

DOI: 10.20103/j.stxb.202501080069

汪璐, 邵志远, 潘晨瑜, 孔令康, 谭向, 刘浩南, 黄品翔, 沈永浩, 吴俊良, 王雅斐. 社区公园文化服务评估指标体系构建与智慧监测——以广钢公园为例. 生态学报, 2025, 45(10): 4599-4613.

Wang L, Shao Z Y, Pan C Y, Kong L K, Tan X, Liu H N, Huang P X, Shen Y H, Wu J L, Wang Y F. Research on evaluation indicator system and intelligent monitoring framework for cultural services in community parks: a case study of Guanggang Park in Guangzhou, China. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(10): 4599-4613.

社区公园文化服务评估指标体系构建与智慧监测 ——以广钢公园为例

汪璐, 邵志远, 潘晨瑜, 孔令康, 谭向, 刘浩南, 黄品翔, 沈永浩, 吴俊良, 王雅斐*

中山大学环境科学与工程学院, 广州 510006

摘要: 社区作为城市的基本组成单元, 既是保障居民生活质量的重要基础, 也是协调城市化进程和实现城市可持续发展的关键载体。生态系统文化服务在促进居民身心健康和增强社会福祉方面发挥着不可替代的作用。然而当前研究多聚焦于生态系统和城市群等宏观尺度, 社区尺度上的文化服务研究仍相对不足。为填补这一研究空白, 旨在构建一套适用于社区尺度的文化服务评估指标体系, 以实现社区文化功能的精准量化评估。基于文献索引法、频次分析法和内容分析法开展指标筛选工作, 并使用层次分析法对指标进行赋权。从休闲娱乐、美学和归属感三个维度构建适用于社区尺度的文化服务指标体系, 密切关注居民的真实体验和深层精神需求。选择广州市广钢公园为例, 以传统问卷调查收集的数据为主, 引入 AI 智慧监测技术用于休闲娱乐活动数据的实时采集, 通过高精度行为识别模型详细记录居民的活动频次和活动类型。本研究的 AI 智慧监测技术对静态行为 (如静坐、站立) 识别准确率较高, 但在连续变化、特征不明显或细节较多的动态动作识别上仍存在一定局限。研究结果表明: (1) 构建的文化服务指标体系能够有效量化广钢公园的文化服务功能, 其中美学和归属感功能得分较高, 但休闲娱乐功能稍差, 健身区各项功能显著优于其他区域; (2) 年龄、受教育程度等受访者特征会显著影响受访者对文化服务功能的评价, 表现为受教育程度较高的群体以及年龄较高的群体对于文化服务的评价较低。同时, 不同文化服务之间存在显著正相关关系, 这就意味着不同文化服务功能会互相影响; (3) AI 智慧监测技术在识别静坐、站立等特征明显的动作中表现出优异, 但在动态细节捕捉方面仍需改进。研究不仅为社区文化服务的优化和提升提供了科学依据, 同时也为城市社区文化服务评估研究贡献了新的思路。

关键词: 生态系统服务; 文化服务; 指标体系; AI 智慧监测

Research on evaluation indicator system and intelligent monitoring framework for cultural services in community parks: a case study of Guanggang Park in Guangzhou, China

WANG Lu, SHAO Zhiyuan, PAN Chenyu, KONG Lingkang, TAN Xiang, LIU Haonan, HUANG Pinxiang, SHEN Yonghao, WU Junliang, WANG Yafei*

School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China

Abstract: Communities, as the basic constituent units of cities, are both an important foundation for safeguarding the quality of life of residents and a key vehicle for coordinating the urbanization process and achieving sustainable urban development. Ecosystem cultural services play an irreplaceable role in promoting residents' physical and mental health and enhancing social well-being. However, most current research focuses on macro-scales such as ecosystems and urban

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFF1303104); 国家自然科学基金-国际 (地区) 合作与交流项目 (42361144720)

收稿日期: 2025-01-08; **采用日期:** 2025-04-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangyf97@mail.sysu.edu.cn

agglomerations, and there is still a relative lack of research on cultural services at the community scale. In order to fill this research gap, this study aims to construct a set of cultural service assessment index systems applicable to the community scale, to realize the accurate quantitative assessment of community cultural functions. Indicator screening was carried out based on the literature indexing method, frequency analysis method, and content analysis method, and the indicators were weighted using the hierarchical analysis method. A cultural service indicator system applicable to the community scale is constructed from the three dimensions of leisure and entertainment, aesthetics, and sense of belonging, paying close attention to the real experience and deep spiritual needs of residents. In this study, Guangzhou Guanggang Park is chosen as an case study, and based on the data collected by traditional questionnaire survey, AI intelligent monitoring technology is introduced for real-time collection of data on leisure and recreational activities, and the frequency and type of activities of residents are recorded in detail through high-precision behavior recognition model. The AI intelligent monitoring technology in this study has a high recognition accuracy for static behaviors (e.g., sitting still, standing), but there are still some limitations in the recognition of dynamic actions that change continuously, have less distinctive features, or more details. The results of the study show that: (1) The constructed cultural service index system can effectively quantify the cultural service functions of Guanggang Park, in which the aesthetics and sense of belonging functions score higher, but the leisure and entertainment functions are slightly worse, and the functions of the fitness area are significantly better than those of other areas; (2) Respondents' characteristics, such as age and education level, significantly affect respondents' evaluation of the functions of cultural services, which is manifested in the fact that the group with higher education level and the group with higher age have a lower evaluation of cultural services. At the same time, there is a significant positive correlation between different cultural services, which means that the functions of different cultural services affect each other; (3) AI intelligent monitoring technology excels in recognizing distinctive movements such as sitting still and standing, but still needs to be improved in capturing dynamic details. This study not only provides a scientific basis for the optimization and enhancement of community cultural services, but also contributes new ideas to the research on the evaluation of urban community cultural services.

Key Words: ecosystem services; cultural service; indicator system; AI intelligent monitoring

社区是现代城市管理和社会生活的基本单元,也是实现城市健康与社会可持续发展的重要载体^[1-2]。文化服务是生态系统服务的重要组成部分,既是最受人们高度认可的,也是最容易被直接感知的。同时,它也是最可能与人类福祉^[3-4]和健康^[5]产生直接联系的一种生态系统服务。国内外学者普遍认为,社区文化服务在维护居民身心健康和增强居民福祉方面发挥着关键作用^[6]。越来越多的研究表明,文化服务对于传统社区的文化认同乃至生存至关重要^[7]。因此在老旧社区改造和废旧社区再利用的过程中,文化服务的引入和强化显得尤为重要。

国外关于文化服务的研究起步较早,主要聚焦于城市绿地和公共空间等区域的文化遗产、生态旅游等功能的量化评估^[8-11]。虽然已有较为系统的理论体系,但受制于文化背景和居民需求的差异,难以将发达地区的现有成果直接应用到城市化进程较快的地区。近年来国内文化服务研究也已有众多成果,但尚未形成完整的理论框架^[12-13]。由于文化服务具有无形性、非物质性和主观性三大特征^[14],受感知个体差异的影响较大,这也导致了文化服务难以量化评估^[15-16]。文化服务的量化评估主要从两个主要角度展开研究:一方面,通过评估游客的偏好和看法(如意见报告或经济价值)来体现文化服务的价值;另一方面,通过分析访客量(如基于社交媒体数据的内容识别)来衡量文化服务的影响^[17]。国内外学者对社区尤其是老旧及再利用社区的文化服务研究相对较少。针对社区尺度的文化服务尚未形成统一的评价体系^[18],因此亟需构建一套适用于社区尺度的文化服务评估指标体系。

文化服务评估需要详细具体的调查数据作为支撑,但常常面临数据可用性差、数据收集困难等问题。传

统数据收集方法主要有问卷调查^[19-20]、面对面访谈^[21-23]、目视观察法^[24]等。这些方法虽然在一定程度上有效,但不仅需要耗费大量人力物力,而且在进行的大规模数据收集和分析方面仍存在一定局限性^[25]。尤其是现代城市的快速变化下,传统方法可能无法满足精细化评估的需求。新型数据收集方法主要有社交媒体数据分析^[26]、无人机观测^[27-29]、参与式绘图法^[30]等。社交媒体数据分析法对于社区这类隐私性较强的区域适用性不强;无人机观测受制于使用法规,且易受天气影响^[31]。随着人工智能技术的进步,基于深度学习算法的行为识别技术,如 YOLO 和 DeepSort,为文化服务数据收集提供了新的思路^[32]。AI 智慧监测通过对居民行为的实时、精细化分析,有效弥补了传统方法的局限性,为城市社区文化服务的精准评估提供了技术支撑。

本研究创新性地融合传统问卷调查与 AI 智慧监测技术,构建了社区尺度的文化服务评估指标体系。基于广州市广钢公园的实证研究表明,该体系不仅能量化评估各功能区的文化服务,同时验证了智能监测技术在文化服务数据采集中的实践价值。

1 研究区域

广钢公园是广州市荔湾区广钢新城的核心社区公共空间,由拥有 50 年历史的广州钢铁厂工业遗址改造而成,占地面积 29.8 万 m²。广钢公园作为一项重要的城市更新项目,共分为三期进行开发。广钢公园首开区即广钢公园一期位于广钢公园西区西端,占地面积约为 28000m²,位于社区群内部,1km 半径范围内约辐射 7 个小区,辐射居民约有 35000 人。本研究以广钢公园首开区为研究区域,如图 1 所示 A、B、C 为问卷发放的三个点位,分别对应为儿童乐园、健身区、跑道。本研究在三个问卷调查点位均放置了同等规格的 AI 监控摄像头,仪器型号为 DS-2DE44231WD/GLT/XM (SMBG) (S6) E 系列 400 万 4 寸 23 倍红外网络球机,垂直转动角度为-15°—90°,支持 400 万像素,可以实现全方位的高清监控。



图 1 研究点位分布图
Fig.1 Map of study sites

2 研究方法

2.1 指标体系构建

2.1.1 指标筛选方法

社区文化服务综合评估指标体系构建遵循以下原则:(1)科学性,指标必须能够反映社区尺度文化服务特点,具有科学性和代表性;(2)实用性,指标数据不仅需要可量化表达,还需要易获取且数据质量可以保障的,高难度指标一般不采用;(3)系统性,指标是研究中通过的或具有系统兼容性的,可以应用到其他相近研究区域;(4)独立性,指标体系构建中的独立性原则要求各个指标之间相互独立,避免重叠或相互影响,以确保每个指标都能独立反映其对应的评估维度^[33-34]。本研究基于以上原则,针对十大类文化服务进行了初步判断。

首先,通过中国知网(CNKI)和 Web of Science 数据库进行检索,检索时间范围限定为近十年,关键词包括“文化服务指标”、“生态系统文化服务”、“指标”、“文化服务量化”和“文化服务评估”等。为了确保检索结果的相关性,我们选择了标题、摘要和关键词中包含以上词条的文献,并排除了重复或不相关的文献。最终,筛选出了 200 篇相关文献,作为后续分析的基础。在此基础上,借鉴 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 框架,对文献进行了二次筛选。筛选标准主要依据研究尺度的相似性,即优先选择研究对象为城市公园、城市绿地、乡村或小镇等与社区尺度相近的文献,从而进一步缩小文献范围,确保所选指标的适用性和相关性。随后,采用内容分析法(Content Analysis)对筛选后的文献中的文化服务指标进行定量分析。具体操作步骤如下:第一步,记录每篇文献中出现的文化服务指标;第二步,利用文献计量学方法(Bibliometric Method)统计这些指标在所有文献中的总出现频率,筛选出高频出现的指标。本研究最终选择了休闲娱乐、美学和归属感作为关键指标以表征文化服务综合功能。

2.1.2 指标量化方法

本研究设计的指标体系框架如表 1 所示。之后,基于设计的指标体系框架,征询行业内权威专家的意见进行调整并使用层次分析法赋权,最终得到社区尺度文化服务需求综合评估指标体系。

表 1 社区文化服务需求评价指标体系

Table 1 Community cultural services demand evaluation indicator system

准则层 Rule layer	指标层 Index layer	指标说明 Indicator instructions
环境休闲力 E_i Environmental leisure power E_i	休闲娱乐活动频次 Q_i 休闲娱乐活动多样性 T_i	反映进行休闲娱乐活动的频率程度 反映休闲娱乐活动类型、对象、状态的定量指标,即 $T_i = \frac{T_{n,i} + T_{s,i} + T_{o,i}}{3}$, $T_{n,i}$ 表示活动种类的多样性, $T_{s,i}$ 表示活动状态的多样性, $T_{o,i}$ 表示活动对象的多样性,具体计算见公式(1)、(2)、(3)
景观美学指数 L_i Landscape aesthetic index L_i	休闲娱乐综合感受 G_i 综合感受 $M_{l,i}$ 自然景色 N_i 环境卫生 H_i 景观设计 D_i	根据问卷“请您给社区休闲娱乐综合感受打分”结果进行量化 根据问卷“请您给社区景色综合感受打分”结果进行量化 基于问卷中自然景色满意度等级进行量化 基于问卷中环境卫生满意度等级进行量化 基于问卷中景观设计满意度等级进行量化
归属感指数 B_i Sense of belonging index B_i	综合感受 $M_{b,i}$ 邻里关系 S_i 社区活动意愿 A_i 搬离遗憾程度 R_i 归属程度 O_i	根据问卷“请您给社区归属感综合打分”结果进行量化 基于问卷“您认为您所居住社区的邻里关系如何”结果进行量化 基于问卷“您是否愿意参与社区举办的活动”结果进行量化 基于问卷“如果不得不从所居住的社区搬走,是否感觉遗憾”结果进行量化 基于问卷“广钢公园能给您对所居住的社区多大程度的归属感”结果进行量化

$$T_{n,i} = - \sum_{i=1}^R U_i \ln U_i \tag{1}$$

式中, $T_{n,i}$ 表示活动种类的多样性; R 是活动种类的总数 U_i 是第 i 种活动的相对频率(居民进行该种活动的频次/居民总活动频次)。

$$T_{s,i} = - \sum_{i=1}^2 V_i \ln V_i \tag{2}$$

式中, $T_{s,i}$ 表示活动状态的多样性, V_i 是每种状态(静态或动态)的相对频率。

$$T_{o,i} = - \sum_{i=1}^2 W_i \ln W_i \tag{3}$$

式中, $T_{o,i}$ 表示活动对象的多样性; W_i 是每种活动对象类型(个体活动和集体活动)的相对频率。

2.2 数据收集方法

2.2.1 问卷调查法

问卷调查法是国内外生态系统服务研究领域一种广泛使用的数据收集方法^[35]。本研究的调查问卷主要包含:(1)问卷基本说明,简述本研究的调查目的,同时承诺保护受访者隐私,以保证问卷顺利发放;(2)受访者基本信息,主要包括性别、年龄、居住时间、受教育水平和职业等;(3)受访者对于休闲娱乐、美学、归属感的基本评价。本研究在问卷发放前开展测试调查,以验证问卷是否合乎逻辑以及确保受访者均能够正确理解问卷内容。预调查的受访者包括 20 名来自中山大学的本科生和研究生和 2 位来自中山大学的专家。之后,于 2024 年 7 月 6 日至 7 月 11 日在广钢公园的健身区、儿童乐园、跑道等三个点位展开正式调查。基于 95%的置信区间,5%的置信水平和广钢新城的常住人口,本研究统计分析所需的问卷样本量为 385 份。考虑到问卷可能不完整,共发放 439 份,回收 439 份,剔除少数无效问卷后最终得到有效问卷 414 份,问卷有效率达 94.3%。为保证三个点位的问卷回收质量,采用 SPSS 对量表数据进行信度和效度分析。

2.2.2 AI 智慧监测法

本研究应用 AI 智慧监测技术进行人流频次分析和居民行为活动类型分析(图 2)。首先,系统接收来自研究区域的视频,之后将视频流输入一个基于 YOLOv5 (You Only Look Once version 5)行人检测模型。系统经提取图像特征和 YOLOv5 模型处理后识别出行人,并使用 SlowFast 对其行为进行识别。同时,利用 OpenCV 对研究区域进行功能性划分,随后通过识别目标物体的矩形框底部中点坐标,判断该行人目标是否位于预定的功能区域内。最终,本研究将检测到的休闲娱乐行为分为游览欣赏、娱乐社交、静态休憩、身体锻炼、文化学习等五大类。本研究自 2024 年 3 月开始每月采集广钢公园不同点位的视频,对符合要求的数据进行切割,之

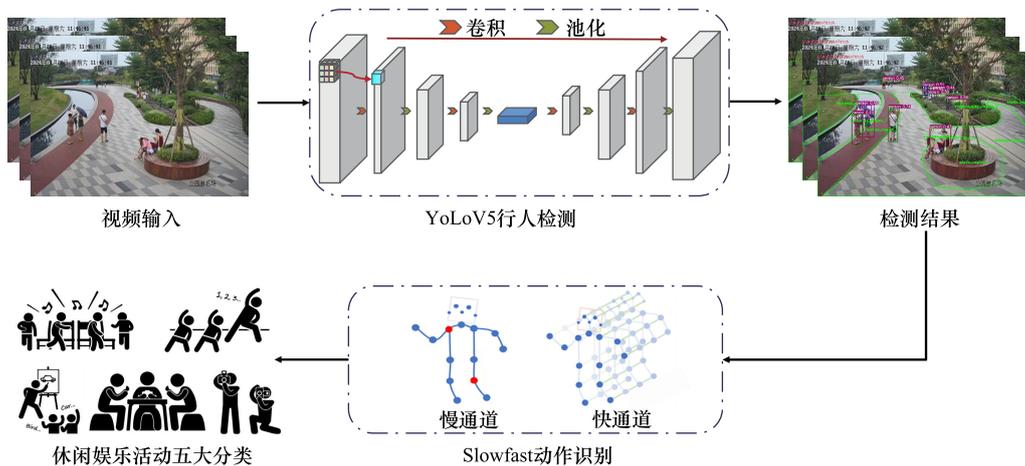


图 2 AI 智慧监测识别流程图

Fig.2 AI intelligent monitoring and recognition flowchart

后对不同对象进行标注用于训练。

YOLOv5 行人检测模型的训练数据主要来自微软 COCO 开源数据集及广钢公园现场监控视频帧图像形成的自建数据集; SlowFast 行为识别模型的数据则来源于视频动作识别专用的 AVA 数据集和研究区域自建的视频片段数据集。数据标注均通过 Labelme 软件开展, 使用矩形工具框选行人目标, 并确保工具框涵盖人体关键节点, 随后添加对应的类别标签(“行人”、“非行人”等)、行为活动类型标签(“静坐”、“站立”、“跑步”等)以及识别结果对应的置信度数据。标注数据以 JSON 格式保存, 之后转换为模型所需的格式, 并通过数据增强策略(如随机翻转、Mosaic 与 Mixup)提高模型的泛化能力。训练过程中 YOLOv5 输入图像尺寸设为 640×640 像素, 初始学习率为 0.01, 训练约 300 个 epoch; SlowFast 采用 SGD 优化器、余弦退火策略, 基础学习率 0.01, 训练周期 64 个 epoch。模型性能评估方面, YOLOv5 在 AP@0.5:0.95 与 AP@0.5 指标下的检测精度分别为 53.7% 和 71.3%, GPU(V100)单批次推理速度约 15.8ms; SlowFast 模型对动作幅度较小的活动类型具有较高识别精度, 而对动作特征不明显的活动识别效果略差。

2.3 数据分析方法

本研究使用 SPSS 27.0 对受访者的社会人口变量进行了统计描述, 包括人口特征以及居住时间。关于年龄、性别、居住时间、受教育程度等问题的回答被归类为若干类别。首先, 针对不同点位的文化服务评价, 因其呈正态分布, 故采用 ANOVA 检验对其差异进行统计描述。其次, 针对不同受访者对于不同文化服务的评价, 采用非参数的 Kruskal-Wallis H 检验对其差异进行统计描述。因为这些评价是有序变量且不服从正态分布。差异的检验考虑了人口特征、居住时间等因素。在此基础上, 运用 Spearman 相关性系数对不同文化服务功能之间的潜在关联进行分析。所有数据均以 95% 的置信区间和显著水平 0.05 显现。

3 结果与分析

3.1 人口特征学统计

经计算得知, 1 号点位的 Cronbach's Alpha 为 0.837, 大于 0.8; KMO 为 0.685, 处于 0.6—0.7 之间, 在 95% 甚至 99% 置信水平显著。2 号点位的 Cronbach's Alpha 为 0.877, 大于 0.8; KMO 为 0.709, 处于 0.7—0.8 之间, 在 95% 甚至 99% 置信水平显著。3 号点位的 Cronbach's Alpha 为 0.873, 大于 0.8; KMO 为 0.782, 处于 0.7—0.8 之间, 在 95% 甚至 99% 置信水平显著。综合来看, 问卷数据的内部一致性和结果效度较好, 这说明问卷设计较为合理。

由表 2 可知, 总体上, 社区公园的受访者主要以居民为主, 男女比例大体一致, 女性受访者比例略高于男性。受访者的年龄层次涵盖了四个年龄段, 其中儿童乐园的受访者以中年人和老年人为主。儿童乐园的中老年占比最高, 达 79.42%。跑道的中老年比例 (53.88%) 略高于健身区 (53.15%)。在受访者的居住时间分层上, 三个点位的比例也基本一致, 居住时间为 2 年以上的居民偏多。不同点位的受教育程度存在显著差异, 儿童乐园的受访者中, 大专及以上学历者占比为 69.12%, 高于跑道 (68.91%) 和健身区 (58.23%)。特别是儿童乐园, 硕士及以上学历的受访者比例高达 19.12%。

3.2 文化服务功能评估

本研究文化服务需求评估指标体系分别从环境休闲力、景观美学指数、归属感指数 3 个维度考量, 使用层次分析法 (AHP) 对其进行赋权。层次分析法 (AHP) 是一种多目标决策分析方法, 广泛应用于生态评价中^[36]。根据 1—9 级标度法对两两指标的相对重要性进行评判, 其中, λ_{\max} 为判断矩阵最大特征根, CR 为判断矩阵一致性, 需检验 CR 是否通过一致性检验, 即 $CR < 0.1$ 。所有矩阵均通过一致性检验。本研究最终构建的文化服务指标体系赋权结果如表 3 所示。

针对点位对于文化服务评价的差异进行 ANOVA 检验, 结果显示不同点位的居民对于文化服务指数的评价无显著差异 ($P > 0.05$)。这可能是因为各个点位在设计理念、设施规划及功能配置上遵循了相似的公共空间标准, 导致整体文化服务体验较为一致。但从不同点位的文化服务功能量化结果 (表 4) 来看, 健身区凭借

表 2 不同调查点位的人口统计

Table 2 Demographics at different survey sites

人口特征 Demographic characteristics		健身区 Fitness area	儿童乐园 Children's playground	跑道 Runway	总数 All
		N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
属性 Attribute	居民	67(84.81%)	57(83.82%)	195(73.03%)	319(77.05%)
	游客	12(15.19%)	11(16.18%)	72(26.97%)	95(22.95%)
性别 Gender	男	35(44.30%)	33(48.53%)	126(47.19%)	194(46.86%)
	女	44(55.70%)	35(51.47%)	141(52.81%)	220(53.14%)
年龄 Age	10—18 岁	20(25.32%)	7(10.29%)	42(15.73%)	69(16.67%)
	19—30 岁	17(21.52%)	7(10.29%)	83(31.09%)	107(25.85%)
	30—60 岁	36(45.57%)	43(63.24%)	130(48.69%)	209(50.48%)
	60 岁以上	6(7.59%)	11(16.18%)	12(4.49%)	29(7.00%)
居住时间 Living time	6 个月及以下	3(8.96%)	4(7.02%)	15(7.69%)	22(6.90%)
	6—12 个月	7(10.45%)	4(7.02%)	17(8.72%)	28(8.78%)
	1—2 年	13(19.40%)	10(17.54%)	42(21.54%)	65(20.37%)
受教育程度 Education level	2 年以上	44(65.67%)	39(68.42%)	121(62.05%)	204(63.95%)
	初中及以下	20(25.32%)	10(14.70%)	48(17.98%)	78(18.84%)
	高中	13(16.46%)	11(16.18%)	35(13.11%)	59(14.25%)
职业 Profession	大专及本科	39(49.37%)	34(50.00%)	151(56.55%)	224(54.11%)
	硕士及以上	7(8.86%)	13(19.12%)	33(12.36%)	53(12.80%)
	机关/公务员/事业单位	13(16.46%)	11(16.18%)	50(18.73%)	74(17.87%)
	教师/医生	11(13.92%)	8(11.76%)	26(9.74%)	45(10.87%)
	个体工商户	13(16.46%)	13(19.12%)	54(20.22%)	80(19.32%)
	公共服务业	4(5.06%)	2(2.94%)	14(5.24%)	20(4.83%)
	农/林/牧/渔/水利业	—	1(1.47%)	3(1.12%)	4(0.97%)
	工人	2(2.53%)	2(2.94%)	10(3.75%)	14(3.38%)
	军人	—	1(1.47%)	—	1(0.24%)
	离退休人员	10(12.66%)	11(16.18%)	16(5.99%)	37(8.94%)
待业人员	2(2.53%)	5(7.35%)	7(2.62%)	14(3.38%)	
学生	22(27.85%)	5(7.35%)	70(26.22%)	97(23.43%)	
其他	2(2.53%)	9(13.24%)	17(6.37%)	28(6.76%)	

表 3 社区文化服务需求评估指标权重

Table 3 Indicator weights for community cultural services needs assessment

准则层 Rule layer	权重 Weight	指标层 Index layer	全局权重 Global weight	组内权重 Weight in the group
环境休闲力 E_i Environmental leisure power E_i	0.5794	休闲娱乐活动频次 Q_i	0.1513	0.2611
		休闲娱乐活动综合感受 G_i	0.1899	0.3278
		休闲娱乐活动多样性 T_i	0.2382	0.4111
景观美学指数 L_i Landscape aesthetic index L_i	0.1865	综合感受 $M_{1,i}$	0.0868	0.4654
		自然景色 N_i	0.0356	0.1910
		环境卫生 H_i	0.0320	0.1718
		景观设计 D_i	0.0320	0.1718
归属感指数 B_i Sense of belonging index B_i	0.2341	综合感受 $M_{b,i}$	0.0834	0.3562
		邻里关系 S_i	0.0384	0.1639
		社区活动意愿 A_i	0.0356	0.1521
		搬离遗憾程度 R_i	0.0384	0.1639
		归属程度 O_i	0.0384	0.1639

其在环境休闲力(3.56)、景观美学指数(4.25)和归属感指数(4.08)这三个指标上的卓越表现,整体文化服务功能指数优于跑道和儿童乐园。这不仅反映了健身区设施布局 and 空间设计的合理性,也表明其在功能配置上更能满足使用者多样化的休闲和社交需求。已有研究指出,公共空间设计与设施布局对用户体验具有重要影响^[37-38]。而健身区正是在开放性设计、设施多样性与良好环境氛围等方面做得较好,从而吸引了更广泛的人群并获得较高的满意度。跑道和儿童乐园的文化服务指数相当,但跑道的环境休闲力略低于儿童乐园,这可能是由于是由于其设施布局不够合理或设施种类不够丰富,未能充分满足使用者多样化的休闲娱乐需求。值得关注的是,尽管儿童乐园在环境休闲力(3.54)和归属感指数(4.02)上表现尚可,但景观美学指数得分偏低(4.16),可能是因为该区域主要是陪同儿童游玩或休憩的居民,该群体对美学环境有着较高的期望与诉求,而现有的设施规划和景观设计未能完全达到其期望。

表 4 不同点位功能量化结果

Table 4 Function quantization results of different sites

点位 Point position	环境休闲力 Environmental leisure power	景观美学指数 Landscape aesthetic index	归属感指数 Sense of belonging index	文化服务功能指数 Cultural service function index
健身区 Fitness area	3.56	4.25	4.08	3.81
儿童乐园 Children's playground	3.54	4.16	4.02	3.77
跑道 Runway	3.52	4.24	4.03	3.77

3.3 影响因素分析

针对不同特征的受访者对于各类文化服务评价的差异进行 Kruskal-Wallis H 检验(表 5),结果显示不同特征的居民对于环境休闲力、景观美学指数、归属感指数以及文化服务指数的评价存在显著差异。休闲娱乐功能方面,年龄($P<0.05$)和性别($P<0.01$)显著影响受访者对于环境休闲力的评价。其中青少年和老年受访者的评价显著高于其他人群,这可能是由于社区现有的休闲娱乐设施较能满足青少年和老年人群的需求;女性受访者的评价显著高于男性,这可能是由于男性群体对于休闲娱乐设施有更多样化的需求。美学功能方面,属性($P<0.05$)、受教育程度($P<0.01$)、年龄($P<0.01$)、居住时间($P<0.05$)均显著影响受访者对于景观美学指数的评价。其中游客对于美学功能的评价普遍高于居民;居住时间为 6—12 个月的居民对于美学功能的评价更高。值得关注的是,随着受教育程度的提高,受访者对于美学功能的评价逐步降低,这可能是由于高学历人群对于美学有更高的期待和追求。归属感功能方面,受教育程度($P<0.01$)和年龄($P<0.01$)显著影响受访者对于归属感指数的评价。随着年龄和受教育程度的提升,受访者的评价逐步降低,这可能和高学历人群对于归属感有着更高追求有关。文化服务综合评价方面,受教育程度($P<0.05$)、年龄($P<0.01$)和性别($P<0.01$)显著影响受访者的评价。如图 3 所示,随着年龄的增长,受访者对于文化服务的评价逐步降低,这可能是由于现有的休闲娱乐设施和景观设计更为适合低龄人群,忽略了高龄受访者对于文化服务的真实需求。高

表 5 对文化服务评价的 Kruskal-Wallis h 检验分析中的 P 值

Table 5 The P-value in the Kruskal-Wallis h-test analysis for cultural service evaluation

文化服务评价指数 Cultural service evaluation index	属性 Identity	受教育程度 Educational level	年龄 Age	居住时间 Time of living	性别 Gender
环境休闲力指数 Environmental leisure power	0.559	0.191	0.013 *	0.127	0.001 **
景观美学指数 Landscape aesthetic index	0.043 *	0.000 **	0.000 **	0.016 *	0.981
归属感指数 Sense of belonging index	0.438	0.007 **	0.001 **	0.901	0.636
文化服务指数 Cultural service index	0.789	0.026 *	0.000 **	0.202	0.004 *

* $P<0.05$, ** $P<0.01$

中及以下学历受访者的评价相比于其他学历人群的评价更高,这可能是由于需求和期望的差异、文化参与机会和渠道的不同、文化认同和归属感的不同以及文化服务设计和实施的适应性不足等多方面因素共同作用所致。

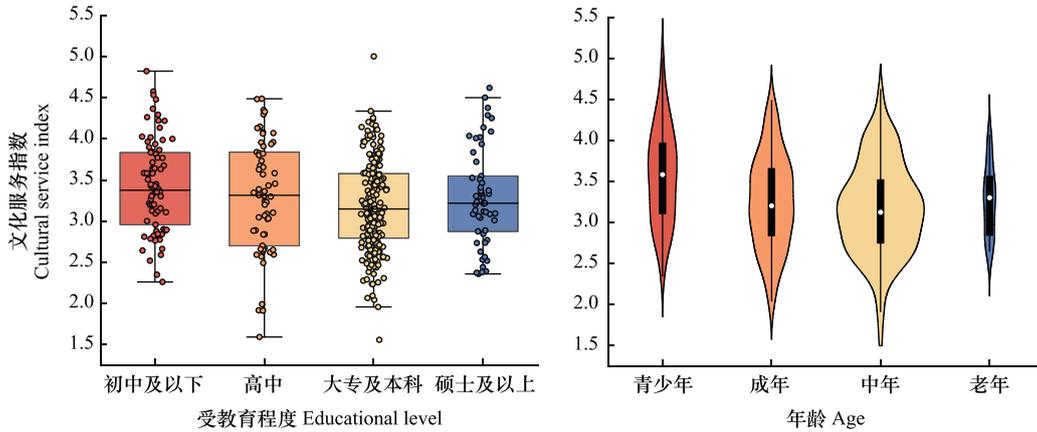


图 3 不同特征的受访者对于文化服务评价的差异分析

Fig.3 The difference analysis of cultural service evaluation by respondents with different characteristics

在不同功能指数之间的相关性分析中(表 6),环境休闲力指数与景观美学指数呈显著正相关(0.269, $P < 0.01$),说明良好的景观美学设计不仅能提升居民的休闲体验,还能增强社区的凝聚力。景观美学指数与归属感指数相关性同样显著(0.509, $P < 0.01$),表明视觉环境的质量和设计对居民的社区认同感有显著提升作用。同时,归属感指数与文化服务功能指数呈正相关(0.294, $P < 0.01$),显示社区归属感的提升能增强居民对文化服务的需求和认可,促进其参与社区活动的意愿。休闲娱乐功能不仅影响居民的直接体验,还对整体情感联结起到间接促进作用。同时,不同功能间之间并非孤立存在,而是通过复杂的交互关系相互影响。其整体的正相关关系表明,一种功能的提升往往能够引发其他服务的协同上升,从而实现多维度的整体优化,体现了社区文化服务系统的内在联动性。

表 6 不同文化服务功能之间的相关性分析

Table 6 Correlation analysis between different cultural service functions

文化服务评价指数 Cultural service evaluation index	环境休闲力指数 Environmental leisure power	景观美学指数 Landscape aesthetic index	归属感指数 Sense of belonging index
环境休闲力指数 Environmental leisure power	1		
景观美学指数 Landscape aesthetic index	0.269 **	1	
归属感指数 Sense of belonging index	0.294 **	0.509 **	1

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

3.4 AI 智慧监测评估

3.4.1 人流频次分析

通过对比分析 AI 智慧监测与目视行为观察所得到的人流频次数据(图 4),发现无论是在早晨人流的增长、中午的低谷,还是晚上的高峰时段,AI 智慧监测的数据与目视观察的结果基本吻合。这一一致性进一步证明了 AI 智慧监测技术的可靠性。此外,当前 AI 智慧监测能够实现每 0.5 秒一次的高频率数据采集,能够捕捉到人流频次的细微波动。本研究的 AI 智慧监测数据以分钟为单位记录,而传统的目视观察若要实现同样的分钟级别数据收集,则需要耗费数十倍的人力和物力资源。对比结果不仅验证了 AI 智慧监测在文化服务领域人流监测中的准确性,还凸显了其相较于传统目视观察方法的显著优势。例如,在晚间高峰时段(18 点至 19 点),AI 智慧监测记录的人流频次达到 2500 人/h,这一数值虽与目视观察的约 200 人/h 在趋势上保

持一致,但存在较大差距。主要原因可能在于此期间人流量的爆发式增长使得传统目视观察工作难以有效开展,导致数据收集有误。另一方面,AI 智慧监测能够清晰反映中午低谷期间的人流频次细微变化,例如在中午 12 点至 13 点期间,AI 系统记录的人流最低值约为 50 人/h,而目视观察则仅能显示一个笼统的低值。研究发现,AI 智慧监测在某些情况下识别出的人流频次远高于目视观察结果。造成这一误差的可能原因包括:(1)在高密度环境下,由于行人相互遮挡,部分行人未能被系统连续跟踪;(2)当人群密集时,同一行人在连续变化过程中易被系统重复识别,导致重复计数;(3)快速移动及目标轨迹断裂等问题亦会影响连续识别的准确性。为解决上述问题,未来可采用基于卡尔曼滤波和 Hungarian 算法的 DeepSORT 方法^[39],利用深度特征进行目标再识别(ReID),从而缓解因遮挡和轨迹断裂带来的误差。同时,结合时空信息和目标外观特征,引入 ByteTrack 等^[40]成熟的目标关联算法,以降低重复计数风险。此外,在训练阶段应适当加入高密度场景数据,并在推理阶段采用置信度过滤与轨迹平滑策略,以进一步提升系统的识别准确率。尽管存在一定不足,但 AI 智慧监测在面对人流变化异常大的情况时,仍展现出极大潜力。当人流频次发生剧烈变化时,目视观察由于人眼识别的局限性,往往难以准确收集和记录数据,而 AI 智慧监测依然能够稳定地进行数据采集。这使得 AI 智慧监测在高人流频次环境中尤为适用,能够为文化服务领域的人流密集场所管理提供一种先进且高效的技术手段。

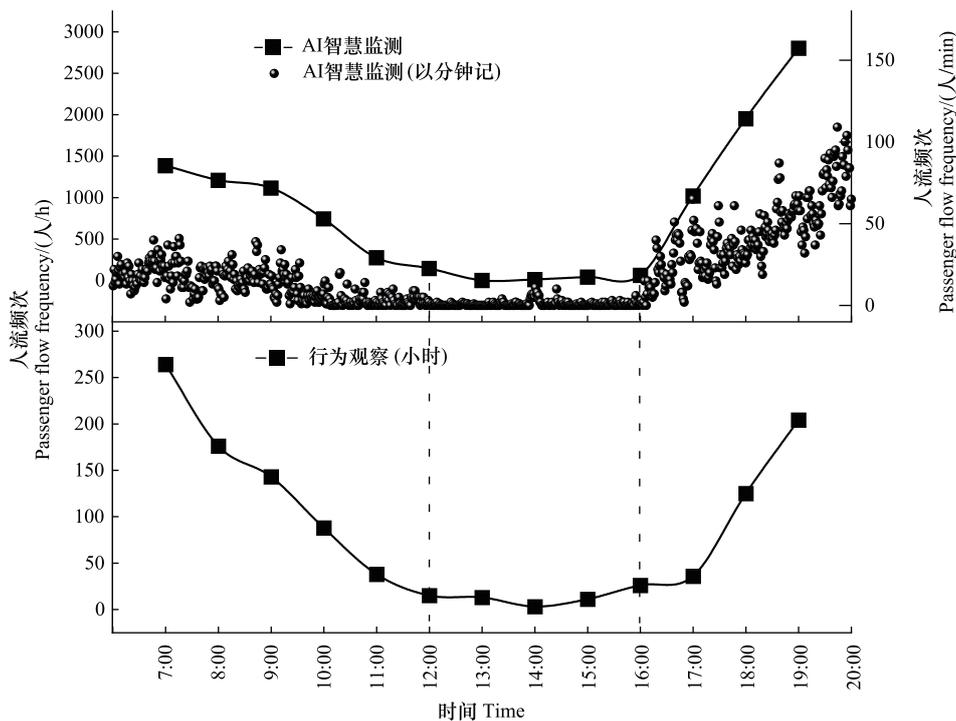


图 4 人流频次分析对比结果

Fig.4 Analysis and comparison results of passenger flow frequency

3.4.2 动作识别性能分析

如图 5 所示,对比目视观察获得的数据可知,受访者在不同时间段的活动类型比例随时间呈现出明显的变化趋势:上午(如 8 点至 10 点)以身体锻炼和静态休憩为主;临近中午与下午(如 11 点至 14 点)时,娱乐社交和游览欣赏等活动占比开始上升;而傍晚之后(如 15 点至 19 点),各类活动逐步增多。与此相比,AI 智慧监测的识别结果在身体锻炼的占比上略有降低,却在娱乐社交方面占比有所提高,说明 AI 与目视观察对同一时段活动的识别在细节上存在差异。总体来看,两种统计方式所显示的活动分布趋势相对一致,验证了在以目视观察结果为准确参考的前提下,AI 智慧监测对于休闲娱乐活动识别具有一定可行性。进一步对比可发

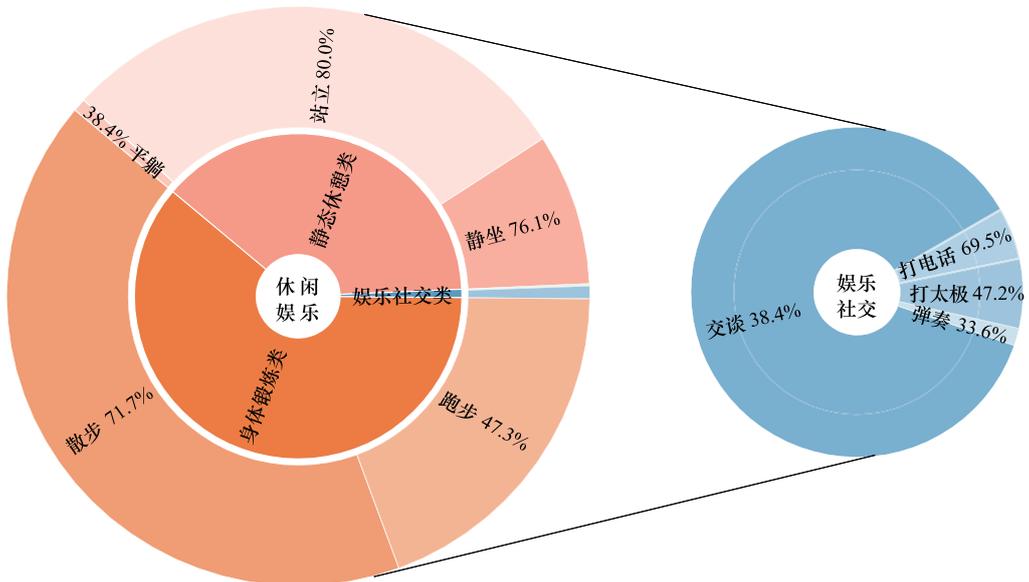
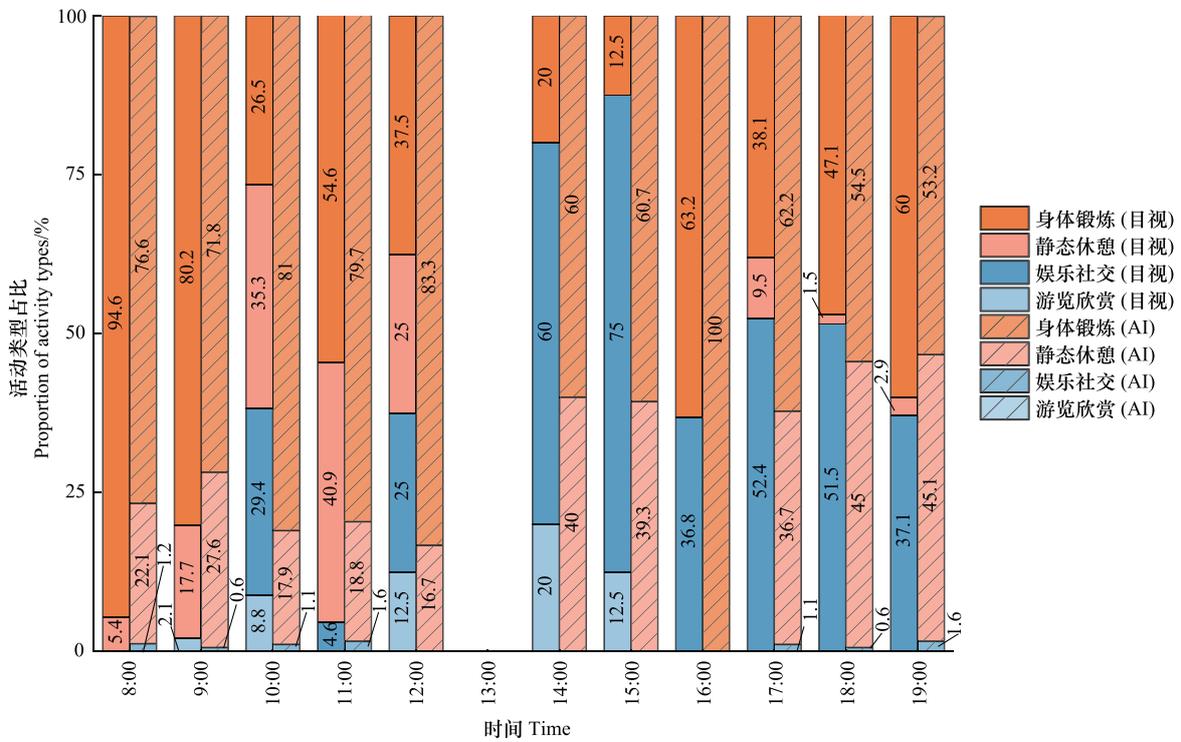


图5 AI智慧监测性能评估

Fig.5 AI intelligent monitoring performance evaluation

饼状图中百分数表示动作 AI 识别精准率

现, AI智慧监测在自动化、规模化及客观性、即时性等方面展现了较大的优势, 能够持续自动收集与分析大量数据, 减少主观因素干扰, 并为大范围人群或长时间序列研究提供了可行手段。但在细分活动识别上仍存在不足, 且对特定场景、图像质量和监测设备有较高依赖性。AI智慧监测模型在娱乐社交、身体锻炼、静态休憩三类动作的识别准确率呈现一定差异。身体锻炼类活动中, “散步”的准确率为71.7%, 表现较好, 可能因动作幅度适中且特征较为稳定; 而“跑步”仅为47.3%, 可能因动作变化快、动态性强, 特征捕捉难度较高, 导致准确率较低。娱乐社交类活动的识别准确性呈现出较大差异, “打电话”以69.5%的准确率表现最佳, 可能是

因为其特征明显、易于捕捉;而“交谈”仅为 38.4%,可能由于其动作幅度较小、细节复杂,尤其是面部及嘴部细节不易被准确提取所致。静态休憩类活动中,“站立”和“静坐”的准确率分别为 80.0%和 76.1%,表现突出,主要因为这类动作姿态特征明显、动作稳定且不易混淆;相比之下,“平躺”的准确率仅为 38.4%,可能是此类动作与识别距离有较大关系,识别难度较大。现有结果显示,AI 在静态动作(如站立、静坐)的识别准确率较高,而在动态动作(如跑步、交谈)的识别准确率明显偏低。这一现象可能部分源于训练数据集中动态动作样本数量相对较少,导致模型在动态场景下难以捕捉到足够的特征信息;此外,动态动作本身变化较快、细节复杂,也对模型的时空特征提取能力提出了更高要求。进一步分析还表明,监测设备帧率较低可能限制了动作连续变化信息的完整捕捉,进而影响识别效果。针对这些问题,未来可以通过以下改进措施:(1)数据增强:通过生成更多的动态动作样本(如通过合成、镜像、旋转等方式),可以扩充训练集,从而提高模型对动态动作的识别能力。增加样本的多样性,有助于模型学习到更广泛的动态特征;(2)提高帧率:在动态动作的识别中,增加视频帧率有助于捕捉更细致的动作变化。通过提高帧率,模型能够更精确地提取动作的时间特征和过渡阶段,从而提高识别准确性;(3)时序建模:通过优化模型的时序处理能力,如利用循环神经网络(RNN)或长短时记忆网络(LSTM),有助于更好地处理动态动作中的时间依赖关系,从而提高识别精度。

4 讨论

4.1 文化服务指标研究

城市环境尤其是在社区范围内,提供了特定的文化服务,包括休闲娱乐、美学、教育、归属感等价值。在过去十年中,生态系统概念已经与科学、管理和政策相结合,但重点主要放在自然提供的具体好处上。Campbell 等^[41]研究发现城市公园是“附近自然”的一种重要形式,它提供了娱乐、活动、社交和环境参与的空间,并支持地方依恋和社会联系。该研究表明公园通过人类的使用和与人类的互动产生的重要文化生态系统服务有助于增强社会复原力。Zwierzchowska 等^[42]提出了一种将人类需求、行为和感知转化为文化服务的方法,有助于理解文化服务在城市公园尺度上的研究意义,从而为城市地区的弹性规划提供信息。Yang 等^[43]为填补公园游憩服务实际效能的研究空白,基于各种体育活动的娱乐用途、娱乐满意度、集体表现评级等三类指标制定一套指标体系。该研究将指标应用于广州四个公园的案例研究中,结果表明所有公园都远未达到设计游憩服务的最大性能,这为城市公园的空间优化设计和管理提供了有价值的依据。戴代新等^[44]以上海市复兴公园为研究对象,构建了一套文化服务指标体系,主要包括精神和宗教价值、教育价值、启发思维、美学价值、社会联系、场所感、文化遗产价值、休闲游憩等。研究表明,城市近代公园文化服务存在明显空间差异,且特定的文化服务与景观空间的特点具有联系。同时,文化服务评估可以有效指导公园的空间保护与更新改造。社区是人最基本的生活场所^[45],但文化服务指标体系的研究仍较为薄弱。本文以休闲娱乐、美学服务和归属感服务为核心,聚焦于社区居民的情感需求与精神追求,强调以人为本,力求反映居民真实体验。此外,本研究在数据采集方法上亦有所创新,利用 AI 智慧监测技术对休闲娱乐服务进行实时监控,使得评价更具时效性与精准性。由此构建的指标体系不仅丰富了文化服务评估理论,也为社区公园的规划与管理提供了科学且贴近实际的决策支持。

4.2 文化服务感知影响机制研究

本研究表明,高学历人群对景观美学指数和归属感指数的评价显著低于低学历群体。这一现象可能源于布迪厄(Bourdieu)提出的“文化资本”理论^[46]:高学历者通常积累更丰富的文化资本,形成更高的审美标准和参与期待。当社区环境所提供的文化服务(如景观设计、社区活动)与其理想中的“高雅文化”存在差距时,容易产生“期望-现实落差”,进而降低其对社区文化服务的感知评价。未来在文化服务设计上需考虑分层供给,增加专业化、定制化的高端文化项目以满足高知群体需求。本研究也表明,年龄对于文化服务影响呈现非线性特征:青少年与老年群体对环境休闲力和文化服务综合指数的评价显著高于中年群体。究其原因,可能是因为青少年因学业压力更依赖社区休闲空间释放压力,老年人则因活动半径缩小而对社区文化设施依赖性

增强。王帆等对于国外休闲动机的研究^[47]、谷志莲和柴彦威基于国内城市社区的研究^[48]以及吴志建等人对于老年人活动时空特征的研究都验证了这一发现。而中年人群会承担更多的家庭与经济责任,可能更关注于文化服务的实用性,而当前的评价体系未能充分反映其核心诉求。未来可以通过季度调查和信息化平台及时捕捉中年群体的隐形需求。本研究还表明,居住时间为6—12个月的居民对景观美学指数评价最高,而长期居住者评价逐渐下降。党云晓等^[49]在北京的研究也有类似发现。这可能存在两种对立心理机制:一方面,新居民因“新鲜感效应”对社区景观产生积极认知;另一方面,长期居民因“审美疲劳”降低评价。居民与社区的情感联结需经历“服从-认同-内化”三阶段,而当前服务可能未能伴随居住时长增长提供动态升级体验导致长期居民的参与倦怠。因此,未来可以通过周期性更新活动内容维持居民的新鲜感与参与度。

4.3 AI技术在文化服务领域的应用探索

智慧城市作为缓解快速城市化的有效解决方案被引入^[50-51]。如今,智慧城市倡议在全球范围内受到关注^[52]。中国政府一直致力于推动智慧城市建设,出台了一系列措施政策。城市生态系统文化服务对提升居民生活质量至关重要,AI智慧监测为其评估与优化提供了新思路。城市绿地景观感知评估上,AI技术可分析社交媒体数据和公众评论,挖掘居民对绿地的情感倾向、使用频率和满意度等信息^[53-55]。在公共艺术与文化活动监测中,AI视频分析技术可统计参与人数、人群行为模式和停留时间等,评估文化活动的影响力和公众参与度,为艺术创作与布局提供反馈。尽管AI智慧监测在城市生态系统文化服务中前景广阔,但仍存在多源数据融合面临数据格式、时空尺度不一致等问题,影响监测的完整性和准确性;AI智慧监测模型对文化服务中一些主观、模糊信息的量化处理存在困难,难以完全精准反映公众的文化体验和情感价值;而且相关技术的应用成本较高,限制了部分地区的推广和应用。基于本研究中的AI智慧监测结果可知,该技术已在文化服务场景中展现较大潜力,通过高频数据采集为文化服务评估提供了准确的行为识别和科学数据支持。未来研究应进一步扩大动态动作样本量、丰富多样化场景,并在类别定义和标签质量上加强优化,同时注重隐私保护和模型泛化能力的提升,以实现文化服务评估的更全面和精准的支持。

5 结论

本研究以广州市广钢公园为例,从推动生态城市建设和满足居民精神文化需求的利益层面出发,构建了一套适用于社区尺度的文化服务需求评估指标体系。对比广钢公园三个点位的休闲娱乐、美学、归属感的功能差异,并对三个点位综合功能差异与受访者特征之间的相关性。同时创新性的应用AI智慧监测来收集文化服务数据。得到的主要结论如下:

(1)本研究构建了一套适用于社区尺度的文化服务功能量化指标体系,通过对健身区、跑道和儿童乐园的分析,明确了环境休闲力、景观美学指数、归属感指数等文化服务功能在不同点位的表现差异,验证了指标体系的科学性和可行性;

(2)健身区在环境休闲力、景观美学和归属感方面表现卓越,文化服务总体功能优于跑道和儿童乐园;而跑道与儿童乐园文化服务指数相近,但儿童乐园的景观美学指数(4.16)偏低,可能是因为该区域现有的景观规划尚未满足受访者的审美需求;

(3)通过Kruskal-Wallis H检验发现,年龄、性别、教育水平及居住时间等社会人口学特征显著影响居民对环境休闲力、景观美学、归属感及文化服务的评价。同时,各功能指数之间相关性显著,尤其是休闲娱乐功能的提升有助于加强居民对社区的情感联结,这显示出社区文化服务各功能的内在联动性;

(4)结合AI智慧监测技术,对跑道区域人流频次和行为活动的实时监测,结果显示:人流频次趋势基本一致,AI智慧监测可以实现更高效率收集数据(1min/次);动作识别方面,散步、站立等特征明显的动作识别准确率高。未来通过扩大动态动作样本量、丰富多样化场景以及改进类别定义和标签质量来提升模型泛化能力。除此之外,未来还可考虑将AI智慧监测应用至更多场景和更多文化服务功能中,以实现社区文化服务评估更全面和精准的支持。

参考文献 (References):

- [1] Ghermandi A. Benefits of coastal recreation in Europe: Identifying trade-offs and priority regions for sustainable management. *Journal of Environmental Management*, 2015, 152: 218-229.
- [2] 费凡, 肖越, 李晓晖. 基于碳排放核算范围视角下城市社区实现绿色繁荣的规划策略行动. *国土与自然资源研究*, 2025(1): 55-59.
- [3] Daniel T C, Muhar A, Arnberger A, Aznar O, Boyd J W, Chan K M A, Costanza R, Elmqvist T, Flint C G, Gobster P H, Grêt-Regamey A, Lave R, Muhar S, Penker M, Ribe R G, Schauppenlehner T, Sikor T, Soloviy I, Spierenburg M, Taczanowska K, Tam J, Vonder Dunk A. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(23): 8812-8819.
- [4] Plieninger T, Dijks S, Oteros-Rozas E, Bieling C. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 2013, 33: 118-129.
- [5] Amorim J H, Engardt M, Johansson C, Ribeiro I, Sannebro M. Regulating and cultural ecosystem services of urban green infrastructure in the Nordic countries: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(3): 12-19.
- [6] 骆畅, 王方民, 李高高, 杨朝现. 山地多中心城市公园绿地生态系统文化服务供需匹配特征. *生态学报*, 2024, 44(13): 5816-5827.
- [7] Kosanic A, Petzold J. A systematic review of cultural ecosystem services and human wellbeing. *Ecosystem Services*, 2020, 45: 101168.
- [8] Ko H, Son Y. Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces; A case study in Gwacheon, Republic of Korea. *Ecological Indicators*, 2018, 91: 299-306.
- [9] Pulighe G, Fava F, Lupia F. Insights and opportunities from mapping ecosystem services of urban green spaces and potentials in planning. *Ecosystem Services*, 2016, 22: 1-10.
- [10] Garcia-Hernández M, De La Calle-Vaquero M, Yubero C. Cultural heritage and urban tourism: Historic city centres under pressure. *Sustainability*, 2017, 9(8): 13-46
- [11] Riechers M, Barkmann J, Tschardt T. Diverging perceptions by social groups on cultural ecosystem services provided by urban green. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 175: 161-168.
- [12] 戴培超, 张绍良, 刘润, 杨永均. 生态系统文化服务研究进展——基于 Web of Science 分析. *生态学报*, 2019, 39(5): 1863-1875.
- [13] 陈东军, 钟林生, 杜傲, 欧阳志云. 国家公园生态系统文化服务价值评估研究进展. *生态学报*, 2025, 45(6): 3021-3031.
- [14] Martin-López B, Gómez-Baggethun E, Lomas P L, Montes C. Effects of spatial and temporal scales on cultural services valuation. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(2): 1050-1059.
- [15] Paracchini M L, Zulian G, Kopperoinen L, Maes J, Schagner J P, Termansen M, Zandersen M, Perez-Soba M, Scholefield P A, Bidoglio G. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators*, 2014, 45: 371-385.
- [16] Brown G, Pullar D, Hausner V H. An empirical evaluation of spatial value transfer methods for identifying cultural ecosystem services. *Ecological Indicators*, 2016, 69: 1-11.
- [17] Wang Y, Hayashi K. Methodological development of cultural ecosystem services evaluation using location data. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 396: 136523.
- [18] Tedeschi M, Heino H, Jamsa J, Klemettila A. The multidimensionality of urban nature: The well-being and integration of immigrants in Finland. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 74: 127645.
- [19] Loukaitou-Sideris A, Sideris A. What brings children to the park? Analysis and measurement of the variables affecting children's use of parks. *Journal of the American Planning Association*, 2009, 76(1): 89-107.
- [20] Parra D C, Gomez L F, Fleischer N L, David Pinzon J. Built environment characteristics and perceived active park use among older adults: Results from a multilevel study in Bogotá. *Health & Place*, 2010, 16(6): 1174-1181.
- [21] Wright Wendel H E, Zarger R K, Mihelcic J R. Accessibility and usability: Green space preferences, perceptions, and barriers in a rapidly urbanizing city in Latin America. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 107(3): 272-282.
- [22] Gidlow C J, Ellis N J. Neighbourhood green space in deprived urban communities: issues and barriers to use. *Local Environment*, 2011, 16(10): 989-1002.
- [23] Byrne J. When green is White: The cultural politics of race, nature and social exclusion in a Los Angeles urban National Park. *Geoforum*, 2012, 43(3): 595-611.
- [24] Wang X, Tang P, He Y C, Woolley H, Hu X, Yang L, Luo J. The correlation between children's outdoor activities and community space characteristics: A case study utilizing SOPARC and KDE methods in Chengdu, China. *Cities*, 2024, 150: 105002.
- [25] Lee J H, Park H J, Kim I, Kwon H S. Analysis of cultural ecosystem services using text mining of residents' opinions. *Ecological Indicators*, 2020, 115: 106368.
- [26] 郑天晨, 严岩, 章文, 朱捷缘, 王辰星, 荣月静, 卢慧婷. 基于社交媒体数据的城市公园景感评价. *生态学报*, 2022, 42(2): 561-568.
- [27] Cohen D A, Setodji C, Evenson K R, Ward P, Lapham S, Hillier A, McKenzie T L. How much observation is enough? Refining the administration of SOPARC. *Journal of Physical Activity & Health*, 2011, 8(8): 1117-1123.
- [28] McKenzie T L, Cohen D A, Sehgal A, Williamson S, Golinelli D. System for observing play and recreation in communities (SOPARC): Reliability

- and feasibility measures. *Journal of Physical Activity & Health*, 2006, 3(1): S208-S222.
- [29] Golcink B, Ward Thompson C. Emerging relationships between design and use of urban park spaces. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 94(1): 38-53.
- [30] Kalinauskas M, Bogdzevic K, Gomes E, Inácio M, Barcelo D, Zhao W, Pereira P. Mapping and assessment of recreational cultural ecosystem services supply and demand in Vilnius (Lithuania). *Science of the Total Environment*, 2023, 855: 158590.
- [31] Park K, Ewing R. The usability of unmanned aerial vehicles (UAVs) for measuring park-based physical activity. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 167: 157-164.
- [32] Liu H Y, Zheng T H, Sun F Q, Wang C P, Deng L X. ER-DeepSORT: Pedestrian multiobject tracking with enhanced reidentification. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 2023, 18(3): 427-435.
- [33] 傅伯杰, 于丹丹, 吕楠. 中国生物多样性与生态系统服务评估指标体系. *生态学报*, 2017, 37(2): 341-348.
- [34] 张琳, 宋创业, 袁伟影, 贾元, 桑佳文, 吴冬秀. 基于地面调查的植被生态质量综合评估指标体系构建. *生态学报*, 2023, 43(1): 128-139.
- [35] 徐丽, 陈利顶, 贺桂珍. 漓江流域景观生态系统文化服务需求多尺度感知及影响因素. *生态学报*, 2024, 44(21): 9946-9955.
- [36] 艾锦辉, 方小山, 张雪霏, 范存祥. 湿地公园健康评价指标体系构建与应用——以广州海珠国家湿地公园二期为例. *生态学报*, 2024, 44(14): 6111-6129.
- [37] 刘颂, 赖思琪. 基于多源数据的城市公共空间活力影响因素研究——以上海市黄浦江滨水区为例. *风景园林*. 2021, 28(3): 75-81.
- [38] Pastore L, Andersen M. The influence of facade and space design on building occupant' indoor experience. *Journal of Building Engineering*, 2022, 46: 103663.
- [39] Tian Z L, Wahab M N A, Akbar M F, Mohamed A S A, Noor M H M, Rosdi B A. SFFSORT multi-object tracking by shallow feature fusion for vehicle counting. *IEEE Access*, 2023, 11: 76827-76841.
- [40] Wu P N, Li Y X, Xue D. Multi-target tracking with multiple unmanned aerial vehicles based on information fusion. *Drones*, 2024, 8(12): 704.
- [41] Campbell L K, Svendsen E S, Sonti N F, Johnson M L. A social assessment of urban parkland: Analyzing park use and meaning to inform management and resilience planning. *Environmental Science & Policy*, 2016, 62: 34-44.
- [42] Zwierzchowska I, Hof A, Ioja I C, Mueller C, Ponizy L, Breuste J, Mizgajski A. Multi-scale assessment of cultural ecosystem services of parks in Central European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 30: 84-97.
- [43] Yang Y, Wang Z F, Lin G S. Performance assessment indicators for comparing recreational services of urban parks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(7): 33-37.
- [44] 戴代新, 刘颂, 张桐恺. 基于公众参与地理信息系统的城市近代公园文化服务评估研究——以上海复兴公园为例. *风景园林*, 2019, 26(8): 95-100.
- [45] 张乐敏, 张若曦, 黄宇轩, 刘丽芳. 面向完整社区的城市体检评估指标体系构建与实践. *规划师*, 2022, 38(3): 45-52.
- [46] 吴启焰, 王兆杰. 布尔迪厄的文化资本理论在旅游规划中的应用. *人文地理*, 2011, 26(1): 113-117.
- [47] 王帆, 林岚, 胡慧, 罗琴, 郭子林. 1980—2018年国外休闲动机研究进展. *人文地理*, 2020, 35(3): 17-28.
- [48] 谷志莲, 柴彦威. 城市老年人的移动性变化及其对日常生活的影响——基于社区老年人生活历程的叙事分析. *地理科学进展*, 2015, 34(12): 1617-1627.
- [49] 党云晓, 余建辉, 张文忠, 谌丽, 谌东升. 基于主观感受的宜居北京评价变化研究. *人文地理*, 2015, 30(4): 59-65.
- [50] Ejaz W, Naeem M, Shahid A, Anpalagan A, Jo M. Efficient energy management for the Internet of Things in smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 2017, 55(1): 84-91.
- [51] Kumar H, Singh M K, Gupta M P, Madaan J. Moving towards smart cities: Solutions that lead to the smart city transformation framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 153: 119281.
- [52] Wang M, Zhou T, Wang D. Tracking the evolution processes of smart cities in China by assessing performance and efficiency. *Technology in Society*, 2020, 63: 101353.
- [53] Li J, Gao J, Zhang Z, Fu J, Shao G, Zhao Z, Yang P. Insights into citizens' experiences of cultural ecosystem services in urban green spaces based on social media analytics. *Landscape and Urban Planning*, 2024, 244: 104999.
- [54] Yang C, Zhang Y. Public emotions and visual perception of the east coast park in Singapore: A deep learning method using social media data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2024, 94: 128285.