城市生物多样性

基于 NLP 方法的城市公园生物多样性感知与影响因素*

苏 畅[1] 欧阳聿婧[1] 陈一秀[1] 田 雪[2] 郭诗怡[2]

1 华中科技大学建筑与城市规划学院 武汉 430074

2 武汉大学城市设计学院 武汉 430072

摘要:【目的】探讨公众在城市公园的生物多样性感知,厘清公园特征对其影响因素与公众情绪福祉的增益作用,为城市生物多样性保护提供实证与理论参考。【方法】以武汉市 14 座城市公园为研究对象,应用网络爬虫工具获取公园用户评论众包文本数据;运用自然语言处理技术量化生物多样性感知、情绪福祉感知指标以及情感得分;进一步构建回归模型,探究生物多样性感知的主要影响因素及其对公众情绪福祉的影响特征。【结果】不同类型公园在生物多样性感知偏好上呈现显著差异。公众对植物多样性和景观类型感知普遍较高,对动物多样性感知相对较低,对生物多样性保护意识及外来物种和濒危植物识别能力不足。周边环境特征(如公交站点数量、公共服务设施数量等)能显著影响公众的生物多样性感知。生物多样性感知会影响公众的情感得分、身心健康感知与生态保护意欲,其中植物季相变化、自然声音等因素对公众情绪福祉具有积极影响。【结论】城市公园生物多样性感知呈现类型差异化特征;空间尺度与周边设施配置显著影响公众感知;植物季相变化和自然声音促进公众情绪福祉;湿地类公园在多感官体验和心理恢复功能方面具有显著优势。

关键词:城市公园;生物多样性感知;自然语言处理;众包数据;情绪福祉

DOI:10.12169/zgcsly.2025.01.15.0001

Perception and Influencing Factors to Urban Park Biodiversity Based on NLP Method

Su Chang[1] Ouyang Yujing[1] Chen Yixiu[1] Tian Xue[2] Guo Shiyi[2]

(1. School of Architecture and Urban Planning, Huazhong University of Science and Technology Wuhan 430074, China; 2. School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract:【Objective】To explore public perception of biodiversity in urban parks, clarify the enhancing effects of park features on their influencing factors and public emotional well-being, and provide empirical and theoretical references for urban biodiversity conservation. 【Method】In view of 14 urban parks in Wuhan, web crawling tools are used to obtain crowdsourced text data on park visitors' comments. Natural language processing technology is applied to quantify biodiversity perception, emotional well-being perception indicators, and sentiment scores. Regression models are further constructed to explore the main factors influencing biodiversity perception and its impact on public emotional well-being.【Result】

收稿日期:2025-01-15

* 基金项目:国家自然科学基金项目(52408063);国家自然科学基金项目(52208083);湖北省自然科学基金项目(2023AFB139)

第一作者:苏畅(1990-),男,博士,副教授,研究方向为景观感知,园林历史理论与文化遗产保护。E-mail:suchang_la@hust.edu.cn

通信作者:郭诗怡(1991-),女,博士,副教授,研究方向为城市生物多样性,健康人居环境。E-mail:shiyiguo@whu.edu.cn

Significant differences are observed in the preferences over biodiversity perception across different types of parks. The public have generally higher perception of plant diversity and landscape types, while the perception of animal diversity is relatively low, and the awareness of biodiversity conservation and the ability to identify invasive species and endangered plants are insufficient. Surrounding environmental characteristics (such as the number of bus stops, public service facilities, etc.) significantly influence public biodiversity perception. Biodiversity perception affects the public's sentiment scores, physical and mental health perception, and ecological conservation intentions. Factors such as seasonal changes in plants and natural sounds have a positive impact on the emotional well-being of the public. 【Conclusion】 Biodiversity perception in urban parks shows differentiated characteristics by type; spatial scale and surrounding facility configuration significantly affect public perception; seasonal changes in plants and natural sounds increase public emotional well-being; wetland parks have significant advantages in multi-sensory experience and psychological restoration functions.

Keywords: urban park; biodiversity perception; natural language processing; crowdsourced data; emotional well-being

自然暴露是指人们与自然环境或要素产生的接触与互动，这种行为被广泛认为能对心理健康产生积极影响[1]。现代城市生活使居民与自然的日常接触机会减少，难以获得自然环境带来的健康益处[2]。作为城市生物多样性维持的关键载体[3-4]，城市公园不仅在调节微气候、提供生态系统服务、维持生态平衡和改善人居环境等方面发挥着不可替代的作用[5-6]，也是城市居民获得自然暴露体验的重要场所。研究表明，城市居民对公园生物多样性的感知能增强其与自然的连接[7]，提升感知恢复性，促进心理健康水平提升[8]，同时激发居民对生物多样性保护意愿[9]。因此，厘清城市居民在公园中的生物多样性感知特征与影响因素，对改善居民身心健康具有重要意义。

城市生物多样性感知近年来受到广泛关注。研究对象涵盖城市公园[10-15]、滨水绿地[8,16]、校园[17]、城市废弃地[18]、植物群落[19-21]等多类型城市绿色空间。感知要素主要是动植物物种丰富度[15-16,22-23]；部分研究着重探讨了视觉、嗅觉、听觉感知，如生物色彩丰富度[14,20-21]，鸟类鸣叫[24-25]及自然环境声学[26]等。影响因素方面，相关学者关注感知对象的外部环境特征诸如人口密度[24]、周边用地性质、交通噪声[15]以及房价均值[27]等对生物多样性感知的影响。内部特征方面，感知对象的景观质量[15,22]、实际物种多样性[10,20,28]以及基础设施水平[14]均会对公众的生物多样性感知产生影响。总体而言，既有研究多面向某个或某类城市公园开展，鲜有形成全面的公园特征与公众生物多样性感知的相关性考察。

生物多样性感知与公众情绪的关系研究是学者关注的热点。研究证明，感知生物多样性通过心理恢复中介作用显著提高公众的心理健康水平[8]；通过注意力恢复[29]、社会凝聚力[7]及主观幸福感[30]等路径间接影响公众的心理健康。影响要素方面，植物生物多样性特征（如森林物种丰富度、草坪色彩多样性）[20]、动物生物多样性特征[10]及特定的景观特征（如水体景观等）[31]对公众的精神恢复能力与主观幸福感有直接影响。然而，多数研究基于问卷与量表方法，少有面向多个城市公园讨论生物多样性感知对公园情感打分及多种情绪福祉的影响。随着互联网与人工智能发展，众包数据结合自然语言处理在城市研究中展现独特价值[32-33]。众包数据在样本量、时效性和获取难度方面优于传统方法[34]。通过网络众包数据与NLP算法可同时分析多个对象的生物多样性感知，实现细粒度、宽领域解译。结合情感分析工具能量化公众情绪感知，探讨生物多样性感知对情绪福祉的影响[35]，助力制定精准保护措施。

综上，本研究立足公众视角，以武汉市14处城市公园为对象，应用NLP方法解译网络社交媒体众包文本数据，掌握武汉城市公园的感知生物多样性水平，厘清公园特征对生物多样性感知的影响因素，挖掘生物多样性感知对公园情感打分与公众情绪福祉的影响特征，为城市生物多样性

保护提供参考。

1　研究区概况

武汉市作为长江中游特大城市，拥有丰富自然资源和众多河湖水网。近年来，随着长江大保护战略和城市生态文明建设推进，武汉在水鸟保护和湿地修复方面成效显著，公众生物多样性保护意识逐年提升。依据《城市绿地分类标准》（CJJ/T 85-2017）和武汉市园林林业局发布的城市公园及自然保护地数据，“城市公园”包含 G1 城市绿地（综合公园、专类公园等）和区域绿地（郊野公园、风景林地等）。结合大众点评网公园签到数据，选取 14 处公园（表 1）作为研究对象，选取原则为：1）平台签到评论数超 300；2）位于武汉生态绿楔与生态廊道节点；3）类型多样，涵盖公园绿地和风景游憩绿地两大类。

表 1　研究对象及公园网络评论数量　　条

编号	公园名称	评论数量	编号	公园名称	评论数量
1	中山公园	9 625	8	九真山森林公园	2 145
2	青山公园	899	9	涨渡湖湿地公园	703
3	武汉动物园	14 861	10	汤湖公园	337
4	中科院武汉植物园	7 928	11	熊廷弼公园	405
5	东湖绿道	11 497	12	西苑公园	169
6	木兰山地质公园	1 533	13	金银湖湿地公园	1 174
7	藏龙岛湿地公园	639	14	府河郊野公园	407

2　研究方法

2.1　研究理论框架

基于景观感知理论，立足公众视角，围绕动物多样性、植物多样性、景观多样性感知及情绪福祉 4 个维度构建感知指标体系。通过社交媒体众包数据解译技术，量化分析公众在城市公园中的感知生物多样性情况；与城市公园特征指标（面积、形状指数、斑块密度及公共服务设施 POI 数量等）进行回归分析，揭示影响公众感知生物多样性的主要公园特征；最后构建生物多样性感知与公园情感得分及公众情绪福祉的回归模型，探讨生物多样性感知对情绪福祉的主要影响因素。

2.2　数据挖掘与清洗

基于“众包数据挖掘与处理-公园特征数据集建立-感知生物多样性特征解译-影响机制回归模型构建”的路径开展研究。基于 Python+BeautifulSoup4 解析 html 从大众点评网获取公园的签到评论数据，通过数据清洗（包括剔除重复评论、无关评论等），最终获得 41 730 条有效文本数据，构建公园特征指标体系[36-37]（表 2）。

表 2　公园特征指标体系及数据获取方法

类别	变量	描述
公园属性特征	面积（AREA）	公园的大小
	景观形状指数（LSI_Park）	公园周长除以公园面积的平方根，并根据常数进行调整
	斑块密度（PD_Park）	公园内按公园面积划分的斑块数量
	密林面积比例	相应覆盖类型的面积与公园面积之比
	草坪面积比例	
	水域面积比例	
	平均斑块大小（MPS_Class）	不同土地覆盖类型的斑块面积除以相应土地覆盖类型的斑块数量
周边环境特征	公交站点数量（Num./Den. Station）	500 m 缓冲区内公共交通站点的数量和密度
	到市中心距离（DUC）	从公园中心点到市中心的距离
	公共服务设施数量（Num./Den. _POIs）	500 m 缓冲区内的公共服务设施数量和密度
	周边住宅区数量（Num./Den. _POIs）	500 m 缓冲区内的住宅设施数量和密度

2.3　自然语言处理与分析

采用 Python+jieba 分词库以及停用词表对文本数据进行结构化处理[36]，统计词频出现次数大于 8 次的关键词作为高频词，并基于高频词分类构建感知生物多样性指标体系，用以构建生物多样性感知词典（表 3）。

表 3 生物多样性感知指标体系与感知词典例词

一级指标	二级指标	感知词典例词
动物多样性	常见鸟类物种	麻雀、喜鹊、乌鸦、燕子、鸽子、鸭子……
	常见昆虫、动物物种	蚂蚁、蜜蜂、蝴蝶、蜻蜓、苍蝇、蚊子……
	鸟类鸣叫	鸟语花香、鸟叫、鸟鸣、鸟叫声、鸟语、……
	昆虫、动物鸣叫	蛙鸣、虫鸣、蝉鸣、叫声、吼叫……
	动物互动行为	喂鱼、投放、喂食、鸽食、饲料……
	濒危鸟类	青头潜鸭、鹌鹑、弯嘴滨鹬、黑脸琵鹭……
	濒危动物、昆虫物种	中华虎凤蝶、紫斑蝶、金龟子、豆娘……
植物多样性	常见植物物种	樱花、荷花、梅花、赏花、鲜花……
	植物季相变化	萌发、展叶、开花、结实、落花、落叶……
	植物植被垂直层次	高大乔木、矮树、灌木丛、花坛、草地……
	外来植物物种	一枝黄花、土荆芥、反枝苋、钻形紫菀、……
	濒危植物物种	珙桐、华盖木、罗汉松、翠柏、石斛兰……
景观多样性	景观斑块类型	绿地、草坪、树林、水域、湖泊、小溪……
	动植物栖息地	树洞、鸟巢、蚁穴、兽穴、洞穴、巢穴……
情绪福祉	生态感知愉悦	惬意、舒心、放松、宁静、祥和、安宁……
	自然审美体验	壮丽、雄伟、秀丽、优美、空旷、辽阔……
	生态保护意欲	保护环境、爱护自然、环保意识、生态保护……
	生理健康	精力充沛、活力四射、神清气爽、精神抖擞……
	心理恢复	放松、轻松、解压、减压、释放压力……

从词频排名前 2 000 的高频词中筛选出 1 091 个类别相关种子词作为基础词汇库，采用 Mikolov 等[37]提出的 word2vec 模型对种子词进行向量化表示并挖掘相似词，该模型具有维度固定、计算成本低且准确表达词义相似性等优势[38]。调用腾讯 AI 实验室的预训练模型及词向量语料库[39]，为每个种子词提取 15 个最相似词。经人工审核后，构建包含 6 543 个词条的感知生物多样性词典，并基于此检索分词结果统计各公园中各类别特征词出现频次，计算各类别特征词数量占评论总词数的比例 a（%），将该比例转换为标准化感知频数 b（b=ka，k=10 000），最终计算各分类的相对感知频率，反映不同生物多样性特征的被感知情况。

2.4 公园情感得分与公众情绪福祉

公众网络评论反映其心理评价和情绪状态。研究表明生物多样性感知能带来情绪福祉，同时影响情感评价。通过公园情感得分及 5 个指标（生态感知愉悦、审美体验、生态保护意欲、生理健康感知、心理恢复）量化公众情绪福祉。结合文本解译获得的情绪福祉感知特征与情感分析结果，建立与多样性感知特征的回归模型。情感分析方面，使用 PaddleNLP 将评论转化为 0.5~1 的情感分数[40]。经人工抽样验证，情感分类标签准确率达 99.7%以上，证实了情感得分的可靠性。

2.5 回归模型刻画影响机制构建

通过逐步线性回归模型，刻画生物多样性感知的影响机制。基于 R 语言+stat 包构建相关模型。首先使用相关性分析与主成分分析排除高度共线性指标并降维，简化模型构建。通过公园特征与生物多样性感知特征的回归模型探讨公园特征对感知的影响；通过生物多样性感知与情感得分及情绪福祉感知的回归模型探讨生物多样性感知对公园情感得分与公众情绪福祉的影响。

3 结果与分析

3.1 城市公园感知生物多样性特征

感知频率是衡量公众对特定事件关注度的重要指标，反映特定时间段内公众的感知强度。由图 1 可知，生物多样性相关词汇的总感知频率占比为 7.06%。3 个主要维度的感知频率分别为动物多样性维度（1.46%）、植物多样性维度（1.85%）及景观多样性与情绪福祉维度（3.75%）。具体指标中，“生态感知愉悦”感知频率最高，达 1.49%；其次为“常见昆虫、动物物种”（1.18%）；而“濒危鸟类”和“濒危动物、昆虫物种”最低，均为 0.00%。

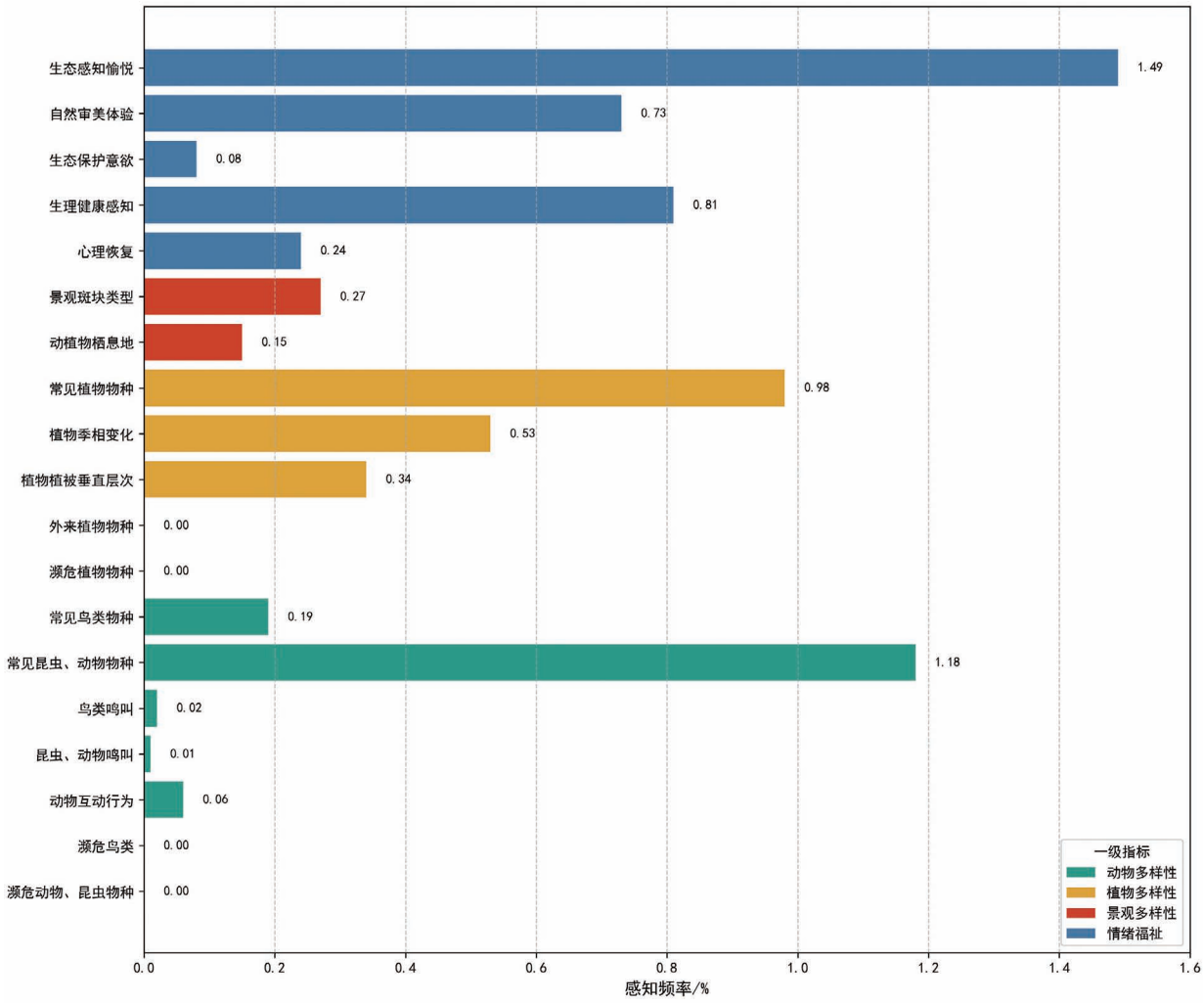


图 1　城市公园总体生物多样性感知频率

图 2 显示，青山公园、中科院武汉植物园、藏龙岛国家湿地公园、涨渡湖湿地自然保护区、金银湖国家湿地公园、武汉动物园、西苑公园和汤湖公园 8 个公园感知比例明显高于平均水平。不同类型公园呈现梯度差异：城市公园主要以常见植物感知为主，生态保护意识较弱；郊野公园物种感知维度更丰富，景观斑块类型和栖息地感知突出；自然保护地展现最完整的生物感知维度，在植物感知、栖息地感知及生态保护意识方面表现最佳。这些差异反映了不同公园的生态功能定位和公众获得的生态体验差异。

3.2　公园特征对生物多样性感知的影响

为探究公园特征对生物多样性感知的影响，对动物、植物及景观多样性感知指标进行主成分分析，消除自变量间多重共线性，最终确定 10 个指标参与模型构建，包括动物多样性感知 4 个、植物多样性感知 4 个及景观多样性感知 2 个指标（表 4）。

表 4　消除共线性后的生物多样性感知指标因子及权重

公众感知类型	指标因子	指标权重(熵权法)/%
动物多样性感知	常见鸟类物种	10.04
	常见昆虫、动物物种	5.93
	鸟类鸣叫	9.06
	昆虫、动物鸣叫	9.00
植物多样性感知	常见植物物种	4.14
	植物季相变化	5.37
	植物植被垂直层次	7.07
	外来植物物种	4.83
景观多样性感知	景观斑块类型	4.05
	动植物栖息地	9.37

由表 5 可知：植物多样性感知模型方面，公交站点数量和公共服务设施数量具有显著正向预测作用，周边住宅区数量呈显著负向关联；景观

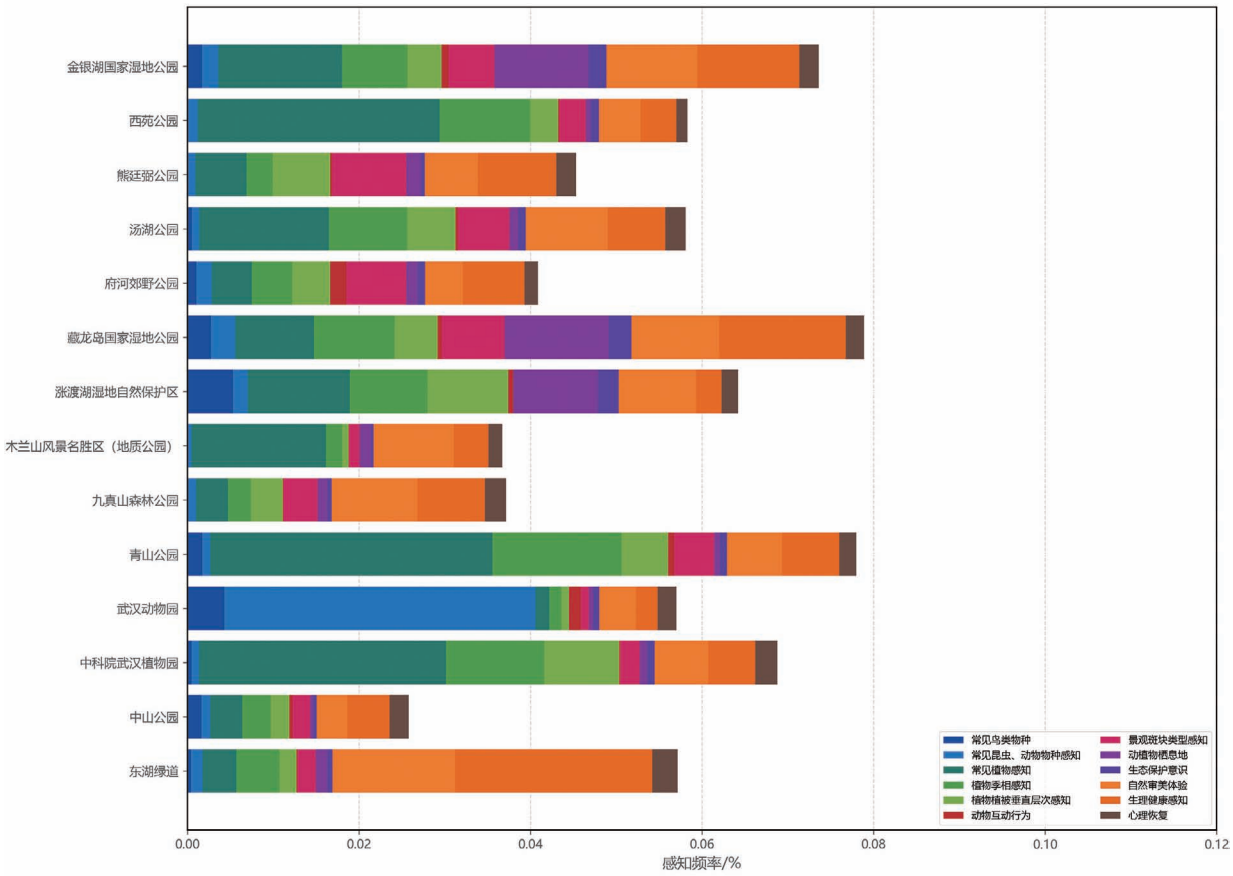


图 2 各公园生物多样性感知频率

表 5 公园特征与生物多样性感知的回归模型

感知类型	公园特征指标	Estimate	Std. Error	t-value	p-value	显著性
植物多样性感知	Intercept	0.021 9	0.007 0	3.106 0	0.017 2	*
Adjusted R-squared = 0.452 1	面积	−0.000 1	0.000 0	−2.289 0	0.055 9	.
	景观形状指数	−0.057 5	0.028 9	−1.989 0	0.087 1	.
	斑块密度	−0.013 9	0.006 0	−2.318 0	0.053 6	.
	公交站点数量	0.001 7	0.000 5	3.548 0	0.009 4	**
	公共服务设施数量	0.000 1	0.000 0	3.359 0	0.012 1	*
	周边住宅区数量	−0.001 7	0.000 5	−3.528 0	0.009 6	**
景观多样性感知	Intercept	0.004 7	0.001 7	2.770 0	0.019 8	*
Adjusted R-squared = 0.428 4	公园面积	−0.043 3	0.000 0	−3.162 0	0.010 1	*
	草坪面积比例	−0.058 6	0.022 1	−2.649 0	0.024 4	*
	到市中心距离	0.000 0	0.000 0	2.674 0	0.023 3	*

注：** 表示 $P<0.01$；* 表示 $P<0.05$；. 表示 $P<0.1$；下同。

多样性感知模型方面，公园面积和草坪面积比例与景观多样性感知呈显著负相关，而公园至市中心距离表现为显著正向影响因素。

3.3 生物多样性感知对公园情感得分和公众情绪福祉的影响

表 6 显示：植物季相感知在所有模型中均呈现显著正向预测效应，而常见鸟类和植物感知在多数模型中表现为显著负向关系；生物多样性保护意识模型中，栖息地认知因素影响系数最大且显著；健康状况模型分析发现，昆虫与动物鸣叫感知对健康状况有显著正向贡献，而外来物种感知则显示明显负向效应。

表 6　生物多样性感知与情感得分、情绪福祉的回归模型

情感评价与情绪福祉	感知指标	Estimate	Std. Error	t-value	p-value	显著性
公园情感得分	Intercept	0.668 8	0.051 4	13.008 0	0.000 0	***
Adjusted R-squared = 0.624 5	常见鸟类	−63.819 9	17.442 1	−3.659 0	0.004 4	**
	常见植物	−15.798 4	4.922 6	−3.209 0	0.009 3	**
	植物季相	52.408 5	12.102 8	4.330 0	0.001 5	**
生态感知愉悦	Intercept	0.015 6	0.001 1	14.264 0	0.000 0	***
Adjusted R-squared = 0.707 4	常见鸟类	−1.419 7	0.345 4	−4.110 0	0.002 6	**
	常见植物	−0.449 7	0.099 2	−4.535 0	0.001 4	**
	植物季相	1.463 0	0.271 4	5.390 0	0.000 4	***
	植物植被垂直层次	−0.630 8	0.241 4	−2.614 0	0.028 1	*
生态保护意欲	Intercept	0.000 2	0.000 1	1.993 0	0.074 2	.
Adjusted R-squared = 0.965	常见鸟类	0.087 3	0.028 3	3.083 0	0.011 6	*
	植物季相	0.053 7	0.009 8	4.439 0	0.001 3	**
	栖息地认知	0.142 2	0.011 1	12.762 0	0.000 0	***
生理健康与心理恢复	Intercept	0.004 995	0.001 104	4.526	0.002 71	**
Adjusted R-squared = 0.705	常见鸟类	−2.604	0.561 1	−4.641	0.002 37	**
	昆虫、动物鸣叫	65.14	20.4	3.193	0.015 22	*
	常见植物	−0.476 5	0.093 26	−5.11	0.001 38	**
	植物季相	1.45	0.284 4	5.097	0.001 4	**
	植物植被垂直层次	−0.662 4	0.230 5	−2.873	0.023 88	*
	外来物种	−120.1	37.87	−3.173	0.015 65	*

注：*** 表示 $P<0.001$。

4　讨论

4.1　武汉城市公园的生物多样性感知总体情况

视觉感知方面，植物多样性和景观斑块类型感知在多数公园较高，动物多样性感知整体偏低，反映各公园生物多样性展示的特色定位。青山公园因完整植物群落结构，植物多样性感知比例居首，而涨渡湖湿地保护区的植物群落垂直层次感知突出。互动体验方面，自然观察带来的愉悦感是公园体验的主导，虽听觉与互动行为感知比例较低，但多感官环境能间接增强情感体验。藏龙岛国家湿地公园在动物互动行为感知、自然景观欣赏愉悦感（1.74%）和心理恢复情感联系（0.21%）维度均获最高评分，体现湿地环境促进心理放松的积极作用，与既往研究结论相符[8,16,22]。生物多样性保护认知维度感知比例相对较低，可能因其主题复杂性和抽象性，且公众对外来物种和濒危植物识别能力不足，而藏龙岛国家湿地公园在濒危物种认知、栖息地认知和保护意识方面表现突出，得益于其生态保护措施和高频率的自然教育活动。

4.2　公园特征对生物多样性感知的影响特征

在植物多样性感知方面，公交站点数量和公共服务设施数量显示显著正向影响，可能这些设施预示着中心城区和高密度建成区中植物景观更易被公众观赏成为感知偏好对象；而周边住宅区数量、面积、景观形状指数和斑块密度呈负向影响，表明过度访问流量、过大空间尺度或景观碎片化可能削弱多样性感知，与既往研究结论相同[18]。在景观多样性感知方面，面积和草坪面积比例的负向影响，以及到市中心距离的正向影响印证了过大空间尺度和单一景观要素不利于多样性体验，而远离城市中心的位置因保持更多自然特征而增强景观多样性感知，与既往研究中公众生物多样性感知倾向于“半在野化”环境的结论相同[12]。

4.3　生物多样性感知对公园情感得分与公众情绪福祉的影响特征

常见鸟类和常见植物在大部分模型中系数为负且显著，可能暗示多数公众的物种认知知识储备一般，影响了情感体验感知，相关结论在既往研究也有体现[13-14]。植物季相系数为正且显著，表明植物随季节变化的景观能提升情感得分与愉悦感。植被垂直层次感知对自然观察愉悦感与健康状况感知产生负面影响，可能因公众自由行动受限降低了体力活动和愉悦感，与既往研究中植

物在生物多样性感知中的视觉主导地位结论相符[28]。昆虫、动物鸣叫感知会提高健康状况感知，印证了声景观对公众福祉感知的正向影响[41]。生物多样性保护意识模型中，常见鸟类、植物季相和栖息地认知系数均为正且显著，表明这些认知能促进生物多样性保护意识提升。

5 结论

不同类型公园在生物多样性感知上呈现显著差异。公众对植物多样性和景观斑块类型感知普遍较高，而动物多样性感知相对较低，对生物多样性保护意识以及外来物种和濒危植物的识别能力不足。周边环境特征（如公交站点数量、公共服务设施数量等）能显著影响公众的生物多样性感知。生物多样性感知会进一步影响公园的情感得分、公众的身心健康感知与生态保护意欲，其中植物季相变化、自然声音等因素对公众情感体验有积极影响。

对于未来城市生物多样性保护宣传与感知意欲提升，除常规的栖息地保护、监测、管理外，科学专业的自然教育、自然研学等活动将成为生物多样性感知提升的有效工具。由于本研究采用的众包数据难以区分数据分享者的人口学特征造成的感知偏好差异。因此，未来研究将引入多源数据方法交叉验证，尝试图像识别、传统问卷等方法，为城市生物多样性保护与公众保护意识提升提供参考。

参考文献

[1] BRATMAN G N, ANDERSON C B, BERMAN M G, et al. Nature and mental health: an ecosystem service perspective[J]. Science Advances, 2019, 5(7): eaax0903.

[2] COX D T C, HUDSON H L, SHANAHAN D F, et al. The rarity of direct experiences of nature in an urban population[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 160: 79-84.

[3] GODDARD M A, DOUGILL A J, BENTON T G. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2010, 25(2): 90-98.

[4] COUTTS C, HAHN M. Green infrastructure, ecosystem services, and human health[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(8): 9768-9798.

[5] XU L Y, YOU H, LI D H, et al. Urban green spaces, their spatial pattern, and ecosystem service value: the case of Beijing[J]. Habitat International, 2016, 56: 84-95.

[6] CASTAÑEDA N R, PINEDA-PINTO M, GULSRUD N M, et al. Exploring the restorative capacity of urban green spaces and their biodiversity through an adapted One Health approach: a scoping review[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2024, 100: 128489.

[7] MARSELLE M R, HARTIG T, COX D T C, et al. Pathways linking biodiversity to human health: a conceptual framework[J]. Environment International, 2021, 150: 106420.

[8] 周燕，罗雅文，郭诗怡. 大型滨水绿地生物多样性感知对心理恢复的影响机制[J]. 风景园林，2024，31(2)：111-119.

[9] OLIVEIRA A P, BAJANCA A, PARAMÉS A. Unveiling urban biodiversity: an interdisciplinary hands-on project that catalyzes awareness[J]. Environmental and Sustainability Indicators, 2025, 25: 100561.

[10] 刘滨谊，常青，张琳，等. 城市公园绿地主客观植物多样性对居民健康行为的影响[J]. 中国园林，2024，40(11)：6-14.

[11] 刘昱齐，刘晶岚，樊晓丽，等. 鸟鸣多样性感知与声景感知恢复性：鸟鸣音频和科普的干预[J]. 生物多样性，2024，32(1)：64-74.

[12] HU S C, LIU J H, QUE J, et al. Perceptions of urban rewilding in a park with secondary succession vegetation growth on lake silt: landscape preferences and perceived species richness[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2025, 104: 128648.

[13] CELIS-DIEZ J, MUÑOZ C, ABADES S, et al. Biocultural homogenization in urban settings: public knowledge of birds in city parks of Santiago, Chile[J]. Sustainability, 2017, 9(4): 485.

[14] MURATET A, PELLEGRINI P, DUFOUR A B, et al. Perception and knowledge of plant diversity among urban park users[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 137: 95-106.

[15] QIU L, LINDBERG S, NIELSEN A B. Is biodiversity attractive? — On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space[J]. Landscape and Urban Planning, 2013, 119: 136-146.

[16] DALLIMER M, IRVINE K N, SKINNER A M J, et al. Biodiversity and the feel-good factor: understanding associations between self-reported human well-being and species richness[J]. BioScience, 2012, 62(1): 47-55.

[17] HA J, KIM H J. The restorative effects of campus landscape biodiversity: assessing visual and auditory perceptions among university students[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 64: 127259.

[18] HOFMANN M, WESTERMANN J R, KOWARIK I, et al. Perceptions of parks and urban derelict land by landscape planners and residents[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2012, 11(3): 303-312.

[19] SOUTHON G E, JORGENSEN A, DUNNETT N, et al. Perceived species-richness in urban green spaces: cues, accuracy and well-being impacts[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 172: 1-

10.

[20] HOYLE H, NORTON B, DUNNETT N, et al. Plant species or flower colour diversity? Identifying the drivers of public and invertebrate response to designed annual meadows[J]. Landscape and Urban Planning, 2018, 180: 103-113.

[21] LINDEMANN-MATTHIES P, BOSE E. Species richness, structural diversity and species composition in meadows created by visitors of a botanical garden in Switzerland[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 79(3/4): 298-307.

[22] LIANG H Y, LIN Y W, CHEN Y Y, et al. The relationships among biodiversity, perceived biodiversity and recreational preference in urban green spaces-a case study in Xianyang, China[J]. Ecological Indicators, 2023, 146: 109916.

[23] SHWARTZ A, TURBÉ A, SIMON L, et al. Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: an experiment[J]. Biological Conservation, 2014, 171: 82-90.

[24] BOTZAT A, FISCHER L K, KOWARIK I. Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation[J]. Global Environmental Change, 2016, 39: 220-233.

[25] HEDBLOM M, HEYMAN E, ANTONSSON H, et al. Bird song diversity influences young people's appreciation of urban landscapes[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2014, 13(3): 469-474.

[26] 马彦红，朱捷，陈曦. 城市公园感知生物多样性促进注意力恢复的影响研究[J]. 中国园林，2022，38(7)：80-85.

[27] LEONG M, DUNN R R, TRAUTWEIN M D. Biodiversity and socioeconomics in the city: a review of the luxury effect[J]. Biology Letters, 2018, 14(5): 20180082.

[28] GUNNARSSON B, KNEZ I, HEDBLOM M, et al. Effects of biodiversity and environment-related attitude on perception of urban green space[J]. Urban Ecosystems, 2017, 20(1): 37-49.

[29] DOUGLAS J W A, EVANS K L. An experimental test of the impact of avian diversity on attentional benefits and enjoyment of people experiencing urban green-space[J]. People and Nature, 2022, 4(1): 243-259.

[30] NGHIEM T P L, WONG K L, JEEVANANDAM L, et al. Biodiverse urban forests, happy people: Experimental evidence linking perceived biodiversity, restoration, and emotional wellbeing[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 59: 127030.

[31] 邓迪雅，徐文辉，林旭. 郊野绿道生物多样性的公众感知：以杭州青山湖绿道为例[J]. 中国城市林业，2024，22(5)：75-81.

[32] JOLY A, GOËAU H, CHAMP J, et al. Crowdsourcing biodiversity monitoring: how sharing your photo stream can sustain our planet[C]//Proceedings of the 24th ACM International Conference on Multimedia. New York: ACM, 2016.

[33] JACOBS C. Data quality in crowdsourcing for biodiversity research: issues and examples[M]//European handbook of crowdsourced geographic information. Ubiquity Press, 2016.

[34] GRADE A M, CHAN N W, GAJBHIYE P, et al. Evaluating the use of semi-structured crowdsourced data to quantify inequitable access to urban biodiversity: a case study with eBird[J]. PLoS One, 2022, 17(11): e0277223.

[35] NASUKAWA T, YI J. Sentiment analysis: capturing favorability using natural language processing[C]//Proceedings of the international conference on knowledge capture. ACM, 2003.

[36] 官琴，邓三鸿，王昊. 中文文本聚类常用停用词表对比研究[J]. 数据分析与知识发现，2017，1(3)：72-80.

[37] MIKOLOV T, SUTSKEVER I, CHEN K, et al. Distributed representations of words and phrases and their compositionality[EB/OL]. (2013-10-16)[2025-01-15]. https://www.semanticscholar.org/reader/87f40e6f3022adbc1f1905e3e506abad05a9964f.

[38] WANG Z F, ZHU Z W, XU M, et al. Fine-grained assessment of greenspace satisfaction at regional scale using content analysis of social media and machine learning[J]. Science of the Total Environment, 2021, 776: 145908.

[39] SONG Y, SHI S M, LI J, et al. Directional skip-gram: explicitly distinguishing left and right context for word embeddings[C]//Proceedings of the 2018 conference of the North American chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 2 (Short Papers). Association for Computational Linguistics, 2018.

[40] TIAN H, GAO C, XIAO X Y, et al. SKEP: sentiment knowledge enhanced pre-training for sentiment analysis[C]//Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics, 2020.

[41] FISHER J C, IRVINE K N, BICKNELL J E, et al. Perceived biodiversity, sound, naturalness and safety enhance the restorative quality and wellbeing benefits of green and blue space in a neotropical city[J]. Science of the Total Environment, 2021, 755: 143095.