

全景呈现技术在景观视觉评价中应用的优劣势分析

陈梓茹¹, 傅伟聪², 朱志鹏¹, 董建文²

(1. 福建工程学院(福州)建筑与城乡规划学院, 福建 福州 350116; 2. 福建农林大学 园林学院, 福建 福州 350002)

摘要: 通过对比全景 VR 评价、实景评价及二维照片评价中受试者的感知差异性, 分析全景 VR 评价的优势与劣势及其在视觉景观评价中的应用价值。研究以福州梅峰山地公园中 6 个典型风景林地为研究对象, 通过对比分析受试者的 1) 观景视角、2) 心理指标、3) 场景真实感, 比较三种视觉景观评价方法之间的异同。结果显示: 1) 对比受试者在 6 个风景林地所拍摄的照片, 结果显示受试者拍摄的代表性的照片存在差异; 2) 受试者在实景评价与全景 VR 评价中观景视角相似, 两种评价方式的观景视角无显著差异; 3) 照片评价与实景评价的受试者在心理评价的 12 个指标中有 10 个指标存在显著性差异, 如: “封闭性”、“宜人度”、“统一性”、“唤醒度”及“场景偏好”等; 而全景 VR 评价与实景评价对比仅有 3 个指标(“原创性 Sig. = 0.036”、“宜人度 Sig. = 0.025”、“唤醒度 Sig. = 0.035”)存在显著差异; 4) 全景 VR 评价所呈现的场景现场感显著高于照片评价。表明: 1) 全景 VR 评价作为替代照片呈现形式应用于景观视觉评价研究中具有明显优势; 2) 对比实景评价, 全景 VR 评价具有变量可控、可重复性及便利性等优势。本研究为全景 VR 技术服务于景观评价研究提供了理论支持。

关键词: VR; 全景呈现; 景观; 视觉评价; 可行性

中图分类号: TU 986

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2021)04-0584-10

Analysis of advantages and disadvantages of panorama presentation technology in landscape visual evaluation

CHEN Ziru¹, FU Weicong², ZHU Zhipeng¹, DONG Jianwen²

(1. College of Architecture and Urban Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou 350116, China;

2. College of Art & Landscape and Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: By comparing the perception differences of subjects in panoramic VR evaluation, real scene evaluation and photo evaluation, the advantages and disadvantages of panoramic VR evaluation and its application value in visual landscape evaluation are analyzed. In this study, 6 typical scenic woodlands in Fuzhou Meifeng Mountain Park are selected as the research objects. Through the comparative analysis of the subjects' 1) viewing angle, 2) psychological indicators and 3) scene reality, the similarities and differences between the three visual landscape evaluation methods are compared. The results show that: 1) A comparison of photos taken by the subjects in 6 scenic woodlands reveals differences in the representative photos taken by the subjects; 2) The subjects have similar viewing angles in the real scene and the panoramic VR scene, and there is no significant difference in the viewing angle between the two evaluation methods; 3) There are significant differences in 10 of 12 psychological evaluation indicators between photo evaluation and real evaluation subjects, such as: “closedness” and “pleasantness”, “unity”, “awakening” and “scene preference”, etc.; however, there are only three indicators (“Original Sig. = 0.036”, “Agreeable Sig. = 0.025”, “Arousal degree Sig. = 0.035”) that are significantly different between panoramic VR evaluation and real scene evaluation.; 4) The “scene reality” presented by the panoramic VR is significantly higher than the photo. It shows that: 1) the panoramic VR evaluation, as an alternative photo presentation form, has obvious advantages in the study of landscape visual evaluation; 2) Compared with the real scene evaluation, the panoramic VR evaluation has the advantages of variable controllability, repeatability and convenience. This research provides theoretical support for panoramic VR technology to serve landscape evaluation

收稿日期: 2021-01-10

修改稿日期: 2021-06-25

基金项目: 福建工程学院科研计划项目(GY-Z20087); 福建省教育厅中青年科技项目(JAT190147); 国家林业公益性行业科研专项(201404301)

第一作者: 陈梓茹(1992—), 女, 博士, 讲师, 主要研究风景园林设计、视觉景观。E-mail: fjchenziru@126.com

通信作者: 傅伟聪(1989—), 男, 博士, 讲师, 主要研究风景园林设计。E-mail: weicongfufj@163.com

research.

Key words: VR; panoramic rendering; landscape; visual evaluation; feasibility

视觉作为公众对景观感知最主要的方式之一,其感知占比达85%^[1]。基于此,视觉评价成为研究人员、设计从业人员及管理者对城市绿地、森林环境等景观质量的主要评价手段。相关研究始于20世纪60年代^[2-6],历经50年的发展已形成相对完善的理论体系,评价手段也随着时代科技的发展经历了实景、绘画、照片、视频以及模型等一系列演变。虽然实景是研究视觉评价的最理想环境,但其存在高成本且难以保持时间、光线等环境条件一致性的缺憾。早期相关研究多以照片作为景观视觉评价媒介,且这一评价的有效性得到了80年代至90年代众多学者的验证^[7-11]。在照片评价获得肯定的同时,亦有相关研究揭示出照片评价的局限性,如照片存在无法准确反应景观真实美景度^[12]、无法提供完整的三维空间信息^[13]等局限性。伴随21世纪初三维虚拟构建、VR(虚拟现实 Virtual realization)、AR(增强现实 Augmented Reality)、鱼眼镜头等技术逐渐成熟,对场景的捕捉再现变得更为便捷。VR全景场景,通过360°全视角的呈现,营造出更为真实的“现场感”,解决了照片作为评价媒介存在的局限问题,为景观视觉评价研究提供了新的媒介手段。部分研究已证明通过数字模拟场景应用于景观感知评价研究具备多种优势^[14-18],但这一技术应用目前依旧处于探索阶段,其有效性仍未有学者展开讨论。定量的分析全景呈现与传统呈现方式之间的差别,是评估全景VR评价是否适合大面积推广的首要问题,而对于相关问题的探讨,已有研究鲜见报道。

有学者指出景观评价技术的有效性与其评价方式是否唤起参与者的反应能力有关^[19]。根据“行为

现实主义”理论描述:环境展现的越真实,反馈者对它的反应就越接近真实环境。基于这一逻辑, Sanchez-Vives 等人提出检验虚拟场景呈现技术可行性的三个重要指标:现场感、视觉感受以及交互感^[20-22]。格式塔理论(Gestalt Theory)主张人对于环境感知的完整论,阐述人通过视觉获取物体信息的时候并非通过逐一获取各个元素再汇总,而是直接整体掌握该物体所呈现的信息^[23]。生态感知理论(Gibson)解释了人内在的感知方式,即:在环境中寻找特定的线索或特征,从而为自身提供效用(观景、休憩、避险、娱乐等),如人类总是被迫寻找躲避危险动物、天气和敌人的庇护所^[24]。相关理论解释了人对于环境空间感知的首要作用^[25],证实不同空间形式环境能给人带来相异感知反馈。部分已有研究证实了场景再现技术如视频呈现、模型模拟呈现等场景再现技术均具备唤起使用者反应类似物理环境带来的效果^[26-27],但均存在一定局限性。首先,大多数研究都以受试者对于场景的偏好反应作为评判标准,未深入研究其对于场景的感知响应——情感心理层面;其次是对场景客观表现的忽视。

本研究选取福州梅峰山地公园中3种不同空间形式的6个游客使用率较高的典型风景林地作为研究地展开研究,以分析全景VR评价与现有研究中应用最广的两种传统媒介评价方式:实景评价、照片评价之间的差异性。借鉴前人研究手段,采用3个指标进行对比分析:1)受试者观景视角;2)心理评价指标;3)场景真实感评价,进而探讨全景VR评价作为景观评价手段的优劣势,验证全景VR评价技术在视觉景观评价中运用的可行性。

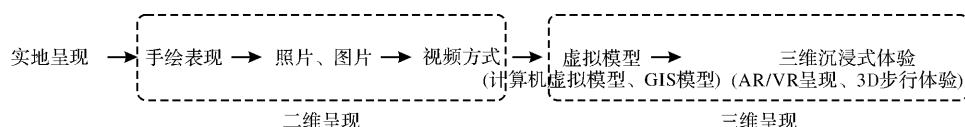


图1 景观评价方法运用场景呈现方式的演变过程

Fig. 1 The evolution of scene presentation modes in landscape evaluation methods

1 研究地概况

梅峰山地公园位于福州市的西南侧,是福州首个山地类海绵公园,同时也是“福道”——福州城市森林步道中段的重要节点,占地约7.8 hm²,

海拔137 m,三面山林环绕,凌空步道盘桓于公园之中,园内游人游憩空间形式多样;自建成以来,最高日接待游客人数达5.85万人次^[28],是福州市森林、城市公园的新兴代名词。本研究选取公园中3种不同空间形式的6个游客使用率较高的典

型风景林地作为研究对象(如图 2(b)所示)。



(a) 梅峰山地公园



(b) 6个典型要游憩地位置分布

图 2 研究地理位置

(图片来源: 自绘, 底图来源于百度地图)

Fig. 2 Location map of the research site

(picture source: self-drawn, base map from Baidu map)

2 研究方法

2.1 二维照片拍摄、全景影像制作

为保证实景评价、照片评价及全景 VR 评价过程中场景光线、时间等前置条件的一致性, 选择 2019 年 9 月 10 日, 晴天, 9:00~16:00 进行实景场景评价试验、场景二维照片、全景场景照片的拍摄。二维照片拍摄采用尼康 D7100, 全景影像使用 360°全景摄像设备 Insta360°Pro2 采集。该相机具备 6 个 F2.4 鱼镜头, 所拍摄图片画面像素 7 680×7 680, 能从 360°对场景进行图像捕捉(如图 3), 拍摄高度设定为 1.5 m。

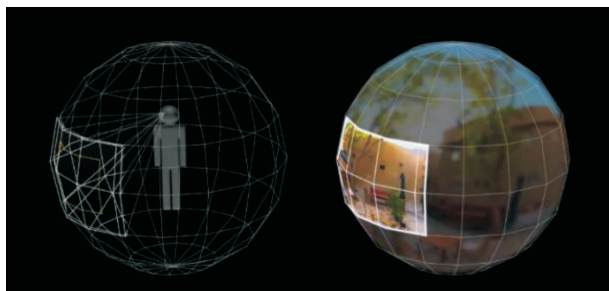


图 3 全景照片拍摄及后期呈现模式

Fig. 3 Panoramic photo shooting and post presentation mode



图 4 研究场景图片(图片来源: 作者自摄)

Fig. 4 Research scene pictures(photographed by the author)

2.2 问卷设计

本研究采用标准化问卷, 问卷内容包含了人口社会学调查、场景偏好、心理评价指标测量以及场景真实感测量三部分内容。心理评价测量采用 Russell-Mehrabian 情绪测量模型和 Küller 维度测量模型进行问卷设计, 场景真实感采用 SUS 量表进行问卷设计。Russell-Mehrabian 模型是目前最为广泛接受的情感概念框架, 包含了三个测量维度: 愉悦度、唤醒度和掌控度(又名“PAD”情绪测量模型)^[29]。Küller 维度(又称“SMB 模型”)包含了八项指标: 情感、复杂性、封闭性、原创性、宜人性、效力、社会价值和统一性^[30]。这个评价体系现今广泛应用于建筑学、城乡规划学、风景园林学等相关评价的研究之中, 被认为是评估人对于空间感知判断的基础性指标体系^[31]。SUS 量表是最常作为测量虚拟场景真实性的量表。其主要测量了三个方面: 参与者在环境中的感觉, 所呈现环境被认为是现实的程度, 和所呈现环境多大程度上被想象成一个地点记住^[32]。具体测量指标及形式如表 1 所示。

2.3 受试者观景视角采集

(1) 对比现场组受试者选出的照片角度

邀请 30 位受试者, 实验人员将其带入指定的 6 个研究场景样点的中心点位置拍摄照片, 每位受试者提供 6 张个人觉得具有代表性的场景照片。实验人员通过分析受试者提供场景代表照片的观景角度, 对比不同受试者在场景中的观景视角。

(2) 对比受试者在实景评价、全景 VR 评价过程中的视角变化

受试者在进行实景评价、全景 VR 评价过程中使用“指南针”App 记录自身观看场景的方位变化,通过分析,获得受试者在实验场景中不同方位(东、东南、南、西南、西、西北、北、东北、北东北、东东北、东东南、南东南、南西南、西西南、西西北、北西北)的观景时间。

表 1 心理维度测量问卷指标

Tab. 1 Mental dimension measurement questionnaire indicators

维度量表	测量指标及问题
SMB (现场/照片/全景场景)	1 情感:环境所带来的熟悉感
	2 复杂性:环境的复杂度,具体可指紧凑感、对比度和丰富程度
	3 封闭性:空间的封闭感和分界感
	4 原创性:环境中存在不寻常及令人惊讶之处
	5 宜人性:环境的愉悦度、美观度和安全感
	6 效力:效能表现在空间及各部分中的表现
	7 社会价值:在社会经济角度对环境的评价
	8 统一性:各个部分联结成一个连贯空间的程度
PAD (现场/照片/全景场景)	1 愉悦度:对空间感觉的愉悦程度
	2 唤醒度:对于环境个人所感受到的兴奋或抑郁
	3 掌控度:个人对环境感觉的控制感
SUS (照片/全景场景)	1 你是否觉得自己身处于这个场景中的?
	2 场景中有多大部分让你感觉是真实的、能理解的?
	3 当你回想你的经历时,这个场景更像是你看到的图片还是真实去过的地方?
	4 在体验过程中,哪个感受更深刻?你身处于场景中?或是你身处于其他地方?
	5 幻想一下你在呈现的场景中,就记忆结构而言,这和你今天到过其他地方的记忆结构有什么区别?
	6 在观察期间,你是否有身在这个场景中的错觉?

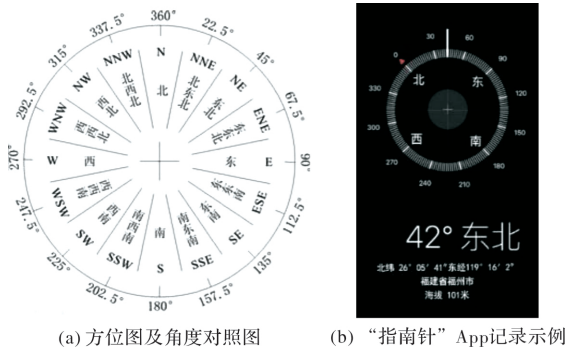


图 5 方位图示例

Fig. 5 Example of orientation map

2.4 受试者样本描述性统计

基于前人研究表明青年大学生对景观的欣赏和评价不具备功利性,且不同专业的学生对于同一景观的视觉评估结果存在高度的一致性^[33-34],本研究招募了来自福建农林大学自愿参与的大学生(包括本科生及硕、博士研究生)共计 185 位(48.18%男性,51.82%女性;年龄 18—30 岁;平均年龄:24.8 岁),包括前期照片采集实验 30 人及三种呈现方式景观评价实验 155 人。根据统计分析法,在所得结果符合预期 α 和 β 错误水平的前提下,将所招募受试者分为三个小组,每组人数均在 50 人以上,分别进行实景评价、全景 VR 评价、

照片评价。

表 2 实验参与人数

Tab. 2 Number of participants 人

组别	受试人数	男	女
照片拍摄	30	14(46.67%)	16(53.33%)
室内组	照片评价	50	23(46.00%) 27(54.00%)
	全景 VR 评价	53	28(52.83%) 25(47.17%)
室外组	实景评价	52	26(50.00%) 26(50.00%)
共计	185	91(49.19%)	94(50.81%)

2.5 实验流程

实验分为 3 个组别进行,组 1:照片评价组,组 2:全景 VR 评价组、组 3:实景评价组。组 1、组 2 在福建农林大学园林学院教研实验室中进行,组 3 在梅峰山地公园中进行。组 1 场景由 65 英寸 4K 屏幕进行播放呈现(图 6(a));组 2 场景呈现借助于受试者佩戴沉浸式场景呈现设备呈现(图 6(b));组 3 由实验人员将其带入指定的 6 个研究场景样点的中心点位置(即二维照片、全景照片拍摄点)(图 6(c))进行场景感知与评测问卷填答。



图6 评价过程照片展示

Fig. 6 Photo display of evaluation process

在实验开始前, 实验人员告知受试者此次实验的目的、研究概要以及测试任务. 第一步: 受试者闭眼假设自己身处于市区内某一山地公园中, 随后实验开始. 第二步: 受试者对场景进行自由探索, 每个场景的感知时长为 2 min, 场景观赏后进行问卷填写, 如图 7 所示.

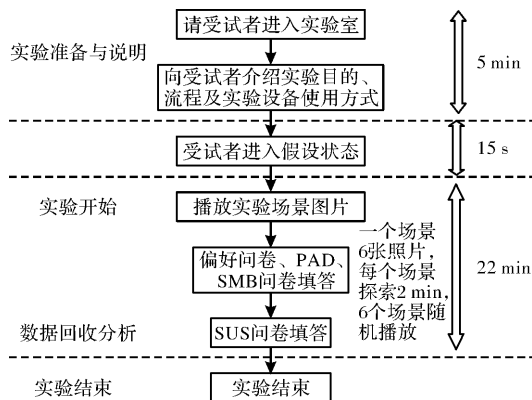


图7 实验流程

Fig. 7 Experiment process

2.6 数据分析

采用 SPSS 23.0 和 EXCEL2010 软件进行数据处理和图像分析.

3 结果

3.1 受试者感知视角分析

对受试者在 6 个场景中感知视角展开分析, 对比 30 位大学生志愿者所拍摄的 6 组场景的代表性照片拍摄视角差异性(表 3), 可知场景 2 中志愿者所拍摄角度存在极显著性差异, 场景 6、场景 1、场景 4 和场景 3 所得志愿者拍摄照片角度存在显著性差异; 而场景 5 不存在差异性. 这可能与场景中是否存在建筑、构筑物等吸引入注视的要素相关.

从不同空间形式的角度分析, 可知空间越为闭合, 被试者在其中感知到的场景信息越为相似; 越为开敞的空间, 被试者在场景中感知到的信息存在差异性越大.

表3 6个场景中受试者拍摄照片差异性

Tab. 3 Differences in the photos taken by the subjects in 6 scenes

空间形式	开敞	半开敞	闭合
场景标号	场景 2	场景 6	场景 1
Sig.	0.000	0.023	0.048
		0.031	0.101

注: 当 $0.01 < \text{sig} < 0.05$, 说明两者存在显著性差异; 当 $\text{sig} < 0.01$, 说明两者存在极显著性差异.

对指南针所监测记录的受试者在观察全景场景与实景场景过程中感知方位变化展开统计, 如图 8 所示: 通过两两差异性对比检验分析, $\text{Sig.} = 0.377$ 受试者在全景场景与实景中的感知形式不存在差异性; 这表明受试者在全景场景中对场景的感知形式与实景相似, 全景呈现作为实景的替代形式应用于实验中存在合理性.

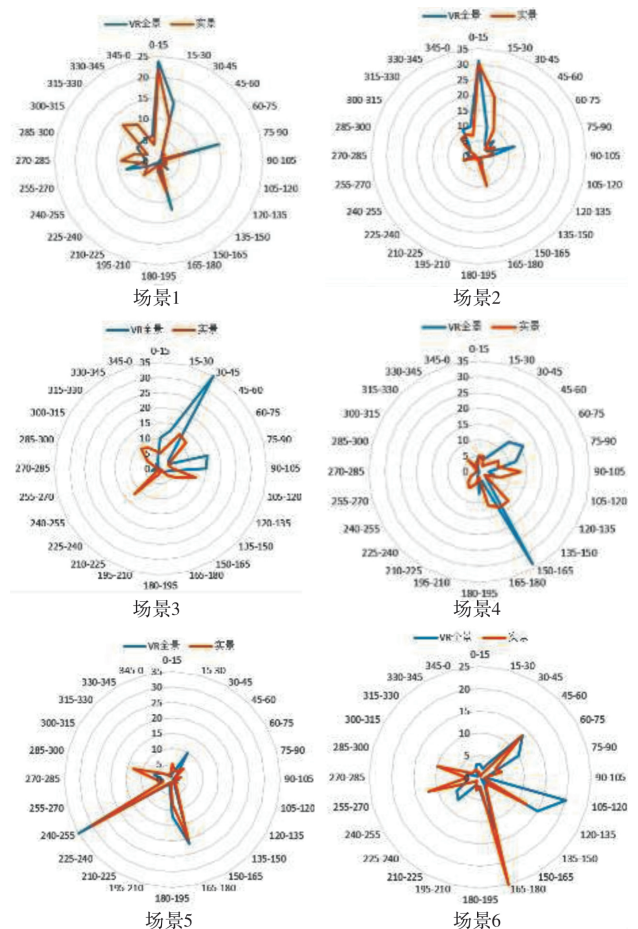


图8 全景呈现与实景中受试者感知方位变化

Fig. 8 Subjects' perceptual orientation changes in the panoramic presentation and the real scene

3.2 三种呈现方式——被试者的心理反馈分析

3.2.1 问卷信度、效度分析

通过对所收回的问卷展开分析,两个组别的问卷回收率为100%,问卷有效率分别为100%(照片评价组)、100%(全景VR评价组)、99.29%(实景评价组)。

对有效问卷展开信度、效度分析,对本研究中问卷信度展开分析,问卷中三个测量模型的Cronbach's α 系数分别为:0.739(PAD模型)、0.857(SMB模型)及0.825(SUS模型),系数值均大于0.8,说明该问卷测量模型具有较高可信度。对本研究中所运用三个问卷模型展开效度分析,所得三个测量问卷模型的KMO值分别为:0.663(PAD模型),0.868(SMB模型),0.858(SUS模型);Barlett球形检验统计值显著性均为0.000,表明测量模型具备较好的效度。验证结果表明所得结果可信且与检测目的相关性较好。

3.2.2 三种场景呈现方式下受试者心理反馈分析

通过对受试者在三种场景评价方式:照片评价、全景VR评价及实景评价中心理感知响应数据展开对比,如图9所示,显示了八个情感维度变量、情绪效价模型中三个情绪因素和受试者对场景偏好的得分均值分析(所有值均进行了标准化分析,平均值=0,SD=1)。相较于照片评价组,全景VR评价组中被试者所反馈的感知评价与现场实景评价组被试者所做出的反馈更为接近。三种不同评价方式受试者对于“封闭性”、“宜人性”、“统一性”、“唤醒度”、“掌控度”及“场景偏好”这6个感知因素评价差别最大。其中,相比于实景评价和全景VR评价,照片评价对于场景的“封闭性”、“宜人性”及“统一性”的表现较差,评价均为负数;但对于受试者感知场景的“掌控度”和“偏好度”评价分值表现较高;这可能是出于照片评价是

场景的单视角表达,受试者仅能从中片面的获取信息的缘故。全景呈现的场景对于受试者的唤醒度明显高于实景及照片呈现,这可能是由于VR全景作为能360°呈现场景的新技术能为受试者带来“在现场”感知体验。

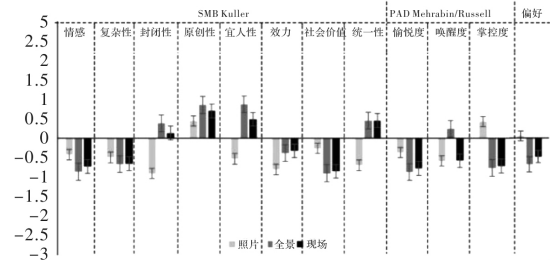


图9 三种场景呈现方式下被试心理反馈

Fig. 9 Participants' psychological feedback in three scene presentation modes

3.2.3 照片评价组与全景VR评价组受试者心理指标差异性对比

对三种评价过程中受试者心理感知数据展开相关性分析,整体而言全景VR评价所得反馈的结果与实景评价的结果差异性不显著,而照片评价与实景评价存在显著差异。

对照片评价、全景VR评价受试者心理感知评价指标(SMB、PAD及偏好)测评结果与实景评价结果展开两两差异性比较分析。如表4所示,与实景评价所得结果对比,照片评价所呈现的场景下受试者心理感知仅有2个因子(社会价值 Sig. = 0.201,掌控度 Sig. = 0.053)不存在显著差异,其余均显现显著差异;而全景VR评价与实景评价对比仅存在3个心理指标(原创性, Sig. = 0.036;宜人性, Sig. = 0.025;唤醒度, Sig. = 0.035)表现出显著性差异,其余9个指标均为不存在显著差异。表明了受试者在全景VR呈现中感知场景的心理反馈与实景场景较为相似,在照片评价过程中感知场景的心理反馈与实景评价过程中存在较大差异性。

表4 两种虚拟呈现方式与实景对应数据差异

Tab. 4 The difference between two virtual presentation methods and the corresponding data of the real scene

呈现方式	SMB							PAD			偏好
	情感	复杂性	封闭性	原创性	宜人性	效力	社会价值	统一性	愉悦度	唤醒度	掌控度
照片呈现(Sig.)	0.013	0.025	0.018	0.004	0.019	0.039	0.201	0.012	0.016	0.011	0.053
全景呈现(Sig.)	0.312	0.371	0.948	0.036	0.025	0.169	0.200	0.397	0.369	0.035	0.207

3.2.4 照片评价组与全景VR评价组受试者现场感感知分析

对虚拟场景——照片呈现场景和全景呈现场景的“现场感”:即6个题项所得评分标准化平均值

和“SUS现场感”:评分值高于等于6分评分人数(标准化后)进行统计分析,结果如图10,全景呈现场景的现场感明显高于照片呈现场景的现场感。

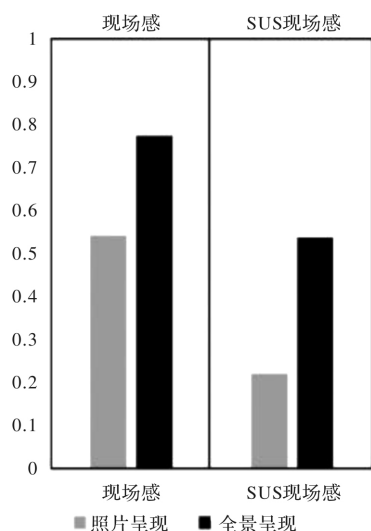


图 10 SUS 评测下两种虚拟场景中现场感表现

Fig. 10 Performance of scene sense in two virtual scenes evaluated by SUS

4 讨论

本研究目的是通过对比全景场景呈现与现今视觉评价研究中最常用的两种场景呈现方式：实景呈现及照片呈现给感知者带来的感知体验以证明其应用有效性。人因心理学相关研究多采用模拟环境代替物理环境来评估人对环境的心理感知^[35-36]，尽管没有任何方式能够完全替代实景，但这些模拟环境在具有科学目的的受控条件下具有明显的优势^[37]，本研究对这一优势进行了验证。虚拟环境代替实景有效性取决于公众感知结果与实景环境获得的相似性；尽管已有学者对不同形式的环境展开过比较，如图片与视频、视频与虚拟模型环境、视频与实景；甚至是同一环境下的不同因素对比，如不同屏幕尺寸大小、立体程度、观察角度等^[38-40]。但对于同一环境条件下，在不同格式的场景中，同时记录测量受试者观测行为模式及心理感知反馈指标，本研究对比前人研究存在方法上的创新。

通过分析可得，场景空间越闭合或场景中存在引人注意的建筑、构筑物等景物时，人感知场景的信息越为相近，表明照片能在一定程度上起到代替实景的作用表达出实景中的场景信息。当场景空间越开敞且场景中无特别引人注意的景物时，人感知场景的信息及角度差异性越大，照片不能完整的表达出场景真实景物信息；表明场景空间大小能影响人的感知，这与众多环境感知理论相契合，且与王建伟等人的研究结果相

似^[26,41-42]。从人体感知环境视角看，与照片场景相比，全景场景中的观测行为更接近于实景场景，这可能是出于受试者在全景场景中可以四处环绕观望，从而增加了他们的临场感导致的。

另一方面，从心理感知指标监测数据可得，受试者对于照片场景的偏好度较高，这是出于照片场景能够较为细致刻画场景细节，从而增加受试者感知场景的掌控度^[43]。受试者在全景场景中感知的“封闭性”、“宜人性”及“统一性”相对较高，由于人对于环境的感知是神经在不断对周边环境信息进行视觉接收分析的连续性过程，不是分断的机械图片能够完整表达的，全景场景为实景360°的再现表达，能够连续、完整的表达出实景环境，从而还原了人体对于实景的真实感受，也增加了受试者所感知的“现场感”。值得注意的是部分指标：“原创性”、“宜人性”及“唤醒度”得到了受试者的高估，这可能是出于全景呈现技术作为新技术手段应用于研究中，且不同于人工搭建的场景模型，其场景还原真实度极高，给受试者带来了独特的新奇感受，从而产生了“新奇效应”^[44-45]。

5 结论

本研究创新性地提出了采用受试者在实景、照片、全景场景中感知场景的3个指标：受试者观景视角、心理评价、场景真实感来对探讨全景VR呈现技术作为视觉景观评价场景呈现媒介的优劣势和应用价值。结果表明：(1)公众对场景的感知存在差异，传统照片作为实景的替代方式应用关于研究中存在局限性。(2)从心理感知角度看，照片评价与实景评价的受试者在心理评价的12个指标中有10个指标存在显著性差异，如：“封闭性”、“宜人性”、“统一性”、“唤醒度”及“场景偏好”等；而全景VR评价与实景评价对比仅有3个指标(“原创性 Sig. = 0.036”、“宜人性 Sig. = 0.025”、“唤醒度 Sig. = 0.035”)存在显著差异；表明相比于照片评价，受试者在全景场景评价中的反馈更接近于实景评价。

本研究结果表明了：(1)全景VR评价作为替代照片呈现形式应用于景观视觉评价研究中具有明显优势；(2)对比实景评价，全景VR评价具有变量可控、可重复性及便利性等优势。随着技术的更迭，全景呈现技术与景观行业相融合必将成

为趋势,这一研究结果充分验证了全景场景呈现技术在景观视觉评价中应用的优势及可行性,本研究能为这一技术服务于景观学科研究提供指导性意义。

参考文献 References

- [1] KRAUSE Christian L. Our visual landscape managing the landscape under special consideration of visual aspects[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 54: 239-254
- [2] 米勒·P A,刘滨谊,唐真. 从视觉偏好研究:一种理解景观感知的方法[J]. *中国园林*, 2013, 29(5): 22-26.
MILLER P A, LIU Binyi, TANG Zhen. Visual Preference Research: An Approach to Understanding Landscape Perception[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2013, 29(5): 222-26
- [3] 章志都,徐程扬,龚岚,等. 基于SBE法的北京市郊野公园绿地结构质量评价技术[J]. *林业科学*, 2011, 47(8): 53-60.
ZHANG Zhidu, XU Chengyang, GONG, et al. Assessment on Structural Quality of Landscapes in Green Space of Beijing Suburban Parks by SBE Method[J]. *Scientific Silvage Sinicae*, 2011, 47(8): 53-60
- [4] 范榕,刘滨谊. 基于AHP法的景观空间视觉吸引评价[C]//中国风景园林学会2014年会论文集,沈阳, 2014:5.
FAN Rong, LIU Binyi. Evaluation of visual attraction of landscape space based on AHP method[C]//Proceeding of 2014 Annual Meeting of Chinese Society of Landscape Architecture, Shengyang, 2014:5.
- [5] 冯纪忠. 组景刍议[J]. *中国园林*, 2010(11):20-24.
FENG Jizhong. Over "Landscaping Organizing"[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2010(11):20-24.
- [6] BROWN T C, DANIEL T C. Modeling forest scenic beauty: Concepts and application to ponderosa pine [D]. Fort Collins: USDA Forest Service Research, 1984: 256.
- [7] DANIEL T C, BOSTER R S, FOREST R M. Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method [D]. Fort Collins: USDA Forest Serv Res, 1976.
- [8] 兰格 E,勒格瓦伊拉 I,刘滨谊,等. 视觉景观研究:回顾与展望[J]. *中国园林*, 2012, 28(3):5-14.
LANGE E, LEGWALLA I, LIU Binyi, et al. Visual Landscape Research: Overview and Outlook[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2012, 28(3):5-14.
- [9] 王向歌. 基于城市景观视觉的山地公园植物景观规划设计研究[D]. 重庆:西南大学,2016.
- WANG Xiangge. On design of plant landscape in mountain parks of Chongqing based on the urban visual analysis[D]. Chongqing:Southwest University,2016.
- [10] SONG C, IKEI H, KOBAYASHHI M, et al. Effects of viewing forest landscape on middle-aged hypertensive men[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2017, 21: 247-252.
- [11] 王保忠,王保明,何平. 景观资源美学评价的理论与方法[J]. *应用生态学报*, 2006(9): 1733-1739.
WANG Baozhong, WANG Baoming, HE Ping. Theories and Methods of Aesthetic Evaluation of Landscape Resources[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006(9):1733-1739.
- [12] BRUSH R O. The attractiveness of woodlands: Perceptions of forest landowners in Massachusetts [J]. *Forest Science*, 1979, 25(3): 495-506.
- [13] BISHOP I D, ROHRMANN B. Subjective responses to simulated and real environments: a comparison[J]. *Landscape and Urban Planning*. 2003, 65 (4): 261-277.
- [14] 陈箴,杨云,邱明,等. 面向城市空间的实景视觉体验评价技术[J]. *风景园林*, 2017(4):28-33.
CHEN Zheng, YANG Yun, QIU Ming, et al. In-situ assessment of visual experience for urban space [J]. *Landscape Architecture*, 2017(4):28-33.
- [15] 孙漪南,赵芯,王宇泓,等. 基于VR全景图技术的乡村景观视觉评价偏好研究[J]. *北京林业大学学报*, 2016, 38(12):104-112.
SUN Yinan, ZHAO Xin, WANG Yuhong. Study on the visual evaluation preference of rural landscape based on VR panorama[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2016, 38(12):104-112.
- [16] 朱彦,刘佳伟,梅婉琪,等. 基于VR全景图技术的校园景观视觉评价偏好研究:以安徽新华学院为例[J]. *现代园艺*, 2020, 43(19):36-37.
ZHU Yang, LIU Jiawei, MEI Wanqi, et al. Research on the preference of campus landscape visual evaluation based on VR panorama technology: taking anhui xinhua university as an example [J]. *Modern Gardening*, 2020, 43(19):36-37
- [17] SHEPPARD S R J. Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization [J]. *Landscape and Urban Planning*. 2001, 54 (1): 183-199.
- [18] 怀松垚,陈箴,刘颂. 基于新数据、新技术的城市公共空间品质研究[J]. *城市建筑*, 2018(6): 12-20.

- HUAI Songyao, CHEN Zheng, LIU Song. The quality of urban public space based on new data and new technologies[J]. *Urbanism and Architecture*, 2018(6): 12-20.
- [19] LANGE E. 99 volumes later: We can visualise. Now what? [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 100(4): 403-406.
- [20] HIGUERA-TRUJILLO J L, LÓPEZ-TARRUELLA Maldonado J, LLINARES Millán C. Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality[J]. *Applied Ergonomics*, 2017, 65: 398-409.
- [21] LOVETT A, APPLETON K, WARREN-KRETZSCHMAR B, et al. Using 3D visualization methods in landscape planning: An evaluation of options and practical issues[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 142: 85-94.
- [22] ADELA B, TORRALBA B A. Semantic Understanding of Scenes through the ADE20K Dataset[J]. *International Journal of Computer Vision*, 2016 (3): 302-321.
- [23] 田松. 所见即所能见:从惠勒的实在图示看科学与认知模式的同构[J]. *哲学研究*, 2004(2): 63-69.
TIAN Song. What You See Is What You Can See; Seeing the Isomorphism of Science and Cognitive Model from Wheeler's Realistic Diagram [J]. *Philosophical Research*, 2004(2):63-69.
- [24] HANDS T, SHAW A, GIBSON M, et al. People and their plants: The effect of an educational comic on gardening intentions[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2018, 30: 132-137.
- [25] BIRENBOIM A, DIJST M, ETTEMA D, et al. The utilization of immersive virtual environments for the investigation of environmental preferences [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 189: 129-138.
- [26] 龚鹏,刘纯青,古新仁. 照片、动画媒介在城市植物视觉景观评估中的替代效应研究[J]. *中国园林*, 2017, 33(8):97-102.
GONG Peng, LIU Chunqing, GU Xinren. Research about substitution effects of photograph and animation media in the assement of urban plant visual landscape [J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2017, 33(8):97-102.
- [27] 徐磊青,孟若希,黄舒晴,等. 疗愈导向的街道设计:基于VR实验的探索[J]. *国际城市规划*, 2019, 34(1): 38-45.
- XU Leiqing, MENG Ruoxi, HUANG Shuqing, et al. Healing oriented street design: Experimental explorations via virtual reality[J]. *Urban Planning International*, 2019, 34(1):38-45.
- [28] 林月彬,刘健,余坤勇,等. 冠顶式步道景观环境感知评价研究:以福州“福道”为例[J]. *中国园林*, 2019, 35(6):72-77.
LIN Yuebin, LIU Jian, YU Kunyong, et al. Research on perceived evaluation for landscape environment of treetop walk: A case study of “Fu forest trail” in Fuzhou[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 35(6):72-77.
- [29] 陈笋,赵双睿. 提升心理健康的城市绿色开放空间规划设计[J]. *城市建筑*, 2018(24): 51-56.
CHEN Zheng, ZHAO Shuanrui. Enhancing planning and design of mental health urban green open spaces [J]*Urbanism and Architecture*. , 2018(24):51-56.
- [30] ODE Å, TVEIT M S, FRY G. Advantages of using different data sources in assessment of landscape change and its effect on visual scale[J]. *Ecological Indicators*, 2010, 10(1): 24-31.
- [31] GRAHN P, STIGSDOTTER U K. The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 94(3/4): 264-275.
- [32] USOH M, CATENA E, ARMAN S. Using presence questionnaires in reality [J]. *Presence Teleoperators Virtual Environ*, 2000, 9:497-503.
- [33] 俞孔坚,吉庆萍. 专家与公众景观审美差异研究及对策[J]. *中国园林*, 1990, 6(2):19-23.
YU Kongjian, JI Qingping. Research and countermeasures on the aesthetic differences between experts and the public[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 1990, 6(2):19-23.
- [34] 陈鑫峰. 京西山区森林景观评价和风景游憩林营建研究:兼论太行山区的森林游憩业建设[D]. 北京:北京林业大学, 2000.
CHEN Xinfeng, Research on Forest Landscape Evaluation and Scenic Recreation Forest Construction in West Beijing Mountain: Concurrently Discuss the Construction of Forest Recreation Industry in Taihang Mountain[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2000.
- [35] KULIGA S, THRASH T, DALTON R. Virtual reality as an empirical research tool-Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model [J]. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2015, 54:

- 363-375.
- [36] 袁勋,许超,包志毅. Lumion 软件在植物景观设计中的应用[J]. 福建林业科技,2013(4):114-116,130.
- YUAN Xun, XU Chao, BAO Zhiyi. Application of the Lumion software in the plant landscape design[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2013(4):114-116,130.
- [37] SHEPPARD S R J. Guidance for crystal ball gazers: developing a code of ethics for landscape visualization [J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 54 (1): 183-199.
- [38] 陈梓茹,傅伟聪,董建文. 基于场景可视化的城区山体美学质量评价研究:以福州市为例[J]. 中国园林, 2017, 33(10): 108-112.
- CHEN Zirui, FU Weicong, DONG Jianwen. Scenic Beauty Estimation of Urban Massif Based on Scenario Visualization: A Case Study of Fuzhou [J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(10):108-112.
- [39] BOURNEZ E, LANDES T, NAJJAR G, et al. Sensitivity of simulated light interception and tree transpiration to the level of detail of 3D tree reconstructions[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2019, 38: 1-10.
- [40] FRANK S, FÜRST C, KOSCHKE L, et al. Assessment of landscape aesthetics: Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty [J]. Ecological Indicators, 2013, 32: 222-231.
- [41] 王建伟,魏淑敏,姚瑞,等. 园林空间类型划分及景观感知特征量化研究[J]. 西北林学院学报,2012,27(2): 221-225,229.
- WANG Jianwei, WEI Shumin, YAO Rui, et al. Quantitative evaluation of landscape perception features and classification of garden space [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27 (2): 221-225,229.
- [42] 刘滨谊,郭佳希. 基于风景旷奥理论的视觉感受模型研究:以城市湿地公园为例[J]. 南方建筑,2014(3):4-9.
- LIU Binyi, GUO Jiaxi. Study on a visual evaluation model based on kuang-ao theory: Take urban wetland park as an example[J]. South Architecture, 2014(3): 4-9.
- [43] SMITH E L, BISHOP I D, WILLIAMS K J H, et al. Scenario Chooser: An interactive approach to eliciting public landscape preferences[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 106(3): 230-243.
- [44] BARDO M T, DONOHEW R L, HARRINGTON N G. Psychobiology of novelty seeking and drug seeking behavior. Behav. Brain Res. 1996,77, 23-43.
- [45] 付婧莞,陆明. 寒地校园冬季景观对大学生脑疲劳的感知恢复效用研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2020, 52(6): 905-911.
- FU Jingwan, LU Ming. Perceived restorative effects of winter campus landscape on university students' mental fatigue in winter cities[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2020, 52 (6): 905-911.

(编辑 桂智刚)