

【中青年教师精粹】

虚拟现实眼动系统在环境交互设计中的研究

苗岭

(上海视觉艺术学院, 上海 201620)

摘要: **目的** 通过虚拟现实强大的渲染和逼真的交互功能并利用虚拟现实眼动系统对环境交互设计进行研究。**方法** 在虚拟现实环境交互实验中应用眼动追踪技术提供的轨迹图和热点图进行数据分析, 创新性地获得环境交互中的高精度感知信息。通过“环境—感知—交互”模式, 长时段和全覆盖的大数据导入以及对精确空间信息和即时性感受的实时记录, 实现以多元用户为中心的对环境维度和感知维度的设计研究。**结论** 新技术不仅为研究提供了更直观的表达和更客观的分析, 而且推动了现有研究范式的革新。虚拟现实眼动研究使设计能够整体考虑到实际建成环境中的多个变量及其交互效应, 实现从设计建成后的观察转变为设计过程中的预判和修正, 从而强化对于设计实践进行指导的针对性和前置性。

关键词: 虚拟现实; 环境交互设计; 眼动追踪; 虚拟现实眼动系统; 实验研究

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)22-0274-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.22.046

Eye-tracking Virtual Reality System in Environmental Interaction Design

MIAO Ling

(Shanghai Institute of Visual Arts, Shanghai 201620, China)

ABSTRACT: The work aims to study the environmental interaction design through powerful rendering and realistic interactive function of virtual reality and the eye-tracking virtual reality system. Trajectory chart and heat map provided by eye-tracking technology were applied in the interactive experiment of virtual reality environment to analyze the data and innovatively obtain the high-precision sensing information in the environmental interaction. Through the "environment-sensing-interaction" mode, long-term and full-coverage big data import and real-time recording of accurate spatial information and instant feelings, the design of environmental dimension and sensing dimension centered on multiple users was achieved. New technologies not only provide more intuitive expression and more objective analysis for researches, but also promote innovation in existing research paradigms. Eye-tracking virtual reality research enables the design to overall take into account the multiple variables and their interaction effects in the actually built environment, further to realize the transformation from observation after design to pre-judgment and correction in the design process, and consequently to strengthen the targeted and pre-positioned guidance of the design practice.

KEY WORDS: virtual reality; environmental interaction design; eye tracking; eye-tracking virtual reality system; experimental research

环境可以被认为是基于人类现实和精神的需要, 从而借助时间、物质以及空间等元素所建立的一个有机系统。在传统环境体验中人们通过五官的感受上升到精神的领悟来实现物象和意境的结合^[1]。而基于计

算机应用和信息交互的虚拟现实技术使人们将其身处的现实空间和想象的虚拟世界相融合, 扩展了人们与环境的关系认知, 改变了环境的发展秩序以及人与人的交互方式, 人类的思维意识也随之发生了变化。虚

收稿日期: 2018-08-23

基金项目: 上海市政府扶持资金上海视觉艺术学院高地科研项目“虚拟现实技术在环境交互设计中的应用研究”

作者简介: 苗岭(1978—), 男, 天津人, 上海视觉艺术学院副教授, 复旦大学博士生, 主要研究方向为新媒体技术在展示设计中的应用。

拟现实不仅是一项应用技术，而且还是一种设计工具^[2]，利用视觉的形态构成适人化的多维信息空间使人们创建并体验虚拟世界。虚拟现实环境在确认生成规则和方式的基础上进行多种形式的探索，从而促使人们在环境交互设计中不断完善。

1 虚拟现实引发全新的环境交互设计

虚拟现实的本质是一套模拟虚拟世界体验的交互仿真系统，利用计算机融合多源信息，通过三维动态视景感知实体行为下的虚拟世界，是一项综合性的计算机图形交互技术。它利用计算机所生成的三维空间和相应输入输出设备，实现视、听、触觉并以图表及动画的方式呈现，使体验者身临其境^[3]。在环境设计领域，虚拟现实的出现和应用为其带来了全新的发展契机。它突破了传统思维的局限，充分挖掘了环境交互设计的潜能。除了突破在设计中的经费、场地和设备等方面的限制以及避免实际操作中潜在的威胁和困难等，更重要的是虚拟现实作为一种工具带动了设计过程中与甲方、设计师及使用者的交互^[4]。参与者能够亲身进入虚拟环境之中，考量环境整体及设计细节，分析设计要素之间的关系，掌握设计的功能性和完成度，从而客观评测设计并对设计方案进行修改和完善。这些都是过去只能通过效果图、动画和模型等方式难以达到的效果，也是在当下环境交互设计越发起各方重视的原因。

2 虚拟现实环境特有的交互设计体验

虚拟现实为人类在现实空间之外创造了一个能够互动的虚幻世界，实现从单向信息接受跨越到双向交互模式的转变。推动虚拟现实技术在环境交互中的

运用，将推动人类的体验进入一个虚拟与现实亲密融合的境界^[5]。不断强化的互动体验使人们越来越倾向于对环境产生具有创造性，并以用户个性体验为目的的思维模式。虚拟现实环境交互中的三维效果将更加突出，并提供易懂易操作的选择项目和信息提示协助用户达到在环境交互中的要求^[6]。随着“随时随地计算”理念的深入设计，多通道智能交互的需求日益增加。环境场景设立在虚拟现实之中，用户可以通过视觉、肢体和语音控制等行为输入指令，设备界面通过信息排布和提示传达输出系统的讯息，形成在虚拟现实环境中特有的交互设计体验。

2.1 视觉交互设计

在交互中眼睛扮演着重要的角色。虚拟现实当中最直观和基本的方式就是视觉交互。由于只用眼睛一个器官支持视觉交互并不符合人的自然交互行为，因此我们更多地视觉交互定义为基于基础判断和注视交互两种类型。在基础判断中眼睛通过基本的肌肉运动，如眨眼、皱眉等完成一些简单的判断行为，如眨左眼为肯定，右眼为否定。注视交互就是我们在自然交互中存在的“聚焦于某个点”，这需要虚拟现实设备捕捉人类眼球运动和瞳孔大小的变化，从而分析环境场景中哪个部分是用户正在关注的^[7]。用户做出“锁定”的动作，从而得到系统反馈的信息。在研究中我们以消费者选购商品为目标设计了一个虚拟现实超市环境见图 1。视觉交互在设计上甚至可以达到超越现实的便利。消费者在超市复杂的环境中只需注视感兴趣的商品 2 秒，商品旁就会出现关于这件商品的品牌、价格等文字信息，还可以唤起对该物品的下一步操作，如“购买”等供用户选择，使用虚拟现实视觉交互进行超市购物的场景见图 2。视觉交互的独特性就

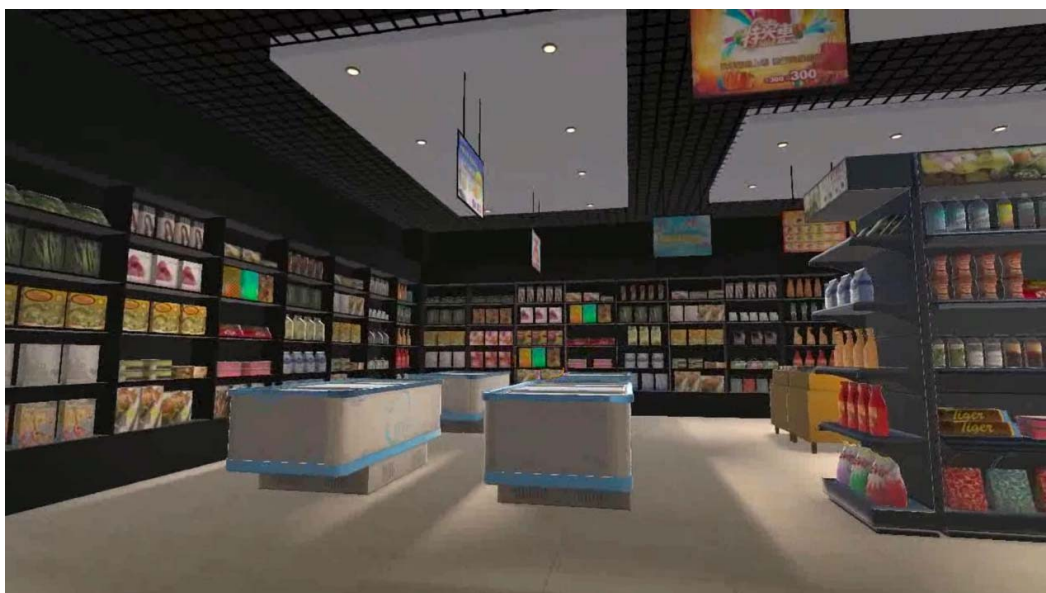


图 1 虚拟现实超市环境

Fig.1 Virtual reality supermarket environment



图2 使用虚拟现实视觉交互进行超市购物的场景
Fig.2 Supermarket shopping by using virtual reality visual interaction

在于只要是眼睛能够看到的物品,我们就能够在虚拟现实环境中设计交互行为,并以此考量物体的放置及使用是否符合用户要求。

2.2 手控交互设计

人类之所以成为人类,就在于解放了双手,一切工具都是手的延伸。我们手指上有非常多的神经元,它让我们灵活的和复杂环境进行对话。目前VR头显厂商大都采用虚拟现实手柄作为常规的交互模式。手柄多为两手分立配备六个自由度空间的传感器跟踪设备,并带按钮和震动反馈功能。当用户触碰简单的按钮和触发器就可以操作VR里面的手臂^[8]。例如

在一套虚拟现实家居环境中,用户可以通过手柄完成烹饪的各项环节以检验厨房空间及操作界面设计的合理性,使用虚拟现实手柄交互进行厨房间操作见图3。手柄交互的优势在于使用门槛相对较低,场景应用灵活,用户在应用时不需要在手上穿脱设备。手握控制器的另一个好处就是它能带给用户触觉的反馈,通过一系列的触摸板设计来表现各种摩擦感和阻力。但由于用户需要带上虚拟现实全遮罩的头显,从而使视觉受到局限,完全看不到双手。正在完善中的一体化移动VR头显利用集成光学使手部跟踪用作移动场景,这样的交互设计将有效提升用户的体验感。



图3 使用虚拟现实手柄交互进行厨房间操作
Fig.3 Kitchen area operations by using virtual reality handle interaction

2.3 语音交互设计

虚拟现实用户在体验时经常通过环顾四周来不断发现和探索。图形指示可能会对沉浸感产生影响,这时如果用户和虚拟现实环境进行语音交互会更加自然。用户不需要移动头部就可以在任何方位任何角落进行交互。仅仅只需通过设计一个简单的语音命令,一个虚拟场景就可以被重新塑造出来。例如在汽

车 4S 店展厅的虚拟现实环境中,当用户在体验时需要调整汽车部件的展示效果时,只需要发出口令,展品就将立刻旋转移动并最终陈列在合适的位置,使用虚拟现实语音交互进行展示设计见图 4,这是在现实展览环境中无法达到的理想设计方式。用户使用同样的语音界面连接到 VR 系统,他们甚至可以根据设计要求去改变虚拟现实环境中任何事物的空间和形态。



图 4 使用虚拟现实语音交互进行展示设计

Fig.4 Display design by using virtual reality voice interaction

3 虚拟现实眼动系统研究方法及实验

虚拟现实技术对人类最直接的输出就是视觉观感,这其实和我们的现实生活非常相似。虚拟现实中的所有环境交互设计都是以视觉交互为基础的。由此,我们发现基于视觉交互的虚拟现实眼动系统为沉浸度更高的环境体验研究带来可能,使那些过去只能在真实环境中作出的分析可以在虚拟环境中实现。眼动追踪和生理传感技术的发展使得以往只能借助相对主观的调查才能获取的信息和分析能够通过较为客观的观察数据来得到。眼动追踪与 VR 的结合能够使研究环境完全受控并准确了解用户每一刻的视觉信息。高质量的眼动数据使得研究在可信度方面具有了质的突破并为设计研究开辟了新的思路。

3.1 虚拟现实眼动系统

眼动技术作为一种收集视觉通道信息的重要方法已经在多项人机交互的研究中得到了广泛应用,特别是眼动追踪研究近年来发展迅猛。眼动追踪技术能够通过测量眼睛注视点的位置或眼球相对于头部的运动从而达到对视线聚焦点的相关分析。眼动追踪相较于之前的访谈和问卷等常见调查方法,提供不依赖于行为主体的自我表述,而是聚焦于用户自身生理反应的客观手段^[9]。基于眼动追踪技术的眼动系统早已是心理学研究的重要工具,通过记录被测者在面对视觉信息时所产生的眼动特征,广泛用于与视知觉相关

的领域研究^[10]。随着研究方法的更新以及眼动系统的不断升级,更多的行业包括设计领域也开始利用眼动系统进行研究。

虚拟现实眼动系统将收集到的新信息和新数据通过深度解读和分析为设计研究提供重要依据。将眼动系统创新性地应用于环境交互研究,我们可以直观地发现人们如何在环境中进行感知行为。系统内置高精度眼动追踪设备,能够捕捉使用者在虚拟现实环境中的眼动轨迹,并将其转换为可视的图像和数据。在虚拟现实环境交互设计中引入眼动追踪技术将允许各类用户在完全受控的沉浸式环境下以被试者的视角体验虚拟环境^[11]。系统在重复利用研究场景和刺激物的同时,通过实时记录使用者的眼动数据,提供可视化的信息导出,方便进行后续设计分析。

3.2 基于视觉交互的实验研究

在虚拟现实眼动实验研究中,眼动系统可以为我们提供设计中最需要了解的用户在环境交互中的数据及分析。它更为直接并相对客观地通过眼动轨迹图和眼动热点图得以展现。我们在研究中以虚拟现实超市环境作为实验对象,通过 VR 与眼动追踪的结合使测试者的体验过程在完全受控的虚拟环境中完成,虚拟现实眼动系统测试环境见图 5。通过测试并记录 100 位用户,包括甲方、设计师以及绝大多数的顾客在超市内一分钟的视觉交互信息,探索用户在环境交互中的感知行为。



图5 虚拟现实眼动系统测试环境

Fig.5 Eye-tracking virtual reality system testing environment

3.2.1 眼动轨迹分析

眼动轨迹是指通过追踪眼睛注视轨迹,以获取人体视觉注意力的观察顺序,从而确定环境中的重点区域。在超市环境中,我们以指定区域的货架为测试区得到每一位测试用户的眼动轨迹图。用户1(甲方)的轨迹图中1号注视点表示第一眼看到货架时的视线位置,2-11号注视点表示后面10次观察行为的顺序,用户1(甲方)眼动轨迹见图6。通过轨迹图可以发现用户注视点整体从左侧移动至右侧,过程比较流畅。只有3号和6号注视点先后集中到黄色巧克力上,形成叠加效果。比较4、5、7、8号注视点的轨迹可以分析出用户可能出于兴趣将视线反复出现在

该商品上并进行关注。用户2(设计师)的注视点全部集中在右边货架,轨迹呈现由下至上的次序,落点比较均匀,并未出现注视点的重叠,用户2(设计师)眼动轨迹见图7。用户3(顾客)的轨迹图反映出他的视线始终集中在右边货架的上层位置,注视点4和13的位置出现重叠,反映出该顾客对白色巧克力的兴趣,用户3(顾客)眼动轨迹见图8。实验中可以发现3位不同的用户对于超市环境的注视点虽然有交集,但是更多是存在差异的。眼动轨迹图主要反映用户个人在环境中的关注点,这种可视化形式可以有效呈现重点用户,如甲方、设计师以及主要顾客在环境中的视觉交互轨迹是否与之前设想的一致。

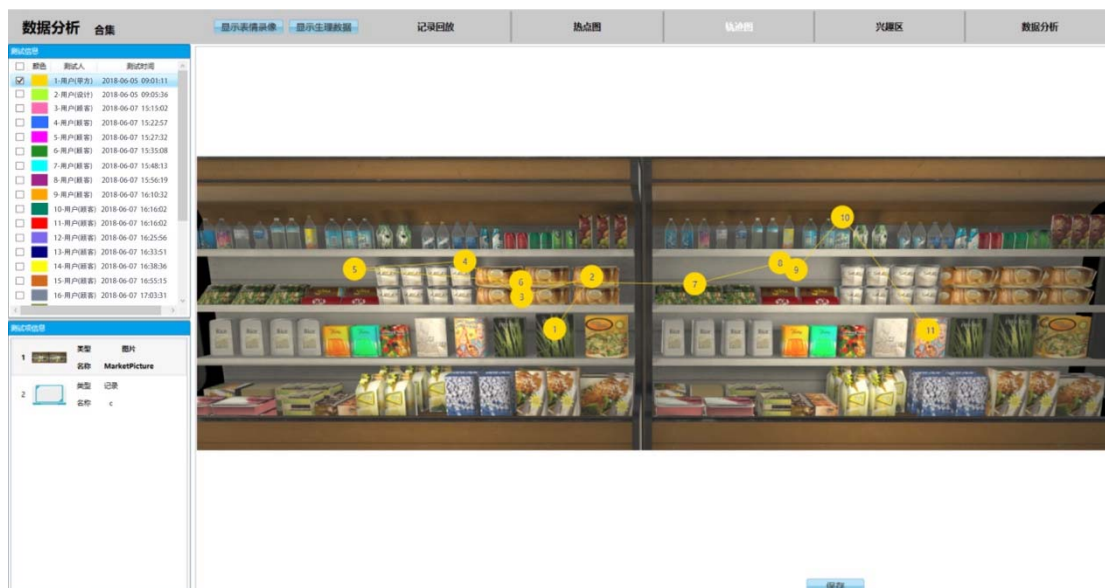


图6 用户1(甲方)眼动轨迹

Fig.6 User 1 (Party A) eye tracking trajectory

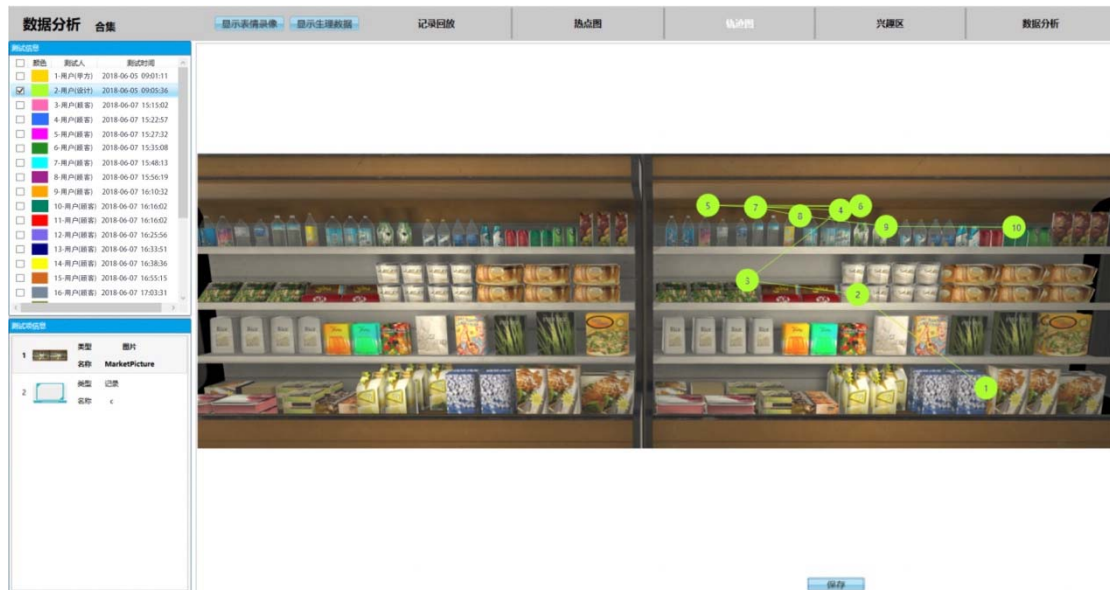


图 7 用户 2 (设计师) 眼动轨迹
Fig.7 User 2 (designer) eye tracking trajectory

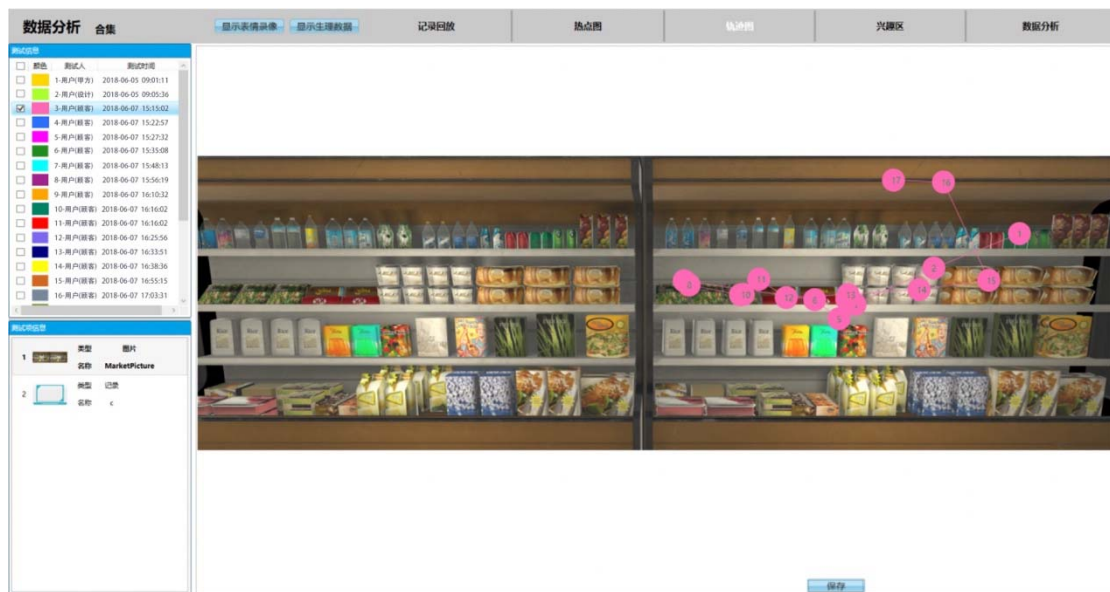


图 8 用户 3 (顾客) 眼动轨迹
Fig.8 User 3 (customer) eye tracking trajectory

3.2.2 眼动热点分析

眼动热点是指通过追踪眼睛观察时间集中体现人体的视觉焦点，从而反映环境中最受关注的区域和被忽略的区域。热点图根据受关注程度的差异加以标注呈现。标注的手段通常采用色彩深浅以及标注点疏密的形式，同时也可以测试出每个区域的受关注程度。单位面积内呈现的注视点越多，颜色越深，证明该区域的受关注程度越高。用户 1 (甲方) 注视点 3 和 6 重叠的黄色巧克力在热点图中显示出深红色。数据表明用户两次的注视时间分别是 2.23 秒和 2.81 秒，都已经做出视觉“锁定”的交互行为，用户 1 (甲方) 眼动热点见图 9。热点图能够显示出多个用户在环境中的视线分布情况及视觉交互重点区域。我们在实验

中叠加了 100 位用户的眼动热点，用户 1-100 眼动热点见图 10，可以明显发现处于货架第三排居中位置商品的关注点最为集中，在规定时间内大部分用户对这个位置的商品进行视觉交互的频率最高。从商业环境设计的角度考虑将重要的货品陈列在这个区域可能会带来较好的销售效果。

虚拟现实眼动系统在研究中通过“环境—感知—交互”模式来分析人如何感知并使用环境，而环境又将以什么程度以及什么方式来影响人的感知行为。系统的应用使得对环境交互的分析与设计不再依赖于低采样和小样本的人工数据。通过长时段和全覆盖的大数据导入以及对精确空间信息和即时性感受的实时记录，从而深化对环境和感知维度的相关设计研究。

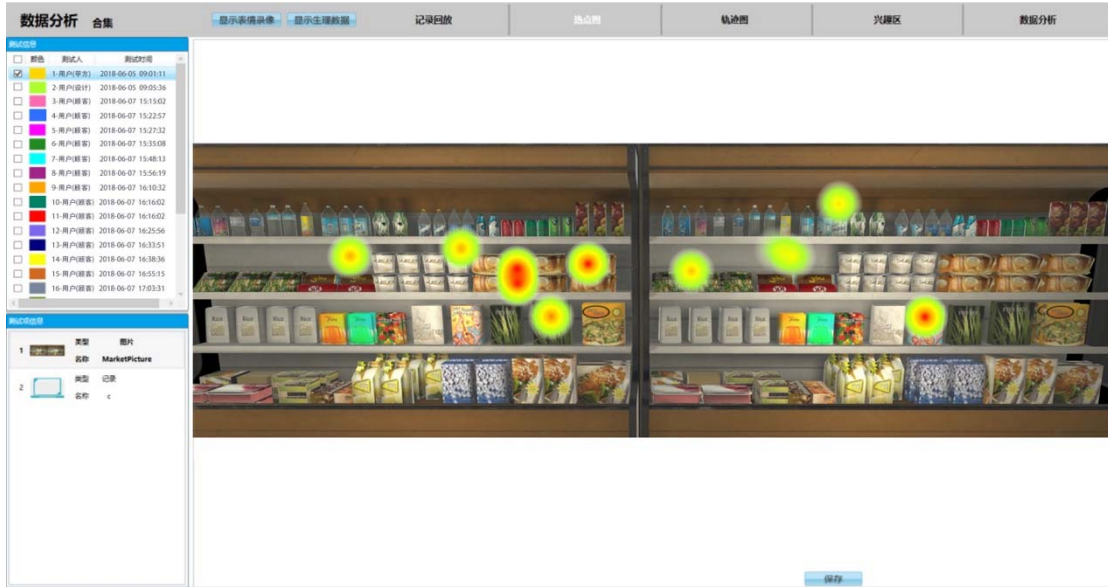


图9 用户1(甲方)眼动热点
Fig.9 User 1 (Party A) eye tracking heat

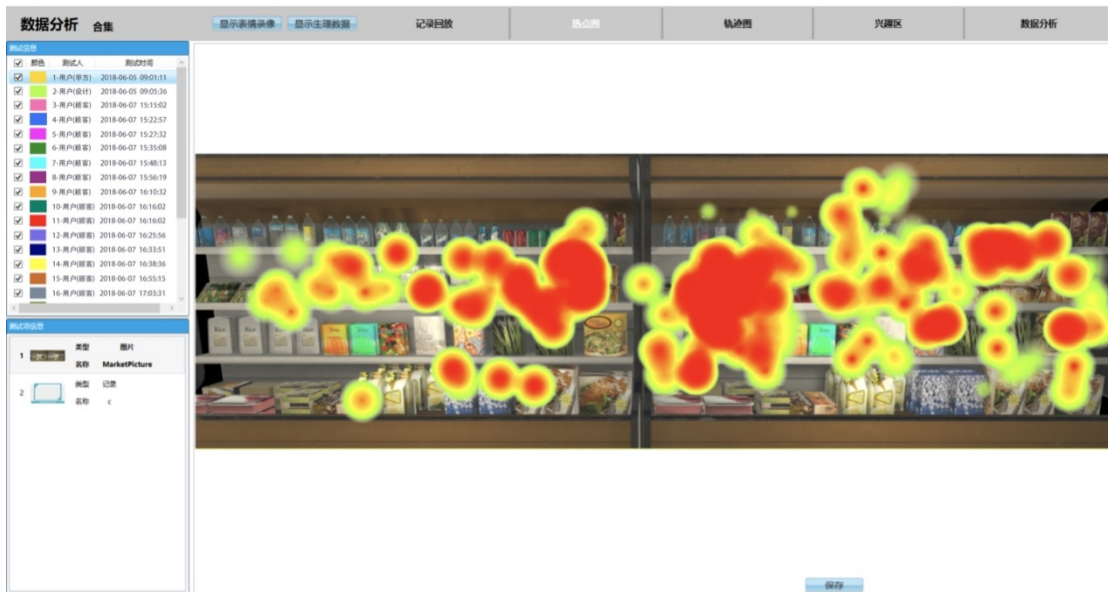


图10 用户1-100眼动热点
Fig.10 User 1-100 eye tracking heat

4 眼动系统研究对设计实践的指导作用

在环境交互设计中虚拟现实眼动系统的应用更加体现出技术与设计之间的衔接和转化。传统研究都属于建成后的评价,是通过将对已建成环境的观察和分析来对发生在环境中的行为进行判断,以此对设计实践形成指导。这样受制于环境的复杂性,对于已建成的环境也很难在短期内再做更新。虚拟现实眼动系统应用推动设计研究从样本采样转变为基于高精度和全覆盖的数据获取,对于用户在环境中的感知分析从定性讨论为主转变为基于定量的测度及研究,从而推动设计研究从复杂的实境转变为基于控制变量的实验分析,从现场观察转变为设计中的分析预判。随着

虚拟现实眼动系统在应用中的不断升级,我们能够逐步实现对方案的评价前置于实施,利用设计确定之前在虚拟现实环境中的眼动测试分析,进而对方案提出可行性修改。通过构建模拟与设计之间的方式,可以极大地降低设计的纠错成本。虚拟现实眼动系统对于在环境交互设计中传统的研究方法也并非排斥或否定,应该是一种补充和增强。两类方法的结合能够使环境交互设计真正演变为“实境+实验”的复合研究。

5 结语

多学科交叉研究方式的不断涌现为提供更好的环境设计探索出了新的途径。随着设计学科的发展和

认知的深化,研究方法也从依赖于定性表达转变为定性与定量分析相结合,形成从“表述”到“分析”再到“预见”的趋势。新技术的应用使得我们在研究方法上实现了质的突破,在研究视角上也打开了新思路。我们也必须注意到,新技术和大数据所带来的精细分析并不代表一定能够获得正确的结论,我们还要保持必要的警惕,防止由于对定量的过分依赖从而失去对环境特征和设计实践中尤为重要的洞察力和感知力。只有从真正有价值的实践设计研究出发,选择适合的技术和方法来解决环境交互设计中的问题,把合理判断和数据信息有效结合起来才能真正有助于实际的设计与研究。

参考文献:

- [1] 滕瀚, 方明. 环境心理和行为研究[M]. 北京: 经济管理出版社, 2017.
TENG Han, FANG Ming. The Research of Environmental Behavior and Psychology[M]. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2017.
- [2] 覃京燕, 陶晋, 房巍. 体验经济下的交互式体验设计[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 200—201.
QIN Jing-yan, TAO Jin, FANG Wei. Research on Interactive Experience Design under Experience Economy[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 200—201.
- [3] 陈志刚, 鲁晓波. 虚拟展示中信息交互形式选择及评估[J]. 第三届艺术与科学国际学术研讨会论文集, 2012(8): 212—217.
CHEN Zhi-gang, LU Xiao-bo. Select and Evaluate of Information Interactive Form in Virtual Display[J]. Proceedings of the Third International Symposium on Art and Science, 2012(8): 212—217.
- [4] 董治年. 从参数化设计到智能环境设计——数字化时代下交叉研究的复杂性[J]. 艺术设计研究, 2015(2): 94—99.
DONG Zhi-nian. From the Parametric Design to the Intelligent Environment Design: The Crossover Study of Complexity in Digital Era[J]. Art & Design Research, 2015(2): 94—99.
- [5] 苗岭. 新媒体技术在展示设计语言修辞中的运用——以美国大学橄榄球名人堂为例[J]. 装饰, 2016(9): 126—127.
MIAO Ling. The Application of New Media Technology in the Rhetoric of Design Language for Exhibitions: Case Study on the College Football Hall of Fame[J]. Zhuangshi, 2016(9): 126—127.
- [6] 卢雨正, 王峰, 王山林. 虚拟实验室交互设计研究[J]. 包装工程, 2012, 33(6): 53—56.
LU Yu-zheng, WANG Feng, WANG Shan-lin. Research on Interaction Design for the Virtual Laboratory[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(6): 53—56.
- [7] 王丹婷, 蒋友楠. 古建筑三维虚拟建模与虚实交互软件实现[J]. 计算机应用, 2017, 37(S2): 186—189.
WANG Dan-ting, JIANG You-yu. 3D Virtual Modeling for Historic Architecture and Realization of Virtual Interactive Software[J]. Journal of Computer Applications, 2017, 37(S2): 186—189.
- [8] 王党校, 焦健. 计算机触觉: 虚拟现实环境的力触觉建模和生成[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2016, 28(6): 881—895.
WANG Dang-xiao, JIAO Jian. Computer Haptics: Haptic Modeling and Rendering in Virtual Reality Environments[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2016, 28(6): 881—895.
- [9] 程时伟, 孙志强, 陆煜华. 面向多设备交互的眼动跟踪方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2016, 28(7): 1094—1104.
CHENG Shi-wei, SUN Zhi-qiang, LU Yu-hua. An Eye Tracking Approach to Cross-Device Interaction[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2016, 28(7): 1094—1104.
- [10] 杨庆华, 张达磊, 苟一. 面向人机交互的眼动跟踪方法研究[J]. 机电工程, 2016, 33(7): 904—908.
YANG Qing-hua, ZHANG Da-lei, GOU Yi. Eye-gaze Tracking Method for HCI System[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016, 33(7): 904—908.
- [11] 廖坤. 基于三维虚拟视觉的室内设计平台研究[J]. 现代电子技术, 2018, 41(8): 180—182.
LIAO Kun. Research on Interior Design Platform Based on 3D Virtual Vision[J]. Modern Electronics Technique, 2018, 41(8): 180—182.