北京林业大学学报
JOURNAL OF BEIJING FORESTRY UNIVERSITY

公园空间公正差异对空间活力的影响

张超 汪芷菱 李婧玮 杨淘

The impact of park spatial justice disparities on spatial vitality

Zhang Chao, Wang Zhiling, Li Jingwei, Yang Tao

引用本文:
张超, 汪芷菱, 李婧玮, 杨淘. 公园空间公正差异对空间活力的影响[J]. 北京林业大学学报, 2026, 48(7):210–222. doi: 10.12171/j.1000–1522.20260044
Zhang Chao, Wang Zhiling, Li Jingwei, Yang Tao. The impact of park spatial justice disparities on spatial vitality[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(7):210–222. doi: 10.12171/j.1000–1522.20260044

在线阅读 View online: https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20260044

您可能感兴趣的其他文章
Articles you may be interested in

基于线上线下视角的武夷山国家公园空间活力特征及影响因素
Spatial vitality characteristics and influencing factors of Wuyi Mountain National Park from online and offline perspectives
北京林业大学学报, 2025, 47(4): 117–128. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20240278

基于POI数据的北京市公园服务建筑设施类型及数量分布研究
Study on the types and quantity distribution of park service building facilities in Beijing based on POI data
北京林业大学学报, 2022, 44(4): 124–137. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220122

基于可达性的北京市海淀区绿色开放空间供需关系分析和优化方向研究
Relationship between supply and demand of green open space in Haidian District of Beijing based on accessibility
北京林业大学学报, 2023, 45(2): 108–119. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20210530

基于碳汇和游憩服务协同提升的北京市第二道绿化隔离地区郊野公园环空间布局优化
Spatial layout optimization of country parks in the second green belt of Beijing municipality area based on the coordinated improvement of carbon sequestration and recreational services
北京林业大学学报, 2022, 44(10): 142–154. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220203

泰湖国家湿地公园天然植物群落碳储量空间分异规律及主控因素研究
Spatial differentiation law and main control factors of carbon storage in natural plant communities of Taihu National Wetland Park of northeastern China
北京林业大学学报, 2023, 45(8): 16–28. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220045

基于城市活力影响的滨河绿地评价研究
Research on the assessment of riverfront green space based on urban vitality impact: taking Beijing Haidian District as an example
北京林业大学学报, 2023, 45(11): 128–139. https://doi.org/10.12171/j.1000–1522.20220206

DOI:10.12171/j.1000−1522.20260044

公园空间公正差异对空间活力的影响

张 超 汪芷菱 李婧玮 杨 淘
（沈阳建筑大学设计艺术学院，辽宁 沈阳 110168）

摘要:【目的】旨在厘清空间公正对空间活力的影响，以期为优化公园建设与资源配置提供科学依据，并为相关研究与实践提供新视角。**【方法】**以沈阳市三环路内 79 个公园为研究对象，通过多维测度技术提取公园空间活力及公正特征，使用双变量局部自相关检验空间公正与空间活力相关性，利用地理探测器与地理加权回归提取显著因子并分析相关因子对空间活力的影响以及因子间的交互作用。**【结果】**(1)公园空间公正属性与活力显著正相关，其相关性因公园的地理位置差异而分异；(2)公园内场地类型多样(A1)、公园各类标识系统清晰可辨(B1)等 10 项因子对空间活力影响显著，整体上呈正向作用，但这些因子对空间活力的影响是非线性的；(3)公园活力受多因子交互影响而非单因子独立作用，B1 的交互性最为显著。承认正义维度中的任意因子与 A1 或 B1 交互作用时，交互贡献率均高于 50%；(4)活动场所有限时，公园场地多样性对空间活力的影响突出。**【结论】**研究基于沈阳市主城区 79 个公园，量化了空间公正对空间活力的影响，揭示了其间的作用机制，为沈阳市主城区公园设计优化提供了全新视角。

关键词：空间公正；空间活力；公园；沈阳
中图分类号：TU984.11+1 **文献标志码：**A **文章编号：**1000−1522(2026)07−0210−13
引文格式：张超，汪芷菱，李婧玮，等. 公园空间公正差异对空间活力的影响［J］. 北京林业大学学报，2026，48(7)：210−222.
Zhang Chao, Wang Zhiling, Li Jingwei, et al. The impact of park spatial justice disparities on spatial vitality[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2026, 48(7): 210−222.

The impact of park spatial justice disparities on spatial vitality

Zhang Chao Wang Zhiling Li Jingwei Yang Tao
(School of Art and Design, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, Liaoning, China)

Abstract: ［**Objective**］To clarify the impact of spatial justice on spatial vitality, so as to provide a scientific basis for optimizing park construction and resource allocation, and offer new perspectives for related research and practice. ［**Method**］This study selected 79 parks within the Third Ring Road of Shenyang as research subjects. Multi-dimensional measurement techniques were employed to extract park spatial vitality and justice characteristics. Bivariate local autocorrelation tests were used to examine the correlation between spatial justice and spatial vitality. Geographic detectors and geographically weighted regression were utilized to identify significant influencing factors and analyze their impact on spatial vitality, as well as the interactions among these factors. ［**Result**］(1) Park spatial justice attributes were significantly positively correlated with vitality, with the correlation varying based on the geographical location of the parks. (2) Ten factors, including A1 (diversity of site types within the park) and B1 (clarity and legibility of park signage systems), had a significant impact on spatial vitality, generally showing a positive effect, though the impact on spatial vitality was nonlinear. (3) Park vitality was influenced by the interaction of multiple factors rather

收稿日期: 2026−01−29 **修回日期:** 2026−04−19
基金项目: 辽宁省社会科学界联合会资助项目(2025lslybwzzkt-160)。
第一作者: 张超。主要研究方向：城市空间公平与空间活力、城市更新与微气候。Email: 1903859666@qq.com 地址：110168 辽宁省沈阳市浑南区浑南中路 25 号沈阳建筑大学设计艺术学院。
责任作者: 杨淘，教授。主要研究方向：城市空间公平与空间活力、城市更新与微气候。Email: 584275408@qq.com 地址：同上。
本刊网址: https://j.bjfu.edu.cn; https://journal.bjfu.edu.cn

than the independent action of a single factor, with the interaction effect of B1 being the most significant. When any factor within the dimension of recognition justice interacted with either A1 or B1, the interactive contribution rate consistently exceeded 50%. (4) When activity venues were limited, site diversity had a prominent impact on spatial vitality. [**Conclusion**] Based on the study of 79 parks in the main urban area of Shenyang, this study quantified the impact of spatial justice on spatial vitality and revealed the underlying mechanisms, providing a new perspective for optimizing park design in the main urban area of Shenyang.

Key words: spatial justice; spatial vitality; park; Shenyang

城镇化转型背景下，我国进入“幸福导向”时期[1−2]，人民的非经济诉求逐渐成为关注重点[3]。空间公正与空间活力不仅是评价人本城市空间质量的两个重要维度[4−5]，也是检验资源配置公平与设施利用率的重要依托。党的二十大报告将社会公平正义作为现代化建设的重要目标。城市公共空间作为社会公平正义的物质载体，其资源的公正配置成为实现这一目标的具体落脚点[6]。当下，我国因地区间、城市间及城市内部发展差异导致的空间不平等问题依然严峻[7−9]。从现有研究看，空间公正与空间活力呈强关联特征[10]。空间公正相关研究中，通常用绿地的可达性、功能复合度等指标来评价其空间公正属性[11−12]，而在空间活力研究中，研究人员多使用可达性等指标作为影响空间活力的要素[13−14]。从二者关联机制看，基础设施的分配差异直接影响资源利用率（即空间活力），而空间设计实践则使二者的关联更为复杂。受不同社会群体主张分异影响，现有政策是否实现不同群体的完整覆盖，弱势群体的权益是否得到保障与补偿等直接影响到设施的利用率，而受众对空间设计政策的认可度则会反作用于政策制定。公园既是城市建成环境的重要组成部分及政府提供的重要基础设施[15−16]，也是实现城市空间公正、促进空间活力的重要载体，不仅在改善空气质量、增加居民娱乐机会、提高审美体验、促进居民身心健康等方面有着重要作用[17−19]，同时在促进空间公正，提升空间活力方面有重要价值[11, 14]。为提高资源配置效率、促进空间公正、实现城市可持续发展，亟须厘清空间公正对空间活力的影响机制。

空间公正与空间活力均兴起于 20 世纪 60 年代至 70 年代的美国，二者虽有各自独立的理论脉络，但在城市空间研究中逐渐交汇。资源分配不公、弱势群体在政策制定方面参与度有限等因素，直接导致低质量社区的公共资源利用率偏低、资源空置[20]，从而引起学者关注。拉夫运河事件及沃伦抗议等社会事件拉开了环境正义运动的序幕，该运动也被视为近代空间公正研究的起源[21]。早期的空间公正研究是以分配正义为主的单维概念，主要以居民的环境负担是否一致作为衡量标准。后续的理论演变中，Rawls[22]、Harvey[23]与 Young[24]基本界定了空间公正理论的核心维度（分配正义、程序正义、承认正义），相关研究多基于此开展。空间公正相关研究测度手段多样，地理空间算法、遥感技术与机器学习等技术均有应用。Dai[25]结合衰减函数及供需系数开发了测度空间公正的经典算法（两步移动搜索法，2SFCA），后续研究在此基础上进行了多种改进[26−28]。近年来，空间公正问题的研究逐渐人本化，Enssle 等[29]与 Guo 等[2]以老年人参观模式介入研究，重新定义公园可达性。上述研究为测度建成环境公正属性提供了良好的理论与方法基础。空间活力方面，城市空间活力的早期研究多基于环境行为学与环境感知开展[5]。Jacobs[20, 30]提出的影响空间活力的六要素为后期的量化研究提供了理论基础。地理技术的突破使城市活力的研究迎来新发展，诸多研究通过小餐饮设施分布特征[31]、区域功能混合度[32]与人口热力图[33−34]等表征来衡量城市空间建设质量与活力。近年来的研究主要依托智能手机或全球定位系统等平台开展[35]。相关研究通过分析社交媒体平台上用户情绪界定公园受欢迎程度[35]，或以居民的活动强度（如微博签到次数、固定时间内区域人口密度等[34−35]）作为主要评价指标。但建成环境对空间活力的驱动机制研究在我国仍有待深入[34]。综上所述，过往研究存在两点不足：（1）已有研究表明空间公正与空间活力存在强相关性[10]，但二者间的内在机理尚未得到系统论证，量化研究欠缺；（2）过往研究过度关注物理环境，导致物理环境权重畸高，单一维度构建的测度框架无法完整涵盖空间公正特征，难以为城市更新工作提供有效支持。

沈阳市作为辽宁省省会城市，截至 2020 年，常住人口城镇化率已达 84.52%，远超东北地区其他同等级城市（哈尔滨 70.61%，长春 65.94%）。沈阳市城市化率高、城市基础设施完备，在此背景下，主要矛盾由供需不足转为供需失衡[1,34]。这种矛盾特征的转变使沈阳市成为研究空间公正与空间活力关系的理想案例，研究结论能够为相似发展阶段的城市更新工作提供参考。本研究以沈阳市三环路内 79 个公园为研究对象，使用多维测度方式提取公园公正及活

力特征，验证公园公正属性对空间活力的影响，以期为城市更新与可持续发展提供理论支持。

1 研究对象与数据来源

1.1 研究对象

研究范围涵盖沈阳市三环路内区域（面积约 445 km^2），该区域内常住人口约占全市的 64%[34]。区域内人口密度高，公园服务能力与居民需求适配度失衡，选址具备代表性。根据《城市绿地规划标准》（GB/T 51346—2019）[36]，研究使用 Python，调用百度地图 API，爬取三环路内公园共 79 个，其中，游园 13 个、社区公园 42 个、综合公园 24 个。公园整体上呈西北–东南走向分布，公园间面积差异显著，最大公园面积为 293.84 hm^2，最小为 0.14 hm^2（图 1）。

1.2 数据来源

本研究涉及的城市路网数据来自 Open Street Map，兴趣点（point of interest，POI）与兴趣面（area of interest，AOI）数据通过 Python 调用百度地图 API 爬取，使用 QGIS 转换至 WGS1984 坐标系。人口数据来自国家统计局及开源数据集[37]，林冠高度[38]、建筑高度[39]等数据通过开源数据集获取。空间活力测度方面，人口热力图数据通过调用百度慧眼 API，分别采集研究区域内 2024 年 4 月 28—30 日与 2024 年 5 月 2—4 日的逐小时日间数据（06:00—18:00）绘制。公园公正性测度方面，公园可达性、天空开阔度等指标通过计算获得，公园内部环境特征、程序正义与承认正义所涉指标通过量表式问卷获取（表 1）。

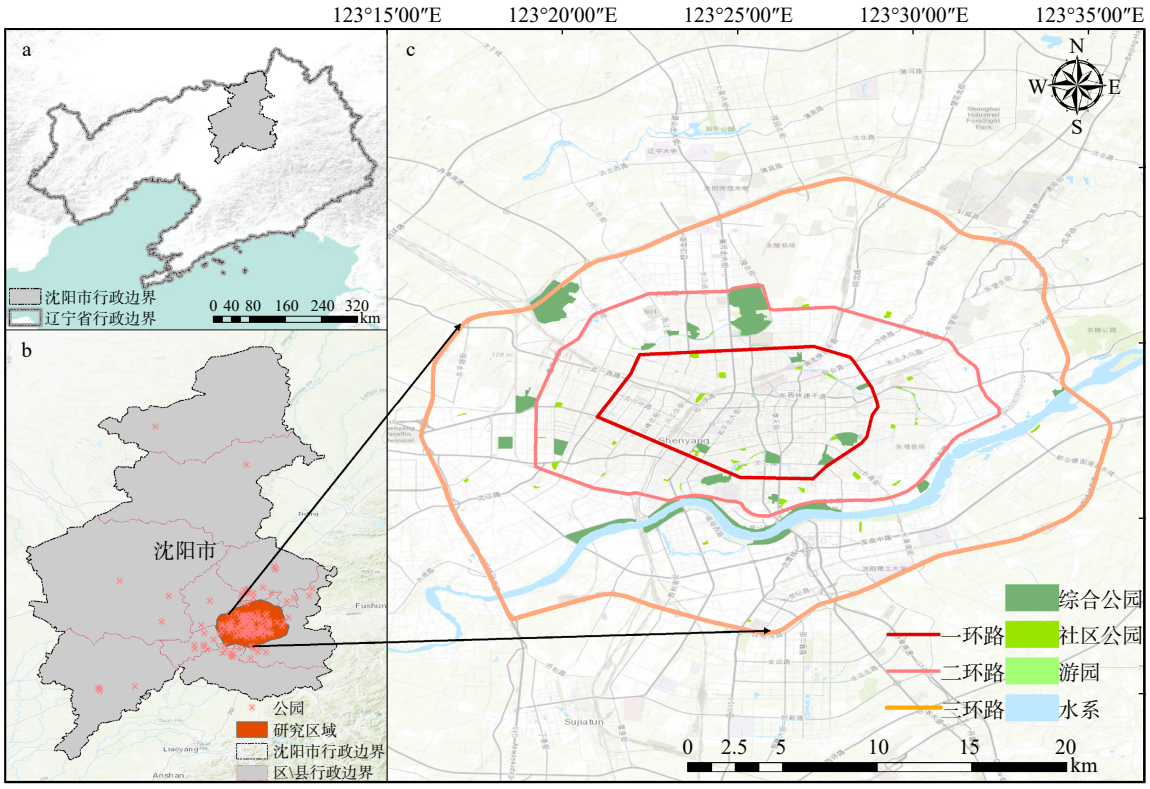
研究共发放问卷 600 份，去除答题时间过短及回答前后矛盾问卷后共获得 530 份有效问卷（问卷回收率为 88.33%），各公园分别获得 6～8 份问卷不等。其中，男性占比 47.3%，女性占比 52.7%；本科及以上学历占比 31.4%，高中学历占比 16.5%，初中学历占比 41.3%，小学学历占比 11.7%，问卷人口结构与沈阳市第七次人口普查数据一致性较高，样本具备较好的代表性。

2 研究框架与研究方法

2.1 测度框架

从空间公正的理论基础看，空间公正的核心内涵[23]在于：分配公平性、弱势群体权益的保障性、环境的均衡性、参与平等性与文化包容性。研究中，根据空间公正的内涵、相关理论基础[22–24]与研究对象语境，公园公正属性测度分为分配正义、程序正义与承认正义 3 个维度进行测度（表 2）。

研究依据变量的客观特征，将分配正义测度分为地理特征与内部特征两部分。地理特征包含公园可达性、地表覆盖特征与天空开阔度；公园内部特征、程序正义与承认正义所涉指标共同使用李克特五级



审图号：GS（2024）0650号

图 1 研究对象

Fig. 1 Study object

表 1　数据来源及说明

Tab. 1　Data sources and descriptions

名称	采集时间	数据来源	用途	数据处理
POI	2024年10月	百度地图	用于计算可达性及数据可视化	通过Python爬取后使用QGIS进行坐标转换
AOI	2024年10月			
遥感图像	2024年11月	美国地质调查局	用于反演公园地表覆盖特征	使用ArcGIS进行预处理与计算
人口热力图	2024年4—5月	百度慧眼大数据平台	测度公园活力	
人口数据	2025年1月	国家统计局、开源数据	用于计算公园可达性	
街道路网	2024年11月	OpenStreetMap		
建筑、林冠高度	2024年11月	开源数据集	计算公园天空开阔度	
公园公正性	2025年3—5月	问卷调研	计算公园公正特征	取各公园所获问卷均值

表 2　公园空间公正各维度测度指标构建

Tab. 2　Construction of measurement indicators for dimensions of spatial equity for park

维度	内涵	测度指标
分配正义	公园物理环境分配与内部设计，包含公园的面积、设施数量、质量在内的公园若干物理特征的配置差异[23,40]	物理环境配置与内部设计（表3、4）
程序正义	居民在公园建设、设计方面的相关政策制定过程中的参与程度、参与途径多样性及弱势群体权益保障[21−24]	参与度（表4）
承认正义	现有政策是否保障居民权益、对公园使用的改善是否受到居民认可、是否尊重文化多样性等[21−24]	承认度（表4）

量表式问卷[41]进行测度（表 3、4）。

2.2　研究方法

2.2.1　空间自相关检验

研究使用全局莫兰指数（Moran's I）[42]做空间异质性建模的先验性检验，当空间活力具有空间自相关性时（存在空间依赖性），适宜使用空间异质性建模。指数 I 取值范围为 [−1，1]，当 Moran's $I>0$ 时，表明变量在空间中呈正相关；当 Moran's $I<0$ 时，表明变量在空间中呈负相关；当 Moran's $I=0$ 时，表明变量在空间中呈随机分布。P 值代表显著性，当 $P<0.05$ 时，表明变量在空间中存在显著的自相关性。计算公式如下

$$I=\frac{n}{S_0}\times\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}(y_i-\bar{y})\left(y_j-\bar{y}\right)}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2} \tag{1}$$

式中：$S_0=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}$，$I$为全局莫兰指数，$n$ 为单

表 3　公园公正、活力特征测度框架

Tab. 3　Evaluation framework for park equity and vitality characteristics

		测度指标	测度方法
分配正义	地理特征	公园可达性指数（AI）	研究使用高斯两步移动搜索法计算公园可达性指数，可达性算法详见文献[43]
		植被覆盖面积（VCA）	研究使用归一化植被指数、归一化水体指数、归一化建筑指数反演地表覆盖特征，通过统计像元数量计算公园内植被、水体、不透水层覆盖面积。归一化植被、水体、建筑指数算法详见文献[44−46]
		水体面积（WBA）	
		不透水层面积（ISA）	
		天空开阔度（SVF）	研究使用ArcGIS建立100 m × 100 m渔网，利用相关算法计算各渔网点的天空开阔度，而后求均值代表公园天空开阔度，天空开阔度算法详见文献[47]
	内部特征	功能性（A1、A2） 安全性（B1、B2、B3） 环境卫生（C1、C2） 观赏性（D1、D2） 地缘性与社会功能（E1、E2）	各维度所涉变量解释详见表4
程序正义		参与度（F1、F2、F3、F4）	
承认正义		承认度（G1、G2、G3）	
公园活力		人口密度	考虑到公园对空间活力的辐射性影响，研究根据15 min生活圈理论，建立1 000 m缓冲区，统计研究对象及其1 000 m缓冲区范围内人口密度，用以测度公园的活力。为避免水系或林地等场所人口密度过低导致使用均值代表公园活力造成偏差，研究使用中位数代表公园活力。

表 4 调查问卷设计

Tab. 4 Design of the questionnaire

维度		题项	选项对应量级				
			5	4	3	2	1
分配正义	功能性	A1 公园内场地类型多样	非常赞同	比较赞同	一般	不太赞同	非常不赞同
		A2 公园设施配置充裕，满足使用需求					
	安全性	B1 公园各类标识系统清晰可辨					
		B2 公园无障碍通道保持畅通状态					
		B3 公园设施质量良好					
	环境卫生	C1 公园环境整洁，卫生状况良好					
		C2 公园空气清新，无异味存在					
	观赏性	D1 公园构筑物等要素与环境协调一致					
		D2 公园植物观赏层次丰富，铺装设计与环境协调					
	地缘性与社会功能	E1 公园设计体现地方历史（包含地方文化符号）					
		E2 公园设有文化宣传或科普教育设施					
程序正义		F1政府就公园事务征集过群众意见					
		F2弱势群体拥有参与制定政策的机会					
		F3政策制定过程保持公开透明					
		F4公众参与途径呈现多样性					
承认正义		G1当前政策保障不同群体的合法权益					
		G2当前政策使公共设施使用得到改善（质量更好或更易用）					
		G3现有设计或政策尊重地方文化特征					

元个数，w_{ij}为单元 i 与 j 的空间权重矩阵，y_i与y_j分别为单元 i 与 j 的观测值，$\bar{y}$为单元均值。

研究采用 Z-score 对代表公园公正属性的 23 个指标进行标准化处理以消除量纲差异，使用标准化后的指标均值作为各公园的空间公正综合指数，通过双变量局部自相关（bivariate local indicator of spatial association，BiLISA）[48]检验空间公正与空间活力的相关性及局部关联模式。计算公式如下

$$I_{ab}^{i}=\left(\frac{y_a^i-\bar{y}_a}{s_a}\right)\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\left(\frac{y_b^j-\bar{y}_b}{s_b}\right) \tag{2}$$

式中：I_{ab}^{i}为双变量局部自相关指数，y_a^i与y_b^j为单元 i 与单元 j 中变量 a 与 b 的观测值，$\bar{y}_a$与$\bar{y}_b$为变量 a 和 b 的均值，s_a与s_b为变量 a 与 b 的方差，W_{ij}为空间权重矩阵，n 为单元数量。

2.2.2 空间异质性建模

研究使用地理探测器（Geodetector）[49]中的因子探测功能识别影响公园空间活力的显著因子。以 q 值衡量因子的解释力，q 值取值范围为 [0，1]，q 值越大代表其解释力越强。以 P 值衡量显著性，当 $P<0.05$ 时，表示因子解释力显著，P 值可根据因子的重要性适度放宽至 0.1[50]。公式表达为

$$q=1-\frac{\sum_{h=1}^{L}N_h\sigma_h^2}{N\sigma^2} \tag{3}$$

式中：h 为自变量或因变量所属分层单元，N_h与σ_h^2分别为层 h 的单元数与方差，N 与σ^2分别为总单元数与方差。

研究使用交互作用探测分析显著因子间的交互作用。评估方法为：分别计算因子对因变量的 q 值、因子两两交互作用时的 q 值，根据比较结果可分为非线性减弱、单因子非线性减弱、双因子增强、独立及非线性增强 5 类[49]。

研究使用地理加权回归（geographically weighted regression，GWR）[50]检验显著影响因子对空间活力的影响力的空间异质性，使用调整后决定系数（R_{adj}^2）评估模型解释力。公式表达为

$$y_i=\beta_0(u_i,v_i)+\sum_{n=1}^{m}\beta_n(u_i,v_i)x_{in}+\varepsilon_i \tag{4}$$

式中：y_i为观测点 i 上的因变量，$\beta_0(u_i,v_i)$为观测点 i 上的常数项，$\beta_n(u_i,v_i)$为观测点 i 上的第 n 个自变量的系数，x_{in}为观测点 i 上的第 n 个自变量，ε_i为干扰项。

为检验 GWR 模型的适用性，本研究与普通最小二乘法（OLS）进行对比。由表 5 可知，GWR 模型的调整后决定系数（$R_{\text{adj}}^2=0.73$）高于 OLS 模型（$R_{\text{adj}}^2=$

表 5　模型性能比较

Tab. 5　Comparison of model performance

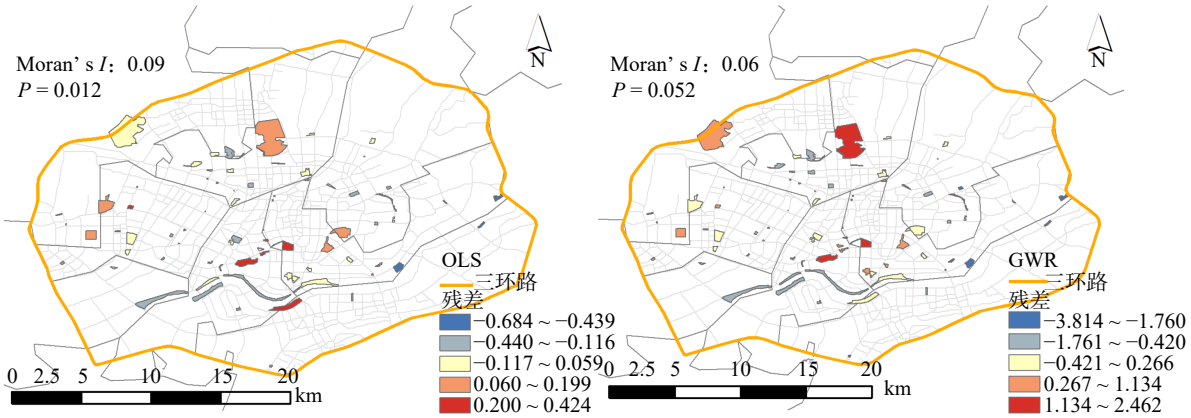
回归模型	R^2	R^2_{adj}	AICC
OLS	0.63	0.48	46.48
GWR	0.87	0.73	18.35

0.48)，且 GWR 模型的 AICC 值(18.35)显著低于 OLS 模型(46.48)。残差空间自相关检验进一步显示(图 2)，OLS 模型残差的 Moran's I 值为 0.09($P < 0.05$)，存在显著集聚；而 GWR 模型残差的 Moran's I 值为 0.06($P > 0.05$)，无显著集聚性。综上，GWR 模型优于 OLS 模型，能够更有效地解释空间公正与空间活力的关系。

3　结果与分析

3.1　公园活力的空间分布特征

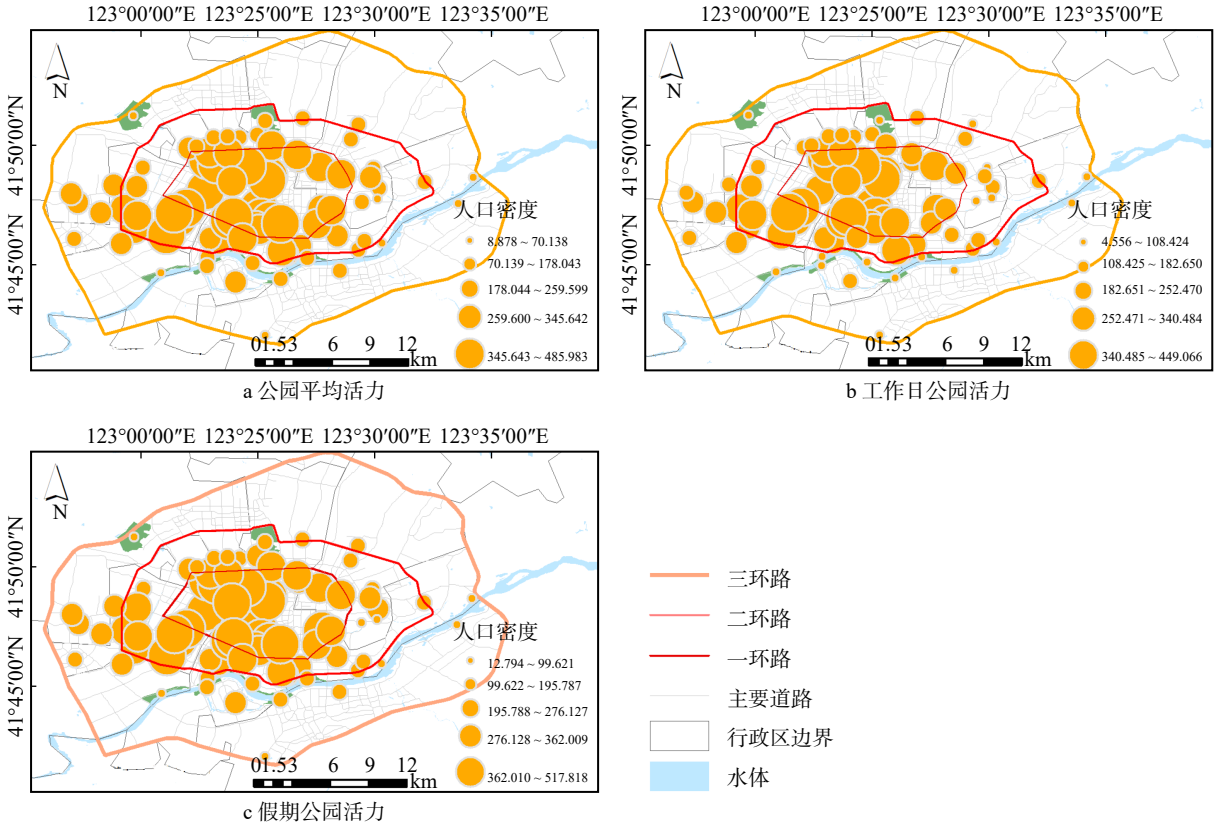
从不同时段内公园活力看(图 3)，高活力公园主要分布在一环内，公园活力随公园距城市中心距离的增加而衰减。从莫兰指数及 P 值看(表 6)，不同时段内公园活力均值均存在显著的空间正相关



a OLS 残差空间自相关检验　　b GWR 残差空间自相关检验

图 2　模型残差空间自相关检验

Fig. 2　Autocorrelation test of the residual of the model



a 公园平均活力　　b 工作日公园活力

c 假期公园活力

图 3　公园活力

Fig. 3　Vitality of parks

表 6 空间活力 Moran's *I* 检验

Tab. 6 Moran's *I* test for spatial vitality

名称	Moran's *I*	*Z*	*P*
公园平均活力	0.475	11.146	<0.001
工作日公园活力	0.500	11.723	<0.001
假期公园活力	0.439	10.342	<0.001

(Moran's *I* 为 0.439 ~ 0.500, $P < 0.001$), 表明公园活力存在空间依赖性。

3.2 公园空间活力与公正的相关性

从公园空间公正与空间活力局部自相关系数看(图 4), 空间公正与空间活力存在正相关性, 即, 空间活力随公园公正程度提升而提升, 但其局部相关模式分异。

从高–高聚集型公园分布特征看, 该类型公园主要集中于城市中心, 集聚性强, 方向性较弱且与低–高聚集型公园呈交叉分布。表明高公正属性的公园能显著提升公园活力, 但高公正属性公园占比较小, 无法充分满足受众使用需求。低–低聚集型公园分布于研究区东南部, 沿西南–东北走向分布。表明此区域内, 低公正属性的公园无法显著提升空间活力。从相关性不显著型公园分布特征看, 该类型公园呈东–西向分布, 且主要分布于二环外。这表明, 对于分布在二环外的这些公园而言, 相较于空间公正属性, 其地理位置等区位因素可能对空间活力起着更为主导的作用。

3.3 公正与活力影响机制分析

3.3.1 显著影响因子识别

从因子探测器探测结果看(表 7), A1 等 10 项因子通过显著性检验。但各项显著影响因子解释力全部低于 50%, 这表明公园的活力表征很可能是多因子交互作用的结果。从显著影响因子解释力看, 10 项显著影响因子的解释力呈双群分布, 群内因子解释力趋于一致。A1 ~ F1 显著影响因子的解释力在 13% ~ 23% 之间, F2 ~ G3 显著影响因子解释力在 27% ~ 32% 之间。影响空间活力的 10 项显著影响因子中, G1 ~ G3 对空间活力影响显著且贡献率排名整体高于分配正义与程序正义, 表明承认正义是影响空间活力的主要因子。程序正义中 F1 与 F2 对空间活力的影响显著, 表明受众权利能否有效行使(尤其是弱势群体的权利)是影响空间活力的重要条件。可达性等地理特征对空间活力的影响不显著, 公园内部的若干特征中, 公园内场地类型多样(A1)、公园

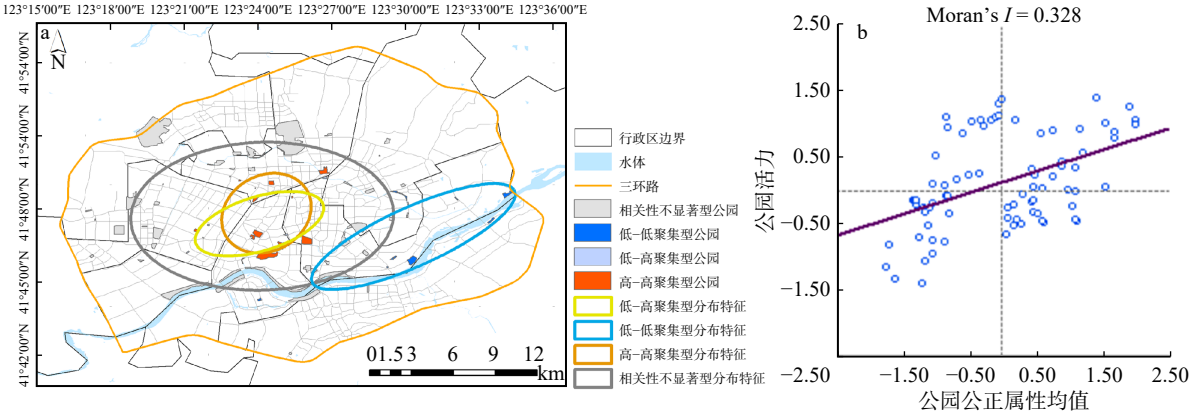


图 4 双变量局部自相关性检验

Fig. 4 Bivariate local correlation test

表 7 影响因子探测

Tab. 7 Detection of Influencing Factors

指标	*q*	*P*	排序	指标	*q*	*P*	排序	指标	*q*	*P*	排序
AI	0.093	0.638		B2	0.132	0.542		F1	0.169	0.067	8
VCA	0.119	0.138		B3	0.195	0.038	7	F2	0.313	0.017	2
ISA	0.081	0.432		C1	0.045	0.585		F3	0.038	0.847	
WBA	0.067	0.935		C2	0.150	0.046	9	F4	0.108	0.815	
SVF	0.112	0.573		D1	0.148	0.139		G1	0.292	0.003	3
A1	0.203	0.018	6	D2	0.107	0.181		G2	0.271	0.005	4
A2	0.155	0.151		E1	0.230	0.031	5	G3	0.321	0.003	1
B1	0.129	0.039	10	E2	0.140	0.313					

各类标识系统清晰可辨(B1)、设施质量(B3)、空气质量(C2)与公园设计体现地方历史(包含地方文化符号)(E1)是影响空间活力的显著因子。

3.3.2　显著影响因子的作用方式

从地理加权回归分析结果看(表 3),公园空间公正特征共能解释 73% 的空间活力,但显著影响因子的影响力空间异质性显著(图 5)。从作用方向看,除政府就公园事务征集群众意见(F1,在 49 个公园上为负向)与当前政策使公共设施使用得到改善(G2,在 65 个公园上为负向)外,其余因子在绝大多数公园中均呈正向影响(正向占比≥60%),表明整体上,公园的公正属性值越高,空间活力伴随增长,这一特征与双变量局部自相关分析的结果一致。此外,显著影响因子的影响力强度均与受众评价指数逆相关分布,公园的受众评价指数越高,变量对空间活力的影响力越低。表明空间公正对空间活力的影响是非线性的,公园公正属性的提升能促进空间活力,但随着公园公正属性提升,因子的影响强度逐渐减弱。

从显著影响因子影响力的空间异质性强度看,因子间的空间异质性强度呈阶梯式递减。公园各类标识系统清晰可辨(B1)的极差最大(0.24),系数范围为−0.13～0.11,在 57 个公园中呈正向影响,B1 的回归系数由东 向西递增。公园设施质量(B3)和公园内场地类型多样(A1) 的极差次之,均为 0.20,系数范围分别为−0.12～0.08 与−0.03～0.17),正向影响公园数分别为 59 个和 71 个。B3 的回归系数由东南向西北递增,A1 的回归系数自西南向东北递增。B1、B3 与 A1 影 响力递增方向呈三向交互,表明研究区内公园场地多样性、公园 标识设计及设施质量存在错位。此外,A1 的回归系数高分值区集 中在研究区的东北部,该区域公园数量少且面积普遍较小,表明活动场地有限时,场所多样性对空间活力影响显著。弱势群体拥有参与制定政策的机会(F2) 在所有 79 个公园中均呈正向影响,系数范围为 0.05 ~ 0.21(极差 0.16),高值区自西北向东南递增。当前政策使公共设施使用得到改善(G2) 的作用方向整体上为负向,仅在 14 个公园中呈正向影响,系数范围为−0.13 ~ 0.03(极差 0.16),高值区自东北向西南递增。其余因子的空间异质性较低,回归系数极差均≤0.1。其中,公园空气质量(C2)、公园设计体现地方历史(E1)和当前政策保障不同群体的合法权益(G1) 在 77 个及以上公园中呈正向影响。F1 在 49 个公园中呈负向影响。G3 的正负向影响公园分布较为零散,无明显的空间递变规律。

3.3.3　因子交互作用

从交互作用探测结果看(图 6),显著影响因子间均存在正向交互作用,变量两两结合均能增强空间活力。涉及增强类型分别为非线性增强与双因子增强。由图 6 可知,B1 的交互性最为显著,B1 与任意显著影响因子结合产生的增强效应均大于因子单独作用之和。这一现象与事实相符,导视系统不仅是公园设计的物理要素,还通过指引空间走向、设施使用等方式,以实现降低空间与设施的使用门槛、创造交互机会等,进而增强了使用者对空间的认同感。承认正义的三项因子(G1、G2、G3)虽不如 B1 的交互性显著,但当其与 A1(公园内场地类型多样)及 B1(公园各类标识系统清晰可辨)交互时,其交互贡献率均高于 50%,显著高于其余因子交互作用的贡献率,表明公园活力受多因子交互影响而非单因子独立作用。

4　讨　　论

4.1　非线性影响机制

本研究发现,空间公正对空间活力的影响呈现边际效应递减的非线性特征:当公园公正属性较低时,提升公园分配正义维度(如场地多样性、标识设计等)的投入能显著促进活力;但当公正属性超过一定阈值后,同等投入带来的活力提升幅度减小。这一边际效应递减规律与杨东峰等[34]的研究结论一致,表明在城市更新中优先干预低公正属性公园能够实现资源配置效率最大化。值得注意的是,尽管承认正义的解释力在统计上高于分配正义(公园物理环境质量),但这并不意味着后者可以被忽视。物理环境仍是空间活力形成的基础条件[51−52],而承认正义更多发挥调节与放大作用。本研究进一步发现,空间公正对空间活力的非线性影响存在维度间的接力效应。当分配正义对空间活力的影响趋于饱和时,程序正义、承认正义等维度的因子可以接续发挥作用,进一步提升空间活力。对沈阳市这类高城镇化率省会城市,城区公园质量、服务能力整体上处于较高水平,若仅从物理环境评估公园,不仅会高估部分变量的贡献,更会忽视公众参与和权益保障对空间活力的潜在影响。因此,本研究提出的多维公正测度框架,能够为人本导向的公园规划工作提供新的“体检”范式。

4.2　公园综合属性与受众感知间的双向作用机制

从前期调研可知,受众对于 G2(当前政策使公共设施使用得到改善)的评价在南塔公园、南湖公园等 17 个公园上大于 3,而 17 个公园中,有 13 个公园的空间活力在研究对象的前 1/3,评分与公园活力一致性高。结合调研结果与模型分析,这一现象受地方政策影响的可能性较低,不排除公园高综合属

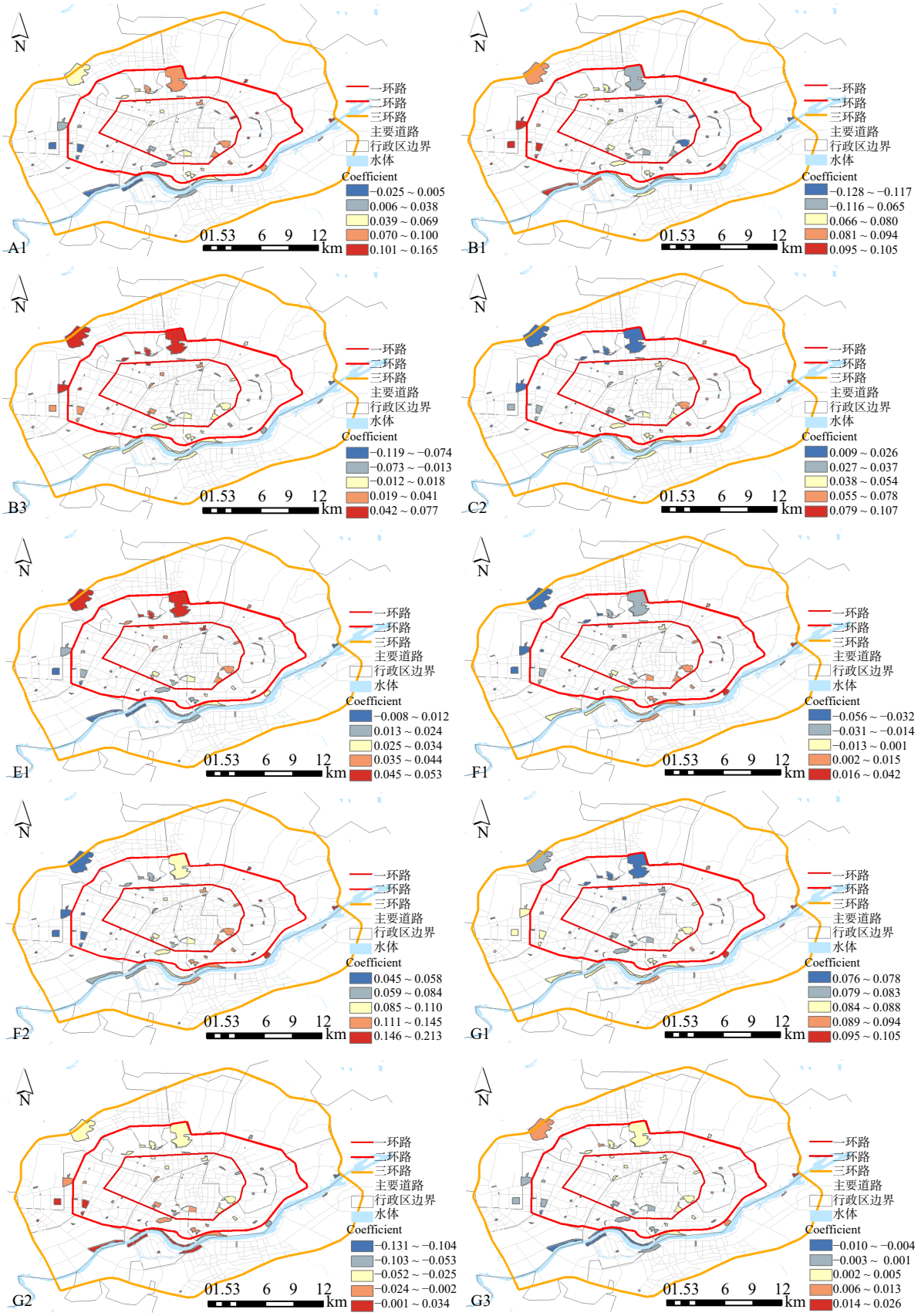


图 5 显著影响因子回归系数

Fig. 5 Regression coefficients of significant influencing factors

性对受众评价有正向作用。这提示，受众对公园的满意程度不仅可以通过特定政策解决，提升公园综合属性本身可能是性价比更高的路径。

4.3 导视系统的“催化剂”作用

空间活力是多维度因子共同作用的结果。其中，B1（公园各类标识系统清晰可辨）的交互性最强，这

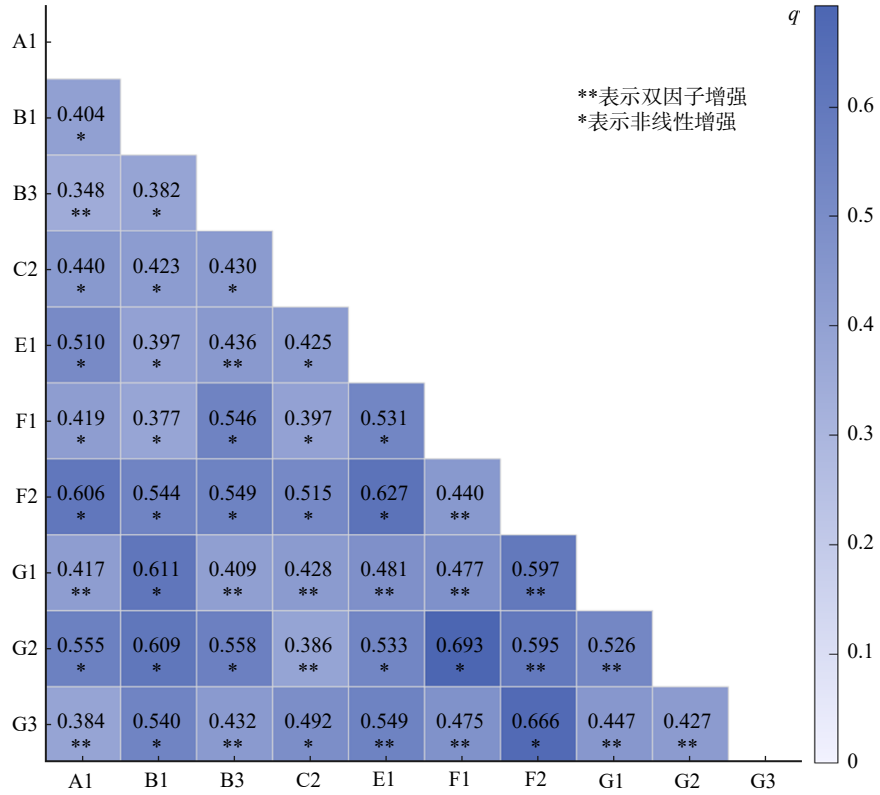


图 6　交互因子探测

Fig. 6　Interactive factor detection

提示规划设计应重视空间导视系统的“催化剂”作用：通过增强标识系统与场地多样性、设施质量等因子的协同，可更有效地提升整体空间活力。

4.4　优化建议

基于上述分析，结合《沈阳市国土空间总体规划（2021—2035 年）》[53]以人为本的发展目标，提出以下优化建议。

优先干预公正–高活力聚类公园。BiLISA 分析（图 3）显示，沈阳市二环路内部分公园整体上质量较低，同时伴随着高使用需求。就当下的沈阳市主城区而言，应以高–高聚集型公园为靶向，优先提高低–高聚集型公园公正属性，实现资源配置短期最优解。

增强东北部公园的场所多样性与空间复合度。针对研究区域东北部公园覆盖密度低、场地面积有限，难以满足居民使用需求这一现状，建议通过提升公园数量并因地制宜增设设施、提高土地利用复合度，塑造“三生”（生产、生活、生态）绿地[53]。

健全公众参与机制，保障程序正义。因子探测结果（表 6）显示，政府就公园事务征集群众意见（F1）对空间活力有显著影响（q 值排名第 8），但调研中该因子评分整体偏低且公园间评分差异显著，反映出常态化意见征集机制尚未有效建立，空间均衡性亦不足。建议深入落实《沈阳市城市绿化条例》，在规划方案报批前通过论证会、听证会等多种途径听取专家及公众意见[54]，并为残障人士等弱势群体设立专属反馈通道，将程序正义从“告知”转为“共议”，切实保障居民权益。

4.5　研究不足与展望

本研究量化了空间公正对空间活力的影响，但存在以下局限。首先，研究发现建成质量较高的公园在承认正义维度的评分也较高，但二者之间的因果关系尚不明确：究竟是高质量建成环境影响公众对承认正义的感知，还是较高承认正义水平促进了公园建设的投入？这有待后续研究验证。其次，本研究以沈阳市主城区为例，结论是否适用于其他地理、社会特征的城市尚需更为广泛样本的检验。

5　结　　论

研究以沈阳市三环路内不同类型的 79 个公园为研究对象，使用多维技术测度公园空间活力与其公正属性，逐步使用双变量局部莫兰指数、地理探测器与地理加权回归剖析空间公正与空间活力的影响。主要结论如下：（1）公园活力空间集聚性显著，随着距城市中心距离增加而衰减，并在整体上与空间公正呈显著正相关，但相关性因地理位置不同而存在差异；（2）公园内场地类型多样（A1）等 10 项因子对空间活力影响显著，可达性等地理特征对公园活力

的影响不显著；(3)除政府就公园事务的意见征集(F1)与政策对空间使用的改善(G2)外，其余显著影响因子整体上对公园活力均为正向影响；(4)显著影响因子的回归系数强度与评价指数强度呈逆向分布，回归系数随公园评价指数增加而衰减，表明公园的公正属性对空间活力的影响是非线性的。(5)公园活力受多因子交互影响而非单因子独立作用，B1 的交互性最为显著。承认正义的三项因子(G1、G2、G3)虽不如 B1 的交互性显著，但当其与公园场所多样性(A1)及公园标识设计(B1)交互时，其交互贡献率均高于 50%；(6)活动场所有限时，场所多样性对空间活力影响突出。

参 考 文 献

[1] 戴其文, 李毅, 代嫣红, 等. 环境正义研究前沿及其启示 [J]. 自然资源学报, 2021, 36(11): 2938−2954.
Dai Q W, Li Y, Dai Y H, et al. Environmental justice research frontiers and their implications [J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(11): 2938−2954.

[2] Guo S H, Ci S, Tao P, et al. Accessibility to urban parks for elderly residents: perspectives from mobile phone data [J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 191: 103642.

[3] 李敢. 环境正义视域下的转型升级思考 [J]. 当代经济科学, 2013, 35(1): 21−27, 124−125.
Li G. Reflections on transformation and upgrading from the perspective of environmental justice [J]. Modern Economic Science, 2013, 35(1): 21−27, 124−125.

[4] 王紫鹤, 王思元, 荣文卓. 景观公正的研究进展与多维评价方法探究 [J]. 中国园林, 2023, 39(9): 93−98.
Wang Z H, Wang S Y, Rong W Z. Research progress and multidimensional evaluation methods of landscape justice [J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(9): 93−98.

[5] 阿龙多琪, 马航, 杨彪. 2000 年以来我国公共空间活力研究进展 [J]. 现代城市研究, 2020(10): 123−130.
A L D Q, Ma H, Yang B. Research progress of urban public space vitality in China since 2000 [J]. Modern Urban Research, 2020(10): 123−130.

[6] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗 [N]. 人民日报, 2022−10−26(001).
Xi J P. Hold high the Great Banner of Socialism with Chinese Characteristics and Strive in Unity to build a Modern Socialist Country in All Respects[N]. People's Daily, 2022−10−26(001).

[7] 孙久文, 张皓. 新发展格局下中国区域差距演变与协调发展研究 [J]. 经济学家, 2021(7): 63−72.
Sun J W, Zhang H. Research on regional gap evolution and coordinated development in China under the new development pattern [J]. Economist, 2021(7): 63−72.

[8] Liu H M, Wang L W, Wang J Z, et al. Multidimensional spatial inequality in China and its relationship with economic growth [J]. Humanities and Social Sciences Communications, 2024(11): 1415.

[9] Qi L, Najam H, Oskenbayev Y, et al. Impact of rapid urban construction land expansion on spatial inequalities of ecosystem health in China: Evidence from national, economic regional, and urban agglomeration perspectives [J]. Ecological Indicators, 2025, 172: 113196.

[10] 张超, 庄园, 苏恬田, 等. 景观公正与空间活力研究进展与比较分析 [J/OL]. 南京师范大学学报 (工程技术版), 1−12[2026−01−04]. https://link.cnki.net/urlid/32.1684.t.20251224.1300.002.
Zhang C, Zhuang Y, Su T T, et al. Research Progress and Comparative Analysis of Landscape Justice and Spatial Vitality[J/OL]. Journal of Nanjing Normal University (Engineering Technology Edition), 1−12[2026−01−04]. https://link.cnki.net/urlid/32.1684.t.20251224.1300.002

[11] Xiao Y, Wang Z, Li Z G, et al. *An* assessment of urban park access in Shanghai: implications for the social equity in urban China [J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 157(1): 383−393.

[12] Macintyre S, Macdonald L, Ellaway A. Do poorer people have poorer access to local resources and facilities? The distribution of local resources by area deprivation in Glasgow, Scotland [J]. Social Science & Medicine, 2008, 67(6): 900−914.

[13] 凡来, 张大玉. 北京街区活力影响机制及空间分异特征研究: 基于多尺度地理加权回归 [J]. 城市规划, 2022, 46(5): 27−37.
Fan L, Zhang D Y. Influence mechanism and spatial differentiation characteristics of block vitality in Beijing: a multi-scale geographically weighted regression approach [J]. City Planning Review, 2022, 46(05): 27−37.

[14] Zeng C, Song Y, He Q S, et al. Spatially explicit assessment on urban vitality: Case studies in Chicago and Wuhan [J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 40(7): 296−306.

[15] Besenyi G M, Kaczynski A T, Stanis S A W, et al. Planning for health: a community-based spatial analysis of park availability and chronic disease across the lifespan [J]. Health & Place, 2014, 27(5): 102−105.

[16] Xiao Y, Li Z G, Webster C. Estimating the mediating effect of privately-supplied green space on the relationship between urban public green space and property value: evidence from Shanghai, China [J]. Land Use Policy, 2016, 54(7): 439−447.

[17] Wolch J R, Byrne J, Newell J P. Urban green space, public health, and environmental justice: the challenge of making cities 'just green enough' [J]. Landscape & Urban Planning, 2014, 125(5): 234−244.

[18] Nowak D J, Rowntree R A, Mcpherson E G, et al. Measuring and analyzing urban tree cover [J]. Landscape & Urban Planning, 1996, 36(1): 49−57.

[19] 杨淘, 张超. 夏季城市形态与公园热缓释能力耦合关系研究 [J]. 建筑科学, 2025, 41(8): 259−269.
Yang T, Zhang C. Study on the coupling relationship between urban morphology and park heat mitigation capacity in summer [J]. Building Science, 2025, 41(8): 259−269.

[20] Jacobs J. The death and life of great American cities : the failure

of town planning [M]. New York: Vintage Books, 2012.

[21] 陈阳, 荆欣, 马仁锋, 等. 城市绿色空间公平研究: 缘起、进展与启示 [J]. 应用生态学报, 2023, 34(7): 2006−2016.
Chen Y, Jing X, Ma R F, et al. Research on urban green space equity: origins, progress and implications [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2023, 34(7): 2006−2016.

[22] 罗尔斯. 正义论 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2009.
Rawls J. A theory of justice [M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2009.

[23] 戴维·哈维. 正义、自然和差异地理学 [M]. 上海: 上海人民出版社, 2015.
Harvey D. Justice, nature and the geography of difference [M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 2015.

[24] Young I M, Allen D S. Justice and the Politics of Difference[M]. Princeton University Press, 2012.

[25] Dai D J. Racial/ethnic and socioeconomic disparities in urban green space accessibility: Where to intervene? [J]. Landscape & Urban Planning, 2011, 102(4): 234−244.

[26] Kanuganti S, Sarkar A K, Singh A P. Evaluation of access to health care in rural areas using enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method [J]. Journal of Transport Geography, 2016, 56(10): 45−52.

[27] Ni J H, Wang J Y, Rui Y K, et al. An enhanced variable two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility to residential care facilities in Nanjing [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(11): 14490−14504.

[28] Luo W, Whippo T. Variable catchment sizes for the two-step floating catchment area (2SFCA) method [J]. Health & Place, 2012, 18(4): 789−795.

[29] Enssle F K N. Urban green spaces for the social interaction, health and well-being of older people: an integrated view of urban ecosystem services and socio-environmental justice [J]. Environmental Science & Policy, 2020, 109(7): 36−44.

[30] Delclòs-Alió, Xavier, Miralles-Guasch C. Looking at Barcelona through Jane Jacobs's eyes: Mapping the basic conditions for urban vitality in a Mediterranean conurbation [J]. Land Use Policy, 2018, 75(6): 505−517.

[31] Ye Y, Li D, Liu X J. How block density and typology affect urban vitality: an exploratory analysis in Shenzhen, China [J]. Urban Geography, 2017, 39(9): 631−652.

[32] He Q S, He W S, et al. The impact of urban growth patterns on urban vitality in newly built-up areas based on an association rules analysis using geographical 'big data' [J]. Land Use Policy, 2018, 78(11): 726−738.

[33] Kang C G, Fan D W, Jiao H Z. Validating activity, time, and space diversity as essential components of urban vitality [J]. Environment and Planning B, 2021, 48(5): 1180−1197.

[34] 杨东峰, 王晓萌, 韩瑞娜. 建成环境对街道活力的非线性影响和交互效应: 以沈阳为例 [J]. 城市规划学刊, 2023(5): 93−102.
Yang D F, Wang X M, Han R N. Nonlinear effects and interactions of built environment on street vitality: a case study of Shenyang [J]. Urban Planning Forum, 2023(5): 93−102.

[35] 蔡一萌, 于德永. 城市公园活力的形成机制与评估方法探究 [J]. 北京师范大学学报 (自然科学版), 2025, 61(4): 573−585.
Cai Y M, Yu D Y. The formation mechanism and evaluation methods of urban park vitality [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2025, 61(4): 573−585.

[36] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市绿地规划标准: GB/T 51346—2019[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for urban green space planning: GB/T 51346−2019[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.

[37] Chen Y, Xu C, Ge Y, et al. A 100 m gridded population dataset of China's seventh census using ensemble learning and big geospatial data [J]. Earth System Science Data, 2024, 16: 3705−3718.

[38] Nico L, Walter J, Dirk K W J. A high-resolution canopy height model of the Earth [J]. Nature Ecology & Evolution, 2023, 7(11): 1778−1789.

[39] Zhang Y, Zhao H, Long Y. CMAB: a multi-attribute building dataset of China [J]. Scientific Data, 2025, 12: 430.

[40] 晁瑞霞, 黄耿志, 薛德升. 基于人本需求视角的空间公正研究综述 [J]. 热带地理, 2024, 44(10): 1748−1761.
Chao R X, Huang G Z, Xue D S. A review of spatial justice research based on humanistic needs perspective [J]. Tropical Geography, 2024, 44(10): 1748−1761.

[41] 姚晓洁, 陈璐. 皖北地区城市公园绿地服务质量评价研究: 以蚌埠市为例 [J]. 西北林学院学报, 2022, 37(6): 242−249.
Yao X J, Chen L. Evaluation on service quality of urban park green space in northern Anhui Province: a case study of Bengbu City [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2022, 37(6): 242−249.

[42] 姜钰, 王一童, 郑文欣, 等. 东北三省农田生态系统碳足迹时空格局演变与驱动因素分析 [J]. 生态经济, 2025, 41(6): 119−126, 195.
Jiang Y, Wang Y T, Zheng W X, et al. Spatiotemporal pattern evolution and driving factors of carbon footprint of farmland ecosystem in three northeastern provinces [J]. Ecological Economy, 2025, 41(6): 119−126, 195.

[43] 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(07): 1113−1126.
Tong D, Sun Y Y, Xie M M. Evaluation of green space accessibility in Shenzhen using an improved Gaussian two-step floating catchment area method [J]. Progress in Geography, 2021, 40(07): 1113−1126.

[44] 张紫怡, 曹妍, 张立亭, 等. 赣州市生境质量和景观格局间时空非平稳性关联 [J]. 农业工程学报, 2024, 40(6): 347−356.
Zhang Z Y, Cao Y, Zhang L T, et al. Spatiotemporal non-stationary correlation between habitat quality and landscape pattern in Ganzhou City [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40(6): 347−356.

[45] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体信息的研究 [J]. 遥感学报, 2005(5): 589−595.
Xu H Q. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI) [J]. Journal of Remote Sensing, 2005(5): 589−595.

[46] 陈炳杰, 陈佩敏, 黄泽鹏等. 基于 Landsat 的广州市热岛效应时空变化分析 [J]. 广东工业大学学报, 2021, 38(2): 53−59.
Chen B J, Chen P M, Huang Z P, et al. Spatiotemporal variation analysis of urban heat island effect in Guangzhou based on Landsat [J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2021, 38(2): 53−59.

[47] 陈强, 程倩豪, 陈云浩, 等. 城市天空可视因子对地表热环境的影响分析 [J]. 测绘科学, 2021, 46(8): 148−155.
Chen Q, Cheng Q H, Chen Y H, et al. Analysis of the impact of urban sky view factor on surface thermal environment [J]. Science of Surveying and Mapping, 2021, 46(8): 148−155.

[48] 张慧, 栾思雨, 丛蓉. 东北黑土区典型县域耕地质量对耕地水田化的空间响应 [J]. 水土保持研究, 2024, 31(1): 327−334.
Zhang H, Luan S Y, Cong R. Spatial response of cultivated land quality to paddy field conversion in typical counties of northeast black soil region [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(1): 327−334.

[49] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116−134.
Wang J F, Xu C D. Geodetector: principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116−134.

[50] 韩静, 芮旸, 杨坤, 等. 基于地理探测器和 GWR 模型的中国重点镇布局定量归因 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1687−1697.
Han J, Rui Y, Yang K, et al. Quantitative attribution of key town layout in China based on geodetector and GWR model [J]. Progress in Geography, 2020, 39(10): 1687−1697.

[51] Wang X Q, Zhang Y L, Li C H, et al. Investigating nonlinear and spatially heterogeneous impacts of the built environment on urban vitality [J]. Sustainable Cities and Society, 2025, 135(12): 107033.

[52] Jin R, Li X. Decoding vibrant neighborhoods: disparities between formal neighborhoods and urban villages in eye-level perceptions and physical environment [J]. Sustainable Cities and Society, 2024, 101(02): 105122.

[53] 沈阳市人民政府. 沈阳市国土空间总体规划 (2021—2035 年). [EB/OL]. (2025−04−07). https://www.shenyang.gov.cn/zwgk/zcwj/zfwj/szfwj/202504/t20250407_4832903.html.
Shenyang Municipal People's Government. Shenyang Master Plan for Land and Space (2021−2035)[EB/OL]. (2025−04−07). https://www.shenyang.gov.cn/zwgk/zcwj/zfwj/szfwj/202504/t20250407_4832903.html.

[54] 沈阳市人民政府. 沈阳市城市绿化条例 [EB/OL]. (2023−08−07). https://www.shenyang.gov.cn/zwgk/zcwj/fggz/sdfxfgzl/202308/t20230828_4517478.html.
Shenyang Municipal People's Government. Shenyang Urban Greening Regulation[EB/OL]. (2023−08−07). https://www.shenyang.gov.cn/zwgk/zcwj/fggz/sdfxfgzl/202308/t20230828_4517478.html.

（责任编辑 范 娟
责任编委 李 雄）