

基于环境智能与游戏化技术的 地铁车厢功能改造研究

王雯静, 干宏程

(上海理工大学管理学院, 上海 200093)

摘要: 为了改善通勤者情绪体验, 提升通勤幸福感, 提出将环境智能和游戏化中的先进技术整合到地铁车厢中, 增加通勤者的参与感与身临其境的体验, 提升路途中的愉悦感。针对通勤者的不同路途需求, 创建出用于放松、娱乐、人文、商务和学习五大功能的地铁车厢方案, 并给出具体的实施方法。在对实施方案进行评估时, 提出采用测量人体温度、身体动作和面部表情等分析技术, 客观地衡量通勤者的满意度与幸福感。地铁车厢改造后, 能够有效地提升地铁运营服务品质和通勤者的幸福感。

关键词: 环境智能; 游戏化技术; 地铁通勤; 智能交通

DOI: 10.11907/rjdk.211248

中图分类号: TP319

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1672-7800(2022)001-0190-05



Research on Function Transformation of Subway Carriage Based on Environment Intelligence and Game Technology

WANG Wen-jing, GAN Hong-cheng

(Business School, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to improve the experience dominated by negative emotions of commuters around the world, and enhance the happiness of commuters on the subway commute. It is proposed that by effectively integrating advanced technologies in ambient intelligence and gamification into subway carriage, the commuters' sense of participation and immersive experience can be increased to increase the sense of joy on the road. In response to the different travel needs of commuters, a subway carriage plan for the five functions of relaxation, entertainment, humanities, business and learning was created, and specific implementation methods were given. When evaluating the implementation of the program, it is proposed that the use of analysis techniques such as measuring human body temperature, body movements and facial expressions can objectively measure the satisfaction and happiness of commuters. After the transformation of subway carriage, the quality of subway operation services can be effectively improved, and the happiness of commuters can be improved.

Key Words: ambient intelligence; gamification technology; subway commute; intelligent transportation

0 引言

与全球范围越来越流行的智能零售和智能家居相比, 对动态公共空间的智能化开发仍然处于起步阶段^[1]。为了提高通勤者的幸福感, 本文尝试将环境智能(Ambient Intelligence, AmI)^[2]与乘客在地铁车厢中的情感体验相结合。

在 AmI 中, 审美智能(Aesthetic Intelligence, AeI)和游戏化起着至关重要的作用, AeI 可以给乘客带来愉悦和美的享受, 而游戏化则可以给乘客带来有趣、快乐的体验^[3]。地铁车厢指世界范围内各种地下与地面上、运送大量客流、主要以电力驱动的城市轨道交通的车厢。AmI 指对一个人有感应和反馈的电子环境, 它能够提供人类的交互支持; 而 AeI 主要作用于 AmI 的展示和呈现^[4]。游戏化则指在非游

收稿日期: 2021-03-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(71871143)

作者简介: 王雯静(1984-), 女, 上海理工大学管理学院博士研究生, 研究方向为智能交通、游戏化技术、软件工程; 干宏程(1978-), 男, 博士, 上海理工大学管理学院教授、博士生导师, 研究方向为交通规划、交通行为、智能交通。

戏环境下使用游戏元素,激发人类的动机和行为^[5]。采用游戏化系统,将使通勤者的情绪和行为引导至所期望的方向。因此,本文将地铁车厢作为一个结构化的动态公共空间,通过AmI和游戏化方式,给乘客创造一种美妙且身临其境的体验。

AmI作为一种方法在许多行业和领域都有广泛影响力^[6]。从全球著名的好莱坞环球影城、迪士尼乐园等主题公园,到医院、办公室和卧室,都有所应用。游戏化作为一种能够引导人们体验的方式,也在众多领域发挥着巨大作用。从城市规划、能源、商业,到教育、医疗、健身等都有其实战发挥的空间。而对于地铁车厢内部环境,也已有学者开始研究。但对地铁车厢的内部环境改造,研究主要还是集中在涂料和其他装饰物的使用上,对于使用智能化等技术的研究还相对较少。本文重点关注环境改造与先进技术相结合。

每日乘坐地铁的通勤者经历的负面体验是无聊、社交尴尬、用户参与度低等^[7]。要提高他们的幸福感,就需要提高他们的通勤愉悦感。然而,目前政府和地铁运营公司依然是将大部分预算用于服务技术方面,这对提高通勤者愉悦感没有帮助。因此,本文将从考察通勤者体验入手,对解决方案进行评估。除使用客户满意度、接受度等这些常用的绩效指标外,本文还将采用幸福感指标评估通勤者的情感价值。

1 研究现状及挑战

当前,对于地铁车厢环境的研究主要集中在通过优化车内环境、设施或空间布局等以提高乘坐的舒适度。例如,赵月等^[8]对地铁车厢内部的个人空间和公共空间之间的关系进行研究,通过对其设计并加以改造以提高车内舒适度;马金祥^[9]采用色彩对地铁空间进行改造以提高乘客满意度;支锦亦等^[10]对车内的座椅织物纹理进行改造以影响乘客的乘坐感受;赵毅^[11]在改造中加入地域文化元素,通过内饰的造型、色彩等给乘客带来传统的地域文化特色。已有研究鲜有将环境智能与地铁车厢相结合进行改造。

目前,大多数地铁运营服务公司仍将大部分预算用于改善和维护城市轨道交通技术上^[12]。例如,上海地铁通过车联网技术与数字图像处理技术,对车辆的智能运营与维护系统进行改进,使得改进后的运营服务水平较之前提高2/3,并且列车的检修周期也调整为8日^[13]。广州地铁在采用车载综合检测技术后,不但降低了巡检人工成本的80%,而且提高了道床异物等问题的检出率。东莞地铁则采用先进的检测管理系统,对故障进行预警,将检测到的数据与运营管理的数据进行共享^[14]。

尽管城市轨道交通技术在不断提高,但是借助AmI和游戏化技术提高乘客参与度无较大进展。乘客在乘坐地铁通勤时,幸福感低的主要原因可能是地铁运营服务公司的关注度与通勤者的需求不匹配。通勤者体验差的一个

关键因素可以追溯到乘客在通勤时的参与度差等方面。对于大部分乘坐地铁通勤的乘客而言,没有驾照或者购买汽车的支出过高,他们除乘坐地铁通勤外别无更好选择。为了提高通勤者的幸福感,需要提供可以带来愉悦感的服务。

2 基于AmI与游戏化技术的地铁车厢改造策略

随着城市轨道交通技术的不断发展和完善,安全性、可靠性、等待时间和通勤时间不再是通勤者希望得到改善的需求。取而代之的是如何提高用户的参与度与满意度,这是地铁运营服务公司当前面临的问题。如何将先进的技术 with 地铁车厢更好地集成,建立起和谐的车厢环境,搭建起乘客乐于真诚交流互动的平台尤为重要。

为了解决这些问题,本文提出在地铁车厢加入多种AmI技术,从而形成不同的功能车厢。这些具有不同功能的车厢能够将具有共同兴趣的乘客聚在一起,共同学习、娱乐与交流。通过乘客之间的语言、情感、认知和自我价值等方面的互动,人与人紧密地联系起来。从而,通勤者能够更好地利用他们的通勤时间,同时缓解工作的挫败感和消除生活中的烦恼。

2.1 具有放松功能的地铁车厢

对于一部分通勤者而言,花在地铁车厢中的时间可能是难得的休息和放松机会。科学界已经证实的经典放松情绪诱导方法包括呼吸训练、冥想和音乐放松。特别是冥想,它是一种有效的自我调节方法^[15]。该方法对个人的心理有很好的疏通作用,能够有效地缓解压力并提高其承受痛苦的能力。

随着现代科学技术的不断发展,虚拟现实技术(Virtual Reality,VR)、电动按摩椅也被逐渐运用到情绪放松领域。虚拟现实技术通过创建身临其境、更加真实的虚拟场景提高用户放松程度。特别是其中的头盔式VR设备,可以使单个用户在视觉和听觉上完全沉浸在虚拟环境中。电动按摩椅则通过推拿按摩,令气血循环畅通,也是一种快速帮助用户缓解疲劳和获得放松感的有效设备。当今的电动按摩椅已经越来越趋于智能化,所运用的技术包括泰式拉筋技术、太空曲轨技术、零重力太空舱技术以及足底滚轮刮痧技术等前沿技术。

在实际应用中,地铁车厢可以将冥想、放松音乐、VR技术以及电动按摩椅有效地融合到地铁车厢中,实现地铁车厢与AmI技术的有效融合,以帮助通勤者获得放松的体验。在具有放松功能的地铁车厢内提供带有电动按摩椅,并提供头盔式VR设备或者头戴式耳机。其中,头戴式VR设备一方面呈现具有放松功能的场景,另一方面能够播放冥想音乐或放松音乐。头戴式耳机则主要播放冥想音乐或放松音乐。

为了帮助通勤者达到良好精神状态,可通过手机应用程序与VR设备或者耳机连接,提供选择检验脑波的脑电信号(Electroencephalogram,EEG)模式。目前,脑立方 Neu-

roSky 意念耳机便是一种便携式的 EEG 设备^[16]。为防止通勤者因放松而坐过站,可采用基于 WiFi 定位的地铁到站提醒系统,该系统也可通过手机应用程序与通勤者的 VR 设备或耳机相连。这样,以放松功能为主的一节节地铁车厢有可能成为通勤者寻找内心平静与和谐的“城市绿洲”。

2.2 具有娱乐功能的地铁车厢

为促进地铁车厢中通勤者的互动以增加愉悦感,可依托 AmI 技术,建立地铁虚拟社区。虚拟社区指一群由网络彼此连接的人,他们直接通过分享信息和知识,以实现如朋友般的彼此关怀而形成的团体。在地铁虚拟社区中,每位通勤者都可以有一个虚拟化身,支持离线与在线时的互动、交流、游戏等,以极大地增强地铁虚拟社区中的亲切感。通过使用位置感知技术,即使通勤者位于不同的地铁车厢内,也可找到兴趣相似的其他通勤者进行交互。

在虚拟社区中,通勤者之间可以实现以下功能,具体是:①社区通信,通过向社区中的其他通勤者发送邮件或消息以实现交流;②实时交互的聊天功能,聊天分为两种方式,一种是聊天广场,任何通勤者都可以自由进入,另一种是主题聊天室,可由某位通勤者根据某一聊天的主题内容创建,通勤者可以有选择地进入;③张贴讨论,通勤者可在社区中以文字和图片的方式发起话题讨论,其他对这项话题感兴趣的通勤者可对该话题表达个人观点,以达到话题互动的目的;④投票,通勤者可在社区中就某一问题发起投票,以实现社区通勤者进行民意调查;⑤游戏互动,在社区中有一些小游戏,通勤者可以自由进入,以实现娱乐互动的目的。

考虑到虚拟社区中的隐私问题,有限的共享、访问和交互有助于解决此类问题^[17]。例如,允许匿名发起话题讨论;允许将该话题发送给已经获得授权的通勤者^[18]。这样,通过增加地铁车厢中通勤者之间的互动,又无需担心泄露个人隐私,以达到享受路途愉悦的目的。

2.3 具有人文功能的地铁车厢

人文环境是一种非常吸引人的环境,通过在地铁车厢中加入人文功能,能提高通勤者的参与度与幸福感。然而,在地铁车厢贴二维或三维墙纸互动性较差,乘客大多没有深入了解人文文化的意愿。而采用巧妙的设计和先进的光影声电创新技术,则能促使其从观赏性转变为实用性,从单一的视觉到多种感官,实现多元化互动,从而增强人文文化与通勤者的精神交流,进而提高通勤者对某一人文文化的认知^[19]。在地铁车厢中可采用的光影声电创新技术包括传感互动、全息投影、虚拟现实和数字影音等。在地铁车厢独有的封闭环境中,光影声电效果不会受到自然环境的影响,是搭建互动型人文文化的绝佳场地。采用先进的光影声电创新技术,在地铁车厢内的天花板、墙面和地板上,将引人入胜且有趣的国家历史或文化景观进行动态地呈现^[20]。采用这些技术,不但会为通勤者创造一个更加宽敞且富有幻想的环境,而且通勤者之间可以进行互动,加强娱乐性^[21]。光影声电等技术的融合推动了地铁人文的通感化互动进程,为通勤者带来视觉、听觉、触觉甚至

嗅觉的全方位感官体验。

此外,地铁车厢中的无线设备可与通勤者的手机或平板电脑进行多方式联动,通过文字、图片、视频和声音等加强通勤者对历史和人文的了解。同时,允许通勤者之间的协作与互动,通勤者可以将图片、视频和文字等信息以开源的方式与地铁车厢中的其他通勤者共享。最终使得具有人文功能的地铁车厢成为一个吸引人且具备文化传播功能的平台。

2.4 具有商务功能的地铁车厢

现代社会,人人都离不开商务领域,在通勤途中,地铁车厢智能化可为通勤者创建拥有各种机会且便捷的商务环境。将虚拟现实技术应用在具有商务功能的地铁车厢中,形成立体式交互商务模式。虚拟现实技术能够在网络中形象地展示店铺、商品、货币以及参与者,并能够使规则、法律等以游戏化的方式进行交易和购物,且具有便捷、快速、安全和不受地域限制的优势。特别是智能手机与地铁无线系统的融合,能够实现集定位、移动、社交三位一体的信息服务功能,进而实现 SoLoMo 营销模式,即结合社会化 Social、本地化 Local、移动化 Mobile 的新型市场营销模式。根据地铁到达的不同站点,结合车厢中的推送技术,实时推送 VR 与增强现实(Augmented Reality, AR)的区域性广告,可成为一种全新的地铁商圈商务方式,并推动 O2O 的发展。例如,苹果公司最近将一个名为 iBeacon 的室内感应系统注册为商标,这是一种新型的低功耗蓝牙发射器,可通过电话设备推送通知,显示附近正在销售的物品^[22]。近程通信(Near Field Communication, NFC)芯片加强了短程无线电传输,通勤者可在短距离内与设备接触后发送和接收信息^[23]。当智能手机与其他设备使用 NFC 相互连接(无需触摸)时,近场通信即可工作,Apple Pay 就是应用这项技术的流行应用。如此,将此类技术集成到地铁车厢中,车厢就会为通勤者创建一个这样的环境:车厢针对性地为通勤者提供附近正在销售的物品通知,通勤者则可以方便地寻找到自己需要的商品进行购买。

此外,在地铁车厢中的 LED 屏也可增加 AR 功能,AR 技术有效地融合了地铁场景与虚拟社交,能通过游戏化的方式迎合通勤者的心理需求。AR 技术能够实现感官上的强烈视觉刺激和情感上的娱乐体验,且品牌上更易被接受,促进通勤者互动与参与,从而实现地铁经济。

2.5 具有学习功能的地铁车厢

随着游戏化的发展,地铁车厢游戏化可为通勤者带来愉悦的学习体验。游戏化技术将为通勤者带来感受多样且十分庞大的学习内容,这些内容形式多样且极具意义,有助于实现学习过程的愉悦性。为了增强通勤者的参与度,可以将人机交互系统(Human-computer interaction, HCI)纳入游戏层^[24],在游戏层中 HCI 与通勤者的学习目标保持一致。为了让通勤者在地铁车厢中愿意学习,游戏化技术尤其重要,它会让通勤者改变对传统地铁车厢的认知。接触到令人愉悦的新体验,让通勤者愿意花更多的时间在游戏化的地铁车厢中学习。例如,可以通过授权让通

勤者为地铁车厢中的其他人创建学习、游戏内容,实现人机交互与人人交互^[25]。

技术层面,基于传感器的移动系统能够为通勤者在地铁车厢中的学习提供有力支持。如视频、带有交互式白板的麦克风,都可以让通勤者至少能够学习外语或是简单的舞蹈动作等。此类技术能够识别通勤者的手势、动作和语音,还能方便通勤者检索有用的学习内容,并能够跟踪通勤者的学习进度。在有上下联系的情况下,通讯技术(Information and Communications Technology, ICT)与手绘草图系统能够通过激活适当的图形支持一个人的构想和学习。例如,用户能够通过激活可视化仿真程序分析地铁上的工作,而且一运用数字计算就能激活计算器,这些都能极大地方便通勤者在地铁车厢中的学习,从而促使通勤者愿意选择在车厢中学习,让通勤者在路途中便能获得幸福感。

3 地铁车厢改造实施

3.1 系统开发

在开发正式系统前,先开发一个“缩小版”系统,以检测并确定采用AmI和游戏化技术以及该方案原理的可行性与适当性^[26]。不仅如此,经过运行“缩小版”系统后,可以取舍适当的技术,增添效果好的系统功能,以及探讨解决某一问题其他方案的可行性。在该过程中,与地铁运营服务公司、政府相关部门机构建立合作关系非常重要。为了使系统能更有成效,先从5个功能中的一个功能开始做起,让通勤者先体验该功能,再评估该功能所提供的解决方案对通勤者的适用性、有效性等。通过类比、归纳等方法逐步完善该功能所提供的解决方案,然后用同样的方法,逐步完成地铁车厢系统的其他功能开发与完善,最后开发一个成效卓著的系统。

3.2 通勤者满意度与幸福感衡量

为了验证所开发的系统是否确切有效地增进了通勤者的幸福感,需要对参与的通勤者进行调查,收集通勤者的反馈以衡量是否促进了通勤者的幸福感。此外,也可以做关于通勤者的可接受度研究,以了解通勤者对方案的接受程度。通常采用调查统计的方法收集通勤者的反馈,该方法虽然方便易行,但是也存在弊端,即在调查过程中,通勤者的主观情绪、主观意识会对客观判断产生影响。通勤者的主观因素会对反馈结论的准确性产生影响。因此,需要考虑的问题是如何创造性地、更好地衡量通勤者的幸福感。

人体温度的变化、身体的动作可以反映一个人的情绪。参照AmI领域内的其他创新,通过传感器测量皮肤电导响应(Skin Conductance Response, SCR),通过对温度、身体动作的接收反馈,从而呈现通勤者的情绪^[27],借助该技术所收集的数据,可以客观地衡量通勤者的幸福效果。此外,还有面部表情分析技术,美国一家名为Emotient的公司正在研究该项技术,该技术可将网络摄像头集成到电视中,通过对通勤者面部表情分析,可以揭示通勤者在参与

时的真实情感。通过该技术所收集到的数据也可以客观地衡量通勤者的幸福感是否增进,以检测系统的有效性。在该项目的初始测试阶段,会向参与的通勤者公布这些评估方法。该方法不需要通勤者透漏个人信息,匿名性很强,通勤者更易接受,测试过程中通勤者也会表现得真实。同时,人体温度、身体动作或者面部表情的展现是客观真实的反映,对它们进行分析,也可使评估反馈的结论更准确、更真实客观,促进系统的不断完善。

4 通勤者隐私与判断客观性

在地铁车厢中运用的AmI和游戏化技术,其本身是客观的,它们不会带有人的主观情绪,因而所采集到的数据也是客观的。除非是故意将非客观因素编码到工作系统中,否则任何识别算法都不会在运行中产生非客观的判断。因此,AmI和游戏化技术对于项目的实施是非常有帮助的,甚至在算法中都不会关注通勤者的身份,这很好地保护了通勤者的隐私,使系统成效更显著。例如,注视感知界面本质上对所有通勤者是中立的,因此通勤者的身份不包括在算法中,而是重点关注他们在车厢中的行为。同时,公众对现有地铁车厢的接受程度及政府对地铁车厢改造的意愿程度,也将决定着智能化技术在地铁车厢中的实施进展及效果。

5 结语

随着城市轨道交通技术的不断改进,提高乘客特别是日常通勤者的乘车体验和幸福感成为地铁运营公司亟待解决的问题。本文介绍了通过AmI和游戏化中的先进技术对地铁车厢进行改造的可行性。根据不同的路途需求,创建出了不同的功能车厢,分别是放松功能、娱乐功能、人文功能、商务功能和学习功能。并且针对不同的功能车厢分别给出了相应的实施方法。在对实施方案进行评估时,采用先进的分析技术客观地衡量通勤者的幸福感。地铁车厢通过该方案改造后,能够有效地提升通勤者的幸福感和地铁运营服务品质。未来在更多AmI和游戏化先进技术融入地铁车厢的同时,该技术也可与地铁站的其他公共空间进行融合,进而打造未来智能地铁系统一体化,以提供更高品质的地铁运营服务。

参考文献:

- [1] CARMONA M. Re-theorising contemporary public space: a new narrative and a new normative [J]. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 2014, 5(6): 373-405.
- [2] COOK D J, AUGUSTO J C, JAKKULA V R. Ambient intelligence: technologies, applications, and opportunities [J]. *Pervasive and Mobile Computing*, 2009, 5(4): 277-298.
- [3] KAI K, RCKER C, PLEWE D, et al. Aesthetic intelligence: concepts, technologies and applications [C]//International Joint Conference on

- Ambient Intelligence, 2012:1-4.
- [4] RÖCKER C, KAI K, PLEW D, et al. Aesthetic intelligence: the role of design in ambient intelligence [C]//International Joint Conference on Ambient Intelligence, 2012:445-446.
- [5] SEABORN K, FELLS D. Gamification in theory and action: a survey [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2015, 74: 14-31.
- [6] BUCUR D, KWIATKOWSKA M. Ambient intelligence [M]. Berlin: Springer, 2016.
- [7] YOSRITZAL Y, ADJI B M, DISSANAYAKE D. Indonesian experience on travel time use on-board of commuter rail services [J]. Transportation Research Procedia, 2017, 25: 2705-2716.
- [8] ZHAO Y, DAI D. Design for internal space property of metro vehicle [J]. Packaging Engineering, 2016, 37(24): 102-107.
赵月, 戴端. 地铁车辆内部空间属性的设计研究 [J]. 包装工程, 2016, 37(24): 102-107.
- [9] MA J X. Research on the color and space design of urban underground environment: taking the subway of china and korea for example [J]. ZhuangShi, 2011(6): 115-117.
马金祥. 城市地下空间规划与色彩应用研究——以中韩两国地铁为例 [J]. 装饰, 2011(6): 115-117.
- [10] ZHI J Y, LIU F. The impact of seat's fabric texture on visual spatial cognition in a train [J]. ZhuangShi, 2016(2): 124-125.
支锦亦, 刘峰. 列车座椅织物视觉质感对车内环境认知的影响 [J]. 装饰, 2016(2): 124-125.
- [11] ZHAO Y. Research on metro Interior design with local cultural characteristics [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2013.
赵毅. 具有地域文化特征的地铁车辆内饰设计及研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2013.
- [12] JIA W Z, HU X F, XIONG Z X, et al. State of the art and trend of intelligent maintenance of urban rail transit facilities and equipment in China [J]. Urban Rapid Rail Transit, 2020, 33(2): 14-19.
贾文峥, 胡雪霏, 熊振兴, 等. 城市轨道交通智能维保发展现状及趋势 [J]. 都市快轨交通, 2020, 33(2): 14-19.
- [13] HU J Q. Research and application of intelligent operation and maintenance system for Shanghai rail transit vehicles [J]. Modern Urban Transit, 2019(7): 5-9.
胡佳琦. 上海市轨道交通车辆智能运维系统研究与应用 [J]. 现代城市轨道交通, 2019(7): 5-9.
- [14] ZHANG L Z. Application of intelligent operation and maintenance system in Dongguan metro [J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(9): 160-163.
张黎璋. 东莞地铁设备智能运维系统分析 [J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(9): 160-163.
- [15] DAVIDSON R J, KASZNIAK A W. Conceptual and methodological issues in research on mindfulness and meditation [J]. American Psychologist, 2015, 70(7): 581-592.
- [16] KATONA J, FARKAS I, UBANYI T, et al. Evaluation of the neurosky mindflex EEG headset brain waves data [C]//IEEE 12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics Proceedings, 2014: 91-94.
- [17] ZHU L, HU Z, HEIDEMANN J S, et al. Connection-oriented dns to improve privacy and security [J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2015, 44(4): 379-380.
- [18] BENIMOFF N I, WILLIAM W. Human factors approaches to prototyping and evaluating user interfaces [J]. Bell Labs Technical Journal, 2013, 68(5): 44-55.
- [19] KRUEGER A, STINEMAN M G. Assistive technology interoperability between virtual and real worlds [J]. Journal of Virtual Worlds Research, 2011, 4(3): 1-8.
- [20] SOURINA O. Visual spatio-temporal function-based querying [J]. Visual Computer, 2007, 23(5): 335-346.
- [21] BARALDI S, BENINI L, CAFINI O, et al. Evolving tuis with smart objects for multi-context interaction [J]. IEEE Transactions on Computers, 2008, 64(6): 1534-1547.
- [22] NEWMAN N. Apple iBeacon technology briefing [J]. Journal of Direct Data & Digital Marketing Practice, 2014, 15(3): 222-225.
- [23] COSKUN V, OZDENIZCI B, OK K. A survey on near field communication (NFC) technology [M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2013.
- [24] NEVELSTEEN K J L. A survey of characteristic engine features for technology-sustained pervasive games [M]. Berlin: Springer International Publishing, 2015.
- [25] DETERDING S. Gamification: designing for motivation [J]. Interactions, 2012, 19(4): 14-17.
- [26] BUDDE R, KUHENKAM K, MATHIASSEN L, et al. Approaches to prototyping [M]. Berlin: Springer Verlag, 1984.
- [27] SUZUKI S, CHAO Z C, COMB E, et al. New approach to neural dynamics of emotion: decoding skin conductance from near-infrared spectroscopic signals [J]. Neuroscience Research, 2010, 68(1): 328-334.

(责任编辑: 孙 娟)