

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2026.07.014

范卉, 李问强, 刘晨雨, 等. 基于多维度协同机制的平原水网城市滨水空间游憩适宜性研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2026, 48(7): 177-193.

基于多维度协同机制的平原水网城市 滨水空间游憩适宜性研究

范卉¹, 李问强¹, 刘晨雨¹, 曹菲², 陈永生¹, 李莹莹¹

1. 安徽农业大学 林学与园林学院, 安徽 合肥 230036; 2. 合肥市规划设计研究院, 安徽 合肥 230041

摘要: 针对平原水网地区中小城市滨水空间游憩适宜性评价体系不完善、协同机制不清晰的问题, 构建了多维游憩适宜性评价(Multi-dimensional Recreational Suitability Evaluation, MRSE)模型框架。该框架整合了空间承载、功能配置与体验反馈 3 个核心维度, 旨在系统诊断游憩适宜性并揭示各维度间的交互增强与约束效应, 为空间优化提供科学依据。为此, 以安徽省无为市中心城区为例, 从自然环境承载能力、社会功能支撑能力、游憩资源禀赋与游憩体验发展潜力 4 个维度选取 15 项指标, 运用 AHP 确定权重, 结合多源地理空间与社会感知数据, 依托 GIS 进行空间叠加分析与可视化。研究结果显示: ① 游憩适宜性区域面积占比从大到小依次为: 较低适宜区(51.2%)、基本适宜区(24.4%)、低适宜区(15.6%)、较高适宜区(7.7%)、高适宜区(1.1%); ② 研究区空间呈现“核心高、边缘低”的圈层分异格局, 高适宜区集中于环城河组团; ③ 该格局受自然本底、功能配置与使用体验三者非线性协同影响, 其中功能配置是适宜性低值的主导制约因子。

关键词: 平原水网地区; 滨水空间; 游憩适宜性; MRSE 模型;

协同优化; 无为市

中图分类号: TU984.18

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2026)07-0177-17

Recreation suitability of waterfront spaces in plain river-network cities based on multi-dimensional synergistic mechanisms

Fan Hui¹, Li Wenqiang¹, Liu Chenyu¹,
Cao Fei², Chen Yongsheng¹, Li Yingying¹

1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei Anhui 230036, China;

2. Hefei Urban Planning and Design Institute, Hefei Anhui 230041, China

收稿日期: 2026-01-20

基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目(22YJCZH092); 安徽省高等教育社会科学项目(2024AH052433)。

作者简介: 范卉, 高级工程师, 讲师, 主要从事绿地系统规划研究。

Abstract: Addressing the inadequacies in the recreational suitability evaluation system and the unclear coordination mechanisms for waterfront spaces in small and medium-sized cities within plain river-network, this study has constructed a Multi-dimensional Recreational Suitability Evaluation (MRSE) model framework. This framework integrates three core dimensions-spatial carrying capacity, functional configuration and experiential feedback-and is intended to systematically diagnose recreational suitability while revealing the interactive enhancement and constraint effects among the dimensions, thereby providing a scientific basis for spatial optimization. Taking the central urban area of Wuwei City, Anhui Province as a case study, 15 indicators were selected across four dimensions: natural environmental carrying capacity, social functional support, recreational resource endowment, and experiential development potential. Weights were determined using the Analytic Hierarchy Process (AHP), with multi-source geospatial and social perception data integrated. Spatial overlay analysis and visualization were conducted using GIS. The results show that: ① The proportion of recreational suitability areas was distributed reducing as follows: Moderately Low Suitability Zone (51.2%), Basic Suitability Zone (24.4%), Low Suitability Zone (15.6%), Moderately High Suitability Zone (7.7%), High Suitability Zone (1.1%); ② The study area exhibited a zonal differentiation pattern characterized by “high suitability at the core and low suitability at the periphery”, with high suitability zones concentrated around the city moat clusters; ③ This pattern was influenced by the nonlinear synergistic effects of natural baseline conditions, functional configuration and user experience, with functional configuration being the dominant constraining factor for low-suitability areas.

Key words: plain river-network regions; waterfront space; recreational suitability; MRSE model; collaborative optimization; Wuwei City

在全球城市化深刻转型和中国新型城镇化迈向高质量发展背景下,城市公共空间品质成为提升城市竞争力、生态韧性与居民福祉的核心标尺^[1]。滨水空间作为自然与人文交互的关键界面,不仅是生态廊道,更是重要公共载体^[2]。随着国家与地方战略深入推进,滨水空间功能复合性及其在人居环境改善中的作用被寄予更高期望^[3]。尤其在平原水网地区,滨水空间深度嵌入城市肌理,影响城市空间结构与社会生活组织方式,其科学规划与高品质建设关乎“人民城市”理念实践成效^[4]。

滨水空间游憩适宜性评价逐渐成为城乡规划、风景园林、人文地理等多学科交叉领域的研究焦点。相关研究范式历经演变,初步构建了涵盖多维度的系统研究体系^[5]:早期研究侧重于以自然禀赋与生态承载力为核心的资源评估;随后逐步转向强调可达性、服务设施配置与景观美学的空间品质测度;近年来,研究更关注人群活力、使用满意度与行为模式等人本体验维度,逐渐形成了涵盖资源本底、空间形态、服务功能与文化感知的综合框架^[6]。具体而言,在自然资源与生态平衡方面,既有研究通过分析滨河绿地形态适宜性及量化蓝绿基础设施的生态系统服务供需关系,揭示了滨水空间生态功能与空间布局的内在关联^[7-8]。在空间绩效与可达性方面,学者借助地图 API 分析公园与滨水空间的可达性差异^[9],或从交通、配套、绿地等多维度构建评价体系,为空间更新提供依据^[10]。在人本体验与感知层面,研究涵盖视觉偏好^[11]、景观美学与生态协同^[12]、活力与开放度匹配^[13],以及眼动实验揭示的景观要素与公众行为互动关系^[14],逐步推动评价从“空间供给”向“使用体验”深化。近年来,国际研究在既有基础上呈现三大拓展趋势:一是引入社交媒体图像、手机信令等数字足迹与行为大数据,实现滨水空间使用的动态刻画与情感识别^[15];二是将游憩适宜性纳入气候韧性与蓝绿基础设施的协同供给框架,从生态系统服务权衡视角加以评估^[16];三是聚焦环境正义^[17],关注滨水游憩资源的社会分配公平性及弱势群体的可达性剥夺。在方法层面,评价手段由定性描述发展为层次分析^[18]、模糊综合^[19]等量化模型,并融合多源数据^[20-21](POI、街景、

GPS 轨迹等)与空间分析技术^[22],推动静态评估向动态刻画转型^[23-24];在理论层面,研究从单一功能评价拓展至社会—生态系统耦合^[25]、游憩机会谱^[26]等跨学科视角,深化对空间品质、活力协调及供需匹配等深层议题的探讨^[27]。上述进展共同指向系统性供给—需求—公平的综合分析框架,与本研究强调多维协同与空间公平的取向形成理论呼应。

然而,既有研究依然存在显著局限:一方面,现有研究成果大多聚焦于大城市滨水区或建设完善的城市滨水公园,对处于城镇化转型阶段、数量众多且分布广泛的平原水网地区中小城市关注不足。此类地域具备“水—陆—城”高度交织的网络化肌理以及复合功能需求,在评价体系指标构建、权重确定与方法适配方面存在特殊挑战^[28];另一方面,多数研究仍将滨水空间视作静态、孤立的评价客体,未能充分阐释自然本底、游憩服务功能与使用者体验三者之间的动态协同机制,限制了其对支撑系统优化与精细化治理的支持能力^[29]。

为弥补上述不足,本研究选取安徽省无为市中心城区为实证案例。该区域具有典型的平原水网结构及“自然圩洲—人工系统”过渡特征,对同类城市具有类型学代表性。研究旨在构建适用于平原水网地区的多维游憩适宜性评价(Multi-dimensional Recreational Suitability Evaluation, MRSE)模型,系统整合空间本底、功能支撑、资源禀赋与体验反馈 4 个维度,形成可诊断、可优化的综合分析框架。重点探讨以下问题:① 如何构建契合平原水网地区特征的滨水空间游憩适宜性评价指标体系?② 研究区内游憩适宜性的空间分异格局与主导制约因素是什么?③ 如何基于多维诊断结果,提出具有协同效应的空间优化路径?通过理论与实证相结合的研究,以期为平原水网城市滨水空间的精细化治理、品质提升与规划实践提供科学依据与方法参考。

1 研究区概况

本研究以安徽省无为市中心城区为实证对象,研究区地处长江中下游平原水网地区,河网密布,具有典型的平原水网城市空间肌理。依据《无为市国土空间总体规划(2021—2035 年)》与《无为市城市绿地系统专项规划(2023—2035 年)》,中心城区范围涵盖无城镇、福渡镇及经开区,总面积 124.60 km²,其中水域面积达 25.48 km²,占比 20.45%,表明水系是影响城市空间形态的核心自然要素。

无为市水网呈自然圩洲形态与非规则网络拓扑,区别于高度城市化地区的人工渠化水网,属于由自然基底向人工系统演化的过渡类型,在平原水网地区具有代表性。为识别滨水空间游憩适宜性差异,本研究依据步行可达性标准划定研究范围:大中型水体陆域侧按 500 m 缓冲区划定,小型水体按 100 m 缓冲区划定。研究区总面积 101.22 km²,占中心城区面积的 81.24%,表明城市空间与高渗透水系网络紧密融合,具备开展全域滨水空间系统评价的条件。研究进一步划分为 11 个空间单元(图 1),以支撑后续精细化评价与协同优化分析。整体上,研究区滨水空间呈“核心高密、边缘渗透”的圈层结构,西河、花渡河、环城河等骨干水系构成“蓝绿交织”的空间基底。

2 游憩适宜性评价体系构建

2.1 理论框架构建:多维协同机制的游憩适宜性评价模型形成机理

滨水空间的游憩适宜性是其自然基底、人工系统与人类活动复杂交互的综合体现^[30-32]。为解析其内在形成机制,本研究构建了一个包含物质空间基底、服务功能支撑与人本体验反馈 3 个核心维度的理论框架,并以此为基础建立 MRSE 模型。

在该框架中,物质空间基底(如地形、水体、植被、土地利用和路网等)构成游憩活动的物理载体,从根本上约束其形态与可能性;服务功能支撑则通过公共设施配置、交通组织与资源分布将空间潜力转化为实际可达的体验,其供给水平直接决定人本体验的质量。人本体验反馈以活动强度、时空分布和使用者满意度为表征,既是系统运行成效的集中体现,也会反向驱动功能调整与空间更新。三者通过“基

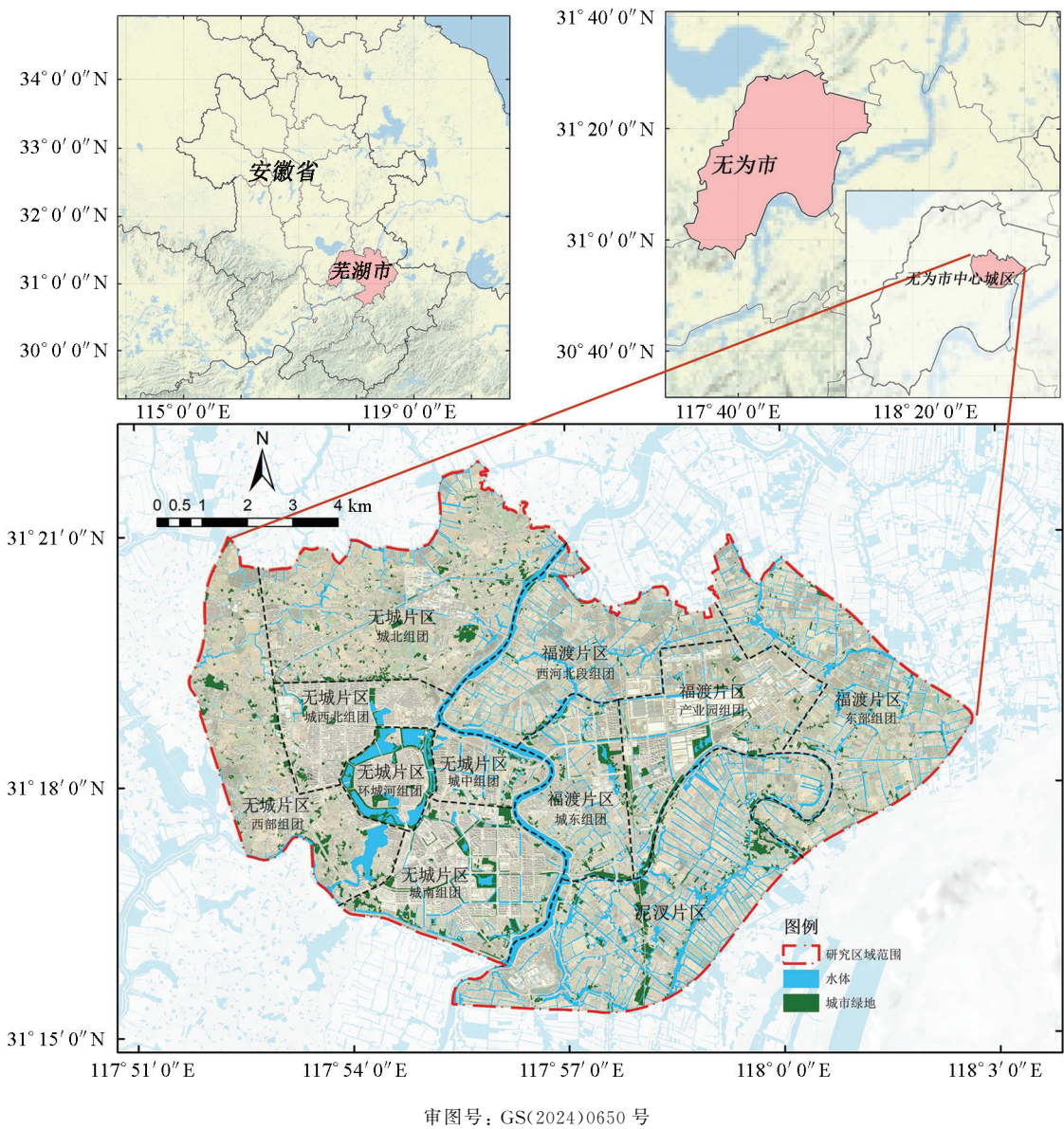


图 1 无为市中心城区滨水空间研究单元

底承载—功能转化—体验反馈”形成动态协同闭环，需注意主观评价与客观条件间可能存在的矛盾与张力(图 2)。在平原水网地区，密集的水陆网络与高生态敏感性强化了空间基底的约束作用，而深厚的亲水文化对服务功能的连续性及品质提出更高要求。因此，这 3 个维度的协同关系，从根本上决定了游憩适宜性的水平与可持续性。

2.2 评价指标体系构建

2.2.1 维度分解与指标初选

基于上述理论框架，结合平原水网地区“水、陆、城”交织的空间特征，将多维度操作转化为 4 个可评价的子维度：自然环境承载能力(空间维度)、社会功能支撑能力(功能维度)、游憩资源禀赋(功能维度)与游憩体验发展潜力(体验维度)。指标筛选遵循系统性、地域性、可操作性与数据可得性原则，通过系统梳理滨水空间评价、景观绩效、游憩地理等相关文献，形成包含 15 项具体指标的游憩适宜性评价指标草案。

2.2.2 指标筛选与权重确定

为提升指标体系的科学性与共识度，德尔菲专家咨询法(Delphi method)对指标草案进行优化，邀请 20 位来自城乡规划、风景园林等领域的专家进行多轮评议，最终确立评价指标体系。

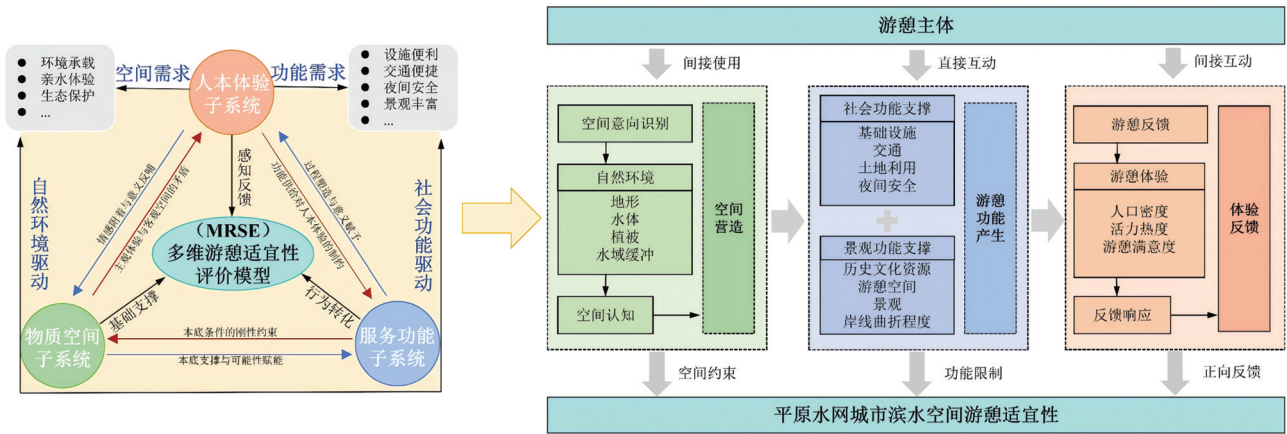


图 2 多维游憩适宜性评价(MRSE)模型

在此基础上，采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)确定各维度及指标的权重。设计专家咨询问卷，请专家依据“1—9 标度法”对同一层次指标进行两两重要性比较。共回收有效问卷 20 份，采用 SPSSAU 与 YAAHP 12.6 软件进行判断矩阵构建与一致性检验。所有判断矩阵的一致性比率(CR)均小于 0.1，通过一致性检验，权重结果可信(表 1)。权重分布显示，“游憩资源禀赋”(0.357 7)与“自然环境承载能力”(0.288 2)权重最高，印证了该类地区游憩发展对生态本底与资源存量的高度依赖。

表 1 滨水空间游憩适宜性评价指标体系权重确定

评价维度	判断矩阵 (两两比较)	维度权重 (W_i)	评价指标	指标相对 权重
自然环境承载能力	自然环境承载能力: 1.000 0	0.288 2	C1 地形起伏度	0.149 0
	社会功能支撑能力: 1.411 7		C2 水体质量	0.334 5
	游憩资源禀赋: 0.632 9		C3 植被覆盖率	0.221 1
	游憩体验发展潜力: 2.606 2		C4 水域缓冲区	0.295 5
社会功能支撑能力	自然环境承载能力: 0.708 4	0.228 3	C5 文旅基础设施分布	0.266 3
	社会功能支撑能力: 1.000 0		C6 交通可达性	0.366 7
	游憩资源禀赋: 0.688 4		C7 土地利用情况	0.147 9
	游憩体验发展潜力: 1.882 1		C8 夜间照明安全	0.219 2
游憩资源禀赋	自然环境承载能力: 1.580 1	0.357 7	C9 历史文化资源分布	0.238 0
	社会功能支撑能力: 1.452 6		C10 游憩地密度	0.365 3
	游憩资源禀赋: 1.000 0		C11 景观丰富度	0.252 5
	游憩体验发展潜力: 2.408 6		C12 岸线自然程度	0.144 2
游憩体验发展潜力	自然环境承载能力: 0.383 7	0.125 8	C13 人口密度	0.200 2
	社会功能支撑能力: 0.531 3		C14 游憩活力热度	0.350 5
	游憩资源禀赋: 0.415 2		C15 游憩满意度	0.449 4
	游憩体验发展潜力: 1.000 0			

2.3 数据来源与处理

为实现多维度评价，本研究集成多源地理空间数据与社会感知数据，主要包括：① 自然地理数据：DEM、Landsat 8 OLI 影像等；② 规划与空间数据：水系、路网、绿地系统与土地利用规划矢量等；③ 社会与经济数据：POI、夜间灯光、WorldPop 人口栅格、百度热力图等；④ 调研数据：实地水质检测与游憩满意度问卷，基于目的性典型抽样，在有效游憩空间内按功能复合度梯级分配样本(综合公园最多，社区公园

次之,绿道最少),共回收有效问卷 137 份(有效率 91.3%),调查覆盖工作日与节假日各时段。未开发区域结合 GIS 克里金空间插值进行空间预测,衔接现状与未来满意度评估。所有数据均在 ArcGIS 平台进行坐标统一、标准化与空间叠加处理,形成覆盖研究区的指标图层集(表 2、表 3)。

表 2 滨水空间游憩适宜性评价指标体系

协同 维度	评价维度	评价指标	指标说明	核心处理步骤
空间	自然环境承载能力	C1 地形起伏度	基于 DEM 计算,反映建设与视觉条件	焦点统计、栅格计算
		C2 水体质量	实地检测与空间插值,表征水环境健康	空间插值(克里金)
		C3 植被覆盖率	Landsat 8 NDVI,反映生态品质与视觉舒适度	辐射定标、NDVI 计算、植被分级
		C4 水域缓冲区	水系多环缓冲区,识别生态敏感区与开发约束	多环缓冲区分析
功能	社会功能支撑能力	C5 文旅基础设施分布	POI 核密度,反映餐饮、卫生等服务覆盖水平	POI 分类筛选、核密度分析
		C6 交通可达性	路网全局整合度,衡量交通便捷程度	网络分析(全局整合度计算)
		C7 土地利用情况	规划用地分类赋值,表征游憩功能兼容性	用地重编码、赋值
		C8 夜间照明安全	夜间灯光数据,评估夜间活动安全与舒适性	栅格重采样、数值提取
功能	游憩资源禀赋	C9 历史文化资源分布	文化类 POI 核密度,反映文化资源集聚度	POI 筛选、核密度分析
		C10 游憩地密度	绿地系统规划数据,计算游憩用地密度	密度计算、空间统计
		C11 景观丰富度	土地利用景观格局指数,表征视觉多样性	景观格局分析(斑块类型数)
		C12 岸线自然程度	岸线发展系数提取,评价亲水品质与自然性	岸线提取、自然程度计算
体验	游憩体验发展潜力	C13 人口密度	WorldPop 人口栅格,反映潜在服务人口规模	栅格重采样、数值提取
		C14 游憩活力热度	百度热力图均值,表征实时人流聚集强度	时序抓取、均值合成、栅格化
		C15 游憩满意度	问卷调查与空间插值,反映使用者综合评价	样本空间化、空间插值(克里金)

表 3 数据来源

协同维度	评价维度	评价指标	数据来源与年份
空间	自然环境承载能力	C1 地形起伏度	地理空间数据云(2025 年)
		C2 水体质量	实地检测(2025 年)
		C3 植被覆盖率	Landsat 8 OLI(2024 年)
		C4 水域缓冲区	水系数据[《无为市城市绿地系统专项规划(2023—2035 年)》]
功能	社会功能支撑能力	C5 文旅基础设施分布	高德地图 POI(2025 年)
		C6 交通可达性	道路数据[《无为市城市绿地系统专项规划(2023—2035 年)》]
		C7 土地利用情况	土地利用数据[《无为市国土空间总体规划(2021—2035 年)》]
		C8 夜间照明安全	夜间灯光数据(2024 年)
功能	游憩资源禀赋	C9 历史文化资源分布	高德地图 POI(2025 年)
		C10 游憩地密度	绿地系统规划数据[《无为市城市绿地系统专项规划(2023—2035 年)》]
		C11 景观丰富度	土地利用数据[《无为市国土空间总体规划(2021—2035 年)》]
		C12 岸线自然程度	水系数据[《无为市城市绿地系统专项规划(2023—2035 年)》]
体验	游憩体验发展潜力	C13 人口密度	WorldPop(2020 年)
		C14 游憩活力热度	百度地图热力图(2025 年)
		C15 游憩满意度	实地问卷调研(2025 年)

2.4 综合评价方法

在 GIS 平台中, 首先对各项指标图层进行极差标准化处理。随后, 根据 AHP 确定的权重, 采用加权叠加法计算每个评价单元(如网格或规划单元)的游憩适宜性综合得分, 公式如下:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times x'_{ij})$$

式中: S_i 为第 i 个空间单元的综合评价值; w_j 为第 j 项指标的权重; x'_{ij} 为标准化后的指标值。利用自然断点法将综合评价结果划分为高适宜区、较高适宜区、基本适宜区、较低适宜区与低适宜区 5 个等级, 实现结果的空间分级可视化(表 4)。评价技术路线如图 3 所示。

表 4 滨水空间游憩适宜性评价标准

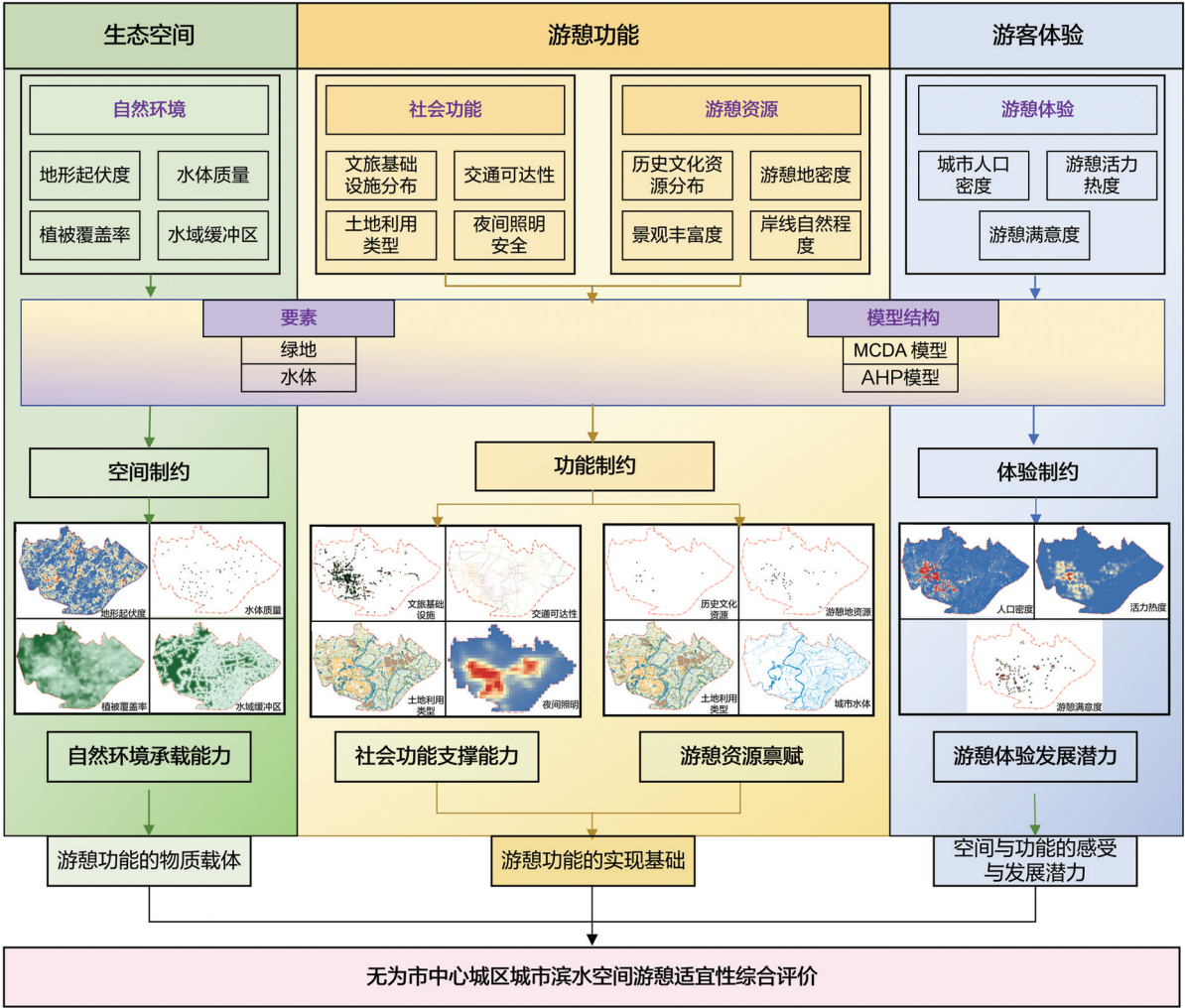
评价指标	评价标准				
	高适宜区	较高适宜区	基本适宜区	较低适宜区	低适宜区
C1 地形起伏度	自然断点法五级分类				
C2 水体质量	自然断点法五级分类				
C3 植被覆盖率	0.81~1.00	0.61~0.80	0.41~0.60	0.21~0.40	0~0.20
C4 水域缓冲区	>300.01 m	200.01~300.00 m	100.01~200.00 m	50.01~100.00 m	<50 m
C5 文旅基础设施分布	自然断点法五级分类				
C6 交通可达性	自然断点法五级分类				
C7 土地利用情况	林地/湖泊河流	公园绿地/坑塘沟渠	园地	农用地	城乡建设用地
C8 夜间照明安全	自然断点法五级分类				
C9 历史文化资源分布	自然断点法五级分类				
C10 游憩地密度	自然断点法五级分类				
C11 景观丰富度	自然断点法五级分类				
C12 岸线自然程度	自然断点法五级分类				
C13 人口密度	自然断点法五级分类				
C14 游憩活力热度	自然断点法五级分类				
C15 游憩满意度	>4.51	3.51~4.50	2.51~3.50	1.51~2.50	<1.50

3 结果与分析

基于所构建的多维协同评价体系, 结合 GIS 空间分析技术, 对无为市中心城区滨水空间的游憩适宜性展开综合评价。为清晰揭示其内部空间分异特征, 将综合评价结果依据自然断点法划分为 5 个等级: 低适宜区、较低适宜区、基本适宜区、较高适宜区与高适宜区。结果显示, 滨水空间游憩适宜性呈现显著的“核心高、边缘低”的圈层式分布格局, 各维度对不同空间单元的制约作用存在明显差异。

3.1 自然环境承载能力: 生态本底优良但空间异质显著, 约束游憩开发强度

自然环境承载能力评价揭示了自然基底对游憩活动的生态支撑潜力。各等级面积占比从大到小依次为: 基本适宜区(24.6%)、较高适宜区(23.6%)、较低适宜区(21.1%)、低适宜区(15.6%)、高适宜区(15.1%)(图 4)。结果显示, 研究区地形平缓, 有利游憩开展; 植被呈“外围高、核心低”圈层格局, 高覆盖区分布于城北、城西等外围生态用地, 而环城河老城核心区因建成密度高, 植被覆盖低。水质空间分异明显: 生活区优于工业区, 建成区优于城郊; 福渡产业园及周边受面源污染, 水质较差。距水系 50 m 内高生态敏感区广泛分布, 约束该区域的高强度建设。综合来看, 自然承载高值区集中于无城片区的城西北、城西与城南组团, 而福渡北部与东部因水质污染或生态敏感性制约, 承载能力偏弱。



评价体系中的地图为评价指标示意图

图 3 游憩适宜性评价方法技术路线

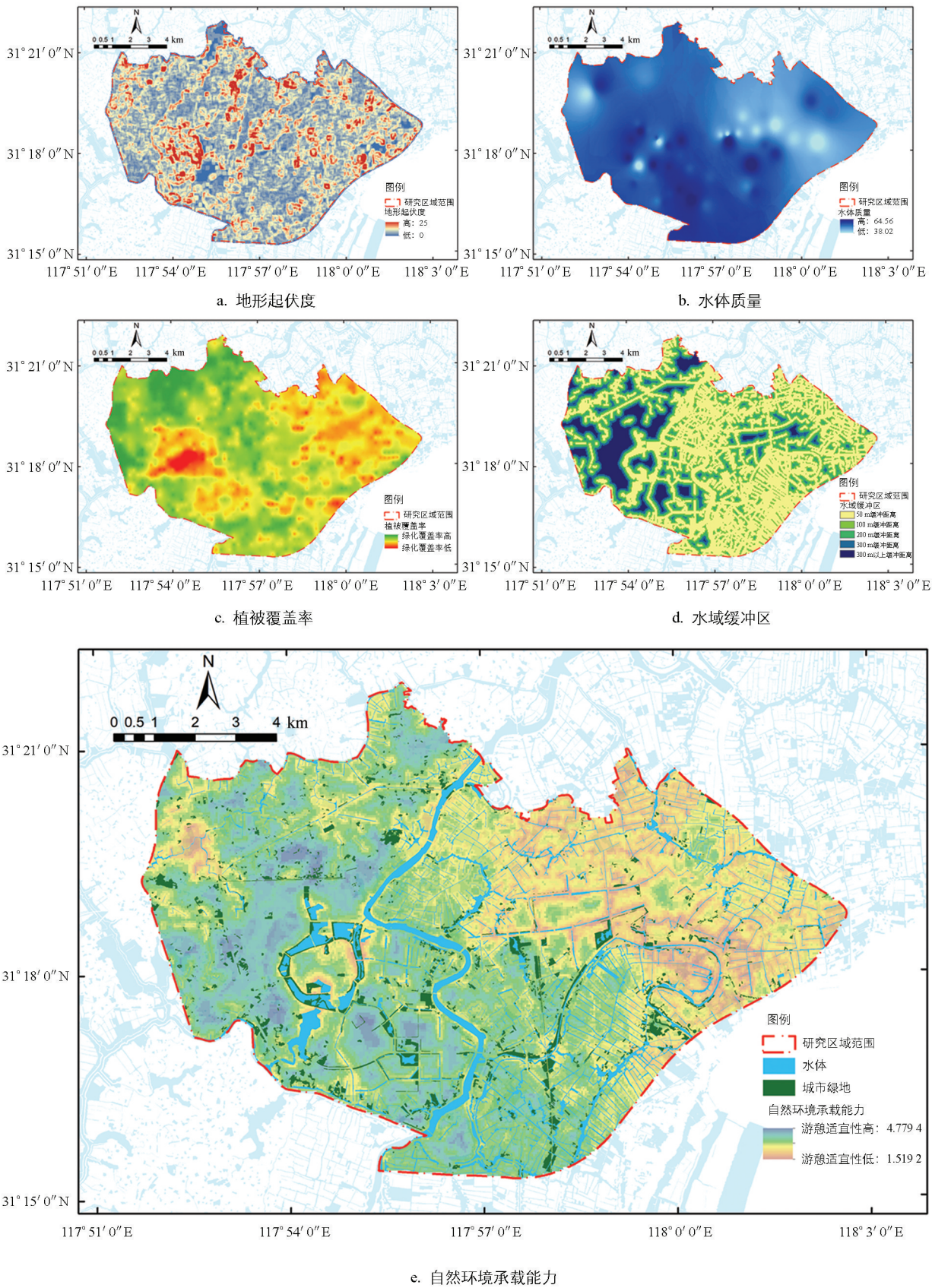
3.2 社会功能支撑能力：设施与服务高度中心极化，边缘区功能短板突出

社会功能支撑能力评价从文旅基础设施分布、交通可达性、土地利用类型及夜间照明安全 4 个指标展开分析。各等级面积占比从大到小依次为：低适宜区(36.3%)、较低适宜区(26.7%)、基本适宜区(21.6%)、较高适宜区(11.3%)、高适宜区(4.1%)(图 5)。

文旅基础设施呈“单极集聚—辐射衰减”格局：高密度区集中于环城河老城核心区，向外明显衰减。交通可达性亦以老城为核呈圈层衰减，福渡与泥汭受路网稀疏与水系分割影响，连通性差。沿水系廊道分布的土地利用类型以游憩为主导功能，但城镇建设区内游憩空间被压缩。夜间照明安全呈“老城亮、新城暗”的分异格局，影响夜间游憩安全。总体上，社会功能支撑高值区与现状建成区高度重合，广大外围地区支撑能力薄弱。

3.3 游憩资源禀赋：高度极化于历史文化与景观核心区

游憩资源禀赋评价识别了可供游憩利用的有形与无形资本存量。各等级面积占比从大到小依次为：低适宜区(49.5%)、较低适宜区(32.0%)、基本适宜区(12.1%)、较高适宜区(4.4%)、高适宜区(2.0%)(图 6)。文化设施高度集中于环城河老城区核心区，形成“文化极核”，游憩场地格局与之高度同构。景观丰富度在农业主导的外围区域及自然河道沿线较高，而城镇建设区多样性较低。总体上，游憩资源禀赋明显极化于环城河组团，其他区域因文化稀缺、场地稀少或岸线人工化而水平偏低。



审图号: 皖芜 S(2024)006 号, 下同。

图 4 自然环境承载能力评价

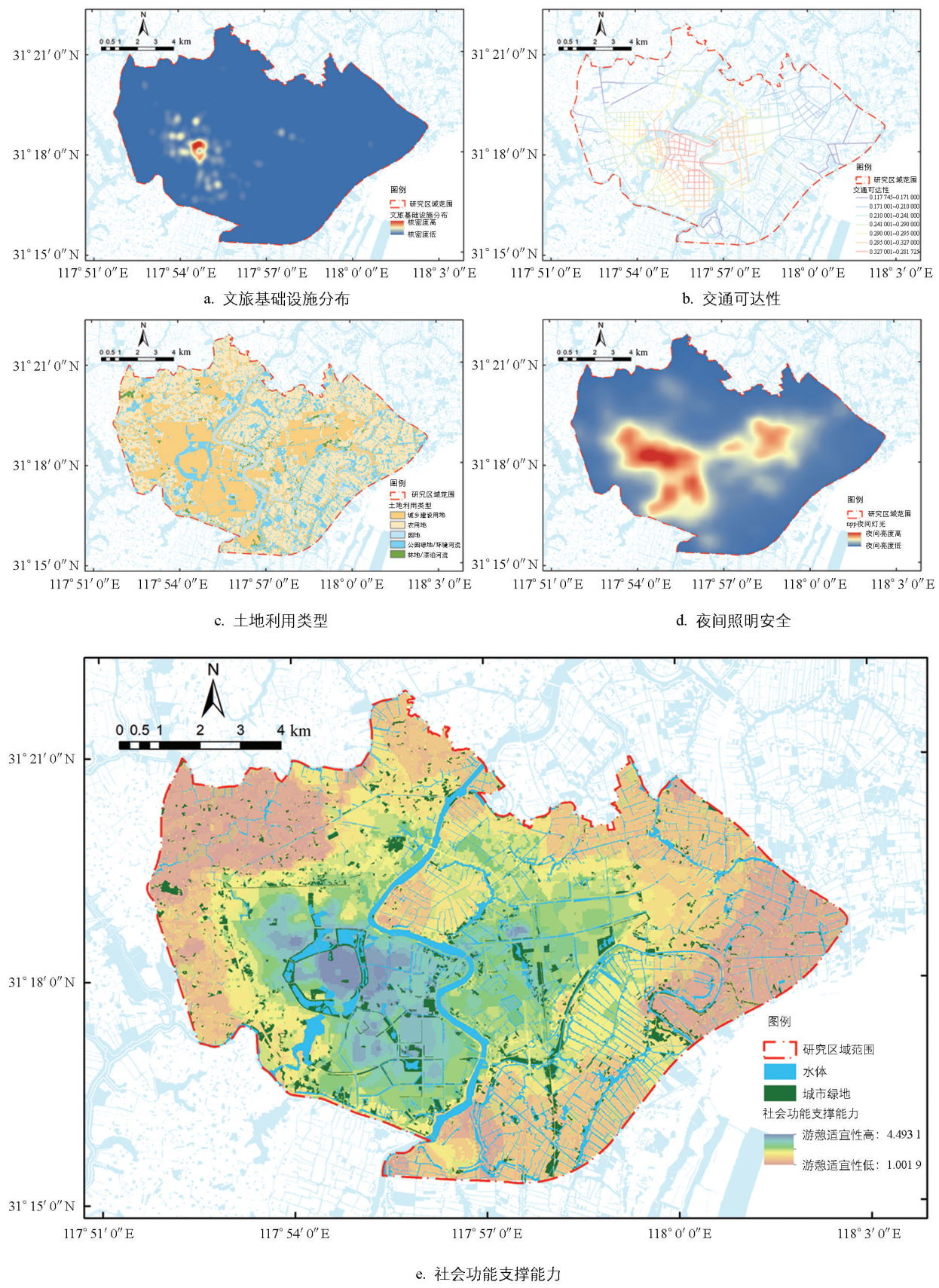


图 5 社会功能支撑能力评价

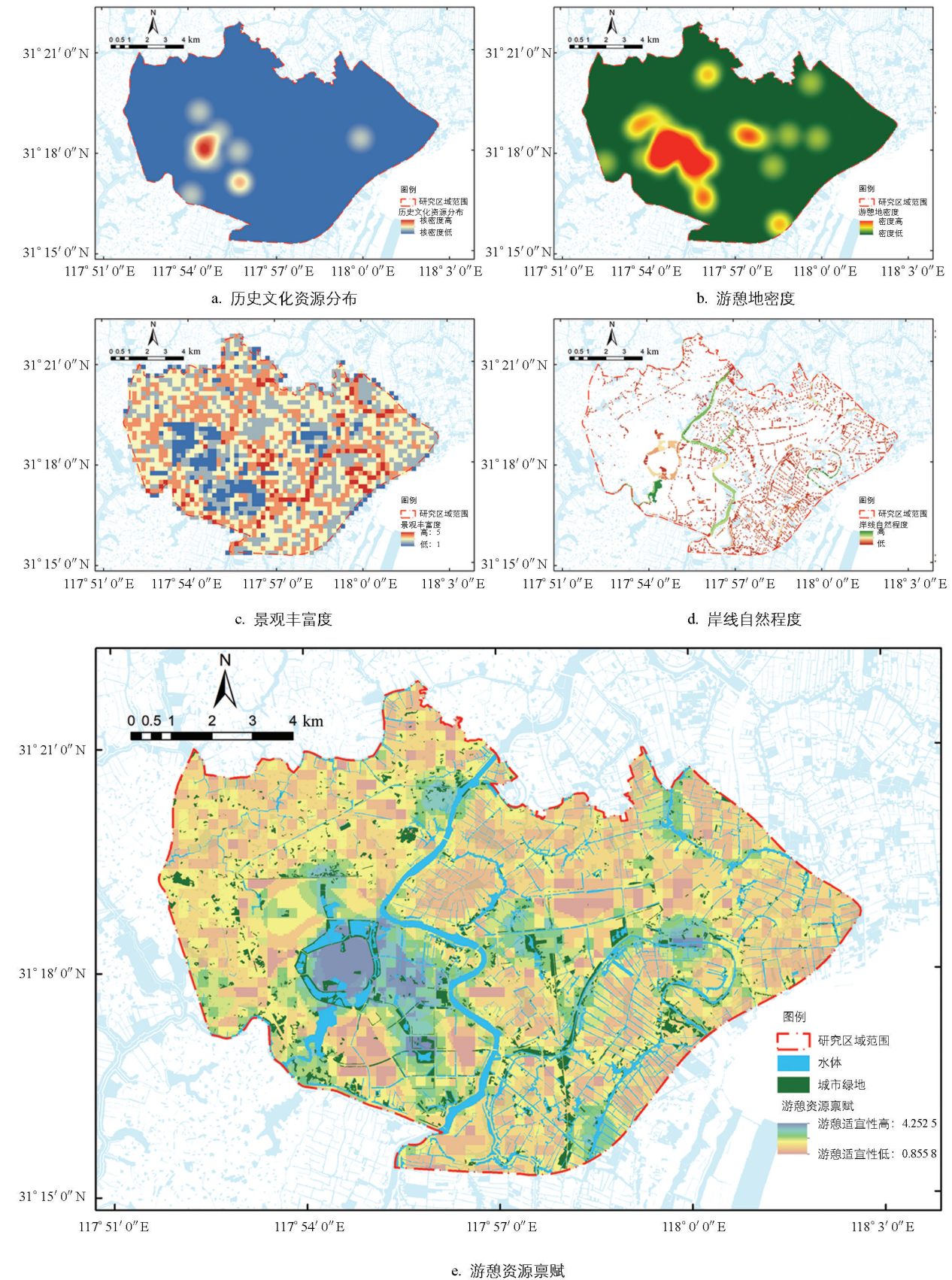


图 6 游憩资源禀赋评价

3.4 游憩体验发展潜力：人口聚集、活力分布与满意度反馈空间耦合显著

游憩体验发展潜力评价通过城市人口密度、游憩活力热度及游憩满意度，反映滨水空间游憩活力的现状与趋势(图 7)。各等级面积占比从大到小依次为：低适宜区(32.8%)、较低适宜区(27.0%)、基本适宜区(25.0%)、较高适宜区(10.8%)、高适宜区(4.4%)。城市人口密度呈以老城为核心的圈层衰减结构；游憩活力热度与人口分布高度一致，峰值见于环城河及绣溪公园等成熟滨水空间。游憩满意度与空间品质强相关，高满意度对应公园体系完善、景观良好的地段。体验潜力自核心向外围递减，高潜力区集中于无城片区的环城河、城中、城西北与城南组团。

3.5 游憩适宜性综合评价：“核心—边缘”分异格局显著

通过 4 个维度的综合叠加分析，实现了滨水空间游憩适宜性的系统评价与可视化表达(图 8)。游憩适宜性综合评价各等级的区域所占面积由大到小依次为：较低适宜区(51.2%)、基本适宜区(24.4%)、低适宜区(15.6%)、较高适宜区(7.7%)、高适宜区(1.1%)。

高适宜区集中于无城片区环城河组团，该区域在资源禀赋、功能支撑与体验潜力上均表现突出。较高适宜区分布于城西北、城中及城南组团。基本适宜区零星散布于城北、福渡城东等局部。较低及低适宜区广泛覆盖福渡大部、泥汭及其他外围组团，受自然环境、功能配套、资源供给与体验活力的多重制约，形成多维协同不足的低效区域。

3.6 协同机制的多维验证与定量解析

在游憩适宜性评价中，自然环境承载能力对应自然本底(X)，社会功能支撑能力与游憩资源禀赋对应功能配置(M)，游憩体验发展潜力对应使用体验(Y)。中介效应与地理探测器定量分析表明，功能配置在自然本底对使用体验的影响中起部分中介作用，并呈现“遮掩效应”，即削弱自然本底对使用体验的直接负向效应；功能配置是空间分异的最强主导因子($q=0.887$)，自然本底解释力中等($q=0.650$)，但两者分别与使用体验交互后，解释力显著增强($q>0.900$)。这表明游憩适宜性由 3 个因子共同作用，其中功能配置为核心主导，自然本底为协同触发，使用体验为调节放大。三者交互几乎完全解释空间分异，凸显协同效应的重要性。

3.7 权重稳健性检验分析

为验证 AHP 赋权结果的稳健性，采用单因素梯度扰动实验^[32]，对 4 个评价维度基准权重分别进行 $\pm 10\%$ 与 $\pm 20\%$ 调整。各扰动方案的空间分布目视对比表明，在 $\pm 20\%$ 权重扰动范围内，研究区“核心高、边缘低”的圈层分异格局保持稳定，各等级空间范围与相对位置未发生实质变化。针对“功能配置是边缘区主要短板”这一核心发现，单独将社会功能支撑能力与游憩资源禀赋两维度权重分别上调 20% ，边缘区在各方案中仍呈明显的功能性制约，其适宜性等级未出现实质跃升。综上，权重扰动仅引起局部等级微调，未改变整体格局与边缘区的功能短板属性，表明本研究结论对权重设定敏感性较低，具有较强的稳健性。

4 结论与展望

4.1 结论

本研究构建了适用于平原水网地区的城市滨水空间 MRSE 模型，并以安徽省无为市为例展开实证分析。结果表明，研究区滨水空间游憩适宜性呈现“核心高、边缘低”的圈层分异格局，该格局受自然本底、功能配置与使用体验三者非线性协同作用的影响，反映出多维约束的复合效应。

基于评价结果，本研究得出以下 3 个方面结论，以期为同类地区的滨水空间协同优化与精细化治理提供参考。

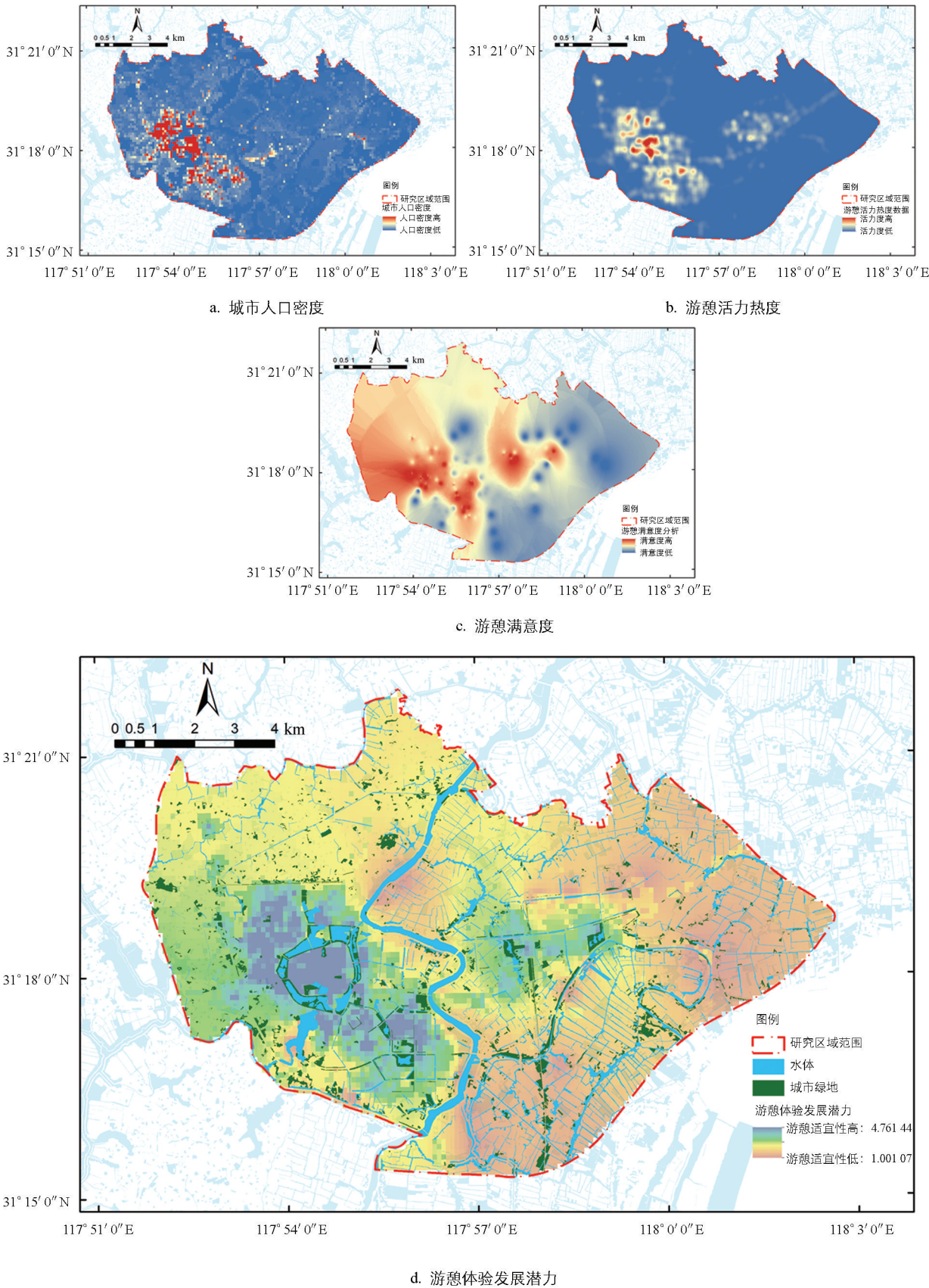


图 7 游憩体验发展潜力评价

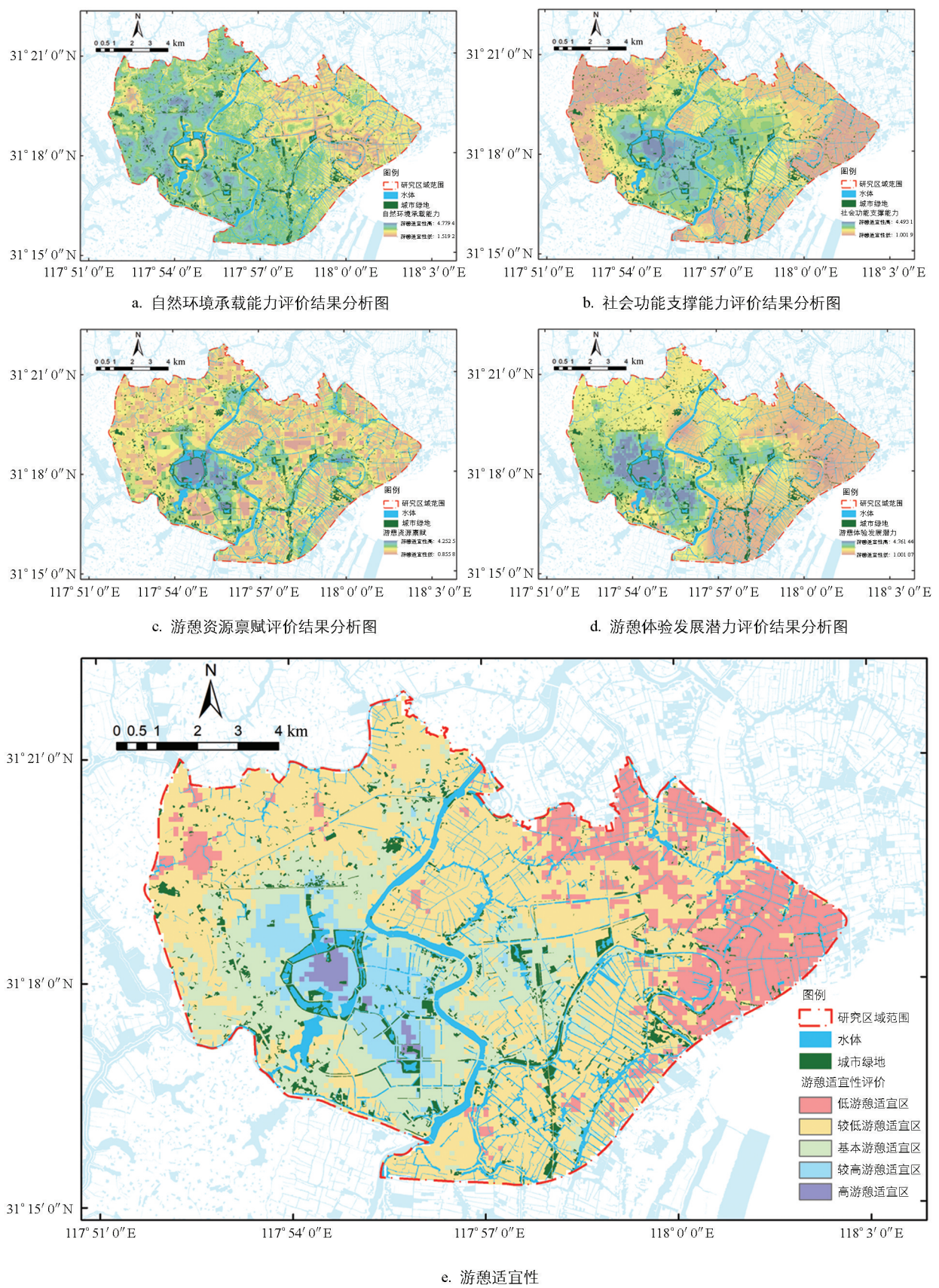


图 8 游憩适宜性综合评价结果分析图

4.1.1 响应地域类型研究缺口,明确系统协同的优化导向

针对平原水网中小城市关注度不足的问题,本研究以 MRSE 模型对“水—陆—城”网络化下的滨水空间进行系统诊断。结论表明,游憩适宜性非由单一资源或生态条件决定,而取决于空间承载、功能配置与体验反馈的协同^[33]。滨水空间效能的释放依赖系统协同与空间溢出,规划应由单一景观更新转向以修复协同机制与提升网络效能为核心的优化路径,通过“核心提质、边缘补缺、廊道串联”将滨水从“离散资源点”转为“连续功能带”^[34-36]。

4.1.2 融合多源数据与空间分析,形成一体化的循证决策工具

本研究集成多源地理与社会感知数据,结合地理探测器量化解析各维度对游憩适宜性的贡献及交互效应,揭示了其背后的非线性协同机制,推动规划干预由经验判断向证据引导的精准治理转变。针对边缘区功能短缺与核心区生态约束等差异问题,可相应实施“补设施、优连接”与“控强度、提品质”的差异化策略^[37],为“城市更新”等政策落地提供可操作、可验证的技术支持。

4.1.3 践行“人民城市”理念,促进滨水空间服务的公平与包容

滨水空间作为重要公共产品,其资源配置的公平性与服务效能的包容性直接关系到居民获得感与幸福感。然而,城市边缘化空间在获取相关健康与游憩效益时常面临系统性障碍^[38]。本研究揭示的“核心—边缘”分异,本质上反映了游憩服务供给的空间不均衡^[39]。优化路径不应止于空间品质提升,更应关注社会效益的融合^[40-41]。通过补齐边缘区设施短板,提升整体可达性并营造全龄友好场景,可推动滨水空间成为促进社会交往与社区融合的活力载体,促进滨水空间服务的公平与包容^[42]。

4.2 局限性与未来展望

本研究提出的 MRSE 模型紧扣平原水网地域特征,强调多源数据融合与空间可视化,具备一定的类型学意义与迁移价值,可为类似地区的滨水空间评估与更新提供系统性分析工具。然而,受研究范围与数据条件限制,仍存在以下不足:

首先,部分主观感知要素(如游憩满意度)的量化精度有限,未来可融合社交媒体文本、街景图像语义分析等多源数字足迹进行动态感知。其次,研究侧重于空间供给侧的静态诊断,对居民实际使用行为的动态监测及供需匹配机制的分析尚显不足。此外,本研究所提优化策略如何与现行治理制度有效衔接,仍需在政策设计与实施机制层面进一步探索。未来研究可致力于构建覆盖从空间诊断到评估后全过程的完整技术闭环。

参考文献:

- [1] 战明松,王梦媛,何祥,等. 公园城市理念下建成区复合生态廊道识别与空间规划引导:以沈阳市中心城区为例 [J]. 应用生态学报, 2024, 35(8): 2228-2236.
- [2] Durán V F, Pons I J J, Serrano Martínez M. River-city recreational interaction: a classification of urban riverfront parks and walks [J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2021, 59: 127042.
- [3] 陈光. 品质导向的城市滨水区更新决策路径研究 [J]. 规划师, 2024, 40(S1): 78-85.
- [4] 王璐妍. 上海徐汇区“蓝色网络”系统规划与更新行动思考 [J]. 规划师, 2021, 37(S1): 82-87.
- [5] Wang L, Ge M T, Chen N G, et al. An evaluation model of riparian landscape: a case in rural Qingxi area, Shanghai [J]. Land, 2022, 11(9): 1512.
- [6] Lu Y, Zhao J, Wu X, et al. Human-scale green and blue space research using big data: a review [J]. Landscape and Urban Planning, 2023, 231: 104631.
- [7] Wang X J, Wei X, Chen X. Morphological suitability analysis of urban greenspaces with rivers: a case study of the Lixiahe riverine area [J]. Sustainability, 2022, 14(20): 13266.

[8] Dai X, Wang L C, Tao M H, et al. Assessing the ecological balance between supply and demand of blue-green infrastructure [J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 288: 112454.

[9] Zhou S, Chen F, Xu Z. Evaluating the accessibility of urban parks and waterfronts through online map services: a case study of Shaoxing, China [J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2022, 77: 127731.

[10] 杨舒媛, 张晓昕, 魏保义, 等. 北京市滨水空间环境品质提升的潜力分析探索 [J]. *水利学报*, 2024, 55(8): 931-941, 954.

[11] 胡华, 覃伟. 文旅背景下城市公园植物景观美景度评价 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2024, 44(8): 189-200.

[12] Zhao Q Y, Zhou Y, Zhai J. Bridging beauty and biodiversity: coupling diversity and aesthetics through optimized plant communities in urban riverfront landscapes [J]. *Science of the Total Environment*, 2024, 950: 175278.

[13] Zhou Z Y, Yang F, Li J Y, et al. Identification of critical areas of openness-vitality intensity imbalance in waterfront spaces and prioritization of interventions: a case study of Xiangjiang River in Changsha, China [J]. *Land*, 2024, 13(5): 686.

[14] Zhou X C, Cen Q Y, Qiu H F. Effects of urban waterfront park landscape elements on visual behavior and public preference: evidence from eye-tracking experiments [J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2023, 82: 127889.

[15] Sun P J, Zhao H X, Zhong J Q, et al. Popularity influence mechanism of coastal spaces in urban areas: insights from multi-modal large language models [J]. *Cities*, 2025, 161: 105909.

[16] Thorsson S, Bäcklin O, Friberg J, et al. A framework for integrated assessment of blue-green infrastructure: a decision support tool for evaluating climate adaptation and social benefits in relation to construction and maintenance costs [J]. *Cities*, 2025, 166: 106239.

[17] Guo M, Zhong Y J, Tan L, et al. Environmental justice in the green transition of rural post-industrial waterfronts: a villagers' perspective: a case study of the waterfront area in Jiangsu Province, China [J]. *Land*, 2025, 14(11): 2204.

[18] 李颖钰, 徐虹. 基于 AHP 的城市滨水空间设计评价: 以武汉市青山江滩公园为例 [J]. *华中建筑*, 2023, 41(3): 103-107.

[19] 薛琰文, 宋子祺, 陈蔚镇. 滨水空间更新中基于可达性的包容性环境评价: 以上海苏州河为例 [J]. *园林*, 2024, 41(8): 111-119.

[20] Shi H C, Zhang L Y, Ma D, et al. Exploring recreational walking and its correlated built environment factors in river corridor space through a trajectory sematic-based approach [J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2025, 107: 128767.

[21] 汪洁琼, 江卉卿, 陈俊延, 等. 人工智能赋能城市滨水空间秋季景观特征识别与活力提升: 以上海市黄浦江为例 [J]. *中国园林*, 2024, 40(9): 15-21.

[22] 张晓枫, 郑志元. 基于 GIS 的合肥滨湖国家森林公园景观质量评价 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2024, 44(9): 179-188.

[23] Nian X H, Cao Y J, Li Y N, et al. Effects of environmental factors on multisensory perceptions of comfort, safety and pleasure in autumnal urban riverfront spaces [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2025, 131: 106710.

[24] 杨慧敏, 张宇飞, 王德彩. 基于遥感生态指数的焦作市域生态环境质量评价分析 [J]. *河南农业大学学报*, 2025, 59(4): 686-697.

[25] Xiong S W, Yang F, Gu C T. Exploring spatiotemporal coupling effects between built environment and ecosystem health: toward static-dynamic sustainable management in waterfront cities [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2025, 503: 145389.

[26] 曾文静, 钟永德, 李达立, 等. 基于 ROS 的湖南省自然游憩资源县域区划 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2022, 42(5): 181-192.

[27] 韩咏淳, 王世福, 邓昭华. 滨水活力与品质的思辨、实证与启示: 以广州珠江滨水区为例 [J]. *城市规划学刊*, 2021(4): 104-111.

[28] 张彬彬, 马建伟, 戴俊峰. 小城镇设计中的水系空间营造: 以南通市通州区石港新镇区设计为例 [J]. 城乡规划, 2021(3): 118-124.

[29] 王世福, 覃小玲, 邓昭华. 环境行为学视角下城市滨水空间活力协调度研究 [J]. 热带地理, 2021, 41(5): 1009-1022.

[30] 王敏, 叶沁妍, 汪洁琼. 城市双修导向下滨水空间更新发展与范式转变: 苏州河与埃姆歇河的分析与启示 [J]. 中国园林, 2019, 35(11): 24-29.

[31] 刘慧, 吕志坤, 王嘉楠, 等. 城市小微绿地居民出行意愿及其游憩功能影响范围 [J]. 合肥师范学院学报, 2019, 37(6): 9-11, 103.

[32] Hamby D M. A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1994, 32(2): 135-154.

[33] 熊艺, 张瑾. 基于可供性视角的城市滨水游憩空间人-境互动机制 [J]. 中国生态旅游, 2024, 14(3): 636-650.

[34] Xing W X, Wang Y X, Xue Y K, et al. Spatial utilization patterns of coastal uses based on waterfront dependence [J]. Cities, 2025, 161: 105932.

[35] Yin Y T, Ma D B, Xu X R. The landscape catalytic effect of urban waterfronts: a case study of the Huangpu River in Shanghai [J]. Land, 2025, 14(2): 422.

[36] 周曦, 芦胜, 张芳. 苏州高新区城水空间耦合关系及其优化策略 [J]. 中国城市林业, 2023, 21(1): 50-57.

[37] 谢婧, 李文, 贾佳, 等. 齐齐哈尔市主城区生态网络构建与优化 [J]. 水土保持研究, 2021, 28(6): 308-315.

[38] Shan L, He S J. The role of peri-urban parks in enhancing urban green spaces accessibility in high-density contexts: an environmental justice perspective [J]. Landscape and Urban Planning, 2025, 254: 105244.

[39] 王甫园, 王开泳, 刘汉初. 珠三角城市群生态空间游憩服务供需匹配性评价与成因分析: 基于改进的两步移动搜寻法 [J]. 生态学报, 2020, 40(11): 3622-3633.

[40] Shi R, Peng X B, Cui Y Z, et al. Dynamic exposure to urban lakefront spaces: unveiling the role of social infrastructure in shaping visitation [J]. Landscape and Urban Planning, 2025, 264: 105465.

[41] Tang R E, Hou G L, Chen Y J, et al. Spatial and temporal characteristics and driving mechanisms of recreational ecosystem services supply-demand mismatch in rapidly urbanizing areas: evidence from the Yangtze River Delta [J]. Ecological Indicators, 2025, 171: 113153.

[42] Toomey A H, Campbell L K, Johnson M, et al. Place-making, place-disruption and place protection of urban blue spaces: perceptions of waterfront planning of a polluted urban waterbody [J]. Local Environment, 2021, 26(8): 1008-1025.

责任编辑 包颖