

沉浸式环境中的注意力引导方法综述

张冉*, 刘述民

江西理工大学软件工程学院 江西南昌

【摘要】随着虚拟现实（Virtual Reality, VR）与增强现实（Augmented Reality, AR）技术的迅速发展，沉浸式环境作为人机交互的重要载体，正广泛应用于教育培训、医疗康复、军事模拟、工业设计及娱乐体验等领域，为用户提供了前所未有的沉浸式体验。然而，丰富的感官刺激虽然提升了沉浸体验的真实感与参与度，但同时也可能引发注意力分散与认知负荷过重的问题。作为应对这一挑战的重要策略，注意力引导技术近年来已成为人机交互研究中的核心议题。本文对沉浸式环境中注意力引导的研究进展进行了系统梳理：首先阐明了该技术在沉浸式场景中的必要性及研究价值；其次归纳了现有引导方式的主要方法；随后探讨了注意力引导在增强现实与虚拟现实环境中的具体应用；最后总结了当前研究的不足之处，并对未来的发展方向进行了展望。

【关键词】虚拟现实；增强现实；人机交互；注意力引导

【收稿日期】2025 年 8 月 15 日

【出刊日期】2025 年 9 月 18 日

【DOI】10.12208/j.aics.20250056

A review of attention guidance methods in immersive environments

Ran Zhang*, Shumin Liu

School of Software Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang, Jiangxi

【Abstract】 With the rapid development of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies, immersive environments have become an important medium for human-computer interaction and are widely applied in fields such as education and training, medical rehabilitation, military simulation, industrial design, and entertainment, providing users with unprecedented immersive experiences. However, although rich sensory stimuli enhance the realism and engagement of immersion, they may also lead to problems such as attention distraction and cognitive overload. As an essential strategy to address these challenges, attention guidance technology has emerged as a core topic in human-computer interaction research in recent years. This paper provides a systematic review of the research progress on attention guidance in immersive environments. It first elaborates on the necessity and research value of attention guidance in immersive contexts; then summarizes the main approaches of existing guidance methods; subsequently discusses the specific applications of attention guidance in AR and VR environments; and finally identifies the current research limitations and outlines potential directions for future development.

【Keywords】 Virtual reality; Augmented reality; Human-computer interaction; Attention guidance

1 引言

随着计算技术与显示设备的迅速进步，虚拟现实（VR）与增强现实（AR）等沉浸式环境已在教育、医疗、工业设计、军事训练及娱乐等多个领域得到广泛探索与应用。这类技术展现出增强内容沉浸性与提升用户参与水平的潜在优势。近年来，随着跟踪精度的提升、显示分辨率的提高以及视野范围的扩展，虚拟环境的沉浸程度不断增强。然而，愈加广阔的交互与感知空间

也使得用户面临更高的身体负荷与认知压力^[1]。尤其当感兴趣的目标位于用户视野之外或被环境中的其他对象遮挡时，即使是简单且常见的寻找目标物的任务也可能无法完成^[2]。由上述可知，在虚拟环境中，尤其是在结构复杂、信息密集的场景下，用户经常面临遗漏关键元素、忽视重要线索的问题^[3]。

注意力引导是指通过设计合理的界面布局、动态提示、视觉或听觉的信号等方式，将用户的注意力从某

*通讯作者：张冉

一时刻或任务中切换到另一个特定位置、对象或任务。常见的方法包括视觉提示、听觉指示、触觉反馈和多模态及自适应的线索等, 目标是提升用户在环境中的信息处理效率, 减少认知负荷, 避免信息过载和分心, 从而提高用户的沉浸感、任务完成度和满意度^[4]。以往研究表明用户被给予有效的注意力线索时, 感知效率和准确性会显著提高^[5]。在对用户沉浸感与体验优化需求持续增强的背景下, 注意力引导正被广泛视为提升沉浸式环境设计效果的关键研究课题。

2 注意力引导方法研究

根据所利用的感官模态、引导方式的显式程度以及技术实现, 沉浸式环境中的注意力引导方法可分为基于视觉线索的注意力引导、基于听觉线索的注意力引导、基于触觉线索的注意力引导、多模态的注意力引导、自适应注意力引导等方法。

2.1 基于视觉线索的注意力引导

视觉引导是沉浸式虚拟环境中最常见且最直接的注意力引导方式之一。其核心原理是通过视觉元素的变化或突出特征来吸引用户注意, 从而强化关键信息的感知与理解。常见的视觉引导手段包括颜色对比、亮度变化、闪烁效果、运动轨迹、箭头标识以及光照聚焦等。这些视觉线索能够有效地将用户的视线引导至特定区域或目标对象, 减少信息搜索的时间与认知负荷。此外, 视觉引导还常与其他模态结合使用, 以提升提示的显著性和整体交互体验, 从而在复杂的沉浸式场景中实现更高效的信息传递与任务执行。

Rothe 等人^[6]针对近年来虚拟现实电影中观看遇到的问题, 对观看电影时针对观众注意力引导的方法进行了分类, 列举了包括箭头、画中画 (picture in picture, PIP) 等技术对感兴趣区域 (region of interest, ROI) 的提示, 并探讨了各类方法的优缺点。Jonathan Wieland 等人^[7]探索了 3D 箭头, 3D 贝塞尔曲线, 以及 3D 光晕在手持式增强现实应用下这三种技术的适用性, 如图 1-a 所示。结果表明参与者使用 3D 箭头表现最佳。Lange 等人^[8]研究了群体运动在 VR 中对注意力引导的影响, 在虚拟现实场景中, 提出了一种在 VR 中使用群体运动来引导用户注意力的技术, 如图 1-b 所示, 不仅可以实现快速响应时间, 而且对沉浸感的负面影响最小。除了视频或游戏中的应用, 在工业生产、日常辅助操作等场景中, 利用视觉提示信息, 可以帮助用户快速完成设定的任务, 并且可以协助视觉有缺陷人群的交互操作。例如 Renner 和 Pfeiffer 等人^[9]针对 VR 中装配时的注意力引导问题, 强调了周边视觉和注意力引

导的方法, 其中对比了箭头、球面波引导等多种注意力引导的方法, 如图 1-c 所示。

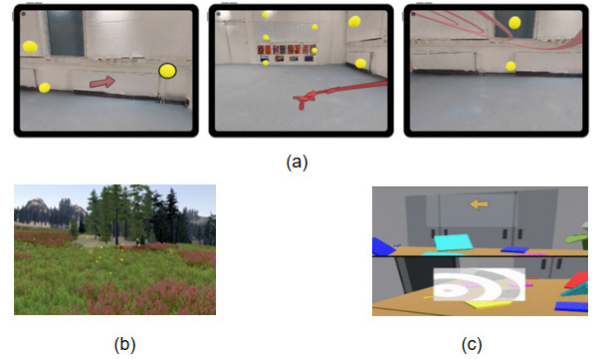


图 1 视觉引导方式

2.2 基于听觉线索的注意力引导

听觉线索在沉浸式环境中的空间定向与目标搜索中也具有重要作用。借助空间化音频技术, 可在虚拟场景中构建具有方向性和位置感的声源, 从而为用户提供有效的导航与方位感知支持。此外, 听觉刺激还具备引导用户注意力的独特优势, 即能够将注意焦点从视野范围之外的区域吸引至特定位置, 从而提升信息获取的全面性与交互效率^[10]。

方向性提示音是听觉引导方法中最直接有效的技术之一。通过从目标方向发出特定的声音信号, 能够引导用户自然地转头或移动身体来寻找声源位置。McIntire 等人^[11]评估了在搜索环境中, 有无方向性听觉提示目标位置的情况下, 视觉搜索的表现。结果表明尽管听觉反馈在视觉搜索中具有一定优势, 但并非所有参与者都能注意声音的方向。最近, Song 等人^[12]表明, 使用空间和非空间的组合声音化可以显著减少定位中的错误, 但也会导致更高的任务负载, 如图 2 所示。

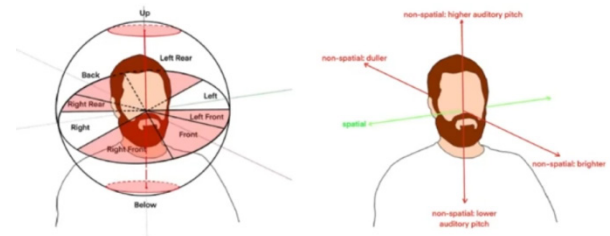


图 2 听觉引导方式

基于听觉线索的注意力引导方法具有几个显著优势: 首先, 听觉系统具有 360 度感知能力, 能够覆盖用户无法直接观察的区域; 其次, 声音信息不会占用用户

的视觉带宽,避免了视觉引导可能带来的干扰;最后,听觉线索能够与用户的自然行为模式更好地契合,实现更加直觉化的引导效果^[13]。

2.3 基于触觉线索的注意力引导

触觉提示在沉浸式环境中主要用于为用户提供方向识别与目标搜索方面的辅助。此类提示通常通过集成于虚拟系统中的设备实现。当用户接收到不同强度或节奏的触觉反馈时,可据此感知空间方位或目标位置。振动系统的实施可通过在身体周围放置多个振动装置^[14]来引导用户或通过腕戴式和眼镜设备^[15]提供方向提示,从而减少用户的认知负荷并提高处理速度。

Mirzaei 等人^[16]提出并评估了一种特殊的触觉 VR 服装,该方法提出的 VR 服装通过无线方式从 VR 环境中接收声音信息,并通过振动触觉反馈将声音源的方向指示给 DHH 用户。研究结果表明,与不使用 VR 服装相比,使用不同配置的 VR 服装可以显著缩短 VR 任务完成时间。BoYu 等人^[17]探索了使用两个 VR 控制器的双手触觉反馈对空间方向指导和搜索的有效性研究,如图 3 所示。通过探索具有各种触觉属性组合的双手触觉反馈,证明了相比空间音频反馈,触觉引导在准确性和速度方面显著提高。并且对于减少头部运动角度和增强后方搜索目标方面,双臂触觉反馈的表现甚至优于视觉箭头。

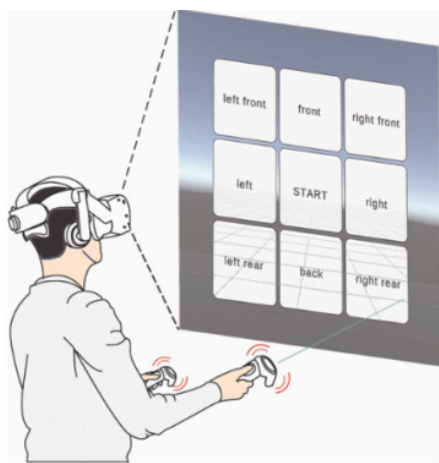


图3 触觉引导方式

2.4 多模态的注意力引导

在沉浸式场景中,多模态的信息交互机制能够显著丰富用户的感知体验,个体可通过视觉、听觉、嗅觉、味觉及触觉等多种感官通道,对外界刺激进行综合响应,从而在环境中实现多层次的信息获取与交流。多模态的注意力引导通过协调不同感官线索来增强用户的沉浸感与注意力聚焦效应,为信息呈现的有效性和交

互体验的优化提供了重要支撑。

Marquardt 等人^[18]在工作中,指出对视野外信息提示的视觉方法的改进,当面对复杂场景,或视觉遮挡情况下,通过增加音频和触觉的方式,可以提高信息引导的精度,从而提高用户对信息获取的准确性。Ghosh^[19]等人发现场景外的通知信息会影响用户在场景内的行为,进而引起过程上的中断。对于这些信息的出现方法,研究人员尝试了不同的途径:音频、视觉、触觉、音频+触觉、视觉+触觉、音频+视觉,并分析带给用户的不同体验。Binetti 等人^[20]的研究也表明,在进行注意力引导的时候,可以通过增加听觉提示,补充视觉提示的不足。对于 AR 场景里过渡信息的提示,Trepskowski 等人^[21]尝试分析了多感官信息获取和感知的内容,发现不仅可以从视觉上考虑,还增加了听觉和触觉,并研究了几种不同提示方法的组合。Geonsun Lee 等人^[22]采用光作为叙事引导机制,并辅以空间音频的新颖的多模式注意力引导方法,解决了会议中轮流动态发言的挑战并增强虚拟现实(VR)环境中的小组对话,如图4所示。

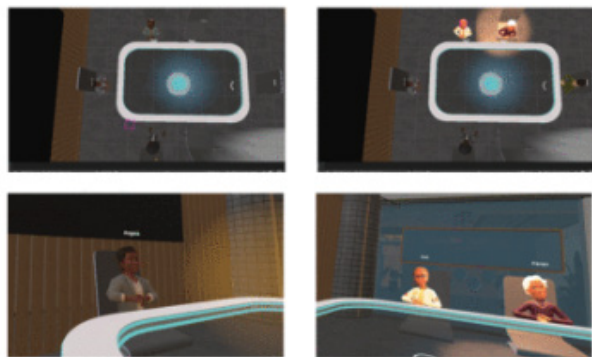


图4 多模态引导方式

尽管多模态注意力引导在丰富感知体验与提升信息整合效率方面具有明显优势,但信息通道数量的增加也可能带来新的认知挑战。随着感知维度的扩展,用户需同时处理来自多源感官的刺激,这在一定程度上可能导致注意力分散并削弱沉浸体验的连贯性。不同模态间的提示信号在作用过程中还可能产生竞争效应,从而影响注意资源的分配与信息显著性的表达。此外,由于个体在感知阈值、注意偏好及认知加工方式上的差异,多模态引导的效果在不同用户之间往往存在显著差异。

2.5 自适应的注意力引导

自适应引导方法代表了沉浸式环境注意力引导的

前沿发展方向,超越了传统的静态预设引导模式,实现了基于实时用户状态、任务进度和环境变化的动态引导策略调整。这种方法的核心在于系统能够感知、理解并预测用户需求,从而提供更加个性化和高效的注意力引导体验。

Yuxiang 等人^[23]通过基于内容的信息推荐系统和基于手势交互的信息视觉增强方法开发了信息推荐和

视觉增强系统,利用远程专家的专业知识和偏好来过滤无关信息。并通过视觉增强的直观方式呈现远程专家传达给本地用户的关键信息。实验结果表明该方法在时间性能、操作错误、认知表现和用户体验方面优于传统的混合现实远程协作装配方法。

表 1 总结了上述工作中注意力引导方法的常用形式及优缺点。

表 1 常见的注意力引导方式

引导方式	常用形式	优点	缺点
视觉	箭头、雷达、粒子特效	直观性强、兼容性好	视觉疲劳、受视野影响
听觉	空间音频	沉浸感高、不受视野影响	难感知距离、易受干扰
触觉	控制器震动	增强互动性	设备要求高
多模态	视觉+听觉/触觉	准确度更高	信息过载
自适应	行为预测+视觉	个性化强	计算量大

3 注意力引导应用场景

3.1 增强现实场景中的注意力引导

在增强现实环境中,注意力引导技术被广泛应用于优化用户在虚实融合场景中的信息获取与任务执行效率。AR 通过将虚拟信息叠加于真实环境,使用户能够在保持对现实场景感知的同时接收额外的虚拟提示,从而在认知层面实现多源信息的整合。此类引导机制常被用于突出关键元素、辅助空间定位或强化任务相关信息,帮助用户在复杂的感知环境中高效分配注意资源。

在医疗与外科手术场景中,增强现实技术的引入改变了传统手术的视觉认知模式。手术操作往往需要医生在复杂的空间关系中同时关注病灶组织、解剖结构与手术器械位置,而传统二维影像难以提供充分的深度与方位信息。为解决这一问题,Chen 等人^[24]提出了一种语义分割与空间注册相结合的 AR 引导框架,如图 5 所示。通过利用预处理的 CT 或 MRI 数据生成病变组织的三维模型,并通过增强现实投影实现与患者实际解剖结构的精准对齐,在保证操作安全性的同时,减少手术导航过程中的注意力分散,使医生能够持续聚焦于关键组织区域。

在复杂的交通或动态运动 AR 场景中,单一的视觉提示往往难以充分支撑用户对环境信息的全面感知与安全判断。多模态增强现实系统通过整合视觉、听觉及触觉等多源感知信号,构建出更具自然性与协调性的注意力引导机制,从而提升用户在高负荷环境下的感知效率与反应能力。Gang 等人^[25]出了一种基于多模

态交互的骑行者 AR 感知增强系统,结合头戴式显示器与触觉反馈装置,通过空间音效与震动提示协同引导用户注意周围交通信息。实验结果表明,与传统视觉提示相比,多模态引导显著提高了骑行者对车辆接近方向的反应速度和识别准确率。尤其在低光照或视野受限条件下,触觉提示能有效补充视觉信息,从而维持用户的环境意识与安全判断能力。

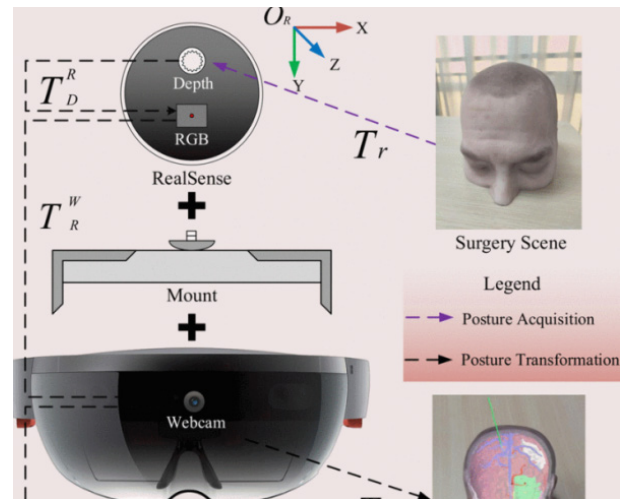


图 5 AR 手术场景注意力引导

在不同应用场景下,增强现实环境下的注意力引导方法表现出独特的功能特征与广泛的应用潜能。随着多模态交互技术的发展,增强现实场景中能够通过综合利用多种感官线索,进一步提升用户的环境意识和反应能力。

3.2 虚拟现实场景中的注意力引导

相较于增强现实, 虚拟现实提供了完全由计算机生成的沉浸式空间, 用户的视觉与听觉完全由系统控制。这种全封闭式环境为注意力引导提供了更大的设计自由度, VR 中的注意力引导不再仅仅承担“辅助信息识别”的功能, 更被用于塑造沉浸感、调节情绪体验以及引导用户行为路径。

在虚拟现实游戏环境中, 用户的凝视控制与注意力引导问题一直是交互设计研究中的重要挑战之一。VR 游戏提供了一个高度沉浸的互动环境, 用户可以自由地探索虚拟世界。然而, 过多的自由度可能导致用户无法集中注意力于游戏的关键部分, 影响游戏的可玩性与沉浸感。Alexandre 等人^[26]提出了一种直观的游戏设计方法, 以巧妙地引导用户在新定制 VR 游戏中的注意力。调查结果显示, 这种方法具有提升 VR 体验的潜力, 从而提高了对游戏机制的理解和专注度。

虚拟现实实验室学习已逐渐成为实验教学的重要形式之一。然而, 与传统实体实验室相比, 此类学习方式可能在信息处理与操作过程中增加学习者的认知负荷。Pingping 等人^[27]分析了在 VR 实验室中引入注意力引导机制对学生认知负荷和学业成绩的影响, 如图 6

所示。通过对 80 名用户在两个实验环境下进行调研, 结果显示带有注意力引导机制的 VR 实验室中的学生认知负荷较低, 学业成绩较高, 相比之下控制组则相反。



图 6 VR 实验室场景注意力引导

虚拟现实环境中的注意力引导在诸多应用场景中发挥着重要作用。合理的引导策略可以帮助用户聚焦于任务相关信息, 降低非关键信息带来的干扰, 从而缓解认知负荷。此外, 恰当的注意力引导机制还能强化用户的情境投入感与操作控制感, 使虚拟体验更加自然、连贯与沉浸。

表 2 是两种沉浸式场景中注意力引导的对比。

表 2 不同沉浸式场景下的注意力引导方法对比

对比维度	增强现实	虚拟现实
感知环境	虚实融合, 同时感知现实与虚拟信息	完全虚拟, 视觉信息完全由计算机生成
任务需求	现实增强、信息补充、操作引导	虚拟交互、体验与仿真,
引导策略	注重信息的补充性与任务辅助	注重任务中的沉浸感与虚拟体验
引导方式	多为动态和局部的视觉、听觉引导	主要依赖全局的视觉、听觉和触觉引导
技术优势	有助于任务效率提升与认知辅助	提供完全沉浸体验, 交互自由度高
技术挑战	现实环境与虚拟信息的协调与整合	长时间使用导致的视觉疲劳和眩晕问题

4 总结与展望

本文对虚拟环境中注意力引导的相关研究进行了系统梳理, 重点探讨了其研究意义、主要实现方式及在不同类型的沉浸式场景中的应用特征。尽管当前已有研究取得了阶段性成果, 但该领域仍存在若干限制与待进一步突破的问题。

(1) 注意力引导的过度依赖于感官刺激。现阶段的沉浸式环境, 尤其是在多模态交互系统中, 注意力引导方式在很大程度上仍依托于视觉、听觉或触觉等单一感官刺激, 缺乏对多模态信息融合与认知协调机制的深入探索。这种依赖性可能导致过度的感官输入, 增加用户的认知负担, 从而影响任务执行的效率和沉浸

感。

(2) 个性化与自适应性不足。尽管当前研究逐渐开始关注用户间的个体差异, 但虚拟环境中的注意力引导策略仍主要依赖统一的预设规则, 缺乏对使用者认知特征、任务属性及具体情境的充分考量。未来的注意力引导系统应朝向个性化与自适应方向发展, 能够依据用户的实时交互行为与认知状态动态调整引导方式, 从而实现体验优化与任务绩效的提升。

(3) 多模态信息的协同处理仍面临许多问题。在虚拟环境中, 往往需要通过视觉、听觉和触觉等多种感官通道共同作用以引导用户的注意力。然而, 不同感官信号在整合过程中需要保持协调与一致性, 以避免信

息冲突或感知干扰。虽然现有的多模态交互系统在多通道感知融合方面已取得一定进展,但在多感官输入的同步控制、时序延迟处理以及反馈机制的协同性优化等方面,仍面临诸多技术挑战。

自早期依托单一感官通道的视觉、听觉或触觉引导方式以来,沉浸式环境中的注意力引导技术经历了从单模态向多模态融合,再到智能化与自适应发展的演进过程。未来,注意力引导的研究方向将更加注重个性化与自适应性,通过引入人工智能算法与情境建模技术,基于生理指标、心理状态与行为特征,构建多维度的感知模型,使注意力引导更加高效、自然与人性化,为沉浸式交互体验的进一步提升奠定基础。

参考文献

- [1] Al-Jundi, Hamza A., and Emad Y. Tanbour. "A framework for fidelity evaluation of immersive virtual reality systems." *Virtual Reality* 26.3 (2022): 1103-1122.
- [2] Yu, Difeng, et al. "Fully-occluded target selection in virtual reality." *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 26.12 (2020): 3402-3413.
- [3] 白佳艺. 基于情感化设计的虚拟现实电影空间引导研究与应用[D]. 北京邮电大学,2022.
- [4] Yim, Mark Yi-Cheon, Shu-Chuan Chu, and Paul L. Sauer. "Is augmented reality technology an effective tool for e-commerce? An interactivity and vividness perspective." *Journal of interactive marketing* 39.1 (2017): 89-103..
- [5] Romano, Sara, et al. "More Arrows in the Quiver: investigating the use of auxiliary models to localize in-view components with augmented reality." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 29.11 (2023): 4483-4493..
- [6] Rothe, Sylvia, Daniel Buschek, and Heinrich Hußmann. "Guidance in cinematic virtual reality-taxonomy, research status and challenges." *Multimodal Technologies and Interaction* 3.1 (2019): 19.
- [7] Wieland, Jonathan, et al. "Arrow, bézier curve, or halos?—comparing 3d out-of-view object visualization techniques for handheld augmented reality." 2022 IEEE international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR). Ieee, 2022..
- [8] Daniel Lange;Tim Claudius Stratmann;Uwe Gruenefeld;Susanne Boll.HiveFive: Immersion Preserving Attention Guidance in Virtual Reality[A].CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems[C],20200.
- [9] Patrick Renner;Thies Pfeiffer.Attention guiding techniques using peripheral vision and eye tracking for feedback in augmented-reality-based assistance systems[A].IEEE Symposium on 3D User Interfaces[C],2017.
- [10] W. Xue and C.-H. Lo, "Sound-guided framing in cinematic virtual reality—an eye-tracking study", *International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 520-535, 2022.
- [11] McIntire, John P., et al. "Visual search performance with 3-D auditory cues: effects of motion, target location, and practice." *Human factors* 52.1 (2010): 41-53.
- [12] Q. Song, N. Yao, Z. Feng, H. Chen and H. Wang, "Combining spatial and non-spatial sonification for sound localization in virtual environment: a subjective study", *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, pp. 1-7, 2022.
- [13] Liu, Huaping et al. "Active Object Discovery and Localization Using Sound-Induced Attention", *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 17.3 (2020): 2021-2029.
- [14] V. A. de, J. Oliveira and A. Maciel, "Introducing the modifier tactile pattern for vibrotactile communication", *Haptics: Neuroscience Devices Modeling and Applications: 9th International Conference EuroHaptics 2014 Versailles France June 24–26 2014 Proceedings Part I 9*, pp. 309-316, 2014.
- [15] T. Nukarinen, J. Rantala, A. Farooq and R. Raisamo, "Delivering directional haptic cues through eyeglasses and a seat", *2015 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, pp. 345-350, 2015.
- [16] M. Mirzaei, P. Kán and H. Kaufmann, "Effects of using vibrotactile feedback on sound localization by deaf and hard-of-hearing people in virtual environments", *Electronics*, vol. 10, no. 22, pp. 2794, 2021.
- [17] BoYu Gao,Tong Shao,Huawei Tu,et al. Exploring Bimanual Haptic Feedback for Spatial Search in Virtual Reality[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*,2024,Vol.30(5): 2422-2433.
- [18] Marquardt, Alexander, et al. "Non-visual cues for view

- management in narrow field of view augmented reality displays." 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). IEEE, 2019.
- [19] Ghosh S, Winston L, Panchal N, Kimura-Thollander P, Hotnog J, Cheong D, Reyes G and Abowd G D. 2018. NotifiVR: exploring interruptions and notifications in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*,24(4):1447-1456
- [20] Binetti N, Wu L Y, Chen S P, Kruijff E, Julier S and Brumby D P. 2021. Using visual and auditory cues to locate out-of-view objects in head-mounted augmented reality. *Displays*,69: #102032.
- [21] Trepkowski C, Marquardt A, Eibich T D, Shikanai Y, Maiero J, Kiyokawa K, Kruijff E, Schoning J and König P. 2022. Multisensory proximity and transition cues for improving target awareness in narrow field of view augmented reality displays. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*,28(2):1342-1362.
- [22] Geonsun Lee, Dae Yeol Lee, Guan-Ming Su, Dinesh Manocha."May I Speak?": Multi-modal Attention Guidance in Social VR Group Conversations[J].*IEEE transactions on visualization and computer graphics*,2024, Vol.30(5): 1-11
- [23] Yan, Yuxiang et al. "Less Gets More Attention: A Novel Human-Centered MR Remote Collaboration Assembly Method with Information Recommendation and Visual Enhancement", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 92 (2025)
- [24] Chen, Jianren et al. "Knowledge-Guided Surgery: Augmented Reality Based Registration and Projection for Lesion Tissue Information",2024 IEEE 14th International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER) (2024): 308-313.
- [25] Ren, Gang et al. "Multimodal Guidance for Enhancing Cyclist Road Awareness",*Electronics* 14.7 (2025)
- [26] Berthault, Alexandre et al. "Subtle Attention Guidance for a New Virtual Reality Game.",*IEEE Conference on Computational Intelligence and Games* (2022): 494-495.
- [27] Wen, Pingping et al. "Using Attentional Guidance Methods in Virtual Reality Laboratories Reduces Students' Cognitive Load and Improves Their Academic Performance",*Virtual Reality* 28.2 (2024): 1-10.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS