

智慧健康养老产品适老化设计与老年用户研究方法

窦金花, 覃京燕

(北京科技大学, 北京 100083)

摘要: **目的** 随着智慧养老服务模式的推广, 越来越多的智慧健康养老产品投入使用。研究智慧健康养老产品适老化设计与用户研究方法, 以辅助设计开发者提升智慧健康养老产品的适老化水平。**方法** 通过文献研究分析老年人信息科技产品使用的关键问题, 研究典型智慧健康养老产品的组成要素, 提出适老化智慧健康养老产品设计方法框架。面向智慧健康养老产品设计过程, 提出3种典型的老年用户研究方法——基于人种志方法的老年用户研究、老年用户智慧健康养老产品外观意象需求研究、基于多维数据同步测量分析的老年用户研究。**结论** 所分析的关键问题、提出的设计理论和老年用户研究方法都可以为智慧健康养老产品的设计开发提供参考。

关键词: 智慧健康养老; 适老化设计; 智能产品; 老年人; 用户研究

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)06-0062-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.06.009

Senior-friendly Design of Smart Health Care Products and Research Methods for Elderly Users

DOU Jin-hua, QIN Jing-yan

(University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

ABSTRACT: With the promotion of smart elderly care service model, more and more smart health care products for elderly have been put into use. This paper is a research on the senior-friendly design of smart health care products and user research methods to assist the improvement of the senior-friendly level of smart health care products. With the key issues in the use of information technology products for the elderly are analyzed through literature research, and the components of typical smart health care products and services are studied, a framework for designing senior-friendly smart health care products is proposed. Facing the design process of smart health care products for elderly, three typical research methods for elderly users are proposed—research on elderly users based on ethnographic methods, research on the appearance image demand of smart health care products for elderly users, and research on elderly users based on simultaneous measurement and analysis of multi-dimensional data. The analyzed key issues, the proposed design theory and the elderly users research methods provide references for the design and development of smart health care products.

KEY WORDS: smart health care; senior-friendly design; smart products; elderly; user research

世界人口老龄化问题日趋严重, 各个国家均面临不同程度的老龄化问题。据 2019 年世界人口数据展

望报告显示^[1], 在 2019 年全球大约 9.1% 的人年龄在 65 岁或以上。预计世界老年人口比例将在 2030 年达

收稿日期: 2020-12-19

基金项目: 教育部“长江学者奖励计划”青年项目; 中央高校基本科研业务费项目 (FRF-TP-18-010C1); 国家重大专项课题: (2018YFB0704301); 北科大顺德研究生项目 (BK19AE011); 2018 年天津市教委社会科学重大项目 (2018JW2D14)

作者简介: 窦金花 (1978—), 女, 黑龙江人, 博士, 北京科技大学副教授, 主要研究方向为人机交互、人工智能与创新设计, 产品服务系统设计、文化遗产的可持续发展与设计创新等。

通信作者: 覃京燕 (1976—), 女, 四川人, 博士, 北京科技大学教授, 主要研究方向为人工智能与创新设计、交互设计、信息设计以及大数据的信息可视化等。

到11.7%，2050年达到15.9%，到2100年达到22.6%。据2019年国民经济和社会发展统计公报数据显示，截止到2019年，我国60周岁及以上人口2.54亿人，占总人口的18.1%，其中65周岁及以上人口1.76亿人，占总人口的12.6%。为了积极应对老龄化问题，世界卫生组织在1990年和1999年先后提出实现健康老龄化和积极老龄化。党的十九大报告提出“实施健康中国战略”，提高人民健康水平，特别强调保障低收入群体、弱势群体稳定获取健康资源的能力。产业界、学术界积极探索应对人口老龄化问题的养老服务模式与服务应用，人工智能、大数据、云计算、区块链等信息技术的飞速发展，万物互联以及信息物理融合系统的应用为养老产业提供支撑，促进了养老服务模式以及养老产品服务系统的创新。智慧养老是一种基于信息技术的新型养老服务模式，近年来，国家有关部门包括国家老龄办、国务院、工信部和民政部等部门相继出台了智慧健康养老相关文件，提出大力支持智慧养老产业的发展。

老年人面对新科技产品和服务时，由于其个体特征影响和企业在新科技产品开发过程中对适老化设计考虑不足，使得老年人使用科技产品及服务时存在较多的障碍，该问题已经在生活服务、交通出行、医疗健康等多个领域凸显。随着智慧养老产业的发展，各种新型智慧健康养老产品开始推广应用，亟需提高智慧健康养老产品的适老化水平。以老年用户为中心进行智慧健康养老产品的设计开发，针对老年用户开展用户研究，对提高智慧健康养老产品的适老性具有积极的意义。学者对用户研究方法和支持技术进行了多年研究，基于信息技术的智慧健康养老产品从外观形态、交互方式到服务内容均呈现新的特征，如何面向智慧健康养老产品特征和老年用户个体特征，采用更为合理的用户研究方法和支持技术，还需要深入探索，这为本研究的开展提供了契机。

1 智慧健康养老模式相关研究

英国生命信托基金会提出全智能化老年系统，通过构建一种全智能化老年公寓，帮助老年人提高生活质量。Marie Chan等^[2]在2009年提出通过配备了传感器、执行器、生物医学监视器的智能家居，帮助老年人和残疾人改善家庭护理状况。2012年，全国老龄办提出智能化养老理念，将信息技术与传统人工养老服务有机结合，帮助老年人提高生命生活质量。2015年在国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见中，提出要促进智慧健康养老产业发展，支持智能健康产品创新和应用^[3]。2017年2月，工业和信息化部等部门联合制定了《智慧健康养老产业发展行动计划（2017—2020年）》^[4]。中国人民大学左美云^[5]提出智慧养老(Smart Senior Care, SSC)是指利用信息技术等现代科技技术，围绕老人的生活起居、安全保

障、医疗卫生、保健康复、娱乐休闲、学习分享等，从各方面支持老年人的生活服务和管理，自动监测、预警甚至主动处置涉老信息，实现这些技术与老年人的友好、自主式、个性化智能交互。2018年到2020年国务院发布的一系列政策文件中，相继提出促进互联网和医疗健康、推进养老服务发展，将技术创新作为应对人口老龄化的动力和战略支撑^[6-7]。工业和信息化部办公厅、民政部办公厅也发布了一系列智慧健康养老产品及服务推广目录，以支持智慧养老产业的发展^[8]。

2 面向老年人的信息科技产品研究

2.1 老年人对信息科技的接受和采纳

学者对老年人信息科技的接受和采纳问题进行了研究。当技术满足老年人的需求时，老年人可能会接受和使用该技术。但是由于生理机能下降、心理因素的影响和缺少信息产品使用的经验，老年人常常对信息技术感到恐惧，而无法接受和采纳新技术^[9]。Davis提出技术接受模型(Technology Acceptance Model, TAM)，呈现了影响技术接受和使用的两个决定性因素——感知有用性和感知易用性，为研究老年用户对信息科技的接受度提供了可应用的理论模型^[10]。Vroman等的研究表明老年人的年龄、教育程度、态度和个性会影响他们使用信息交流技术的方式，并提出了信息通信技术社交网络动机模型，该模型揭示了影响老年人信息通信技术使用的动机因素包括人际关系和支持系统、实用性、虚拟社区。人际关系和支持系统反映了人们的主要兴趣、需求和最常使用的模式——与家人和朋友的社交网络活动。实用性体现在获取有关健康、产品和服务的信息，以及执行日常工具性任务，如银行、购物和与社会服务部门的信息交换。虚拟社区是个人最不亲密的社交网络，例如通过读书俱乐部和互动游戏等在线团体活动，分享共同的休闲兴趣和追求，并进一步实现互联互通^[11]。YANG Hengli等的分析结果表明，社交、娱乐和时尚动机对老年移动用户采用普适移动社交服务有影响。此外，用户感知的互动丰富性和应用程序的自我效能也对老年移动用户对服务的采纳产生影响^[12]。Pal等基于技术接受度模型提出老年人智能家居技术接受模型，所提出的研究模型包括自身能力、自动化、通用连接性、安全/隐私、负担能力、享受、满意度、主观规范、兼容性9项指标，通过研究证明主观规范、兼容性、自动化、自身能力和满意度与老年人智能家居的使用意愿成正相关，而负担能力、安全/隐私和老年人智能家居的使用意愿之间存在负相关关系，通用连接性和享受对老年人的行为意图没有影响^[13]。

2.2 老年人信息科技产品的可用性和用户体验

可用性和用户体验影响老年人对新技术产品的接受和使用^[14]。智慧健康养老产品的适老化不足，可

用性和用户体验较低是重要的影响因素之一。ISO9241-11 定义可用性包括有效性、效率和满意度。尼尔森提出可用性的 5 个属性,包括可学习性,效率,可记忆性,出错和满意度^[15]。用户体验更加强调用户的主观感受。ISO 9241-210 标准将用户体验定义为:人们对于针对使用或期望使用的产品、系统或者服务的认知印象和回应。Rogers 等阐述了多用户体验目标,包括满足、乐于助人、娱乐、愉快、激励、挑衅、参与、具有挑战性、令人惊讶、愉悦、增强社交能力、奖励、激动、支持创造力、情感实现、娱乐性、认知性刺激和体验流程^[16]。Anderson 的研究指出系统的高成本、复杂性、终端用户的接受度低(可用性和侵入性)以及伦理道德问题是实施数字医疗的主要障碍^[17]。Sumit 等研究了基于智能家居的智慧健康养老,提出智慧养老产品不仅要关注系统性能和易用性,还应该关注设计美学^[18]。Peleg-Adler 等比较了老年人和年轻人在公共交通路线规划任务中的表现,分别采用手持 AR 接口和标准的非 AR 界面。在使用 AR 界面时,无论年轻人还是老年人都表现为更快的执行时间和较高的错误率,但老年人和年轻人的错误率没有显著差异,研究结果突出了老年人在 AR 技术方面的潜力^[19]。Haesner 等的研究发现老年人在使用基于触摸交互方式的谷歌眼镜时易产生较高的错误率并且需要一定帮助^[20]。窦金花等^[21]对老年用户自然交互情境下使用智能电视的交互行为进行研究,发现老年用户智能电视交互过程存在的一些可用性问题。何灿群和谭晓磊针对老年人数字阅读界面设计进行研究综述,并针对老年人数字阅读界面设计的研究趋势进行探讨^[22]。李琳等研究智慧厨房发展趋势,针对智慧厨房适老化设计的不足问题提出了具体的适老化设计策略^[23]。

3 智慧健康养老产品适老化设计

3.1 老年人数字鸿沟与适老化设计

信息科技产品对老年人具有一定的应用潜力和实用价值,智慧健康养老是应对人口老龄化问题、帮助老年人提高生命生活质量的新模式。但是信息科技产品对老年人并不友好,存在着较多的可用性问题。老年人由于其特殊的生理、心理特征以及受教育程度、经济因素等方面的影响,在快速的信息化进程中面临数字鸿沟问题。虽然有老年人愿意接受和学习使用信息科技产品,但是由于不断有新技术创新以及新产品迭代更新,老年人无法快速学习和掌握新产品的使用方法。而企业在进行新产品开发时,常由于产品开发周期、市场竞争压力以及经济因素等多方面考虑,未将老年人作为主要考虑的目标人群,导致所开发的信息科技产品不仅不能为老年人提供生活便利,反而由于新产品及服务的市场垄断使得老年人无法公平享受科技福祉,老年人与数字化产品及服务的障

碍问题并未得到有效解决。老年人面对快速迭代更新的智慧健康养老产品,仍然存在数字鸿沟问题,需要在产品设计开发过程中对智慧健康养老产品进行适老化设计与改造,以提高智慧养老产品的适老化水平,减少老年人的数字鸿沟问题。适老化设计是一种以人为中心的设计理念,是在设计过程中关注老年人的生理、心理特征以及行为特征、习惯、偏好等,使产品和服务满足老年人的需求。基于前人对老年人与信息科技产品的研究,适老化的智慧养老产品要使老年人产生使用动机,具有良好的可用性和用户体验,促进老年人对健康智慧养老产品及服务的接受和采纳。

3.2 典型智慧健康养老产品和服务

根据政府部门发布文件和相关学术文献研究^{[5][8]},智慧健康养老产品类型包括智能家居产品,例如智能电视、智能音箱、智能冰箱;健康管理类可穿戴设备,例如智能手环、智能可穿戴服饰;便携式健康监测设备,主要包括各类生理指标监测设备以及多参数健康监测设备等;自助式健康检测设备,例如自助健康监测一体机;智能养老监护设备,例如智能床垫、带各种功能的康复训练设备;养老服务机器人,包括老年人护理、陪伴、康复服务机器人等。智慧健康养老服务面向老年人的生活照料需求、慢性病管理需求、居家健康养老保健需求等建立智慧养老服务平台,提供相应的服务内容。人机交互界面是用户与产品服务系统交互的接口,智慧健康养老产品的人机交互界面为用户提供多种交互形式,图形用户界面、自然用户界面,如语音用户界面和触摸手势用户界面,基于情感计算、情境感知技术的自适应用户界面等,在智慧健康养老产品中均有应用。

3.3 智慧健康养老产品适老化设计方法

智慧健康养老产品由智能互联产品和数字健康养老服务组成,是一种智能产品服务系统。智能互联产品内置各类传感器、处理器和软件,实现与用户、环境以及利益相关者的互通互联。数字化健康养老服务基于大数据、人工智能、知识图谱等技术,为老年用户和相关用户提供服务内容。智慧健康养老产品适老化设计方法是以老年用户为中心进行智慧健康养老产品各个组成要素的设计,主要考虑的设计要素包括智慧健康养老产品外观形象、人机交互界面和所提供的数字服务内容。准确获取用户需求是产品功能设计和方案设计的基础,因此,要针对智慧健康养老各个利益相关者进行用户研究,并将老年用户研究贯穿于整个智慧健康养老产品设计开发过程中。老年用户研究要结合具体的人机交互情境,主要包括老年用户所处的环境、任务和时间情境。通过处理和综合分析用户研究数据,挖掘用户对智慧健康养老产品外观造型、人机交互界面信息架构、界面元素特征、产品功能和服务内容的具体需求。在产生智慧健康养老产品

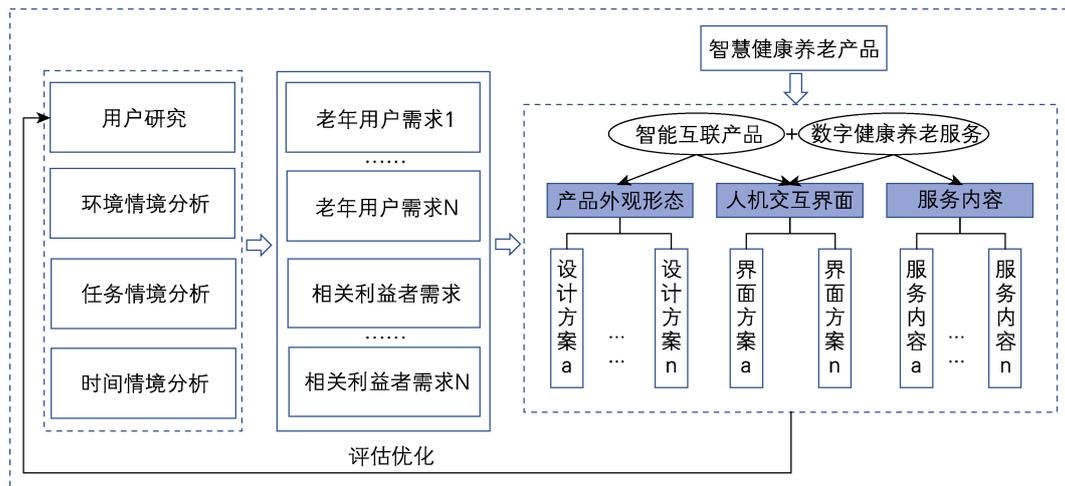


图 1 智慧健康养老产品适老化设计方法框架

Fig.1 Senior-friendly design method framework of smart health care products

设计方案之后，还需要对终端用户，特别是老年用户进行测试分析，对设计方案进行评估以辅助设计师进行方案决策，并针对终端用户新的功能需求和所存在的可用性问题进行产品的迭代优化。智慧健康养老产品适老化设计方法框架见图 1。

4 面向智慧健康养老产品适老化设计的老年用户研究方法

4.1 面向智慧健康养老产品组成要素的老年用户研究

在智慧健康养老产品设计开发过程中对老年用户开展研究，其目标是获取老年人对智慧健康养老产品各个组成要素的需求。针对智慧健康养老产品的组成要素开展适老化设计，主要从 3 个方面进行考虑：（1）智慧健康养老产品的数字服务内容设计；（2）智慧健康养老产品的外观形态设计；（3）智慧健康养老产品的人机交互界面设计。本文提出了 3 种老年用户研究方法，即基于人种志方法的老年用户研究、老年用户意象需求研究、基于多维数据同步测量分析的老年用户研究。人种志研究方法可被应用在智慧健康养老产品设计开发的前期以及新产品的迭代优化过程中，也可以应用于在智慧健康养老产品投入市场后，发现人机交互过程中具体的可用性问题。老年用户意象需求研究主要用于获取老年用户对智慧健康养老产品外观的感性意象需求和偏好，为智慧健康养老产品外观美学设计提供科学的依据。基于多维数据同步测量分析的老年用户研究是分析老年用户人机交互过程可用性问题和用户界面需求的一种有效方法。

4.2 基于人种志方法的老年用户研究

基于人种志方法的老年用户研究是深入到老年人的日常生活，在自然情境下搜集调研数据，对老年人进行参与式或非参与式的观察、记录、访谈，并对

研究结果进行归纳总结。传统用户研究方法多采用问卷法或访谈法对老年人进行研究，在访谈过程中发现老年人由于认知、记忆能力下降、语言表述不清晰，常常难以有效表达真实的心理需求，而问卷调查过程容易受个体主观因素的影响，导致调查分析结果并不客观准确。基于人种志方法进行老年用户研究，通过在一段时间范围内对老年人的跟踪、观察和记录，能够更加深入理解老年人的生活方式和价值观念、态度、能力，获取具体的生活细节和问题，发现老年人的行为模式和需求，引导智慧健康养老产品的设计创新机会。采用人种志方法归纳整理受试者 1（女，66 周岁）为期 7 天的生活日志，见图 2。受试者 1 患有高血压和腰椎增生两种慢性疾病，分析其生活日志发现，受试者 1 的作息时间不规律，主要表现在睡眠时间不固定，经常在娱乐时间睡眠，有时一天有多次睡眠记录，时间长短不一，日常需要服用降压药，但是经常忘记服药。通过参与式观察发现该用户的娱乐方式主要以看电视和使用智能手机阅读为主，外出锻炼较少，饮食习惯上偏爱多盐多油，由于腰椎不好，日常生活中经常躺卧。根据所归纳总结的问题，智慧健康养老产品应着重考虑设计开发帮助老年人规范作息时间、健康娱乐环境、提高服药依从性、不良姿势提醒、督促合理锻炼、科学合理饮食等方面的功能，并提供相应的数字服务内容。

4.3 老年用户意象需求研究

在对市场上已有的健康养老服务产品调研后发现，健康养老服务产品设计主要以功能开发为主，对外观造型美学考虑较少。智慧健康养老产品外观意象符合老年人的意象需求和偏好，对增强老年人使用智慧养老产品的动机和提高用户体验具有积极的作用。目前针对产品外观意象的相关研究主要包括感性工学研究方法^[24]，神经生理研究方法^[25]以及基于大数据分析的研究方法^[26]。智慧健康养老产品外观设计采

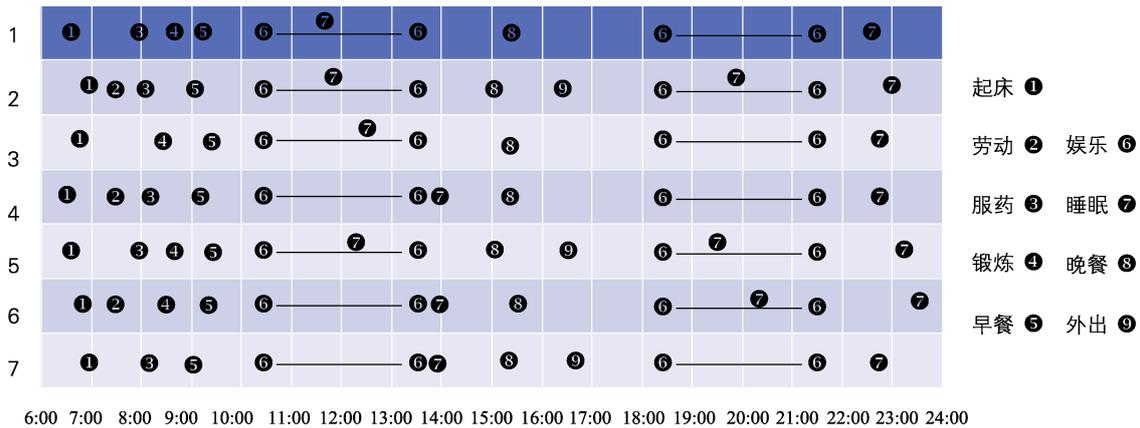


图2 受试者1为期7天的生活日志
Fig.2 Life diary of subject 1 for 7 days

用神经生理测量的用户研究方法,其不足之处在于经济成本较高,被试的样本数量规模小,而基于大数据计算分析来获取用户对产品造型的情感意象,需要基于大量的数据支撑,例如在商品销售平台上获取用户有关该产品的评价数据等。而智慧健康养老产品尚未实现大规模普及应用,老年人使用网络购物、微博等互联网平台较少,因此较难获得大规模老年用户评价数据进行数据挖掘分析。感性工学研究方法将产品设计特征与用户感性意象相互关联,采用产品造型图像结合量表的测试方式,并对所获得的量表数据进行计算分析。感性工学方法易于执行,用户样本量适中,花费成本较低,老年用户结合产品外观造型图像进行量表评分,更能贴近其心理表征,通过科学合理的数据处理和计算分析,使得研究结果具有较好的普适性,适用于在智慧健康养老产品设计开发过程中获取老年用户对产品外观形态的感性意象需求和偏好。

4.4 基于多维数据同步测量分析的老年用户研究

在开展用户实验研究时常采用眼动追踪技术、心理生理测量技术等,这些技术对外部刺激更加敏感,能够实时反映用户的交互行为和心理状态。由于老年用户进行眼动实验时经常存在一些问题,例如老年人视力下降,眼动测试过程中容易产生眼动数据缺失以及眼动轨迹中断的问题,所以该方法对老年用户的视力有一定的要求。智慧健康养老产品的人机交互界面形式多样,自然用户界面在智慧养老产品中得到广泛应用,自然交互形式具有连续性、隐含性特征,采用可穿戴生理测量设备实时采集老年用户人机交互过程的生理数据,适用于智慧健康养老产品的人机交互特征,但是对老年用户进行皮电、心电、脑电等生理指标测量时,生理信号容易受到外界环境等无关因素影响。老年人在实验过程中,常由于缺乏自信、心理压力导致心理波动,对生理数据结果的准确性造成干扰。因此,针对老年用户智慧健康养老产品人机交互情境,单一维度生理测量分析往往不够客观准确。



图3 智能电视主页面兴趣区划分
Fig.3 Division of interest area on smart TV homepage

在分析老年用户操作智慧健康产品的可用性问题 and 用户体验时,采用刺激触发老年用户心理和生理变化,采用脑电测量技术,心电、皮电、眼动测量技术,结合对老年人动作事件和面部表情行为的分析,在同一时间段同步记录多参数数据。在具体的实验过程中,应根据不同的实验目标选择合理的测量通道,并结合实验后量表和访谈的方法进行协同分析,多个维度数据协同验证。该方法更加适用于老年用户个体特征和智慧健康养老产品的应用情境,有助于挖掘老年用户隐性需求,获得更加客观准确的结论。

为了分析老年用户使用智能电视界面的可用性问题 and 用户需求,在研究过程中采用眼动、皮电、心电测量技术和行为观察方法,对老年用户和智能电视人机交互过程进行同步测量,通过分析老年用户的生理数据,结合面部表情观察,发现被试在进行影片搜索过程中存在可用性问题,这影响了老年用户智能电视的使用体验。为了进一步获取影响可用性的界面设计元素,选取6名被试的眼动指标进行深入分析。智能电视主页面被划分为3个兴趣区:影片搜索区、功能模块区及影片列表区,见图3。智能电视主页面执行搜索影片任务的眼动行为见图4,根据6名被试前5s的眼动轨迹图及热图可以看出,其中2名被试较



图 4 智能电视主页面执行搜索影片任务的眼动轨迹和热图
Fig.4 Eye movement trajectory and heat map for searching movies task on the smart TV homepage

快注视到“搜索影片”标志，但这两名被试视线很快转向其周围的区域，而其他 4 名被试并未快速注视到“搜索影片”标志，而是集中于附近区域。由眼动热图发现用户视线主要集中于影片列表区。同时，观察用户行为发现老年用户并不能快速准确定位到所要点击的部分，导致操作路径错误，操作时间增长。主要原因在于被试虽然已经注意到所需内容，但不能明确选择光标的位置，导致按错其他选项，“搜索影片”图标能否有效唤起用户的注意，“搜索影片”图标和选择光标的设计特征是主要影响因素。“搜索影片”图标作为老年用户最常用的功能图标，需要进行优化设计，改变其色彩、形状、文字显示等，使其更容易引起老年用户注意。另外，需要将选择光标进行优化，设置选择光标显示状态，提高选择光标的亮度和对比度，突出选中区域的内容，使老年用户能够快速准确定位按键位置。

5 结语

伴随着老年人口的迅速增长，社会老龄化问题日益加剧。智慧养老是应对老龄化问题的新型养老服务模式，设计开发适合老年人需求和使用的智慧健康养老产品对促进积极健康老龄化具有重要的意义。智慧健康养老产品是基于信息技术的新型科技产品，老年人在面对新科技和新产品时接受度较低，存在较多可用性问题。本文提出了智慧健康养老产品适老化设计

目标——提高老年人的使用动机，具有良好的可用性和用户体验，促进老年人对智慧健康养老产品的接受和采纳。围绕所提出的目标，研究适老化智慧健康养老产品设计方法，提出几种面向智慧健康养老产品设计过程的老年用户研究方法。利用人种志方法引导设计开发人员深入老年人真实生活情境，发现老年人的产品功能需求，进一步确定服务内容。老年用户意象需求研究使设计开发人员快速获取老年人对智慧养老产品外观的情感意象和偏好，为产品外观美学设计提供依据。基于多维数据同步测试分析的老年用户研究辅助设计开发人员有效挖掘老年用户人机交互过程的可用性问题 and 用户界面需求，对于老年用户研究所得的结果，可以邀请设计领域专家、老年用户和相关利益者、设计开发人员共同进行评价。在智慧健康养老产品设计开发过程中，根据产品特征、研究目标、老年用户特征采用适合的用户研究方法，并不断探索新的老年用户研究方法，为适老化智慧健康养老产品的设计开发提供依据。

参考文献：

- [1] United Nations. World Population Prospects: The 2019 Revision[R]. New York: Department of Economic and Social Affairs Population Division, 2019.
- [2] CHAN M, CAMPO E, ESTEVE D, et al. Smart Homes: Current Features and Future Perspectives[J]. Maturitas, 2009, 64(2): 90-97.
- [3] 国务院. 国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见[EB/OL]. (2015-07-04)[2020-12-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm. General Office of the State Council, PRC. The Guiding Opinions of the State Council on Actively Promoting the Action of “Internet Plus”[EB/OL]. (2015-07-04)[2020-12-15]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm.
- [4] 工业和信息化部等部门. 智慧健康养老产业发展行动计划(2017-2020)[EB/OL]. (2017-02-20)[2020-12-15]. <http://www.mca.gov.cn/article/gk/ghjh/201801/20180115007164.shtml>. Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China and Other Departments. Action Plan for the Development of Intelligent and Healthy Old-age Industry(2017-2020)[EB/OL]. (2017-02-20) [2020-12-15]. <http://www.mca.gov.cn/article/gk/ghjh/201801/20180115007164.shtml>.
- [5] 左美云. 智慧养老：内涵与模式[M]. 北京：清华大学出版社出版，2018. ZUO Mei-yun. Smart Senior Care: Connotation and Mode [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2018.
- [6] 国务院办公厅. 关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见[EB/OL]. (2018-04-28) [2020-12-16]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/28/content_5286645.htm.

- General Office of the State Council, PRC. The Opinions on Promoting the Development of "Internet + Medical Health"[EB/OL]. (2018-04-28)[2020-12-16]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/28/content_5286645.htm.
- [7] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于推进养老服务发展的意见[EB/OL]. (2019-04-16) [2020-12-16]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-04/16/content_5383270.htm.
General Office of the State Council, PRC. Opinions of the General Office of the State Council on Promoting the Development of Elderly Care Services[EB/OL]. (2019-04-16)[2020-12-16]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-04/16/content_5383270.htm.
- [8] 工业和信息化部, 民政部和国家卫生健康委. 智慧健康养老产品及服务推广目录(2020年版)[EB/OL]. (2020-09-07)[2020-12-15]. <http://www.mca.gov.cn/article/xw/tzgg/202009/20200900029314.shtml>.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China and Other Departments. Smart Health Care Products and Services Promotion Catalog(2020 Edition)[EB/OL]. (2020-09-07)[2020-12-15]. <http://www.mca.gov.cn/article/xw/tzgg/202009/20200900029314.shtml>.
- [9] HILL R, BETTS L R, GARDNER S E. Older Adults' Experiences and Perceptions of Digital Technology: (Dis) Empowerment, Wellbeing and Inclusion[J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, 48: 415-423.
- [10] DAVIS F D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology[J]. *Mis Quarterly*, 1989, 13(3): 319-340.
- [11] VROMAN K G, ARTHANAT S, LYSACK C. "Who Over 65 is Online?" Older Adults' Dispositions toward Information Communication Technology[J]. *Computers in Human Behavior*, 2015, 43: 156-166.
- [12] YANG H L, LIN S L. The Reasons Why Elderly Mobile Users Adopt Ubiquitous Mobile Social Service[J]. *Computers in Human Behavior*, 2019, 93: 62-75.
- [13] PAL D, FUNILKUL S, VANIJA V, et al. Analyzing the Elderly Users' Adoption of Smart-home Services[J]. *IEEE Access*, 2018(6): 51238-51252.
- [14] BARNARD Y, BRADLEY M D, HODGSON F, et al. Learning to Use New Technologies by Older Adults: Perceived Difficulties, Experimentation Behaviour and Usability[J]. *Computers in Human Behavior*, 2013, 29(4): 1715-1724.
- [15] NIELSEN J. *Usability Engineering*[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994.
- [16] PREECE J, SHARP H, ROGER Y. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
- [17] ANDERSON J G. Social, Ethical and Legal Barriers to E-health[J]. *International Journal of Medical Informatics*, 2007, 76(5/6): 480-483.
- [18] SUMIT M, EMAD A, MOEIN N, et al. Smart Homes for Elderly Healthcare-recent Advances and Research Challenges[J]. *Sensors*, 2017, 17(11): 2496.
- [19] PELEG A R, LANIR J, KORMAN M. The Effects of Aging on the Use of Handheld Augmented Reality in a Route Planning Task[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 81: 52-62.
- [20] HAESNER M, WOLF S, STEINERT A, et al. Touch Interaction with Google Glass: Is it Suitable for Older Adults?[J]. *International Journal of Human-computer Studies*, 2018, 110: 12-20.
- [21] DOU J H, QIN J Y, WANG Q, 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] 何灿群, 谭晓磊. 智慧养老背景下的老年人数字阅读界面设计研究综述[J]. *包装工程*, 2020, 41(20): 57-68.
HE Can-qun, TAN Xiao-lei. Application Status and Prospects of Implicit Interaction in the Field of Smart Care for the Aged[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(20): 57-68.
- [23] 李琳, 李芳宇, 刘征. 积极老龄化背景下智慧厨房发展趋势及适老性设计探究[EB/OL]. (2020-12-14) [2020-12-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20201211.1420.012.html>.
LI Lin, LI Fang-yu, LIU Zheng. Research on the Development Trend and Oriented Design of Intelligent Kitchen under the Background of Active Aging[EB/OL]. (2020-12-14) [2020-12-20]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20201211.1420.012.html>.
- [24] 苏建宁, 赵慧娟, 王瑞红, 等. 基于支持向量机和粒子群算法的产品意象造型优化设计[J]. *机械设计*, 2015, 32(1): 105-109.
SU Jian-ning, ZHAO Hui-juan, WANG Rui-hong, et al. Product Image Form Optimization Design Based on Support Vector Machine and Particle Swarm Optimization[J]. *Journal of Machine Design*, 2015, 32(1): 105-109.
- [25] DING Y, GUO F, ZHANG X, et al. Using Event Related Potentials to Identify a User's Behavioural Intention Aroused by Product Form Design[J]. *Applied Ergonomics*, 2016, 55: 117-123.
- [26] 窦金花, 覃京燕. 基于深度学习的产品外观意象情感计算服务平台研究[J]. *包装工程*, 2020, 41(6): 20-25.
DOU Jin-hua, QIN Jing-yan. Affective Computing Service Platform of Product Appearance Image Based on Deep Learning[J]. *Packaging Engineering*, 2020, 41(6): 20-25.