

基于街景图像的桂林历史街区感知测度及空间分布特征研究

Perception Measurement and Spatial Distribution Characteristics of Guilin's Historical Districts Based on Streetscape Images

赵欣然 邓春风*

ZHAO Xinran, DENG Chunfeng*

基金项目: 自然科学基金“桂北乡村发展类型与城乡融合发展模式研究”(编号: 52268009)

摘要

历史街区空间不仅承载着物质功能,更在精神感知层面对人群体验产生直接影响。针对目前桂林历史街区存在的街道设施老化、景观质量下降和活力减弱等问题,基于街景图像分割与机器学习,量化评估桂林历史街区的空间品质和人群感知,并通过偏最小二乘回归分析揭示空间品质与人群感知之间的联系。结果显示:美丽与富有感知集中于核心景区,活泼感在步行街及主干道突出,无聊感与压抑感多见于老旧街巷;绿视率自核心向外围递增,街道开敞度在公共节点和主干道较高,界面围合度在传统街巷较高,可步行度局部强而整体弱,机动化程度呈“干道高、街区低”的特征;绿视率、开敞度、围合度、可步行度和机动化程度均对美丽、活泼、压抑等感知产生不同影响。最后基于研究结果,提出针对桂林历史街区的微更新优化策略。

Abstract

Historic street spaces not only serve material functions but also directly influence people's experiential and psychological perceptions. This study examines Guilin's historic streets, which face ageing infrastructure, declining landscape quality, and reduced vitality. A combined subjective-objective approach was adopted, employing street-view image segmentation and machine learning to quantify spatial quality and human perception. Partial Least Squares regression analysis was used to explore relationships between visual elements and perceptual responses. Results show that human perceptions exhibit spatial heterogeneity: beauty and richness are focused within core scenic areas, liveliness is prominent along pedestrian streets and main roads, and boredom and oppression are common in older alleys. Spatial indicators display systematic patterns: green view index increases from the core to periphery, openness is higher at public nodes and main roads, enclosure is concentrated in traditional alleys, walkability is locally strong but generally weak, and motorization follows a 'high on main roads, low in blocks' pattern. Perception-space relationships are complex: green view, openness, enclosure, walkability, and motorization exert differing positive and negative effects on perceptions of beauty, liveliness, and oppression. Finally, based on the research findings, micro-renewal optimization strategies for Guilin's historic districts are proposed.

文章亮点

1) 引入街景图像语义分割与机器学习模型,构建主客观结合的历史街区感知测度框架,突破传统问卷与人工评价的局限。2) 揭示绿视率、街道开敞度、界面围合度、可步行度和机动化程度等空间要素对美丽、活泼、压抑等感知的复杂作用关系。3) 提出针对桂林历史街区的微更新优化策略,为街区品质提升与精细化设计提供参考。

关键词

历史街区; 街景图像; 语义分割; 机器学习; 偏最小二乘回归; 微更新

Keywords

Historic districts; Street view images; Semantic segmentation; Machine learning; Partial Least Squares Regression; Micro-renewal

收稿日期: 2025-06-16

修回日期: 2025-07-19

街道空间是城市公共空间的重要组成部分,也是与人群活动密切相关的场所,其质量直接影响空间体验^[1]。相比普通街道,历史街区具有独特的文化价值与历史延续性,其街道不仅承载日常活动,更承载城市记忆与社会认同^[2]。历史街区保留原有建筑风貌、街道肌理和传统活动,提供与现代街道显著不同的感官和情感体验,并强化了居民与游客的地方认同感^[3]。此外,历史街区公共空间功能具有复合性,集居住、商业、文化展示和旅游休闲于一体,其使用人群多样,使空间感知呈现多维差异^[4]。历史街区空间的街道网络、开放空间、绿化景观和建筑界面不仅影响人群行为与流动,更在塑造空间活力上起关键作用^[5],对城市公共空间识别和文化遗产具有示范意义。因此,历史街区研究需兼顾物理环境、文化氛围和主体感知,体现以人为本的保护理念,同时平衡空间活力与历史价值延续。

早期及现有研究多采用问卷调查、深度访谈和专家评估等传统社会学方法,获取居民、游客或管理者的主观感知与认知^[6-7]。这些方法能够揭示物质环境与非物质因素对街区感知的影响,拓展对多维度空间体验的理解,并强调人群视角在保护与更新决策中的重要性^[8]。研究表明,人群感知不仅影响居民和游客的满意度,还通过地方认同的中介作用显著影响遗产保护意愿和空间认同^[9-10]。历史街区感知涵盖物理环境、文化氛围和心理认同,是一个综合的认知与情感过程^[11-12]。随着计算机技术发展,历史街区研究逐步向街景图像和机器学习方法转型^[13-15],实现空间量化与心理感知量化的结合。在空间量化方面,可通过空间句法评估街道步行可达性和交通便利性^[16];或利用GIS (Geographic Information System) 和遥感技术动态监测街道空间变化^[17]。在心理感知量化方面,可结合Phoenics模拟和GIS可视化,从感官、知觉、认知3个维度分析街区问题^[18];或通过机器学习和情感分析将视觉特征与安全感、压抑感、生机、活泼度、美丽感和富有感等心理维度关联,实现大范围自动化评估^[19-20]。

总体而言,现有历史街区空间感知研究多依赖传统问卷和人工评分方法,存在主观偏差大、空间覆盖有限、更新效率低的问题;同时,现有街景图像分析多停留在单一感知维度或局部空间特征,缺乏对多维感知与街道物理特征的关联性分析。实地调研显示,桂林历史街区仍存在街道设施老化、景观质量下降和空间活力减弱等典型问题。如何量化空间与感知并挖掘两者间的内在关系,以及如何完善兼顾空间与感知的评价体系,仍是当前亟待解决的问题。基于此,本研究以桂林历史街区为对象,利用街景图像分割技术提取街道空间特征,采用机器学习方法对街道的主观感知维度进行量化评价,通过分析客观空间指标与主观感知指标的关联性,探讨街道物理特征对人群感知的作用方向与影响程度,从而揭示两者间的关联规律,识别影响街道感知体验的关键空间要素,并基于量化评估提出针对性的街道空间品质优化策略。

1 研究范围与研究方法

1.1 研究范围

参考相关文献史籍对桂林古城范围的记载^[21],综合考

虑桂林传统山水格局的典型区域与世界级旅游城市文旅示范区域,确定研究范围北起铁封山与鸛鹑山,南至桃花江,东临漓江,西达桂湖、榕湖,总面积约为4.16 km² (图1)。此区域是桂林自然山水与历史文化深度融合的重要体现区^[21],拥有丰富的自然景观,如叠彩山公园、伏波山公园、桂林“两江四湖”(包括漓江、桃花江与榕湖、杉湖、桂湖、木龙湖),还涵盖了多处历史遗址如靖江王城、古南门、李宗仁故居等。同时,该区域为《桂林历史文化名城保护规划(2020—2035年)》划定的历史城区范围,其中正阳路东西巷—靖江王府—八角塘地区为古城核心区,整个研究范围具有较高研究价值。

1.2 研究方法

首先,研究基于OpenStreetMap (OSM) 获取研究区域街道网络数据,将其输入到ArcGIS中,沿街道以50 m为间隔生成街景采集点(图1)。通过访问百度地图街景API,收集每个采集点0°、90°、180°及270°四个方向的街景图像,并拼合为静态全景街景图。最终共爬取研究范围内993个有效坐标点与3 972张街景图片,完整覆盖了采集点周边环境,保证了街景景观的连续性。

接着,研究使用Mask2former模型,通过卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)提取图像特



图1 研究范围与街景采集点

Fig.1 Study area and streetscape sampling points

征, 再经 Transformer 编码器进行处理, 最后输出图像分割结果。该模型能同时进行语义、全景和实例分割 (图 2), 相比于传统的图像分割模型, 其在处理大规模的图像数据时更加高效和准确, 并且避免了过度拟合的问题, 进一步提高了分割的准确性^[22]。根据影响街道品质的要素类别, 街道客观空间评价选取绿视率、街道开敞度、界面围合度、可步行度、机动化程度 5 个指标^[1]。绿视率指街道绿化占街景图像的比例; 街道开敞度指站在街道上的人视觉可观察到的界限内天空所占比例, 此范围由街道两侧界面顶部轮廓决定; 界面围合度指墙壁、栅栏和植被等垂直元素所占比例, 主要描述街道两侧界面对街道的围合程度; 可步行度指水平视角下, 街道空间中行人及相关步行设施的像素占比; 机动化程度指街景图像中机动车及其相关交通设施所占像素比例, 反映街道空间受机动车活动主导的程度^[23-24]。研究将街景图像分割后, 选取其中植被、天空、建筑等 14 种要素, 使用 python 求取相应要素的色块比例值, 获得客观指标数据^[25]。

然后, 基于麻省理工学院的 MIT Place Pulse2.0 数据集, 使用机器学习的方法, 从美丽、无聊、压抑、活泼、安

全、富有 6 个感知维度进行主观感知评分^[26-27]。处理后的每张街景图像可获得 0~9 分共十个感知分值的占比分布, 其中占比最高的分值为该图像的最终感知得分。随后, 将各街景点在 6 个感知维度上的得分结果进行空间可视化, 以直观呈现人群感知的空间分布特征。该方法精度高、效率强, 可大尺度快速评估街道感知特征, 有效减少人力成本和主观偏差, 已被证实具有较高的预测准确性^[28]。

最后, 对提取的客观空间指标与量化得到的主观感知结果进行相关性分析, 以识别不同街道空间特征与感知维度之间的关联方向和强度; 并采用偏最小二乘回归 (Partial least squares regression, PLS) 模型探讨各空间要素对人群感知的具体影响程度及作用机制, 从而揭示桂林历史街区空间形态与感知体验之间的内在联系 (图 3)。

2 街道空间品质测度分析

2.1 街道客观评价指标空间分布

将街景图片分割后, 研究计算客观评价指标中的绿视率、街道开敞度、界面围合度、可步行度和机动化程度, 并进行

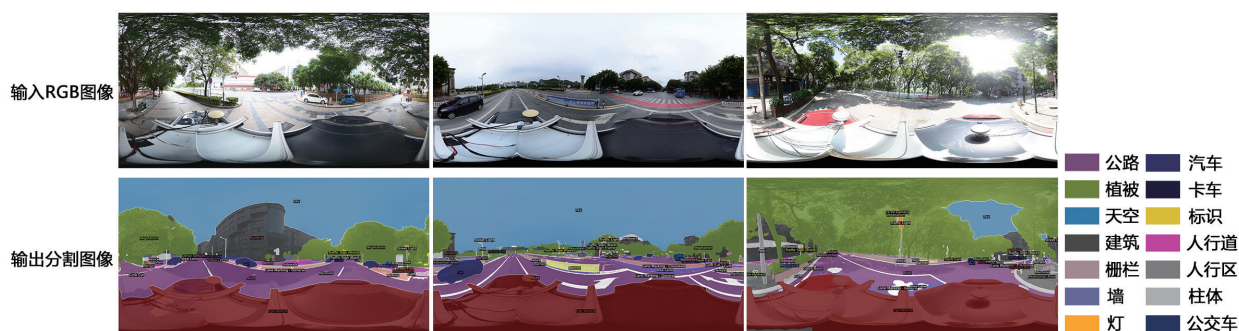


图 2 街景图像与语义分割示例

Fig.2 Examples of street view images and semantic segmentation

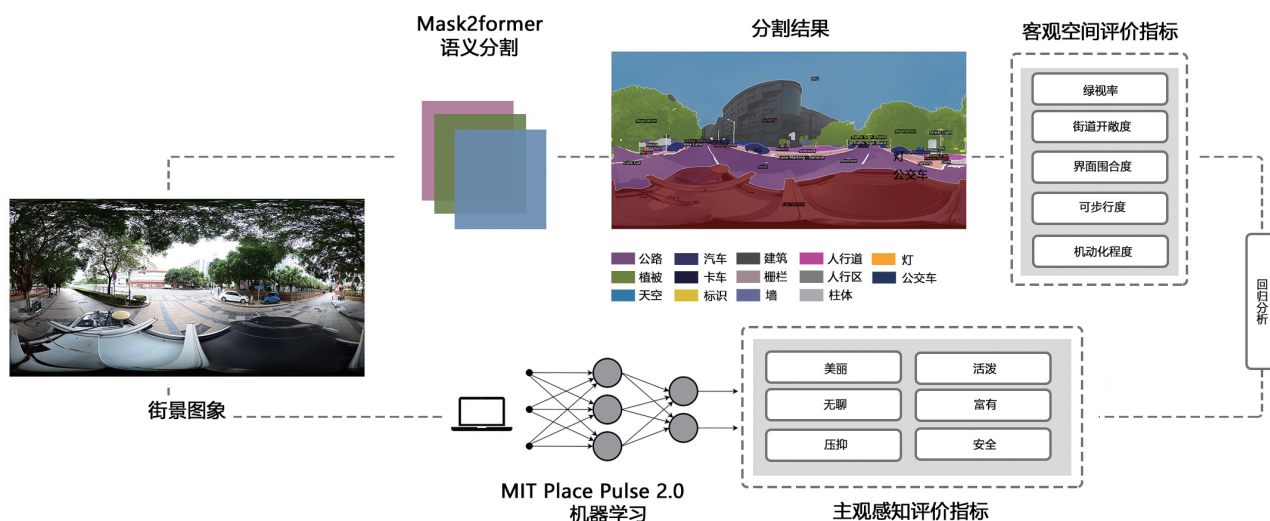


图 3 研究过程示意图

Fig.3 Schematic diagram of the research process

可视化(图4)。

高绿视率采集点(0.36~0.54)主要分布在研究区边界,尤其集中在西南角、东部部分街道如桃花江沿岸、桂湖沿岸和漓江沿岸,这表明这些区域具有较丰富的植被或公园绿地,形成了连续的生态廊道。中等绿视率采集点(0.16~0.35)沿主干道分布,可能受行道树、中央隔离带绿化影响,以及受建筑遮挡和道路宽度限制,绿化可视范围较小。低绿视率采集点

(0.00~0.15)集中在核心城区,即靖江王府与东西巷片区。此片区建筑密度高、街道狭窄、硬质铺装较多,步行环境封闭,绿化可见性较低。从整体上看,绿视率数值自城市核心向外围递增,反映出历史城区绿化资源相对匮乏(图4-a)。

高街道开敞度采集点(0.35~0.47)主要分布在研究区东南侧及部分主干道沿线,精准对应解放东路、榕湖前等重要公共空间节点,表明这些区域

空间尺度较大。中等街道开敞度采集点(0.18~0.34)广泛分布于次干道和部分商业街区,通常受街道宽度、建筑间距等因素影响。中心城区的小街巷及围合度较高的传统建筑区域普遍呈现低街道开敞度(0.00~0.17),这些区域空间较为封闭,可能影响通风和视觉通透性。街道开敞度表现出“点状高值、面状低值”的分布模式(图4-b)。

界面围合度总体呈现“核心点高、边缘线低”的特征,在靖江王府附近达到峰值。高界面围合度采集点(0.48~0.77)主要分布在中华路、东西巷沿线,这些街区多为传统街巷,建筑连续性较好,街道封闭感较强。中低值(0.00~0.47)分布在滨江开放空间及桥梁下方,这些区域空间开阔但缺乏边界感,部分区域可能缺乏步行安全感(图4-c)。

可步行度呈现“局部强、整体弱”的特征,在桃花江和靖江王府附近数值较高。高值(0.10~0.19)主要沿桃花江绿道断续分布;文昌桥至解放桥段保持连续中高值(0.06~0.19);靠近核心区域的数值普遍低于0.05,这可能受机动车流量或街道设计影响,步行体验一般(图4-d)。

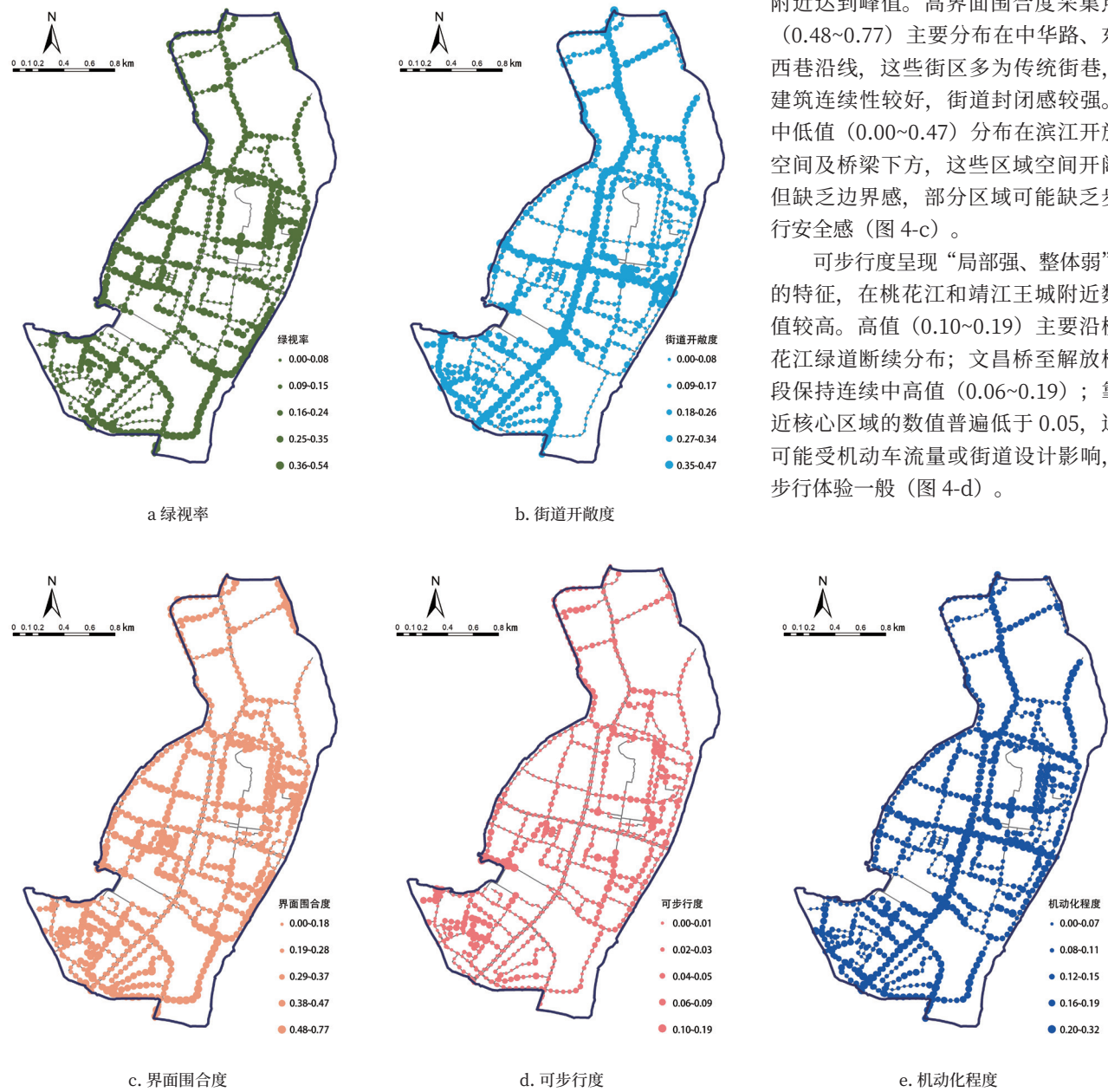


图4 客观指标可视化
Fig.4 Visualization of objective indicators

机动化程度的分布模式反映了街道的交通特征。中山中路形成高值走廊(0.20~0.32),尤其是研究区的南部和东部,与步行街的低值形成鲜明对比。这表明高值区域的交通流量大,机动车通行占主导。中等机动化程度的采集点(0.12~0.19)多位于商业区和次干道,机动车通行较为均衡,兼顾了步行与车行需求。低机动化程度的采集点(0.00~0.11)集中在古城核心区域及附近的步行街、小巷及封闭式街区,

机动车流量低,步行环境较佳。研究区的机动化程度整体上呈现“干道高、街区低”的特征(图4-e)。

2.2 主观感知指标的空间分布特征

研究通过机器学习获取每张街景图片美丽、无聊、压抑、活泼、富有和安全6个感知维度的感知评分,在GIS中将各点得分映射在路网上得到感知结果空间分布(图5)。其中,0~3分为低感知区间,4~5分为中等感知水平,6~9分为中高分值区间,即颜色越

暖感知分值越高。

中高程度的美丽感知的采集点主要集中在中山中路及靖江王城周边,这些区域景观优美,文化氛围浓厚;低美丽感知的采集点主要出现在老旧街区和高机动化道路沿线,这可能由于建筑老化或街道环境较差(图5-a)。无聊感知得分呈现核心区低、外围高的分布趋势。步行街、滨水空间由于商业活动丰富,较少被感知为无聊;而城市边缘、封闭小区周边缺乏商业与人流,导致无

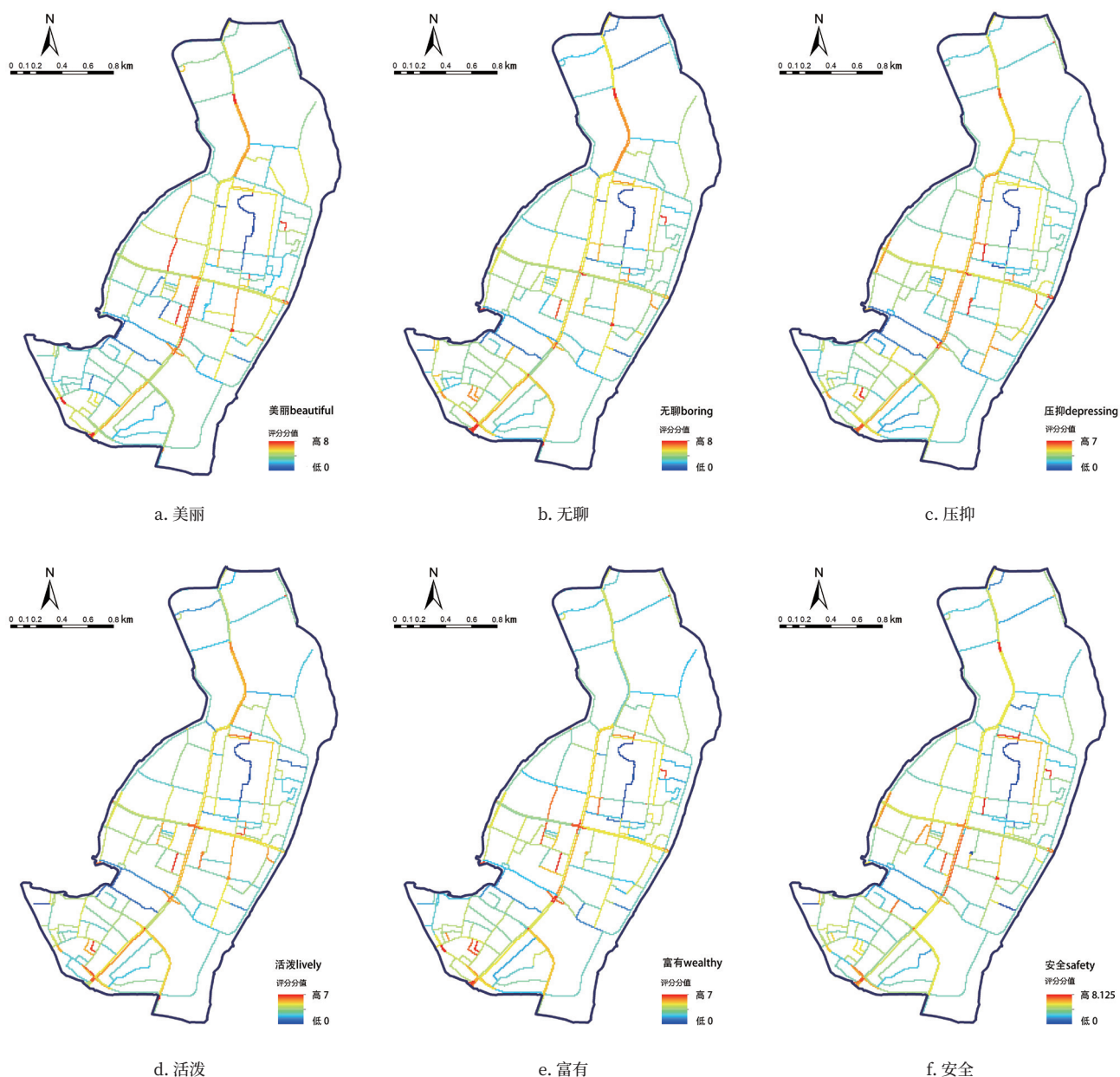


图5 6项感知评分的空间分布

Fig.5 Spatial distribution of scores for six perceptual indicators

聊感得分较高(图 5-b)。压抑感得分在滨水绿地、广场较低,而老旧街巷、封闭巷道由于环境破旧或围合度高,容易产生压抑感(图 5-c)。活泼感得分最高的区域为步行街、主要街道附近,这些区域人流密集、空间开放,城市活力强;而城市边缘、封闭小区的功能单一,活力较低(图 5-d)。富有感知得分呈现核心高、边缘低的特征,中心区富有感较高,而靠近边缘的老旧街区由于环境较差,感知得分较低(图 5-e)。安全感中高得分的区域集中在滨水步道、商业核心区等管理完善的区域;低安全感区域主要为边缘街区、背街小巷(图 5-f)。

3 主客观指标的相关性分析

研究对 5 项客观指标进行相关性分析(表 1)。结果显示,客观指标之间存在显著的互补与制约关系。其中,绿视率与空间形态密切相关,具体表现为绿视率与街道开敞度显著负相关,而与界面围合度显著正相关,这表明街区绿化元素往往集中分布于围合性较强的空间,而在开敞空间中则相对匮乏。可步行度与街道开敞度负相关,与界面围合度正相关,这表明步行友好的空间更多出现在围合度较高的环境中,而开敞空间对步行体验可能存在一定削弱作用。此外,机动化程度与界面围合度亦存在一定程度的负相关,这说明高围合度的街道空间可能在一定程度上抑制机动车的主导性。

研究进一步对 6 项感知指标进行相关性分析(表 2)。结果显示,美丽与活泼感知呈现显著的负相关,表明当街区被认为更美丽时,其活泼程度可能较低。这可能是由于传统历史街区往往以静谧和文化氛围见长,而非充满活力的动态场景。此外,美丽与富有感知呈显著正相关,说明被感知为美丽的街区往往也被认为更富有,这可能与建筑风貌、景观维护程度等因素相关。压抑与富有呈现一定程度的正相关,这说明某些较为封闭的古城墙街巷,虽具有富有气质,但同时给人一定的压抑感。富有与活泼呈负相关,说明该研究区域被认为富有的街区往往缺乏活力。这可能是由于文化区强调历史价值和秩序,而相对减少了开放式、互动性的街道活动。此外,安全与其他指标的相关性均未达到显著水平,说明在研究区域中,安全感并未直接受到美丽、活泼等因素的明显影响,而更可能受到个体经验的影响。

4 街道主客观评价指标的回归分析

因客观评价指标之间存在较强的相关性(如绿视率、界面围合度和街道开敞度相互影响),研究采用偏最小二乘回归法,主要基于回归系数的方向性与相对大小进行分析,以识别各街道客观指标对人群感知的主要作用趋势(表 3)。其中,系数为正表示产生正向影响,为负表示产生负向影响,绝对值大小表示影响强弱。结果显示,绿视率对安全(4.512)和活泼(2.413)具有积极作用,同时会促进无聊感(1.803)和压抑感(1.821)的产生,这与常规认知不同。进一步对比街景图像发现(图 6):高绿视率街道往往围合度大、开敞度低,空间封闭且缺乏视觉延展,导致压抑感和单调感。

这与姜斌等提出的“视线水平绿化存在最佳剂量区间”的结论一致,即绿视率低于或高于 25.3%~80.2% 均可能产生负效应^[29]。研究发现,建筑密集、人流集中的街区与植被占比高、交通为主的街道形成对比:前者绿视率较低但正向情绪评分较高,后者绿视率较高但正向情绪评分较低,因此在样本总体中绿视率与正向情绪呈负相关^[30]。研究结果说明桂林历史街区的绿化存在一定问题,其高绿视率区域往往是

表 1 客观评价指标相关性分析
Tab.1 Correlation analysis of objective evaluation factors

指标	绿视率	开敞度	围合度	可步行度	机动化
绿视率	1				
街道开敞度	-0.677**	1			
界面围合度	0.591**	-0.955**	1		
可步行度	0.153	-0.240*	0.220*	1	
机动化程度	0.062	0.166	-0.255*	-0.497**	1

注: *表示 $P<0.05$,相关性显著; **表示 $P<0.01$,相关性极显著,下同。

表 2 感知指标相关性分析
Tab.2 Correlation analysis of perceptual indicators

指标	美丽	无聊	压抑	活泼	富有	安全
美丽	1					
无聊	0.115	1				
压抑	0.106	-0.051	1			
活泼	-0.439**	-0.052	-0.038	1		
富有	0.302**	0.037	0.209*	-0.252*	1	
安全	0.113	-0.057	0.030	-0.150	0.045	1

表 3 街道主客观评价指标的回归系数
Tab.3 Regression coefficients between objective street assessment indicators and subjective perceptions

指标	美丽	无聊	压抑	活泼	安全	富有
常数	4.530	4.450	2.229	8.561	5.130	6.279
绿视率	0.357	1.803	1.821	2.413	4.512	1.285
街道开敞度	5.096	2.871	5.615	-6.178	5.501	-1.433
界面围合度	0.651	1.329	2.285	-6.337	-1.332	-1.514
可步行度	-9.813	-2.263	3.948	4.307	-14.314	-3.629
机动化程度	-6.167	-0.823	3.461	3.125	-5.236	-4.486

较封闭、功能单一的绿化空间。绿化空间虽增强了安全感与环境活力，但若缺乏功能支撑，可能难以转化为积极的心理体验。

街道开敞度对美丽（5.096）和安全（5.501）感知有正向作用，但对活泼感知产生负向影响（-6.178），同时会增强压抑感（5.615）。这说明开敞空间有助于丰富街区的美学体验，增强安全感，但过于开阔的空间削弱了街区的动态氛围，使环境显得空旷而缺乏生气。

界面围合度对美丽（0.651）和压抑（2.285）感知有正向作用，对活泼（-6.337）和安全（-1.332）产生负向影响。这表明适度的空间围合有助于提升环境识别度和美学感受，但过高的围合则可能带来压迫感，降低空间的开放性和安全性，从而增加压力。

可步行度对活泼（4.307）有正向作用，对无聊（-2.263）和美丽（-9.813）感知产生负向影响，说明良好的步行环境有助于增强街区活力，但步行便捷性并非等同于街道美丽。相关研究提出“高审美秩序”的街区往往伴随较低的动态活动水平，尤其在文化保护区或高景观控制区中^[31]。

机动化程度整体上对感知产生负向作用，尤其对安全（-5.236）和美丽（-6.167）感知影响较为显著，说明高机动化环境降低了街区的舒适性和审美体验。但其对活泼（3.125）产生正向影响，这反映交通虽带来噪声和压迫感，但也可能营造街区的繁华氛围，提升动态性。

5 街道空间的微更新策略

基于研究结果，参照《桂林历史文化名城保护规划（2020—2035年）》中保护范围和控制范围划定，以及保护规划条例，提出兼顾历史保护与功能提升的更新策略。

靖江王府与八角塘片区的绿视率不足，可在不破坏街巷格局前提下，通过在闲置地块或局部街角设置“口袋绿地”和小型庭院式绿化增加绿量，同时加强对绿化景观的管理和维护，增强美丽和安全感知。此外，靖江王府周边街巷因保留传统街巷肌理，开敞度较低，可在保护街巷肌理的基础上，充分考虑街巷节点的美学设计，设置夜间照明提升街区的通

透性，增强安全感。在保持街墙连续性的前提下，通过更新导视牌、精细化设计景观节点，引导人流，丰富空间层次，缓解街区的压抑感。

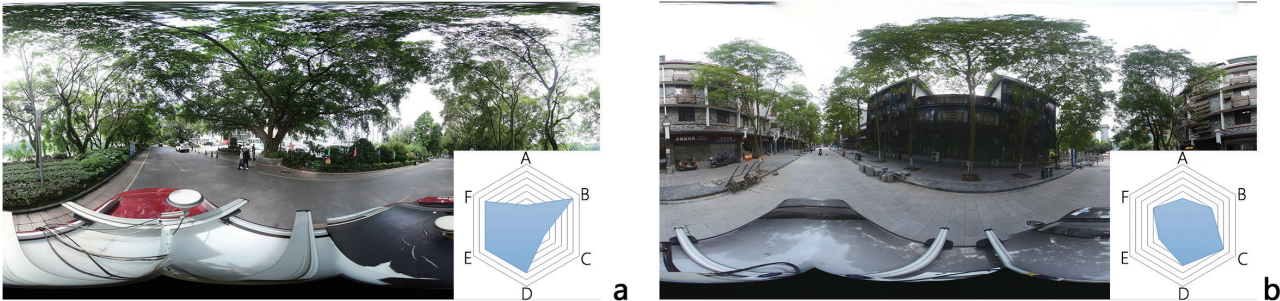
漓江沿岸及西南角等绿视率过高区域，可通过增设景观小品及城市家具打破单一植被带的视觉单调性，增强活泼感和富有感。解放东路、榕湖前的开阔区可利用现有空间举办文化展演和集市活动，提升街区的公共性，增强活泼感。滨水开放区的围合度低，可植入休闲驿站、文化展亭，营造开放且富有文化体验的街区氛围。桃花江绿道及靖江王府轴线虽可步行度高，但活力不足，可利用夜间市集、互动装置等提升趣味性并增强活泼感。中山中路的机动化程度过高，应严格控制车流、增设人行过街通道、补充行道树及绿化隔离带，实现人车分流，提升步行安全性与舒适度。边缘街巷如八角塘东侧住宅区，可通过增加照明、治安巡逻及社区文化设施增强安全感和居住体验感，从而在保护历史风貌的前提下，实现街区整体环境与人群感知的优化。

6 结语

本文以桂林历史街区空间为研究对象，定量评价绿视率、街道开敞度等5个客观空间特征与美丽、活泼等6个主观感知指标，并对主客观指标的关联性进行分析，最后提出了街道空间优化建议。研究表明，街区整体存在绿视率偏低、可步行度不足、机动化程度过高等问题；不同感知维度在空间分布上差异明显，美丽与富有感知主要集中于核心景观区，而无聊感与压抑感多见于老旧街巷；街道物理要素与人群感知之间存在显著关联，高绿视率在特定条件下可能带来压抑感和无聊感，而适度的开敞度与围合度有助于增强美丽与富有感知。

本研究使用街景图像语义分割与机器学习感知模型，构建了桂林历史街区街道空间品质与人群感知的综合评价框架，实现了主客观指标双向量化。该方法有效降低了主观偏差和人力成本，同时扩大了研究范围，提高分析效率，具有较强的普适性，可为历史街区精细化更新提供新视角。

研究仍存在部分局限，例如街景数据受更新频率与覆盖



注：感知雷达图中的A、B、C、D、E、F分别表示美丽、无聊、压抑、活泼、安全、富有6种感知类型，网格刻度均为1。

图6 街景照片示例及其感知雷达图

Fig.6 Examples of street view photos and their perception radar charts

范围的限制,部分街道环境可能未能完全反映现实动态;感知模型的机器学习训练集使用了麻省理工学院的 MIT Place Pulse2.0 数据集,由于不同地区存在文化和环境差异,模型预测结果可能与本土实际感知存在偏差;未充分考虑社会经济因素对感知体验的影响。未来可融合多源数据,分析不同人群特征,将研究范围扩展至更多历史街区或城市,以提高评价框架的精度,并验证模型的普适性。

注:图1、3、6的街景图像来自百度地图街景API,其余均由作者自绘。

参考文献:

- [1] 叶宇,张昭希,张啸虎,等.人本尺度的街道空间品质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J].国际城市规划,2019,34(1):18-27.
- [2] 薛子卿,任绍斌.城市历史街区公共空间感知维度及其测度分析——以武汉市昙华林为例[C]//中国城市规划学会,重庆市人民政府.活力城乡 美好人居——2019中国城市规划年会论文集(09城市文化遗产保护).北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [3] 吴欣,孙鑫,崔鹏,等.多主体感知视角下风貌真实性保护策略——以西安三学街历史街区为例[C]//中国城市规划学会,成都市人民政府.面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(09城市文化遗产保护).北京:中国建筑工业出版社,2021.
- [4] 张若曦,张乐敏.历史街区风貌保护的跨群体认同研究——基于VR眼动跟踪的场景感知[J].新建筑,2023(4):120-125.
- [5] 毛志睿,陈笑葵,项振海,等.历史街区街道活力测度及影响因素研究——以昆明市文明街历史街区为例[J].南方建筑,2021(4):54-61.
- [6] 匡晓燕.重塑人性化街道——基于SD法成都市街道空间活力评价[J].四川建筑,2018,38(5):23-26.
- [7] 庄惟敏.SD法与建筑空间环境评价[J].清华大学学报(自然科学版),1996(4):42-47.
- [8] 王兰,王静,徐望悦.城市空间品质评估及优化[J].城市问题,2018(7):77-83.
- [9] 李永乐,肖蕾,杨剑桥,等.大运河景观价值感知对游客遗产保护意愿的影响研究——以无锡清名桥历史文化街区为例[J].干旱区资源与环境,2022,36(2):202-208.
- [10] 赵鹏飞,姚子刚.从空间感知到空间认同:大运河历史文化街区的保护更新[J].东岳论丛,2022,43(8):154-160.
- [11] LIU T, BUTLER R J, ZHANG C. Evaluation of public perceptions of authenticity of urban heritage under the conservation paradigm of Historic Urban Landscape—a case study of the Five Avenues Historic District in Tianjin, China[J]. Journal of Architectural Conservation, 2019, 25(3):228-251.
- [12] ZENG X, ZHANG C, XU D. Developing and validating a scale to measure perceived cultural atmosphere in historic districts[J]. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2024, 29(9):1152-1169.
- [13] 张丽英,裴韬,陈宜金,等.基于街景图像的城市环境评价研究综述[J].地球信息科学学报,2019,21(1):46-58.
- [14] 柴玉,曹伟.人工智能在街道空间研究中的应用综述——基于CiteSpace的可视化分析[J].中外建筑,2024(1):21-26.
- [15] 张润,王永滨.机器学习及其算法和发展研究[J].中国传媒大学学报(自然科学版),2016,23(2):10-18,24.
- [16] 徐璐,徐建刚.空间句法在城市设计中的应用——以南京市河西地区空间结构分析为例[J].现代城市研究,2011,26(4):42-46.
- [17] 杨晓霄.基于Landsat数据的昆明市城市空间变化遥感监测及驱动力分析[J].地理科学研究,2024,13(2):293-303.
- [18] 于婷婷,郭旭.基于空间感知的历史文化街区保护更新[J].低温建筑技术,2024,46(8):1-7.
- [19] CHEN L, CAI X, LIU Z. Multi-Source Data and Semantic Segmentation: Spatial Quality Assessment and Enhancement Strategies for Jinan Mingfu City from a Tourist Perception Perspective[J]. Buildings, 2025, 15(13):2298.
- [20] 齐子吟,李君轶,贺哲,等.城市街道景观色彩对游客情感感知影响——基于街景图像的研究[J].地球信息科学学报,2024,26(2):514-529.
- [21] 郭建琳.桂林古城形态演变及其历史特征初探[J].社会科学家,2003(3):156-160.
- [22] CHENG B, MISRA I, SCHWING A G, et al. Masked-attention mask transformer for universal image segmentation[C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Los Alamitos: IEEE, 2022.
- [23] 戴智妹,华晨.基于街景的街道空间品质测度方法完善及示例研究[J].规划师,2019,35(9):57-63.
- [24] 刘晓天,孙冰,廖超,等.基于街景图像的城市街道绿视率计量方法比较分析[J].江西农业大学学报,2020,42(5):1022-1031.
- [25] 唐婧娴,龙瀛.特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二环路和上海内环为例[J].规划师,2017,33(2):68-73.
- [26] DUBEY A, NAIK N, PARIKH D, et al. Deep learning the city: Quantifying urban perception at a global scale[C]//European Conference on Computer Vision. Cham: Springer, 2016.
- [27] ZHANG F, ZHOU B, LIU L, et al. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 180:148-160.
- [28] ZHAO X, LU Y, LIN G. An integrated deep learning approach for assessing the visual qualities of built environments utilizing street view images[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2024, 130:107805.
- [29] JIANG B, LI J, GONG P, et al. A generalized relationship between dose of greenness and mental health response[J]. Nature Cities, 2025(2):739-748.
- [30] 郭梓唯,刘京一.基于街景和社交网络数据的街道情绪体验研究——以广州北京路历史文化街区为例[J].广东园林,2025,47(1):22-32.
- [31] MEHTA V. Evaluating public space[J]. Journal of Urban design, 2014, 19(1):53-88.

作者简介:

赵欣然/1999年生/女/重庆人/桂林理工大学旅游与风景园林学院(广西541004)/在读硕士研究生/专业方向为城乡规划学

邓春风(*通信作者)/1975年生/女/广西灌阳人/博士/桂林理工大学旅游与风景园林学院(广西541004)/教授/研究方向为城乡规划理论与实践、城乡空间形态/E-mail:dcf93@163.com