

· 研究综述与前沿进展 ·

人智交互情境下对话式系统的适老化设计研究进展

蔡 辰¹ 郭文智¹ 孙晓宁^{1,2,3*}

(1. 山西财经大学工商管理学院, 山西 太原 030006; 2. 山西财经大学信息学院, 山西 太原 030006;
3. 南开大学商学院信息资源管理系, 天津 300071)

摘 要: [目的/意义] 本文系统性梳理和评述了对话式系统在适老化设计领域的研究进展, 以促进该理论主题的深化与实践应用的发展, 为设计满足老年人实际需求的对话式系统提供理论支持, 帮助老年群体更好地融入数字社会。[方法/过程] 采用系统性文献综述, 对 96 篇中文、日文、英文文献进行数据提取和综合分析, 从对话式系统适老化设计的驱动因素、设计范式、设计要素和评估体系 4 个范畴进行深入探讨, 构建了对话式系统的适老化设计整体研究框架, 并提出 4 个方面的研究展望。[结果/结论] 从情报学、信息系统和设计学等交叉学科视角出发, 综合讨论了当前国际上对话式系统适老化设计的主要研究成果, 全面分析其主题的现状、进展和内在逻辑关系, 并提出下一步研究和实践的主要方向。

关键词: 对话式系统; 聊天机器人; 老年人; 适老化设计; 人智交互

DOI: 10.3969/j.issn.1008-0821.2025.08.012

[中图分类号] G250.2 [文献标识码] A [文章编号] 1008-0821 (2025) 08-0146-17

Research on Aging-Friendly Design of Conversational Systems in the Context of Human-AI Interaction

Cai Chen¹ Guo Wenzhi¹ Sun Xiaoning^{1,2,3*}

(1. School of Business Administration, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;
2. School of Information, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;
3. Department of Information Resource Management, Business School, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: [Purpose/Significance] The paper systematically reviews and analyzes the advancements in conversational systems within the domain of age-friendly design, with the objective of enhancing the theoretical discourse and fostering practical applications. It offers theoretical foundations for the design of conversational systems that address the genuine requirements of older adults, facilitating their integration into the digital society. [Method/Process] The paper employed a systematic literature review method, analyzing data from 96 articles in Chinese, Japanese, and English. It performed a comprehensive analysis of the design motivations, design paradigms, design elements, and evaluation systems of age-friendly conversational systems across four dimensions, established a holistic research framework for the age-friendly design of conversational systems, and proposed four research directions for future study. [Result/Conclusion] The paper, drawing from the interdisciplinary perspectives of Information Science, Information Systems, and Design Science, meticulously examines the principal research accomplishments in the global arena of age-friendly design for conversational systems, thoroughly analyzes the current state, the practical progress and intrinsic logical correlation of the topic and proposes future research and practice directions.

Key words: conversational system; chatbot; older adults; aging-friendly design; human-AI interaction

收稿日期: 2025-01-05

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“人智交互情境下对话式信息搜索的用户认知加工与学习体验研究”(项目编号: 72304177); 山西省 2024 年度研究生教育创新计划科研创新项目“人智交互情境下对话式系统适老化设计现状及应用的研究”(项目编号: 2024KY490)。

作者简介: 蔡辰(1994-), 女, 博士研究生, 研究方向: 智能信息与企业技术管理。郭文智(1995-), 女, 博士研究生, 研究方向: 智能信息与企业技术管理。

通信作者: 孙晓宁(1990-), 男, 教授, 在站博士后, 博士生导师, 研究方向: 网络信息资源管理。

构建老年友好型社会,实现数字包容和代际和谐,是新时代人类社会文明的重要标志之一。如何有效融合老龄化与数智化社会,成为政府、产业界、学术界共同关注及科学应对的一项关键课题。“适老化”一词源自建筑学,最初主要用于建筑和设计领域,在我国最早出现在老年住宅设计研究^[1]。现有研究表明,“适老化”的内涵与“老年友好”基本一致,常与“设计”“改造”等术语连用,通常指在充分考虑老年人需求和特征的前提下,对产品设计做出相应调整^[2]。2023 年 12 月,工业和信息化部发布的《促进数字技术适老化高质量发展工作方案》中明确提出,加强数字技术适老化领域标准化建设、提升数字技术适老化产品服务供给质量、优化数字技术适老化服务用户体验、促进数字技术适老化产业高质量发展等重点任务。互联网移动应用^[3-4]、社交机器人^[5]等的适老化设计正在引起情报学领域的关注。本研究中的适老化设计指的是在数字技术产品的设计、开发和应用过程中,深入理解老年用户实际需求,全面考虑老年人的生理、心理特征及行为习惯、偏好等因素,从而进行相应的产品功能实现。

目前,很多老年人因数字素养不足、身体功能下降等原因,或多或少地面临着各类数字鸿沟问题。这给数字技术产品的适老化设计与改造带来了极大的挑战。随着人工智能技术的不断发展,人们逐渐意识到基于自然语言而非熟练手势的对话式系统可能更易使用^[6]。对话式系统成为有效弥合老年数字鸿沟、降低老年群体数字技术使用障碍的一种重要手段。

对话式系统(Dialogue Systems),也被称作对话代理(Conversational Agents),最常用于消息传递,即使用语音、文本消息或简单的导航按钮来进行类似于人类的交流^[7],如 Apple Siri、Google Assistant、Amazon Alexa 和 Microsoft Cortana。用户可以与这样的系统交互,以请求信息和服务。根据目的,对话式系统一般可分为面向任务的对话系统(TOD)和开放领域对话系统(ODD)^[8]。TOD 为实现特定任务而设计,它通过对话从用户端获取信息帮助其完成特定任务(如机票预定、产品查询、在线客服等)。与之相比,ODD(通常也称聊天机器人)没有清晰的任务,主要以模仿人与人之间非结构化会话或具有

聊天特性的交互为目的^[9]。与此同时,人机对话系统的角色也在经历重要的转变。它们已经超越了仅仅作为提供信息和服务的工具的角色,而是作为情感伴侣提供更深层的交流 and 陪伴^[10-11]。本研究认为,对话式系统旨在通过自然语言实现人与机器之间的高效互动,以满足用户的心理和生理多维需求,是一种先进的人工智能技术应用。此类系统不仅提供精准且简明的回答,还强调人机交互的深度、意图的精准理解、对话氛围的敏感把握,以及回答的多样性与个性化等特征。

现有研究已经揭示了对话式系统对老年群体的多项益处。比如,一些研究^[12-16]验证了对话式系统在老年人心理与生理疾病治疗(如抑郁症、阿尔兹海默症)、护理、教育,以及社交和情感福祉等方面能够发挥积极作用,且在增强老年人的独立生活和支持就地老龄化方面具有巨大潜力^[17]。在人智交互特征愈加突出的时代背景下,对话式系统必然会对老年人产生更为深远的影响。因此,对话式系统的适老化设计研究就显得尤为重要。然而,目前针对对话式系统和老年用户的交叉研究仍然有限^[18],且相关应用在老年群体中并未达到理想预期,突出表现为老年人对于对话式系统的接受和使用度并不高,在使用过程中也面临诸多挑战等^[19-21]。值得一提的是,我国当前对基于人智交互的对话式技术和工具仍处于探索阶段,特别是在人口老龄化问题愈加显著的形势下,缺少具有代表性的面向老年用户的对话式系统问世。考虑到日本学术界及产业界在该领域表现比较积极,同时作者具备较好的日语基础,本研究选取对话式系统适老化设计的 96 篇中文、日文、英文文献,采用系统性文献综述(Systematic Literature Review, SLR)方法进行主题分类及编码分析,基于驱动因素、设计范式、设计要素和评估体系 4 个维度对当前相关研究的核心内容和热点领域进行深入分析及述评,构建了对话式系统适老化设计研究基本框架来整体呈现这些文献的主题结构及逻辑关系,并提出 4 个方面的研究展望,最终为服务老年用户的对话式系统的理论研究与产品设计提供参考。

1 研究方法及过程

本研究采用系统性文献综述方法,就对话式系统适老化设计的相关研究文献进行数据提取和综合。

与传统的叙事性或评论性综述相比,系统性文献综述在文献识别、筛选及分析过程中具有高度透明性和可复现性,能够有效减少研究者的选择偏倚,确保研究的科学性和严谨性。该方法近年来被应用于分析情报学的多项议题,如搜索即学习^[22]、人本智能信息服务^[23]等,其优势在于对研究问题的严谨探讨和系统评估,能有效克服传统方法中的主观性和偏见性问题。同时,为客观、全面和准确地分析对话式系统适老化设计的研究进展,本研究在 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 框架下实施数据检索与筛选^[24]。

1.1 文献检索策略

本研究选取 Web of Science、Google Scholar、Scopus、CINII 和中国知网 (CNKI) 作为主要文献检索源,对国内外近 15 年 (2010—2024 年) 的相关文献进行主题检索,辅以 PubMed、ACM、IEEE 数据库进行文献补充。①英文文献:考虑到“适老化设计”的直接对应英文术语“Elderly-oriented Design”作为检索词时查全率较低,将描述“老年人”的词汇“Ageing”OR“Aging”OR“Older People”OR“Older Adult”OR“Older Adults”OR“Senior”OR“Seniors”OR“Elderly”OR“Elder”OR“Elders”作为主要检索词,并将“对话式系统”这个核心主题的相关术语宽泛地设定为“Conversational Agent”“Conversational System”“Dialogue System”以进行主题词组配检索;另外补充“对话式系统”

的具体类别术语“Chatbot”“Voice Assistant”“Dialogue Assistant”“Virtual Assistant”以及“适老化设计”的相关表述“Elderly-oriented”“Elderly-oriented Design”分别作为主题词进行检索,搜索语言和文章语种仅限于英文,且文章来源为期刊及会议论文。②中文文献:主要将中国知网作为检索源,采用主题词检索的方式,以(“对话式系统”OR“对话系统”OR“会话代理”OR“聊天机器人”OR“语音助手”OR“VUI”)AND(“适老化设计”OR“适老化改造”OR“老年人”OR“老年用户”OR“老人”)的检索式获取中文文献。③日文文献:主要将日本国立情报学研究中心(国立情報学研究所, National Institute of Informatics)的 CiNii 数据库作为检索源, (“対話システム”OR“会話システム”OR“チャットボット”OR“音声アシスタント”OR“会話ロボット”OR“会話型ロボット”OR“対話エージェント”)AND (“高齢者向け設計”OR“高齢者対応設計”OR“高齢者”OR“老人”OR“シニア”)作为主题词进行检索。最后采用追溯法,对参考文献进行追踪查询以获取新增文献。以上检索截止时间为 2024 年 7 月 5 日,共检索得到 3 891 篇英文文献,92 篇日文文献,5 篇中文文献。

1.2 文献筛选及流程

依照上述检索策略,遵循 PRISMA 审查流程^[24],本研究在选定的数据库中进行文献检索,过程及结果如图 1 所示。

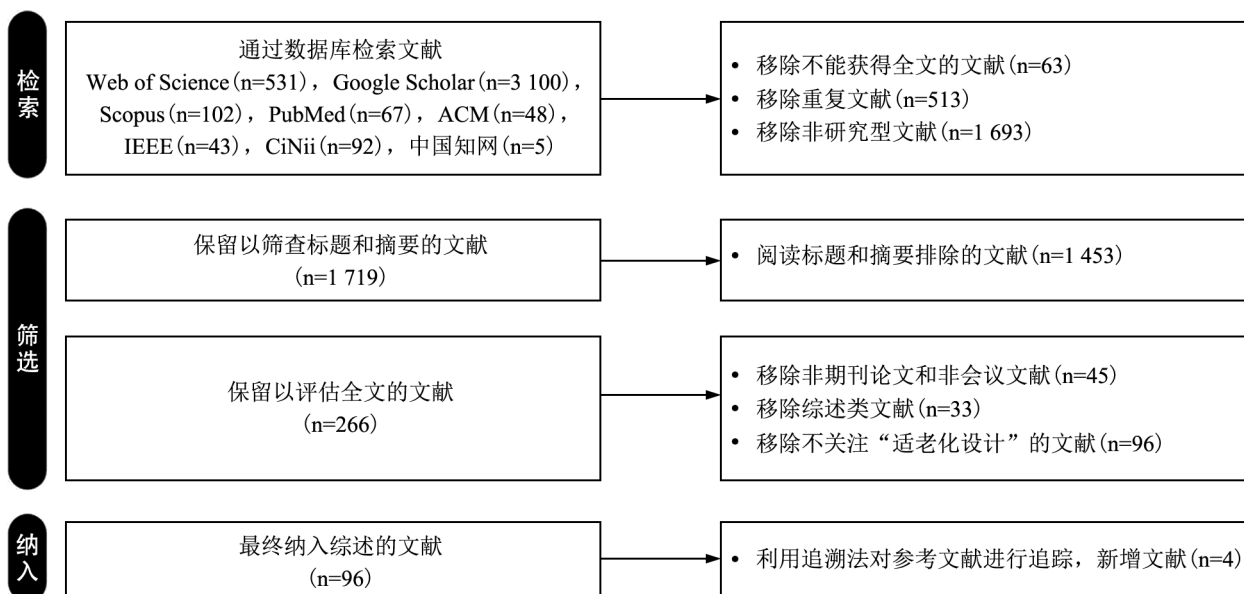


图 1 文献检索与筛选流程及结果

Fig. 1 Literature Retrieval and Screening Process & Results

1) 查询: 根据上文所述关键词, 在文献数据库 (Web of Science、Google Scholar、Scopus、CINII、中国知网、PubMed、ACM、IEEE) 和检索年限 (2010—2024 年) 范围内进行论文检索, 共检索出 3 988 篇论文, 移除不能获得全文的论文 63 篇、重复论文 513 篇、非研究型论文 1 693 篇, 余下的 1 719 篇论文进入标题与摘要筛选阶段。

2) 标题与摘要筛选: 对进入筛选的 1 719 篇论文进行基于文献题目和摘要的筛选, 移除不符合研究主题的论文 1 453 篇, 余下 266 篇进入全文筛选阶段。

3) 全文筛选: 对进入筛选的 266 篇论文进行全文详细阅读, 移除非期刊论文和非会议论文 45

篇、综述类论文 33 篇、不论及适老化设计相关领域的论文 96 篇, 余下 92 篇纳入文献分析。

4) 文献追踪: 采用追溯法, 对参考文献进行追踪查询, 获取新增文献 4 篇, 最终确定了 96 篇文献纳入待后续分析。

通过对以上文献进行整理和内容分析, 发现近 15 年来对话式系统的适老化设计的焦点主要集中在驱动因素、设计范式、设计要素和评价体系 4 个方面, 主要的研究结构如表 1 所示。初步可以看到, 学者们从信息科学、计算机科学、心理学、医学、社会学等多学科视角出发, 为对话式系统的适老化设计研究提供了较为丰富的理论来源与实证内容。

表 1 主要研究结构
Tab. 1 The Main Research Structure

范 畴	维 度	指 标
驱动因素	生存需求	生理健康维护、安全保障、基础生活支持
	情感需求	社交互动、情感支持、孤独感缓解
	精神需求	自我价值实现、技能学习、能力培养
设计范式	以用户为中心的设计	——
	参与式设计	——
设计要素	用 户	生理特征、认知能力特征、心理特征
	目 的	休闲娱乐、认知提升、远程医疗、协同照顾、情绪支持
	情 境	日常生活、医疗辅助、个人成长
	媒 介	虚拟媒介、实体媒介
评价体系	行 为	文本交互、语音交互、多模态交互
	评估方法	访谈、问卷、行为观察、研讨会
	评估场景	实验室场景、现实使用场景
	评估标准	可用性、用户满意度、可接受性、信任度、有用性

2 对话式系统适老化设计的驱动因素

考虑老年人的个体特征差异, 生理特征与心理需求, 体现“以人为本”的设计理念是对话式系统适老化设计的主要驱动因素。本研究借鉴 ERG 理论, 即基于老年人生存 (Existence) 需求、关系 (Relationship) 需求和成长 (Growth) 需求 3 个层面^[25]梳理了对话式系统适老化设计的驱动因素。不同于马斯洛需求层次理论, ERG 理论下的 3 种养老需求并不是递进的层级关系, 而是强调 3 种需求之间是动态影响的。在不同的时间或环境下, 某种或多种需求占据主导地位, 因而影响老年人的行为^[26]。近

年来, ERG 理论已被广泛应用于老年人心理需求、适老化产品设计^[27]、养老服务需求^[28]的研究中。本研究根据文献的实际分析结果, 最终将驱动因素分为生存需求、情感需求与精神需求 3 个层面。

2.1 生存需求

生存作为老年人最底层的需求层级, 是人类最原始的、最基础的表现形式。生存需求与人的生理特征及各项身体机能密切相关。衰老不可避免地会导致感觉、知觉、运动和认知能力的多重衰退^[29], 这直接促使面向老年用户的对话式系统的产生。例如, 针对老年人行动不便的问题, Miyake 等^[30]开发

了一种床边监测机器人,防止老年群体中常见的摔倒情况的出现。当老年人的记忆力发生衰退时,时常会出现忘记吃药的现象,一些对话式系统可以提醒服用并指导管理药物^[31-32]。年龄的增长同样会伴随认知问题的出现,对话式系统则可以帮助老年人进行认知训练,并协助检查老年人的健康和精神状态^[33]。对于存在睡眠障碍的老年人,一款名为MotivSleep的自动聊天机器人则可以更方便、更经济的方式为希望改善睡眠的老年人提供护理^[34]。

2.2 情感需求

老年人的孤独感是一个突出的社会问题。40%的老年人会感到孤独^[35],这会导致心血管疾病、痴呆症^[36]和抑郁症^[37]等健康风险^[38]乃至死亡风险^[39]的增加。为此有必要通过提供休闲和社会活动的机会来支持和维护整个生命过程中的身心能力,以促进融入和参与,从而减少老年人的孤独感和社会隔离。研究表明,包括社交机器人在内的对话式系统有望增加老年人参与对话的机会^[40],也对减少负面情绪具有积极作用^[41]。第一,对话式系统可以直接提供陪伴和社会支持,通过与老年人互动^[42]及游戏^[43]等社交活动来缓解孤独感。第二,对话式系统可以通过电子通信、拜访安排和协调聊天等亲社会行为干预,帮助老年人建立和维持友谊,保持与亲友的联系,从而减轻孤独感^[41]。第三,诸如虚拟聊天代理^[44]或虚拟伴侣代理^[45]等对话式系统可以通过谈话疗法干预孤独、抑郁等情绪障碍,运用积极倾听技巧促进心理健康。

2.3 精神需求

除了生存与情感上的需要,老年人同样表现出对个人价值实现的考虑和期待^[46],如归属感、自尊、身份认同和自我实现^[43]等,这自然成为人工智能环境下数字技术的一项重要应用目标。老年人通过工作可以实现自我价值,获得成就感和满足感。尽管老年人工作积极性较高,且多数人倾向于在家附近从事短期工作或利用过往经验继续原职业,但现实中这一需求往往难以满足,他们在进入新工作领域时也面临着层层障碍。平野贵司等^[47]通过使用远程操作对话代理来支持老年人就业。在提高老年人数字素养方面,泰国使用聊天机器人将在线学习与老年人联系起来,鼓励老年人通过学习来提升信息查找能力^[48],进而帮助老年人实现个人价值。

3 对话式系统适老化设计的设计范式

综合运用现代化的设计理念、科学方法和先进手段,是设计对话式系统的前提和基础。技术人员越来越重视老年人在现实生活环境中与对话式系统的互动和体验,甚至“邀请”老年用户成为设计团队的一部分,而不再仅仅是系统的使用者。综合而言,当前对话式系统的适老化设计突出表现为以用户为中心的设计、参与式设计两种范式。

3.1 以用户为中心的设计

以用户为中心的设计(User Centered Design, USD)是一种通过多学科、多步骤的迭代开发过程,将用户的需求、行为和体验置于产品设计与开发核心的系统化方法。其核心在于深入理解目标用户的数字能力及对技术的感知,从而确保产品能够满足用户的需求,提供优质的用户体验^[49]。这种方法通常以单向交流为主,旨在引导用户表达其观点,设计者和研究人员则将用户提供的信息融入开发产品的每一个步骤中^[50]。常用的具体方法包括“绿野仙踪”(Wizard of Oz)、焦点小组研究、问卷调查和情境访谈等。

3.2 参与式设计

参与式设计(Participatory Design, PD)倡导直接与用户一起设计社会系统。该范式可以结合不同利益相关者(如用户和开发人员)的知识,为技术的使用及其设计提供新的见解^[51]。为了确保这些技术最终能够符合老年用户自身对数字产品的理解和需求,设计者不仅将他们作为测试参与者,还让他们积极参与到交互脚本和设计的制作过程。在对话式系统当中,让老年人参与技术设计和开发的重要性同样也得到广泛认可^[17],已被作为一种解决方案来克服老年人对话代理设计过程中的挑战^[52]。此外,参与式设计方法的使用还增加了老年人对虚拟代理的接受度^[53]。

4 对话式系统适老化设计的设计要素

对话式产品的适老化设计不能仅简单考虑产品的功能、结构等物理属性,也不应单纯的关注用户界面的设计,而是对产品使用过程中执行动作的人、行为的目的、实现动作的手段或工具、行为发生的场景等一系列构成完整回合的交互动作进行定义和设计。本研究结合人机交互设计的5个要素——用户、目的、场景、媒介和行为^[54]来综合讨论对话式

系统适老化设计过程中涉及的关键问题。

4.1 用户

在与产品交互过程中,用户的身体会产生一系列不同程度的自然反应,例如,调动感觉、知觉、运动控制和认知等能力,处理感知线索,理解感知信息并作出适当响应等^[55]。设计人员通过研究对象的这些自然反应和能力特征,可以更深入地了解人在执行任务、开展活动时与产品、环境或设备的交互关系,从而科学地设计人机系统,确保交互高效、无误、舒适和愉悦^[56]。

4.1.1 生理层面

随着年龄增长,老年人的知识经验提升,但视力、听力和运动功能下降^[57],导致他们对技术产品有特殊需求。为了减少因操作困难引发的负面情绪,设计上应充分考虑产品的操作指示。语音交互系统有助于老年人克服操作障碍,尤其是视力和行动不便者可以利用对话界面来完成更加复杂的任务^[58]。系统应根据老年人使用体验设计语言内容和默认语音^[59-60],并支持启发性、引导性和包容性的互动。对于听力或表达困难的老年人,设计人员可以引入可视化的输入选项^[19]和最基础的“是/否”回答来简化交互过程^[61]。此外,根据老年人的习惯,逐步引导功能和确认用户输入的启发式设计更有助于老年人修正错误^[61-62],并尽可能将上下文线索纳入对话设计中来辅助老年人选用^[19]。

4.1.2 认知层面

在为老年人设计对话式系统时,需要特别考虑用户的认知,使其包容并尊重老年人的技能、能力和参与度^[63]。研究表明,与年龄相关的认知水平降低的患者可能出现难以找到合适的词汇、理解句子困难以及在对话中保持连贯性的能力下降等语言障碍^[64-65],这将会降低语音对话系统的识别准确度和用户体验质量^[30]。为提高准确度,对话式系统应纳入常见错误和使用模式^[66],并根据用户认知状态提供提示信息,如视觉确认错误和恢复指导^[29]等。

除了语音识别问题,轻度认知障碍的老年人还常常出现遗忘使用技能的情况^[67]。因此,对话式系统应根据用户需求和社交情况来提供指导^[61],如主动或被动倾听^[68]、简化复杂对话^[59],以及保留对话上下文信息^[19]等。

4.1.3 心理层面

老年人经常被描述为不愿意接受新技术的群体。

目前许多针对老年人的技术系统已经进入市场,尽管它们可能带来好处,但采用率却很低。因此,老年人接受对话式系统的促进和障碍因素对设计人员来说是值得审慎考量的^[69]。许多研究发现,老年人对对话式系统持保留态度,这反映了他们对自我效能感以及对个人价值、独立性的期待和深刻考量^[66]。一些老年用户认为,对话式系统主要是为那些感到孤独或有身体障碍的人设计的^[16,46,70],他们担心过度依赖这类工具会损害自身的独立性感受^[16,71]。他人的看法也会影响老年人的使用意愿,使用这类技术可能会被认为自己无法独立处理日常事务,或者被认为是无能或懒惰的表现^[19,46]。此外,对于主动干预的对话助手,不少老年人表达了对希望拥有对话式系统的主导权,他们更愿意主动选择何时及如何与系统互动,而不希望被迫适应某种预设的系统流程^[46]。

隐私是老年人普遍关心的问题^[68],一些用户反对记录自己的对话内容^[12,72],担心聊天机器人会侵犯他们的隐私^[73]。但也有研究发现,许多老年人并不过分关注隐私问题^[19],他们在接受对话式系统作为社交伴侣时愿意分享可能引起压力的个人信息^[74],或者健康相关查询中希望系统获取特定个人信息以获得个性化体验^[62]。

4.2 目的

4.2.1 休闲娱乐

Minami H 等^[75]开发了一个支持与观看电视的老年人进行交流的对话机器人系统,通过实时整合节目相关社交媒体评论,结合非正式对话反馈机制(如重复与附和)来增强老年观众互动体验。机器人 Ryan 则集成头部投影表情交互与躯干触摸屏功能,在音乐播放、相册浏览等休闲活动中嵌入日常提醒服务,实现陪伴与健康管理的无缝融合^[76]。虚拟助理 Billy 结合用户行为数据分析生成个性化休闲建议,实现全天候陪伴与生活指导^[77-78]。机器人 Ifbot^[79]则通过结构化活动程序(语言训练、算术练习等)维持思维活跃度。进一步地,Sakakibara S 等^[80]开发的动态场景生成系统突破固定脚本限制,显著提升参与积极性。对话式系统在养老机构群体场景中也展现出协同效应,如通过群体游戏等形式增强社交互动和心理健康^[73,81]。除此之外,在运动健康领域,虚拟教练 Nestore^[82]通过多维生活数据,分析

并提供个性化生活建议。这些实践通过技术赋能让功能服务嵌入自然生活场景,在降低使用负担的同时激活老年群体的主动参与意愿。

4.2.2 认知提升

几项应用对话式系统对老年人进行认知训练的研究已经开展,如 Van Patten R 等^[83]认为,居家养老的需求增加,使得帮助提升老年人认知生活方面的机器人变得越来越重要。机器人 Ifbot^[79]和 Ryan^[76]可以通过提供互动游戏,来帮助老年人进行认知训练。Otaki H 等^[84]则开发了一种支持老年人共同想象的机器人系统,通过观看早年拍摄的照片并进行主题对话来训练认知功能。Miura C 等^[33]提出并评估了一种基于聊天的应用程序,鼓励老年人自行检查健康和精神状态。

4.2.3 远程医疗

对于远程医疗保健系统,精心设计的聊天机器人可以成为一种经济有效的方式来收集数据、促进患者教育、改善与患者的互动并更有效地分配资源^[85]。Wilczewski H 等^[85]的研究展示了聊天机器人 Dokbot 通过 Line 应用程序采集老年人的健康数据,这种互动方式不仅提高了信息收集的效率,还减少了被动印象管理的发生,使老年人更愿意分享真实、准确的健康信息,促进了老年人更高质量信息的共享。在新型冠状病毒肺炎流行期间,Wang X 等^[86]创建了一个聊天机器人,用于向老年人提供与 COVID-19 相关的高质量信息和教育,包括症状、诊断、防护措施和医疗服务等。

4.2.4 协同照护

对话式系统在协同照护上也表现出了一定的潜力。在 Pradhan A 等^[19]的研究中,很多老年人会主动使用 Alexa 寻找健康信息,并通过对话式系统来进行健康管理^[19],这种协同照护过程会降低服务提供者的照护负担^[87]。一些研究也表明,具身和互动的对话式系统可能会激励老年人接受疾病和自我护理^[88]。Zubatiy T 等^[87]重点关注了对话式系统在支持轻度认知障碍老年人及其护理人员方面的可能性,并强调了设计更动态和个性化的对话流程的必要性。对话式系统可以支持老年人与其护理人员之间的协调和规划,并可以扩大护理人员需要提供的支持^[59]。一些研究也揭示了对话式系统在减轻临床医生对老年人神经认知障碍筛查的负担方面所

展现出的巨大潜力^[89]。

4.2.5 情绪支持

老年人与对话式系统的日常互动,已被证实能够显著增强他们的居家陪伴感,减轻孤独^[12,19,42,87,89]。Ring L 等^[40]开发了一种带有触摸屏的主动式对话代理,可以评估老年用户的健康状况、进行闲聊并提供激励性故事,帮助减少孤独感,该研究同时也表明参与者的孤独程度与交谈频率呈正相关。Ryu H 等^[90]开发的心理健康聊天机器人 Yeonheebot,旨在减少老年人的焦虑和抑郁症状,并通过日常关怀对话来提升使用频率。在新型冠状病毒感染的隔离期间,聊天机器人 Paola 和 Daisy 为老年人提供了陪伴,向老年人建议相关活动,以维持老年人与社区的联系并促进社区参与^[91-92]。

4.2.6 知识获取

目前一些国家尝试利用聊天机器人和其他智能对话代理的应用,努力缩小老年人的数字鸿沟,帮助他们在数字化时代中保持活力和参与感。例如,Sriwisathiyakun K 等^[48]设计了一款聊天机器人 Senior See Net,旨在培养老年人的数字素养技能,为他们提供便捷的访问和学习体验。这款聊天机器人不仅帮助老年人学习如何使用互联网和智能设备,还鼓励他们参与到终身学习中来,提升了老年人的自我认同感与社会参与积极性,助力泰国向全面老龄化社会过渡。

4.3 情境

尽管老年人对对话式系统持有积极态度,但在实际生活中的使用频率却较低^[71,87]。这可能是老年人群的技术自我效能较低或技术抵制造成的^[90]。在特定情境下,如信息检索、健康监测或社交互动,对话式系统能够显著提升用户体验^[71]。然而,老年人对这些功能的使用仍然主要局限于随机的日常任务简化。表 2 为老年人使用对话式系统的一些常见应用场景。

4.4 媒介

对话式系统的媒介形态,主要可以分为虚拟媒介和实体媒介,两者都对老年人的接受程度和使用频度有重要影响。表 3 为对话式系统常见的一些媒介形态。

对话式系统所能提供的非语言交互媒介,可以帮助创造更加自然、人性化的互动体验^[14-15,81]。实

表 2 对话式系统适老化设计的常见应用场景

Tab. 2 Common Application Scenarios for the Age-Friendly Design of Conversational Systems

情 境	功能类型	来 源
日常生活	支持日常生活任务，比如购买门票、日程管理、询问生活常识、网上购物等；帮助老人进行休闲娱乐活动和社交活动	[41-45, 78-81]
医疗辅助	健康监测、药物提醒、个人健康数据收集；激励和吸引老年用户参加康复训练、体育锻炼、认知训练以及饮食管理；减轻护理人员的工作负担；帮助老年用户获取医疗健康信息	[30-34, 82, 85, 87, 91-95]
个人成长	充当教育助理培养老年人的数字素养技能、支持积极健康老龄化；为老年人求职提供支持	[47, 48]

表 3 对话式系统适老化设计常见的媒介形态

Tab. 3 Common Media Forms for the Age-Friendly Design of Conversational Systems

媒介形态	主要特征	实 例
虚拟媒介	仅使用文本或口头/语音界面与个体进行交流，主要包括移动设备、桌面和 Web 系统等基于对话的应用程序 ^[97]	微软 Cortana、Google Assistant、Amazon Alexa、Apple Siri、天猫精灵等 ^[96]
实体媒介	基于实体媒介的对话式系统指使用图形界面或者实体机器作为“身体”，能通过非语言通信(例如面部表情、语调、凝视、手势、头部运动等)和语音或文本与用户进行类似人类的对话 ^[98]	图形界面：嵌入式对话系统 ^[42] 、虚拟伴侣“Mary” ^[99] 机器人：社会辅助机器人“Matild” ^[81] 、虚拟教练“Nestore” ^[82] 、社交机器人“GrowMu” ^[100] 、预防性护理机器人“PrevCareCom” ^[101]

体媒介和虚拟媒介的对话式系统没有在老年人的接受度、使用度，以及提升老年人幸福感、降低孤独感等功能上呈现具有统计学差异的影响^[70]。但对于面临与年龄相关的认知障碍的老年人来说，实体对话式系统更加直观且具吸引力^[99,102]，老年人还可以根据自己的隐私控制需求，来限制它的使用空间和使用对象^[42]。此外，许多老年人对实体对话式系统的安全性和潜在攻击性存在担忧，特别是可以自主移动的机器人^[12,73]。

4.5 行为

衰老不可避免地会导致感觉、知觉、运动和认知能力的多重衰退。因此，需要综合考虑无障碍问题，这也导致了针对老年人群行为交互设计的大量研究。鉴于本研究重点关注人智交互情境下对话式系统的适老化设计，本部分主要从文本交互、语音交互、多模态交互 3 个维度讨论老年用户使用对话式系统的相关行为。

4.5.1 文本交互行为

文本交互是对话式系统最基本的交互方式之一。在老年医疗保健方面，有基于 Line 应用的文本聊

天机器人，用于采集血压、饮食、活动、体重等信息，并在检测异常时自动通知或报警^[94]。Weber P 等^[91]和 Ryu H 等^[90]的研究表明，由于文本交互操作相对简单，且文字信息更易于自行浏览和理解，老年人更易接受。同时，为保证可读性，基于文本的聊天机器人的界面设计须关注字体大小、颜色搭配和文本排版等^[94]。

4.5.2 语音交互行为

语音交互通过自然语音的输入和输出，模拟人与人之间的交流，从而降低老年人的数字技术使用障碍^[103]。研究表明，语音输入简化了操作过程，对老年人来说是最有效、最理想的输入模式^[104]，可以帮助老年人保持积极的心态和行为^[105]。语音对话系统的典型例子包括智能扬声器和语音助手^[106]，如亚马逊 Alexa、Google Home、Apple Siri 和 Cortana 等，在支持独立生活、提醒日常事务及提供社交功能等方面已取得良好效果^[107-108]。

值得注意的是，一些问题在一定程度上阻碍了老年人进行语音交互^[19,74,89,109]。首先是常见的听力损失^[110]，此外，老年人往往难以掌握语音命令的规律^[19]，且当前系统的语音速度普遍偏快^[60,63]。尽管

纯语音交互不需要精通技术,但多数老年人仍需理解、学习并逐步适应与语音助手的互动^[16,60,105]。

4.5.3 多模态交互行为

仅使用文本或语音交互往往难以满足老年人多元的需求,一些研究指出,在面向老年用户的对话式系统设计时,需要保留多模态交互形式^[90,81,111]。Jian C 等^[112]证明多模态互动在效率、有效性和偏好方面都优于传统的单模式交互。虚拟教练 Nestore 通过文字聊天机器人和有形教练配合输出,为老年人带来更全面的信息获取方式^[113];智能扬声器 Tama 则结合凝视与语音交互,用注视代替“唤醒词”^[114]。此外,虚拟辅助伴侣 Mary 整合语音识别与触摸式图形界面(GUI)^[99],既降低了对物理键盘或鼠标的依赖,又通过语音反馈增强交互的直观性。

面对老年人多样化的生理与认知需求,对话式系统应根据其能力和场景选择合适的交互方式,尽可能提供多模态交互选择。通过在界面可读性、语音识别准确度以及多模态整合方面的优化,可显著提升老年人的交互体验与技术采纳度,为其健康与社交需求提供更有力的支持。

5 对话式系统适老化设计的评估体系

目前,针对老年人对话式系统使用体验的效果评估仍较缺乏。相较于年轻用户,老年人在使用产品或服务时往往会有特别的体验和不同的需求,尤其是在感知和技术适应性方面。效果评估不仅能帮助我们更好地理解对话式系统现有设计的优势和不足,还能为未来的适老化迭代与改进提供明确的方向。

5.1 评估方法

目前主流的评估技术包括访谈、问卷、行为观察、研讨会等主要类型。访谈可以是个别进行的个体访谈^[29,59,78,115],也可以是小组访谈^[16,20],或与护理人员共同进行的访谈^[41]。一些访谈是半结构化的^[40,59,85,87],即以更自然的方式调查用户的感受和体验。一些研究会使用问卷来评估对话式系统^[116],当然有时与访谈结合使用^[105],专家^[32,91]和护理人员^[41]也会参与到对话式系统的评估。观察老年人在互动中的行为是评估系统的另一种方法。用户的反应和他们在任务中的表现^[59,115]被用于判断用户是否愿意与对话式系统互动。研讨会也被用于评估老年人对对话式系统的使用和接受情况^[21]。

5.2 评估场景

目前大多数对话式系统适老化设计的效果测试都是在实验室中进行,因为实验室场景能够提供受控环境,便于观察和记录老年用户的操作行为,但可能无法完全模拟现实环境中的复杂性和不可预测性,在一定程度上影响了信息的收集并降低了测试结果的普适性^[99]。因此,部分研究开始关注在现实使用场景(如家庭、医院、养老院、其他公共场所等)中进行测试,以获得更可靠和全面的研究结果^[40,43,99]。

5.3 评估标准

文献呈现了对话式系统的 5 个评估标准,如表 4 所示。可用性是选定论文中提到最多的评估标准。部分研究人员采用特定的问卷,比如 SUS 系统可用性量表^[108]。然而,多数研究人员利用非特定问题,如使用的容易程度^[20,29,116]、性能^[115]、功效^[116],以及考虑用户的技术经验^[117]来评估对话式系统的可用性。问卷^[34]和李克特量表^[118]往往用来评估用户满意度。常见的评估标准还包括可接受性和信任度,可以通过问卷^[116]、访谈^[40,115]进行评估。有用性也被用于评估对话式系统,采取的方式包括问卷^[116,117]、访谈^[16,20]和研讨会^[20]等。

表 4 对话式系统适老化设计评估标准及评估方法的相关研究

Tab. 4 Research on Evaluation Standards and Methods for the Age-Friendly Design of Conversational Systems

评价标准	评估方法
可用性	问卷(特定问卷)、问卷(非特定问题 ^[29,20,116])
用户满意度	问卷 ^[43] 、李克特量表 ^[118] 、访谈 ^[38]
可接受性	问卷 ^[116] 、访谈 ^[40,115]
信任度	问卷 ^[116] 、访谈 ^[40,115]
有用性	问卷 ^[116,117] 、访谈 ^[16,20] 、研讨会 ^[20]

6 对话式系统适老化设计研究框架构建

在对 96 篇文献分析结果进行系统性文献综述的基础上,本研究通过整合情报学、信息系统和设计学等多学科理论成果与实践经验,最终形成以用户多样需求为基础、两种设计范式为支撑、多维设计要素为适配、评估反馈体系为保障的有机融通结构体系,并以此作为对话式系统适老化设计的基本

研究框架,如图 2 所示。该框架较清晰地呈现了对话式系统适老化设计的研究体系及其关键元素,并有效地揭示了对话式系统适老化设计的驱动因素、设计范式、设计要素、评价体系 4 个核心领域的内在联系。

首先,对老年群体复杂性需求的有效识别,是对话式系统适老化设计的起点,也是关键环节。基于 ERG 理论,本研究突破传统单一层级模型,揭示了生存、情感与精神需求间的非线性耦合关系:生存需求的满足为技术介入提供了基础入口,情感需求通过社会联结强化了技术效用,精神需求则驱动系统向赋能型设计演进,三者之间能够随个体的具体情况和环境变化而进行适时动态调整。

其次,在上述用户需求分析的基础上,本研究综合运用现代化设计范式,秉承以用户为中心的设计及用户参与式设计的理念,系统化整合用户(生

理认知特征)、目的(功能服务类型)、情境(使用场景特点)、媒介(虚拟实体形态)、行为(交互模式选择)多维设计要素。在实际当中,老年群体需求和行为往往受到多种因素的影响,因此,实际的设计当中可以考虑遵循“需求—技术—情境”的贯通原则,探索情境自适应机制,实现技术方案与使用场景的动态匹配。

最后,评估体系建构有效体现了适老化设计当中的多层级验证思想,既包括用户的主观感受(如满意程度和情感体验),也包含了客观的性能指标(如可用性和有用性);既涉及实验室环境下的基础性性能测试,也延伸至现实场景中的生态效度检验。完成评估后,应收集详尽的反馈信息,促使“需求感知—技术响应—效果验证”动态循环体系的形成,并通过持续的迭代与优化及用户画像动态更新等来实现对话式系统能力的适应性进化。

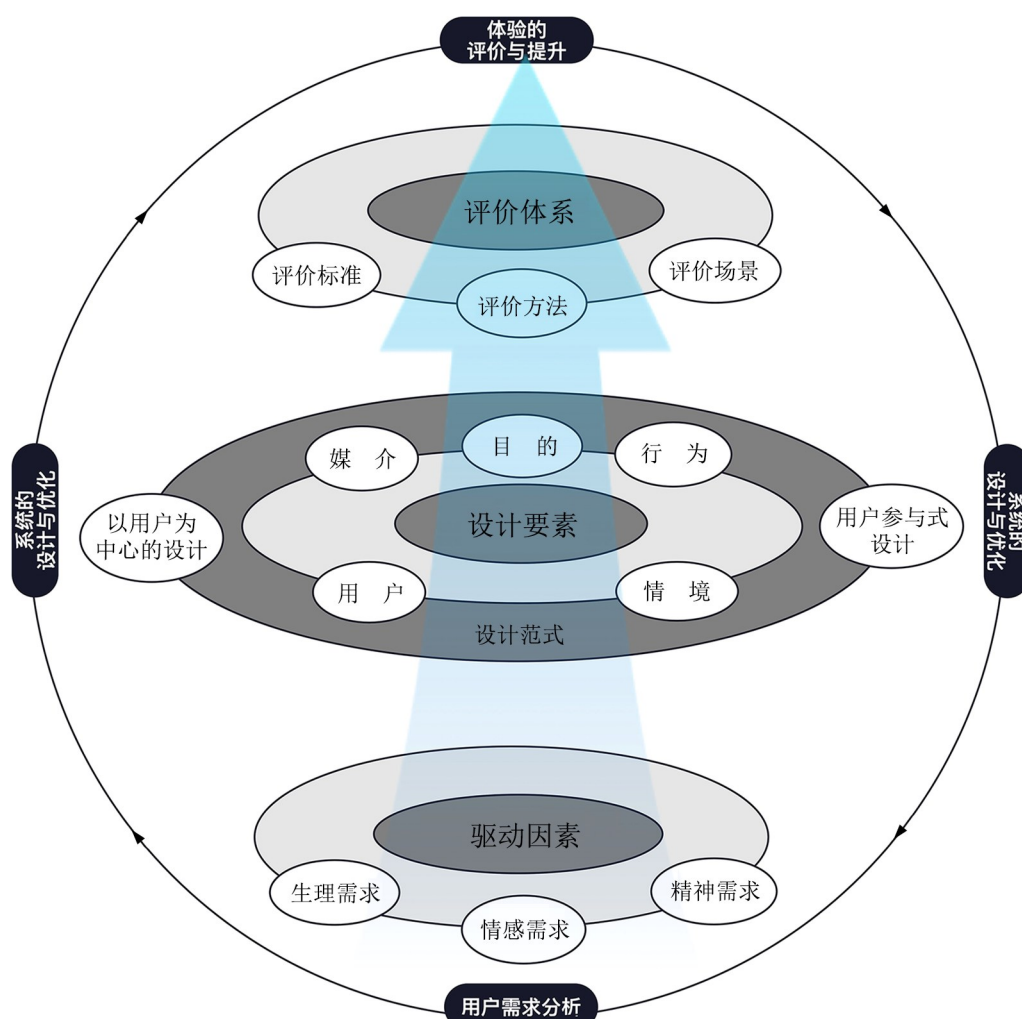


图 2 对话式系统的适老化设计研究框架

Fig. 2 Research Framework For the Age-Friendly Design of Conversational Systems

整体而言,本研究框架通过将需求动态性、技术适配性与评估系统性纳入统一分析维度,推动对话式系统适老化设计从“功能补偿”向“价值赋能”演进,强调技术对老年社会参与、自我认同的促进作用,同时促进产品和服务向着更符合老年人需求的方向发展,实现人工智能技术更好服务于社会广大群体的愿景目标。

7 未来展望

7.1 构建人与对话式系统多模态交互模式

作为对于人类接收、处理和使用一种以上的感官模态来传递信息的能力的描述,尽管受到一定程度的关注,但目前多模态交互在成熟的对话式系统设计中并不多见。多模态交互不仅可以降低老年用户的学习成本,还能够提供生动的对话式助老产品与服务体验,为人机多感官交互模式注入生机与力量。未来研究可以考虑结合老年人身体特征,将对话式系统向书写、触摸、凝视和手势等方面进一步扩展,帮助老年群体去建立人与对话式系统之间多通道的感官交流模式,打造自然、舒适、高效且具沉浸体验的用户对话场景,细粒度挖掘老年人多模态交互过程中的行为与情感变化规律。

7.2 提升对话式系统中老年人数字化体验

在面向老年群体的对话式系统设计过程中除了继续坚持以用户为中心设计、用户参与式设计范式,还应在功能及元素设计层级强化对于老年人情感支持及价值引导的重视,增强老年人个性化的数字化体验。比如,充分关注老年人的情感需求,通过色彩、音效、动画等能够有效增强情感连接的设计元素的体现,营造更具老年人情感共鸣的交互体验,提升产品的亲和力和用户的归属感。

7.3 开展老年人对话式系统信息行为研究

情报学、信息系统学科近年来对于人智交互、适老化设计等相关领域都具有敏锐的洞察,同时具备信息行为、健康信息学等方向扎实的研究基础。为此,在本研究所构建框架的基础上,有必要将情报学、信息系统的部分经典理论应用于揭示老年人使用对话式系统所产生的信息行为。比如,Derwin 意义建构理论、Wilson 系列模型、ISP 模型可以让我们明确老年人使用对话式系统行为的发生、过程

及关联机制;技术接受模型、信息系统成功模型则能够帮助分析老年人对于对话式系统的满意度、采纳动机及持续使用意愿等问题。这些不仅可以从个体及微观层面形成对于老年人使用对话式系统的诠释,相关结果还可以进一步映射到对话式系统的适老化设计自身,构成系统分析与设计的理论基础与实践指导。

7.4 创建支持适老化设计的广泛包容环境

数字化产品与服务的适老化设计,绝非老年群体仅凭一己之力,也非某个工具一厢情愿使然,更非个别部门、地区能够一蹴而就。跨越老年数字鸿沟,需要政策扶老、科技适老和社会助老等多维共同发力。对话式系统的适老化开发,同样要求政府机构、智慧医养产业、技术人员、社区、家庭等多要素协同联动、一体推进,支持良好社会氛围的积极营造,以及数字包容环境的主动创建。比如,智慧医养产业领域应充分关注对话式工具在养老看护场景的广阔应用前景,在洞察老年人真实医养服务需求的前提下,充分考虑利用对话式系统有效提升医养服务的智能化水平;工程师、医疗保健提供者、设计师、可接受性和可用性专家则应与老年人密切合作,以系统掌握和解释可能影响老年人对话式系统使用的社会和文化因素;在老年人寻求技术使用障碍突破过程中,来自家庭当中年轻一代的支持尤为重要,“代际学习”“数字反哺”呈现出显著的内生性和可持续性,在采纳对话式系统、增强数字体验的过程中无疑可以为老年人带来操作技能、数字素养与使用信心的多元支持。

8 结 语

本研究通过对 96 篇对话式系统适老化设计的研究论文进行系统性文献综述,形成对话式系统适老化设计的驱动因素、设计范式、设计要素和评价体系 4 个核心研究范畴,并对每个范畴的具体内容进行了深入分析和讨论,最后以此构建了对话式系统适老化设计的研究框架。基于分析结果,本研究还提出了未来研究和实践应重点关注的 4 个方面。全文通过揭示需求复杂性、技术适配性与评估系统性的内在关联,能够为适老化对话式系统开发提供理论整合框架与工具。文章不仅对现有文献进行了

系统性梳理,更重要的是在于通过构建跨学科对话平台,提示未来研究向“需求—技术—环境”多维协同优化的方向深入。特别而言,情报学在信息行为、数字素养、数字鸿沟与数字包容等领域所形成的丰富研究积累,能够为本领域的理论发展和实践创新提供有力的支撑。此外,本研究还可以为深入思考人类与机器人的关系、促进对话式系统产品更广泛的设计应用以及推动对话式系统服务我国智慧医养模式建立提供借鉴和参考。

参 考 文 献

- [1] 蔡鸿飞, 余恺怡. 数字化背景下基于社区的社会服务适老化模式探究——以南京市栖霞区为例 [J]. 互联网周刊, 2022 (12): 32-35.
- [2] 曾刚, 邓胜利. 我国数字包容政策分析与对策研究——基于政策工具视角 [J]. 信息资源管理学报, 2021, 11 (5): 73-83.
- [3] 金燕, 刘子琦, 毕崇武. 信息无障碍背景下的 App 适老化改造研究 [J]. 现代情报, 2022, 42 (8): 96-106.
- [4] 王馨笛, 赵宇翔. 健康 App 适老化设计对老龄用户价值实现及主观幸福感的影响研究 [J]. 情报资料工作, 2023, 44 (2): 31-41.
- [5] 孙晓宁, 景雨田, 赵宇翔, 等. 社交机器人的适老化设计: 动因、实践与未来展望 [J]. 情报理论与实践, 2024, 47 (6): 91-102, 124.
- [6] Ziman R, Walsh G. Factors Affecting Seniors' Perceptions of Voice-Enabled User Interfaces [C] //Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'18). Montreal, QC, Canada, ACM, 2018: LBW591.
- [7] Aleedy M, Shaiba H, Bezbradica M. Generating and Analyzing Chatbot Responses Using Natural Language Processing [J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2019, 10 (9): 60-68.
- [8] Chen H S, Liu X R, Yin D W, et al. A Survey on Dialogue Systems: Recent Advances and New Frontiers [J]. ACM SIGKDD Explorations Newsletter, 2017, 19 (2): 25-35.
- [9] Jurafsky D, Martin J H. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition [M]. Upper Saddle River, NJ, US: Pearson/Prentice Hall, 2008: 715-758.
- [10] Leuski A, Traum D. NPCEditor: Creating Virtual Human Dialogue Using Information Retrieval Techniques [J]. AI Magazine, 2011, 32 (2): 42-56.
- [11] Serban I V, Lowe R, Charlin L, et al. Generative Deep Neural Networks for Dialogue: A Short Review [C] //30th Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2016), Workshop on Learning Methods for Dialogue, Barcelona, Spain, 2016: 1-6.
- [12] Ostrowski A K, Breazeal C, Park H W. Mixed-Method Long-Term Robot Usage: Older Adults' Lived Experience of Social Robots [C] //2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). Sapporo, Japan, IEEE, 2022: 33-42.
- [13] Jakob D. Voice Controlled Devices and Older Adults-A Systematic Literature Review [C] //8th International Conference, ITAP 2022, Held as Part of the 24th HCI International Conference (HCII 2022), Springer, 2022, Virtual Event: 175-200.
- [14] Iwamura Y, Shiomi M, Kanda T, et al. Do Elderly People Prefer a Conversational Humanoid as a Shopping Assistant Partner in Supermarkets? [C] //Proceedings of the 6th International Conference on Human-robot Interaction (HRI'11). New York, NY, US, ACM, 2011: 449-456.
- [15] Coghlan S, Waycott J, Lazar A, et al. Dignity, Autonomy, and Style of Company: Dimensions Older Adults Consider for Robot Companions [J]. Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. New York, NY, US, ACM, 2021, 5 (CSCW1): No. 104.
- [16] Sidner C L, Bickmore T, Nooraie B, et al. Creating New Technologies for Companionable Agents to Support Isolated Older Adults [J]. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 2018, 8 (3): 1-27.
- [17] Kuoppamäki S, Tuncer S, Eriksson S, et al. Designing Kitchen Technologies for Ageing in Place: A Video Study of Older Adults' Cooking at Home [C] //Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. New York, NY, US, ACM, 2021, 5 (2): No. 69.
- [18] Sengupta K, Sarcar S, Pradhan A, et al. Challenges and Opportunities of Leveraging Intelligent Conversational Assistant to Improve the Well-Being of Older Adults [C] //Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'20). Honolulu, HI, US, ACM, 2020: 1-4.
- [19] Pradhan A, Lazar A, Findlater L. Use of Intelligent Voice Assistants by Older Adults with Low Technology Use [J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2020, 27 (4): 1-27.
- [20] Kowalski J, Jaskulska A, Skorupska K, et al. Older Adults and Voice Interaction: A Pilot Study with Google Home [C] //Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'19). New York, NY, US, ACM, 2019: LBW0187.
- [21] Looije R, Neerinx M A, Cnossen F. Persuasive Robotic Assistant for Health Self-Management of Older Adults: Design and Evaluation of Social Behaviors [J]. International Journal of Human-Computer

- Studies, 2010, 68 (6): 386-397.
- [22] 孟高慧, 刘畅. 国内“搜索即学习”主题研究的现状、问题和展望 [J]. 情报理论与实践, 2024, 47 (3): 188-198.
- [23] Li Q, Li Y L, Zhang S H, et al. A Theoretical Framework for Human-Centered Intelligent Information Services: A Systematic Review [J]. Information Processing & Management, 2025, 62 (1): 103891.
- [24] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement [J]. Annals of Internal Medicine, 2009, 151 (4): 264-269.
- [25] Resnick M D. Protective Factors, Resiliency, and Healthy Youth Development [J]. Adolescent Medicine: State of the Art Reviews, 2000, 11 (1): 157-164.
- [26] 曹娟, 安芹, 陈浩. ERG 理论视角下老年人心理需求的质性研究 [J]. 中国临床心理学杂志, 2015, 23 (2): 343-345, 284.
- [27] 唐艺. 人口老龄化视域下的老人身心需求研究与建议——基于 ERG 理论模型分析 [J]. 南京艺术学院学报 (美术与设计), 2020 (3): 157-164.
- [28] 毛子骏, 刘子灵. 基于二维分析框架的中外养老政策文本比较研究 [J]. 社会政策研究, 2021, 25 (4): 35-48.
- [29] Kobayashi M, Kosugi A, Takagi H, et al. Effects of Age-Related Cognitive Decline on Elderly User Interactions with Voice-Based Dialogue Systems [C] //17th IFIP TC 13 International Conference (INTERACT 2019), Springer, 2022, Paphos, Cyprus: 53-74.
- [30] Miyake N, Shibukawa S, Masaki H, et al. User-Oriented Design of Active Monitoring Bedside Agent for Older Adults to Prevent Falls [J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2020, 98 (1): 71-84.
- [31] Rodríguez M D, Beltrán J, Valenzuela-Beltrán M, et al. Assisting Older Adults with Medication Reminders Through an Audio-Based Activity Recognition System [J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2021, 25: 337-351.
- [32] 植村弘樹, 庄司直紘, 蛭間大介, 等. 音声対話エージェントを用いた高齢者向けホームドクターシステムの提案 [C] //第 82 回全国大会講演論文集, 202: 185-186.
- [33] Miura C, Maeda H, Saiki S, et al. Prototyping and Preliminary Evaluation of Mind Monitoring Service for Elderly People at Home [C] //Proceedings of the 21st International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Service(iiWAS2019). Munich, Germany, ACM, 2019: 437-443.
- [34] Su T, Calvo R A, Jouaiti M, et al. Assessing a Sleep Interviewing Chatbot to Improve Subjective and Objective Sleep: Protocol for an Observational Feasibility Study [J]. JMIR Research Protocols, 2023, 12 (1): e45752.
- [35] Dickens A P, Richards S H, Greaves C J, et al. Interventions Targeting Social Isolation in Older People: A Systematic Review [J]. BMC Public Health, 2011, 11: No. 647.
- [36] Kotwal A A, Kim J, Waite L, et al. Social Function and Cognitive Status: Results from a US Nationally Representative Survey of Older Adults [J]. Journal of General Internal Medicine, 2016, 31: 854-862.
- [37] Heikkinen R L, Kauppinen M. Depressive Symptoms in Late Life: A 10-Year Follow-Up [J]. Archives of Gerontology and Geriatrics, 2004, 38 (3): 239-250.
- [38] Holt-Lunstad J, Smith T B, Baker M, et al. Loneliness and Social Isolation as Risk Factors for Mortality: A Meta-Analytic Review [J]. Perspectives on Psychological Science, 2015, 10 (2): 227-237.
- [39] Perissinotto C M, Cenzer I S, Covinsky K E. Loneliness in Older Persons: A Predictor of Functional Decline and Death [J]. Archives of Internal Medicine, 2012, 172 (14): 1078-1084.
- [40] Ring L, Barry B, Totzke K, et al. Addressing Loneliness and Isolation in Older Adults: Proactive Affective Agents Provide Better Support [C] //2013 Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Geneva, Switzerland, IEEE, 2013: 61-66.
- [41] Iio T, Yoshikawa Y, Chiba M, et al. Twin-Robot Dialogue System with Robustness Against Speech Recognition Failure in Human-Robot Dialogue with Elderly People [J]. Applied Sciences, 2020, 10 (4): 1522.
- [42] Pradhan A, Findlater L, Lazar A. “Phantom Friend” or “Just a Box with Information” Personification and Ontological Categorization of Smart Speaker-Based Voice Assistants by Older Adults [C] //Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction. New York, NY, US, ACM, 2019, 3 (CSCW): No. 214.
- [43] Stara V, Vera B, Bolliger D, et al. Usability and Acceptance of the Embodied Conversational Agent Anne by People with Dementia and Their Caregivers: Exploratory Study in Home Environment Settings [J]. JMIR Mhealth and Uhealth, 2021, 9 (6): e25891.
- [44] Ali R, Hoque E, Duberstein P, et al. Aging and Engaging: A Pilot Randomized Controlled Trial of an Online Conversational Skills Coach for Older Adults [J]. The American Journal of Geriatric Psychiatry, 2021, 29 (8): 804-815.
- [45] Vardoulakis L P, Ring L, Barry B, et al. Designing Relational Agents as Long Term Social Companions for Older Adults [C] //Proceedings of the 12th International Conference on Intelligent Virtual Agents(IVA 2012), Springer, 2012, Santa Cruz, CA, US: 289-302.
- [46] Gollasch D, Weber G. Age-Related Differences in Preferences for Using Voice Assistants [C] //Proceedings of Mensch und Comput-

- er 2021 (MuC'21). Ingolstadt, Germany, ACM, 2021: 156–167.
- [47] 平野貴司, 西尾修一, 石黒浩. 対話エージェント遠隔操作による高齢者就労支援: プロトタイプ開発と実証実験の初期結果報告 [J]. 電子情報通信学会技術研究報告; 信学技報, 2021, 121 (287): 7–12.
- [48] Sriwisathiyakun K, Dhamanitayakul C. Enhancing Digital Literacy with an Intelligent Conversational Agent for Senior Citizens in Thailand [J]. Education and Information Technologies, 2022, 27 (5): 6251–6271.
- [49] Santini S, Stara V, Galassi F, et al. User Requirements Analysis of an Embodied Conversational Agent for Coaching Older Adults to Choose Active and Healthy Ageing Behaviors During the Transition to Retirement: A Cross-National User Centered Design Study [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18 (18): 9681.
- [50] Yücel Y, Rizvanoğlu K. I Am Old Too!: Understanding the Impact of Empathy and Voice Characteristics on Older Adults' Perception of Voice Assistants [C] //2022 IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE). Bournemouth, UK, IEEE, 2022: 299–304.
- [51] Muller M J, Allison D. Participatory Design: The third Space in HCI [A]. Jacko J A. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications [M]. Mahwah NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, 2003: 1051–1068.
- [52] Lee HR, Šabanović S, Chang W L, et al. Steps Toward Participatory Design of Social Robots: Mutual Learning with Older Adults with Depression [C] //Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI'17). Vienna, Austria, ACM, 2017: 244–253.
- [53] Yaghoubzadeh R, Kramer M, Pitsch K, et al. Virtual Agents as Daily Assistants for Elderly or Cognitively Impaired People [C] //Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA 2013), Springer, 2013, Edinburgh, UK: 79–91.
- [54] 辛向阳. 交互设计: 从物理逻辑到行为逻辑 [J]. 装饰, 2015 (1): 58–62.
- [55] Czaja S J, Boot W R, Charness N, et al. Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches [M]. Boca Raton, FL, US: CRC Press, 2019.
- [56] Rogers W A, Fisk A D. Human Factors, Applied Cognition, and Aging [A]. Craik F I M, Salthouse T A. The Handbook of Aging and Cognition [M]. Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, 2000: 559–591.
- [57] Birren J E, Schaie K W, Abeles R P, et al. Handbook of the Psychology of Aging [M]. Burlington, MA, US: Elsevier Academic Press, 2006.
- [58] Chien S E, Chu L, Lee H H, et al. Age Difference in Perceived Ease of Use, Curiosity, and Implicit Negative Attitude Toward Robots [J]. ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 2019, 8 (2): 1–19.
- [59] Kuoppamäki S, Jaberibrahem R, Hellstrand M, et al. Designing Multi-Modal Conversational Agents for the Kitchen with Older Adults: A Participatory Design Study [J]. International Journal of Social Robotics, 2023, 15 (9): 1507–1523.
- [60] Noguchi Y, Kamide H, Tanaka F. Personality Traits for a Social Mediator Robot Encouraging Elderly Self-Disclosure on Loss Experiences [J]. ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 2020, 9 (3): 1–24.
- [61] Wilson J R, Tickle-Degnen L, Scheutz M. Challenges in Designing a Fully Autonomous Socially Assistive Robot for People with Parkinson's Disease [J]. ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 2020, 9 (3): 1–31.
- [62] Brewer R, Pierce C, Upadhyay P, et al. An Empirical Study of Older Adult's Voice Assistant Use for Health Information Seeking [J]. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 2022, 12 (2): 1–32.
- [63] Kuoppamäki S, Tuncer S, Eriksson S, et al. Designing Kitchen Technologies for Ageing in Place: A Video Study of Older Adults' Cooking at Home [C] //Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies. New York, NY, US, ACM, 2021, 5 (2): No. 69.
- [64] Rudzicz F, Wang R, Begum M, et al. Speech Interaction with Personal Assistive Robots Supporting Aging at Home for Individuals with Alzheimer's Disease [J]. ACM Transactions on Accessible Computing, 2015, 7 (2): 1–22.
- [65] Weiner J, Engelbart M, Schultz T. Manual and Automatic Transcriptions in Dementia Detection from Speech [C] //Interspeech 2017, Stockholm, Sweden, 2017: 3117–3121.
- [66] Kim S. Exploring How Older Adults Use a Smart Speaker-Based Voice Assistant in Their First Interactions: Qualitative Study [J]. JMIR Mhealth and Uhealth, 2021, 9 (1): e20427.
- [67] Ding Z J, Kang J W, Ho T O T, et al. Talktive: A Conversational Agent Using Backchannels to Engage Older Adults in Neurocognitive Disorders Screening [C] //Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'22). New Orleans, LA, US, ACM, 2022: 1–19.
- [68] Irfan B, Kuoppamäki S, Skantze G. Recommendations for Designing Conversational Companion Robots with Older Adults Through Foundation Models [J]. Frontiers in Robotics and AI, 2024, 11: 1363713.

- [69] Pou-Prom C, Raimondo S, Rudzicz F. A Conversational Robot for Older Adults with Alzheimer's Disease [J]. ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 2020, 9 (3): 1-25.
- [70] Horstmann A C, Schubert T, Lambrich L, et al. Alexa, I Do Not Want to Be Patronized: A Qualitative Interview Study to Explore Older Adults' Attitudes Towards Intelligent Voice Assistants [C] //Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents(IVA'23). Würzburg, Germany, ACM, 2023: 1-10.
- [71] Trajkova M, Martin-Hammond A. "Alexa is a Toy": Exploring Older Adults' Reasons for Using, Limiting, and Abandoning Echo [C] //Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI'20). Honolulu, HI, US, ACM, 2020: 1-13.
- [72] Chen C, Johnson J G, Charles K, et al. Understanding Barriers and Design Opportunities to Improve Healthcare and QOL for Older Adults Through Voice Assistants [C] //Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS'21). Virtual Event, US, ACM, 2021: 1-16.
- [73] Harrington C N, Garg R, Woodward A, et al. "It's Kind of Like Code-Switching": Black Older Adults' Experiences with a Voice Assistant for Health Information Seeking [C] //Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'22). New Orleans, LA, US, ACM, 2022: 1-15.
- [74] Sabelli A M, Kanda T, Hagita N. A Conversational Robot in an Elderly Care Center: An Ethnographic Study [C] //Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction(HRI'11). Lausanne, Switzerland, ACM, 2011: 37-44.
- [75] Minami H, Kawanami H, Kanbara M, et al. Chat Robot Coupling Machine Responses and Social Media Comments for Continuous Conversation [C] //2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). Seattle, WA, US, IEEE, 2016: 1-6.
- [76] Abdollahi H, Mollahosseini A, Lane J T, et al. A Pilot Study on Using An Intelligent Life-Like Robot as a Companion for Elderly Individuals with Dementia and Depression [C] //2017 IEEE - RAS 17th International Conference on Humanoid Robotics(Humanoids). Birmingham, UK, IEEE, 2017: 541-546.
- [77] Yaghoubzadeh R, Buschmeier H, Kopp S. Socially Cooperative Behavior for Artificial Companions for Elderly and Cognitively Impaired People [C] //Proceedings of the 1st International Symposium on Companion - Technology (ISCT 2015), Ulm University, Germany, 2015: 15-19.
- [78] Kopp S, Brandt M, Buschmeier H, et al. Conversational Assistants for Elderly Users-The Importance of Socially Cooperative Dialogue [C] //Proceedings of the AAMAS Workshop on Intelligent Conversation Agents in Home and Geriatric Care Applications Co-located with the Federated AI Meeting. Stockholm, Sweden, 2018, 10-17.
- [79] Kanoh M, Oida Y, Nomura Y, et al. Examination of Practicality of Communication Robot-Assisted Activity Program for Elderly People [J]. Journal of Robotics and Mechatronics, 2011, 23 (1): 3-12.
- [80] Sakakibara S, Saiki S, Nakamura M, et al. Generating Personalized Dialogue Towards Daily Counseling System for Home Dementia Care [C] //8th International Conference, Held as Part of HCI International 2017 (DHM 2017), Springer, 2017, Vancouver, BC, Canada: 161-172.
- [81] Khosla R, Chu M T. Embodying Care in Matilda: An Affective Communication Robot for Emotional Wellbeing of Older People in Australian Residential Care Facilities [J]. ACM Transactions on Management Information Systems, 2013, 4 (4): 1-33.
- [82] El Kamali M, Angelini L, Caon M, et al. NESTORE: Mobile Chatbot and Tangible Vocal Assistant to Support Older Adults' Wellbeing [C] //Proceedings of the 2nd Conference on Conversational User Interfaces(CUI'20). Bilbao, Spain, ACM, 2020: 1-3.
- [83] Van Patten R, Keller A V, Maye J E, et al. Home-Based Cognitively Assistive Robots: Maximizing Cognitive Functioning and Maintaining Independence in Older Adults without Dementia [J]. Clinical Interventions in Aging, 2020, 15: 1129-1139.
- [84] Otaki H, Otake M. The Interactive Robotic System Assisting Image Based Dialogue for the Purpose of Cognitive Training of Older Adults [C] //The AAAI 2017 Spring Symposium on Wellbeing AI: From Machine Learning to Subjectivity Oriented Computing, 2017: 714-719.
- [85] Wilczewski H, Soni H, Ivanova J, et al. Older Adults' Experience with Virtual Conversational Agents for Health Data Collection [J]. Frontiers in Digital Health, 2023, 5: 1125926.
- [86] Wang X, Liang T Y, Li J, et al. Artificial Intelligence-Empowered Chatbot for Effective COVID-19 Information Delivery to Older Adults [J]. International Journal of E-Health and Medical Communications, 2021, 12 (6): 1-18.
- [87] Zubatiy T, Mathur N, Heck L, et al. "I Don't Know How to Help with That" -Learning from Limitations of Modern Conversational Agent Systems in Caregiving Networks [J]. Proceedings of the ACM on Human - Computer Interaction, New York, NY, US, ACM, 2023, 7 (CSCW2): No. 321.
- [88] Morrow D G, Lane H C, Rogers W A. A Framework for Design of Conversational Agents to Support Health Self-Care for Older Adults [J]. Human Factors: The Journal of the Human Factors and

- Ergonomics Society, 2021, 63 (3): 369–378.
- [89] Carros F, Meurer J, Löffler D, et al. Exploring Human–Robot Interaction with the Elderly: Results from a Ten–Week Case Study in a Care Home [C] //Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI'20). Honolulu, HI, US, ACM, 2020: 1–12.
- [90] Ryu H, Kim S, Kim D, et al. Simple and Steady Interactions Win the Healthy Mentality: Designing a Chatbot Service for the Elderly [J]. Proceedings of the ACM on Human–Computer Interaction. New York, NY, US, ACM, 2020, 4 (CSCW2): No.152.
- [91] Weber P, Mahmood F, Ahmadi M, et al. Fridolin: Participatory Design and Evaluation of a Nutrition Chatbot for Older Adults [J]. i-com, 2023, 22 (1): 33–51.
- [92] Simpson J, Gaiser F, Macík M, et al. Daisy: a Friendly Conversational Agent for Older Adults [C] //Proceedings of the 2nd Conference on Conversational User Interfaces (CUI'20). Bilbao, Spain, ACM, 2020: 1–3.
- [93] 中川聡, 遠藤凌河, 成瀬加菜, 等. 高齢者見守りのためのカウンセリングエージェントとの対話過程における Quality of Life 推定システムの構築 [J]. 情報処理学会論文誌, 2022, 63 (4): 1115–1127.
- [94] Wongpatikaseree K, Ratikan A, Damrongrat C, et al. Daily Health Monitoring Chatbot with Linear Regression [C] //2020 15th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (ISAI – NLP). Bangkok, Thailand, IEEE, 2020: 1–5.
- [95] 梅井, 阿部, 元樹, 等. S20 非言語音響情報を利用した話題誘導型情報収集対話システム(ポスターセッション: シニア部門) [J]. 発表予稿集: 情報学シンポジウム, 2017: 22–22.
- [96] Bokolo Jnr A. Examining the Use of Intelligent Conversational Voice–Assistants for Improved Mobility Behavior of Older Adults in Smart Cities [J/OL]. International Journal of Human–Computer Interaction, 2024. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2024.2344145>.
- [97] Hoy M B. Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants [J]. Medical Reference Services Quarterly, 2018, 37 (1): 81–88.
- [98] Martin–Hammond A, Vemireddy S, Rao K. Engaging Older Adults in the Participatory Design of Intelligent Health Search Tools [C] //Proceedings of the 12th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare(PervasiveHealth'18). New York, NY, US, ACM, 2018: 280–284.
- [99] Tsiourti C, Ben Moussa M, Quintas J, et al. A Virtual Assistive Companion for Older Adults: Design Implications for a Real–World Application [C] //Proceedings of SAI Intelligent Systems Conference(IntelliSys) 2016, Springer, 2016: 1014–1033.
- [100] Georgiadis D, Christophorou C, Kleanthous S, et al. A Robotic Cloud Ecosystem for Elderly Care and Ageing Well: The Growmeup Approach [C] //XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016 (MEDICON 2016), Springer, 2016, Paphos, Cyprus: 919–924.
- [101] Kitakoshi D, Okano T, Suzuki M. An Empirical Study on Evaluating Basic Characteristics and Adaptability To Users of a Preventive Care System with Learning Communication Robots [J]. Soft Computing, 2017, 21: 331–351.
- [102] Lazar A, Jelen B, Pradhan A, et al. Adopting Diffractive Reading to Advance Hci Research: A Case Study on Technology for Aging [J]. ACM Transactions on Computer–Human Interaction, 2021, 28 (5): 1–29.
- [103] Jakob D, Wilhelm S, Gerl A, et al. A Quantitative Study on Awareness, Usage and Reservations of Voice Control Interfaces by Elderly People [C] //23rd HCI International Conference (HCII 2021), Springer, 2021, Virtual Event: 237–257.
- [104] Smith A L, Chaparro B S. Smartphone Text Input Method Performance, Usability, and Preference with Younger and Older Adults [J]. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 2015, 57 (6): 1015–1028.
- [105] Kim S, Choudhury A. Exploring Older Adults' Perception and Use of Smart Speaker–Based Voice Assistants: A Longitudinal Study [J]. Computers in Human Behavior, 2021, 124: 106914.
- [106] López G, Quesada L, Guerrero L A. Alexa vs. Siri vs. Cortana Vs. Google Assistant: A Comparison of Speech–Based Natural User Interfaces [C] //Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors and Systems Interaction (AHFE 2017), Springer, 2017, Los Angeles, CA, US: 241–250.
- [107] Wolters M K, Kelly F, Kilgour J. Designing a Spoken Dialogue Interface to an Intelligent Cognitive Assistant for People with Dementia [J]. Health Informatics Journal, 2016, 22 (4): 854–866.
- [108] Russo A, D'Onofrio G, Gangemi A, et al. Dialogue Systems and Conversational Agents for Patients with Dementia: The Human–Robot Interaction [J]. Rejuvenation Research, 2019, 22 (2): 109–120.
- [109] Sayago S, Neves B B, Cowan B R. Voice Assistants and Older People: Some Open Issues [C] //Proceedings of the 1st International Conference on Conversational User Interfaces(CUI'19). Dublin, Ireland, ACM, 2019: 1–3.
- [110] Blair J, Abdullah S. Understanding the Needs and Challenges of Using Conversational Agents for Deaf Older Adults [C] //Companion Publication of the 2019 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing(CSCW'19 Companion). Austin,

- TX, US, ACM, 2019: 161–165.
- [111] Hu Y X, Qu Y X, Maus A, et al. Polite or Direct? Conversation Design of a Smart Display for Older Adults Based on Politeness Theory [C] //Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'22). New Orleans, LA, US, ACM, 2022: 1–15.
- [112] Jian C, Shi H, Sasse N, et al. Modality Preference in Multimodal Interaction for Elderly Persons [C] //International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOS-TEC 2013), Springer, 2013, Barcelona, Spain: 378–393.
- [113] El Kamali M, Angelini L, Lalanne D, et al. Older Adults' Perspectives on Multimodal Interaction with a Conversational Virtual Coach [J]. *Frontiers in Computer Science*, 2023, 5: 1125895.
- [114] McMillan D, Brown B, Kawaguchi I, et al. Designing with Gaze: Tama-A Gaze Activated Smart-Speaker [J]. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*. New York, NY, US, ACM, 2019, 3 (CSCW): No. 176.
- [115] Ali M R, Van Orden K, Parkhurst K, et al. Aging and Engaging: A Social Conversational Skills Training Program for Older Adults [C] //Proceedings of the 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI'18). Tokyo, Japan, ACM, 2018: 55–66.
- [116] Chattaraman V, Kwon W S, Gilbert J E, et al. Should AI-Based, Conversational Digital Assistants Employ Social-or Task-Oriented Interaction Style? A Task-Competency and Reciprocity Perspective for Older Adults [J]. *Computers in Human Behavior*, 2019, 90: 315–330.
- [117] Esposito A, Amorese T, Cuciniello M, et al. Elder User's Attitude Toward Assistive Virtual Agents: The Role of Voice and Gender [J]. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021, 12: 4429–4436.
- [118] Constantin A, Lai C, Farrow E, et al. “Why is The Doctor a Man” Reactions of Older Adults to a Virtual Training Doctor [C] //Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA'19). New York, NY, US, ACM, 2019: LBW1719.

(责任编辑: 王 维)

(上接第 108 页)

- [33] 王晰巍, 李玛莉, 乌吉斯古楞, 等. 新质生产力形成中企业信息资源服务创新模式——基于汽车制造企业的案例研究 [J]. *情报理论与实践*, 2024, 47 (8): 1–11.
- [34] 聂昀秋, 马晓君, 郑佳宁. 数据要素发展水平与经济增长: 影响效应和机制分析 [J]. *中国流通经济*, 2024, 38 (8): 56–68.
- [35] 顾洁, 刘玉博, 王振, 等. 信息生态理论视角下城市数据要素市场就绪度评估 [J]. *信息资源管理学报*, 2024, 14 (2): 82–94, 135.
- [36] Qian N. Missing Women and the Price of Tea in China: The Effect of Sex-Specific Earnings on Sex Imbalance [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 2008, 123 (3): 1251–1285.
- [37] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征 [J]. *经济学 (季刊)*, 2020, 19 (4): 1401–1418.
- [38] 张雪芳, 戴伟. 金融发展对经济增长影响的门槛效应研究——基于金融发展规模、效率和结构三维视角的实证检验 [J]. *当代经济管理*, 2020, 42 (4): 89–97.
- [39] 燕连福, 赵卉心. 数字经济赋能服务业高质量发展——基于 271 个城市的经验证据 [J]. *当代经济研究*, 2024 (8): 86–96.
- [40] 陈婷, 段尧清, 吴瑾. 数据要素市场化能否提升城市创新能力——一个准自然实验 [J]. *科技进步与对策*, 2024, 41 (3): 74–83.
- [41] 乔晗, 李卓伦, 黄朝椿. 数据要素市场化建设的影响因素与提升路径——基于复杂经济系统管理视角的组态效应分析 [J]. *外国经济与管理*, 2023, 45 (1): 38–54.
- [42] 唐欣, 许永斌. 数字产业化与产业数字化耦合赋能城市高质量发展的实证检验 [J]. *统计与决策*, 2023, 39 (20): 104–108.
- [43] 谢丹夏, 魏文石, 李尧, 等. 数据要素配置、信贷市场竞争与福利分析 [J]. *中国工业经济*, 2022 (8): 25–43.
- [44] 刘晓阳, 黄晓东, 丁志伟. 长江经济带县域信息化水平的空间差异及影响因素 [J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28 (6): 1262–1275.
- [45] 周正柱, 冯博文. 长三角城市群商品流通发展的时空演变特征、区域差异及分布动态演进 [J]. *上海交通大学学报 (哲学社会科学版)*, 2024, 32 (2): 24–47.
- [46] Wang J X, Deng K. Impact and Mechanism Analysis of Smart City Policy on Urban Innovation: Evidence from China [J]. *Economic Analysis and Policy*, 2022, 73: 574–587.
- [47] 陈振其. 监管沙盒: 数据要素治理新方案 [J]. *图书馆论坛*, 2024, 44 (4): 138–147.
- [48] 新华三集团数字中国研究院. 城市数字化发展指数 [R]. 北京: 新华三集团, 2024: 13–15.

(责任编辑: 王 维)