引文格式：李有鹏,刘国栋,等. 基于街景和POI数据的街道空间品质评价[J]. 地理空间信息, 2024, 22(2): 64-67. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.02.015

基于街景和POI数据的街道空间品质评价

李有鹏[1]，刘国栋[1]
（1. 重庆交通大学 智慧城市学院，重庆 400074）

摘　要：街道空间是居民生活的主要场所之一，其空间品质的优劣程度不仅是城市居民幸福感的体现，也是反映城市形象的重要因素。以渝中区道路为研究对象，利用图像语义分割技术、空间句法及空间连接等方法，分别从街景图像、路网和POI数据中获得绿视率、道路接近度、太阳辐射强度、生活服务便捷度等13个评价指标，基于层次分析法构建包含舒适度、安全性、便捷性和活力度4个感知维度的街道空间品质评价体系。最终分别对整体4个感知维度及道路等级的街道空间品质分布特征进行分析，结果表明渝中区各街道空间品质多样性与差异性并存，且未出现明显的两极分化现象。

关键词：街道空间品质；街景；POI；语义分割；层次分析法
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）02-0064-04

Spatial Quality Evaluation of Streets Based on Street View and POI Data

LI Youpeng[1], LIU Guodong[1]
(1. School of Smart City, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Street space is one of the main places where residents live, and its quality is not only a reflection of the happiness of city residents, but also an essential factor that reflecting the urban image. Taking the roads in Yuzhong District as the research object, we used the image semantic segmentation technology, spatial syntax method and spatial connectivity to construct a street space quality evaluation system based on analytic hierarchy process (AHP) including four perceptual dimensions of comfort, safety, convenience, and vibrancy, from 13 evaluation indicators such as green view rate, road proximity, solar radiation intensity, and convenience of living services from streetscape images, road network, and POI data respectively. We analyzed the spatial quality of the streets as a whole, the four perceptual dimensions and the road classes. The results show that the spatial quality of streets in the Yuzhong District is diverse and different, but there is no obvious polarization.

Key words: spatial quality of street, street view, POI, semantic segmentation, AHP

良好的街道空间不仅能满足居民的日常出行、购物等活动，还能在视觉、心理等多种感官上有舒适的体验[1]。本文遵循“以人为本”的发展理念，使用深度学习及空间句法等空间分析方法从街景影像、POI以及路网数据中提取评价指标，构建层次分析模型对渝中半岛街道空间品质展开评价。

1　研究区及数据获取

1.1　研究区概况

渝中区是重庆主城九区之一，与江北区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区相邻，位于长江、嘉陵江交汇地带，由于两江环抱，形似半岛，又名渝中半岛，是重庆市的城市核心地区。全区水陆域面积为23.24 km^2，其中陆地面积20.08 km^2，下辖解放碑街道、朝天门街道、大溪沟街道等11个行政街道。

1.2　数据获取与预处理

1）OSM路网。OSM路网数据来源于OpenStreetMap（https://www.openstreetmap.org/），对研究区路网经过简化、拓扑检查，并在交叉点处分割为路段处理后共得到道路604条。根据30 m间隔对路网增密获取采集点，以此作为街景图片采集的基础数据。

2）街景影像。街景图片数据从百度地图(https://map.baidu.com/)获取，根据百度开发文档调用API服务接口，设置视场角参数为360°（fov = 360），使用Python编写程序获取全景图，最终获得有效街景图片为7 844张。

3）POI数据。POI数据通过调用百度地图API获取，对原始数据经过清洗、投影变换及矢量化处理，根据其作用功能重分类，再将各类别POI数据连接到邻近道路上，设置连接距离为100 m。

收稿日期：2022-10-12。
项目来源：重庆市研究生教育优质课程建设项目（JDYZ2019009）。
第一作者简介：李有鹏（1996—），硕士研究生，研究方向为3S技术及应用，E-mail：1126374900@qq.com。

2　研究方法

立足居民在街道空间中的感受对街道空间品质进行评价，首先搭建基于深度学习的PSPNet（pyramid scene parsing network）网络提取街景要素，并将街景数据经过投影转换得到鱼眼图，计算太阳辐射比例。随后计算道路100 m范围内各类别POI数据的密度以及多样性。再使用空间句法获取路网的网络特征信息，并将各项评价指标使用空间连接的方法链接到对应路网。最后构建层次结构模型，根据指标权重计算街道空间品质综合得分。

2.1　评价指标体系构建

在密集的城市三维空间中，居民生活体验不仅受到建筑界面、可步行空间等建成环境的影响，还与街道空间服务设施的便捷程度以及安全保障息息相关。因而根据居民在街道空间中的主观感受，结合空间数据以及街景影像特征，构建舒适度、安全性、便捷性以及活力度4个维度的街道空间评价指标体系（表1）。

表1　层次结构模型指标组成及权重

目标层	准则层	权重	指标层	权重	说明
街道空间品质	舒适度	0.287 9	太阳辐射强度	0.048 7	街景影像经过投影转换得到鱼眼图，利用Python的pysolar库计算太阳直接辐射比例，再计算街道单元内太阳直接辐射比例均值表示太阳辐射强度，反映街道空间热环境
			天空可见度	0.111 5	街道单元内街景影像天空要素占比均值，反映空间开敞程度
			绿视率	0.127 7	街道单元内街景影像植被要素占比均值，反映绿化程度
	安全性	0.169 2	路面可行性	0.056 4	街道单元内街景影像人行道及行人要素占比均值，反映街道可步行空间
			车辆通行指数	0.056 4	街道单元内街景影像机动车及机动车道要素占比均值，反映车行空间
			界面围合度	0.056 4	街道单元内街景影像建筑物及柱体要素占比均值，反映街道空间拥挤程度
	便捷性	0.204 6	生活服务便捷度	0.076 7	道路100 m缓冲区内生活服务类POI密度，反映生活服务便捷程度
			交通服务便捷度	0.076 7	道路100 m缓冲区内交通服务类POI密度，反映交通服务便捷程度
			道路连通度	0.025 6	道路交叉口个数，反映各道路间的连通性
			道路接近度	0.025 6	道路到其他道路的难易程度，反映街道空间的区位可达性
	活力度	0.338 3	底商密度	0.169 2	道路100 m缓冲区内商业类POI密度，反映商业服务便捷程度
			功能多样性	0.084 6	使用香农指数计算各类POI的混合度，反映设施多样性
			色彩丰富度	0.084 6	使用辛普森指数计算街道单元内街景要素的多样性，反映空间丰富度

2.2　评价指标量化

2.2.1　语义分割

借助语义分割技术，搭建经Cityscapes数据集训练的金字塔场景解析网络PSPNet语义分割模型提取各类街景要素，并计算各类要素比值。与全卷积网络FCN（fully convolutional network）相比，PSPNet可以更好地获取场景全局信息，从而提高精度[2]。最终得到道路、车辆、行人、绿植、建筑物等19种要素的像素数占比及位置信息，将识别结果分类计算得到界面围合度、车辆通行指数、路面可行性、绿视率、天空可见度5项指标，并使用Simpson指数计算街道空间的色彩丰富度。

2.2.2　太阳辐射比例

太阳辐射会影响城市热环境[3]，对居民舒适体验产生影响。通过投影转换将街景全景图转换制作鱼眼图，并根据道路与正北方向的偏转角度将鱼眼图的正上方调整为正北方向，以6 min为间隔计算太阳高度角和天顶角，可得到任意一天（北京时间）内的太阳运动轨迹。将太阳运动轨迹与鱼眼图重叠，若与天空要素重合，则判定该时间点阳光可照射到地面，从而可得到观测点接收的太阳漫辐射比例PF与直接辐射比例PD[4]。因在不同天空视域因子值条件下直接辐射均值明显大于漫辐射均值，且在辐射总量中占较大比重[5]，故使用直接辐射比例（式1）代表观测点太阳辐射强度。

$$PD=\frac{\sum_{h=h_1}^{h_2} B_h\cdot\cos\theta_h}{\sum_{h=h_1}^{h_2}\cos\theta_h} \tag{1}$$

式中，h_1为日出时间；h_2为日落时间；θ_h为太阳对

应时刻的天顶角；B_h 为太阳轨迹被否与天空要素重合的布尔变量，若与天空要素重合则为1，否则为0。

2.2.3 空间句法

空间句法以拓扑关系为基础，将社会网络的分析方法引入到城市物质空间，适用于城市街道空间的精细尺度研究[6]。在sDNA中接近度(式2)反映了城市区域对交通流的吸引力，吸引力越高则交通越便捷[7]。

$$NQPD(x)=\sum_{y\in R_x}\frac{(W_{(y)}P_{(y)})^{\text{nqp dn}}}{d_M(x,y)^{\text{nqp dd}}} \quad (2)$$

式中，$W_{(y)}$ 为路段权重；$P_{(y)}$ 为搜索半径内节点的权重，在连续空间取值为[0,1]；nqp dn 与 nqpdd 取值为1。

2.3 基于层次分析法的评价方法

层次分析法(The analytic hierarchy process, AHP)，是一种解决多指标复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法。根据目标将影响要素分为不同的聚类，组成多层次的结构模型，再判断各组成指标的重要程度，获得各指标的权数。基于层次分析法构建舒适度、安全性、便捷性和活力度4个感知维度为准则层的层次分析模型对渝中区街道空间品质进行评价的主要步骤为：

1）根据目标及评价指标建立层次结构模型。

2）构造判断矩阵，采用相对尺度方法将各层次指标的重要程度两两对比，减少不同性质指标在比较时的困难。

3）层次单排序及一致性检验，获得同层次因素对上一层次因素的重要性，并引入判断矩阵，保证判断矩阵满足一致性要求。

4）层次总排序及一致性检验，得到各层次指标对于目标层次的相对重要性权重。

5）权重与指标值叠合，得到目标层次综合评分。

由于获得的多项指标间的量纲和数值均存在差异，故使用max-min方法将各项指标标准化处理，使其值在[0,1]范围内。再将标准化后值与指标的权重对应，得到各街道的综合品质得分（式3）。

$$S=\sum_{i=1}^{n}a_i{}^{x}w_i \quad (3)$$

式中，a_i 为指标归一化后的结果；w_i 为对应的权重。

3 结果与分析

3.1 街道空间品质总体特征

计算得到渝中区街道空间品质平均分为0.47，使用自然间断法将计算结果分为5个等级（图1），发现各区域空间品质特征差异性较大，且呈散状分布，说明建成环境复杂的渝中半岛街道空间品质虽整体良好，但多样性和差异性并存。

对各行政街道空间品质得分进行统计（图2），结果表明得分聚集区间为0.47～0.48、0.48～0.53，平均得分基本与整体保持一致。在0.48～0.53得分区间内，化龙桥街道占比最大，达到了50.00%，南纪门街道在得分区间为0.47～0.48内占比最大为58.62%，大溪沟街道占比最小为35.19%。而在综合得分为0.33~0.40区间内，化龙桥街道占比最大为2.56%。由此可得出渝中半岛内街道空间品质特征虽高低品质并存，但以较高品质为主，未出现明显的两极分化现象。



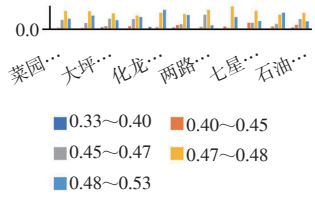


图1 街道空间品质结果 图2 各行政街道自然间断法分类区间占比

渝中区有深厚的历史文化底蕴，且作为重庆市的城市核心区域，各类生活配套设施较为完备。将评价结果与实际结合发现，渝中区东部区域的解放碑商业步行街、洪崖洞民俗风貌区及众多历史人文景点极大地满足了居民在街道中的生活体验感，民族路、新华路、长江滨江路等街道空间品质较高，但江家巷、白象街等街道空间内由于道路较窄且绿化较少，是街道空间品质较低的主要原因。中部李子坝正街区域，邻近嘉陵江以及李子坝抗战遗址公园等景点，街道空间品质较好。西部区域随着大坪商业圈的不断发展，该区域也正在成为居民和游客所青睐的地方，但时代大道受到密集建筑物的影响品质相对较低。



a 舒适度



b 安全性



c 便捷性



d 活力度

图3 各感知街道空间品质特征分布

3.2 多感知维度街道空间品质特征

根据图3及表2可知在舒适度、安全性、便捷性和活力度4个感知维度，渝中半岛品质差异性较大，且不同行政街道各感知维度品质也存在较大差异。

表2　各行政街道不同维度感知评分平均值

街道	舒适度	安全性	便捷性	活力度	综合品质
菜园坝街道	0.46	0.30	0.25	0.69	0.47
朝天门街道	0.36	0.40	0.25	0.73	0.47
大坪街道	0.45	0.31	0.24	0.69	0.47
大溪沟街道	0.39	0.35	0.27	0.71	0.47
化龙桥街道	0.48	0.30	0.30	0.66	0.48
解放碑街道	0.33	0.44	0.28	0.73	0.47
两路口街道	0.44	0.30	0.29	0.67	0.46
南纪门街道	0.42	0.33	0.25	0.73	0.47
七星岗街道	0.37	0.37	0.28	0.70	0.46
上清寺街道	0.45	0.32	0.30	0.67	0.47
石油路街道	0.41	0.35	0.24	0.69	0.46
平均值	0.41	0.34	0.27	0.70	0.47

舒适度得分区间为[0.11，0.64]，平均得分0.41。整体上东西部区域差异明显，东部区域解放碑街道、朝天门街道和七星岗街道3个行政街道内道路舒适度得分均较低，而西部区域仅石油路街道内的时代大道区域舒适度较低。该部分区域建筑物密集，天空可见度较低，绿化设施相对较少是使舒适感较低的主要原因。

安全性得分区间为[0.12，0.68]，平均得分0.34。由于建筑物等物体对行人视线的遮挡，以及密集的车流量限制行人的可步行空间，影响人群在街道中的安全感，但由于解放碑及大坪商业街范围内部分道路少有或限制机动车辆通行，行人可步行空间较大，街道空间内安全感较高。

便捷性得分区间为[0.04，0.52]，平均得分0.27，表现为中等水平。各街道空间的连通与公共服务设施为街道空间中生活的居民提供了便利。由于渝中区极具山地城市特征，在地形因素的影响下，区域内道路密度分布不均，且地势不平坦，使得各街道空间的便捷性存在差异。

活力度平均得分为0.70，密集的商业设施以及功能的多样性促进了街道活力，吸引较多行人参与街道空间生活，洪崖洞、十八梯、李子坝等众多旅游景点也吸引了大量的游客，从而使各街道的活力度较高。中部区域受到地形因素影响商业设施较少，但鹅岭公园以及佛图关公园为居民休闲提供场所，因此邻近的鹅岭正街以及长江二路街道活力度较高。

3.3　道路等级空间品质对比

对不同等级道路的空间品质进行对比分析（图4），发现渝中区各等级道路空间综合品质基本保持一致，且在不同感知维度中活力度得分较高，但便捷性分值较低，与各行政街道多维度品质感知结果一致。舒适度随着道路等级的升高而升高，主要原因在于支路与次干道大多处于城市空间内部，周围高大的建筑物遮挡了行人的可视空间，而主干道不仅提供开阔的视野环境，宽敞的路边空间也为绿色植物提供了生长空间；同时由于城市支路对车行速度的限制以及行人可步行空间的提高，安全性随着道路等级的降低而升高。

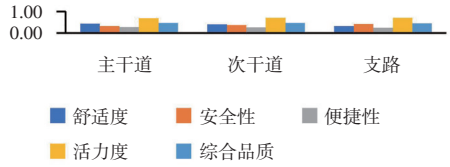


图4　不同等级道路空间品质

4　结　论

结合街景图像和POI数据对渝中区街道空间品质进行评价，发现渝中区各街道空间品质虽存在差异，但整体表现较好，且未出现明显的两极分化现象。通过对各行政街道和不同等级道路的舒适度、安全性、便捷性、活力度4个感知维度空间品质分析发现，在建成环境和设施布局的影响下，各感知维度品质均不相同。为进一步提高街道空间品质，应根据实际需求适当提高绿化率，增加公共服务设施数量以及多样性，提升街道空间色彩多样性，改善街面围合度、车辆通行指数以及路面可行性，使居民在街道空间中有更好的感知体验。

参考文献

[1] 王均瑶，常守志. 面向规划实施的社区15 min生活圈评估与划定[J]. 地理空间信息，2022，20(6):24-27

[2] Zhou J, Hao M, Zhang D, et al. Fusion PSPnet Image Segmentation Based Method for Multi-focus Image Fusion[J]. IEEE Photonics Journal，2019，11(6):1-12

[3] 周伟奇，田韫钰. 城市三维空间形态的热环境效应研究进展[J]. 生态学报，2020，40(2):416-427

[4] Li X, Atti C. Mapping the Spatio-temporal Distribution of Solar Radiation Within Street Canyons of Boston Using Google Street View Panoramas and Building Height Model[J]. Landscape and Urban Planning，2019，191:103 387

[5] 胡德勇，张亚妮，刘曼晴，等. 顾及城区形态特征的太阳辐射传输模型及其遥感应用[J]. 遥感学报，2021，25(10):2 116-2 126

[6] 罗星，丁昭静，李珂，等. 基于可达性的市域轨道交通换乘节点选址研究[J]. 交通科技与经济，2021，23(4):20-26

[7] 赵胤程，覃盟琳，史倩倩. 基于空间句法的城市公园绿地可达性分析：以广州市中心城区为例[J]. 地理信息世界，2022，29(2):40-45