

引用格式: 叶菁, 郑俊鸣, 王鸿达, 等. 湿地公园声景观喜好度评价研究[J]. 声学技术, 2022, 41(5): 734-741. [YE Jing, ZHENG Junming, WANG Hongda, et al. Evaluation of soundscape preference in wetland park[J]. Technical Acoustics, 2022, 41(5): 734-741.] DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2022.05.016

湿地公园声景观喜好度评价研究

叶菁, 郑俊鸣, 王鸿达, 郑郁善

(福建农林大学风景园林与艺术学院, 福建福州 350000)

摘要: 为了能快速地了解湿地公园客观声环境对人主观喜好度的影响, 运用声漫步实验获取如意湖湿地公园区域内声压级数据以及声景喜好度主观评分, 以测点主导音为声景类型的划分依据, 选择11类函数进行声压级与声景喜好度评分拟合, 采用均方根误差、卡方、赤池信息量准则(Akaike Information Criterion, AIC)检验模型的精度, 叠加各类声景的喜好度拟合模型, 构建湿地公园声景观喜好度评价(Soundscape Preference Evaluation of Wetland Park, ESPWP)模型, 同时通过拟合优度进行模型精度检验。结果显示: 声压级与三类声景的喜好度评分均呈显著负相关($P<0.01$); 生物声与地球声的喜好度评分均值显著高于人工声, 人工声声压级显著高于地球声和生物声($P<0.05$); 各声景的喜好度拟合模型中, 地球声、生物声均相对倾向于二次曲线函数模型、人工声倾向于逆函数模型, 拟合优度分别为0.90、0.81、0.87; 地球声、生物声声压级的阈值为43~45 dB(A), 人工声随着声压级增大, 喜好度评分降低。ESPWP模型的模型精度检测值 $R^2=0.73$ 为高性能模型, 可以便捷、快速地将声压级转化为人对于声景观喜好度主观评价价值, 为湿地公园声景观的优化和提升提供参考思路和数据支撑。

关键词: 声景观; 喜好度; 湿地公园; 评价模型

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1000-3630(2022)-05-0734-08

Evaluation of soundscape preference in wetland park

YE Jing, ZHENG Junming, WANG Hongda, ZHENG Yushan

(College of Landscape Architecture and Art, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, Fujian, China)

Abstract: In order to quickly understand the impact of objective sound environment in wetland park on people's subjective preference, sound pressure level data in the area and subjective score of soundscape preference are obtained through sound walking experiment. Taking the dominant sound of measurement points as the basis for the classification of soundscape types, 11 types of functions are selected to fit sound pressure level and soundscape preference score. Root mean square error (RMS), chisquare and Akichi information content criteria (AIC) are used to test the accuracy of the model and the fitting models with various kinds of soundscape preferences are superposed to construct the soundscape preference evaluation model (ESPWP model) of Wetland Park. At the same time, the model accuracy is tested by goodness of fit. The results show that the sound pressure level is negatively correlated with the scores of three kinds of soundscape preferences ($P<0.01$). The mean values of preference score of biological sound and earth sound are significantly higher than that of artificial sound, and the pressure level of artificial sound is significantly higher than that of earth sound and biological sound ($P<0.05$). In the fitting model of preference degree of each soundscape, the earth sound and biological sound are relatively inclined to the conic function model, and the artificial sound is inclined to the inverse function model, and the goodness of fit is 0.90, 0.81 and 0.87, respectively. The threshold values of sound pressure level of earth sound and biological sound are 43-45 dB (A), and the preference score of artificial sound decreases with the increase of sound pressure level. Due to the index values of model accuracy detection $R^2=0.73$, the ESPWP model is a high-performance model, which can easily and quickly convert sound pressure level into subjective evaluation value of soundscape preference, to provide reference ideas and data support for the optimization and improvement of soundscape in wetland park.

Key words: soundscape; preference; wetland park; evaluation model

0 引言

城市公园是城市中重要的场所, 它能让市民从

紧张的生活中解脱出来, 如何为城市公园使用者提供舒适的环境一直是城市面临的重要问题。声景观作为仅次于视觉景观的重要的景观资源, 影响着使用者的主观感受^[1-2], 在城市公园、旅游景区等的优化设计中逐渐受到重视^[3]。因此营造一个令人愉快的声学环境至关重要。

声景(Soundscape)的概念最早由加拿大音乐家

收稿日期: 2021-05-24; 修回日期: 2021-08-09

基金项目: 2020年度福建省中青年教育科研项目(社科类)一般项目(JAS20080)。

作者简介: 叶菁(1988—), 女, 博士研究生, 讲师, 风景园林规划与设计。

通信作者: 郑郁善, Email: zys1960@163.com

Schafer 提出, 是“一个人或多个人在特定环境中感知或体验和/或理解的声环境”^[4]。声景概念区别于声环境(场地中来源不一的各种声音, 强调声音的物理性质), 更强调人与环境中声音的互动, 对声环境的感知理解与反馈重构^[5]。在声景的研究中除了物理属性, 对声环境的感知也非常重要。声景喜好度是衡量公园总体声景质量的重要指标之一, 与听者从空间环境中获得的愉悦度有关^[6], 许多学者对此展开研究, 旨在提高公园的游憩体验。声景分为地球物理声(Geophonics)、人工声(Anthrophonics)和生物声(Biophonics)三类^[7], 其中地球物理声简称地球声, 指不具有生命特征的非生物发出的自然声; 人工声指人为创造的设备发出的声音; 生物声指具有生命特征的生物发出的声音。人们对于不同的声景类型有所偏好。学者们发现在公园中, 人们更偏爱自然声, 尤其是鸟鸣声; 而交通声、音乐声以及脚步声与公园总体满意度的关系最为密切^[8]; 同样是自然声, 水声比其他自然声(例如, 鸟鸣声和微风吹过树叶声)对人有更积极的影响^[9-10]。已有的研究证实, 声压级和声源是影响声景评价最重要的因素^[11], 人的主观感受不仅取决于声压级, 声景类型的影响更为显著^[12]; 人对于不同声景的主观感受具有显著差异^[13], 对于声景喜好度的模型构建建议考虑声压级与主观评分是充分的, 声景类型应作为一个重要的因素进行考虑。

传统对于声景喜好度的研究是通过主观问卷收集数据的, 效率与普遍性存在一定的问题。一些学者开始尝试通过定性、定量分析, 建立组合模型来研究客观声压级与主观喜好度间的关系。Lavandier 等^[14]运用声压级与主观感受间的潜在联系, 使用声压级和声源类别的相对持续时间定义了一个描述指标, 即“声音的不愉快”, 从而构建评价模型; 洪昕晨等^[15-16]运用心理物理学的相关理论, 分别以竹林空间与森林公园作为样地, 将声压级与主观感受进行拟合, 构建喜好度评价模型。上述研究大多集中在探讨主观喜好度与声景元素或客观物理量的关系上, 针对湿地公园, 并从声景类型、声压级指标以及喜好度三方面关系进行讨论并构建模型的研究较少。

本研究选取沙县如意湖湿地公园为研究对象, 将声源划分为三种声景类型, 运用主导音(受物理特征影响较弱, 表现为最容易辨识的声源)界定各测点的声景类型, 分声景类型将声压级与喜好度评分进行拟合, 找出二者间的最佳函数关系, 并最终构建湿地公园声景喜好度评价模型。希望通过此模型将湿地公园中的客观声压级数据近似转化为相应

的声景喜好度主观评分, 进而模拟出游客在此时的心理感受状态, 为湿地公园声景观的设计与优化提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象概况

如意湖湿地公园, 又称三明生态新城湿地公园, 位于福建省三明市沙县。公园总面积为 45.84 hm²。地理坐标为北纬 25°30'~27°07', 东经 116°22'~118°39'; 气候属亚热带季风气候, 四季分明, 干湿明显。该公园具有生态观光、休闲娱乐等多种功能, 且其中的声景元素组成丰富, 很适合作为研究对象。本研究在湿地公园一期区域内选择了 10 个具有代表性且分布相对均匀的测点(图 1)。

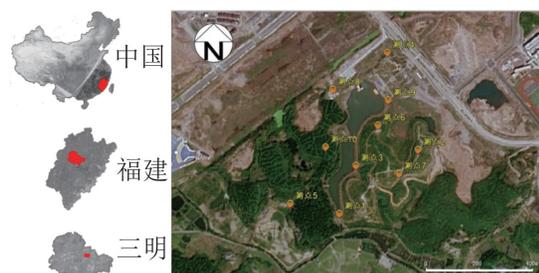


图1 样地区位及测点位置
Fig.1 The location of study site

1.2 研究方法

1.2.1 声景喜好度评价实验

声漫步法是鼓励参与人员通过聆听环境声音, 做出感官判断, 并用于识别不同环境声音景观及其要素组成的一种实践性研究方法^[17]。主导音是指受物理特征影响较弱, 体现为最容易辨识的声源, 与声景中主要声源的类型一致^[18]。在公园内选取了分布相对均匀的 10 个测点, 邀请 30 名被试者在各测点及相关区域进行声漫步, 每个测点停留 10 min, 记录听到的主导音, 并采用 5 分制打分法对每个测点的声景喜好度进行评价。同步使用 I 级声级计(AWA6228)对声压级进行测量, 每个测点测量时间为 10 min。30 名被试者年龄在 20~35 岁之间, 其中男性 18 人, 女性 12 人, 均身体健康、听力正常。为减小个体差异造成的评价结果差异, 实验前对全体参与人员进行了统一培训, 培训内容为声音元素定义、声景喜好度定义和评价方式等^[19]。

1.2.2 构建预测模型

运用曲线估计对声压级和评分进行模型拟合, 拟合得到 11 类模型, 如表 1 所示。对拟合度较高的模型进行检测与比较, 最后选择出最优的模型。

表1 函数模型名称与公式
Table 1 Names and formulas of function models

模型名称	模型公式
线性函数	$y = \beta_0 + \beta_1 x$
二次曲线	$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$
复合曲线	$y = \beta_0 \beta_1^x$
增长曲线	$y = e^{(\beta_0 + \beta_1 x)}$
对数曲线	$y = \beta_0 + \beta_1 \ln(x)$
三次曲线	$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3$
S 曲线	$y = e\beta_0 + \frac{1}{x} \beta_1$
指数曲线	$y = \beta_0 e^{\beta_1 x}$
逆函数	$y = \beta_0 + \frac{1}{x} \beta_1$
幂函数	$y = \beta_0 (x^{\beta_1})$
逻辑函数	$y = \left(\frac{1}{u} + \beta_0 \beta_1^x \right)^{-1}$

注: y 为声景喜好度评分, β_0 、 e 、 u 为常数, β_1 、 β_2 、 β_3 为系数, x 为声压级。

1.3 数据处理与分析

运用Excel 2019进行数据统计分析。将地球声、人工声和生物声三类声景的喜好度评分(后简称为评分)与声压级进行相关(Spearman)分析。运用单因素方差分析和Tukey多重比较对各测点的主导音、三类声景间的声压级和评分进行差异性分析(显著性水平为0.05),在SPSS 22.0中实现。均方根误差、卡方是对模型进行合适度检验的常用方法^[20];赤池信息量准则(Akaike information criterion, AIC)可以权衡所估计模型的复杂度和模型拟合数据的优良性,兼顾了模型的简约性和预测的最优性^[21]。仅用一个检验指标来筛选模型容易得到错误的结论^[22-23],本文选用均方根误差、卡方、赤池信息量准则(AIC)3个统计量,检验模型的误差和拟合度如表2所示。

表2 模型检验的统计量
Table 2 Statistics for model testing

统计量	拟合公式	理想值
均方根误差	$\sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (y_i - \hat{y}_i)^2}$	0
卡方	$\sum \frac{1}{\hat{y}_i} (y_i - \hat{y}_i)^2$	$-\infty$
赤池信息量准则(AIC)	$2k + n \ln \frac{RSS}{n}$	$-\infty$

注: y_i 为实测值, \hat{y}_i 为预测值; k 为模型中参数的数量; n 为观察数; RSS 为残差平方和。

2 结果与分析

2.1 声景类型、喜好度评分与声压级的关系分析

2.1.1 各测点声景喜好度评分与声压级

湿地公园内声压级较高的是测点1、4和8,声

压级分别为53.57、54.70和49.50 dB(A)(如表3所示)。其中测点1位于公园内一处出水口边,出水口距水面有明显高差,水声较大;测点4和8分别临近公园大门和施工区域,大门紧邻城市主干道,交通产生的噪声较大;施工区产生较大的施工噪声。声压级较低的是测点5、6、7、9和10,其中测点6和7的声压级最低,分别为40.90、41.13 dB(A)。测点6和7位于公园东南侧的山地健身步道上,人流量低且四周树木围合度高,与公园东北侧的主干道距离较远,较为安静;测点5,位于一个传统建筑大门外,建筑内播放具有传统特色的音乐,整体环境较为安静,压级为42.70 dB(A);测点10位于公园西北侧的山地小路上,正下方为公园环湖步道,环湖步道人流量较大,测点与步道间以低矮灌木为主,围合性较弱,声压级(42.43 dB(A))较测点6和7更大;测点9位于人流量较大的环湖步道上,临水一侧有潺潺流水声,声压级(42.70 dB(A))较测点10更高。

测点3、5、7、9、10的评分较高,其中评分最高的是测点5,为4.58,主要声源包括流水声和鸟鸣声;测点3、7、10的主要声源包括鸟鸣声、昆虫声、风吹树叶声等;测点9的主要声源为具有传统特色的音乐声,为该区域的特色声景元素;上述测点(除测点9)以自然声为主,可见人们对于自然声的喜爱度较高。测点1、2、4、8的评分较低,其中测点4的评分最低为1.19,主要声源包括交通声和风声,其中交通声为主导音;测点1的主要声源为水声和游船嬉戏声,其中水声为刺耳的哗哗声,为主导音;测点8的主要声源包括施工声、风吹树叶声和昆虫声,施工声为主导音。可见,人们对于如施工声、交通声等声源的喜好度较低。

2.1.2 三类声景喜好度评分与声压级

地球声、人工声和生物声的评分均值分别为3.42、2.28和3.75,地球声和生物声评分显著高于人工声评分,如图2所示($P < 0.05$),图中字母差异表示声景喜好度评分具有显著性差异($P < 0.05$),下同。三类声景声压级均值依次为45.53、49和44.4 dB(A),人工声声压级显著高于地球声和生物声的声压级,如图3所示($P < 0.05$)。

声景喜好度评分与声压级Spearman分析如表4所示,表中 N 表示样本量。各声景的评分与声压级均呈显著负相关($P < 0.01$),其中地球声的评分与声压级相关性最强为-0.913;生物声评分声压级相关性最弱为-0.518。

2.2 预测模型构建

综合比较三类声景在11类函数模型的拟合结

表 3 各测点声学参数和细节
Table 3 Acoustic parameters and details at each measuring point

测点编号	声景类型	主导音	声源	声压级/dB(A)	评分
1	地球声	水声	水声、游船嬉戏声	53.57	1.39
2	生物声	鸟鸣声	鸟鸣声、昆虫声	49.60	1.71
3	生物声	鸟鸣声	鸟鸣声、人的脚步声	45.07	4.46
4	人工声	交通声	交通声、风声	54.70	1.19
5	地球声	水声	水声、鸟鸣声、说话声	42.70	4.58
6	地球声	风吹树叶声	风吹树叶声、昆虫声、鸟鸣声、说话声	40.90	4.13
7	生物声	鸟鸣声	鸟鸣声、昆虫声、风吹树叶声	41.13	4.42
8	人工声	施工声	施工声、风吹树叶声、昆虫声	49.50	1.48
9	人工声	音乐声	音乐声、脚步声	42.70	4.31
10	生物声	鸟鸣声	风吹树叶、鸟鸣声、昆虫声、飞机声	42.43	4.21

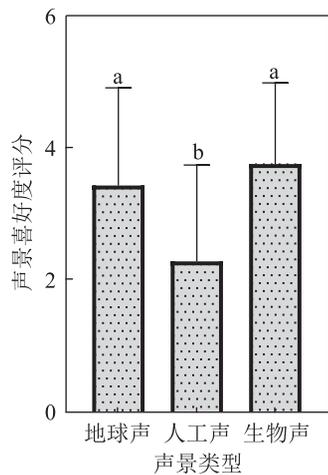


图 2 声景类型与喜好度评分

Fig.2 Soundscape types and their soundscape preference degrees

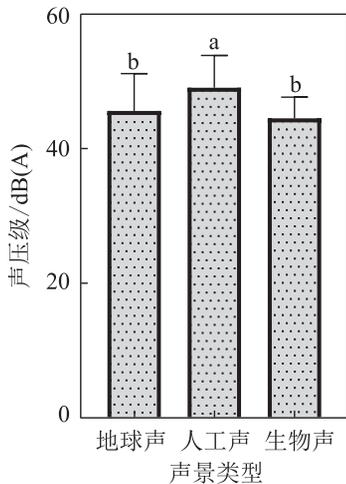


图 3 不同声景的声压级

Fig.3 Sound pressure levels of different soundscapes

果，地球声和生物声的二次和三次曲线的 R^2 一致，均为各模型中最高值 0.90、0.81(如表 5 所示)；人工声的对数曲线、逆函数、二次和三次曲线的 R^2 相同，为各模型中最高值 0.87。

2.3 模型比较与检验

选取三类声景 R^2 最高的函数模型进行均方根误

表 4 声景喜好度评分与声压级 Spearman 相关性分析
Table 4 Spearman correlation between soundscapes preference and sound pressure level

声景类型	类别	相关性分析结果
地球声	相关系数	-0.913**
	N	73
人工声	相关系数	-0.807**
	N	83
生物声	相关系数	-0.518**
	N	105

注：**相关性在 0.01 层面上显著(双尾)。

表 5 声景喜好度评分与声压级拟合结果
Table 5 Soundscape preference degrees and sound pressure level fitting results

拟合形式	地球声喜好度评价模型结果		人工声喜好度评价模型结果		生物声喜好度评价模型结果	
	R^2	P	R^2	P	R^2	P
线性函数	0.83	0.00	0.86	0.00	0.64	0.00
对数曲线	0.82	0.00	0.87	0.00	0.62	0.00
逆函数	0.81	0.00	0.87	0.00	0.60	0.00
二次曲线	0.90	0.00	0.87	0.00	0.81	0.00
三次曲线	0.90	0.00	0.87	0.00	0.81	0.00
复合曲线	0.84	0.00	0.83	0.00	0.65	0.00
幂函数	0.83	0.00	0.83	0.00	0.63	0.00
S 曲线	0.82	0.00	0.82	0.00	0.61	0.00
增长曲线	0.84	0.00	0.83	0.00	0.65	0.00
指数曲线	0.84	0.00	0.83	0.00	0.65	0.00
逻辑函数	0.84	0.00	0.83	0.00	0.65	0.00

差、卡方和 AIC 检验，检验结果越接近理想值，模型的预测精度越大。地球声和生物声二次曲线模型的均方根误差与卡方误差均比三次曲线模型更接近理想值；人工声逆函数模型的均方根误差与卡方误差比其余三个函数模型更接近理想值；地球声与人工声二次曲线模型的 AIC 值和三次曲线模型一致，分别为 -102.78、-113.11，最接近理想值；生物声三次曲线模型的 AIC 值比二次曲线模型更接近理想

值,为-124.66。声景喜好度评分与声压级拟合结果如表5所示,通过模型间拟合优度 R^2 对比(表5)和声景喜好度评价模型的误差统计比较(表6),地球

表6 三类声景喜好度评价模型的误差统计量
Table 6 Error statistics of three types of soundscape preference evaluation models

声景类型	拟合形式	均方根误差	卡方	赤池信息量准则(AIC)	n
地球声	二次曲线	0.50	8.06	-102.78	73
	三次曲线	1.44	38.56	-102.78	
	对数曲线	0.50	9.74	-108.88	
人工声	逆函数	0.48	9.06	-111.58	83
	二次曲线	0.49	9.18	-113.11	
	三次曲线	0.49	9.18	-113.11	
生物声	二次曲线	0.55	8.72	-123.26	105
	三次曲线	2.66	59.06	-124.66	

声和生物声中二次曲线模型整体优于三次曲线模型,人工声中逆函数模型整体优于其余三类函数模型。

选取二次曲线模型对地球声和生物声进行喜好度与声压级数据拟合;选取逆函数模型对人工声的喜好度与声压级数据拟合(图4)。地球声、生物声的评分在声压级为45、43 dB(A)时达到最大值4.63、4.60;人工声的评分随着声压级增大而降低。

2.4 构建湿地公园声景喜好度评价模型

本研究考虑到湿地公园的声景中,地球声、人工声和生物声是同时存在、相互叠加混合的,因而将上述三类声景模型进行叠加,构建湿地公园声景喜好度评价(Soundscape Preference Evaluation of Wetland Park, ESPWP)模型的表达式为

$$y_{\text{ESPWP}} = y_{\text{geo}} + y_{\text{ant}} + y_{\text{bio}} = -213.76 + 618.86x^{-1} + 9.72x - 0.11x^2 \quad (2)$$

式中: y 为湿地公园声景喜好度评分, y_{geo} 、 y_{ant} 、 y_{bio} 为地球声、人工声、生物声的喜好度评分; x 为客观测得声压级。

通过对ESPWP模型预测值与实际评分进行拟合度分析,对模型的精度进行检验,结果如图5所示。 $R^2=0.73$ 。

3 讨论

3.1 不同声景类型的喜好度评分

地球声和生物声评分均值显著高于人工声,主要包括风吹树叶声、鸟鸣声和水声;人工声主要包括音乐声、交通声和施工声。一方面,可能因为自

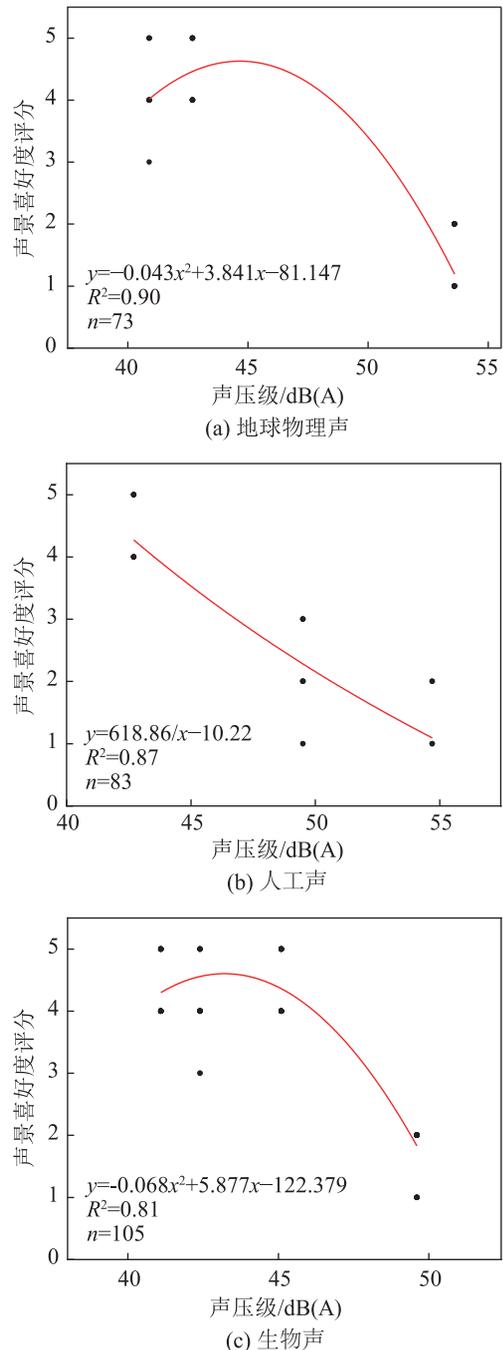


图4 三类声景模型公式及拟合优度
Fig.4 Three types of soundscape model formulas and their goodness of fit

然的声音(包括地球声、生物声)能够给人带来放松的感觉,有效地提高了人的声学舒适度^[19,24],受到人们的喜爱;另一方面,人们对于声源类型的偏好会影响声景期望,从而影响主观感受^[25-26]。自然声(如鸟鸣声,风声和水声)是人们最喜爱的声音,而机械声(如交通声,通风声和施工声)则被认为是不受欢迎的声音^[27-28],以施工声、交通声为主的人工声破坏了人们对于公园的声景预期,从而给人的主观感受带来了负面的影响。因此在人工声、地球声与生物声之间,人们偏好后两者。

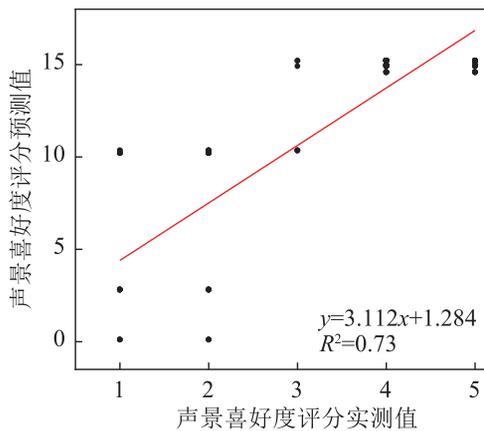


图5 模型精度检验结果

Fig.5 Model accuracy test results

人工声中音乐声的评分(4.31)显著高于交通声(1.19)和施工声(1.48)。音乐声评分较高,一方面可能是因为音乐声是测点9的特色声景元素,而已有研究发现,特色声景元素的营造有助于提升该区域的声环境质量^[29],从而增加了人对于该类声景的喜好程度;另一方面可能是因为音乐声能给人的主观感受带来正向影响,有研究表明音乐声可以舒缓人的情绪,提高人的愉悦感^[30],在较为安静的环境中,音乐声可以丰富声音元素以提高游客游玩的兴致和愉快心情^[31]。交通声与施工声评分较低,可能是因为该类声源识别度高且接受度低,容易使人产生紧张、焦躁的感受,从而影响人们对于该类声源的喜好度^[18]。

3.2 声压级对声景喜好度的影响

三类声景评分与声压级均呈负相关。声压级对于声景的舒适度、放松性、交流性和强度感等均有显著影响^[32]。较高的声压级可能导致声景体验的愉悦度和环境质量感知的敏感度下降^[33],从而导致喜好度评分较低。在相对宁静的环境中,人们会将注意力转移到视觉景观上,湿地公园中良好的自然环境能够产生一定的自然疗愈能力,从而给人的主观感受带来正向的影响,这在前人的研究中得到证实^[33-34],即随着对如植物、水体等自然要素注意力的增加,负面的主观感受将得到有效缓解。

从不同声景类型来看,地球声和生物声的评分与声压级呈二次函数关系,人工声的评分与声压级呈反函数关系(图4)。地球声和生物声在声压级为43~45 dB(A)时评分达到最大值,当声压级超过45 dB(A)时,随着声压级的增大,评分降低,即自然声的阈值为43~45 dB(A)。超过阈值评分降低的原因,可能是声压级过大使人产生了不舒适的感觉,从而对主观感受产生了负面的影响。有研究发现当声压波约为46 dB(A)时,人对于声景的喜好度

较高^[35],与本文结果有差异,一方面可能因为该研究对象为古城,声音元素的构成与湿地公园有所区别;另一方面,该研究没有对声景类型进行划分,造成了模型预测精度的不同。人工声在声压级增大的同时评分降低,二者呈反函数关系。可能因为人工声中的交通声、施工声等噪声会引起主观烦恼度,使人产生烦躁不安等感觉,声压级的大小对主观烦恼度的影响起重要作用^[1],从而影响人对于该类声景的喜好度评分。

3.3 湿地公园声景喜好度评价模型

已有学者对竹林空间^[15]、森林公园^[16]的声景喜好度进行了研究,但湿地公园较少涉及,因而本研究将其作为研究样地。在与前人研究的对比中,地球声、人工声、生物声的喜好度评价模型 R^2 最大可达0.90、0.98、0.91与0.93、0.91、0.92。相较而言,本研究的拟合度相对较低。竹林空间中,运用对数曲线构建评价模型;森林公园中,由对数曲线与幂函数所组成的复合函数构建评价模型;本研究运用二次曲线与反函数所组成的复合函数构建评价模型。本研究与上述的差异,一方面,可能是评价者在性别、年龄和学历上均有一定的差异性。声源感知的主观性较高,年龄、性别及教育背景是与声源感知最为密切的3项^[26]。另一方面,可能是竹林的景观相对均匀,森林公园以林地为主,本研究样地面积相对较大,具有林地、水域等不同用地,声源类型丰富,造成评价模型以及模型精度的差异性。

ESPWP模型精度检测值 $R^2=0.73$ 、大于0.7,属于高性能模型^[36],模型性能较好。在实际应用中,该模型可以在不考虑声景类型的基础上,便捷、准确地将声压级这一声景客观数据转化为人对于声景环境喜好度的主观评价得分,进而模拟出游客的心理状态,为有湿地公园声景观的设计与优化提供参考。

4 结论

通过对湿地公园声环境声压级、声景类型与喜好度评分三者关系的研究,得到结论如下:(1)声压级与各类声景的喜好度评分显著负相关;生物声与地球声评分均值明显高于人工声(除音乐声),人工声声压级均值明显高于地球声和生物声($P<0.01$)。该结论可以为城市公园声景观的优化与提升提供大的思路。(2)运用曲线估计法,选择11类函数模型对湿地公园的声压级与声景喜好度进行拟合、比较,并通过均方根误差、卡方误差、与赤池信息量

准则(AIC)对模型的误差和拟合度进行检验,结果表明地球声、生物声相对倾向于二次曲线函数,声压级的阈值为43~45 dB(A),人工声倾向于逆函数模型,随着声压级增大评分降低。基于此结论,湿地公园中地球声与生物声的声压级应控制在43 dB(A)以内,同时控制人工噪声的声压级。可以通过在噪声源附近种植绿植以阻隔噪声的传入,或者在噪声源附近加入自然声(如播放自然声音频、加入水声景等),以弱化噪声给人带来的负面影响。(3)通过对三类声景的喜好度模型进行叠加,构建湿地公园声景喜好度评价模型(ESPWP模型),通过精度检验,该模型为高性能模型,可以将客观声压级数据转化为人的主观喜好度评分,进而便捷、快速地了解湿地公园中哪些地方的声景观需要提升,哪些需要保护,为湿地公园整体声景观的优化与提升提供数据支撑。因年龄、性别及教育背景是与声源感知最为密切的3项,本研究的评价者性别分布较为均衡,年龄组成以青年人为主(20~35岁),所以上述结论更加适用于提升青年族群对于湿地公园声景的喜好度。

影响声景喜好度的因素还有很多,如不同声景持续时间和占比、视觉因素等等,在今后的研究中将对上述因素与主观喜好度评价的关系展开研究,进一步提高湿地公园声景喜好度模型的精度,以便于模型在实际中更好地运用。

参 考 文 献

- [1] LI H, XIE H, KANG J, et al. The Urban Park Soundscape in Mountainous Cities: A Case Study in Chongqing[C]/INTER-NOISE and NOISE - CON Congress and Conference Proceedings, 2014.
- [2] MEDVEDEV O, SHEPHERD D, HAUTUS M J. The restorative potential of soundscapes: a physiological investigation [J]. *Applied Acoustics*, 2015, **96**: 20-26.
- [3] 孙明阳, 邹元春, 于晓菲, 等. 伦敦湿地中心声景质量感知调查及启示[J]. *湿地科学*, 2020, **18**(3): 287-293.
SUN Mingyang, ZOU Yuanchun, YU Xiaofei, et al. Investigation on perception of sound quality in London wetland centre and enlightenments[J]. *Wetland Science*, 2020, **18**(3): 287-293.
- [4] Acoustics-Soundscape-Part 1: Definition and Conceptual Framework: ISO 12913-1: 2014[S]. Technical Report, International Organization for Standardization, 2014.
- [5] 张道永, 陈剑, 徐小军. 声景理念的解析[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2007, **30**(1): 53-56.
ZHANG Daoyong, CHEN Jian, XU Xiaojun. Explication of the soundscape concept[J]. *Journal of Hefei University of Technology (Natural Science)*, 2007, **30**(1): 53-56.
- [6] LANG J. Symbolic Aesthetics in Architecture: Toward a Research Agenda[J], 1988:11-26
- [7] FARINA A. Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications[J], 2013
- [8] 刘江, 郁珊珊, 王亚军, 等. 城市公园景观与声景体验的交互作用研究[J]. *中国园林*, 2017, **33**(12): 86-90.
LIU Jiang, YU Shanshan, WANG Yajun, et al. Research on the interaction effect between landscape and soundscape experience in city parks[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2017, **33**(12): 86-90.
- [9] JEON J Y, LEE P J, YOU J, et al. Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2010, **127**(3): 1357-1366.
- [10] BILD E, PFEFFER K, COLER M, et al. Public space users' soundscape evaluations in relation to their activities. an Amsterdam-based study[J]. *Frontiers in Psychology*, 2018, **9**: 1593.
- [11] 徐东超. 基于人工神经网络的深圳城市声景评价研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
XU Dongchao. Applying artificial neural network on Shenzhen soundscape evaluation[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2019.[知网硕士中文][知网硕士英文]
- [12] YANG W, KANG J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces[J]. *Applied Acoustics*, 2005, **66**(2): 211-229.
- [13] 翁羽西, 朱玉洁, 董嘉莹, 等. 校园绿地声景观对情绪和注意力的影响: 以福建农林大学为例[J]. *中国园林*, 2021, **37**(2): 88-93.
WENG Yuxi, ZHU Yujie, DONG Jiaying, et al. Effects of soundscape on emotion and attention on campus green space - A case study of Fujian agriculture and forestry university[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2021, **37**(2): 88-93.
- [14] LAVANDIER C, DEFRÉVILLE B. The contribution of sound source characteristics in the assessment of urban soundscapes[J]. *Acta Acustica United With Acustica*, 2006, **92**(6): 912-921.
- [15] 洪昕晨, 袁轶男, 潘明慧, 等. 基于声景生态学的竹林声景喜好度评价研究[J]. *建筑科学*, 2018, **34**(4): 66-71.
HONG Xinchun, YUAN Yinan, PAN Minghui, et al. Preference evaluation of bamboo forest soundscape based on soundscape ecology[J]. *Building Science*, 2018, **34**(4): 66-71.
- [16] 洪昕晨, 王欣, 段芮, 等. 基于声漫步法的森林公园声景喜好度评价研究[J]. *声学技术*, 2018, **37**(6): 584-588.
HONG Xinchun, WANG Xin, DUAN Rui, et al. Evaluation of soundscape preference in forest park based on soundwalk approach[J]. *Technical Acoustics*, 2018, **37**(6): 584-588.
- [17] MAFFLOLO V, CASTELLENGO M, DUBOIS D. Qualitative judgments of urban soundscapes[C]/INTER-NOISE and NOISE-CON congress and conference proceedings, 1999(2): 1251-1254.
- [18] 许晓青, 郭晓彤, 韩锋, 等. 武陵源世界遗产地声景感知及影响感知的要素研究[J]. *风景园林*, 2019, **26**(6): 97-102.
XU Xiaqing, GUO Xiaotong, HAN Feng, et al. Research of soundscape perception in Wulingyuan world heritage site and influence factor[J]. *Landscape Architecture*, 2019, **26**(6): 97-102.
- [19] 朱光汉, 王正玲. 传入人体的振动和环境振动的评价与标准(二)[J]. *振动与冲击*, 1992, **11**(4): 65-67.
- [20] 程佳佳, 米湘成, 马克平, 等. 亚热带常绿阔叶林群落物种多度分布格局对取样尺度的响应[J]. *生物多样性*, 2011, **19**(2): 168-177.
CHENG Jiajia, MI Xiangcheng, MA Keping, et al. Responses of species - abundance distribution to varying sampling scales in a subtropical broad-leaved forest[J]. *Biodiversity Science*, 2011, **19**(2): 168-177.
- [21] 高利霞, 毕润成, 闫明. 山西霍山油松林的物种多度分布格局[J]. *植物生态学报*, 2011, **35**(12): 1256-1270.
GAO Lixia, BI Runcheng, YAN Ming. Species abundance distribution patterns of Pinus tabulaeformis forest in Huoshan

- Mountain of Shanxi Province, China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2011, **35**(12): 1256-1270.
- [22] 闫琰, 张春雨, 赵秀海. 长白山不同演替阶段针阔混交林群落物种多度分布格局[J]. *植物生态学报*, 2012, **36**(9): 923-934.
YAN Yan, ZHANG Chunyu, ZHAO Xiuhai. Species-abundance distribution patterns at different successional stages of conifer and broad-leaved mixed forest communities in Changbai Mountains, China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2012, **36**(9): 923-934.
- [23] 任萍, 王孝安, 郭华. 黄土高原森林群落物种多度的分布格局[J]. *生态学杂志*, 2009, **28**(8): 1449-1455.
REN Ping, WANG Xiaohan, GUO Hua. Species abundance distribution pattern of forest communities on Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, **28**(8): 1449-1455.
- [24] ZHANG X, BA M H, KANG J, et al. Effect of soundscape dimensions on acoustic comfort in urban open public spaces[J]. *Applied Acoustics*, 2018, **133**: 73-81.
- [25] BRUCE N S, DAVIES W J. The effects of expectation on the perception of soundscapes[J]. *Applied Acoustics*, 2014, **85**: 1-11.
- [26] ZHANG D X, ZHANG M, LIU D P, et al. Soundscape evaluation in Han Chinese Buddhist temples[J]. *Applied Acoustics*, 2016, **111**: 188-197.
- [27] JEON J Y, HONG J Y, LEE P J. Soundwalk approach to identify urban soundscapes individually[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2013, **134**(1): 803-812.
- [28] JEON J Y, LEE P J, HONG J Y, et al. Non-auditory factors affecting urban soundscape evaluation[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2011, **130**(6): 3761-3770.
- [29] 李睿, 欧达毅. 旅游景区声景评价与对比研究[J]. *建筑科学*, 2019, **35**(6): 141-148.
LI Rui, OU Dayi. An evaluation and comparative study on soundscape of tourist attractions[J]. *Building Science*, 2019, **35**(6): 141-148.
- [30] SHU S, MA H. Restorative effects of classroom soundscapes on children's cognitive performance[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, **16**(2): 293.
- [31] 李华, 王雨晴, 陈飞平. 梅岭国家森林公园声景观的游客调查评价[J]. *林业科学*, 2018, **54**(6): 9-15.
LI Hua, WANG Yuqing, CHEN Feiping. Evaluation of tourist survey of soundscape in Meiling national forest park[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2018, **54**(6): 9-15.
- [32] 于博雅, 康健, 马蕙. 城市步行街空间设计因素对声景感知的影响[J]. *新建筑*, 2014(5): 8-11.
YU Boya, KANG Jian, MA Hui. Effect of design factors on soundscape perception in urban pedestrian street[J]. *New Architecture*, 2014(5): 8-11.
- [33] AMATI M, GHANBARI PARMEHR E, MCCARTHY C, et al. How eye-catching are natural features when walking through a park? Eye-tracking responses to videos of walks[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, **31**: 67-78.
- [34] NORDH H, HAGERHALL C M, HOLMQVIST K. Tracking restorative components: patterns in eye movements as a consequence of a restorative rating task[J]. *Landscape Research*, 2013, **38**(1): 101-116.
- [35] 范宏宏, 李晖, 任家豪. 基于SD法的宣化古城声景观评价研究[J]. *华中建筑*, 2018, **36**(11): 42-46.
FAN Honghong, LI Hui, REN Jiahao. The sound landscape evaluation of Xuanhua ancient city based on SD method[J]. *Huazhong Architecture*, 2018, **36**(11): 42-46.
- [36] HENSELER J, RINGLE C M, SINKOVICS R R. The use of partial least squares path modeling in international marketing [J]. *Emerald Group Publishing Limited*, 2009, **20**: 277-319.