

张洋, 葛梦婷, 董孟斌, 沈熙为. 数字化背景下人机交互对景观感知的影响 [J]. 风景园林, 2022, 29 (9) : 48-54.

## 数字化背景下人机交互对景观感知的影响

# The Influence of Human-Computer Interaction on Landscape Perception in the Digital Context

张洋 葛梦婷 董孟斌 沈熙为 \*

ZHANG Yang, GE Mengting, DONG Mengbin, SHEN Xiwei\*

开放科学 (资源服务)  
标识码 (OSID)



中图分类号: TU986

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2022)09-0048-07

DOI: 10.14085/j.fjyl.2022.09.0048.07

收稿日期: 2021-12-31

修回日期: 2022-07-16

张洋 / 男 / 博士 / 上海交通大学设计学院讲师 / 研究方向为智慧园林、城市生物多样性  
ZHANG Yang, Ph.D., is a lecturer in the School of Design, Shanghai Jiao Tong University. His research focuses on smart landscape, and urban biodiversity.

葛梦婷 / 女 / 美国弗吉尼亚理工大学建筑学院在读博士研究生 / 研究方向为设计可视化、设计交互、环境心理学  
GE Mengting is a Ph.D. candidate in the School of Architecture, Virginia Polytechnic Institute and State University (Virginia Tech), US. Her research focuses on design visualization, design communication and interaction, and environmental psychology.

董孟斌 / 男 / 淄博市公用事业服务中心市政工程科副科长 / 研究方向为智慧园林  
DONG Mengbin is deputy chief of the Municipal Engineering Section of Zibo Municipal Public Utilities Service Center. His research focuses on smart landscape.

沈熙为 / 男 / 博士 / 美国内华达大学建筑学院助理教授 / 上海交通大学设计学院设计实践导师 / 研究方向为景观设计理论与应用  
通信作者邮箱 (Corresponding author Email):  
xiweishen@gmail.com

SHEN Xiwei, Ph.D., is a tenure track assistant professor in the School of Architecture, University of Nevada, US, and a teaching fellow in the School of Design, Shanghai Jiao Tong University. His research focus on theory and application of landscape design.

**摘要:** 数字时代背景下, 人机交互不断革新人们与环境之间的交互方式, 让人们以前所未有的方式感知景观。为了系统性厘清人机交互如何作用于景观感知, 首先, 分析了人机交互对人的思维方式、行为方式和体验需求的影响。其次, 基于人机交互的作用媒介和机制, 从多源数据拓展空间信息范围 (感知维度)、多通道交互增强感官体验 (感知方式)、实时计算强化动态响应过程 (感知过程), 以及情感计算触发情感反馈 (感知效果) 4 个层面, 提出人机交互对景观感知的影响。最后, 探讨未来在新信息技术、新交互方式、新智能反馈、新情感触发的背景下, 人机交互可为景观感知创造更多的可能性, 为风景园林研究方向拓展和设计创新提供参考。

**关键词:** 风景园林; 数字技术; 人机交互; 景观感知; 景观体验; 交互景观

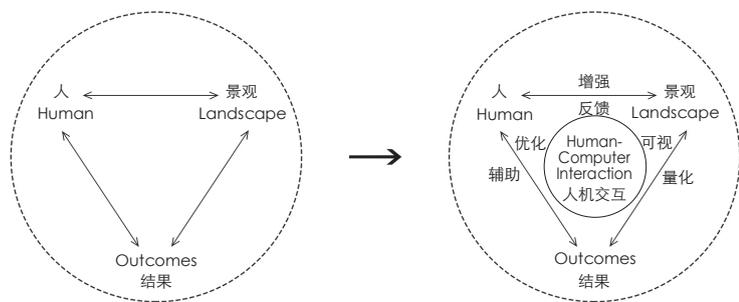
**Abstract:** In the digital age, human-computer interaction is constantly revolutionizing how we interact with our environment, allowing us to perceive landscape in an unprecedented way. In order to systematically clarify how human-computer interaction affects landscape perception, this research firstly analyzes the influence of human-computer interaction on the way people think and act and on people's experience needs. Secondly, based on the acting media and mechanism of human-computer interaction, the research proposes the influence of human-computer interaction on landscape perception from the following four dimensions: expansion of the scope of spatial information through multi-source data (perception dimension); enhancement of multi-source data expanded through multi-channel interaction (perception mode); enhancement of dynamic response process through real-time calculation (perception process); triggering of emotion feedback through emotion calculation (perception effect). Finally, the research discusses the opportunities that human-computer interaction can bring for landscape perception in the future in the context of new information technology, new interaction mode, new intelligent feedback and new emotion trigger, to providing reference for the expansion and design innovation of the research direction of landscape architecture.

**Keywords:** landscape architecture; digital technology; human-computer interaction; landscape perception; landscape experience; interaction landscape

### 1 研究背景

以互联网产业化和工业智能化为标志、以技术融合为主要特征的第4次工业革命正以一系列颠覆性技术深刻地影响和改变着我们的城市, 这些技术包括 (但不限于) 人工智能 (artificial intelligence, AI)、大数据与云计算、机

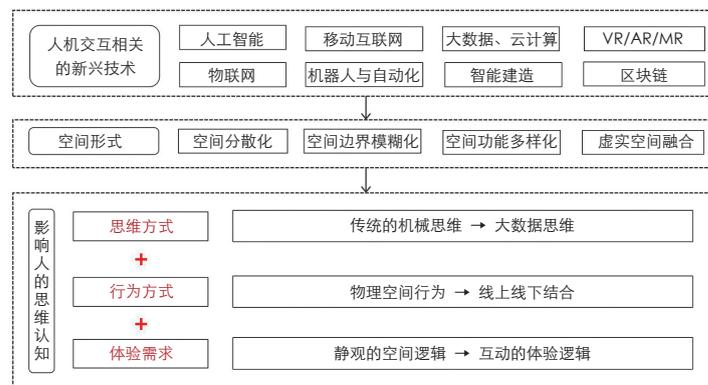
器人与自动化、3D打印、传感网、物联网、虚拟现实 (virtual reality, VR) 技术、增强现实 (augmented reality, AR) 技术、混合现实 (mixed reality, MR) 技术、清洁能源、量子信息技术以及生物技术等<sup>[1]</sup>。城市正逐渐成为一个由各类即时大数据所建构的网络空间与实体的物理空间



1

1 人机交互对景观感知影响的变化<sup>[23]</sup>

Changes in the influence of human-computer interaction on landscape perception<sup>[23]</sup>



2

2 人机交互对人的思维认知影响

Influence of human-computer interaction on human thinking and cognition

相互融合的复杂有机体<sup>[2]</sup>。城市物理空间与由信息通信技术产生的信息流动空间连接组合，由以物理技术为主导转变为以信息技术为主导<sup>[3]</sup>，形成“二元化城市”的新格局<sup>[4]</sup>。数字技术“万物互联”、虚拟性以及信息瞬时性的主要特征<sup>[5]</sup>，推动了城市要素和人之间的行为属性、行为特征和连接方式的转变与创新<sup>[6]</sup>，物理世界和虚拟世界之间的映射变得更加频繁，空间功能的转换更加自由和灵活，人的行为方式与景观场景中的物体发生更多的交互，并且不受空间的时空性、多维度性以及空间的具体形式等因素所限制。

与人类社会经历的4次重大变革相对应<sup>[7]</sup>，风景园林发展大致可分为4个阶段：18世纪前的古典主义传统园林的1.0时代，工业革命后人本主义园林的2.0时代，生态主义园林的3.0时代，以及数字化影响下智慧生态园林的4.0时代<sup>[8]</sup>。特别是近10年，数字化作为风景园林发展的重要推动因素，正成为行业研究与创新的关注重点之一，其带来的影响也尤为显著：一方面，数字技术作为辅助工具被大量应用于风景园林设计中，如设计的量化分析评估、数据化信息捕捉与采集、数据可视化、参数化设计以及景观过程模拟等<sup>[9]</sup>，推动设计向多样化和精准化转变；另一方面，数字化应用已逐渐从城市市场向风景园林场景延伸，其中，基于人机交互的各种智能机器正成为不同尺度景观的“参与者”，并使景观变成一种“反馈环境”，同时也在改变人们的景观感知，使景观感知更趋于个性化和人性化。

起源于19世纪50年代的景观感知理论（landscape perception theory），是在环境心理学研究基础上发展起来的独立理论，结合景观美学和环境心理学，主要研究人对景观和环境的感知与偏好<sup>[10]</sup>。在景观环境中，人的各类器官（眼睛、手、耳等）感受环境刺激，并将刺激转化为信息传递至大脑的过程被称为感觉。在此基础上，大脑结合认知，基于主观体验与经验，对传入信息进行处理与解释的过程被称为知觉，感觉和知觉的过程统称为感知<sup>[11]</sup>。景观感知就是人对景观环境的感知及相互作用的过程。

笔者通过梳理过去10余年景观感知相关的文献资料，发现国内外学者关于人机交互对景观感知的影响研究，大多围绕对人的五感——视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉的影响展开。比如，一些学者基于五感体验的综合性研究<sup>[12-16]</sup>，探讨人机交互对各感官的影响，提出感官体验融入设计的策略方法；也有一些学者的研究主要针对听觉，如杨盛<sup>[17]</sup>、赵昱<sup>[18]</sup>研究人机交互对声景感知的作用；还有一些研究基于穿戴式设备对景观感知的影响，如Zhang等<sup>[19]</sup>、Schlickman<sup>[20]</sup>、赵晓静<sup>[21]</sup>、Fricker<sup>[22]</sup>研究VR或AR技术对景观视觉感知的影响。Zube等<sup>[23]</sup>在1982年最早提出“人一景观—结果”的景观感应模型，在数字技术快速发展的时代背景下，人机交互有望成为景观感知新的、重要的媒介和工具，可以更好地增强反馈、辅助优化描述景观，帮助人与景观环境之间建立更广泛和密切的联系

（图1）。因此，关于人机交互对景观感知的影响研究不应局限于感官感知的结果研究，更应该关注人机交互对景观感知影响的全过程性和人的参与性。本研究基于人机交互的作用媒介和机制，试图从多个维度厘清人机交互如何作用于景观之中，以及如何对人的景观感知产生影响，并基于景观感知的全过程，从4个层面提出人机交互对景观感知的影响，即多源数据拓展空间信息范围（感知维度）、多通道交互增强感官体验（感知方式）、实时计算强化动态响应过程（感知过程），以及情感计算触发情感反馈（感知效果）。

## 2 人机交互对人的思维认知影响

人机交互主要通过传感设备对人的行为数据（如表情、动作、声音等的变化）与环境数据（如温度、湿度、空气质量、光照等的变化）进行监测与捕捉，经过算法运算后，以光效、图像等形式进行可视化输出，从而引导人或环境做出相应反馈<sup>[24]</sup>。人机交互不仅打破了原有“人一计算机”的单线程联系方式，还构建了人与智能机器相互联系和影响的新模式。人机交互模式对人的思维方式、行为方式和体验需求3个层面均产生了重要影响（图2）。

### 2.1 思维方式：机械思维转变为大数据思维

机械思维的2个核心特点是确定性和因果关系，即认为世界变化的规律是确定的，事物间存在着一定的因果关系，但当人们意识到社会的复杂性后，发现不确定性才是社



3 Hortum machina, B 交互装置<sup>[35]</sup>  
Hortum machina, B interaction installation<sup>[35]</sup>

会的常态<sup>[25]</sup>。数字技术带来各个领域数据的爆发式增长，让人们获得海量数据的同时，也意识到数据中蕴含的巨大潜力和价值。大数据分析为人们提供了解决问题的新思路，因为大数据中所包含的信息可以帮助人们消除不确定性，单一数据的误差也可以在海量数据面前被最小化。而且因果关系在某种程度上也可以被相关关系所取代，人们思考问题可以不再过分依赖精确的因果关系，而是关注数据间的相关关系，并通过研究数据间的内在逻辑得到一般性规律。当前，人们开始利用大数据分析的结果进行辅助管理和应用决策，人们的思维方式也逐渐从传统的机械思维转变为更具开放性和前瞻性的数据思维<sup>[26]</sup>。

## 2.2 行为方式：物理空间行为转变为线上线下结合

随着人机交互的载体如手机、摄像机、传感器等设备的广泛使用<sup>[27]</sup>，人一环境之间形成新的“人一机器—环境”智能增强生态链，依托物联网，人与环境突破物质空间和时间限制的强粘性关系<sup>[28]</sup>，人的行为方式更具有即时性、远程性和虚实结合性。即时性体现在传统的人与环境的交互模式需要提前考虑时间成本，而在人机交互的背景下可以做到“瞬时体验、即时反馈”；远程性体现在人机交互忽略了可达性的因素，削弱了传统体验中的物理空间，包括交通、地理等众多因素对人与环境体验的影响；虚实结合性体现在人与机器的交互，能够打破三维空间的限制，带来线上线下的多元体验。

## 2.3 体验需求：静观的空间逻辑转变为互动的体验逻辑

人机交互的过程可以收集大量的个人数

据，通过对这些数据的分析处理，可以对个体的社会属性、个性偏好、行为习惯等方面进行用户画像，产生可识别的标签定义，从而为个体推送个性化信息或提供定制化服务，在这一过程中，个体的意志和行为得到更多的关注，个体在习惯于这种体验的同时，会催生更多的个性化需求，这种需求也从生活体验扩展到景观体验中，对景观的功能需求从静观的空间逻辑转变为互动的体验逻辑，人们已不再满足于在被规划好的景观空间中静观，而是愈发倾向于主动参与到景观中形成互动，注重通过个人的行为获得个性化和多样化的体验。同时人们也习惯于借助各种智能机器进行互动，如大部分的游客已经习惯用手机扫描植物科普牌的二维码，获得植物的科普信息。所以，智能机器在景观体验中扮演着越来越重要的角色。

## 3 人机交互的作用机制及其对景观感知的影响

人机交互具有多源数据采集、多通道交互、实时移动计算、情感判断反馈 4 个方面的特征，这为景观感知体验带来了更多的可能性。总体来看，人机交互对景观感知的影响体现在 4 个方面，即多源数据拓展空间信息范围（感知维度）、多通道交互增强感官体验（感知方式）、实时计算强化动态响应过程（感知过程）、情感计算触发情感反馈（感知效果）。

### 3.1 感知维度：多源数据拓展空间信息范围

人机交互具有多源数据采集的特征，通过监测不同类型数据的传感器<sup>[29]</sup>、识别人行活动的摄像头、测量生理指标的测量仪、获取地理信息数据的无人机<sup>[30]</sup>和地理信息系统（GIS）<sup>[31]</sup>等数据采集媒介的广泛使用，可以多途径、多维度获取以往难以获得的数据信息，通过计算机算法处理，不仅可以帮助人们摆脱只能依靠身体感知的局限，拓展人对空间信息的感知方式和感知范围，还可以帮助人们更好地认知生物特征或者自然过程的复杂性，理解自然和环境的运转模式，并能直接进行互动<sup>[32]</sup>。

在人机交互的支持下，通过传感器等

设备监测微气候、植物、水文、空气质量等环境要素的变化数据，可以将空间中以往人难以感知或者不可见的微小变化，通过机器将变化过程和结果进行放大或者转化，以可视化的方式呈现给公众<sup>[33]</sup>。人机交互可以拓展人们对生物的感知维度，如植物学研究表明，植物可以表现出智能性，只是其与人类和动物所具有的机制不同，且时间跨度更长<sup>[34]</sup>。英国伦敦大学学院（UCL）的交互建筑（interactive architecture）实验室在 reEarth 项目中向人们展示了植物对环境的自主感知能力，在一个球形交互装置 Hortum machina, B 中安装光照传感器和插入式电极，以植物对光照的微小生理变化反应，驱动 Hortum machina, B 的自主旋转移动<sup>[35]</sup>（图 3）。北京林业大学园林学院蔡凌豪老师在《光之螺旋》交互景观中，将 10 根由单片机控制的光柱，通过物联网连接到校园里的银杏（*Ginkgo biloba*）、鹅掌楸（*Liriodendron chinense*）、白皮松（*Pinus bungeana*）等 10 棵古树上，树上的水分传感器会感知植物维管束中的水分含量，该水分含量数据会控制光柱的灯光颜色变化，当植物水分充足时灯光呈现冷色，若水分减少灯光向暖色渐变，最终变为红色，灯光颜色的变化犹如植物实时的心电图，将植物中细微的变化转变成可见的景观，艺术性地表达了自然万物的生命节律和脉动<sup>[36]</sup>（图 4）。人机交互还可以拓展人们对环境因素的感知维度，如 Swatek 和他的团队研发的 Smart Solar Flower 交互景观可以时刻向人们呈现太阳的位置变化，其模仿向日葵（*Helianthus annuus*）的原理，利用 GPS 数据和光照传感器，可以实时跟踪太阳的方位和角度，并通过内置的双轴跟踪系统，确保其始终与太阳保持 90° 的直射角度<sup>[37]</sup>。北京林业大学学研中心景观的交互装置，利用由 PM<sub>2.5</sub> 传感器和 Arduino 单片机组成的控制系统，监测空气中 PM<sub>2.5</sub> 的浓度变化，并将其通过玻璃艺术装置的颜色变化呈现给公众<sup>[38]</sup>。

除了拓展物理空间中的信息感知，采集的数据信息可以被转化为可视化的虚拟场景，借助 AR 技术叠加在物理空间上，丰富和拓展人们对虚拟空间的信息感知。谢菲尔德大学

Haynes 等<sup>[39]</sup>运用 AR 技术开发以移动设备为载体的景观雨洪模拟系统，该系统通过在真实场景中叠加雨洪数据信息，帮助人们更好地感知景观环境变化并及时做出应对。北京古北水镇的 AR 历史地图，借助手机、Ipad 等设备，利用 AR 技术在真实的明信片上“叠加”虚拟的历史生活场景，创造跨越时空的空间场景连接。人机交互的多源数据采集特征打破了物理空间的限制，建立了景观中物理空间与虚拟空间之间的关联。

### 3.2 感知方式：多通道交互增强感官体验

多通道 (multimodal) 交互即利用人的多种动作通道和感觉通道 (如表情、手势、语音、动作、视线等) 输入信息，与计算机环境以非精确、并行的方式进行交互<sup>[40]</sup>。在人机交互中，多通道交互实现了景观感知深度的增强，这包括了视觉、听觉、触觉的感知增强，以及多感官交融下的感知增强。多通道交互是实现自然人机交互的重要途径，其在自然交互和移动交互方面，相较于传统的单一通道交互方式有着更广泛的应用潜力，能够扩大用户输入信息的带宽，提高用户输入的效率，促使人们能够按其熟悉的方式进行人机通信。人机交互下的多通道交互包括信息输入与输出两大核心过程，持续革新升级的交互技术与不断探索优化的科研经验始终在助力这两大过程的发展。

在输入方面，基于深度神经网络模型的单通道输入如人机对话、机器翻译、目标识别、语音识别、手势检测与跟踪、人体检测与跟踪等性能得到快速提升，如超大规模深度卷积神经网络 (convolution neural network, CNN) 在图像目标识别领域的辨识水平已经超过普通人类的水平<sup>[41]</sup>。协同现今交互技术的发展步调，多通道交互也逐步向融合视觉、语音、语义、动作等的多模态计算发展。目前基于机器学习或者统计方法的多通道信息融合计算模型主要包括神经网络模型、Bayes 决策模型和基于图模型的信息融合。谷歌公司的开发者通过神经网络模型试图建立一个统一的深度学习模型，保证它在性能没有明显损失的情况下，能够有效地完成不同数据模态、不同领域下的多类型任务<sup>[42]</sup>，以精确



4 《光之螺旋》交互景观实景图  
Interaction landscape scenario of *Spiral of Light*  
5 ARC实验室的沉浸式交互体验<sup>[47]</sup>  
Immersive interaction in ARC Lab<sup>[47]</sup>

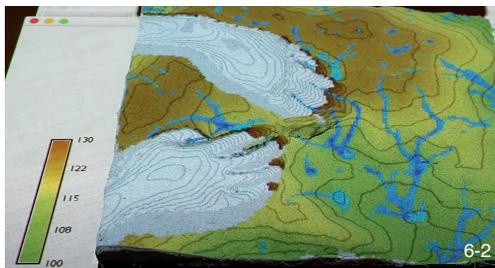
且全面地捕捉人的意向。在语音交互方面，中国科学院自动化研究所的学者们通过摄像头、麦克风、体感捕捉设备等工具，获取人的多模态行为信息，采用多虚拟人对话管理机制和混合主导式对话策略，对手势、语音、情感、姿势等多模态信息进行分析融合，以理解人的意图并自动生成对话语言<sup>[43]</sup>。

在输出方面，多通道交互模式可根据人的需求综合使用多种输出通道，并进行多通道融合，形成多设备协同和跨设备场景迁移的新型人机交互模式和产品形态<sup>[44]</sup>，有效提升人机交互过程中的感官体验与沉浸感。一方面来自数据的“包裹”，大量的、丰富的、多维度的数据可以让使用者瞬时获得理想的信息和体验；另一方面来自光电媒介、显像媒介、声音媒介、可触媒介等媒介传播载体的增强，以及各媒介之间表现出的高度复合性，使输出形式更加多样化和复杂化。正如徐跃家等<sup>[45]</sup>所言，数字技术给人们带来了前所未有的综合感知体验，就连一个小小的手机都能具有听觉、视觉、触觉等输出方式，实现从生理到心理的多感同步。近 10 年高速发展的 VR 技术，更是让人“真实地进入”虚拟空间中，配合触觉、嗅觉、听觉等多通道感官交互，获得身临其境的沉浸式体验。美国麻省理工学院 Media 实验室的城市科学 (city science) 研究小组在一次针对世界女性生活的策展中，通过多面屏幕、高清投影和灯光设

计等多种媒介，将动态影像与空间中心的城市模型相结合，使人们沉浸式地以他人的视角体验世界<sup>[46]</sup>。弗吉尼亚理工大学的高级研究计算 (advanced research computing, ARC) 实验室通过多面屏幕、高清投影与 VR 操控结合的方式，使人们能够沉浸式地体验虚拟场景并自由地操控场景变化<sup>[47]</sup> (图 5)。Teamla 团队的作品《在人们聚集的岩石上，注入水粒子的世界》(Universe of Water Particles on a Rock Where People Gather) 利用互动投影技术，在虚拟的三维空间中立体再现瀑布沿岩石下落的场景，作品通过实时计算人与水粒子之间相互作用产生的运动轨迹，描绘人与水形成的动态效果，同时场景中的樱花也会随人的移动逐渐绽放，形成人对景观干预的实时反馈<sup>[48]</sup>。

### 3.3 感知过程：实时计算强化动态响应过程

建立在实时计算上的动态响应过程是对景观感知操作性与灵活度的加成，这种动态响应主要包括人与空间环境数据间的动作性交互与心理性交互。随着信息和数字技术融入城市环境，城市成为一个无时不在、无处不在而又无形的计算环境。这种新技术带来的新城市环境，在人与机器之间建立起动态的多层次、多维度的互动和联系，并最终产生“泛在联系” (ubiquitous connection)<sup>[49]</sup>。信息网络化的链接和传递、多种设备之间的连接性和信息数据的共享性，也实现了技术 (互联网技术、云计算、物联网及大数据技术等)、



6 GeoForAll 实验室的触控景观实验<sup>[52]</sup>  
Touch-control landscape experiment in GeoForAll Lab<sup>[52]</sup>

7 《AI 机械花》3D 打印模型 (7-1) 和  
人机交互场景 (7-2) 3D printed model (7-1) and human-computer interaction scenario (7-2) of AI Mechanical Flower

场景、参与者(人、物、机构、平台、行业及系统)之间的瞬间联系。

正是数据的实时计算与高速网络信号传递的发展,使得当下从技术层面加快了人机交互速度,人对空间的体验与需求能够快速通过交互技术与景观环境连接,而无须长时间等待或人工介入。人的行为可以获得实时的动态反馈,以往被动参与景观的过程转变为主动介入,静态观赏景观的过程转变为实时互动<sup>[50]</sup>,从而激发出新的行为方式。同时,在互动的过程中,人以使用者的身份参与作品并成为作品的一部分,而且人参与创作过程的不确定性又会使信息转换的呈现方式产生多样性。

Media 实验室研究的触控视觉魔方(tangible view cube)能够实现以实体模型为依托的多角度景观场景模拟<sup>[51]</sup>。用户可以在实体模型中自由翻转魔方,而计算机中的景观场景渲染则会根据魔方的位置和角度做出实时改变,从而使用户能够脱离鼠标与键盘,实现更便捷的交互行为。同样基于强化动态交互的目标,美国北卡罗来纳州立大学的 GeoForAll 实验室通过触控景观(tangible landscape)技术使人们能够通过直接操作景观模型来实时改变电子图像及相关分析数据,

用户可以在实体景观模型中自由改变景观要素与形态,而这些改变将被投影捕捉并实时传输至计算机中。最终,新的数据分析与场景渲染将实时更新,从而实现用户在参与设计的同时与设计作品高效互动<sup>[52]</sup>(图6)。上海交通大学数字景观实验室研发的《AI 机械花》交互景观是基于 AI 技术构建的一种实时响应的反馈式景观。自然界中影响花开合的主要因素是光照,而机械花则是通过人的行为控制机械花的开合,它通过距离传感器和摄像头捕捉人的距离和肢体动作,结合人物检测、动作捕捉等算法,设置4种人机交互模式来控制机械花叶片的开合幅度和方向变化,实现模拟自然植物的智能机器对人的行为的动态反馈,增强人的景观感知。同时,机械花与环境中的自然花境形成景观模糊和体验反差,重构“人—智能机器—自然”之间的互动关系,激发人们对自然的思考(图7)。

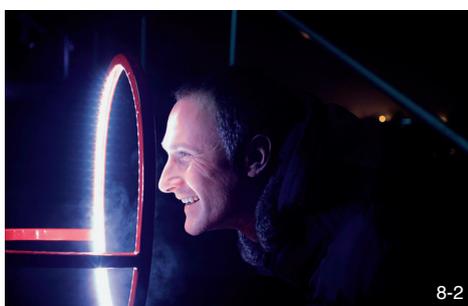
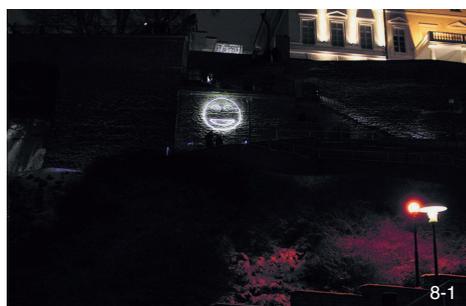
### 3.4 感知效果:情感计算触发情感反馈

以动态、科学的情感计算触发用户的情感反馈,是人机交互技术提升景观感知的重要手段。情感计算是指利用机器对人类情感进行感知、识别和理解,并能针对人的情感做出智能化反应,建立人和智能机器的情感交流,甚至影响人的情绪。人机情感交互是

对人类情感的信息处理过程的模拟,重点是形成人和智能机器的双向情感交流,即情感从人流向智能机器,再从智能机器回流向人,实现人机“共情”或情感“交流”。这种双向性建立在情感交互的2个核心环节上,即情感识别和情感表达。

情感识别主要基于生理信号、面部表情、文字信息、肢体动作和语音符号等途径<sup>[53]</sup>。目前的识别方式通常以单模态为主,如利用面部表情图像识别人的高兴、害怕、生气、厌恶、悲伤、吃惊这6种情感状态<sup>[54]</sup>,而相关研究发现多模态比单模态能够提供更多的信息,更容易对情绪进行准确判断,但现阶段多模态一般是基于面部表情、肢体动作、语音符号其中2种结合的双模态,暂时无法实现实质上的多模态,而且生理信号也很少能与以上几种模态相结合<sup>[55]</sup>。对情绪的特征提取和分类主要通过机器学习算法和情绪判断模型,从而实现对人的情感判断,相比于早期使用支持向量机(support vector machine, SVM)进行分类,随着数据量增大,以循环神经网络(recurrent neural network, RNN)、CNN、对抗神经网络(adversarial neural network, ANN)等为代表的深度学习学习显示出更精准的推测潜力<sup>[56]</sup>,可以更准确地理解人的情绪。如 Smile 就是一种通过单模态进行面部表情识别的情绪交互景观,它由识别微笑的交互站和灯管制成的笑脸组成,当交互站感应并识别到人的微笑表情时,固定在墙上的笑脸装置就会自动亮起,形成对人情感的直接反馈<sup>[57]</sup>(图8)。

情感计算的最终目的是情感表达,即在情感感知的基础上,做出智能化反应。由于机器学习在情感计算方面的应用主要集中在情感分类,很少应用于智能机器的情感表现。现有智能机器的情感表现力针对性不强,不能在人与人的交互过程中对情感表达进行自动调节,因此在景观场景中较难与人形成情感交流,导致大部分案例还停留在实验室研究层面,能够应用于实践中的相对较少。Media 实验室的研究团队将 VR 技术与情感识别结合,营造了具有疗愈效果的情感交互场景<sup>[58]</sup>。其中,研究者运用脑电仪监测用户大脑活动,



8 Smile 情绪交互景观的灯光装置 (8-1) 和人机交互场景 (8-2) <sup>[57]</sup>

Light installation (8-1) and human-computer interaction scenario (8-2) of Smile emotion interaction landscape <sup>[57]</sup>

9 Media 实验室的海洋疗愈情感交互实验 <sup>[58]</sup>

Ocean healing emotion interaction experiment in Media Lab <sup>[58]</sup>

并使用医疗腕带监测他们的心率与皮电活动，这些数据将被实时转化成模拟深海生物与静谧氛围的 VR 画面，用户通过佩戴 VR 眼镜，将沉浸在这一平静的场景中直面自己身体的内部活动，而与用户相关联的虚拟场景，又反过来疗愈用户的情绪 (图 9)。同样是基于对用户情感与健康的关注，华盛顿大学的研究者们运用脑电仪识别瘫痪病人的情绪与意图，再通过计算机与电子发声器将这些情绪与意图转换为动态变化的音乐。这一人机交互过程使瘫痪病人能够自由地将思绪转换为具体音符，无须双手也可以演奏音乐，病人的创作意图得以实现，心情也得到疗愈 <sup>[59]</sup>。

#### 4 结论与展望

人机交互不断革新人们和环境之间的交互方式，它将对人的行为和环境进行更全面的描述和反馈，让人们以前所未有的方式感知景观。未来在新信息技术、新交互方式、新智能反馈、新情感触发的背景下，人机交互可为景观感知创造更多的可能性。

1) 新信息技术。回溯在 4G 技术成熟和普及短短 5 年内带来的生活变革，它使移动互联网、电子支付、短视频、网络直播成为可能，4G 和它催生的服务深刻改变了人们的认知和生活方式。随着 5G 甚至 6G 等新信息技术的普及，信息的传递速度将是 4G 技术的 10 倍以上，机器与机器之间有望实现真正的“万物互联”，数据流和信息流将进一步扩大人的信息感知维度，甚至有机会引发更多颠覆性的体验变革。但是当下也面临着诸多挑战，首先是物联网的覆盖范围仍然有限，制约着

信息获得的广度，因此，其覆盖的范围和类型需要进一步扩大；其次是传感设备的灵敏度、准确性和稳定性，制约着信息获取的深度，部分传感设备存在长期使用后灵敏度降低、信号容易被外界环境屏蔽或干扰等问题，同时传感设备的功能集成化和微型化也亟待提升。

2) 新交互方式。人机交互的方式正逐渐打破传统的桌面计算模式，呈现出多元化、创新化的特征。纵观整个科技发展史，变革基本是由交互体验革新引发的，鼠标和键盘标志着个人电脑 (personal computer, PC) 时代的开端，触摸技术标志着移动互联网时代的开端，而在 AI 时代，随着 AI 技术和深度学习算法的不断进步，人机交互将变得更加自然和方便 <sup>[60]</sup>。单通道交互方面，相关技术的研究已经有所突破，但仍存在诸多需要攻克的难点。例如，空中手势交互的种类和自由度从二维静态、近距离手势扩展到三维动态、远距离手势，并进入实际应用阶段，如谷歌眼镜“Google Project Glass”、微软全息眼镜“Microsoft HoloLens”、AR 头戴设备“Magic Leap One”，都可以实现手势“隔空”操作，但识别的准确性和范围还有待提高。多通道交互方面，由于人机交互表达的丰富性和模糊性难以准确映射为传统人机交互的界面操作，导致人机交互系统在多通道融合框架下难以准确理解用户意图，而且多通道的融合方法及交互系统依旧依赖于经验设计，缺乏“自我增长”的能力，同时系统的模型迁移能力在支持个性化用户行为的理解方面也需要提高 <sup>[61]</sup>。因此，构建具有智能增长能力的多

通道信息融合和理解模型、训练计算机的类人认知与学习能力，以及训练系统的多通道选择与管控能力，将是多通道信息融合需要重点突破的方向。

3) 新智能反馈。以人为起点的人机交互方式，未来可能会转变为以智能机器为起点的“主动交互”，机器通过城市计算、社会计算、情感计算等方式，对人的行为数据和生理数据进行挖掘和分析，计算出人的需求并主动输出执行结果，做出个性化的智能反馈。同时，人在景观中的交互将不仅限于被动体验，通过物联网、传感设备可以把更多的数据信息采集映射到数字世界中，再通过数字世界反向控制和优化物理世界中的场景，从而对环境形成有效反馈和改变。当然，只有在“持续学习”策略的支持下，才能促使人和智能机器在环境中的共同进化，但现阶段大多数 AI 算法其实是“离线”的，即上传至网络物理系统中的模型是一个已经调试过的模型 (如深度学习中的神经网络) <sup>[62]</sup>，所以智能机器缺乏实质上的“持续学习”能力。因此，此方面的研究还需要继续深入，才有可能实现真正的智能反馈。

4) 新情感触发。未来随着情感计算相关技术的提升，将赋予智能机器在视、听等方面更强的情感识别能力，同时智能机器对人的思维理解、情境理解能力将更加完善，情感交互能力也将更加智能。但是，情感是人类最复杂的、最不可预测的表达形式，情感计算仍存在诸多技术难题有待解决，比如情感分析往往主要集中在单/双模态以及离散的基本情感类别等方面，缺乏更多模态及连

续动态情感分析的系统研究。所以为了实现精准而科学的情感识别与交互，需要新技术、新设备的支撑，而这个过程将与传感技术、机器学习、可视化等的未来发展同步。

#### 参考文献 (References):

- [1] LONG Y. (New) Urban Science: Studying "New" Cities with New Data, Methods, and Technologies[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2019, 7(2): 8-21.
- [2] 杨俊宴, 郑屹. 城市: 可计算的复杂有机系统: 评《创造未来城市》[J]. 国际城市规划, 2021, 36 (1) : 7.
- [3] MITCHELL W J. E-topia[M]. Cambridge: MIT Press, 2000.
- [4] 张恩嘉, 龙瀛. 空间干预、场所营造与数字创新: 颠覆性技术作用下的设计转变[J]. 规划师, 2020, 36 (21) : 5-13.
- [5] 王晶, 甄峰. 信息通信技术对城市碎片化的影响及规划策略研究[J]. 国际城市规划, 2015, 30 (3) : 66-71.
- [6] BATTY M. Inventing Future Cities[M]. Cambridge: MIT Press, 2018.
- [7] 清华大学建筑学院, 腾讯研究院, 腾讯云. WeSpace · 未来城市空间[R]. 北京: 清华大学建筑学院, 2020.
- [8] 成实, 张潇涵, 成玉宁. 数字景观技术在中国风景园林领域的运用前瞻[J]. 风景园林, 2021, 28 (1) : 46-52.
- [9] 刘颂, 张桐恺, 李春晖. 数字景观技术研究应用进展[J]. 西部人居环境学刊, 2016, 31 (4) : 1-7.
- [10] 邓位. 景观的感知: 走向景观符号学[J]. 世界建筑, 2006 (7) : 47-50.
- [11] 颜丙金. 文化旅游地特色文化景观的游客多维感知研究[M]. 南京: 南京大学出版社, 2019.
- [12] 张超. 互动式体验景观在园博园展园中的研究与运用[D]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [13] 王芳. 公共空间互动性景观设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2015.
- [14] 王红奕. 园林建设中的互动性设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [15] 张煜子. 多感官体验式互动景观的研究[D]. 南京: 南京工业大学, 2012.
- [16] 魏倩. 城市公园体验式景观设计研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.
- [17] 杨盛. 交互性声景观设计方法研究[J]. 现代园艺, 2015 (15) : 110-112.
- [18] 赵昱. 景观设计的智能交互性应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2019.
- [19] ZHANG X F, YAN S, QUAN Q. Virtual Reality Design and Realization of Interactive Garden Landscape[J]. Complexity, 2021: 1-10.
- [20] SCHILICKMAN E. Going Afield: Experimenting with Novel Tools and Technologies at the Periphery of Landscape Architecture[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2019, 7(2): 84-91.
- [21] 赵晓静. 计算机增强现实(AR)技术在园林景观设计中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2021 (1) : 146-147.
- [22] FRICKER P. Virtual Reality for Immersive Data Interaction[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2019, 7(2): 153-159.
- [23] ZUBE E H, SELL J, TAYLOR J G. Landscape Perception: Research, Application and Theory[J]. Landscape Planning, 1982, 9(1): 1-33.
- [24] 张洋, 李长霖, 王菲. 数字化技术驱动下的交互景观实践与未来趋势[J]. 风景园林, 2021, 28 (4) : 99-104.
- [25] 吴军. 智能时代[M]. 北京: 中信出版社, 2016.
- [26] 段虹, 徐苗苗. 论大数据分析 with 认知模式的重构[J]. 哲学研究, 2016 (2) : 105-109.
- [27] JIANG B. Nine Questions Toward Influences of Emerging Science and Technology on Urban Environment Planning and Design[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2019, 7(2): 66-75.
- [28] 曹静, 何汀滢, 陈箴. 基于智能交互的景观体验增强设计[J]. 景观设计学, 2018, 6 (2) : 30-41.
- [29] 王建亮, 蒙源, 李芳芳. 基于手势传感器的智能人机交互识别系统设计[J]. 数字技术与应用, 2021, 39 (5) : 112-114.
- [30] 韩炜杰, 王一岚, 郭巍. 无人机航测在风景园林中的应用研究[J]. 风景园林, 2019, 26 (5) : 35-40.
- [31] 荆超凡. 基于人机交互的地理属性数据采集系统研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2020.
- [32] 张诗阳. 计算机科学与风景园林: 弗吉尼亚大学风景园林系主任耿百利教授专访[J]. 风景园林, 2020, 27 (5) : 105-109.
- [33] 匡纬. “人机交互技术”支持下的“动态”景观设计未来[J]. 风景园林, 2016, 23 (2) : 14-19.
- [34] CANTRELL B, ZHANG Z H. A Third Intelligence[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2018, 6(2): 42-51.
- [35] CAMILLERI W V, SAMPAIO D. ReEarth: Hortum Machina, B[EB/OL]. (2016-04-17)[2020-09-10]. <http://www.interactivearchitecture.org/lab-projects/reearth/>.
- [36] 蔡凌豪. 有关森林之心的一些记忆和问答[EB/OL]. (2020-09-18)[2020-12-05]. <https://mp.weixin.qq.com/s/lyVYSXcZlxVAqatGxfpN2g>.
- [37] MILLER A. Are Smart Solar Flowers Worth the Recent Hype?[EB/OL]. (2022-05-06)[2022-05-30]. <https://earth.org/smart-solar-flowers/>.
- [38] 蔡凌豪. 风景园林规划设计的数字实践: 以北京林业大学学研中心景观为例[J]. 中国园林, 2015, 31 (7) : 15-20.
- [39] HAYNES P, HEHL-LANGE S, LANGE E. Mobile Augmented Reality for Flood Visualisation[J]. Environmental Modelling and Software, 2018, 109: 380-389.
- [40] 董士海. 人机交互的进展及面临的挑战[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16 (1) : 1-13.
- [41] YU D, DENG L, HE X D, et al. Large-Margin Minimum Classification Error Training for Large-Scale Speech Recognition Tasks[C]//Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Honolulu: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007: 1137-1140.
- [42] KAISER L, GOMEZ A N, SHAZEER N, et al. One Model to Learn Them All[EB/OL]. (2017-06-16)[2021-12-20]. <https://arxiv.org/abs/1706.05137>.
- [43] 陶建华, 王静. 基于人工智能的多通道智能人机交互[J]. 信息技术与标准化, 2017 (11) : 19-22.
- [44] 李菲, 杨雪. 人机交互的载体变迁进展分析[J]. 大众标准化, 2021 (20) : 52-54.
- [45] 徐跃家, 郝石盟, 孙昊德. 数字化媒体对城市公共空间的介入浅析[J]. 建筑创作, 2018 (5) : 152-158.
- [46] MIT Media Lab. With(in)[EB/OL]. (2019-07-27)[2022-05-01]. <https://www.media.mit.edu/projects/with-in/overview/>.
- [47] Advanced Research Computing (ARC). Visualize This![EB/OL]. (2020-07-27)[2022-05-01]. <https://arc.vt.edu/services/visualization/visualize-this.html>.
- [48] Teamlab. Universe of Water Particles on a Rock Hill Where People Gather[EB/OL]. (2019-02-27)[2022-05-01]. <https://art.team-lab.cn/w/iwa-waterparticles/>.
- [49] SHEPARD M. Sentient City: Ubiquitous Computing, Architecture, and the Future of Urban Space[M]. Cambridge: MIT Press, 2011.
- [50] 姚雪艳, 徐孟. 城市公共空间环境设计创新途径与导向研究[J]. 景观设计学, 2017, 5 (3) : 18-31.
- [51] MIT Media Lab. Tangible View Cube[EB/OL]. (2020-02-21)[2022-05-05]. <https://www.media.mit.edu/projects/tangible-view-cube/overview/>.
- [52] PETRASOV A, HARMON B, PETRAS V, et al. Tangible Modeling with Open Source GIS[M]. Heidelberg: Springer International Publishing, 2018.
- [53] JIANG Y Y, LI W, HOSSAIN M S, et al. A Snapshot Research and Implementation of Multimodal Information Fusion for Data-Driven Emotion Recognition[J]. Information Fusion, 2020, 53: 209-221.
- [54] DALGLEISH T, POWER M. Handbook of Cognition and Emotion[M]. Sussex: John Wiley and Sons, 1999: 1-21.
- [55] 刘婷婷, 刘箴, 柴艳杰, 等. 人机交互中的智能情感计算研究[J]. 中国图象图形学报, 2021, 26 (12) : 2767-2777.
- [56] CALVO R A, D'MELLO S. Affect Detection: An Interdisciplinary Review of Models, Methods, and Their Applications[J]. IEEE Transactions on Affective Computing, 2010, 1(1): 18-37.
- [57] Varvara and Mar. Smile[EB/OL]. (2018-12-27)[2022-05-07]. <http://dancewithlight.com.cn/view/225>.
- [58] AMORES J, FUSTE A, RICHER R. Deep Reality: Towards Increasing Relaxation in VR by Subtly Changing Light, Sound and Movement Based on HR, EDA, and EEG[C]//BREWSTER S, FITZPATRICK G. Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: Association for Computing Machinery, 2019: 1-2.
- [59] University of Washington. Performing with the Brain[EB/OL]. (2020-02-21)[2022-05-05]. <https://dxarts.washington.edu/research/creative-work/performing-brain>.
- [60] 百度AI交互设计院. AI人机交互趋势研究[EB/OL]. (2020-01-07) [2021-12-20]. <https://wenku.baidu.com/view/954f82c1350cba1aa8114431b90d6c85ec3a8802.html>.
- [61] 杨明浩, 陶建华. 多通道人机交互信息融合的智能方法[J]. 中国科学: 信息科学, 2018, 48 (4) : 433-448.
- [62] 张子豪, 耿百利. 育野: 技术多样性与机器中的“野”[J]. 景观设计学, 2021, 9 (1) : 52-65.

#### 图片来源 (Sources of Figures):

图1由作者根据参考文献[23]改绘; 图2由作者绘制; 图3引自参考文献[35]; 图4由北京甲板智慧科技有限公司提供; 图5引自参考文献[47]; 图6引自参考文献[52]; 图7由作者拍摄; 图8引自参考文献[57]; 图9引自参考文献[58]。

(编辑 / 邓泽宜)