

基于视觉感知的近郊村户外环境对老年人情绪的影响研究

Emotional Impacts Study on Peri-Urban Village Outdoor Environments of Aged People Based on Visual Perception

陈婉静 韦玮 陈楚荧 温晓霞 陈崇贤*

CHEN Wanjing, WEI Wei, CHEN Chuying, WEN Xiaoxia, CHEN Chongxian*

基金项目: 国家自然科学基金项目“昼夜情境下社区绿地适老休闲服务效能影响机制及增效途径研究”(编号: 32471934); 广东省哲学社会科学规划项目“在地养老视角下乡村地区老年支持性户外空间设计研究”(编号: GD23XYS068)

摘要

视觉感知具有调节情绪的潜能,但目前研究较少关注乡村地区的老年人情绪。选取广州市花都区4个村为研究区并拍摄户外环境的实景图,借助数据标注、语义分割和深度学习等方法获取7个户外视觉特征与情绪的得分,采用空间自相关分析和空间回归分析,解读老年人的情绪得分在空间上的聚集情况及其主要影响因素。结果表明:老年人在公园绿地与水域周边有显著的正向情绪反应,而负向情绪得分在产业园区、车行道路以及荒野地区表现出空间聚集;正向情绪与绿视率、乡村独特性和设施丰富度正相关,与围合度、道路可达性和交通拥挤度则负相关,车行道路两侧的空间开放性对情绪的影响与在水域周边相反。最后为乡村公共空间适老化建设与更新提供优化策略。

Abstract

Visual perception plays a critical role in regulating emotions, yet limited attention has been paid to older adults in rural or peri-urban contexts. This study investigated the emotional responses of elderly individuals to outdoor environments in four peri-urban villages in Huadu District, Guangzhou. Real-scene images were collected and analyzed using data annotation, semantic segmentation, and deep learning to extract seven visual environmental features. Spatial autocorrelation and geographically weighted regression were applied to explore spatial clustering and identify key influencing factors. Results show that positive emotion responses are strongly associated with green spaces and waterfronts, while negative emotions cluster in industrial areas, along vehicle roads, and in barren lands. Greenness, rural uniqueness, and facility richness positively correlate with positive emotions, whereas enclosure, road accessibility, and traffic congestion show negative associations. Spatial openness of both roadside had contrasting effects in roads and waterfront areas. These findings provide valuable insights for the design and renewal of age-friendly public spaces in rural settings.

文章亮点

- 1) 聚焦乡村老年人群体,将视角从城市地区转向乡村地区,探讨老年人情绪与户外环境的关系;
- 2) 制作并训练了人本视角的乡村特色数据集,实现多源数据的批量处理。

关键词

视觉感知; 情绪感知; 乡村; 户外环境; 适老化; 深度学习

Keywords

Visual perception; Emotional perception; Village; Outdoor environments; Aging-friendly daptation; Deep learning

老年人的心理健康是当前老龄化背景下的重要议题^[1]。与其他群体相比,老年人对环境变化的自我调节能力薄弱,精神更容易受到外界波动的干扰^[2]。情绪是心理健康的体现,

也是当前评估老年人心理健康的重要依据,正向情绪可以帮助个体面对压力和创伤^[3],负向情绪则会让人产生抵抗和逃避的反应^[4],甚至引发心理疾病躯体化。促进老年人正向情

绪产生, 调节其负向情绪, 有助于提升其生活品质和主观幸福感^[5], 缓解区域医疗压力, 为积极面对老龄化及构建“银发友好”社会提供帮助。因此, 本文研究老年人的情绪状态是具有时代性和必要性的。

情绪是个体在通过各种感官感知外界后做出的主观反应。情绪感知受到个体差异和外部环境影响。从注意力恢复理论以及环境心理学角度看, 外部环境是不可忽视的影响因素, 特别是对当下的心理感受有显著的影响。众多研究表明环境对不同群体的情绪有着重要影响, 研究者从色彩^[6-7]、光照^[8]、建筑密度^[9]和绿视率^[10-11]等方面做了深入分析, 可见视觉是环境影响情绪感知的主要媒介。且有数据显示, 人对外界信息的感知有70%~80%是来自视觉^[12], 视觉感知是人感受外界环境最直接的方式^[13]。因此, 本文从视觉感知的视角探讨近郊村的户外环境对老年人情绪的作用。

在测量感知方面, 传统的研究通常借助问卷调查、现场评分、自我心理报告的方法^[14-16], 然而这些方法过于耗费人力和时间, 不适宜运用于大尺度区域的测量。近几年来, 脑电波^[17]、眼动仪实验^[18]、面部表情识别^[19]和VR虚拟场景^[20]促使研究往更细致化的方向进行挖掘, 但这种复杂的设备在户外容易受到干扰, 难以广泛使用于老年人群中。如今机器学习技术不断升级, 视觉感知的测量变得更高且便捷, 上述方法的缺陷得到解决。越来越多学者开始结合街景图像数据, 测量人对大面积城市地区的感知, 比如Yao Yao等在人机对抗的模型基础上获取人对建筑环境的感知^[21], 还有学者通过随机森林模型模拟夜跑者的感受, 预测了街道的安全感和舒适感^[22]。他们实现了感知数据在地理空间上的连贯, 值得本文学习和借鉴, 但这些研究大多关注城市街道环境, 受街景覆盖不全的影响, 较少关注乡村偏远地区的视觉感知。

在提取环境的视觉要素方面, 以往的研究使用了实地测量、专家量表、语义分割、目标检测^[23-24]等方法。随着更高性能的模型以及数据集的陆续推出, 图像要素识别的精度也越来越高, 比如Cityscape、Nightcity、COCO^[25-26]等。但它们均是面向城市景观识别而制作的, 无法体现出乡村特有的景观特征。

为了弥补街景图像和景观数据集在乡村地区的不足, 本研究在4个近郊乡村区域内采集了人视角度的实景图像, 将自制的乡村特色数据集配合语义分割模型, 提取出图像中各环境因子的占比, 从而分析乡村户外环境在视觉上的特征表现; 其次, 综合老年人6种情绪状态的标注结果, 以ResNet50为基础搭建老年人情绪预测模型; 最终使用OLS (Ordinary Least Squares) 以及GWR (Geographically Weighted Regression) 模型挖掘乡村视觉特征对老年人正负向情绪的影响, 分析关键变量以及作用规律, 以期加强人们对老年友好环境的认知, 为乡村老年人心理健康建设提供理论依据和技术支撑。

1 研究材料与方法

1.1 研究区域概况

广州市花都区位于广东省的中部, 被称为“广州的北大门”。花都区老龄化程度相对较高, 户籍老年人口达到14万人, 占总户籍人口的15.4%, 乡村独居老年人数量位居全市前列, 农村老年人抑郁症状检出率高于城区^①。本文选取了花都区4个近郊乡村作详细量化研究, 包括岐山村、九潭村、大陵村和马溪村(图1), 它们位于核心城区新华街道的西南侧, 西接以远郊村为主的炭步镇, 总面积为18.27 km², 老年人口比例分别为12.1%、11.8%、14.7%和10.3%, 均表现出明显的老龄化特征^②。由于室内养老场所的设立不足, 户外成为4个村的老年人最主要的活动场所。除了具有较高的老年户外使用需求外, 4个村被选为本文研究对象的原因还包括它们拥有独特的乡村风貌。近郊村是城乡过渡地带的重要单元, 它们承接了城镇的人口外溢, 也保留了传统农业的环境特征。四村中, 岐山村距离城区北部约10 km, 虽然属于城市辐射圈内, 但仍有较完整的自然生态环境, 乡村性特征较为明显; 近年因旅游业而出现少量商业化改造, 以乡村的历史文化为主题。九潭村距离主城区8 km, 整体以农田水系的农业景观为主, 植被覆盖率较高; 受城区扩张潜在影响, 兼具乡村性和城市化特征, 村中心保留传统老建筑, 外围新建住宅。大陵村距离汽车产业城5 km, 城市化进程明显, 部分土地转为工厂园区, 但村内仍保留乡村元素, 破碎化农田与工业区交错分布, 还有少量的宗祠等历史建筑留存。马溪村紧邻新华街道, 距离城区4 km, 受城市化影响, 乡村性逐渐减弱, 新旧住宅并存, 留存少量农业和历史文化符号, 是典型的城乡结合景观。



图1 近郊村选址位置分布

Fig.1 The location of the selected villages

① 数据来源于《广州市花都区第七次全国人口普查公报》。

② 数据来源于当地村委会。

1.2 乡村环境数据提取

为了解决街景图像在乡村地区覆盖不全的问题，本研究于 2023 年夏季的日间使用全景相机 Insta360 ONE X2 采集图像数据。首先依照高德地图路网以及实地现状规划采集路线，包含乡村户外的各种可步行道路，如主干道、宅旁路、田间小路和公路两侧人行道等。接着，拍摄者佩戴固定有相机的头盔以 1.65 m 的高度连续录制视频，录制的过程沿着路线匀速步行前进，从而模拟老年人在户外的真实视角。后期经过 Insta360 Studio 和 FFmpeg 的处理，将视频按照相等的间距截取照片，并选择前或后一帧来替换模糊或重影的图像。考虑到乡村环境要素尺度较小，道路与楼房的宽度明显比城市更窄，风景变化复杂，本文选择 5 m 作为样点的间距，尽可能多地捕捉到环境的细节，从而保障结果的连贯性，共计得到 18 684 张带地理坐标的人视角实景图（2 048×512 像素）。最后，依据乡村户外环境构成要素的文献^[27-29]并结合现有的图像识别数据集，整合出 34 个乡村环境因子和 7 个户外视觉特征作为评价指标，以此来探讨乡村环境对老年人情绪的影响。

1.2.1 乡村环境因子识别

语义分割的技术能够将图像中不同的物体区分开来，其优秀性能依赖于模型的更新和数据集的完善，然而目前国内还没有专门用于乡村的环境数据集。本文依照生态环境、生产环境和生活环境对乡村户外环境分类。其中，生态环境主要由林地、草地、沙地和水域组成，生产环境以耕地和工业为主，生活环境则包含聚落、设施和道路。最终列出 34 个常见的要素作为 Pastoral Pixels 数据集的环境因子类别（表 1）。经过图库清洗、类别标注和数据增强等操作，完成了 1 239 张真实图像的语义注释，共计 16 305 个精细标签，包含祠堂、牌坊、砖房、农田等乡村特有的类别。另外，使用 DeepLabV3+ 作为识别工具，它是一个能捕获全局和局部信息的高效模型^[30]，通过引用空洞卷积和 ASPP 模块来提高分割精度。实验证明，本研究的数据集在 DeepLabV3+ 模型上表现良好（图 2），平均交并比（Mean Intersection over Union, MIoU）为 38.81%，平均像素精度（Mean Pixel Accuracy, mPA）为 52.51%，总体准确率（Accuracy）为 78.69%。因此，

本节基于 Pastoral Pixels 和 DeepLabV3+ 对全部乡村实景图像语义切割，计算出环境因子的像素数量和面积占比。

1.2.2 户外视觉特征计算

环境对人的感知影响往往是组合作用的，每个样点中都有多重环境因子的交叉存在。因此，本文基于相关文献制定了绿视率、围合度、乡村独特性、空间开放性、道路可达性、交通拥挤度和设施丰富度 7 个指标^[31-33]作解释变量（表 2），它们在语义分割的基础上，由不同环境因子组合计算而成，代表着样本点所在位置的户外环境表现。

1.3 老年人正负向情绪评分

情绪状态的分类自 20 世纪 70 年代以来就有所讨论，大量学者提出了从正向或负向维度出发的量化指标，如 POMS（Profile of Mood States）心理量表^[34]、情绪量表（Positive and Negative Affect Schedule, PANAS）^[35]、抑郁自评量表（Center for Epidemiologic Studies Depression Scale, CES-D）^[36]和 GDS-15 老年人量表^[37]等。其中，PANAS 是 David Watson 从积极和消极 2 个方面来开发的个体情绪状态测表，它的便捷性和实用性使其在环境心理学领域被广泛使用。为了解近郊村老年人情绪状态的影响因素，本研究参考上述量表及相关研究^[38]，选取正向和负向情绪的评价指标：正向情绪评价指标包括愉悦感、放松感和振奋感，负向情绪评价指标包括焦虑感、恐惧感和孤独感。

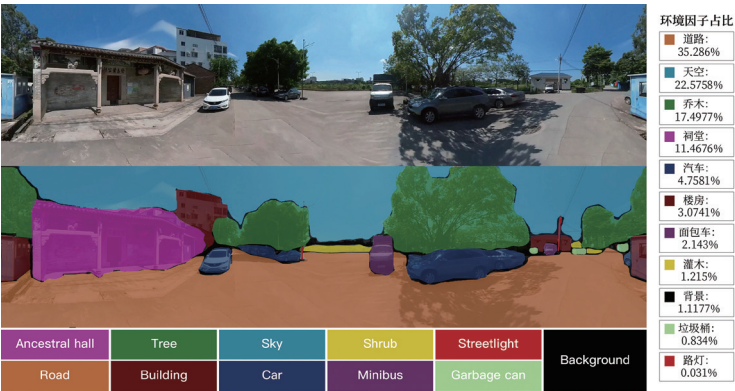


图 2 语义分割的结果示例
Fig.2 Example of semantic segmentation result

表 1 Pastoral Pixels 数据集的类别目录

Tab.1 Classification scheme of the Pastoral Pixels dataset

环境类型	二级组成	环境因子
生态环境	林地、草地、沙地、水域	Tree（乔木）、Grass（草地）、Old tree（古树）、Shrub（灌木）、Flower（花卉）、Soil（泥土）、Earth road（土路）、Water（水体）、Sky（天空）
生产环境	耕地、工业	Rainfed cropland（农田）、Greenhouse（温室大棚）、Factory（厂房） Brick house（砖房）、Building（楼房）、Ancestral hall（祠堂）、Shop（商铺）、Chair（座椅）、Table（桌子）、Wall（围墙）、Fence（护栏）、Fitness facilities（健身设施）、Garbage can（垃圾桶）、Streetlight（路灯）、Flag（旗帜）、Bulletin board（宣传栏）、Decorated archway（牌坊）、Person（人）、Road（道路）、Tricycle（三轮车）、Minibus（面包车）、Motorbike（摩托车）、Bike（自行车）、Truck（货车）、Car（小汽车）
生活环境	聚落、设施、道路	

评分工作于2024年6月(8:00—11:00、14:00—18:00)在4个村内进行。研究团队搭建了一个在线图像评分平台,通过线下邀请老年人给图片标注分数的方式采集情绪数据。参与实验的120位老年人(男女比例1:1)均是60岁以上,常住乡村,没有身体方面的疾病且能够自行外出活动。每位老年人为图像赋予6种情绪的评分,分值为0~100,分数越高说明老年人对该图片的情绪感知越强烈。去除无效评分后,最终收到了6000张带有情绪标签的图像。

ResNet50是一种高效的特征提取神经网络^[39]。本文基于ResNet50设计了一种迭代反馈预测模式,具体步骤如下:第一步,将带有情绪标签的图按照8:2的比例用于模型训练和测试,并选择精度最高的模型预测另外6000张未评分图像的得分;第二步,邀请40位老年人(男女比例1:1)对机器预测的结果进行验证和校正;第三步,将原始评分与经过验证的预测评分合并,再次投入模型进行训练,完成剩余所有图片的评分预测。若模型精度较第一步时有所提高,说明加入的学习样本能有效实现拟合目标;若精度没有提高,则继续邀请40位老年人对机器分数校正。本文训练的平均绝对误差(Mean Absolute Error, MAE)和均方根误差(Root Mean Square Error, RMSE)均值分别为1.122、1.744,测试的MAE和RMSE均值分别为4.151、6.907,第二次训练较第一次训练的精度有所提高,说明数据结果具有可信度。

1.4 数据分析

本文使用空间自相关分析和空间回归分析两种方法进行数据处理,旨在全面地解释变量之间的关系。空间自相关分析即全局莫兰指数(Global Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I)的计算^[40],空间回归分析则包含普通最小二乘法(Ordinary Least Squares, OLS)和地理加权回归(Geographically Weighted Regression, GWR)。

首先,利用GeoDa软件完成数据的自相关分析,了解乡村正负向情绪是否在空间上存在差异和聚集情况。接着,通过OLS全局分析,初步得到7个视觉景观特征对情绪的平均影响程度;利用方差膨胀因子(Variance Inflation Factor, VIF)排查多重共线性问题,从而筛选出下一步解析的特征指标。第三步,在GWR模型的基础上进一步探索空间异质性,揭示变量关系在不同地理位置上的变化,比如回归系数、*t*值和*P*值等;借助*R*²和AIC可以判断模型拟合的情况,从而综合考虑各个指标与模型的性能。

2 研究结果与分析

2.1 乡村户外环境表现

4个近郊村的户外视觉特征表现出一定的差异性(图3),但总体呈现出自然要素丰富、乡村特色较少的情况。其中,绿视率、围合度和道路可达性得分较高,乡村独特性、交通拥挤度和设施丰富度得分则较低。具体来看,受到马溪公园和飞鹅岭山顶公园的影响,马溪村的绿视率占比最高,村民

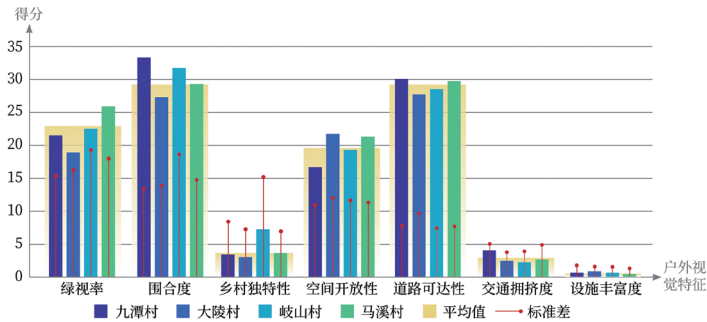


图3 4个乡村的户外视觉特征得分情况

Fig.3 Comparative scores of outdoor visual features across four villages

表2 户外视觉特征的解析及计算公式

Tab.2 Interpretation and calculation of outdoor visual perception indicators

指标	解析	计算公式	说明
绿视率	指图像中全部植物在人的视觉上所占的面积的比例	$G_i = \frac{1}{N_i} (TR_i + GR_i + FL_i + SH_i)$	N_i 表示总像素的数量, TR_i 、 GR_i 、 FL_i 、 SH_i 分别代表第 <i>i</i> 张图像中乔木、草地、花卉和灌木的像素数量
围合度	指立面上的垂直元素所造成的封闭程度	$E_i = \frac{1}{N_i} (BU_i + BH_i + FA_i + SP_i + WL_i + TR_i + FE_i)$	BU_i 、 BH_i 、 FA_i 、 SP_i 、 WL_i 、 TR_i 、 FE_i 代表第 <i>i</i> 张图像中楼房、砖房、工厂、商铺、围墙、乔木和护栏的像素数量
乡村独特性	指乡村长期以来特有的历史和农耕风貌在视野中的比例	$R_i = \frac{1}{N_i} (RC_i + GH_i + BH_i + OT_i + AH_i + DA_i)$	RC_i 、 GH_i 、 BH_i 、 OT_i 、 AH_i 、 DA_i 分别代表第 <i>i</i> 张图像中农田、温室大棚、砖房、古树、祠堂和牌坊的像素数量
空间开放性	指人的视野不被遮挡的程度	$O_i = \frac{1}{N_i} (SK_i + WA_i)$	SK_i 和 WA_i 代表在第 <i>i</i> 张图像中天空和水体的像素数量
道路可达性	表示可通行地面的覆盖情况	$W_i = \frac{1}{N_i} (RO_i + EO_i + SO_i)$	RO_i 、 EO_i 和 SO_i 分别代表在第 <i>i</i> 张图像中道路、土路和泥土的像素数量
交通拥挤度	指视线中交通工具所占据的面积比例	$D_i = \frac{1}{N_i} (CA_i + TK_i + BI_i + MO_i + ML_i + TR_i)$	CA_i 、 BI_i 、 MO_i 、 ML_i 、 TR_i 分别代表在第 <i>i</i> 张图像中小汽车、货车、自行车、摩托车、面包车和三轮车的像素数量
设施丰富度	表示乡村公共服务设施在图像中的视觉占比	$F_i = \frac{1}{N_i} (FE_i + BB_i + DA_i + FG_i + TA_i + CH_i + SL_i + GC_i + FF_i)$	FE_i 、 BB_i 、 DA_i 、 FG_i 、 TA_i 、 CH_i 、 SL_i 、 GC_i 、 FF_i 分别代表在第 <i>i</i> 张图像中护栏、宣传栏、牌坊、旗帜、桌子、椅子、路灯、垃圾桶和健身设施的像素数量

可以观赏到优质的绿色景观；而大陵村的绿视率最低，但村内有不少鱼塘和水沟，蓝色景观充足，在视觉上形成了较为开阔的景象，因此其围合度最低。有所不同的是，九潭村的围合度最高，立面景观紧凑，说明该村的垂直元素较多，人在其中的包围感更强。在乡村独特性方面，岐山村的得分最高，其较多地保留了以砖房为主的传统历史景观和以农田为主的农业景观；但该特征在岐山村的标准差数值高，说明这些景观的布局较为分散。

2.2 情绪得分的空间聚集

老年人情绪评分结果为正向情绪的得分均值高于负向情绪。在正向情绪评价指标中，放松感得分最高（58.949 分），范围内有 1 200 个样点达到 90 分以上，这反映出老年人在乡村环境中的放松感受更强烈；其次是愉悦感（53.607 分）和振奋感（41.131 分）。但是负向情绪评价指标孤独感的均值明显较高（56.291 分），有 12% 的样点得分超过 80 分，说明乡村老年人的孤独情感值得关注；而焦虑感（32.837 分）与恐惧感（29.891 分）得分较低，中位数均低于 30 分。

经自相关分析可知，正负向情绪的全局莫兰指数为 0.877 和 0.823， P 值均小于 0.001，说明老年人的情绪得分在空间上呈现出显著的聚集模式。局部莫兰指数结果（图 4）表明不同区域的情绪得分存在差异。在乡村生态环境中，老年人的正向情绪具有相似性，在公园绿地、林地和水域周边表现为普遍高分（高-高），如岭东路、车城大道、荔江北路以及村内鱼塘四周；天马河堤两岸也有明显的条带状高分聚集。在乡村生产环境中，产业园区的负向情绪得分更加集中（高-高），例如马溪村的西南部。在乡村生活环境中，老年人的情绪在修缮良好的休闲步道中也有显著的正向反应，如花港大道辅路等，这说明维护良好的绿植以及自然水体可以诱发老年人心中的美好感受。但是在道路沿线和乡村边缘中负向情绪显著，这些区域较为空旷，楼房破旧，少有

老年人会前往，这说明景观风貌单一且交通复杂的环境对老年人的情绪健康不利。

2.3 户外视觉特征对情绪的影响

OLS 模型的计算结果（表 3）报告了变量的诊断和回归情况：7 个户外视觉特征的 VIF 均小于 7.5，不存在共线性问题；除了围合度以外，其余变量的 P 值均小于 0.05，说明它们在 95% 的置信水平下对情绪有显著影响。模型的性能检验结果（表 4）中，GWR 模型的 R^2 均高于 OLS，且 AIC（Akaike Information Criterion）更低，这证明 GWR 模型在乡村老年人情绪研究中的解释性更佳。

从回归系数的结果来看，绿视率、乡村独特性、设施丰富度与正向情绪呈正相关关系，与负向情绪呈负相关，这意味着当环境中这些特征得分较高时，老年人的情绪体验更佳。其中绿视率对正向情绪的影响最为显著，它的回归系数绝对值最大。这表明，即使在植物丰富的乡村中，绿色景观对于老年人来说仍然重要，他们更愿意前往绿化条件好的环境中疗愈心灵。相反，道路可达性和交通拥挤度与负向情绪正相关，对比回归系数的绝对值可知，它们对负向情绪的影响比对正向情绪的影响更大，当道路宽度越大或交通拥挤度越高时，老年人的负面情绪越强烈。围合度与正向情绪之间呈现负相关关系，说明建筑物和树丛越密集越会增加他们的心理负担。

结合 GWR 回归系数分布图（图 5）发现，户外视觉特征在不同的位置对情绪产生作用的程度不一。1）在生活环境中，乡村居住聚落内的老年人的负向情绪表现为普遍高分。绿视率、乡村独特性和设施丰富度的系数绝对值较大，当这些指标的得分增加，老年人的正向情绪会提高。这可能是因为老年群体日常就在家门附近活动，绿化以及户外设施可以提高场地的美观度和功能性，并且他们在面对祠堂、牌坊等乡村特色内容时，内心会感到熟悉和认同。而高水平的围合



图 4 正负向情绪得分的局部莫兰指数聚集图

Fig.4 Local Moran's I clusters of positive and negative emotional scores

度以及交通拥挤度在乡村居住聚落中则起负面作用，可能是立面要素的增加会使狭窄的巷道变得拥挤和压抑，从而降低老年人的步行舒适度。2) 乡村车行道路两侧是正向情绪得分的低值聚集的位置，空间开放性、道路可达性和交通拥挤度对负向情绪有更强的影响，这些指标与负向情绪正相关。这可能是因为过于空旷的环境会催化老年人无所依靠的孤独感受，并且高速行驶的车辆也使他们担忧步行安全。而绿视率在乡村车行道路的两侧与负向情绪负相关，这说明种植适量的沿路绿化有助于缓解老年人的负面感受。3) 在生态环境中，乡村的水域周边表现出较高的老年人正向情绪反应，与车行道路两侧不一样的是，水域周边的空间开放性会促进正向情绪的产生，即空间越开敞老年人的正向情绪反应越强烈，这反映了空间开放性的讨论需要因地制宜。4) 在生产环境中，耕地区域的正向情绪得分普遍较高，老年人的正向情绪与乡村独特性正相关，但是与道路可达性负相关，这说明田间道路的宽度越大，老年人的正向感受反而越低。5) 乡村产业园区的负向情绪得分较高，设施丰富度的回归系数绝对值较高，与负向情绪呈显著负相关。

3 讨论

根据实验结果可知，近郊村的户外环境表现以及老年人的情绪评分在不同位置存在差异。研究区域的4个近郊村均具备较高的绿视率和道路可达性，但乡村特色内容保留较少；老年人对放松感和孤独感的感知最强，这反映了近郊村老年人的普遍心理状态。从空间自相关分析结果来看，老年人的情绪得分在空间上呈现显著聚集模式，公园绿地与水域周边的正向情绪水平高于其他地方，老年人对产业园区以及车行道路的两侧表现负向的情绪反应。从回归结果来看，户外视觉特征对情绪的影响程度表现出区域差异性，绿视率和设施丰富度在乡村居住聚落中与正向情绪显著正相关；乡村独特性越高，情绪体验也越佳；空间开放性、道路可达性和交通拥挤度在车行道路两侧对负向情绪影响更强；在耕地区域，道路可达性与正向情绪为负相关性。

本研究的创新性体现在2个方面，在研究视角层面，将关注重点从城市地区转向乡村地区，聚焦乡村老年群体的情绪，并从空间差异性的视角探讨了环境的作用，展现城乡资源平衡的意义；在研究产出层面，构建了具有乡村特色的环境数据集，并借助

计算机视觉技术简化了数据采集的工作，为日后的乡村环境精细化研究提供技术支持。相比同类型的研究，本文更具有空间精细化、技术驱动和变量分类讨论的优势，最终也发现了空间开放性在乡村车行道路两侧以及水域周边的作用相反这一新颖的结论。

围绕分析结果，本文提出4个提升老年人情绪体验的近郊村环境优化策略：

1) 鉴于空间开放性作用的差异，建议降低乡村居住聚落与产业园区的围合度来缓解老年人的孤独感与焦虑感，但要注意建筑物的限高和遮挡天空的装置情况，避免空间过于密集而产生压抑的感受。而在水域周边则应减少观赏视野的遮挡，增加空间开放性，可以将硬性的护栏替换成软性植物过渡，靠近水体的位置选择草本植物、灌木或低矮的石头做造景。

2) 差异化控制人行道路的宽度，在乡村车行道路两侧可以适当留出更多的步行通道，并借助优质的人工绿化分割人与车辆，增加居住聚落与道路交接处的安全标识，营造安静、安全的门前环境。而在耕地周边可以退让一定的道路面积给农田，打造与老年人记忆中相似的田间小巷的场景。

3) 乡村独特性对老年人情绪有正向作用，建议在保护乡村居住聚落的历史建筑时，另外设置同类型风格的设施和小品。比如使用相似颜色的外墙，或者是使用相互呼应的某种材质，增加乡村独特性在户外环境中的比重，从而提高老年人对乡村环境的文化认同。

4) 增加公共活动区域的蓝绿景观，放大绿植和水体的康养效应，可以设

表3 OLS 与 GWR 模型的结果汇总
Tab.3 Regression results for emtional responses using OLS and GWR models

因变量	模型	模型指标	绿视率	围合度	乡村独特性	空间开放性	道路可达性	交通拥挤度	设施丰富度
正向情绪	OLS	VIF	2.114	4.016	1.617	4.550	1.645	1.304	1.065
		回归系数	0.913	-0.057	0.162	0.155	-0.184	-0.182	0.904
		P 值	0	0	0	0	0	0	0
	GWR	系数平均值	0.840	-0.028	0.116	0.071	-0.114	-0.059	0.125
		系数标准差	0.220	0.391	0.351	0.391	0.210	0.165	0.288
		VIF	2.114	4.016	1.617	4.550	1.645	1.304	1.065
负向情绪	OLS	回归系数	-0.397	-0.001	-0.189	-0.022	0.314	0.949	-0.290
		P 值	0	0.833	0	0.022	0	0	0
	GWR	系数平均值	-0.543	0.005	-0.168	0.010	0.232	0.455	-0.063
		系数标准差	0.225	0.347	0.416	0.356	0.191	0.211	0.287
		VIF	2.114	4.016	1.617	4.550	1.645	1.304	1.065
		回归系数	-0.397	-0.001	-0.189	-0.022	0.314	0.949	-0.290

注：回归系数的绝对值越高，说明变量的影响更大；系数的正负号分别表示对因变量的促进和缓解作用；当P值大于0.05时，指标不具有显著性；系数标准差表示系数的差异化程度。

表4 OLS 与 GWR 模型的性能检验统计
Tab.4 Performance testing statistics of OLS and GWR models

模型	因变量	Multiple R ²	Adjusted R ²	AIC
OLS	Positive	0.698	0.698	30 674.524
OLS	Negative	0.667	0.667	32 492.651
GWR	Positive	0.882	0.825	25 289.754
GWR	Negative	0.854	0.783	29 269.787

置以荷塘、古树、花境为主题的小型广场，连接周边的居住聚落，并配套建设座椅、宣传栏和健身器材等，打造舒适宜人的活动空间。

4 结论

本文基于 OLS 和 GWR 模型解释了乡村户外环境与老年人情绪的关系，并以广州市花都区 4 个近郊村为例进行实证分析。通过语义分割技术识别并计算出图像中的环境因子与户外视觉特征得分，利用 ResNet50 算法提取图像特征，构建情绪评分的迭代预测模型，再进一步结合空间自相关和空间回归模型评估变量的情况。结果证明，老年人正负向情绪的得分具有空间聚集效应，并且不同的视觉特征指标所产生作用也存在空间差异性。理解户外环境在老年人视觉感知上的意义，对于乡村公共环境的可持续规划建设有着重要的参考价值。

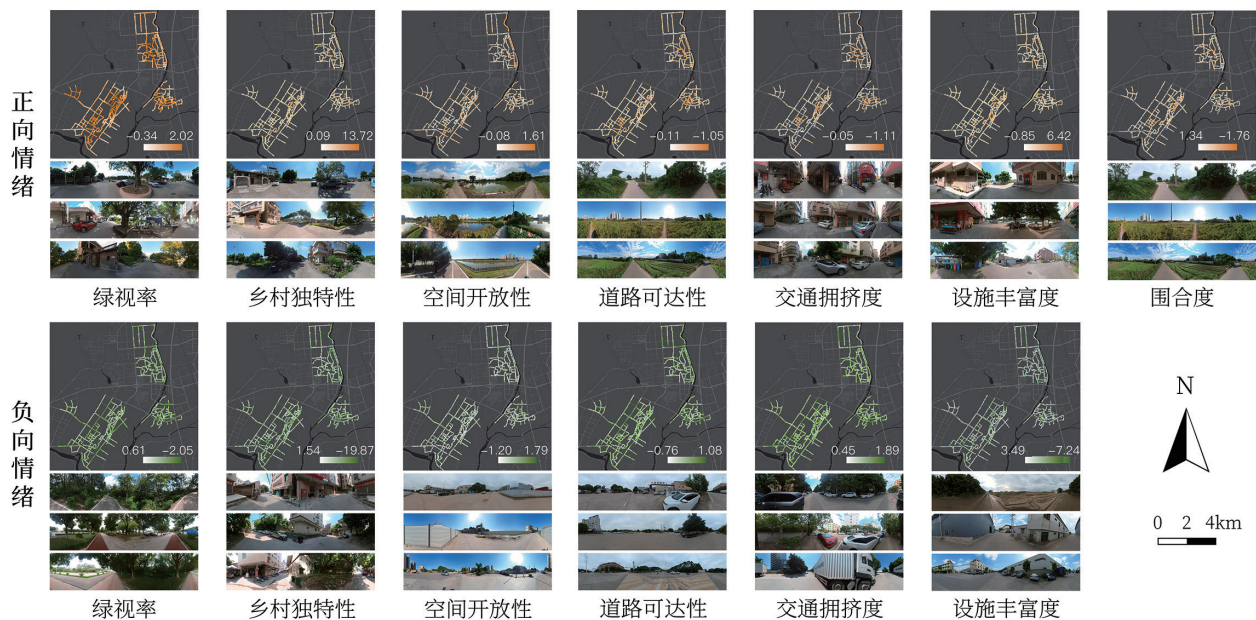
但本研究存在一定的局限性，需在未来改进与升级。首先，图像评分的方法无法获得场地中其他感官的感受，与人在真实场地的体验有所偏差，本文的视觉特征指标忽略了温度、听觉、空气污染等潜在可能性。未来的研究工作计划向实地评分以及多模态的方向发展，尝试使用可穿戴设备进行实时的测量。第二，老年人的情绪受到复杂社会因素的影响，如收入、学历、文化差异等，若接下来的研究工作在数据量方面有较大的提升，则需要从社会统计学的角度探讨混合变量的影响。第三，本文缺失时间维度的分析，老年人的情绪可能会在昼夜、不同季节存在差异，因此本研究的结论无法适用于全部时间段的情况。下一步的研究工作需要在不同时段对比或全时段跟踪加以努力，形成一个更全面、更完善的

乡村环境研究系统。

注：图1底图来自百度地图；其余图片均为作者自绘自摄。

参考文献：

[1] 靳永爱, 周峰, 翟振武. 居住方式对老年人心理健康的影响——社区环境的调节作用 [J]. 人口学刊, 2017, 39 (3) : 66-77.
[2] 卢杉, 汪丽君. 城乡社区环境对老年人心理健康的影响研究 [J]. 人口与发展, 2021, 27 (5) : 36-45.
[3] 郭小艳, 王振宏. 积极情绪的概念、功能与意义 [J]. 心理科学进展, 2007, 15 (5) : 6.
[4] FREDRICKSON B L. The Role of Positive Emotions in Positive Psychology [J]. American Psychologist, 2001, 56 (3) : 218-226.
[5] 杨彩霞, 王露纯, 张竞扬, 等. 基于日常事件的情绪标注任务对老年人主观生活质量的影响 [J]. 心理科学, 2022, 45 (2) : 331-338.
[6] 马冰倩, 徐程扬, 崔义. 八达岭秋季景观整体色彩组成对美景度的影响 [J]. 西北林学院学报, 2018, 33 (6) : 258-264.
[7] 吴莞姝, 党煜婷, 赵凯. 基于多维感知的城市活力空间特征研究 [J]. 地球信息科学学报, 2022, 24 (10) : 1867-1882.
[8] 陈庆伟, 汝涛涛, 周菊燕, 等. 光照对社会心理和行为的影响 [J]. 心理科学进展, 2018, 26 (6) : 1083-1095.
[9] 朱怀真, 杨凡, 南歆格, 等. 国内外绿视率研究进展 [J]. 中国城市林业, 2022, 20 (3) : 140-146.
[10] ZHANG Z, ZHANG J. Perceived residential environment of neighborhood and subjective well-being among the elderly in China: A mediating role of sense of community [J]. Journal of Environmental Psychology, 2017, 51: 82-94.
[11] 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.



注：实景图为高回归系数绝对值的部分样点代表，表示该指标在此类型环境中起重要影响作用。

图 5 GWR 模型的回归系数分布图

Fig.5 Spatially varying regression coefficients of visual features (GWR model)

- [12]KANDEL E R. Principles of Neural Science[M]. London: Arnold, 1981: 23
- [13]ARNHEIM R. The Dynamics of Architectural Form[J]. Journal of Architectural Education, 2013, 67 (1) : 27-30.
- [14]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.
- [15]GARRETT J K, WHITE M P, HUANG J, et al. Urban Blue Space and Health and Wellbeing in Hong Kong: Results from a Survey of Older Adults[J]. Health & Place, 2019, 55: 100-110.
- [16]江浩波, 宋孟坤, 肖扬. 滨水空间视觉景观舒适度评价研究——以上海市“一江一河”为例[J]. 风景园林, 2022, 29 (10) : 122-129.
- [17]SARA T, CHRIS N, PATUANO AGNÈS, et al. Older People's Experiences of Mobility and Mood in an Urban Environment: A Mixed Methods Approach Using Electroencephalography (EEG) and Interviews[J]. Int J Environ Res Public Health, 2017, 14 (2) : 151.
- [18]LUCIO J V D, MOHAMADIAN M, RUIZ J P, et al. Visual landscape exploration as revealed by eye movement tracking[J]. LANDSCAPE AND URBAN PLANNING, 1996, 34 (2) : 135-142.
- [19]KHARE S K, BLANES-VIDAL V, NADIMI E S, et al. Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review (2014–2023) and research recommendations[J]. Information Fusion, 2023, 102: 102019.
- [20]邵钰涵, 刘滨谊. 城市街道景观视觉美学评价研究[J]. 中国园林, 2017, 33 (9) : 17-22.
- [21]YAO Y, WANG J, HONG Y, et al. Discovering the homogeneous geographic domain of human perceptions from street view images[J]. Landscape and Urban Planning, 2021, 212: 104125.
- [22]陈崇贤, 刘欣宜, 邱添, 等. 夜跑友好视角下城市街道环境视觉感知评价[J]. 风景园林, 2024, 31 (4) : 36-43.
- [23]刘智谦, 吕建军, 姚尧, 等. 基于街景图像的可解释性城市感知模型研究方法[J]. 地球信息科学学报, 2022, 24 (10) : 2045-2057.
- [24]李海薇, 陈崇贤, 刘欣宜, 等. 人视街景图像和机器学习结合的城市街道适老性水平空间效应研究[J]. 地球信息科学学报, 2024, 26 (6) : 1469-1485.
- [25]CORDTS M, OMRAN M, RAMOS S, et al. The cityscapes dataset for semantic urban scene understanding[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. New York: IEEE, 2016: 3213-3223.
- [26]LIN T Y, MAIRE M, BELONGIE S, et al. Microsoft coco: Common objects in context[C]//FLEET DAVID, PAJDLA T, SCHIELE B, et al. Proceedings of European Conference on Computer Vision (ECCV) 2014. Berlin: Springer International Publishing, 2014.
- [27]王香春, 罗川西, 蔡文婷, 等. 近二十年中国乡村景观特征体系研究进展[J]. 中国园林, 2022, 38 (4) : 44-49.
- [28]王云才, 陈照方, 成玉宁. 新时期乡村景观特征与景观性格的表征体系构建[J]. 风景园林, 2021, 28 (7) : 107-113.
- [29]刘滨谊, 陈威. 中国乡村景观园林初探[J]. 城市规划汇刊, 2000 (6) : 66-68, 80.
- [30]CHEN L C, ZHU Y, PAPANDREOU G, et al. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation[C]//FERRARI V, HEBERT M, SMINCHISESCU C, et al. Proceedings of European Conference on Computer Vision(ECCV) 2018. Berlin: Springer International Publishing, 2018.
- [31]LI R, CHEN G, JIAO A, et al. Residential Green and Blue Spaces and Type 2 Diabetes Mellitus: A Population-Based Health Study in China[J]. Toxics, 2021, 9 (11) : 1-13.
- [32]韩君伟, 董靓. 基于心理物理方法的街道景观视觉评价研究[J]. 中国园林, 2015, 31 (5) : 116-119.
- [33]李心雨, 闫浩文, 王卓, 等. 街景图像与机器学习相结合的道路环境安全感知评价与影响因素分析[J]. 地球信息科学学报, 2023, 25 (4) : 852-865.
- [34]KIM H, HONG T. Enhancing emotion recognition using multimodal fusion of physiological, environmental, personal data[J]. Expert Systems With Applications, 2024, 249 (Part B) : 123723.
- [35]WATSON D, CLARK L A, TELLEGEN A. Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect - the Panas Scales[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1988, 54 (6) : 1063-1070.
- [36]ANDRESEN E M, MALMGREN J A, CARTER W B, et al. Screening for depression in well older adults: evaluation of a short form of the CES-D (Center for Epidemiologic Studies Depression Scale)[J]. American Journal of Preventive Medicine, 1994, 10 (2) : 77-84.
- [37]SHEIKH J L, YESAVAGE J A. Geriatric Depression Scale (GDS): Recent evidence and development of a shorter version[J]. Clinical Gerontologist: The Journal of Aging and Mental Health, 1986, 5 (1-2) : 165-173.
- [38]KROENKE K, SPITZER R L, WILLIAMS J B W. The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure[J]. Journal of General Internal Medicine, 2001, 16 (9) : 606-613.
- [39]HE K M, ZHANG X Y, REN S Q, et al. Deep residual learning for image recognition[C]//2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). New York: IEEE, 2016: 770-778.
- [40]ANSELIN L. Local Indicator of Spatial Association - LISA[J]. Geographical Analysis, 1995, 27 (2) : 93-115.

作者简介:

陈婉静 /1999 年生 / 女 / 广东佛山人 / 华南农业大学林学与风景园林学院 (广州 510642) / 在读硕士研究生 / 专业方向为风景园林规划与设计

韦玮 /2000 年生 / 女 / 广西百色人 / 华南农业大学林学与风景园林学院 (广州 510642) / 在读硕士研究生 / 专业方向为风景园林规划与设计

陈楚荧 /1999 年生 / 女 / 广东汕头人 / 华南农业大学林学与风景园林学院 (广州 510642) / 在读硕士研究生 / 专业方向为风景园林规划与设计

温晓霞 /2001 年生 / 女 / 广东湛江人 / 华南农业大学林学与风景园林学院 (广州 510642) / 在读硕士研究生 / 专业方向为风景园林规划与设计

陈崇贤 (* 通信作者) /1984 年生 / 男 / 福建福州人 / 博士 / 华南农业大学林学与风景园林学院 (广州 510642) / 副教授, 博士生导师 / 研究方向为健康景观、风景园林规划设计与理论 /E-mail: 380069609@qq.com