

智能时代用户体验特点及其测量方法

王清菊^{1,2}, 吴萍², 范洁云², 于兆泉², 高莹²

(1.北京人因智能工程技术研究院, 北京 100020; 2.北京津发科技股份有限公司, 北京 100085)

摘要: **目的** 对智能系统与产品的时代特点及其用户体验测量方法进行分析, 为用户体验测量方法提供新的技术研究思路。**方法** 以用户为中心的设计理论为基础, 通过描述智能时代的系统与产品创新设计的用户体验特点、标准及需求, 介绍了融合新技术特征的智能系统或产品在各领域的用户体验研究, 突出创新设计驱动的以人为本思想, 同时分析了产品全生命周期人机交互过程需求, 介绍了一种新的基于多通道数据同步技术的定量化、客观的用户体验测量方法的功能及应用。**结论** 智能时代的产品与系统在体现智能技术主导的同时, 也强调产品全生命周期的用户体验与融合先进技术的测量方法结合, 促进了用户体验研究测量方法的革新, 提升了系统或产品的社会需求价值, 对实现用户体验战略化具有重要的意义。

关键词: 用户体验; 智能产品; 创新设计; 多通道数据同步

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)04-0142-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.04.016

Characteristics and Measurement Methods of User Experience in Intelligent Era

WANG Qing-ju^{1,2}, WU Ping², FAN Jie-yun², YU Zhao-quan², GAO Ying²

(1.Beijing ErgoAI Research Institute, Beijing 100020, China; 2.Kingfar International Inc., Beijing 100084, China)

ABSTRACT: This paper aims to provide new technical research ideas for user experience measurement methods by analyzing the characteristics of intelligent systems and products and the measurement methods of user experience in the intelligent era. Based on the user-centered design theory, by describing the user experience characteristics, standards and requirements of system and product design in the intelligent era, the research on user experience of intelligent systems or products integrating new technological features were introduced in various fields and the idea of people-oriented driven by innovative design was highlighted. Meanwhile, the requirements of human-computer interaction were analyzed in the whole life cycle of products, and the function and application of a new quantitative and objective user experience measurement method with multi-channel data synchronization technology were described. It is concluded that the products and systems in the era of intelligence not only embody the dominance of intelligent technology but also emphasize the combination of user experience in the whole life cycle of products and measurement methods integrating advanced technologies, which promotes the innovation of measurement methods for user experience research, enhances the social demand value of systems or products, and is of great significance for realizing the strategy of customer experience.

KEY WORDS: user experience; intelligent product; innovative design; multi-channel data synchronization

用户研究是针对用户的可用性研究, 内容涵盖了用户特征、需求特点和操作特点等方面。用户体验研究不单是为了产品的优化与设计, 同时也需要满足用户需求。在科技高速发展的今天, 用户体验研究与产

品创新设计的结合, 是智能产品或系统发展的要求与必然。创新智能产品或系统的设计和优化涉及各行各业, 如智能城市建设、智能制造与系统管理、智能医疗与智能物联网、自动驾驶等, 也包括各类如移动终

收稿日期: 2021-10-12

作者简介: 王清菊(1979—), 女, 北京人, 硕士, 北京人因智能工程技术研究院技术总监, 主要研究方向为心理学、用户体验、人因工程。

端产品可用性研究、车载设备产品可用性研究、智能家居产品可用性研究、基于互联网技术的智能 APP 产品的可用性研究及军工装备可用性研究等^[1]。同时,随着大数据、人工智能、物联网等新技术的发展,对用户体验的发展也产生了重要的影响。以人工智能的机器学习为例,从一些用户推荐系统,自主决策交互系统,到无人驾驶汽车,机器学习驱动的用户体验各个领域的发展。比如产品体验中的预期设计及伴随的预测式用户体验,这是一种围绕学习(物联网)、预测(机器学习)和预期(用户体验设计)的设计模式。该设计模式代表了智能时代产品或系统人机交互中的用户体验需求特点。在针对用户体验的研究测量与评价中,定性研究是经常使用到的方法,其研究结果的分析及推广在一定程度上受限于客观场景的多样变化与用户及其行为精细定位上,无法做到大量样本下的量化研究。而技术的进步为这种不足提供了可能。如人工智能与大数据技术的结合,能够进一步扩展用户体验研究的应用范围,体现了“以人为中心”的产品设计理念,为用户体验设计研究提供了一种重要的量化研究方法^[2]。从国内外关于用户研究的发展来看,国外整体研究技术方法及成果相对成熟,国内虽然也有一些研究,但系统或产品在与人工智能、大数据等融合上突出“为用户服务”,满足用户体验的需求还需要进一步完善。

1 智能系统或产品用户体验特点与要求

智能时代的产品或系统用户体验将新的技术、算法与产品或系统相互结合,以智能化、数字化、创新及满足用户需求,实现产品经济战略价值为核心特点。

随着智能互联技术的提升及企业生态战略的实施,当前制造型企业也面临着服务化转型。各个领域都在朝着打造智能产品服务生态系统的方向发展,有研究提出支持智能产品服务生态系统六面体构成要素模型^[3],其中用户体验是其中重要的要素之一。

同时,数字化、网络化、智能化技术的迅速发展,各行各业新的创新与变革需求也更加突出。在用户体验研究中,也逐渐由基于产品的模式向基于智能化产品和服务的模式转变,突出以用户为中心的用户体验与创新设计。

创新设计过程在本质上也是一种由用户体验驱动的过程。在新的技术发展趋势中,创新产品设计与人工智能等技术方法越来越高度融合,如语义识别等智能交互方式,及模式识别算法等服务。随着人工智能技术的快速迭代优化,会不断给围绕语音交互等的智能人机交互设计带来新挑战和机会。如何以人的体验诉求为核心,向更主动、更情感化、更低认知符合的方向不断进化是其用户体验研究与评价的关键^[4]。智能化产品的设计创新是一种结合先进技术的颠覆式技术创新,需要以用户体验为核心。基于此,用户

体验不单包含了用户本身的体验,也包含用户之间,用户与产品/系统,用户与智能交互方式、内容^[5]等(信息)及环境之间的交互体验过程,而且对用户测量与评价维度更加复杂、深入,方法要求更加客观。

智能时代突出智能技术的主导,是以用户中心为设计的第三个发展阶段,设计的理念是以用户为中心。同时,设计平台结合大数据、云计算、5G、区块链等技术,关注智能化人机交互方式或人机交互界面,这也促使用户的需求从传统的用户体验向智能化、个性化、情感体验等方向迁移。本阶段的智能系统或产品设计重点更加突出用户体验和创新设计,而且提升到了推动中国经济发展的国家发展战略层面^[6]。

在创新设计驱动的智能系统或产品以用户为中心的研究中,应该关注在产品全生命周期管理跨度上深度挖掘用户的显性及隐性需求,并关注系统或产品人机交互过程中的用户体验质量。智能产品设计正逐渐从技术驱动转向以人为本,突出用户需求。然而,目前针对人工智能技术的设计方法和设计工具仍相对较少,智能产品的设计实践迫切需要符合人工智能技术特性的设计方法与工具,以弥合机器思维与设计思维的差异^[7]。同时,更需要从用户特征、用户需求等出发,提供客观科学的用户体验测量及评价方法,以提升用户体验质量,进一步优化产品性能,提升产品迭代效率,节省成本。

2 用户体验研究及其一种新的测量技术

2.1 用户体验标准

20 世纪 80 年代用户体验的理论体系及方法论由军用转到民用,随后用户体验的一些专业设备如眼动仪、脑电仪、皮电皮温生理设备等也逐渐得到广泛应用,用户体验行业得到了迅速发展,目前已经发展成为一个独立的行业。

用户体验从军工国防领域进入到民用领域的时间虽然短,但其行业已经逐步完善并建立一系列成熟的标准,如以 ISO 9241、ISO 16982 及 ISO 2506 系列标准为代表的国际标准和以 GB/T 18978、GB/T 18976 为代表的国家标准。比如 2019 年发布的 ISO 9241-210^[8]对产品生命周期中的人机交互、用户体验、以人为中心的设计、易用性等进行了描述。同时,2014 年及 2008 年发布的针对互联网行业用户体验质量评估的国家标准与国际标准 GB/T 18978-151^[9], IDT ISO 9241-151^[10]等。

用户体验以实现产品服务创新为目标,是终端使用者(用户)衡量产品服务质量的综合性指标。智能系统或产品的用户体验评测当前仍缺少相关的标准,有哪些指标可供依据,如何建立智能产品用户体验评测标准,其核心价值之一也需要提供一套完整的方法论和指标体系,进一步确保宏观和微观层面创新成果的商业和社会目标在终端用户实现。

2.2 用户体验研究内容及其测量方法

用户体验涉及研究领域广泛,如驾驶行为^[11-12]、人机界面交互^[13]、机械制造、自动化控制、工业设计^[14]、神经营销、军工武器装备等。与人工智能结合如自动驾驶、智能服务机器人、智能制造、智能无人机、智慧医疗、智慧教育、智能语音交互系统、智能家居系统等等的用户体验,研究内容不单是产品本身的功能或技术创新与迭代、优化,也涉及人机交互过程中用户的认知负荷/脑力负荷、认知能力增强、脑机接口、运动执行与运动想象、智能反馈及控制、情绪、情感计算及认知计算、工作记忆等方向,“以用户为中心”问题的研究需求越来越重要。

同时,多种新的技术手段与方法的发展,也为用户体验的研究维度提供了更多可能性,包括人工智能、大数据、云计算、物联网等技术成为诸多用户体验领域未来研究的新趋势。比如作为差别化设计的情感计算,是基于人工智能领域的主要研究内容之一。通过借助一些新的技术测量方式,如生理传感器技术、图像识别技术、视觉追踪技术、三维虚拟现实技术等,实现人机交互中的情感或状态模型建设、预测及识别或者用户体验评估。例如,关于人机交互用户体验的研究^[15]中,通过皮电、心电等生理信号进行情绪质量和强度识别,结合机器学习算法与模型建设,实现智能化监测,能够实时地根据用户的状态来调整活动变化,从而提高用户的体验效果。Tsuchiya^[16]使用感性工学方法与虚拟现实技术相结合的方式,分析了居民对历史风貌街景的感受,以此测评人们对街景设计的喜好程度。Zhou等^[17]人则通过专家和用户的主观评定、用户观察时的眼动分析(注视点、注视时间、次数等)和脑电(ERP P300成分)分析,研究了用户对不同医疗护理床设计的评价等。

随着用户体验测量技术的发展,其研究方法也从常用的问卷、专家访谈、焦点小组等过渡到将客观的一些量化多通道数据融合起来。用户研究突出体验服务至上,以用户为中心,将人、信息/系统/设备/界面/网页与实际环境多维度因素整合起来综合考虑。结合人工智能、大数据、云计算等先进的技术,为“情感化”与“智能化”用户研究提供量化多维度、客观数据支撑是用户体验与时俱进的重要体现。如有研究者^[18]研究汽车工业设计中的用户体验评选指标,采用了眼动与脑电相结合的方法,分析了用户在体验4款不同汽车设计效果及评价过程中的眼动和脑电指标数据,进一步建立并验证了生理与心理多维综合评价模型,用于对用户体验进行全面的评价。也有研究者^[19]基于三维虚拟现实技术,将多通道的生理指标与人体行为数据融合,建立了一套多通道数据用户体验系统,通过评测驾驶人在不同驾驶环境中的呼吸、心电、关节角度等数据,研究用户体验效果,测评人机交互过程中用户的舒适度、压力疲劳及感知

交互质量等。国内研究者孙远波等人^[20]为测试所构建的虚拟车辆人机交互设计评价系统的可用性,结合虚拟现实技术,同时采集人的音频、眼动、生理(皮电、脑电)、近红外等多维度的数据,实现了对车辆人机交互设计方案的评价。

随着人工智能、神经网络、计算机、信息化等技术的进步,在各用户体验研究领域,针对智能系统/产品全生命周期的验证、测试与评价仍然缺乏实际有效的客观量化手段,而且在数据提取与评价反馈阶段也缺少统一的标准。分析其问题及原因主要表现在:一是产品或系统全生命周期中,各角色的相互独立,缺少系统整合性思维。二是以人为中心的用户体验研究方法比较单一,多依赖专家经验或采用问卷或访谈等传统主观方法,缺少客观的数据与科学的指标做支撑。三是随着自动化水平的提高,产品/系统拥有了更多的主导性和自主性,多复杂体之间的交互,必然会呈现更多不确定性和不可预测性,涉及人机功能分配、人机协同、人员生理和心理疲劳、组织和管理、判断和决策、人机界面设计等问题,这对智能系统或产品用户体验的评价维度要求也越来越高。如何主动、积极地融合新的技术手段,探寻更多有助于用户体验研究的方法显得尤为重要。

2.3 用户体验测量的一种多通道数据同步技术

在智能化时代,如何使用用户体验的效率最大化,涉及多方面的内容建设。其中,创新设计驱动用户体验测量技术在方法上的突破为智能产品或系统的交互量化评价提供了重要的数据支撑。创新设计关注用户满意的产品设计原则,以实现高效、安全、健康、舒适地工作和生活为目标。多通道数据同步测评技术能够实时同步采集用户、产品及环境交互过程中的人-机-环境多通道数据,并给出数据的处理、统计与分析报告。通过多通道的人机交互数据同步,实现对体验者的行为动作分析研究,同时进行脑认知神经网络、生理情绪状态、心理、工效姿态等方面的特性测试与评价。如津发科技公司自主开发研制的ErgoLAB人机交互用户体验测试与评价系统,以人-机-环境及人-信息-系统整合理论为基础,突出以人为中心的研究核心,结合云计算、3D-VR虚拟现实等技术,从项目建设、项目管理、任务建设、脚本编制与场景设计、用户管理、数据的收集、记录分析到结果可视化显示,能够开展全流程的用户可用性测试。如对网页用户体验研究能够自动爬取网页典型元素,获取用户人机交互数据,同时采用智能算法进行数据清洗与处理,完成数据统计分析,生成用户体验可视化结果报告。同时,该系统也具有云平台架构体系,能实时完成针对同一服务端、多客户端的主观与客观量化多通道数据同步团体施测。

测量方法的有效使用能最有效且真实地解决用

户触点及痛点问题,为提升智能产品或系统的迭代效率及用户满意度、舒适性等提供最客观的数据支撑。从用户体验驱动的创新设计出发,多通道数据同步技术考虑用户、技术和环境的交互影响性,是用户体验研究中先进的一个量化方法。多通道数据同步技术综合考虑人-机-环境整体系统内多维度因子交互影响的可能性,能够在用户体验中,实时同步获取人-机/信息与系统的一系列交互体验数据^[21-23],例如同步获得人的脑认知神经数据、视觉数据、行为表现数据、情绪状态表现数据等及人机交互数据、环境数据等。设计者希望对一个实时的脑机接口系统平台的脑机交互方式进行用户体验研究,该系统的特点是通过采集操作者的脑电信号,将其分析的结果作为系统的一种输入装置,从而实现通过人的思维活动来控制平台操作,如向左、向右、静止的运动想象操作等。研究者可以采用这种实时同步的方法既可结合VR虚拟现实或AR增强现实技术模拟用户人机交互过程,也可在实验室或真实世界现场环境创建产品设计原型及用户交互体验场景来进行用户体验测试;可实现实时同步采集人机交互过程中的眼动追踪数据来分析用户视觉感知特性及其认知加工过程^[24-25],如色彩、明亮度、空间布局、版式创新、风格变化等元素设计对用户注意力的影响,或者用户满意度评价^[26];可实时同步采集生理数据来分析用户与产品交互过程的情感体验感受,如不同交互手段输入对用户使用习惯的情绪唤醒程度;可同步采集脑电波数据来分析用户大脑认知加工过程,如思维、判断及决策等;实时同步采集用户面部表情变化数据来分析用户体验过程中的情感变化状态,如是否体验到愉悦或不喜欢;实时同步采集用户操作行为和肢体动作数据,结合经典焦点小组方法等分析用户行为特点,研究用户行为习惯及人机交互姿态变化特征等;以及更多的人-机-环境测试数据种类。

多通道数据同步技术采用同一时间标签,基于时间晶振同步方法能够毫秒级实现在同一时间点或同一时间段下同时采集各维度数据,通过结合一定的算法可以提取到在该时间点或时间段内的相关多级指标与参数。这对综合分析人、产品/系统、环境的交互影响性具有重要的意义。不单在数据分析及提取环节提高了效率,而且将多模态、多通道的数据进行融合,尤其是结合了人工智能技术,可被应用到人机交互及脑机接口中的用户体验研究。不仅考虑产品本身的功能或可用性问题,而且也更加关注用户与智能产品交互过程中的认知、情感维度及人与信息反馈的交互过程的通达性。

可见,新的测量技术探索是时代发展的需求。同时,“以用户为中心”的创新设计,强调整体顶层/迭代的以人为本的系统设计/开发的重要性,需要综合考虑用户各方面需求及其自身特征,产品或系统特点

及其环境的制约因素与相关要执行活动、任务的关系等因素。在智能时代,探索或促进新的用户体验测量技术与方法的发展也非常重要。

3 结语

进入智能时代,任何产品的迭代更新或创新设计都越来越追求个性化及满意的用户体验效果。伴随先进科学技术的发展,人-信息-系统交互及人-机-环境交互的关系也越来越复杂、多变,用户需求质量的提高也越来越重要。伴随未来新的技术的发展,贯穿智能产品全生命周期的用户体验与创新设计如何在传统用户体验测量方法基础上积极探索智能化创新产品或系统的先进用户体验测评技术,是实现用户体验战略化意义非常重要的一个方面。

参考文献:

- [1] 葛列众,许为,用户体验:理论与实践[M].北京:中国人民大学出版社,2020.
GE Lie-zhong, XU Wei. User experience: Theory and Practice[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2020.
- [2] 谭浩,尤作,彭盛兰.大数据驱动的用户体验设计综述[J].包装工程,2020,41(2):7-12.
TAN Hao, YOU Zuo, PENG Sheng-lan. Big Data-Driven User Experience Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 7-12.
- [3] 郑茂宽.智能产品服务生态系统理论与方法研究[D].上海:上海交通大学,2018.
ZHENG Mao-kuan. Theory and Methods of Smart Product Service Innovation Ecosystem[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University. 2018.
- [4] 孙妍彦,李士岩,陈宪涛.情感化语音交互设计——百度AI用户体验部门人机交互研究地图与设计案例[J].装饰,2019(11):22-27.
SUN Yan-yan, LI Shi-yan, CHEN Xian-tao. Emotional Voice Interaction Design: Human Computer Interaction Research Map and Design Case of Baidu AI User Experience Department[J]. Art & Design, 2019(11): 22-27.
- [5] 侯文君,吴春京.基于数据分析的智能手表手势直觉化交互研究[J].包装工程,2015,36(22):13-16.
HOU Wen-jun, WU Chun-jing. Gestures Interaction Research Based on the Data Analysis for Smart Watch[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(22): 13-16.
- [6] 许为.三论以用户为中心的设计:智能时代的用户体验和创新设计方法[J].应用心理学,2019,25(1):3-17.
XU Wei. User-Centered Design(III): Methods for User Experience and Innovative Design in the Intelligent Era[J]. Chinese Journal of Applied Psychology, 2019, 25(1): 3-17.
- [7] 孙凌云,张于扬,周志斌,等.以人为本的智能产品设计现状和发展趋势[J].包装工程,2020(2):1-6.

- SUN Ling-yun, ZHANG Yu-yang, ZHOU Zhi-bin, et al. Current Situation and Development Trend of Intelligent Product Design under the Background of Human-Centered AI[J]. *Packaging Engineering*, 2020(2): 1-6.
- [8] Technical Committee ISO/TC 159/SC 4, Ergonomics of human-system interaction. ISO 9241-210:2019, Ergonomics of human-system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems[S]. Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2019.
- [9] 全国人类工效学标准化技术委员会. GB/T 18978.151-2014, 人-系统交互工效学 第 151 部分: 互联网用户界面指南[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015. Technical Committee Ergonomics SAC/TC7.GB/T 18978.151-2014, Ergonomics of human-system interaction-Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [10] Technical Committee ISO/TC 159/SC 4, Ergonomics of human-system interaction. ISO 9241-151:2008, Ergonomics of human-system interaction-Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces[S]. Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2008.
- [11] GRAICHEN L, GRAICHEN M, KREMS J F. Evaluation of Gesture-Based In-Vehicle Interaction: User Experience and the Potential to Reduce Driver Distraction[J]. *Human Factors*, 2019, 61(5): 774-792.
- [12] KIM S, CHANG J J E, PARK H H, et al. Autonomous Taxi Service Design and User Experience[J]. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2020, 36(5): 429-448.
- [13] AL SAID N, AL-SAID K M. Assessment of Acceptance and User Experience of Human-Computer Interaction with a Computer Interface[J]. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 2020, 14(11): 107.
- [14] CHOI K, KIM T, SUK H J. Lighting User Experience (LUX) Cards: A Card-Based Tool for the Design of Smart Lighting Solutions[J]. *Archives of Design Research*, 2020, 33(1): 55-65.
- [15] HARATIAN R, TIMOTIJEVIC T. On-Body Sensing and Signal Analysis for User Experience Recognition in Human-Machine Interaction[C]. Poitiers: 2018 4th International Conference on Frontiers of Signal Processing (ICFSP). 2018.
- [16] TSUCHIYA T. Kansei Engineering Study for Streetscape Zoning Using Self Organizing Maps[J]. *International Journal of Affective Engineering*, 2013, 12(3): 365-373.
- [17] ZHOU Zhi-yong, CHENG Jian-xin, WEI W, et al. Validation of Evaluation Model and Evaluation Indicators Comprised Kansei Engineering and Eye Movement with EEG: An Example of Medical Nursing Bed[J]. *Micro-system Technologies*, 2021, 27(4): 1317-1333.
- [18] 唐帮备, 郭钢, 王凯, 等. 联合眼动和脑电的汽车工业设计用户体验评选[J]. *计算机集成制造系统*, 2015, 21(6): 1449-1459. TANG Bang-bei, GUO Gang, WANG Kai, et al. User Experience Evaluation and Selection of Automobile Industry Design with Eye Movement and Electroencephalogram[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2015, 21(6): 1449-1459.
- [19] PERUZZINI M, GRANDI F, PELLICCIARI M, et al. User Experience Analysis Based on Physiological Data Monitoring and Mixed Prototyping to Support Human-Centre Product Design[C]. Cham: Springer Nature, 2018: 401-412.
- [20] 孙远波, 董一辰, 高若琳, 等. 车辆人机交互设计虚拟评价系统构建与应用[J]. *包装工程*, 2019, 40(2): 17-22. SUN Yuan-bo, DONG Yi-chen, GAO Ruo-lin, et al. Construction and Application of Virtual Evaluation System for Vehicle Human-Machine Interaction Design[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(2): 17-22.
- [21] DOU Jin-hua, QIN Jing-yan, WANG Qing-ju, et al. Identification of Usability Problems and Requirements of Elderly Chinese Users for Smart TV Interactions[J]. *Behaviour & Information Technology*, 2019, 38(7): 664-677.
- [22] DOU J H. Human-Machine Interface Evaluation of CNC Machine Control Panel through Multidimensional Experimental Data Synchronous Testing Analysis Method[J]. *International Journal of Performability Engineering*, 2017, 13(8): 1195-1205.
- [23] WU Lei, ZHU Zhi-juan, CAO Huai, et al. Influence of Information Overload on Operator's User Experience of Human-Machine Interface in LED Manufacturing Systems[J]. *Cognition, Technology & Work*, 2016, 18(1): 161-173.
- [24] WU X L, GEDEON T, WANG L L. The Analysis Method of Visual Information Searching in the Human-Computer Interactive Process of Intelligent Control System[C]. Cham: Springer Nature, 2018, 827: 73-84.
- [25] WU Lei, ZHU Zhi-juan, CAO Huai, et al. Influence of Information Overload on Operator's User Experience of Human-Machine Interface in LED Manufacturing Systems[J]. *Cognition, Technology & Work*, 2016, 18(1): 161-173.
- [26] 侯文君, 高晓宇, 李铁萌. 基于瞳孔尺寸波动的用户基本满意度评价模型研究[J]. *航天医学与医学工程*, 2013, 26(5): 343-346. HOU Wen-jun, GAO Xiao-yu, LI Tie-meng. Customer Satisfaction Evaluation Model Based on Pupil Size Changes[J]. *Space Medicine & Medical Engineering*, 2013, 26(5): 343-346.