

城市公园绿地供给公平性评价与优化布局研究

Research on Supply Equity Evaluation and Optimal Layout of Urban Park Green Space

秦 晗 朱珈仪 徐 欢* 曹 航
QIN Han ZHU Jiayi XU Huan* CAO Hang

(江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院, 江苏 221116)
(School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu, China, 221116)

文章编号: 1000-0283(2022)10-0095-09
DOI: 10. 12193 /j. laing. 2022. 10. 0095. 012
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2022-05-29
修回日期: 2022-09-05

摘 要

作为城市中重要的绿色基础设施, 公园绿地在保护生物多样性、减轻城市热岛效应和为居民提供休闲娱乐场所等方面发挥巨大作用。公园绿地的空间配置是否公平满足居民需求, 并实现资源保障, 是现阶段城市公园绿地规划研究中亟待解决的问题。为此, 以徐州市泉山区11个街道的公园绿地为研究对象, 利用ArcGIS网络分析功能, 基于两步移动搜索法、基尼系数和供需关系等评价城市公园绿地供给公平性, 提出公园绿地优化布局方案。研究发现:(1) 研究区内公园绿地空间布局不均衡, 75%的小区供给小于人均公园绿地14.6 m²/人的标准, 服务范围存在盲区;(2) 人口密度和公园绿地布局呈现空间不匹配, 1个街道基尼系数超过警戒线, 4个街道接近警戒线;(3) 供需关系差异性显著, 研究区6个街道属于低供高需区, 供需关系有待改善;(4) 布局优化策略上, 采用三步优化法, 10年内优化配置243.79 hm²的公园绿地, 使92个供给不足的小区达标, 小区级别基尼系数降低47%。研究为优化徐州市公园绿地系统、提高公园绿地服务供给公平性提供了数据支撑。

关键词

城市公园绿地; 两步移动搜索法; 基尼系数; 绿地布局优化; 公平性

Abstract

As an essential green infrastructure in the city, the green park space plays a huge role in protecting biodiversity, reducing the urban heat island effect, and providing leisure and entertainment places for the residents. Whether the spatial allocation of green park space can reasonably meet the needs of residents and realize the resource guarantee will be an urgent problem to be solved in the current research of urban green park space planning. Therefore, with the green park space of 11 streets in Quanshan District of Xuzhou City as the research object, the ArcGIS network analysis function is used to evaluate the supply fairness of the two-step mobile search method, Gini coefficient, and supply and demand relationship, and the optimal layout scheme of the green park space is proposed. The study found that: (1) the spatial layout of green park space in the study area is unbalanced, 75% of the community supply is less than 14.6 m²/person, the service scope has a blind area; (2) Population density and park green space layout show space mismatch, the Gini coefficient of one street exceeds the warning line, and four streets are close to the warning line;(3) The supply and demand difference in the low supply and high demand area, the six streets in the study area belong to the low supply and high demand area, and the supply and demand relationship needs to be improved;(4) In terms of layout optimization strategy, the three-step optimization method is adopted to optimize the allocation of 243.79 hm² park green space within 10 years, so that the 92 communities with insufficient supply can reach the standard, and the community-level Gini coefficient is reduced by 47%. The research results provide data support for optimizing the park green space system in Xuzhou City and improving the fairness of the park green space service supply.

Keywords

urban park green space; two-step mobile search method; Gini coefficient; green space layout optimization; equity

秦 晗

1995年生/男/江苏徐州人/在读硕士研究生/研究方向为城市绿地规划设计

朱珈仪

1996年生/女/江苏无锡人/在读硕士研究生/研究方向为城市绿地规划设计

徐 欢

1984年生/男/山东菏泽人/博士/副教授、硕士生导师/研究方向为园林规划设计理论与实践

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: xuhuan@jsnu.edu.cn

基金项目:

教育部人文社会科学研究一般项目“健康中国战略下城市公园绿地空间营造与优化方法研究”(编号: 20YJC760112); 江苏师范大学研究生科研创新计划项目“城市公园绿地布局公平性评价与优化研究”(编号: 2021XKT0107); 江苏省研究生科研与实践创新计划项目“基于碳汇理念的徐州市主城区‘三源绿地’构建方法研究”(编号: KYCX22_2851)

城市公园绿地作为社会空间和生态空间的重要组成部分，在改善城市生态环境和服务居民游憩需求方面具有重要作用。19世纪，为消除工业革命所带来的诸多城市问题，公园绿地开始迅速发展；二战后，工业化快速发展导致城市愈发杂乱拥挤，欧洲国家将公园绿地建设作为城市规划的重点^[1]。近年来，作为城市中主要的开放空间，人们对宜居生活和良好生态环境的需求使公园绿地在城市建设中越来越受重视。总体来看，对公园绿地的研究由绿色空间的经济效益和生态效益探索转向公园绿地与居民身心健康^[2-3]、生活品质^[4]、社会公平^[5-6]等方向的研究。作为提高公众健康^[7-8]和缓解紧张生活影响^[9]的优质空间，公园绿地布局的公平性在城市规划中显得更为重要^[10]。当前国外研究集中在欧美国家，多从社会结构^[11]、收入群体^[12]等角度研究城市公园绿地公平性问题。也有部分学者以非空间角度如族裔^[13]、宗教^[14]和年龄^[15]等来分析城市公园绿地空间公平的差异性。在研究方法上，Erkip^[16]用调查问卷的方法分析了公园绿地空间资源公平性问题；Lee等^[17]通过构建供需关系指标来反映公园绿地的空间差异性；唐子来^[18]采用基尼系数分析了上海中心城区公共绿地分布的社会绩效；陈秋晓等^[19]以网络分析的方法，结合建筑尺度的人口分布对绍兴市公园绿地可达性进行评价，并提出应提升公园绿地品质和完善低可达性地区公园绿地建设；许基伟^[20]则运用重力型两步移动搜索法对武汉市7个中心城区不同尺度公园绿地的公平性进行评价，认为公园绿地布置应合理规划数量和等级。

目前关于城市公园绿地公平的研究逐渐增多，理解也逐渐变得深刻全面。主要表现在以空间分析的方式，从可达性的角度评价城市公园绿地供给^[21]和以经济学中的基

尼系数来探讨公园绿地布局的公平性^[22]。但上述方法未能较好地耦合空间分析与基尼系数的关系来表征公园绿地空间公平性。此外，现有研究的评价单元大都以街道为单位，未能反映更小空间单元公园绿地供给的公平性。

为此，本研究以徐州市泉山区11个非涉农街道为研究对象，采集小区户数，基于研究区道路数据，采用两步移动搜索法评价不同小区的绿地供给水平，以基尼系数、洛伦兹曲线和供需关系分析等方法来评价城市公园绿地空间分布公平性，并提出三步优化策略，以期优化城市公园绿地系统，提高城市公园绿地服务供给公平性提供参考依据。

1 研究区域与数据来源

1.1 区域概况

徐州市位于江苏省西北部，是中国的老工业基地和资源枯竭型城市。近年来，徐州市积极实施城市园林绿化和城市公园敞园改造等生态环境治理工程，先后获得“国

家园林城市”“国家生态园林城市”和“联合国人居奖”等称号。在徐州市辖区内，泉山区绿地覆盖率较高，且具有较高的居住密度，对泉山区绿地供给公平性研究有利于改善徐州市的绿地供给效率，完善绿地优化布局，为将来绿地规划提供案例参考。因此，研究以徐州市泉山区11个非涉农街道为研究单元（图1），面积78.2 km²，网络抓取小区453个。

1.2 数据来源

1.2.1 公园绿地数据

城市公园绿地数据源于2020年GoogleMap卫星影像，并运用ArcGIS软件绘制研究区公园绿地与小区人口分布图。由于研究区外的公园绿地也可以服务到研究区内的居民，故根据不同类型城市公园服务范围，采集研究区周边服务范围内的城市公园绿地。根据《城市绿地分类标准》（CJJ/T85-2017），并结合GoogleMap卫星影像，将研究区公园绿地分为4类，即综合公园（G11）、社区公园（G12）、专类公园（G13）和游园（G14）（表1）。

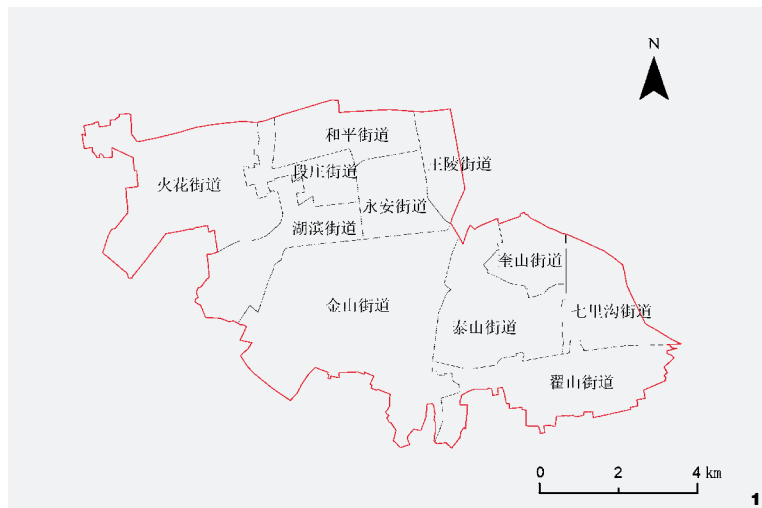


图1 研究区街道分布
Fig. 1 Streets distribution of the study area

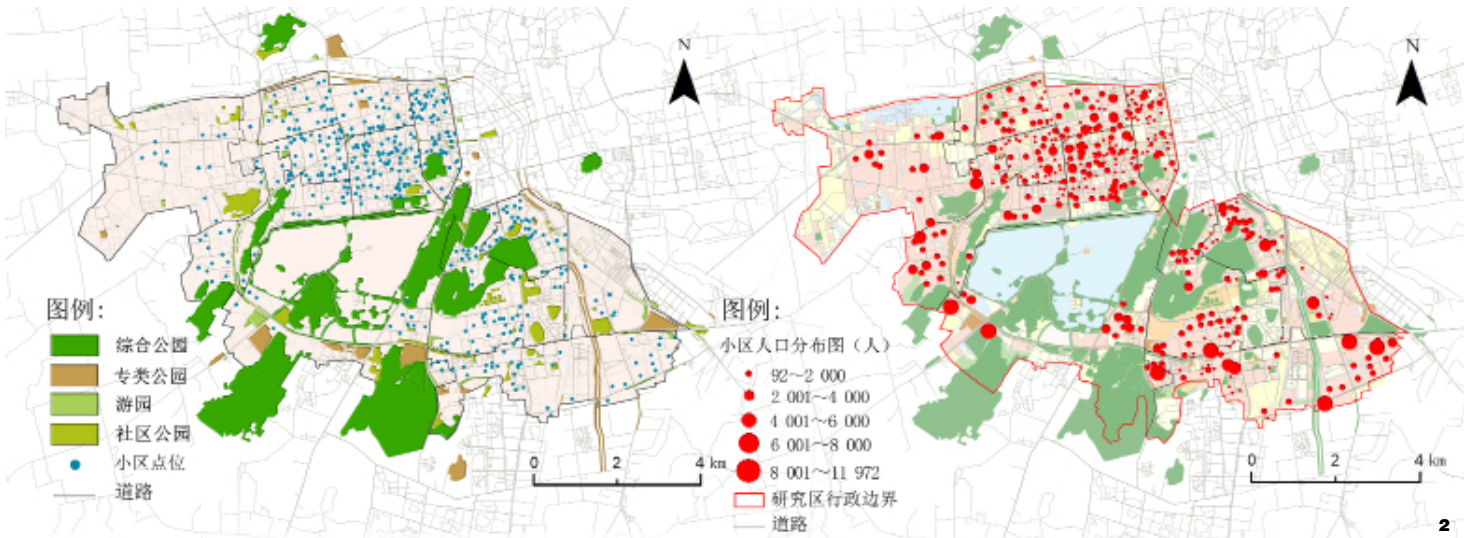


图2 研究区公园绿地与小区人口分布
Fig. 2 Park green space and population distribution of the study area

根据“五分钟见绿，十分钟见园”、国家“十三五”规划中提出构建“15分钟生活圈”和《城市绿地规划标准》(GB/T51346-2019)等标准，并结合实地考察，将游园服务半径设置为300 m，专类公园和社区公园根据规模大小设置服务半径。其中1 hm² ~ 5 hm² 公园绿地服务半径500 m，5 hm² ~ 10 hm² 公园绿地服务半径1 000 m。另外，综合公园规模较大，服务半径较广，根据规模和居民出行意愿，将10 hm² ~ 50 hm² 公园绿地服务半径设置为2 000 m，大于50 hm² 的公园绿地服务半径设置为3 000 m。

1.2.2 人口数据

城市公园绿地公平性与使用人口息息相关，人口数量代表了对公园绿地的潜在需求。为使研究结果更加准确，以小区人口数量分析其对公园绿地的需求。从Bigemap采集2020年泉山区小区信息，在ArcGIS中提取研究区小区出入口为源点，将小区人口数据匹配至源点，人口数据来自网络抓取的互联网数据，主要有“安居客”(<https://xuzhou.anjuke.com/>)、58同城(<https://xz.58.com/>)和房天下(<https://xz.esf.fang.com/>)。研究区公园绿地与小区人口分布如图2所示。

1.2.3 道路网数据

利用Open Street Map提取徐州市主城区道路网数据(图3)，采用ArcGIS网络分析工具中的OD成本距离计算从小区到公园绿地斑块最短距离。经实地考察，多数居民愿意在前往公园绿地的短途出行中采用步行的出行方式，本研究主要根据居民步行速度和出行时间来确定公园绿地服务范围，采用距离阈值对研究区城市公园绿地供给进行测算。

2 研究方法

研究基于研究区公园绿地数据、居民小

表1 研究区城市公园绿地类型与供给规模
Tab. 1 The type and supply scale of urban park green space in the study area

类型 Type	服务半径/m Service radius	限定区域/hm ² Defined area	面积/hm ² Area	面积占比/% Area ratio	公园描述 Park description
综合公园 (G11)	3 000	>50	998.753	71	内容丰富、适合开展各类户外活动，具有完善的游憩和服务设施的绿地
	2 000	(10, 50]			
社区公园 (G12)	1 000	(5, 10]	231.989	16	用地独立，具有基本的游憩和服务设施，为周边居民日常活动提供服务的绿地
	500	(1, 5]			
专类公园 (G13)	1 000	(5, 10]	147.390	11	具有特定的内容和形式，有相应的游憩和服务设施的绿地
	500	(1, 5]			
游园 (G14)	300	<1	28.929	2	用地独立、规模较小，方便居民就近进入

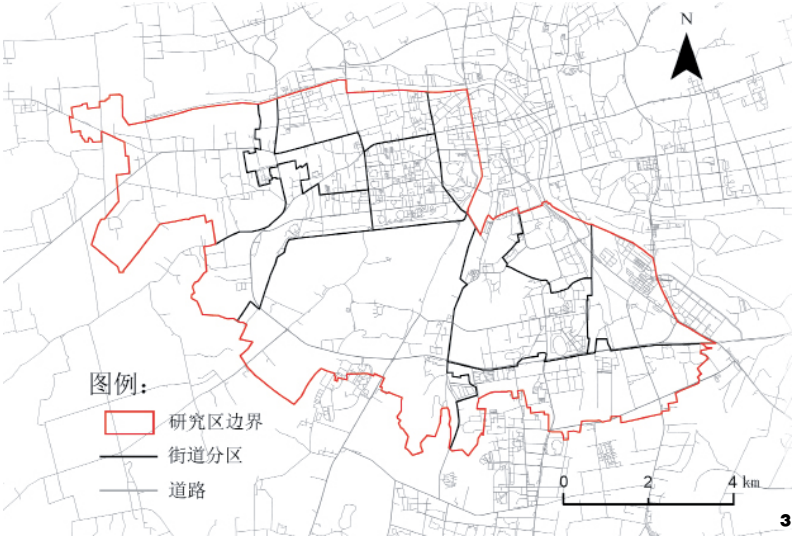
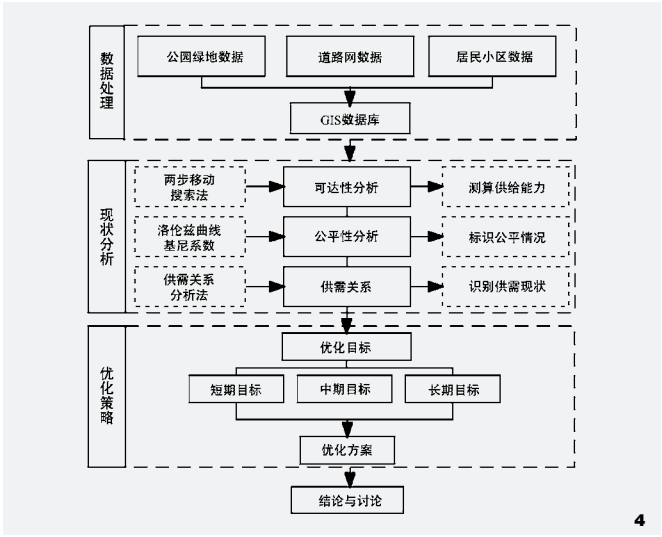


图3 研究区道路网分布图
Fig. 3 Distribution map of road network of the study area

图4 技术路线图
Fig. 4 Technology roadmap



区数据和城市道路网数据，借助ArcGIS网络分析平台，测算研究区公园绿地供给能力、公平性情况及供需现状，根据现状对研究区公园绿地进行优化布局，并绘制技术路线图（图4）。主要研究方法包括两步移动搜索法、洛伦兹曲线与基尼系数和公园绿地供需关系分析法。

2.1 两步移动搜索法

两步移动搜索法是基于供需双方规模及距离关系计算可达性供给，在空间公平性方面已有广泛研究。运用两步移动搜索法从可达性的视角评价公园绿地供给，能够更为直观地测算供给量及识别供给盲区^[23]。另外，根据公园绿地服务范围测算居民可获得的绿地量，是计算空间公平性的重要因素。对不同类型的公园绿地设置不同的服务半径，用两步移动搜索法从可达性的视角评价公园绿地供给。第一步根据公园绿地斑块的服务范围，使用ArcGIS中网络分析板块的OD矩阵分析，基于研究区道路网数据计算小区到公园

绿地斑块的最短距离，计算不同斑块服务范围内的供给能力。公式为：

$$R_{mn} = \frac{S_{mn}}{\sum_{i \in (d_{imn} \leq d_m)} K_i \times F(d_{imn})} \quad (1)$$

$$F(d_{imn}) = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2} \times (\frac{d_{imn}}{d_m})^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1 - e^{-\frac{1}{2}}}, & \text{if } d_{imn} \leq d_m \\ 0, & \text{if } d_{imn} \geq d_m \end{cases} \quad (2)$$

式中， R_{mn} 表示第 m 种类公园绿地第 n 个斑块的人均供给能力（ $\text{m}^2/\text{人}$ ）， S_{mn} 为公园绿地斑块面积（ m^2 ）， d_m 为公园绿地服务半径， $d_{imn} \leq d_m$ 表示第 i 个小区距离绿地斑块的距离小于第 m 种绿地的服务半径， H 表示第 m 种类型的公园绿地 n 个斑块服务半径内的小区数量， K_i 为服务半径内 i 小区的人口数量，服务半径内无小区时 $R_{mn}=0$ ， $F(d_{imn})$ 为考虑到空间摩擦问题的高斯方程。

第二步计算每个小区 i 空间范围内的各种类型的公园绿地所产生的面积 R_{mn} 之和，从而得到累计供给水平。公式为：

$$G_i = \sum_{m \in (d_{imn} \leq d_m)} R_{mn} \times F(d_{imn}) \quad (3)$$

式中， G_i 表示小区 i 的累积公园绿地供给

能力（ $\text{m}^2/\text{人}$ ）， $m \in (d_{imn} \leq d_m)$ 表示与小区 i 距离小于 d_m 的公园绿地斑块总数。

2.2 洛伦兹曲线与基尼系数

洛伦兹曲线和基尼系数是常用的两个公平性评价指标，最初是为了研究收入在国民之间的分配问题，随着学科边界扩展，研究者将这两个指标引用到对城市公园绿地布局公平性的评价中。由于这两个指标的计算值不仅可以识别区域内部公平与否，也方便进行区域间的横向比较，具有比较广泛的应用价值。所以本文采用洛伦兹曲线与基尼系数对泉山区11个街道公园绿地空间分布公平性进行评价，计算公式为：

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i)(y_{i+1} + y_i) \quad (4)$$

其中， $Gini$ 表示某地区公园绿地空间分布的基尼系数， n 表示有 n 个小区， x_i 表示累计人口比重， y_i 表示累计公园绿地拥有量的比重，计算基尼系数，并刻画洛伦兹曲线，其中横轴为小区累计人口比重，纵轴为累计公

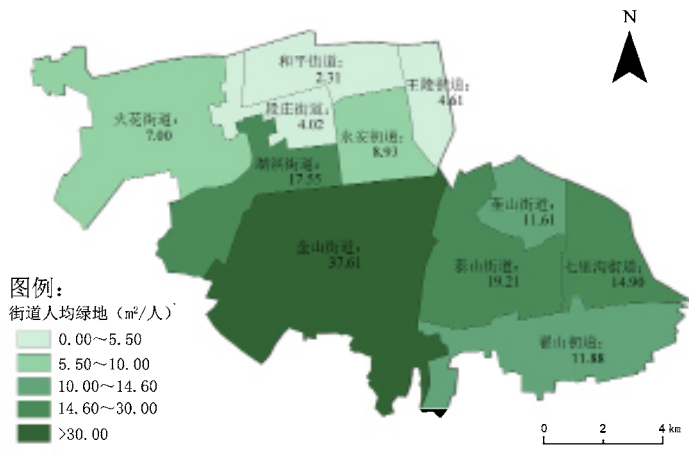


图5 街道城市公园绿地可达性供给结果
Fig. 5 Results of accessibility supply of green space in street city park

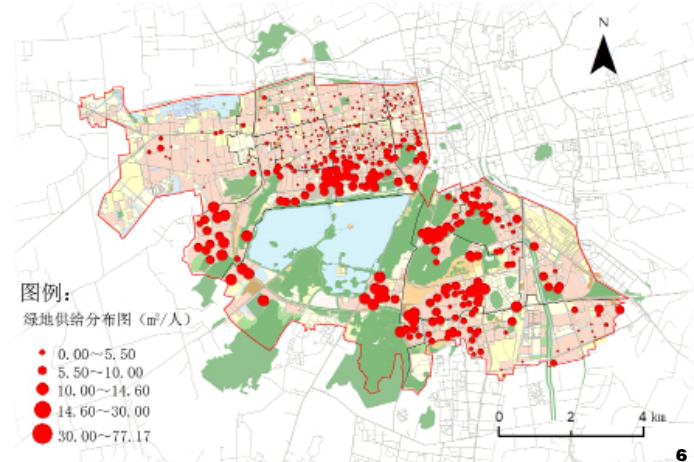


图6 小区城市公园绿地可达性供给结果
Fig. 6 The supply results of green space accessibility of urban parks in the community

园绿地供给比重。

2.3 公园绿地供需关系

城市公园绿地和城市居民形成了供需链的两端，公园绿地为供给侧，其供给量决定了社会服务能力，供给量越大，社会服务能力越高。城市居民是供需链的需求侧，人口密度决定了需求量的大小，公园绿地与居民人口之间的供需关系反映了两者之间是否平衡，对供给、需求的研究，对绿地资源的规划配置具有重要指导意义^[24]。

将研究区内公园绿地供需分为“高供高需”“高供低需”“低供高需”和“低供低需”4类。其中，供给以《“十三五”生态环境保护规划》规定2020年人均公园绿地

146 m²/人标准界定；需求以《生态园林城市分级考核标准》基础指标要求“建成区人口密度” ≥ 1 万人/km²为分界点^[25]。公园绿地供给量大于14.6 m²/人和建成区人口密度 ≥ 1 万人/km²为高供给与高需求，反之则为低供给与低需求（表2）。通过城市公园绿地的综合供给量来评定社会服务供给能力。

3 研究结果分析

3.1 基于可达性的城市公园绿地供给分析

从街道可达性测算结果（图5）来看，不同街道公园绿地供给差异较大，总体呈南高北低态势。最高者为南部的金山街道，为3761 m²/人，内辖如云龙山、森林公园等服务半径较广的综合公园，且建筑密度低，开发

强度控制严格，因此供给水平最高。其次为泰山街道和湖滨街道，前者为19.21 m²/人，内部依托泰山、彭祖园和奎山公园，且人口密度相对较低；后者左临卧牛山，右接云龙湖和珠山景区，为居民提供了大量绿色开敞空间，供给达17.55 m²/人。北部区域如和平街道、王陵街道和段庄街道等老城区人均绿地偏低，均低于国家生态园林城市所规定的城区人均公园绿地5.5 m²的标准，主要因为建设时间早，居住区密度大，虽然街道内拥有一定数量的邻里游园和专项公园，但缺乏中大型公园绿地导致街道内部人均绿地供给不足。

对11个街道453个小区进行人均公园绿地供给测算（图6），供给较高的小区集中在研究区自然本底条件良好的区域，呈现多中心聚集，平均供给10.89 m²/人。最高的是金财佳苑，为77.17 m²/人；超过146 m²/人的小区有110个，占总数的24.3%，主要分布在云龙湖风景区、泉山森林公园与彭祖园周边。低于5.5 m²/人的小区数量最多，有194个，占总数的42.8%，大多分布在居住密度高、缺乏大中型公园的老城区。

表2 供需关系分类情况表
Tab. 2 Classification of supply and demand relationship

序号 Number	人均供给量/(m ² /人) Per capita supply	人口密度/(万人/km ²) Population density	供需情况 The supply and demand situation
1	≥ 14.6	≥ 1	高供高需
2	< 14.6	< 1	低供低需
3	≥ 14.6	< 1	高供低需
4	< 14.6	≥ 1	低供高需

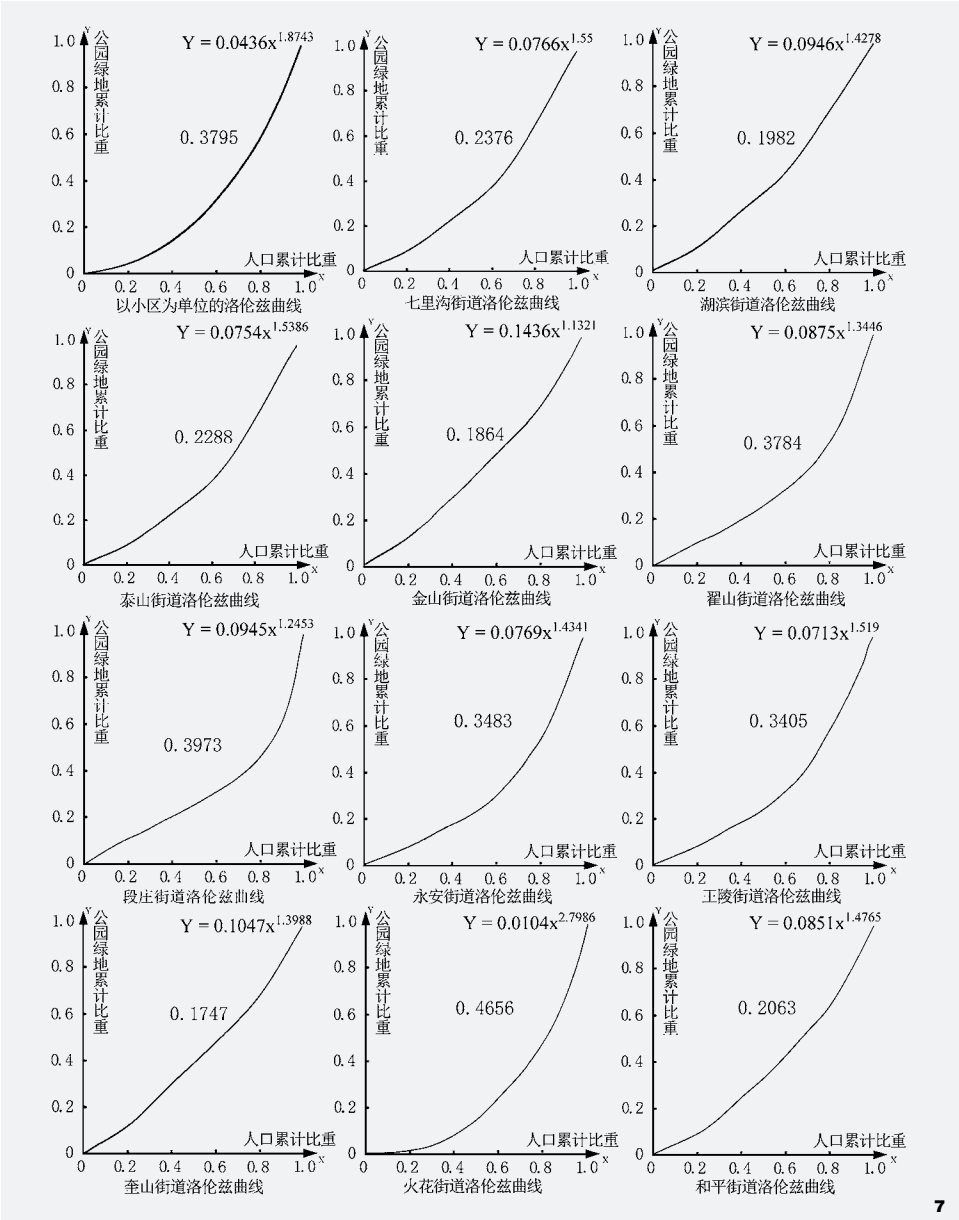


图7 绿地空间分布的洛伦兹曲线与基尼系数
Fig. 7 Lorentz curve and Gini coefficient of green space distribution

3.2 城市公园绿地分布公平性测算结果分析

以453个小区为单元，使用公式(3)评价11个街道城市公园绿地分布的公平性基尼系数，并刻画洛伦兹曲线(图7)。根据分析结果来看，以小区为单位的基尼系数为0.3795，按照惯例，基尼系数超过0.4表示资

源配置差距较大，而研究区城市公园绿地空间分布的基尼系数接近警戒线水平，说明应引起足够重视。从街道的基尼系数可以看出，除火花街道0.4656外，其余均低于0.4，低于0.2的有奎山街道(0.1747)、金山街道(0.1864)和湖滨街道(0.1982)，说明街道级别基尼系

数偏向公平性分布特征，这主要源于近年来徐州市对人居环境和公园绿地服务能力的改造，增加了市民对公园的利用机会，提高了公平性。另外，研究发现，除段庄街道和火花街道外，其余9个街道的基尼系数优于小区级别的0.3795，说明随着评价范围的扩大，区域之间的不公平性被凸显。

由图7可知，火花街道的基尼系数超过0.4的警戒线，为0.4656。说明街道内部公园绿地分布不公平，西部以工业用地和农业用地为主，缺乏可以进入的公园绿地，东西差距较大；接近警戒线的街道分别是段庄街道(0.3973)、王陵街道(0.3405)、永安街道(0.3483)、翟山街道(0.3784)，说明这些街道内部公园绿地空间分布较为不公平。七里沟街道、泰山街道、湖滨街道和金山街道基尼系数分别是0.2376、0.2288、0.1982、0.1864，人均绿地面积分别是14.90 m²、19.21 m²、17.55 m²和3761 m²，说明街道内部绿地资源供给充足且空间分布较为均衡。另外，和平街道基尼系数为0.2063，人均绿地面积为2.31 m²，呈现出人均绿地低但公平性高的现象，主要是因为街道内部公园绿地空间分布较为均匀但总量不足。

3.3 城市公园绿地供需关系分析

根据供需关系评价量表，标识供需分布情况见图8。为城市公园绿地规划设计提供参考策略。从结果来看，和平街道、段庄街道、王陵街道、永安街道、奎山街道和翟山街道属于低供高需地区。这些地区人口密集，对公园绿地的需求量较大，但供给偏低。这种低供给下的公平并不能满足居民日常使用的需求，所以在公园绿地建设时，不应刻意追求其公平性，而需要着重考虑居民的实际需求。根据调研，这些地区居民偏向于去休

闲设施齐全的公园，故可以打造休闲健身设施良好的社区公园或街头游园；位于高供低需区的金山街道因自然本底条件良好，公园绿地面积大，人口密度低，绿地供给远超平均水平，基本可以满足居民的需求。公园绿地建设应着重质量的提升，如提高公园绿地基础服务设施的数量、加强管理服务能力和增加景观的可观赏性等。泰山街道和湖滨街道供给和公平性均为良好。但由于人口密度较大，供给和需求属于一个低水平的均衡状态，这类区域在进行公园绿地建设时应考虑空间结构上的均衡布局，增加绿地数量供给。位于研究区边缘的火花街道和七里沟街道则应关注未来人口的增加，预留出公园绿地建设空间以满足未来居民使用需求。

3.4 布局优化策略

在城市公园绿地供需分析基础之上，兼顾城市景观风貌、生态环境和居民福祉等问题，结合城市现状，因地制宜地消除研究区内公园绿地服务盲区，提高城市公园绿地服务水平和空间供给公平性。本研究将分三步进行绿地空间布局优化，即以短期（2~3年）、中期（5~7年）和长期（10年）为时间节点，对城市公园绿地进行优化设计。为验证新增公园绿地布局合理性，在每个时间节点优化布局后，进行人均绿地和基尼系数计算，以期在提高公园绿地供给同时促进空间公平配置。

对于供给量较大，基尼系数较合理的如湖滨、金山和泰山街道，公园绿地数量无需增加，优化布局时重点优化人均绿地供给较低且基尼系数较高的街道。优化方法上，根据人口分布与自然条件在研究区建筑密度较低的位置，选择恰当数量的地块改造为综合公园；选择低效工业用地改造为社区公园和专类公园；在居住区中以见缝插绿、口袋公园等形式增设游园绿地，以提高人均供给量，同时促进空间公平配置，让城市更有活力，公园发展更蓬勃，居民生活更健康。具体优化位置见图9，并测算优化后可达性供给结果（图10），绘制洛伦兹曲线及计算基尼系数（图11）。

第一次优化共计增加公园绿地87.730 hm²。其中综合公园54.960 hm²，社区公园及专类公园29.770 hm²，首次优化为提升绿地供给量，促进居民公平享有公园绿地资源，主要以布局中大型公园为主，未选取游园布局。优化选取翟山街道奎河两岸废弃用地、火花街道内火花路以北的废弃用地、段庄街道与王陵街道交界处的荒地进行综合公园的转换，以提升周边绿地供给；老城区低效工业用地和滨河荒地则转换为其他两类公园。第一次优化使

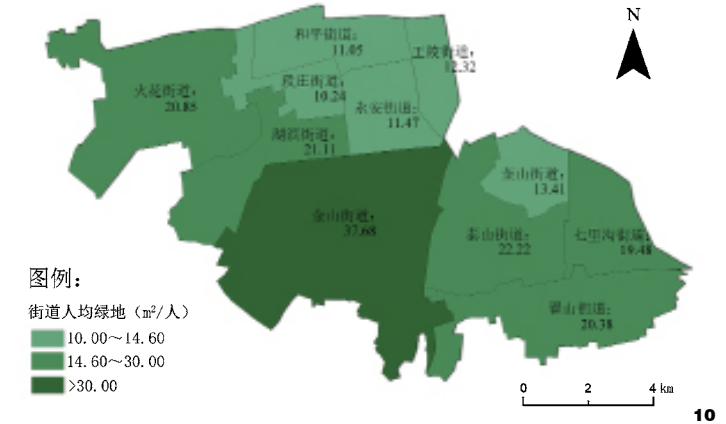
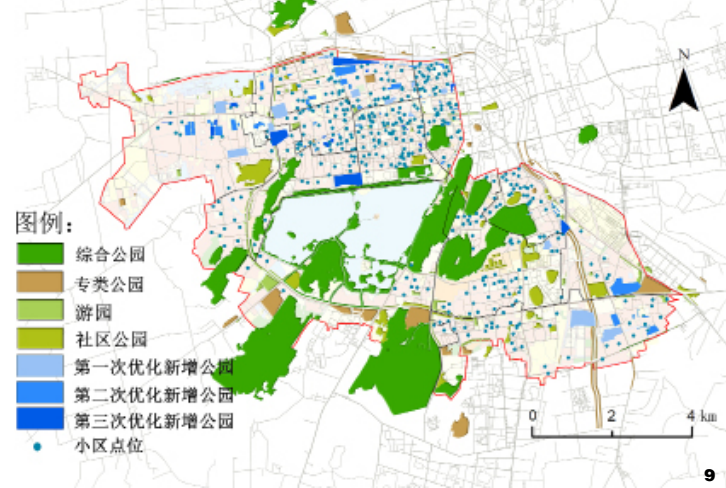
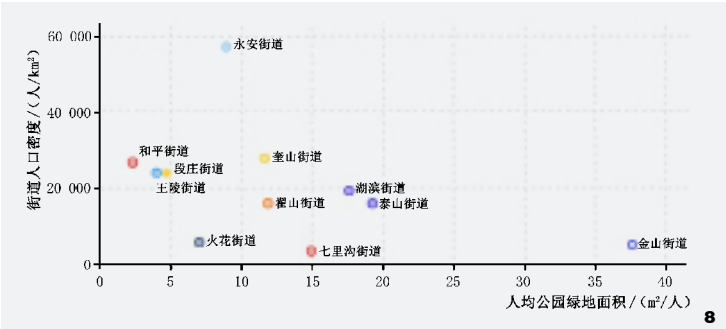


图8 研究区供需关系图
Fig. 8 Supply and demand relation diagram of the study area
图9 新增公园绿地优化布局
Fig. 9 Optimized green space layout of new parks
图10 优化后可达性供给结果
Fig. 10 Reach ability supply results after optimization

小区级别公园人均绿地供给由10.89 m²增加至11.61 m²，新增达标小区10个，基尼系数较未优化降低12.33%，为0.3327。街道级绿地人均供给平均值增加0.90 m²，基尼系数平均降低13.29%，优化结果良好。

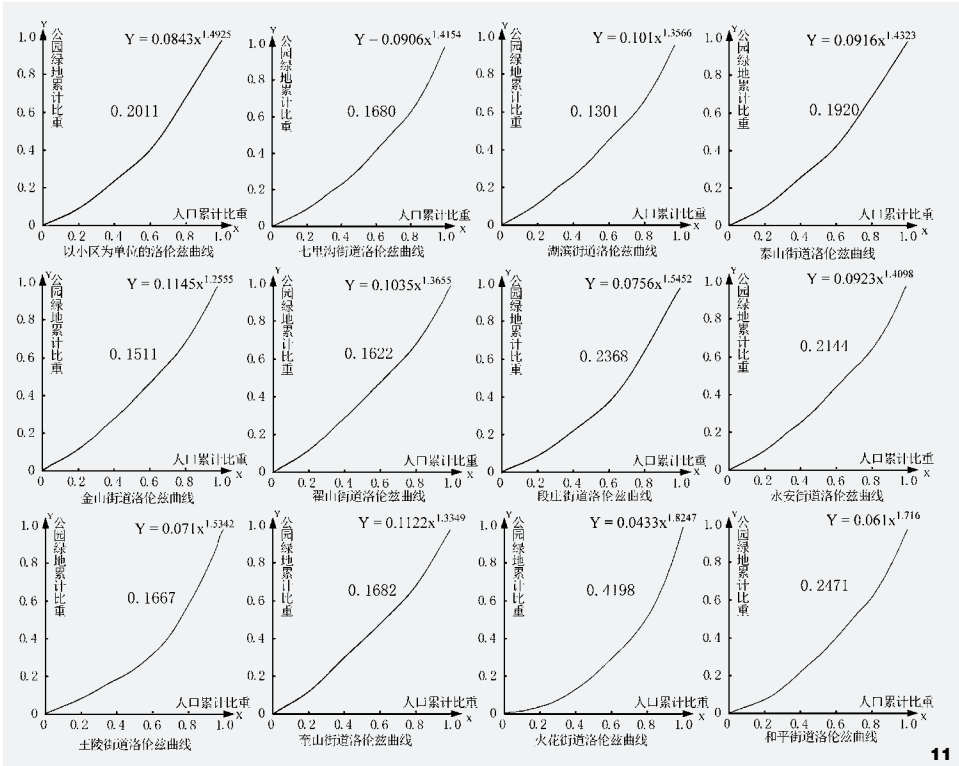


图11 优化后的洛伦兹曲线及基尼系数
Fig. 11 Rhodes curve and Gini coefficient after optimization

第二次优化转换公园绿地100.024 hm²。其中综合公园32.757 hm²，社区及专类公园47.862 hm²，游园19.405 hm²。二次优化新增公园绿地主要根据绿地类型和绿地服务弱势区域来进行地块的选择。转换的绿地主要分布在老城区街道、研究区南部的火花街道，以及西南部的翟山和七里沟街道。优化结果显示，小区级别公园人均绿地供给达到13.65 m²，较第一次优化新增达标小区32个，基尼系数降低25.86%，为0.2466；从街道来看，和平街道、段庄街道和王陵街道人均供给均达到5.5 m²的最低标准，为6.68 m²、7.08 m²和8.58 m²，翟山街道达到14.6 m²的标准，为16.93 m²，其余街道人均供给也有提高。基尼系数除和平街道和奎山街道有提升外，其余街道均有不同程度的降低。从具体

优化结果来看，街道级别人均供给平均增加2.08 m²，优化结果较好。基尼系数平均降低9.63%，但仍有街道基尼系数不降反增，这与该地区建筑密集，无法在空间上均衡布置公园绿地有关。

第三次优化新增公园绿地56.038 hm²。重点提高供给较低街道的绿地总量，但供给较高的中大型公园绿地在老城区布局困难，因此在离之较近的湖滨街道布局新增绿地；游园则零散分散在老城区各个街道内部。其中，综合公园30.463 hm²，社区及专类公园19.125 hm²，游园6.45 hm²。从结果来看，三次优化共计新增公园绿地243.792 hm²，小区级别人均绿地供给达到16.16 m²，基尼系数降低至0.2011。优化共使182个小区供给得到改善，占总数的40%，其中92个小区转为达标；较未优

化街道，人均绿地供给平均增加5.51 m²，达标街道上升至6个，基尼系数平均降低25.41%。表明经过优化，研究区绿地空间得到完善，公平性有所提高。

4 结论与讨论

4.1 结论

研究基于居住小区尺度对徐州市泉山区公园绿地空间公平性进行了探讨，考虑到距离衰减对空间公平性的影响，因此采用含有空间摩擦系数的两步移动搜索法研究公园绿地的公平性及其差异，并耦合基尼系数、洛伦兹曲线与供需分析来测算小区层面和街道层面的供给现状，最后按照三步优化法，在10年内对城市公园绿地进行优化设计。研究表明：

(1) 研究区公园绿地分布不均匀，北部金山街道、西部湖滨街道和东部泰山、奎山街道在功能定位上属于旅游风景区和生态控制区，内辖多个大型综合公园，供给能力和空间公平性较好；而北部老城区和平街道、段庄街道、永安街道和王陵街道均为居住区，由于用地限制，居住密度很高，公园数量和面积均较少，供给缺乏。以小区为单位来看，75%的小区人均绿地供给小于14.6 m²的标准，18%的小区供给充足，7%的小区富余。总体来说，服务范围存在盲区，建议从保障居民公园绿地供给角度出发，提高公园绿地服务覆盖能力，可以有效避免公园绿地建设片面的问题。

(2) 人口密度大体呈从北向南递减趋势，而公园绿地，特别是大型综合公园则主要分布在区域南部。人口高密度区域反而公园绿地少，低密度区域反而多，两者呈现明显的空间不匹配现象，由此导致公园绿地供给空间不公平。从街道内部看，火花街道公平性

呈现出较大差异，主要是公园绿地和居住用地空间分布失衡导致。因此，在建筑密度较高的地区配置足够的公园绿地是提升人均公园绿地供给良策。

(3) 研究区公园绿地供需关系差异性显著，分布不均衡。金山街道、湖滨街道和泰山街道公园绿地无论是从数量还是面积来看占比均超过总数的50%，特别是金山街道，公园绿地供给大于实际需求。公园绿地集中分布在研究区南部及中部，资源供给易达到饱和状态，而北部及东部地区街道公园绿地数量少、布局分散，难以满足使用需求。因此，应在高需求地区扩大公园绿地建设，均衡布局以保障居民对公园绿地需求，促进公平性。

(4) 由于公园绿地布局优化不能大拆大建，主要措施是寻找合适数量与位置的地块。本研究将废弃用地、低效工业用地转换为中大型公园绿地和均衡布局小型公园绿地，增强绿地之间的联系，最终形成点线面完整的绿地系统。研究分三个阶段，10年内将其转换为公园绿地以补充绿地供给。研究区共计转换公园绿地 243.79 hm²，使 92 个供给不足的小区达标；小区及街道基尼系数均有不同程度的降低，优化结果良好。

4.2 讨论

本文所提出的绿地供给和公平性测算方法，以及三步优化配置策略，对研究区公园绿地供给及公平性进行了测算，可为后续徐州公园绿地建设提供理论基础和科学借鉴，同时也为其他城市公园绿地布局提供参考依据。城市公园绿地布局优化不应只从单方面的新增或转换绿地进行，特别是在人口密集的老城区，应从加强城市口袋公园建设、发展路侧带状公园和提高现有公园绿地容纳能力与使用价值等多角度出发，以人为本，广

泛听取民众意见，并将其融入公园绿地规划中，提高参与性、观赏性、介入性。

本文在运用两步移动搜索法对公平性进行测算时，只考虑到了空间距离摩擦问题，未能考虑出行方式、交通路况和地形等因素对可达性的影响；同时研究群体较为泛化，对不同年龄、性别、收入和身体状况等群体未进行区分。为此，今后类似研究应注意：一是结合实际情况，考虑出行方式之间的差异，以便全面系统地分析公园绿地空间公平性问题；二是研究应考虑社会结构视角下不同群体对公园绿地的需求差异，多角度评价公园绿地空间供给的公平性，以更好体现公平性研究的综合性与全面性。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 同济大学. 城市园林绿地规划[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1982.
- [2] 屠星月, 黄甘霖, 邬建国. 城市绿地可达性和居民福祉关系研究综述[J]. 生态学报, 2019, 39(02): 421-431.
- [3] KABISCH N, HAASE D. Green Justice or Just Green? Provision of Urban Green Spaces in Berlin, Germany[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 122(2): 129-139.
- [4] 俞佳俐, 严力蛟, 邓金阳, 等. 城市绿地对居民身心健康的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(10): 3338-3350.
- [5] 崔晓琪, 刘万波, 侯志华, 等. 公平性视角下太原市区城市公园服务水平研究[J]. 园林, 2022, 39(01): 73-81.
- [6] 马跃, 沈山, 史春云. 徐州主城区绿地空间布局公平性评价与优化研究[J/OL]. 现代城市研究: 1-9. [2022-08-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1612.TU.20210903.1607.002.html>
- [7] 俞佳俐, 李健, 盛莹, 等. 城市绿地对居民身心健康福祉满意度影响研究[J]. 中国园林, 2021, 37(07): 95-100.
- [8] LEEAC, JORDANHC, HORSLEYJ. Value of Urban Green Spaces in Promoting Healthy Living and Wellbeing: Prospects for Planning[J]. Risk Management & Healthcare Policy, 2015, 8: 131-137.
- [9] 赵晓龙, 王敏超, 赵巍, 等. 公共健康和福祉视角下英国城市公园发展研究[J]. 国际城市规划, 2021, 36(01): 47-57.

- [10] THOMPSON C W. Urban Open Space in the 21st Century[J]. Landscape and Urban Planning, 2002, 60(2): 59-72.
- [11] BOONE C G, BUCKLEY G L, GROVE J M, et al. Parks and People: An Environmental Justice Inquiry in Baltimore, Maryland[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2009, 99(4): 767-787.
- [12] GILLILAND J, HOLMES M, IRWIN J D, et al. Environmental Equity is Child's Play: Mapping Public Provision of Recreation Opportunities in Urban Neighborhoods[J]. Vulnerable Children and Youth Studies, 2006, 1(3): 256-268.
- [13] COMBER A, BRUNSDON C, GREEN E. Using a GIS-based Network Analysis to Determine Urban Green Space Accessibility for Different Ethnic and Religious Groups[J]. Landscape and Urban Planning, 2008, 86(1): 103-114.
- [14] 陈柳, 倪红, 叶建平. 古代城市景观生态空间之探析——以清代郴州为例[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(06): 111-116.
- [15] TALEA I M, SLIUZAS R, FLACKE J. An Integrated Framework to Evaluate the Equity of Urban Public Facilities Using Spatial Multicriteria Analysis[J]. Cities, 2014, 40: 56-69.
- [16] ERKIP. The Distribution of Urban Public Services: The Case of Parks and Recreational Services in Ankara[J]. Cities, 1997, 14(8): 5597-5599.
- [17] LEE G., HONG I. Measuring Spatial Accessibility in the Context of Spatial Disparity Between Demand and Supply of Urban Park Service[J]. Landscape and Urban Planning, 2013, 119: 85-90.
- [18] 唐子来, 顾妹. 上海市中心城区公共绿地分布的社会绩效评价: 从地域公平到社会公平[J]. 城市规划学刊, 2015(2): 48-56.
- [19] 陈秋晓, 侯焱, 吴霜. 机会公平视角下绍兴市公园绿地可达性评价[J]. 地理科学, 2016, 36(03): 375-383.
- [20] 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.
- [21] 彭钰, 谷康. 公平性视角下扬州中心城区公园绿地供需服务研究[J]. 园林, 2020(03): 64-70.
- [22] 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.
- [23] 任家悱, 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(05): 774-783.
- [24] 陈樟昊, 黄甘霖. 城市绿地供需的差异与联系研究进展[J]. 应用生态学报, 2020, 31(11): 3925-3934.
- [25] 仇保兴. 城市转型与重构进程中的规划调控纲要[J]. 城市规划, 2012, 36(1): 13-21.