Promoting environmental justice through urban green space access:a synopsis[J].Environmental Justice,2012,5(1):1-7.

[9]李锋,王如松.城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究:以扬州市为例[J].生态学报,2003,23(9):1929-

1936.

[10]YAO L,LIU J R,WANG R S,et al.Effective green equivalent—a measure of public green spaces for cities[J]. Ecological Indicators,2014,47:123-127.

[11]俞孔坚,段铁武,李迪华,等.景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例[J].城市规划,1999,23(8):8-11,43.

[12]GEERTMAN C M,VAN ECK R R.CIS and models of accessibility potential:an application in planning[J].International journal of geographical information systems,1995,9(1):67-80.

[13]冯嘉燕,林箐.基于G2SFCA方法的广州中心城区老年人公园绿地空间公平性[J].中国城市林业,2022,20(1):56-61.

[14]王敏,朱安娜,汪洁琼,等.基于社会公平正义的城市公园绿地空间配置供需关系:以上海徐汇区为例[J].生态学报,2019,39(19):7035-7046.

[15]诸逸凡,刘志强,余慧,等.兼顾空间公平和效率的社区公园布局优化模型构建与验证[J].中国城市林业,2023,21(6):40-46.

[16]江海燕,周春山,肖荣波.广州公园绿地的空间差异及社会公平研究[J].城市规划,2010,34(4):43-48.

[17]李远.基于供需平衡的城市公园布局公平性评价研究:以重庆巴南区为例[D].重庆:西南大学,2017.

[18]RIGOLON A.Parks and young people:an environmental justice study of park proximity,acreage,and quality in Denver,Colorado[J]. Landscape and Urban Planning,2017,165:73-83.

[19]RIGOLON A.A complex landscape of inequity in access to urban parks:a literature review[J].Landscape and Urban Planning,2016,153:160-169.

[20]NESBITT L,MEITNER M J,GIRLING C,et al.Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities[J].Landscape and Urban Planning,2019,181:51-79.

[21]PARK K,RIGOLON A,CHOI D A,et al.Transit to parks:an environmental justice study of transit access to large parks in the U.S. West[J].Urban Forestry & Urban Greening,2021,60:127055.

[22]SEULKEE H,AMRUTA N S,SERA K,et al.Do persons with low socioeconomic status have less access to greenspace? Application of accessibility index to urban parks in Seoul,South Korea[J].Environmental Research Letters,2021,16(8):84027.

[23]VEENSTRA L,KOOLE S L.Disarming darkness:Effects of ambient lighting on approach motivation and state anger among people with varying trait anger[J].Journal of Environmental Psychology,2018,60:34-40.

[24]ZHANG F,ZHOU B L,LIU L,et al.Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. Landscape and Urban Planning,2018,180:148-160.

[25]XU C,HAASE D,PRIBADI D O,et al.Spatial variation of green space equity and its relation with urban dynamics:a case study in the region of Munich[J].Ecological Indicators,2018,93:512-523.

[26]张倩.基于熵权法下的沙区生态企业综合效益评价分析:以内蒙古宏魁苁蓉集团为例[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.

[27]李孟桐,杨令宾,魏冶.高斯两步移动搜索法的模型研究:以上海市绿地可达性为例[J].地理科学进展,2016,35(8):990-996.

[28]钟琦,邵源春.珠三角区域对外贸易与经济发展时空耦合及影响因素分析[J].商业经济研究,2022(9):165-168.

[29]王淑佳,孔伟,任亮,等.国内耦合协调度模型的误区及修正[J].自然资源学报,2021,36(3):793-810.

[30]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.

[31]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.

[32]牛爽,汤晓敏.高密度城区公园绿地配置公平性测度研究:以上海黄浦区为例[J].中国园林,2021,37(10):100-105.

[33]李曼.环境正义视角下城市公园绿地空间布局公平性研究:以重庆市江北区为例[D].重庆:重庆大学,2019.

[34]薛小同,雍新琴,李鑫,等.基于网络大数据的徐州中心城区绿地空间公平性评价[J].生态科学,2019,38(6):140-148.

[35]颜金珊,祝薇,王保盛,等.转型中工业城市的公园绿地社会公平性研究:以东莞市东城街道为例[J].生态学报,2021,41(22):8921-8930.

[36]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.

[37]范卉.公园城市背景下绿地系统规划编制初探:以天长市绿地系统规划为例[J].安徽建筑,2020,27(8):28,30.

[38]杨文越,李昕,陈慧灵,等.基于多出行模式两步移动搜索法的广州多尺度绿地可达性与公平性研究[J].生态学报,2021,41(15):6064-6074.