

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

赵迪先¹ 徐建刚¹ 高尚^{1,2} 徐晗³¹

(1. 南京大学 建筑与城市规划学院, 江苏 南京 210093;

2. 镇江市自然资源和规划局润州分局, 江苏 镇江 212004;

3. 上海营邑城市规划设计股份有限公司, 上海 200030)

【摘要】: 海绵型公园绿地作为城市公共开放空间, 其价值不仅体现了海绵城市建设对城市生态环境的改善, 而且显著提升了社会服务效益。以国家第一批试点城市——镇江市海绵城市建设试点区为例, 运用 GIS 空间分析技术, 融合镇江 1:10000 地理数据库和微信宜出行热力数据, 构建了基于改进两步移动搜索法的居民时空可达性模型, 对海绵型公园绿地可达性及其空间集聚特征和配置合理性进行精细化评价。研究发现: 试点区内的海绵型公园绿地可达性由西至东呈现高低起伏的格局, 且具有明显的空间集聚分布特征, 在公园绿地最小服务半径情景下, 海绵型公园的存在对周边居住区的绿地可达性有明显贡献, 评价结果表明通过改善公园绿地空间配置, 可以有效提高海绵城市建设的生态与社会双重效益。因此, 在未来海绵城市规划中, 应重点考虑在高人口密度低绿地可达性居民地布局居住区级以上海绵型公园。

【关键词】: 海绵型公园绿地 可达性分析 改进两步移动搜索法 海绵城市

【中图分类号】: TU984; F062.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-4407(2020)11-221-07

0 引言

“海绵城市”是新一代城市雨洪管理概念, 是针对雨洪情况下我国城市过多依赖灰色基础设施的现状, 用分散、低成本、高效率的低影响开发设施, 从源头、过程等环节控制城市雨洪, 从而缓解城市化进程中带来的城市内涝、生态退化等一系列问题^[1]。2015 年 10 月, 国务院办公厅印发的《关于推进海绵城市建设的指导意见》中指出, 要统筹推进新老城区的公园绿地建设和自然生态修复, 推广海绵型建筑与小区、海绵型道路与广场、海绵型公园与绿地等“城市海绵体”的改造, 实现经济效益、环境效益、

作者简介: 赵迪先, 硕士研究生, 研究方向为城市规划新技术。

徐建刚, 教授, 博士研究生导师, 研究方向为城市复杂适应系统、城市与区域空间分析技术。E-mail: xjgl29@sina.com

基金项目: 国家自然科学基金“基于流域—城市雨洪生态调控模拟的海绵城市适应性规划方法研究”(51778278)。

社会效益的共同提升,促进人与自然和谐发展。其中,海绵城市社会效益的重点体现在其与城市公共开放空间的关系,海绵型公园绿地作为城市基础设施的一部分,在设计施工过程中,融入海绵城市理念,采用雨水花园、透水铺装、下凹绿地及雨水调蓄池等低影响开发工程措施,在控制城市径流、削减水体污染的同时,提升公园品质和景观价值,重构了多个集居民日常休闲活动、防灾避难、文化展示等多功能为一体的城市公共开放空间,成为城市生态系统和景观系统的重要组成部分和关键节点。在对海绵城市实施效果进行评估时,应结合城市海绵体布局在城市各种功能空间的优化调整和社会经济活动的重组设计等方面体现的作用^[2],然而当前我国海绵城市建设相关研究多集中在“工程”技术层面,缺乏社会经济和生态环境等视角的评价研究^[3]。因此,对海绵型公园绿地进行可达性分析对于评估海绵城市建设的社会效益以及优化其规划布局,具有重要的理论和实践意义。

空间可达性通常定义为从空间中某一位置出发,克服一定阻力到达目的地的难易程度,可用距离、时间、费用等指标来衡量^[4]。在国内外关于公园绿地可达性的研究中,常用的方法包括缓冲区分析法^[5]、费用加权距离法^[6]、网络分析法^[7]、最小邻近距离法^[8]、引力模型法^[9]、两步移动搜索法^[10]等,其中,两步移动搜索法(2SFCA)同时考虑到公园绿地的供给规模、居民地的需求规模以及供需点之间的距离关系,其测算结果贴近实际,被广泛应用于公园绿地可达性分析中。同时,有学者提出人口分布是影响公园绿地等健康资源时空演变的重要因素^[11],现有研究多使用基于街道或片区等行政单元的传统人口数据进行计算,但实际上行政单位内部的人口分布可能存在较大差异,且居民前往公园绿地的行为并不受行政单元的限制^[12]。因此,伴随着大数据的兴起和网络爬虫技术的发展,有学者进而结合百度热力图、微信宜出行等大数据揭示人口聚集特征,对城市公园绿地时空可达性以及访问偏好展开尺度更为精细的研究^[13-14]。

本文以镇江市海绵城市建设试点区为例,基于 GIS 空间分析技术,结合镇江 1:10000 地理数据库和微信宜出行热力数据,以建筑物为尺度测算相对人口密度,利用改进两步移动搜索法对试点区内海绵型公园与绿地可达性进行精细化评价,在此基础上利用全局和局部空间自相关法揭示冷热点集聚特征,衡量海绵型公园绿地可达性与人口密度匹配程度,以期对海绵城市的社会效益评价和未来规划布局优化方向提供建议和参考。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

镇江市,地处江苏省西南部、长江下游南岸、长江三角洲顶端,地形地貌以低山丘陵为主,扼长江和京杭大运河“十字黄金水道”的交汇点,水资源丰富,2015 年入选第一批全国海绵城市建设试点城市。镇江市海绵城市建设试点区位于主城区内,陆域面积约 22 平方千米,水域面积约 11.5 平方千米,人口约 27.6 万。试点区用地类型以居住、公共和商业用地为主,划分为运粮河片区、历史街区、太古山片区、金山湖南岸、虹桥港片区、焦东片区及江苏大学 7 个部分,其功能定位为集商业、金融、文化、旅游等为一体的城市综合区域,目前试点区内部及周边共建设有 22 处海绵型公园(图 1)。



图 1 研究区示意图

1.2 方法原理

两步移动搜索法是公共服务设施空间可达性研究中的重要方法,在国内外公共服务设施布局研究中得到了广泛应用,且发展出了众多扩展形式^[15],其基本思想是分两步搜索计算公共服务设施的空间可达性,第一步先对每个供给点搜索在其搜索半径范围内的需求点来计算供需比。

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} D_k} \quad (1)$$

式中: j 为供给点; S_j 为供给点 j 的供给规模,在此用公园绿地面积表示; d_0 为供给点的搜索半径; k 为需求点; d_{kj} 为需求点 k 与供给点 j 之间的距离; D_k 表示需求点 k 的需求规模,通常用人口规模表示; R_j 为供给点 j 的供需比,即供给点 j 的供给规模与其服务半径内所有需求规模的比值。

第二步再对每个需求点搜索在其搜索半径范围内的供给点并将供需比进行加权求和,从而得到该需求点的公共服务设施可达性。

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} R_j = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} \left(\frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} D_k} \right) \quad (2)$$

式中: i 为需求点; d_{ij} 为需求点 i 与供给点 j 之间的距离; A_i^F 为需求点 i 的公共服务设施可达性,即需求点 i 的搜索半径内所有供给点 j 的供需比 R_j 的求和,其值越大,表示该点的公共服务设施可达性越好。

为了弥补两步移动搜索法原始形式忽视搜索半径内由于距离远近导致的可达性差异的不足,有学者引入距离衰减函数对传统两步移动搜索法进行扩展,包括重力型(幂函数型)距离衰减函数、高斯型距离衰减函数、核密度型距离衰减函数等^[16]。其中核密度型距离衰减函数为凹函数,当供给点与需求点间距离较小时,可达性随着距离增大而衰减的速度较慢;当供给点与需求点间距离较大时,可达性随着距离增大而衰减的速度较快。在计算供给点供需比时,引入核密度型距离衰减函数作为需求规模求和的权重,则有:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} G(d_{kj}) D_k} \quad (3)$$

$$G(d_{kj}) = \frac{3}{4} \left[1 - \left(\frac{d_{kj}}{d_0} \right)^2 \right], d_{kj} \leq d_0 \quad (4)$$

式中: $G(d_{kj})$ 为核密度型距离衰减函数,其带宽参数即为搜索半径 d_0 ,可达性的衰减速率随着两点间距离 d_{kj} 的增加而持续增大。

同理,计算需求点可达性时,引入核密度型距离衰减函数作为供需比求和的权重,则有:

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{i2}\}} G(d_{ij}) R_j = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_{i2}\}} \left[\frac{s_j}{\sum_{k \in \{d_{ij} \leq d_{i2}\}} G(d_{kj}) D_k} \right] \quad (5)$$

基于不同等级的公共服务设施必然存在不同的服务半径,有学者提出按设施规模设定不同的有效搜索半径^[17]。根据《镇江市城市总体规划(2002—2020年)》中对公园绿地的分类标准,可将研究区内海绵型公园分为市级、区级、居住区级3个类别。其中,市级公园有金山公园、焦山公园、北固山公园、西津渡景区共4处,服务范围为全市,搜索范围即为整个试点区;区级公园有跑马山公园、宝盖山公园、合山公园、象山公园、古城公园共5处,服务半径为1000~1500米;居住区级公园有烈士陵园、北固湾广场、海绵公园、向家门游园、赛珍珠广场、大市口广场、虹桥港湿地公园、我家山水广场、润州广场、东吴广场、中山广场、花山湾广场、蒜山游园共13处,服务半径为600~800米。本文假设最优和最劣两种情景,分别按公园绿地最大服务半径和公园绿地最小服务半径两种搜索条件对海绵型公园绿地可达性进行计算。

1.3 数据来源与预处理

1.3.1 基础地理数据

本文所用镇江市水系、居民地建筑等数据来自向国家测绘地理信息局申请的镇江1:10000地理数据库,在ArcGIS10.4软件中生成各居民地建筑的几何中心作为需求点;公园绿地数据来自镇江市规划部门根据《镇江市控制性详细规划》公布的第一批47处公园绿地绿线范围以及《镇江市城市总体规划(2002—2020年)》中规划绿地范围并进行矢量化处理。海绵城市建设试点区范围内数据来自《镇江市海绵城市专项规划(2015—2030年)》,选取规划公布的海绵型公园绿地、人工湿地等作为供给点,测算各公园绿地面积作为其供给规模。

1.3.2 宜出行人口数据

传统研究中通常直接利用依据行政单元或小区边界划分的统计人口数据作为需求规模,有学者结合户均人口指标和居住建筑层数、基底面积等信息测算人口规模^[18],提高了可达性计算的精度。腾讯宜出行大数据包含了使用QQ、微信、腾讯地图等具备定位功能应用的移动设备用户的实时数量,以空间点数据的方式表达人口相对热力值,具有获取成本低、空间分辨率高(平均间隔约27米)、即时动态变化等特点^[19]。考虑到时值疫情期间,居民日常外出行为大幅减少,且夜晚数据更能反映实际居家居民的分佈情况,本文选取2020年2月3—5日每日20:00—24:00的微信宜出行人口热力数据,选取间隔为2小时,得到共计30922条包含经度、纬度以及定位次数的数据。

1.4 GIS空间分析模型与技术实现

1.4.1 GIS空间分析功能模块

(1) 核密度分析。

在点要素的空间集聚分析中,核密度分析法常被用来反映要素空间分布的相对集中程度,其主要借助于一个规则移动样方对空间点要素分布的集聚程度进行估计^[20],根据具体的研究尺度设置距离阈值,将落入搜索区域的点按距离远近赋予不同的权重,从而计算点要素测量值在指定邻域范围内的单位密度,产生一个连续的密度表面,栅格值即为单位密度,常用于人口密度分析。经过试验,本文选择200米作为人口密度分析的距离阈值,即搜索带宽,得到的人口热力栅格图可以较好地反映人口聚集的空间分布特征,以便进行人口估算。

(2)空间自相关分析。

空间自相关是指某些变量在同一分布区内的观测数据之间潜在的相互依赖性或联系的紧密性^[21],分为全局自相关和局部自相关两种假设检验,通常根据要素位置和属性值来度量。其中,全局空间自相关分析用于描述变量在空间上的整体分布情况,判断研究区内某种属性值是否具有空间聚集特征,通常用 Moran' sI 指数表示。当 Moran' sI 指数大于 0 时,表示存在空间正相关,即该变量的值随着观测距离的缩小而变得更相似,反之,则为空间负相关;当 Moran' sI 指数的绝对值越大,表示空间相关性越大,空间集聚分布特征越明显。局部自相关分析则用于识别空间聚集的具体位置,即具有统计显著性的冷点和热点,且不同的置信区间反映不同的统计显著性,将要素划分为置信度 99%、95%、90%的冷点、热点以及聚类无统计学意义的无特征点。本文利用全局和局部空间自相关法检验公园绿地可达性在空间分布上是否具有聚集特征,并识别其中的冷热点区域。

1.4.2 基于微信热力数据的人口估算模型实现

在 ArcGIS10.4 软件平台上,首先利用核密度分析工具,设置搜索带宽为 200 米,基于定位次数和位置计算人口相对热力值,生成网格大小为 30 米×30 米的各时刻人口热力栅格图;再利用栅格计算器工具,对每个栅格所有时刻的人口相对热力值求平均值,并利用空间连接工具,将居民地建筑几何中心所在栅格的人口相对热力均值的属性赋值给居民地建筑数据;最后利用字段计算器工具,将人口相对热力均值作为权重,按比例分配试点区的总人口,得到各居民地建筑的相对人口数量,即各需求点的需求规模(图 2、图 3)。

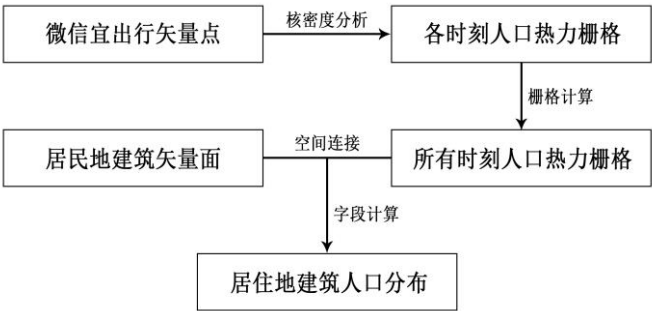


图 2 基于微信出行热力数据的人口估算模型技术路线

1.4.3 基于改进 2SFCA 方法的可达性建模技术实现

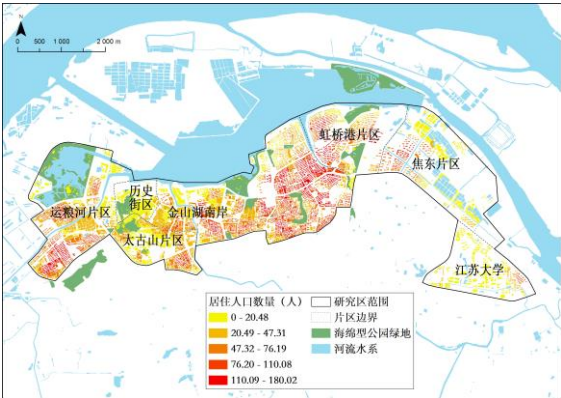


图 3 基于微信热力图估算模型的镇江市海绵规划建设区的居住人口分布图

在 ArcGIS10.4 软件中, 计算各供给点与各需求点之间的直线距离, 通常默认为欧氏几何距离。由于公园绿地实际上是面数据而不是点数据, 为减少误差使测算结果更精准, 本文采用各居民地建筑几何中心到各公园绿地边缘的最近距离作为供需两点间距离进行可达性计算: 第一步, 搜索并提取每个供给点搜索半径内的所有需求点, 按照核密度型距离衰减函数对所有需求点的需求规模进行加权求和, 即得到每个供给点的供需比; 第二步, 搜索并提取每个需求点搜索半径内的所有供给点, 按照核密度型距离衰减函数对所有供给点的供需比进行加权求和, 即得到每个需求点最终的海绵型公园绿地可达性, 可解释为该居民地人均享有海绵型公园绿地的面积。

2 结果与分析

2.1 不同服务半径下海绵型公园绿地可达性分析

根据各海绵型公园绿地的最小服务半径和最大服务半径两种情景, 分别进行基于改进两步移动搜索法的可达性计算, 得到海绵城市建设试点区内每块居民地建筑的海绵型公园绿地可达性, 即该建筑内人均享有海绵型公园绿地的面积。按《镇江市城市总体规划(2002—2020 年)》中规定, 建成区人均公园绿地面积应大于 8 平方米, 因此, 将人均海绵型公园绿地面积低于 8 平方米的居民地建筑归为可达性差, 将人均海绵型公园绿地面积大于等于 8 平方米的居民地建筑按自然断点法由高至低分为可达性好、较好、一般三个等级(表 1、表 2), 可以看出, 在两种情景下, 海绵型公园绿地可达性均表现出明显的空间分异特征。

在最小服务半径情景下(图 4), 仅有 43.75%的居民地的公园绿地可达性达到城市总体规划中的人均公园绿地面积标准, 其中公园绿地可达性最好的区域集中在历史街区、运粮河片区东南部以及太古山片区西北部, 由这 3 处组成的区域紧密包围了西津渡景区、宝盖山公园、中山广场等多处公园绿地, 居民出行到达公园绿地最为便利; 金山湖南岸内北固湾广场—海绵公园—我家山水广场周边以及虹桥港片区的象山公园—合山公园周边的居民地的公园绿地可达性较好, 且明显优于片区内其他区域, 说明这些海绵型公园对于服务半径内居民地的绿地可达性的提高有一定贡献; 可达性最差的区域包括江苏大学和焦东片区的极大部分、金山湖南岸的外围部分以及运粮河片区的金山公园周边, 其中, 焦东片区和江苏大学两个片区内均未建设有海绵型公园绿地, 且由于距离原因, 较难接受老城核心区的辐射, 人均享受海绵型公园绿地等公共服务设施的机会最低。在最大服务半径情景下(图 5), 试点区内总体的公园绿地可达性有所提升, 但仍有 46.54%的居民地处于可达性差的级别, 可达性较好及好的区域仅分布在历史街区、运粮河片区东南部、太古山片区西北部以及金山湖南岸内北固湾广场—海绵公园—我家山水广场周边, 说明目前的海绵型公园绿地存在配置不均衡的问题, 即使在扩大现有公园绿地服务半径的最优情景下, 仍不能满足试点区内所有居民地对于公园绿地的需求。

综合两种情景, 海绵城市建设试点区内的公园绿地可达性表现出明显的空间分异特征, 由西至东呈现高低起伏的格局, 以片区为整体来看, 历史街区以休闲旅游为核心功能定位, 拥有国家 AAAA 级旅游景区西津渡景区, 基础设施完善, 居民生活便利, 海绵型公园绿地可达性最好; 位于老城区的太古山片区、运粮河片区和虹桥港片区内均有可作为片区绿核的大片绿化景区, 基本满足居民日常活动需要, 海绵型公园绿地可达性较好; 金山湖南岸范围最大, 分布有大量居住用地, 然而绿地布局集中在片区中部, 因此片区越往边缘, 可达性越差; 焦东片区是城市新兴居住社区, 江苏大学是以教育为主、居住配套为辅的科技产业区, 距离老城核心区较远, 片区内绿地以河边小片的防护绿地为主, 因此海绵型公园绿地可达性最差。

表 1 最小服务半径情景下各片区海绵型公园绿地可达性

片区	各级公园绿地可达性的居民地建筑占整体比例(%)				
	好	较好	一般	差	总计
运粮河片区	2.61	4.03	2.73	8.89	18.26

历史街区	1.45	0.76	0.46	0	2.67
太古山片区	3.72	2.71	0.48	4.22	11.14
金山湖南岸	0	5.33	9.65	29.56	44.53
虹桥港片区	0	4.67	5.07	0.33	10.07
焦东片区	0	0	0.08	8.21	8.29
江苏大学	0	0	0	5.04	5.04
总计	7.79	17.49	18.48	56.25	100.00

2.2 不同服务半径下海绵型公园绿地可达性空间集聚特征

表 2 最大服务半径情景下各片区海绵型公园绿地可达性

片区	各级公园绿地可达性的居民地建筑占整体比例(%)				
	好	较好	一般	差	总计
运粮河片区	3.82	5.27	4.16	5.02	18.26
历史街区	0.41	1.16	1.10	0	2.67
太古山片区	5.27	1.24	0.74	3.89	11.14
金山湖南岸	0	5.81	14.31	24.40	44.53
虹桥港片区	0	0	10.03	0.04	10.07
焦东片区	0	0	0.14	8.15	8.29
江苏大学	0	0	0	5.04	5.04
总计	9.50	13.48	30.49	46.54	100.00

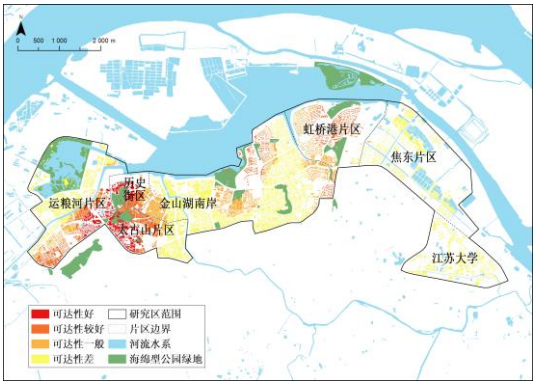


图 4 最小服务半径情景下海绵型公园绿地可达性

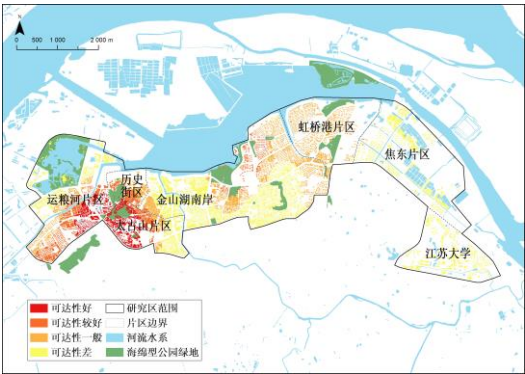


图 5 最大服务半径情景下海绵型公园绿地可达性



图 6 最小服务半径情景下海绵型公园绿地可达性冷热点分布

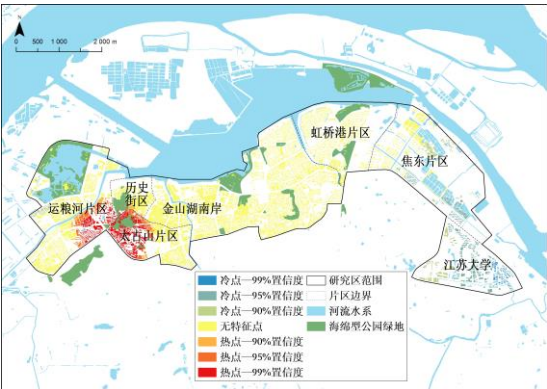


图 7 最大服务半径情景下海绵型公园绿地可达性冷热点分布

利用 ArcGIS10.4 软件的空间自相关分析工具, 根据各海绵型公园绿地的最小服务半径(图 6)和最大服务半径(图 7)两种情景进行计算, 得到全局 Moran' s I 指数分别为 0.888 和 0.876, 表明两种情景下的海绵型公园绿地可达性均存在空间正相关, 且具有显著的空间集聚分布特征。最小服务半径情景下, 冷点区域共有 242 处, 占有居民地建筑的 4.69%, 集中分布在江苏大学的东南部, 即整个试点区的东南边缘处; 热点区域共有 791 处, 占有居民地建筑的 15.32%, 集中分布在可达性最好的历史街区、运粮河

片区东南部以及太古山片区西北部,少数分布在金山湖南岸的海绵公园周边。最大服务半径情景下,冷点区域共有 509 处, 占有所有居民地建筑的 9.86%, 相比最小服务半径情景明显增多, 几乎覆盖江苏大学与焦东片区的大部分地区, 说明即使在扩大海绵型公园绿地服务半径的情况下, 江苏大学和焦东片区的公园绿地可达性仍显著低于平均水平, 在同等时间和路程成本下, 居民日常前往海绵型公园享受绿地资源和开放空间的机会远低于其他片区;热点区域共有 593 处, 占有所有居民地建筑的 11.49%, 历史街区蒜山游园周边的热点有向运粮河片区中运粮河沿岸转移的趋势, 同时金山湖南岸海绵公园周边的热点消失, 表明在公园绿地服务半径较小、整个金山湖南岸片区绿地可达性较差的情况下, 海绵公园、北固湾广场、我家山水广场这 3 处海绵型公园的存在对周边居民地的绿地可达性有明显贡献, 表明海绵型公园对于改善城市绿地空间配置、增加居民人均绿地资源具有一定作用, 提升了海绵城市建设的生态和社会双重效益。

2.3 海绵型公园绿地配置分析与规划布局优化

表 3 海绵型公园绿地可达性与人口密度分布统计

片区	不同匹配程度的居民地建筑占整体比例 (%)				总计
	低人口密度低 绿地可达性	低人口密度高 绿地可达性	高人口密度低 绿地可达性	高人口密度高 绿地可达性	
运粮河片区	4.13	5.13	4.38	4.63	18.26
历史街区	0	2.67	0	0	2.67
太古山片区	2.54	6.82	1.76	0.02	11.14
金山湖南岸	9.88	7.94	22.45	4.26	44.53
虹桥港片区	0.29	4.59	0.19	5.00	10.07
焦东片区	5.98	0	2.30	0	8.29
江苏大学	4.51	0	0.52	0	5.04
总计	27.33	27.15	31.61	13.91	100.00

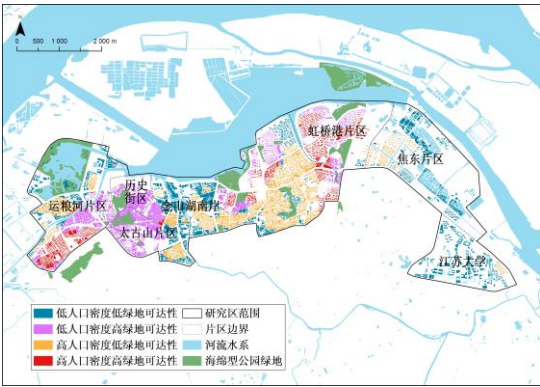


图 8 海绵型公园绿地可达性与人口密度配置格局

为了从供需平衡的角度衡量目前海绵型公园绿地布局配置是否合理,对最小服务半径和最大服务半径两种情景下的海绵型公园绿地可达性指数取平均值,与相对人口数量分别进行 Z-score 标准化计算,并进行空间叠加分析,将试点区内所有居民地建筑分为低人口密度低绿地可达性、低人口密度高绿地可达性、高人口密度低绿地可达性、高人口密度高绿地可达性 4 个类别(表 3),得到海绵型公园绿地可达性与人口密度配置格局(图 8)。

从统计结果可知,高人口密度高绿地可达性居民地占总体比例最低,为 13.91%,主要分布在运粮河片区南部、金山湖南岸中部及虹桥港片区,分别集聚在跑马山公园—润州广场、烈士陵园—北固山公园—北固湾广场—海绵公园、象山公园—合山公园等连片公园绿地的周边,可以满足附近高密度住宅区居民的日常活动需求。低人口密度低绿地可达性居民地覆盖了江苏大学及焦东片区的极大部分,少数分布在运粮河片区金山公园周边以及金山湖南岸与太古山片区的交界处,这些区域虽然没有配置一定规模的海绵型公园,但由于人口活跃度不高,绿地可达性对居民日常生活的影响较小。低人口密度高绿地可达性居民地在除焦东片区和江苏大学以外的所有分区均有一定分布,与海绵型公园绿地可达性热点区域的重合比例较大。高人口密度低绿地可达性居民地占总体比例最高,为 31.61%,其中 22.45%集中分布在金山湖南岸的大市口广场、花山湾广场、古城公园周边,表明目前这几个居住区级海绵型公园的服务能力尚不足以支撑周边密集居住区对于绿地资源的需求,公园布局配置不够合理。综合来看,历史街区的海绵型公园绿地供给最为饱和,虹桥港片区、太古山片区、运粮河片区的绿地配置基本合理;江苏大学、焦东片区、金山湖南岸的绿地供给水平仍需提高,为提高海绵城市建设的社会效益,应重点考虑在未来规划中布局居住区级以上的海绵型公园。

3 结论与讨论

海绵型公园绿地是海绵城市规划实施下可供市民直接参与享用的公共资源,其价值不仅体现了海绵城市建设对城市生态环境的改善,而且显著提升了社会服务效益。本文以镇江市海绵城市建设试点区为例,融合镇江 1:10000 地理数据库和微信宜出行热力数据,基于 GIS 空间分析技术和改进两步移动搜索法,对海绵型公园绿地可达性及其空间集聚特征和配置合理性进行精细化评价,并提出未来规划布局优化方向。结果表明:(1)海绵城市建设试点区内的公园绿地可达性表现出明显的空间分异特征,由西至东呈现高低起伏的格局,历史街区整体绿地可达性最好,焦东片区和江苏大学的绿地可达性最差;(2)海绵型公园绿地可达性具有显著的空间集聚分布特征,在公园绿地最小服务半径情景下,金山湖南岸的海绵公园、北固湾广场、我家山水广场等海绵型公园的存在对周边居民地的绿地可达性有明显贡献;(3)高人口密度低绿地可达性居民地占总体比例最高,江苏大学、焦东片区、金山湖南岸的绿地供给水平仍需提高,应重点考虑在未来海绵城市规划中布局居住区级以上的海绵型公园来改善公园绿地空间配置,实现海绵城市建设的生态与社会双重效益的共同提高。

本文仍存在一定不足之处:在现实生活中,居民实际的出行意愿往往不局限于受公园绿地建设规模和服务半径的限制,在未来的海绵城市建设社会效益评价研究中,需结合大数据、问卷调查、访谈等形式对居民活动方式和其对海绵型公园绿地的满意程度进行实地调研和深入分析,从而综合评估海绵城市实施效用。

参考文献:

- [1]杨帆,徐建刚,林蔚.基于元胞自动机的低影响开发对城市内涝削减效果模拟[J].自然资源学报,2017(7):1158-1169.
- [2]徐建刚,张翔,林蔚,等.流域视角下的智慧型海绵城市规划减灾效应评估方法研究[J].城市建筑,2018(15):17-21.
- [3]范峻恺,徐建刚,胡宏.基于 BP 神经网络模型的海绵城市建设适宜性评价——以福建省长汀县为例[J].生态经济,2019(11):222-229.
- [4]刘常富,李小马,韩东.城市公园可达性研究——方法与关键问题[J].生态学报,2010(19):5381-5390.

-
- [5]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(19):7035-7046.
- [6]桑丽杰,舒永钢,祝炜平,等.杭州城市休闲绿地可达性分析[J].地理科学进展,2013(6):950-957.
- [7]张雪梅,申广荣.基于不同交通方式的上海浦东新区公园可达性分析[J].上海交通大学学报(农业科学版),2019(3):9-16.
- [8]孙振如,尹海伟,孔繁花.不同计算方法下的公园可达性研究[J].中国人口·资源与环境,2012(S1):162-165.
- [9]杨钦宇,徐建刚.基于引力可达性的公共服务设施公平性评价模型构建[J].规划师,2015(7):96-101.
- [10]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(11):1771-1779.
- [11]冉钊,周国华,张鸿辉,等.城市健康资源与人口分布空间关联性——以长沙中心城区为例[J].资源科学,2019(8):1488-1499.
- [12]赵习枝,吴宾,吴健平,等.基于实有人口数据的城市公园绿地服务分析——以上海市外环以内区域为例[J].华东师范大学学报(自然科学版),2017(1):104-112.
- [13]黄应淮,刘小平,刘艳平,等.基于高德地图API的多种交通方式下城市公园时空可达性分析——以广州市海珠区为例[J].地理与地理信息科学,2018(6):50-57.
- [14]李双金,马爽,张永民.郑州主城区公园绿地可达性与访问偏好匹配度的空间格局研究[J].地域研究与开发,2019(2):79-85.
- [15]陶卓霖,程杨.两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展[J].地理科学进展,2016(5):589-599.
- [16]柳泽,杨宏宇,熊维康,等.基于改进两步移动搜索法的县域医疗卫生服务空间可达性研究[J].地理科学,2017(5):728-737.
- [17]陶卓霖,程杨,戴特奇.北京市养老设施空间可达性评价[J].地理科学进展,2014(5):616-624.
- [18]陈秋晓,侯焱,吴霜.机会公平视角下绍兴城市公园绿地可达性评价[J].地理科学,2016(3):375-383.
- [19]段亚明,刘勇,刘秀华,等.基于宜出行大数据的多中心空间结构分析——以重庆主城区为例[J].地理科学进展,2019(12):1957-1967.
- [20]禹文豪,艾廷华,杨敏,等.利用核密度与空间自相关进行城市设施兴趣点分布热点探测[J].武汉大学学报(信息科学版),2016(2):221-227.
- [21]王振波,方创琳,许光,等.2014年中国城市PM_{2.5}浓度的时空变化规律[J].地理学报,2015(11):1720-1734.