DOI: 10.15986/j.1006-7930.2026.04.010

基于MGWR的历史文化街区网格活力影响机制研究——以喀什恰萨亚瓦格街区为例

张 薇[1,2], 唐仁杰[1], 杨凌凡[3], 赵子良[3]

(1. 长安大学 建筑学院,陕西 西安 710061; 2. 中国-葡萄牙文化遗产保护科学"一带一路"联合实验室西安研究基地,陕西 西安 710061;
3. 西安建筑科技大学 建筑学院,陕西 西安 710055)

摘要: 在存量更新提质增效的背景下,厘清小尺度下城市活力的影响机制对提升历史文化街区空间品质和精准引导保护规划实施具有重要现实意义。但多数研究停留在城市宏观层面和单一模型应用,忽视了微观尺度的空间特征与模型间差异。文章以人口密度大且具有伊斯兰特色的恰萨亚瓦格历史文化街区为研究对象,将街区基层治理单元"网格"引入空间分析框架,融合多源数据应用空间自相关、多尺度地理加权回归(multiscale geographically weighted regression,MGWR)等模型分析街区活力影响因素及其空间异质性。结果表明:(1)街区活力呈现出由中心向外递增的圈层式结构且存在空间分异,其中3-1与1-5网格活力最强;(2)MGWR模型有着更好的拟合效果,(R^2)显著高于OLS和GWR模型,AICc值明显降低,说明在历史文化街区小尺度活力研究中有一定的解释优势,但受样本量限制,模型结果需谨慎判断;(3)*POI*混合度、历史记忆点密度和人性化设施密度对街区活力影响最为显著;(4)相同因素在不同网格对活力影响存在差异,可与气候适应性空间形态和宗教商业网络等地域语境进行解释。基于*POI*混合度、人性化设施密度和历史记忆点密度等关键因子的作用方向,最终提出增加复合型*POI*供给、完善便民服务设施配套、推动历史记忆点开放利用等街区活力提升路径。

关键词: 街区活力; 空间异质性; 影响机制; 历史文化街区; 多尺度地理加权回归模型

中图分类号: TU984 **文献标志码**: A **文章编号**: 1006-7930(2026)04-0557-11

A study on the influencing mechanisms of grid-based urban vitality in historic districts based on MGWR: A case study of the Qiasayawage historic district in Kashgar

ZHANG Wei[1,2], *TANG Renjie*[1], *YANG Lingfan*[3], *ZHAO Ziliang*[3]

(1. School of Architecture, Chang′an University, Xi′an 710061, China; 2. Xi′an Research Base, China-Portugal Joint Laboratory of Cultural Heritage Conservation Science under the Belt and Road Initiative, Xi′an 710061, China;
3. School of Architecture, Xi′an Univ. of Arch. & Tech., Xi′an 710055, China)

Abstract: Against the background of quality and efficiency improvement in built-up area renewal, clarifying the small-scale mechanisms influencing urban vitality is of practical significance for improving spatial quality and guiding conservation planning in historic and cultural districts. However, most existing studies remain focused on macro urban scales and single-model applications, while micro-scale spatial characteristics and inter-model differences have received insufficient attention. Taking the QiasaYawage Historic and Cultural District, a high-density district with distinct Islamic cultural characteristics, as the research object, this study introduces the grassroots governance unit of "grid" into the spatial analysis framework. Multi-source data are integrated, and spatial auto correlation analysis and multiscale geographically weighted regression (MGWR) are applied to examine the influencing factors and spatial heterogeneity of district vitality. The results show that: (1) district vitality presents a ring-like structure that increases from the center to the periphery, with evident spatial differentiation, and grids 3-1 and 1-5 show the highest vitality levels; (2) the MGWR model shows better fitting performance, with a significantly higher R^2 than the OLS and GWR models and a markedly lower AICc value, indicating a certain explanatory advantage in small-scale vitality

收稿日期: 2026-04-20 **修回日期**: 2026-06-29

基金项目: 国家自然科学基金(52208043)

第一作者: 张 薇(1982—),女,博士,副教授,博士生导师,研究方向为城乡规划与历史文化保护。E-mail:zhangwei82@chd.edu.cn

research of historic and cultural districts, although the results should be interpreted cautiously due to sample size limitations; (3) *POI* mix, historical memory point density, and human-oriented facility density have the most significant effects on district vitality; and (4) the effects of the same factors vary across different grids, which is related to the district's distinctive arid climate and Islamic cultural context. Based on the influence directions of key factors such as *POI* mix, human-oriented facility density, and historical memory point density, vitality improvement paths are proposed, including increasing composite *POI* supply, improving convenient public service facilities, and promoting the open use of historical memory points.

Key words: block vitality; spatial heterogeneity; impact mechanism; historical and cultural district; multi-scale geographically weighted regression model

在存量发展与精细化治理导向下,激发街区活力成为历史文化街区复兴的关键。2025年5月印发的《中共中央办公厅 国务院办公厅关于持续推进城市更新行动的意见》指出,围绕城市更新的主要任务部署,明确提出要“推动老旧街区功能转换、业态升级、活力提升,因地制宜打造一批活力街区”。当前历史文化街区存在街巷衰败、业态单一、文化消隐等活力低下的问题,而大多更新研究停留在街区宏观层面、缺乏对小尺度空间活力特征与机制的探讨;同时结合“精细化治理”导向下文化传承与空间品质提升的双重目标,激发空间活力已成为实现历史文化街区复兴的重要抓手,而厘清内在核心驱动要素才能做到有的放矢精准施策。

城市活力始终是学术界关注的焦点,早期研究主要从空间形态与功能结构两个方面展开,强调城市形态[1]、社会基础设施及人口流动[2]的作用,认为空间形态是激发活力的主要因素;随着城市更新实践的推进,研究内容逐渐由单一空间形态拓展至步行安全[3]、碳排放[4]、业态结构[5]、人群感知[6]等要素,形成了多因素综合解释框架。其共性旨在识别影响活力的关键因素并解析其作用机制[7-9],以提供差异化、针对性的空间品质提升措施,促进城市更新的质量与效率[10]。

在研究方法层面,受限于数据条件与分析方法,一些研究多采用全局回归模型[11-12],难以刻画变量作用在空间上的非均质分布。近年来,相关学者运用地理加权回归(GWR)模型通过引入空间权重,能够揭示变量作用的局部差异,在探讨街景感知[13]、慢行活力[14]、租赁住房[15]等研究中得到广泛应用,有着较好的解释能力。然而,GWR模型默认所有变量具有相同带宽,难以反映不同影响因素在空间上的差异。由此,Fotheringham等[16]提出多尺度地理加权回归(MGWR)模型,通过为各空间单元的具体特征选择不同的带宽,可更好地处理不同空间尺度的异质性,提高模型的拟合度和预测能力。已有研究表明,在城市宏观尺度MGWR模型有着更好的拟合效果[17-20]。但多数活力研究以一般城市空间为主,对于具有伊斯兰民族特色与地域气候特征的历史文化街区关注不足,并且MGWR模型在恰萨街区微观尺度层面的适用性仍需进一步判断。

在空间单元选择上,不同尺度或边界划分方式可能对活力测度、影响因子统计及模型回归结果产生影响。考虑到历史文化街区精细化治理与更新实施的现实需求,本文选择社区网格作为基本单元。相较于街道、社区等较大尺度单元,社区网格能够更细致地呈现街区内部活力差异;相较于等面积栅格或街巷,网格可直接对应基层治理、设施配置和更新实施过程,具有较强的规划转译价值,但可能存在可塑性面积单元问题(MAUP),后续仍需结合街巷形态、等面积栅格和人群活动范围等多尺度单元开展稳健性检验。

基于此,本文以喀什恰萨亚瓦格历史文化街区为研究对象,引入基层治理单元“网格”作为分析尺度,综合考虑街区建成环境要素和历史遗产保护的特殊语境以评估城市活力,构建OLS、GWR与MGWR模型进行对比分析,揭示微观尺度下街区活力的空间分异特征及其影响机制,从而弥补既有研究在尺度、方法与地域语境上的不足,以期为民族地区历史文化街区的保护与更新提供理论支撑与实践参考。

1 研究框架

综合历史城区现状与已有研究,本文以实地调研与入户访谈数据为基础,总结出街区活力现状问题,结合历史文化街区的保护语境,从建成环境、业态功能、文化传承、社区治理四个维度筛选出11项可能影响街区活力的变量并计算相关指标,运用Pearson相关系数矩阵分析与Moran's I空间自相关检验分析,通过构建OLS、GWR、MGWR三种模型,识别拟合优度最好的模型用于分析活力的空间

特征与作用机制，最后剖析活力的现状问题并提出更新策略（图1）。

2　研究区域、数据来源及方法

2.1　研究区域

喀什是第二批国家历史文化名城，也是我国唯一一座拥有伊斯兰文化城市格局形态的城市。古城范围内拥有3条历史文化街区，包括恰萨亚瓦格历史文化街区（以下简称恰萨街区）、艾提尕尔历史文化街区、和高台民居历史文化街区，历史城区范围1.58 km²[21]。本文选取恰萨街区内的所有社区网格作为研究对象，面积约82.92 ha，共计30个网格，具体如图2所示。人口占喀什古城总人口的53%，人口密度高达2万人/km²，是喀什地区人口密度最为集聚的区域，也是城市活力显著集聚的区域，可为民族地区城市活力的研究提供一定的实证参考。

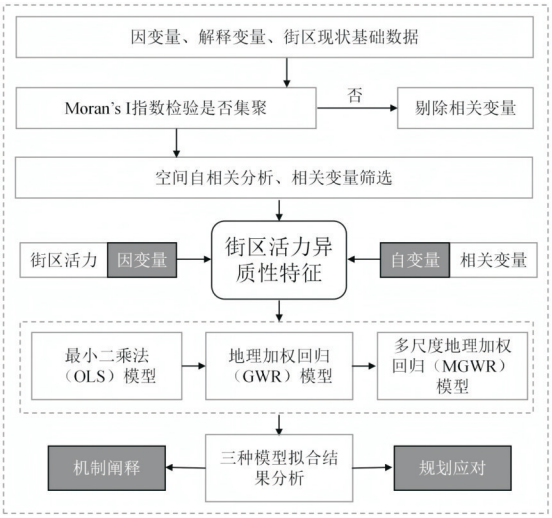


图1　技术框架

Fig. 1　Technical framework of the research

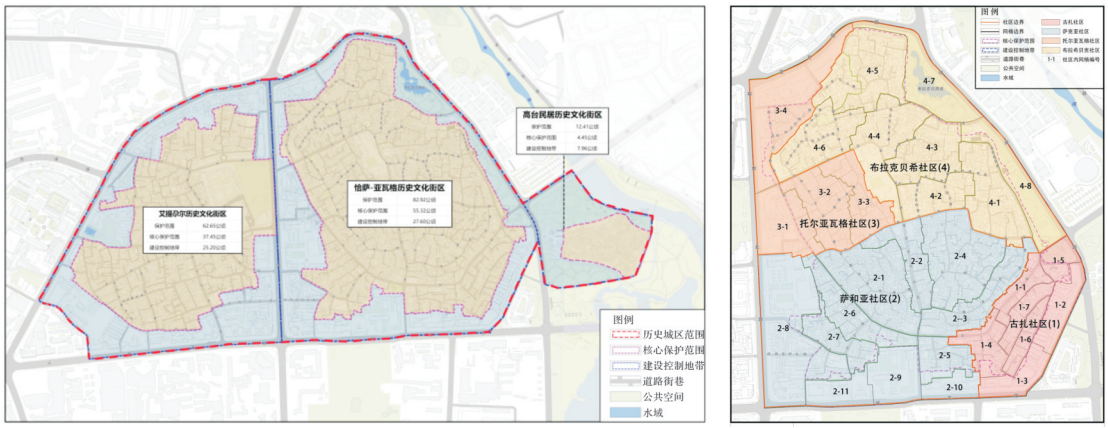


图2　恰萨亚瓦格历史文化街区区位

Fig. 2　Location of the Qiasayawag historic cultural district

2.2　数据来源

街道作为我国行政区划中的最小单元，在这一尺度上开展研究对于指导保护规划与提升街区活力，具有较好的科学依据与可操作性[17]。基于民族地区的社区治理模式，在社区下又划分网格单元进行基层自治，这种管理模式是街区自生长的体现，将街区中的网格作为研究的基本单元能够更好地解析活力影响因素。

研究选取天气舒适，且排除古尔邦节、高考等特殊事件对活力研究结果的干扰，能够反映常态化居民出行的连续五日作为研究时间范围[22]。结合已有对活力数据处理方法[23-24]，用百度热力图数据反映街区活力，从百度地图慧眼平台进行爬取数据，选取2024年6月10日至6月14日五天24个整点的活力数据，计算每个网格120个时间节点的热力均值，通过计算该指标与网格面积的比值，得到每个单元的热力强度，并据此衡量其空间活力程度，数值越高代表街区活力越强。

参考相关文献[25-26]，从建成环境、业态功能、文化传承、社区治理四方面构建一级指标，选取了11项二级指标作为自变量。各解释变量的数据来源和计算方法详见表1，对于不同指标量纲不统一的情况，研究对结果进行了标准化处理。

2.3　研究方法

2.3.1　皮尔逊相关系数

影响要素之间可能存在的联动效应会共同影响街区活力，导致不同网格区域活力水平的差异。为揭示这种联动性，采用皮尔逊相关系数对11项二级指标进行相关性分析[27]。

$$r=\frac{\sum(X_i-\overline{X})(Y_i-\overline{Y})}{\sqrt{\sum(X_i-\overline{X})^2\sum(Y_i-\overline{Y})^2}}$$

2.3.2　空间自相关

空间自相关性分析包括全局自相关与局部自相关两个方面。Moran's I可评估整个研究区域内各空间单元整体性的空间关联，反映研究对象在全

表1 影响因素数据来源和计算公式

Tab. 1 Data sources and calculation methods of influencing factors

指标		定义	计算公式	数据来源
一级	二级			
建成环境	社区可达性	各网格中心点到各社区的最近距离	社区中心距离/m	高德地图开放平台
	街巷长度	街巷交叉口之间的距离	街巷水平投影的长度	OpenStreetMap官网
	建筑密度	建筑基底面积占比	网格内建筑占地面积总和/网格面积	OpenStreetMap官网
	街巷交叉口数量	网格街巷交叉口数量	网格内街巷交叉口个数	OpenStreetMap官网
业态功能	*POI*混合度	网格内不同类型*POI*占比相对值的熵	$A_i=\frac{\text{社区网格内第}i\text{类}POI\text{数量}}{\text{街区所有类型}POI\text{总数量}}$ $B_i=\frac{\text{最小单元第}i\text{类}POI\text{数量}}{\text{最小单元内所有类型}POI\text{总数量}}$ $C_i=\frac{B_i}{A_i}, P_i=\frac{C_i}{\sum_{i=1}^{n}C_i}\times 100\%$ *POI*混合度 = $-\frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n}P_i\ln(P_i)$,（$n$为街区内*POI*类型总数）	高德地图开放平台
	土地利用混合度	网格内不同类型土地利用混合状况	$X_i=\sum S_i\times\ln(\frac{1}{S_i})$ （i为土地利用类型，S_i为最小单元内第i类土地面积占土地总面积的比例）	高德地图开放平台
	人口密度	人口密度/（人/km²）	人口数量/网格面积	WorldPop官网
	公共空间面积	广场、绿地、水系、宗教空间的面积总和	网格内公共空间占地面积总和	OpenStreetMap官网
文化传承	历史记忆点密度	文物古迹、历史建筑、拟推荐历史建筑等历史记忆点的个数和文化设施*POI*核密度值	$D_i=\frac{N_i}{S_i}, i\in(1,2,3,\cdots,n)$ D_i为某一街区内的某一设施点*POI*数据点密度分数（分/km²） N_i为该街区内该设施点的*POI*点的值，S_i为区域的面积（km²）	实地调研数据
社区治理	人性化设施密度	无障碍设施、便民服务设施、环保与卫生设施等*POI*核密度值	$D_i=\frac{N_i}{S_i}, i\in(1,2,3,\cdots,n)$ D_i为某一街区内的某一设施点*POI*数据点密度分数（分/km²） N_i为该街区内该设施点的*POI*点的值，S_i为区域的面积（km²）	高德地图开放平台、实地调研数据
	自主更新户数	网格内居民自主更新房屋数量	网格内自主更新的户数	实地调研数据

局尺度上的空间分布特征[28]；而局部自相关则借助LISA（Local Indicators of Spatial Association）分析，聚焦某一空间单元与其邻近区域之间的关联程度，侧重于揭示局部空间上的差异性与聚集特征，运用Moran′s I和LISA检验街区活力的全局与局部空间集聚特征[29]。

2.3.3 MGWR模型

MGWR（多尺度地理加权回归）模型可用于局部回归分析，通过为各空间位置分配不同的权重，将地理位置信息嵌入回归系数中，实现对变量在空间上的局部变异进行描述，揭示各影响因子对街区活力的空间影响强度[22]。考虑到影响城市活力的因素可能同时具有空间平稳性与非平稳性的特征，MGWR模型在GWR（地理加权回归）模型的基础上引入了变量间带宽差异，使不同变量可以依据其自身的空间异质性独立设定带宽，从而增强了模型结果的精确性与解释能力。

$$y_i=\sum_{j=1}^{k}\beta_{bwj}(u_i,v_i)x_{ij}+\varepsilon_i \tag{1}$$

式中：y_i表示第i个网格的活力，x_{ij}表示第i个网格第j个影响因素，k表示网格数量，(u_i, v_i)表示网格中心点的空间坐标，$\beta_{bwj}(u_i, v_i)$表示第i个街道第j个影

响因素局部回归系数，ε_i表示随机误差项[16]。

3　结果分析

3.1　恰萨街区空间活力分异特征

3.1.1　街区活力空间分布格局

街区内的活力空间上呈现“中心低边缘高”的分布格局（图3），并且具有“北低南高”的特征，3-1和1-5单元网格活力最强，运用ArcGIS冷热点分析工具对街区的活力进行分析（图4），结果表现出南北分布不均，北部的布拉希贝克社区普遍活力较低，呈现出显著的冷点集聚的特征，而街区东南侧的古扎社区普遍活力较高，呈现出显著的热点集聚的特征。

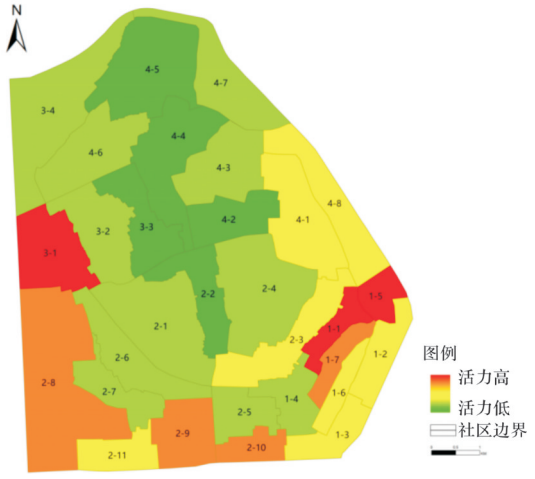


图3　恰萨街区活力空间分布

Fig. 3　Spatial distribution of urban vitality in the Qiasayawag district

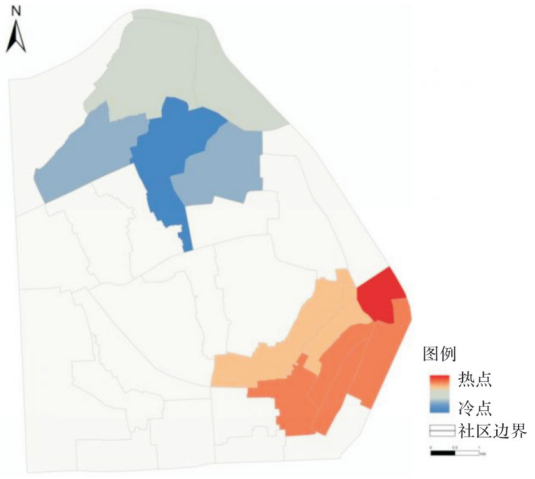


图4　恰萨街区冷热点聚集特征识别

Fig. 4　Hotspot analysis (Getis-Ord Gi*) of urban vitality in the Qiasayawag historic cultural district

3.1.2　街区活力分布聚类特征

对街区活力的空间自相关性进行全局莫兰指数检验，得到城市活力的Moran's I指数为0.369 5，标准化检验Z值为2.656 9。通过显著性水平检验（$P<0.01$），结果表明随机产生此聚类模式的可能性小于1%。根据Moran's I指数检验的结果显示街区活力在空间上表现出显著的集聚特性，存在空间集聚现象和溢出效应（图5）。

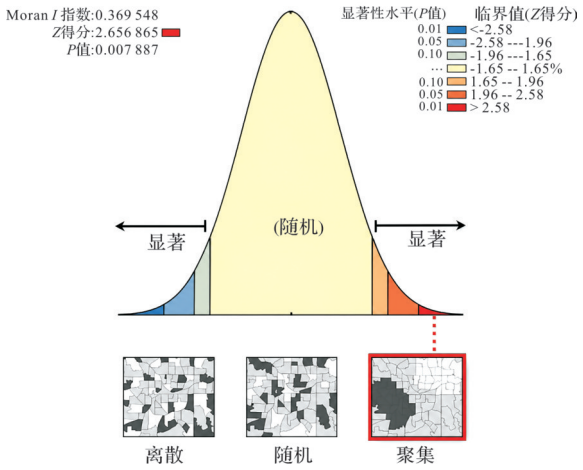


图5　街区活力全局空间自相关分析结果

Fig. 5　Results of global spatial auto-correlation analysis of urban vitality

局部空间自相关性分析表明街区各网格的活力分布存在显著的空间集聚现象，且整体空间分布呈现不均衡特点。在空间上形成了“高—高”、“低—低”、“高—低”以及“低-高”四种类型的集聚组合，其中“高—高”与“低-低”型集聚区占主导，而“高—低”和“低—高”类型的异质集聚极少。此外街区活力呈现出典型的“马太效应”，即空间分布上“高—高”聚类和“低—低”聚类两极分化现象明显见图6。

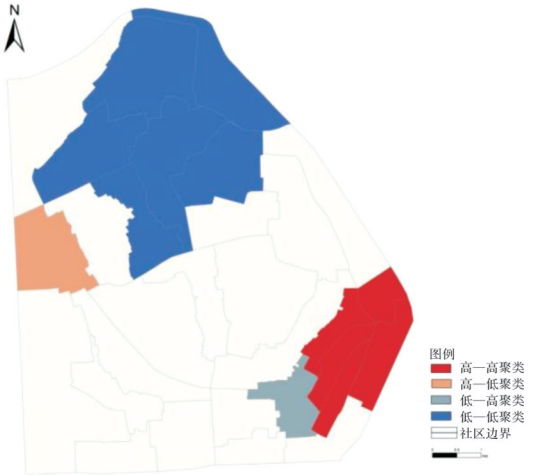


图6　街区活力LISA聚类结果

Fig. 6　Local spatial auto-correlation (LISA) analysis of urban vitality

3.2　街区空间活力影响因素分析

3.2.1　影响因子识别

结合各自变量与街区活力的分布关系箱线图见图7，剔除异常值并综合Moran's I的检验结果分析。结果表明，除建筑密度和街巷交叉口数外，其

余 9 项指标均在 5% 或 1% 的显著性水平下表现出显著的空间集聚特征(Moran′s I>0),表明街区建成环境、业态功能等要素在空间上并非随机分布,而是存在明显的集聚效应(表 2)。

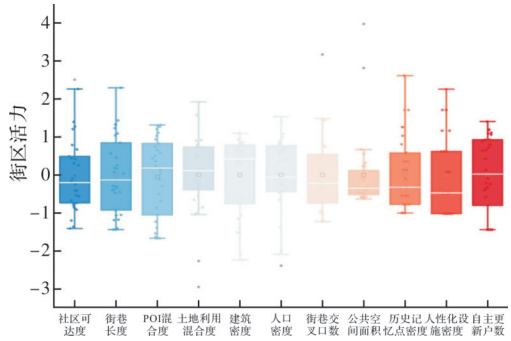


图 7 各自变量与街区活力的分布关系

Fig. 7 Spatial relationships between influencing factors and urban vitality

3.2.2 模型构建结果

MGWR 模型在进行运算分析前,需要确保各解释变量间不存在较强的统计相关性或线性关系,随后再选取合适的自变量代入 MGWR 模型。计算结果表明,各变量的方差膨胀系数(VIF)均小于 5,说明变量间不存在多重共线性问题。但在 OLS 显著性检验中,建筑密度与街巷交叉口数未通过检验(P>0.05),在全局尺度下其对街区活力的解释力度较弱,故予以剔除,同时考虑到研究区域的网格样本量为 30 个,为避免 MGWR 模型在局部拟合时因自变量过多而导致自由度不足与过拟合现象,本研究采用变量压缩与带宽优化以增强模型稳健性,剔除影响程度较小的因子,最终保留 7 个核心解释变量分别构建 GWR 与 MGWR 模型,见表 3。

为进一步判断全局回归模型是否充分解释街区活力的空间过程,本文对最终 OLS 模型的标准化残差进行 Moran′s I 检验。结果显示,OLS 标准化残差 Moran′s I 为 0.231,Z 值为 2.028,P 值为 0.034,通过 5% 显著性检验,见表 4。表明 OLS 残差仍存在显著空间自相关,全局模型尚未完全消除变量作用关系中的空间依赖特征,街区活力影响机制可能存在空间非平稳性。因此,进一步采用 GWR 与 MGWR 模型识别不同影响因素局部作用差异具有一定方法依据。

表 2 影响街区活力因素的 Moran′s I 统计结果

Tab. 2 Global spatial auto-correlation (Moran′s I) statistics of explanatory variables

指标		Moran′s I 指数	Z 值	P 值	显著性
一级指标	二级指标				
建成环境	社区可达性	0.347 038	2.519 123	0.011 765	**
	街巷长度	0.214 921	2.293 678	0.021 809	*
	建筑密度	0.054 818	0.582 565	0.560 186	——
	街巷交叉口数	0.081 199	2.074 502	0.058 033	——
业态功能	POI混合度	0.577 799	4.535 212	0.000 06	**
	土地利用混合度	0.546 852	3.944 851	0.000 08	**
	人口密度	0.309 04	2.266 137	0.023 443	*
	公共空间面积	0.228 926	2.204 567	0.027 484	*
文化传承	历史记忆点密度	0.297 071	3.885 356	0.000 102	**
社区治理	人性化设施密度	0.368 47	3.016 924	0.002 554	**
	自主更新户数	0.181 887	2.351 793	0.018 683	*

注:*表示通过 5% 显著性检验,**表示通过 1% 显著性检验,——表示未通过

模型对比结果表明,MGWR 模型在 R^2 与 AICc 指标上均优于 OLS 与 GWR,说明其在刻画空间异质性方面具有更高解释力。GWR 模型和 MGWR 模型的 AICc 值分别为 125.325 和 97.264,AICc 数值越小说明模型的拟合度越高,MGWR 模型预测的数值更接近真实值。MGWR 模型修正后的 R^2 的数值大于 OLS 模型和 GWR 模型的数值,证实 MGWR 模型在解释街区活力的空间异质性方面更具优势,同样也适用于小尺度的活力研究。AICc 值的对比显示,MGWR 模型比 GWR 模型更为精准,能够更清晰地揭示各个因素之间的空间关联机制。基于此,本研究采用 MGWR 模型探究 7 项影响因子对街区活力的空间分异影响,见表 5。

3.2.3 MGWR 模型回归结果分析

MGWR 模型各系数统计结果显示见表 6:POI 混合度、人性化设施密度和自主更新户数呈现正向影响,而社区可达性、街巷长度和历史记忆点密度呈现负向影响,与 OLS 模型回归的结果一致。

表 3　OLS 回归结果统计

Tab. 3　Results of OLS regression

指标		系数	*P* 值	方差膨胀因子（*VIF*）	筛选结果
一级指标	二级指标				
建成环境	社区可达性	−0.372	0.01	1.560 907	保留
	街巷长度	−0.294	0.02	3.951 333	保留
业态功能	POI混合度	0.372	0.00	1.453 522	保留
	土地利用混合度	−0.044	0.00	1.876 290	剔除
	人口密度	0.154	0.02	1.354 843	保留
	公共空间面积	0.046	0.03	2.113 694	剔除
文化传承	历史记忆点密度	−0.428	0.00	2.868 842	保留
社区治理	人性化设施密度	0.345	0.00	1.694 302	保留
	自主更新户数	0.241	0.02	4.227 013	保留

带宽可反映变量作用的空间尺度（表 6）。*POI* 混合度、人性化设施密度、自主更新户数带宽小说明变量的空间影响较集中，作用尺度小，空间非平稳性强；社区可达性、街巷长度、人口密度、历史记忆点密度带宽大说明变量作用范围广，作用尺度大，影响关系越接近全局平稳。各影响因子的系数方向和带宽存在差异，表明街区活力受到全局与局部两个尺度的共同影响，为解释作用尺度差异提供依据。

结合回归系数空间分布（图 8），对各影响因子的作用机制解析如下：

（1）建成环境维度

社区可达性对街区活力呈显著负向影响，其回归系数为 −0.322 8～−0.321 5，且北部影响强于南部。从（图 8）可以看出整体上呈现两极分化，社区可达性在北部的影响程度要大于南部，社区普遍集中在街区的南部和中部，导致布拉克贝西社区的网格在空间上距社区较远，可达性差，人群的活动相应减少，与活力呈负向影响，越靠近北部活力越低；街巷长度同样呈负向作用（−0.265 9～−0.263 0），并表现出“北低南高”的空间差异。相较于南部的街巷北部的社区网格街巷长而疏，结合访谈发现较长的街巷会分散人流和影响步行的舒适度，人群活动相应也会减少，并且北部的街巷长度越长对活力产生的负向影响越显著。

（2）业态功能维度

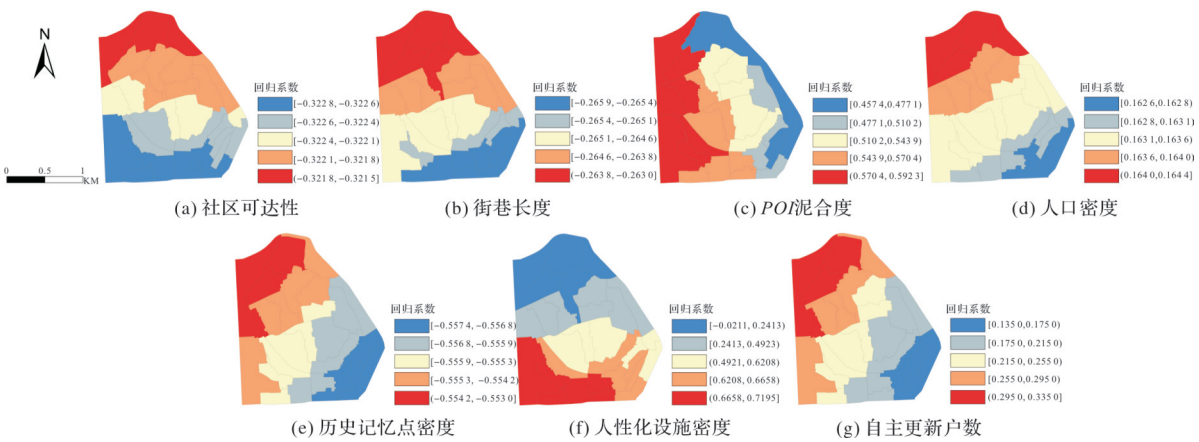
POI 混合度对街区活力具有最显著的正向影响，带宽为 10，其回归系数在 0.457 4～0.592 3，影响力最强的区域在街区西侧，并且呈现从西向东逐渐递减的趋势，其中托尔亚瓦格社区的 3-1 网格与萨合亚社区的 2-8 网格活力最高，且 *POI* 混合度在此区域的影响程度最大。3-1 网格是汉巴扎的所在地，同时西侧区域业态类型丰富、设施集聚程度高，叠加邻近城市主干道的区位优势，能够持续吸引居民与游客活动；人口密度对街区活力呈稳定正向影响，回归系数为 0.162 6～0.164 4，其系数波动较小，作用强度接近于全局尺度。人口密度北部的布拉克贝西社区较高、东南部的古扎社区较低，反映出在生活性网格中，居民日常出行和邻里交往是街区活力的重要组成。

表 4　OLS 模型标准化残差 Moran′s *I* 检验结果

Tab. 4　Moran′s *I* test results for standardized residuals of the OLS model

检验对象	Moran′s *I* 指数	*Z* 值	*P* 值	结果判断
OLS 模型标准化残差	0.231	2.028	0.034*	残差存在显著空间自相关

注：*表示通过 5% 显著性检验



(a) 社区可达性　(b) 街巷长度　(c) *POI*混合度　(d) 人口密度

(e) 历史记忆点密度　(f) 人性化设施密度　(g) 自主更新户数

图 8　MGWR 模型回归系数空间分布

Fig. 8　Spatial distribution of regression coefficients of the MGWR model

表5 各模型回归结果比对

Tab. 5 Comparison of regression results among models

变量	OLS	GWR	MGWR
社区可达性	−0.372	−0.420	−0.322
街巷长度	−0.294	−0.250	−0.265
*POI*混合度	0.372	0.491	0.563
人口密度	0.154	0.158	0.164
历史记忆点密度	−0.428	−0.568	−0.556
人性化设施密度	0.345	0.571	0.502
自主更新户数	0.241	0.259	0.235
$AdjR^2$	0.263	0.315	0.452
AICc	632.956	125.326	97.264

(3)文化传承维度

历史记忆点密度对街区活力呈显著负向影响(−0.557 4～−0.553 0),且影响强度由西北向东南逐渐减弱。历史记忆点密度呈负向影响,并不意味着历史资源本身削弱街区活力。一方面,反映出历史保护区内商业开发和空间改造受到限制导致业态缺失;另一方面,历史建筑与传统民居处于闲置或低效利用状态,难以吸引人流、产生游憩和交往活动,从而抑制街区活力。

人性化设施密度对网格活力的影响在不同空间上呈现不同的影响关系,带宽为6,其影响系数为−0.021 1～0.719 5。其在托尔亚瓦格社区的3-4网格呈现负向影响,但在其他网格呈现正向影响,并且影响程度是所有变量中最大的,整体上表现为北低南高,反映了设施完善能够提升空间使用效率性,从而增强活力;但在个别网格中出现负向作用,反映出设施配置存在"游客导向"倾向,未能有效匹配居民日常需求;自主更新户数对活力呈正向影响(0.235 0～0.335 0),带宽为14,具有一定的局部效应。原因为各网格自主更新的户数较少,街区居民普遍选择接受政府主导的老城改造政策,缺少"一户一设计"精细化改造意愿。

综上,各影响因子在不同网格中的作用强度存在显著差异,表明历史文化街区活力具有明显的空间非平稳性特征。

3.3 历史文化街区活力的内生逻辑与机制

(1)气候与宗教耦合下的内生逻辑

恰萨街区活力可能受干旱高温气候与伊斯兰宗教文化共同约束。街区空间形态与民居形式呈现出被动式适应,即高墙窄巷的街巷格局与阿依旺式院落结构,实质上是气候适应下自组织传统聚落空间的拓扑蝶变;宗教文化不仅通过信仰秩序引导商业活动的空间组织,还以血缘关系为纽带强化社群聚居,两者共同作用在一定程度上塑造了街区活力格局,但其具体作用强度尚需进一步通过街巷高宽比、遮阴率、宗教设施密度和巴扎业态密度等因素进行定量验证。

(2)建成环境与空间形态的活力约束机制

街区活力在空间上呈现"中心低、边缘高"的分布格局,一方面与人的步行舒适度相关,另一方面由历史文化街区的进入性问题造成,街区现有交通管制"一刀切",仅允许非机动车进入,同时因街区尺度过大缺乏公共交通设施减弱腹地的活力。从空间层面看,街巷体系细密狭长,在适应气候的同时降低了步行连续性并分散人流;从制度层面看,以遗产保护为导向的交通管制与功能限制削弱了街区进入性。

(3)业态混合与商业网络的活力驱动机制

*POI*混合度对街区活力具有显著正向影响且效果最强。不同于一般的城市功能分区,恰萨街区独特的宗教信仰成就了其善于经商的能力,形成宗教与商业共同作用下的商贸网络。街区内还留有众多市集——巴扎,如:药材巴扎、帽子巴扎、乐器巴扎、铁器巴扎等,应运而生的还有商业服务类设施,成为具有自组织特征的活力增长极。*POI*混合度越高、集聚程度越强,空间内的设施功能业态越丰富,活力越高[30]。

(4)历史资源与设施配置的调适机制

历史记忆点密度对街区活力呈负向影响,表明

表6 MGWR模型局部系数统计及带宽结果

Tab. 6 Statistics of local coefficients and bandwidths of the MGWR model

变量	均值	最小值	下四分位数	中位数	上四分位数	最大值	带宽	作用尺度
社区可达性	−0.322 3	−0.322 8	−0.322 7	−0.322 1	−0.321 9	−0.321 5	29	全局性
街巷长度	−0.265 4	−0.265 9	−0.265 5	−0.265 3	−0.264 0	−0.263 0	29	全局性
*POI*混合度	0.563 2	0.457 4	0.519 4	0.549 3	0.570 4	0.592 3	10	局部性
人口密度	0.163 8	0.162 6	0.163 0	0.163 4	0.163 9	0.164 4	29	全局性
历史记忆点密度	−0.556 7	−0.557 4	−0.556 9	−0.556 3	−0.554 4	−0.553 0	29	全局性
人性化设施密度	0.502 6	−0.021 1	0.351 4	0.603 4	0.663 0	0.719 5	6	局部性
自主更新户数	0.235 0	0.135 0	0.185 0	0.235 0	0.285 0	0.335 0	14	局部性

街区内众多历史建筑和优秀传统民居面临保护与利用的尴尬局面。其保护要求限制了空间开发与功能转换，多数处于闲置状态未能得到充分利用与展示，缺乏对游客的吸引导致区域的活力因历史记忆点的存在而减少。

人性化设施密度与自主更新户数对街区活力具有一定促进作用，但其效果受治理模式影响明显。人性化设施受社区建设景区化的影响，过度服务于旅游需求，削弱居民使用相应的设施频率，导致活力下降。适当增加自主更新户数有助于活力提升，但目前街区参与自主更新户数整体较少，大多居民普遍选择接受政府主导的老城改造政策，其作用尚未凸显并且部分更新后的建筑立面色彩、装饰、门窗样式大多趋同，未能完全展示当地原生的传统建筑材料与形式的多样性。

4　基于活力影响机制的历史文化街区存量提升策略

梳理街区活力和相关解释变量之间的作用关系是实现有的放矢精准施策的重要途径，也是对城市更新“提质增效”政策的有效回应。实地问卷调研的结果显示（图9、图10），人群对于街区的整体满意度高，但街区活力仍存在建成环境游客化、公共空间单一、业态同质化与历史建筑闲置等问题的制约。基于分析结果识别的关键影响因子及其作用机制，从“建成环境优化、业态结构重塑、历史资源活化、社区治理优化”四个层面提出针对性策略。

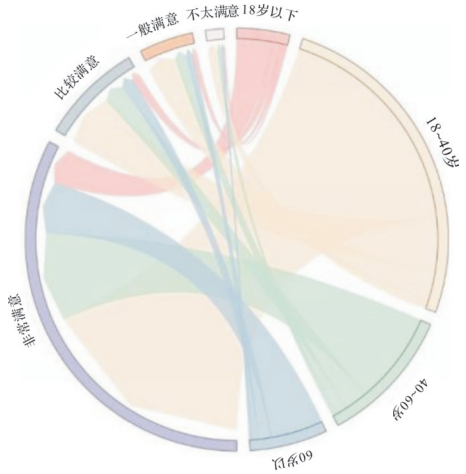


图9　人群对街区整体的满意度评价结果

Fig. 9　Overall satisfaction evaluation of the street by residents

4.1　建成环境优化与空间可达性提升

针对社区可达性与街巷结构对活力的负向影响，应优化街区通达性与步行体验。71%的居民反映交通出行、生活便利性等需求被游客导向取代，

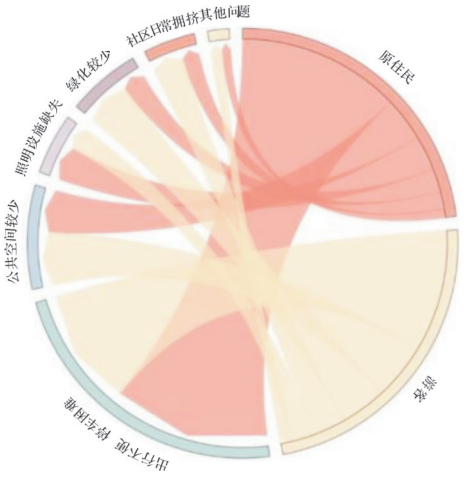


图10　街区现状问题汇总结果

Fig. 10　Summary of existing problems in the street

这源于古城交通管制措施的“一刀切”，导致街区活力下降。应以“指标—相应需求、布置—便利居民”为原则，从居民与游客的切身需求出发，完善夜间次级街巷的照明系统、布置休息座椅与景观小品以提升街巷空间品质。对于历史文化街区的“进入性”问题，可设置社区间交通便民服务站和共享电动车站，增加流动巴士停靠点和观光车班次方便居民日常出行和非机动车停车场等，同时分网格分时限行，生活性网格如萨合亚2-4网格可允许电动车在闭城后进入，而旅游型网格如古扎社区1-5网格仅限步行，以完善社区与景区的均衡建设。

4.2　业态复合与空间活力驱动

针对*POI*混合度对活力的显著正向作用及其局部效应，避免街区均质化植入商业功能，需依据不同网格的回归系数强度实施差异化业态调控。基于此构建多样化场所根据季节性、活动性或人群需求变化进行灵活调整，节点场所可分为景观标识型、功能复合型、文化彰显型、空间共享型。古城东门作为标志性节点，可举办开城仪式或节庆活动强化其标识作用；街区内拥有多处茶馆和驿站，延续其历史功能并拓展为现代的公共服务场所，例如托尔亚瓦格社区3-1网格的香妃茶馆演变为茶歇、演艺、药巴扎文化展示于一身的公共空间。此外，为展示街区的特色民族文化，在各社区打造帽子巴扎、铁器巴扎等博物馆供游客切身体验当地特色文化。

4.3　传统民居适应性保护与具身体验

针对历史记忆点密度对活力的抑制效应，应推动历史资源由“被动保护”向“活态利用”转变。以“精细化治理”为导向实现传统民居粗放式保护从管控向精准化管理转型，首先基于营建特征与文化意涵提取院落内的桑树、无花果树等环节要素；再

按照历史建筑、优秀民居与普通民居进行分级诊断,明确结构隐患、风貌安全等主要问题;最后秉承传统建筑文化传承理念,以“阿以旺”文化基因解析为基础,遵循“核心庭院驱动”的空间生成原则,针对不同类型院落匹配差异化治理策略。

例如萨合亚社区通过和社区居民协商共治逐步开展对闲置历史建筑和优秀民居的腾退工作,开放利用院落和丰富建筑功能作为博物馆等文物展示空间,此外对于一般的传统民居保护其环境要素,将内置的阿依旺开放作为邻里交往的空间,弥补传统街巷形态下公共空间的缺失,同时也能让游客切身体验少数民族文化特色,充分释放历史建筑的文化价值聚集更多人流以活化街区。

4.4 自下而上的社群共建治理

针对人性化设施与自主更新对街区活力的差异化作用,应从“设施增量配置”转向“需求匹配与社区共治”。政府与社区联合通过“整街推进和单体改造”的方式设立更新管委会,统筹实施基础设施提升、危房修缮与风貌管控等公共性工程,并兼顾社区自上而下的刚性管控作用与居民自下而上的弹性发展需求。考虑居民对过去“有天有地”居住环境的依赖和生活习俗,街区改造创造性地提出“一户一设计”改造方案,实现居民以往的“要我改”到“我要改”的转变,多轮协商征求意见满足居民对民居的需求和期待。此外萨合亚社区内参与自主改造的住户,按照相关规定在风貌统一中寻求差异化表达,依据每户的独特需求对门窗与外墙面进行设计;另一方面社区依托“街区长—社区长—网格员”等基层组织体系,形成自治网络体系,在民居自更新、风貌管控及业态引导中发挥作用。

5 结论

本文以喀什恰萨亚瓦格街区为例,将社区网格作为微观分析单元,构建MGWR模型探究了历史文化街区活力的空间分异特征与影响机制。主要结论有:

(1)街区活力存在显著的空间分异特征。恰萨街区整体呈现出“中心低边缘高”的格局,其中3-1与1-5网格活力最强;

(2)MGWR模型较OLS和GWR模型有一定解释优势,但受样本量限制,对活力机制进行了有限探索,后续需通过更多样本和多尺度单元进一步验证;

(3)各影响因子对街区活力的影响表现出显著空间异质性。正向驱动因素中,*POI*混合度与人性化设施密度对活力的提升作用最为明显;负向制约因素中,历史记忆点密度对活力的影响最敏感,其次为自主更新户数。而社区可达性与街巷长度趋于全局尺度,在各网格对活力的影响差异不显著;

(4)受街区干旱气候与伊斯兰文化的共同作用,相同影响因素在空间上对街区活力的影响程度表现出差异化特征。

受限于微观数据获取难度,本文仍存在以下不足。研究样本量相对有限,MGWR模型主要用于探索变量作用的空间差异,其稳健性仍需进一步验证;其次社区网格按行政单元进行划分,可能存在可塑性面积单元问题,未来可结合街巷段、等面积栅格和步行等时圈等多尺度单元开展对比分析。此外,文章尚未直接对气候适应性和宗教文化相关因素进行定量分析,后续可进一步构建街巷高宽比、遮阴率、宗教设施密度等指标探讨活力的影响机制。

参考文献 References

[1] LANG W, LANG H, HUI E, et al. Measuring urban vibrancy of neighborhood performance using social media data in Oslo, Norway[J]. Cities, 2022, 131: 103908.

[2] LAN F, GONG X Y, DA H L, et al. How do population inflow and social infrastructure affect urban vitality? Evidence from 35 large- and medium-sized cities in China[J]. Cities, 2020, 100: 102454.

[3] QIAO Weijie, ZHENG Hao. Predicting urban vitality and pedestrian road safety in urban areas based on machine learning[J]. Cities, 2025, 166, 106193.

[4] ZHANG Yige, WANG Xiaohui, YE Yu, et al. Spatially heterogeneous impacts of urban vitality on carbon emissions: A multi-source data-driven mechanistic analysis[J]. Sustainable Cities and Society, 2025, 130, 106622.

[5] 李雨桐,史北祥. 居住片区活力与业态结构的关系研究——以杭州为例[J]. 现代城市研究,2026,41(3):57-64.
LI Yutong, SHI Beixiang. Relationship between residential vitality and business structure: A case study of Hangzhou[J]. Modern Urban Research, 2026, 41(3): 57-64.

[6] WU C, YE Y, GAO F Z, et al. Using street view images to examine the association between human perceptions of locale and urban vitality in Shenzhen, China[J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 88: 104291

[7] LI M, LIU J, LIN Y, et al. Revitalizing historic

districts：Identifying built environment predictors for street vibrancy based on urban sensor data[J]. Cities，2021，117：103305.

[8] LI X，LI Y，JIA T，et al. The six dimensions of built environment on urban vitality：Fusion evidence from multi-source data[J]. Cities，2022，121：103482.

[9] CHEN Y，YU B，SHU B，et al. Exploring the spatiotemporal patterns and correlates of urban vitality：Temporal and spatial heterogeneity [J]. Sustainable Cities and Society，2023，91：104440.

[10] 田莉，陶然，梁印龙. 城市更新困局下的实施模式转型：基于空间治理的视角[J]. 城市规划学刊，2020(3)：41-47.
TIAN Li，TAO Ran，LIANG Yinlong. Transformation of urban renewal implementation model from the perspective of spatial governance[J]. Urban Planning Forum，2020(3)：41-47.

[11] 塔娜，曾屿恬，朱秋宇，等. 基于大数据的上海中心城区建成环境与城市活力关系分析[J]. 地理科学，2020，40(1)：60-68.
TA Na，ZENG Yutian，ZHU Qiuyu，et al. Relationship between built environment and urban vitality in Shanghai based on big data [J]. Scientia Geographica Sinica，2020，40(1)：60-68.

[12] 徐雅洁，陈湘生. 地铁站域地下商业空间活力影响因素及活力提升策略研究[J]. 现代城市研究，2021，12：70-76.
XU Yajie，CHEN Xiangsheng. Influencing factors and improvement strategies of underground commercial vitality in metro station areas [J]. Modern Urban Research，2021(12)：70-76.

[13] 王林森，郑重，周素红，等. 基于街景感知的城市空间品质对空间活力的影响作用研究[J]. 规划师，2022，38(3)：68-75.
WANG Linsen，ZHENG Zhong，ZHOU Suhong，et al. Influence of urban spatial quality on vitality based on street view perception[J]. Planners，2022，38(3)：68-75.

[14] 杨春侠，吕承哲. 基于GWR模型的滨水区慢行活力影响因子研究——以上海市黄浦江沿岸典型滨水区为例[J]. 西部人居环境学刊，2022，37(3)：55-62.
YANG Chunxia，LÜ Chenzhe. Influencing factors of slow traffic vitality in waterfront areas based on GWR [J]. Journal of Human Settlements in West China，2022，37(3)：55-62.

[15] 黄拓夫，李琳，朱翔. 湖南湘江新区租赁住房空间分布特征及影响因素[J]. 地理科学，2025，45(8)：1847-1859.
HUANG Tuofu，LI Lin，ZHU Xiang. Spatial distribution of rental housing in Xiangjiang New Area [J]. Scientia Geographica Sinica，2025，45(8)：1847-1859.

[16] FOTHERINGHAM A S，YANG W，KANG W. Multi scale Geographically Weighted Regression (MGWR)[J]. Annals of the American Association of Geographers，2017，107(6)：1247-1265

[17] 王恩旭，周江，杨俊，等. 基于MGWR的街道尺度下建成环境对城市活力空间分异影响机制研究——以沈阳市中心城区为例[J]. 地理科学，2024，44(8)：1322-1331.
WANG Enxu，ZHOU Jiang，YANG Jun，et al. Mechanism of built environment on urban vitality based on MGWR[J]. Scientia Geographica Sinica，2024，44(8)：1322-1331.

[18] 王怡萍，陈晓键. 西安市创新活动空间分布特征及影响因素研究——基于多尺度地理加权回归[J]. 现代城市研究，2024(8)：9-16.
WANG Yiping，CHEN Xiaojian. Spatial distribution of innovation activities in Xi′an [J]. Modern Urban Research，2024(8)：9-16.

[19] 刘永婷，杨钊，徐光来，等. 基于MGWR模型的皖江城市带生境质量对城镇化的响应研究[J]. 地理科学，2023，43(2)：280-290.
LIU Yongting，YANG Zhao，XU Guanglai，et al. Response of habitat quality to urbanization based on MGWR [J]. Scientia Geographica Sinica，2023，43(2)：280-290.

[20] YU S W，CHEN J F，PAN W T. Mapping spatial-seasonal differences in waterfront vitality：Determinants and adaptive strategies for a cold-climate city [J]. Habitat International，2026，172：103791.

[21] 宋辉，王小东. 保留·重构：再生——新疆喀什老城区的改造与更新[J]. 城市规划，2013，37(1)：85-89.
SONG Hui，WANG Xiaodong. Urban renewal of Kashgar old city[J]. City Planning Review，2013，37(1)：85-89.

[22] 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 Lai，ZHANG Dayu. Mechanism of urban vitality in Beijing[J]. City Planning Review，2022，46(5)：27-37.

[23] 张海林. 基于百度热力图的人口活动数量提取与规划应用[J]. 城市交通，2021，19(3)：103-111.
ZHANG Hailin. Population activity extraction based on heat maps [J]. Urban Transport of China，2021，19(3)：103-111.

[24] 闵忠荣，丁帆. 基于百度热力图的街道活力时空分布特征分析——以江西省南昌市历史城区为例[J]. 城市发展研究，2020，27(2)：31-36.

（下转597页）