

基于空间测度和空间品质的工业历史文化 街区绿视率研究

孙冬,周福健,林俊杰,付瑶,姬翔

(沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要 目的 为提升历史文化街区街道空间品质。**方法** 以沈阳市工人村历史文化街区为研究对象,分析历史街区空间现状,利用相关性分析探讨绿视率与其他空间测度的影响关系以及对历史文化街区街道空间品质的耦合影响,建立历史文化街区空间品质的多元回归模型,探究空间品质与空间测度特征的影响机制。**结果** 在历史文化街区中绿视率、历史建筑可见度、围合度、景观多样性为高值显著特征,天空开阔度、参与度为低显著特征且空间差异明显;历史文化街区的空间品质主要受到绿视率、天空开阔度、历史建筑可见度、围合度的影响;绿视率与空间品质成正相关关系,与其他空间测度成负相关关系。**结论** 以历史文化街区空间测度特征量化研究为导向,根据空间测度结果提出历史文化街区街道空间的设计导则,为制定控制项奠定基础。

关键词 历史文化街区;绿视率;空间品质;图像语义分割;多元线性回归模型

中图分类号 TU984

文献标志码 A

引用格式:孙冬,周福健,林俊杰,等.基于空间测度和空间品质的工业历史文化街区绿视率研究[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2024,40(6):1108-1115.(SUN Dong,ZHOU Fujian,LIN Junjie,et al. Research on green view index of industrial historical and cultural blocks based on spatial metrics and street space quality[J]. Journal of Shenyang jianzhu university(natural science),2024,40(6):1108-1115.)

Research on Green View Index of Industrial Historical and Cultural Blocks Based on Spatial Metrics and Street Space Quality

SUN Dong,ZHOU Fujian,LIN Junjie,FU Yao,JI Xiang

(School of Architecture and Urban Planning,Shenyang Jianzhu University,Shenyang,China,110168)

Abstract: In the revitalization of historical and cultural districts, vegetation plays a crucial role in enhancing street quality. The balancing of green visual experiences with other spatial metrics is a significant focus for improving the quality of Workers' Village historical and cultural streets in Shenyang. This study analyzes the current spatial status of the historical district, employing

收稿日期:2024-03-30

基金项目:国家自然科学基金项目(52278031);辽宁省教育厅科研项目(JYTMS20231583)

作者简介:孙冬(1978—),男,副教授,主要从事城市景观设计、城市空间品质等方面研究。

correlation analysis to explore the relationship between green view ratio and other spatial metrics, as well as their combined impact on street space quality. A multiple regression model is established to investigate the mechanism through which spatial quality is influenced by spatial metric characteristics in historical and cultural street areas. The research findings indicate: High values of green view ratio, visibility of historical buildings, enclosure, and landscape diversity are significant features in historical and cultural districts, while openness of sky and participation exhibit low significance and notable spatial differences. The spatial quality of historical and cultural districts is primarily influenced by green view ratio, openness of sky, visibility of historical buildings, and enclosure. Green view ratio shows a positive correlation with spatial quality but a negative correlation with other spatial metrics. This study is guided by a quantitative analysis of spatial metric features in historical and cultural street areas, proposing design guidelines for street spaces based on these metrics, thereby laying the groundwork for regulatory frameworks.

Key words: historic and cultural districts; green view index; street space quality; semantic segmentation; multivariate linear regression model

作为承载着城市记忆的工业历史街区建筑和景观,除了具有重要的人文特征与价值之外,还是文脉的场所载体,其易被感知性对街道文化起到重要作用。同时,公众对城市文化和空间品质需求的日益提升^[1],对历史文化街区更新设计有了更多的要求。既要尊重历史,传承人文脉络,提高历史建筑占比,又要提高街道绿视率,优化街区的绿色环境,提升整体空间品质。有关绿视率的城市绿化空间优化方法最早由日本学者提出^[2],后波及欧美,并得到了广泛应用。国内有关绿视率的研究发展快速,主要应用于提升城市道路景观绿化空间品质^[3]。徐磊青等^[4]对建筑界面和绿视率与街道环境迷人性影响程度进行研究。崔喆等^[5]通过解析街景图像对绿视率进行自动测度,研究寒地城市绿视率与道路等级的关系。李渊等^[6]以厦门市中山路同文片区为例,探索基于绿视衰减曲线的历史街区步行环境绿视感知评价。高翔等^[7]探究人本视角下,街道步行空间绿视率与步行愉悦度的关联程度。李晓江等^[8]通过街道绿化与经济状况的相关研究得出经济收入与绿视率呈现正相关。人工智能技术的发展,为绿视率研究提供高效且准确的数据来源。龙瀛^[9]利用虚拟现实技术,探讨在不同城市街道环境绿视率下体验者的不同感

受。郝新华等^[10]利用网络爬虫获取腾讯地图的街景图像,实现了大规模、精细化尺度的街道绿化量化评价。叶宇等^[11]应用机器学习法对静态街景数据进行训练、测量,研究绿视率与街道可达性的相关问题。张炜等^[12]利用卷积神经网络模型自动识别植被区域面积,实现全景绿视率自动化识别和计量。沈阳市工人村历史文化街区是全国现存工业风貌保存较好的历史文化街区之一,是展示沈阳城市历史发展不可或缺的部分^[13、15]。沈阳市工人村的保护和利用对于维护社会多元性、促进可持续发展和传承历史文化具有重要意义。

基于此,笔者以沈阳市工人村历史文化街区街道空间为研究对象,通过百度街景、计算机视觉技术获取街区的绿视率及其他空间测度,并对街道空间品质进行语义差异法评价,探讨绿视率与其他空间测度的影响关系,以及各空间测度对街道空间品质的耦合影响,通过调控各测度指标的强弱进行平衡,为提升历史文化街区街道空间品质提供设计参考。

1 研究基础

1.1 研究区域概况

研究区域位于沈阳市铁西区西南部,为矩形街区,东西约720 m,南北约170 m,占地

面积 1.22 hm²。该区域主要为生活街区,内设工人村生活馆、人物展示馆和美术馆。现存建筑为 20 世纪 50 年代初建设,基本保持了原有风貌^[14]。

1.2 数据获取

1.2.1 街景图像获取

在修改百度街景图像的 API 参数的基

础上,通过 Python 脚本可以获取到任何角度和方向的静态街景图像^[16],数据获取时间为 5—7 月。为了符合行人的视觉感知,将 pitch 的初始值设置为 0,水平航角方向选取沿街道建筑的峡谷方向。每间隔 50 m 距离设置一个采样点,共采集 74 点的街景图像,像素均为 720×1 500(见图 1)。

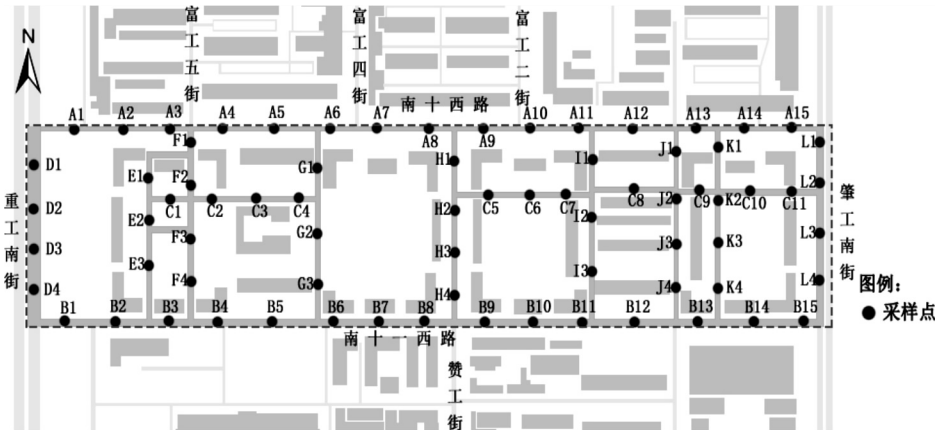


图 1 采样点示意图

Fig. 1 Diagram of sampling points

1.2.2 图像语义分割

SegNet 的语义分割架构可以在分割中保持高频细节的完整性^[17]。与其他语义分割网络相比,是拥有参数较少的轻量级网络。因此,笔者采用 SegNet 图像语义分割模型,其过程形成“Input 编码—Output 解码”。采用传统数据集 CityScapes 对街景图像进行空间元素分割(见图 2)。

1.3 分析方法

1.3.1 空间测度指标

为探究绿视率与历史文化街区中各空间要素以及空间品质的关系,总结并归纳近几年国内外关于历史文化街区以及街道空间品质的测度与评价研究结果,结合沈阳市工人村历史文化街区的现状,选取 6 个空间测度特征。

(1)绿视率(Green Vision Index,GVI)是行人对周围绿色环境的感知程度指标,定义为视野内绿色景观所占的百分比:

$$\omega_{GVIi} = \frac{G_i}{A_i}.$$
 (1)

式中: G_i 为编号 i 的街景图片中的绿色植被所占像素量,即该张图片中植被面域的像素之和; A_i 为街景图片中所有面域的像素之和。

(2)天空开阔度(Openness Index,OI)是街道空间的基本属性,决定了感知到的明亮程度,定义为视野内天空所占百分比:

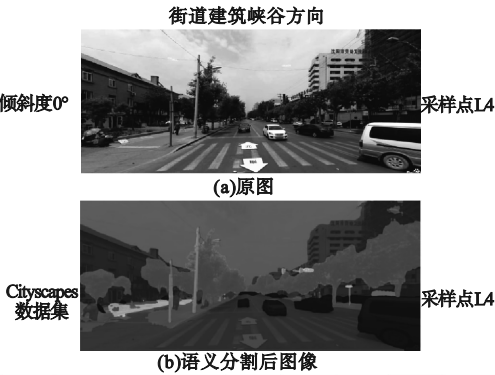


图 2 图像语义分割部分结果

Fig. 2 Results of image semantic segmentation

$$\omega_{\text{OI}i} = \frac{Q_i}{A_i}.$$

(2)

式中: Q_i 为编号 i 的街景图片中天空所占像素量。

(3) 围合度 (Degree of Enclosure, DOE) 是衡量空间封闭程度的重要标准,会影响步行者对步行空间尺度的感知,定义为建筑与人行道、车行道像素之比:

$$\omega_{\text{DOE}i} = B_i / (S_i + R_i).$$

(3)

式中: B_i 为编号 i 的街景图片中建筑所占像素量; S_i 为编号 i 的街景图片中人行道所占像素量; R_i 为编号 i 的街景图片中车行道所占像素量。

(4) 历史建筑可见度 (History Building Vision Index, HBVI) 是历史文化街区街道空间的特有属性,是街区文化感的重要体现,定义为视野内历史建筑所占的百分比:

$$\omega_{\text{HBVI}i} = \frac{H_i}{A_i}.$$

(4)

(5) 景观多样性 (Landscape Element Diversity, LED) 反应街道空间景观元素丰富程度,定义为:

$$\omega_{\text{LED}i} = - \sum_{i=1}^n L_i \cdot \ln L_i.$$

(5)

式中: L_i 为编号 i 的街景图片中各个景观元素像素。

(6) 参与度 (Level of Involvement, LOI) 衡量空间中人或车的参与程度,定义为人群、车辆与人行道、车行道像素之比:

$$\omega_{\text{LOI}i} = (C_i + P_i) / (S_i + R_i).$$

(6)

式中: C_i 为编号 i 的街景图片中车辆所占像素量; P_i 为编号 i 的街景图片中行人所占像素量。

1.3.2 空间品质指标

将实地问卷调查的空间品质结果与实验室问卷评价结果进行对比,两者显示结果一致。表明实验室照片评价法可用于历史文化街区街道的空间品质评价,并与过往研究结果一致^[19-21]。

笔者使用 SD 法评价沈阳市工人村历史

文化街区的空间品质。语义分析是一种心理测定方法,又称为感受记录法。它通过言语尺度进行心理感受的测定,将被调查者的感受转为定量化的数据^[18]。请具有建筑学、城乡规划学和风景园林学专业背景的观测者对所有 74 个样本点的街景图片进行整体阅览,每个采样点浏览 30 s,评价标准为 1~7 分。为减少观测者之间的评价标准差异,采用标准化公式对评价的得分进行标准化处理,获得最终的空间品质得分,计算公式如下:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - \bar{X})_j / \sigma_j.$$

(7)

$$\omega_{\text{SSQ}i} = \sum_{i=1}^n Z_{ij} / N_i.$$

(8)

式中: Z_{ij} 为了第 j 位观测者对第 i 个样本点评价的标准化值; X_{ij} 为了第 j 位观测者对第 i 个样本点的直接得分; \bar{X} 为第 j 位评价者对所有样本点评价的平均值; σ_j 为第 j 位评价者对所有样本点评价的标准差; N_i 为评价者总数。

2 结果与分析

2.1 空间测度

2.1.1 绿视率

依据采集的街景数据,经过计算得到各采样点的测度结果(见表 1)。由表 1 可以看出,沈阳市工人村历史文化街区街道的平均绿视率值为 40.4%,街区总体绿视率较高。绿视率最大值为 0.713,在 B1 样本点;绿视率最小值为 0.114,在 C7 样本点。过往研究发现,GVI 高于 0.25 可以给公众带来较好的

表 1 各采样点的测度结果统计表

Table 1 Statistical table of measurement results for each sampling point

参数	各测度结果					
	GVI	OI	HBVI	DOE	LED	LOI
最大值	0.713	0.281	0.626	5.207	2.282	0.988
最小值	0.114	0.002	0.000	0.005	1.156	0.008
平均值	0.404	0.077	0.155	1.139	1.891	0.337
中值	0.376	0.044	0.106	0.944	1.903	0.269

绿色感觉^[4]。研究区域内有 82.43% 的点位绿视率高于 0.25,说明沈阳市工人村历史文化街区绿视率整体很高,适应公众绿色感知,形成较好的绿视感。

日本学者折原夏志给出绿视率水平的划分标准,将街道绿视率划分为 5 个等级(见表 2)。

表 2 绿视率分级标准

Table 2 Green view rate grading criteria	
分级标准	绿化感知分级
$\omega_{GVI} < 5\%$	绿化感知差
$5\% \leq \omega_{GVI} < 15\%$	绿化感知较差
$15\% \leq \omega_{GVI} < 25\%$	绿化感知一般
$25\% \leq \omega_{GVI} < 35\%$	绿化感知较高
$\omega_{GVI} \geq 35\%$	绿化感知高

将整个沈阳市工人村历史文化街区按照道路肌理分为 A~L 共计 12 段,分别计算出各个分段道路绿视率平均值及标准差(见图 3),可知街道绿视率为 23.2%~56.3%。在这 12 段道路中,绿视率一般的路段为 I 段,占 8.3%;绿视率较高的路段有 L、H、D 段,

占 25%;绿视率高的路段有 E、G、C、A、B、F、J、K 段,占 66.7%,其中 E、G、C、A、B 段这五段的平均绿视率大于整体的绿视率平均值 40.4%。高绿视率值、低变异系数的路段有 G、J、H 段,说明这 3 个路段的各样本点绿化连续且分布均匀;高变异系数的路段有 C、E、F、I、K 段,说明此 5 个路段的绿化不连续且分布不均匀,以致绿视率值高低变化明显;C、E、F、K 段场地中存在被建筑围合的活动场地,绿化效果十分优良,中间点位绿视率极高,两侧点位绿视率相对较低,产生街道点位绿视率波动较大的现象。

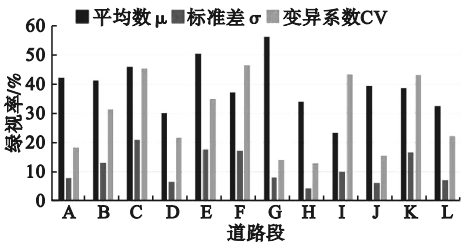


图 3 各测度核密度空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of kernel density by measure

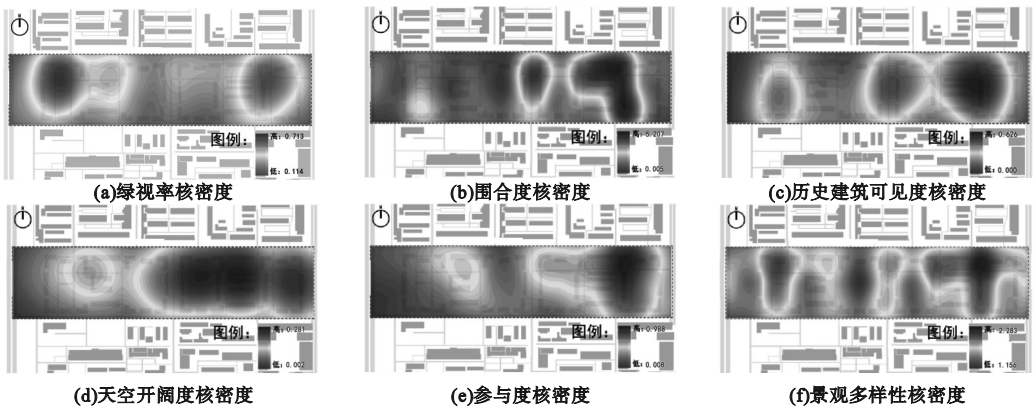


图 4 各路段绿视率均值图

Fig. 4 Mean green view ratio of each road section

图 4 为绿视率的核密度分析结果。绿视率整体呈现出内高外低、东西双峰高值的空间分布特征。高值区主要集中于历史建筑围合的庭院,院内植物生长茂盛,绿视率值较高。低值区集中于研究区域外围以及中部的车行街道空间,受较宽的车行道以及高架桥

的影响,绿视率普遍降低。

2.1.2 其他空间测度

由表 2 和图 4 可以得出其他空间测度分布规律。

(1) 天空开阔度

街道天空开阔度平均值为 0.077,中值

为 0.044。沈阳市工人村历史文化街区街道的天空开阔度整体偏低。高值区集中在研究区域中部,低值区主要集中在西部,该区域受到高架桥及行道树的遮挡,使人视角中街道界面的天空占比降低,天空开阔度减小。

(2) 历史建筑可见度

研究区的历史建筑可见度平均值为 0.155,中值为 0.106,整体历史建筑可见度较高。其中有三个主要的高值区,结合街景图像可知,东部历史建筑保存较完整,且建筑界面遮挡较少,因此历史建筑可见度高;低值区主要集中在研究区外围的车行道空间,西部历史建筑被街道绿化植被遮挡,可见度降低,而南部、北部、东部的临街历史建筑受行道树、广告牌等影响,因此历史建筑可见度低。

(3) 围合度

围合度平均值为 1.139,中值为 0.944,街道空间围合度较高。街道围合度高值区集中在中部东侧,与历史建筑可见度的高值区相吻合,影响围合度的主要因素为建筑,因此历史建筑密度高,其围合度也高。

(4) 景观多样性

景观多样性的平均值为 1.891,中值为 1.903,说明该区域具有较丰富的景观环境且景观丰富程度较为均匀。研究区的景观多样性呈现多峰高值分布特征,且高值分布较为均匀,说明街道空间景观多样性整体较好,景观元素多样,景观设施较为丰富。

(5) 参与度

研究区参与度的平均值为 0.337,中值为 0.269,说明街道空间内具有较高的人或车参与程度。从空间分布来看,高值区主要集中在研究区东部,说明东部街道空间人群与车辆的参与度高,而西部相对参与度较低。

2.2 空间品质

图 5 为研究区的空间品质数值计算结果。从图 5 中可以看出,正值采样点个数略高于负值,表明历史文化街区街道空间品质提升空间较大。

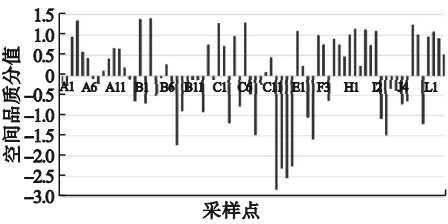


图 5 空间品质数值分布图

Fig. 5 Numerical distribution map of spatial quality

图 6 为该工人村历史文化街区街道的空间品质核密度分析结果。呈现南高北低的分布特征,且多峰高值分布。从现状来看,西部区域街道空间绿化质量较高,历史建筑保存较好,且有良好的围合感,因此具有较高的空间品质。

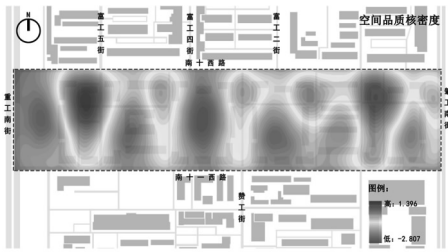


图 6 空间品质核密度空间分布图

Fig. 6 Spatial distribution of kernel density

2.3 绿视率与其他空间测度影响关系

将 74 个采样点的绿视率与其他 5 个空间测度值以及空间品质值代入 SPSS 软件进行相关性分析,得到绿视率与其他空间测度及空间品质之间的相关结果(见图 7)。

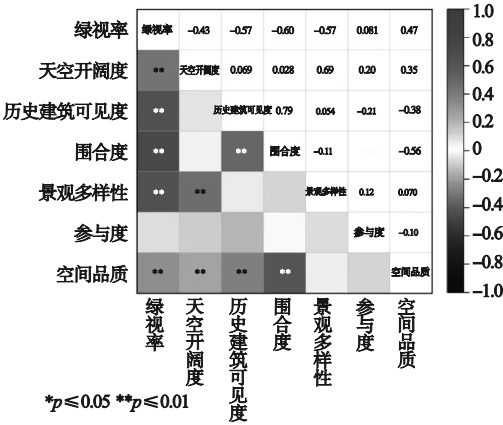


图 7 相关性分析结果

Fig. 7 Correlation analysis chart

从图7可以看出,除参与度外,其余空间测度和空间品质均与绿视率具有相关关系,围合度、历史建筑可见度、天空开阔度、景观多样性与绿视率成显著负相关关系($p < 0.01$)。空间品质与绿视率、天空开阔度成显著正相关关系($p < 0.01$),与围合度、历史建筑可见度成显著负相关关系($p < 0.01$)。

2.4 空间测度与空间品质的耦合关系

剔除与空间品质不相关的空间测度指标后,将绿视率、围合度、历史建筑可见度、天空开阔度4个指标作为自变量,将空间品质作为因变量进行回归分析,得到历史文化街区街道空间品质的多元线性回归模型。该回归模型相关系数 R 值取0.824;相关系数的平方,即决定系数 R^2 为0.679,调整后决定系数 R^2 为0.658(> 0.600),模型拟合程度较好,总体回归关系显著。模型显著性检验的 F 值为31.797,显著性 $p < 0.005$,VIF值小于10,说明模型的各因子之间不存在多重共线性问题。以上检验均说明,历史文化街区街道空间品质回归模型结果有效,具有统计学意义。最终得到如下回归方程:

$$y_{SSQ} = 1.989 + 4.127x_1 + 7.826x_2 + 2.387x_3 - 0.318x_4. \quad (9)$$

式中: x_1 为绿视率; x_2 为天空开阔度; x_3 为历史建筑可见度; x_4 为围合度。

3 结 论

(1)沈阳市工人村历史文化街区街道空间品质一般,呈南高北低的空间分布,具有较大的提升空间。此外,在历史文化街区中绿视率、历史建筑可见度、围合度、景观多样性为高值显著特征,其高值区主要分布于研究区域的东部,整体呈现出中部低值,东西两侧高值的空间分布状态。天空开阔度、参与度为低显著特征且空间差异明显,其中天空开阔度呈现中部高值的空间分布状态。

(2)绿视率、天空开阔度、历史建筑可见度对空间品质具有正向影响,围合度为负向

影响。绿视率与其他空间测度成负向影响关系。绿视率即为历史文化街区街道的空间品质的主要影响因素,又与影响空间品质的其他空间测度具有强相关关系,形成紧密的耦合影响关系。因此当绿视率与其他空间测度处于平衡的状态时,历史文化街区的空间品质达到最佳的状态。

(3)在历史文化街区街道空间的改造中,在保证较好绿化的基础上,优先提高历史建筑可见度,以增强历史文化街区的文脉感知。结合各空间测度对空间品质的影响程度,平衡各空间要素搭配,实现历史文化街区街道空间品质的提升,更好地展现历史文化街区的特性。

参考文献

- [1] HUANG J X, LIANG J Q, YANG M S, et al. Visual preference analysis and planning responses based on street view images: a case study of gulangyu island, China [J]. Land, 2022, 12(1): 042081.
- [2] 肖希, 韦怡凯, 李敏. 日本城市绿视率计量方法与评价应用[J]. 国际城市规划, 2018, 33(2): 98-103.
(XIAO Xi, WEI Yikai, LI Min. The method of measurement and applications of visible green index in Japan [J]. Urban planning international, 2018, 33(2): 98-103.)
- [3] SUN D, XIANG J, GAO W J, et al. The relation between green visual index and visual comfort in Qingdao coastal streets [J]. Buildings, 2023, 13(2): 457.
- [4] 徐磊青, 孟若希, 陈箴. 迷人的街道: 建筑界面与绿视率的影响[J]. 风景园林, 2017(10): 27-33.
(XU Leiqing, MENG Ruoxi, CHEN Zheng. Fascinating streets: the impact of building facades and green view [J]. Landscape architecture, 2017(10): 27-33.)
- [5] 崔喆, 何明怡, 陆明. 基于街景图像解译的寒地城市绿视率分析研究: 以哈尔滨为例[J]. 中国城市林业, 2018, 16(5): 34-38.
(CUI Zhe, HE Mingyi, LU Ming. An analysis of green view index in cold region city: a case study of Harbin [J]. Journal of Chinese urban forestry, 2018, 16(5): 34-38.)
- [6] 李渊, 黄竞雄. 基于绿视衰减曲线的历史街区步行环境绿视感知评价: 以厦门市中山路同文片区为例[J]. 风景园林, 2020, 27(11): 110-115.
(LI Yuan, HUANG Jingxiong. Evaluation of green view perception of walking environment

- in historical blocks based on green view attenuation curve: a case study of Tongwen Area, Zhongshan Road of Xiamen [J]. *Landscape architecture*, 2020, 27(11): 110 – 115.)
- [7] 高翔,董贺轩. 街道步行空间绿视率与步行愉悦度的关联研究:基于武汉多类型街道的实证比较[J]. *西部人居环境学刊*, 2023, 38(2): 52 – 59.
(GAO Xiang, DONG Hexuan. A study on the relationship between green view and walking pleasure in street walking space: an empirical comparison based on multiple types of streets in Wuhan [J]. *Journal of human settlements in west China*, 2023, 38(2): 52 – 59.)
- [8] LI X J, ZHANG C R, LI W D, et al. Who lives in greener neighborhoods: the distribution of street greenery and its association with residents' socioeconomic conditions in Hartford, Connecticut, USA [J]. *Urban forestry & urban greening*, 2015, 14(4): 751 – 759.
- [9] 龙瀛. 街道城市主义:新数据环境下城市研究与规划设计的新思路[J]. *时代建筑*, 2016(2): 128 – 132.
(LONG Ying. Street urbanism a new perspective for urban studies and city planning in the new data environment [J]. *Time architecture*, 2016(2): 128 – 132.)
- [10] 郝新华, 龙瀛. 街道绿化:一个新的可步行性评价指标[J]. *上海城市规划*, 2017(1): 32 – 36.
(HAO Xinhua, LONG Ying. Street greenery: a new indicator for evaluating walk ability [J]. *Shanghai urban planning review*, 2017(1): 32 – 36.)
- [11] 叶宇, 张灵珠, 颜文涛, 等. 街道绿化品质的人本视角测度框架:基于百度街景数据和机器学习的大规模分析[J]. *风景园林*, 2018, 25(8): 24 – 29.
(YE Yu, ZHANG Lingzhu, YAN Wentao, et al. Measuring street greening quality from humanistic perspective: a large-scale analysis based on baidu street view images and machine learning algorithms [J]. *Landscape architecture*, 2018, 25(8): 24 – 29.)
- [12] 张炜, 周昱杏, 杨梦琪. 全景绿视率自动识别和计算研究[J]. *风景园林*, 2019, 26(10): 89 – 94.
(ZHANG Wei, ZHOU Yuxing, YANG Mengqi. Research on automatic identification and measurement of panoramic visible green index [J]. *Landscape architecture*, 2019, 26(10): 89 – 94.)
- [13] 吕海平, 曹守一. 基于历史信息再现的朝阳老城区历史格局演变分析[J]. *沈阳建筑大学学报(社会科学版)*, 2018, 20(1): 1 – 8.
(LYU Haiping, CAO Shouyi. The historic pattern evolution analysis of the old city in Chaoyang based on historic information reappearance [J]. *Journal of Shenyang jianzhu university (social science)*, 2018, 20(1): 1 – 8.)
- [14] 张志颖. 沈阳历史街区的保护与更新研究:以铁西工人村为例[D]. 沈阳:东北大学, 2008.
(ZHANG Zhiying. Research on protection and renewal of the historic blocks in Shenyang case study of worker's village in Tiexi [D]. Shenyang: Northeastern University, 2008.)
- [15] 周梓卉, 李振兴, 陈红, 等. 工业遗产保护下沈阳市工人村的转型发展[J]. *城市建筑空间*, 2022, 29(11): 56 – 57.
(ZHOU Zihui, LI Zhenxing, CHEN Hong, et al. Transformation and development of Shenyang workers' village under protection of industrial heritage [J]. *Urban architecture space*, 2022, 29(11): 56 – 57.)
- [16] 徐博伦, 杨芳绒, 李利. 基于图像识别的郑州市老城区道路绿视率研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 45(11): 113 – 119.
(XU Bolun, YANG Fangrong, LI Li. On green vision rate of road in old town of Zhengzhou City based on image recognition [J]. *Journal of southwest China normal university (natural science edition)*, 2020, 45(11): 113 – 119.)
- [17] BADRINARAYANAN V, KENDALL A, CIPOLLA R. SegNet: a deep convolutional encoder-decoder architecture for image segmentation [J]. *IEEE transactions on pattern analysis & machine intelligence*, 2017(12): 2481 – 2495.
- [18] HELBICH M, YAO Y, LIU Y, et al. Using deep learning to examine street view green and blue spaces and their associations with geriatric depression in Beijing, China [J]. *Environment international*, 2019, 126: 107 – 117.
- [19] MEITNER M J. Scenic beauty of river views in the Grand Canyon: relating perceptual judgments to locations [J]. *Landscape and urban planning*, 2004, 68(1): 3 – 13.
- [20] SCHROEDER H W, DANIEL T C. Predicting the scenic quality of forest road corridors [J]. *Environment and behavior*, 1980, 12(3): 349 – 366.
- [21] SUN D, LI Q Y, GAO W J, et al. On the relation between visual quality and landscape characteristics: a case study application to the waterfront linear parks in Shenyang, China [J]. *Environmental research communications*, 2021, 3(11): 115013.
(责任编辑:王国业 英文审校:刘永军)