

自然用户界面在智能家居系统中的应用路径创新研究： 生成式人工智能技术的调节作用

彭强¹, 李羿卫²

(1. 桂林理工大学 艺术学院, 广西 桂林 541006; 2. 成都锦城学院 艺术学院, 成都 611731)

摘要: **目的** ChatGPT 类生成式人工智能技术具有嵌入用户界面和智能家居系统的诸多可能。通过分析生成式人工智能技术的调节影响机制, 探究自然用户界面在智能家居系统中的应用创新路径。**方法** 首先, 根据相关文献梳理归纳生成式人工智能技术的特征、智能家居系统及自然用户界面的关键影响因素; 其次, 通过因子聚类分析形成生成式人工智能技术的量化维度; 最后, 使用分层回归分析方法检验生成式人工智能技术在自然用户界面与用户体验之间的调节影响机制。**结果** 生成式人工智能技术存在三个量化维度, 分别为学习能力、智能个性化和上下文感知。此外, 生成式人工智能技术分别在界面质量、交互方式和用户体验之间具有正向调节作用, 而在系统安全性和用户体验之间调节作用并不显著。**结论** 生成式人工智能技术的显著调节作用表明, 将其集成到自然用户界面中可能是一条行之有效的应用创新路径。然而, 在当前的智能家居系统中, 尽管生成式人工智能技术为自然用户界面的应用创新提供了可观的驱动潜力, 但尚未增强安全性在改善用户体验方面的作用。这也表明安全性会成为未来主要研究的潜在领域之一。

关键词: 生成式人工智能; 自然用户界面; 智能家居系统; 调节作用

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0454-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.051

Application Path Innovation of Natural User Interface in Smart Home System: Moderating Effect of Generative Artificial Intelligence Technology

PENG Qiang¹, LI Yi-wei²

(1. School of Art, Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541006, China;

2. School of Art, Chengdu Jincheng College, Chengdu 611731, China)

ABSTRACT: ChatGPT-like generative artificial intelligence technology has many possibilities to be embedded in user interfaces and smart home systems. The work aims to explore the application innovation path of natural user interfaces in smart home systems by analyzing the regulatory influence mechanism of the generative artificial intelligence technology. First, according to related literature, characteristics of the generative artificial intelligence technology, key influencing factors of smart home systems and natural user interfaces were summarized. Secondly, the quantitative dimension of the generative artificial intelligence technology was formed through factor cluster analysis. Finally, the hierarchical regression analysis method was used to test the moderating influence mechanism of the generative artificial intelligence technology between the natural user interface and user experience. The generative artificial intelligence technology had three quantitative dimensions, namely learning ability, intelligent personalization and context awareness. In addition, it had a positive moderating effect on interface quality, interaction modalities and user experience, but its moderating effect on system security and user experience was not significant. The significant moderating effect of the generative artificial intelligence technology suggests that its integration into natural user interfaces may be a proven path to applied innovation.

收稿日期: 2023-05-11

基金项目: 四川省哲学社会科学重点研究基地“四川旅游发展研究中心”项目 (LY19-58)

作者简介: 彭强 (1979—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为设计基础与理论研究。

However, the role of security in improving user experience has not yet been enhanced, although the generative artificial intelligence technology offers considerable driving potential for application innovation of natural user interfaces. But it also shows that security could be one of the potential areas of major future research.

KEY WORDS: generative artificial intelligence; natural user interface; smart home system; moderating effect

智能家居系统以增强人们日常居家活动的自动化和设备互连为代表,越来越多地渗透到家庭环境中,旨在为家庭环境带来前所未有的便利^[1]。智能家居系统的一个关键模块是自然用户界面。设计自然用户界面的最终目标是使用户与系统的交互像人与人之间的交互一样轻松和自然,以提升用户体验^[2]。对智能家居系统而言,良好的用户体验不仅有助于促进用户居家幸福感的提高,反过来,亦能驱动新技术在系统中的应用创新^[3]。先前对智能家居系统、自然用户界面和用户体验的研究,多集中于交互方式对用户体验的影响^[4],人工智能的作用却未被充分探索。然而,随着 ChatGPT 的出现,生成式人工智能技术(Generative AI)的应用成为国内外关注的焦点。生成式 AI 是人工智能的高级分支,具有产生新内容、新想法或解决方案的能力,从而超越了传统人工智能系统^[5]。它在增强自然用户界面、优化智能家居系统,并提升用户体验的潜力是一个引人注目的研究领域。之前对生成式 AI 的应用研究,隐含反映了在智能家居系统中,生成式 AI 对自然用户界面和用户体验之间的动态可能存在调节影响机制^[5-6]。为此,本研究通过剖析生成式 AI 的调节影响机制,进一步辨别自然用户界面在智能家居系统中的应用创新路径,旨在为探索未来智能家居系统设计提供建议性理论参考。

1 文献综述

1.1 智能家居系统、自然用户界面和用户体验

与传统家居设备相比,智能家居中的设备可以通过技术系统与其他设备进行协同作业,在用户和环境之间提供不受时间和地点限制的无缝连接,营造了便捷舒适的居家环境。这类技术系统通常由复杂的层级组成,其中包括了感知层、网络层和应用层^[2]。感知层可以看作是与用户互动的第一个界面,它负责收集由用户和环境产生的数据;网络层的建立是为了维护设备之间的连接;而应用层可以处理数据并提供特定的服务。在此范式下,文献将“系统集成”和“系统安全性”确定为两个关键影响因素^[7]。

系统集成涉及智能家居环境中不同技术组件之间的协同作用。它是功能完善的智能家居系统的基石,可确保各种互连设备的高效无缝运行^[8]。相比之下,系统安全性强调了对用户数据的保护。张应辉等^[9]认为,用户对智能家居系统的信任和接受度在很大程度上受到系统安全性的影响。因此,有效且可靠的安全保障对于缓解用户担忧和促进智能家居系统的更

广泛采用至关重要。

Liao 等^[2]通过系统性文献综述分析认为,尚存在一些挑战阻碍了用户对智能家居系统的接受,其中一个主要挑战是复杂的人机交互界面。因此,为了有效降低用户与智能家居系统交互的使用门槛,提升用户体验,自然用户界面逐渐成为首选方案。自然用户界面力求使数字界面不可见,从而使用户能够以自然且本能的方式与计算机系统进行交互。Ardito 等^[10]基于实证研究对不同类型产品的自然用户界面进行了分析(如,车载系统、冰箱界面、数字广告牌等),并指出两个影响自然用户界面的重要因素:“界面质量”和“交互方式”。

界面质量是一个多维属性,包括可用性、美学、响应能力和整体设计。谭浩等^[11]基于实用主义理论声明,界面美学对用户体验至关重要。朱婷玲等^[12]通过 SEM 分析表明,界面的功能,包括其可靠性和响应能力,会显著影响用户对体验的感知。而交互方式指的是用户与界面交互的媒介。传统上,与数字界面的交互仅限于键盘和鼠标,但自然用户界面已将其扩展到包括触摸、手势、语音甚至注视交互^[2]。值得注意的是,多种交互方式的集成,被称为多模式交互,近些年已经成为自然用户界面设计中一个被广泛讨论的研究热点。Turk^[13]声明,多模式交互可以通过提供多种交互选项和提高系统对用户命令的理解来增强用户体验。

用户体验与各种概念相关,包括人与产品交互的功能、情感、情感、体验、享乐和审美方面。朱吉虹等^[14]将用户体验定义为用户在使用产品的过程中产生的各种感受,并按照人类的认知过程将用户体验分为生理、认知和情感三个层次。自然用户界面和用户体验之间的相互作用,尤其是在智能家居系统的背景下,一直是众多研究的焦点,Zhang^[15]认为设计优良的自然用户界面可以培养积极的用户体验,从而促进技术采用。

1.2 生成式人工智能及其特征

生成式 AI 代表了人工智能领域的一个变革性进展,其特点是能够根据内置的学习模式和用户的输入自主地生成原创内容。生成式 AI 利用机器学习算法,特别是生成模型,来产生输出,这些输出与训练数据的统计属性相同,其范围可以从文本内容到视觉图像^[6]。

Durdyev 等^[16]认为,了解新技术的常见方法是首先确定技术的显性特征。因此,许多相关学者和从业人员已经对生成式 AI 进行了剖析。为了明确生成式 AI 的特征,本研究对已发表的相关文献进行了系统性回顾。最终,从中提取到 9 种特征,见表 1。

表 1 生成式人工智能特征
Tab.1 Characteristics of generative AI

特征	描述	来源
元学习	在学习框架中，有选择地查询信息量最大的样本进行学习，从而优化学习过程	[5]
情境意识	感知和解释用户环境的能力，跨越物理、社会和数字环境	[17]
用户建模	构建用户模型，捕获和解释用户偏好、行为和上下文	[6]
主动性	通过了解用户的上下文，主动提供信息或启动与上下文相关的操作	[17]
记忆迁移	将最初在一种情境中学到的知识应用到不同但相关的情境中，从而提高有效性	[5-6, 17]
模态感知	处理语音、手势、触摸等多种交互模态的能力，增强交互体验的丰富性和灵活性	[18]
增量学习	使用新数据更新模型，而无需从头开始重新训练	[5-6, 17]
偏好推荐	通过了解用户偏好，推荐符合这些偏好的内容或操作	[6, 17]
适应性	根据用户模型修改其行为和输出，从而优化体验	[17-18]

尽管先前研究描述了生成式 AI 的相关特征，但对相关特征的归类维度的定义尚不明确，因此，有必要对相关特征进行进一步聚类研究，以明确生成式 AI 的测量维度。

2 研究设计

2.1 量表开发与修订

本研究采用问卷调查获取研究数据。量表的开发分为三个阶段。由于对生成式 AI 的测量指标尚无定论，因此，量表开发的第一阶段为对生成式 AI 测量量表的编制。基于 9 种相关特征进行试点研究，以获取特征的接受程度数值，并通过将相关特征进行聚类，以构建生成式 AI 的测量题项。

第二阶段将参考国内外相关研究中的成熟量表，对生成式 AI 以外的影响因素进行量表修订。具体而言，界面质量和交互方式采用了 Chang 等^[19]提出的量表，并略作修改。系统集成、系统安全性和用户体验参考了 Alotaibi 等^[20]提出的测量项。

最后阶段通过将生成式 AI 的测量量表纳入，以构建最终问卷。最终问卷由两部分组成：第一部分为基本人口学统计信息，包括性别、年龄、受教育程度和对生成式 AI 的态度等；第二部分为变量测量量表，测量量表采用 5 李克特表示，其中“1”到“5”分别代表“非常不同意”至“非常同意”。

2.2 调查与抽样

问卷量表通过微信等应用程序分两次在线发放。第一次发放为基于 9 种特征的生成式 AI 相关量表，共获得 127 份有效样本；第二次发放为最终问卷，共获得 523 份有效样本。所有受访人群均为使用过智能家居产品或对智能家居感兴趣的用户。

2.3 分析方法

数据分析方法采用了聚类分析、探索性因子分析和分层回归分析，分析软件为 SPSS 26.0。聚类分析是指将不同的对象划分为集群或簇，而属于不同集群或簇的数据表现出高度的差异性。由于没有假定的类

别或基于以往经验的分组，本研究采用了 K-means 聚类算法。此外，探索性因子分析用于检验量表设计的信效度，而分层回归分析，也称为顺序回归或嵌套回归，是一种在多元回归范式下的统计方法，通常用于调节作用分析^[21]。

3 研究结果

3.1 受访者基本信息统计结果

受访者的基本人口学统计信息，见表 2。从性别

表 2 受访者基本人口学信息统计结果 (N=523)
Tab.2 Statistical results of basic demography in formation of respondents (N=523)

特征属性	类别	频数	百分比/%
性别	男	282	53.92
	女	241	46.08
年龄	18~25	107	20.459
	26~35	116	22.18
	36~45	100	19.12
	46~55	98	18.738
	56 以上	102	19.503
教育水平	初中及以下	95	18.164
	高中	108	20.65
	大学	134	25.621
	硕士	94	17.973
	博士及以上	92	17.591
是否使用过 ChatGPT 类生成式人工智能技术	是	261	49.904
	否	262	50.096
对生成式人工智能技术的了解程度	非常低	109	20.841
	低于一般水平	96	18.356
	一般	111	21.224
	高于一般水平	92	17.591
	非常高	115	21.989
对生成式人工智能技术嵌入智能家居系统的看法	非常不看好	108	20.65
	不看好	103	19.694
	一般	94	17.973
	很看好	105	20.076
	非常看好	113	21.606

上看,男女比例比较均衡,其中,男性占比为 53.92%,女性占比为 46.08%。受访者的年龄分布较为平均,均占比在 18%至 21%之间。从受教育程度来看,大部分受访者拥有大学本科文凭,而高中和初中次之,分别占比为 25.621%、20.65%和 18.164%。使用过生成式 AI 的受访者与没使用过的受访者占比相当,分别为 50.096%和 49.904%,而他们对生成式 AI 的了解程度亦呈现均匀分布,分别占比在 18%至 22%之间。对生成式 AI 嵌入智能家居系统,21.606%的受访者表示非常看好,20.65%的受访者表示非常不看好,而持中立态度的受访者占比为 17.973%。

3.2 聚类分析

使用 K-means 聚类算法对基于 127 个样本的 9 种生成式 AI 特征进行聚类,最终聚类得到 3 个类别,此 3 个类别的占比分别是 35.43%、26.77%和 37.80%。整体看来,3 个类别分布较为均匀,表明聚类效果较好,见图 1。

为了确定聚类类别所代表的具体维度,有必要通过方差检验明确各个类别的差异性。聚类类别对于所有的特征项均呈现出显著性,即, $P<0.05$,这意味着聚类分析得到的 3 个类别作为特征的归属维度具有明显的差异性,表明了生成式 AI 的 9 种特征可以被科学地归纳为 3 项测量维度,见表 3。

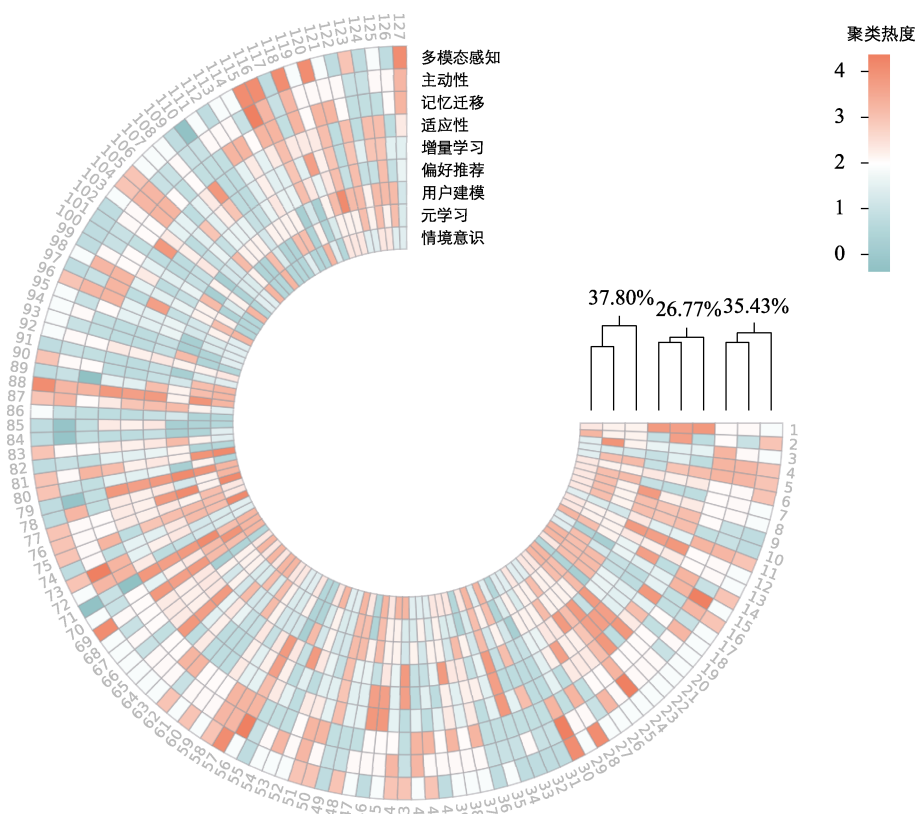


图 1 聚类分析
Fig.1 Cluster analysis

表 3 聚类类别方差差异对比与维度命名
Tab.3 Comparison of variance differences of clustering categories and renaming

测量维度	特征项	聚类类别方差差异对比 (平均值±标准差)			F	P
		类别 1 (n=45)	类别 2 (n=34)	类别 3 (n=48)		
学习能力	增量学习	3.60±0.69	1.71±0.97	2.75±0.96	45.438	0.000**
	记忆迁移	3.51±0.69	1.41±0.56	2.63±0.91	74.829	0.000**
	元学习	3.44±0.76	2.24±1.07	2.65±0.91	18.578	0.000**
智能个性化	用户建模	2.64±0.61	2.29±0.58	3.63±0.79	44.450	0.000**
	偏好推荐	2.64±0.71	2.41±0.61	3.63±0.57	44.723	0.000**
	适应性	2.89±0.88	2.53±0.66	3.75±0.70	28.720	0.000**
上下文感知	模态感知	3.56±1.27	1.88±0.91	2.48±1.25	20.836	0.000**
	情境意识	3.56±1.32	1.68±0.73	2.15±1.13	31.764	0.000**
	主动性	3.71±1.16	1.85±0.78	2.08±0.96	43.964	0.000**

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

此外,通过对比聚类的特征并结合相关文献,研究对生成式 AI 的 3 项测量维度进行了命名处理,分别为“学习能力”“智能个性化”和“上下文感知”。具体而言,学习能力表示技术获取、处理、保留和应用知识的能力;智能个性化涉及系统输出的定制,以符合个人用户的偏好、属性和上下文;而上下文感知表示生成式 AI 理解用户上下文意识,从而增强系统的相关性和响应能力。

3.3 信效度检验

通过将“学习能力”“智能个性化”和“上下文感知”作为生成式 AI 的测量维度纳入量表,构建了变量的测量量表,见表 4。

在信度检验中,Cronbach α 系数反映了测量项的相互关联程度,常用来检验量表的信度水平。本研究的 6 个变量所对应的 Cronbach α 值均大于 0.8,表明了量表信度的可靠性。在探索性因子分析(即,效度检验)中,KMO 值为 0.822,大于 0.7,且巴特球形值为 4 853.823, $P<0.05$,因此,拒绝巴特球形检验的零假设。此外,累积方差解释率为 72.993%,大于 60%,表明测量项对变量的解释程度较高,而所有测量项的因子载荷系数绝对值均大于 0.4,且对应的共同度均大于 0.5,见表 5。基于检验结果,本研究设计的问卷量表通过了信效度检验。

3.4 调节效应检验

执行分层回归分析前,研究首先对解释变量进行

了多重共线性诊断,其结果显示,所有变量的方差膨胀因子(VIF)均在 5 以下,说明变量之间不存在明显的多重共线性问题^[21]。其次将自变量和调节变量做中心化处理,构造“自变量 $\times$ 调节变量”的交互项。

在执行分析过程中,模型 1 由自变量和控制变量组成(即,在不考虑调节变量下,分析自变量对因变量的影响情况);其次在模型 1 的基础上加入调节变量作为模型 2;最后在模型 2 的基础上纳入“自变量 $\times$ 调节变量”的交互项,形成模型 3。根据此范式,本文分别检验了生成式 AI 在自然用户界面、智能家居系统(即,界面质量、交互方式、系统集成和系统安全性)和用户体验之间可能存在的调节影响机制。

3.4.1 生成式人工智能技术在界面质量与用户体验之间的调节效应检验

在生成式 AI 对界面质量与用户体验之间的调节作用分析中,模型 1 包含了自变量界面质量、因变量用户体验及 3 个控制变量。其中界面质量的回归系数为 0.2,且 $P<0.05$,这表明界面质量对用户体验会产生显著影响关系。模型 2 在模型 1 的基础上加入了调节变量生成式 AI ($\beta=0.281$, $P<0.05$),这意味着生成式 AI 对用户体验具有显著影响机制。模型 3 中“IQ $\times$ GAI”交互项的回归系数为 0.114,且 $P<0.01$,说明生成式 AI 对界面质量和用户体验之间的调节作用存在,且为正向调节,见表 6。

表 4 变量的测量题项
Tab.4 Measurement items of variables

变量	指标	测量题项
界面质量	直观性	我花了太多时间试图了解如何使用界面
	响应能力	我需要等待很长时间后界面才响应我的命令
	视觉美学	我觉得界面在视觉上没有吸引力
交互方式	语音识别准确性	系统经常误解我的语音指令
	手势识别准确性	我的手势动作经常被系统误解
	触觉反馈质量	系统提供的触觉反馈通常无济于事
	交互方式衔接	我花了很多时间来适应不同的交互模式
系统集成	协同作用	系统难以与其他系统或设备无缝协作
	数据一致性	系统不同部分的数据不一致经常导致混乱
	跨平台支持	系统在某些设备或平台上的运行不尽如人意
	系统可扩展性	添加新设备或数据通常会对系统性能产生负面影响
系统安全	数据隐私保护	我担心我的数据可能会泄露
	入侵检测	我不确定系统是否能够检测和防止入侵
	系统恢复	我担心系统从安全漏洞中恢复的速度和效率
生成式 AI	学习能力	AI 似乎并没有根据我过去提供的信息来提高其性能
	智能个性化	AI 的响应似乎并不适应我的特定数据和偏好
	上下文感知	AI 没有基于上下文感知我的指令和目的
用户体验	用户满意度	系统常常不能满足我的需求和期望
	感知易用性	目前系统操作困难
	感知有用性	我不相信使用目前系统会提高我的生活质量
	情绪反应	我觉得与系统没有任何积极的情感联系

注:具体指标和题项来源见 2.1 部分。

表 5 信效度检验
Tab.5 Reliability and validity test

变量	测量项	因子载荷系数						共同度	Cronbach α
		因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6		
界面质量 (IQ)	IQ1	0.316	0.119	0.045	0.076	0.065	0.803	0.771	0.829
	IQ2	0.179	0.104	0.124	0.133	0.098	0.812	0.745	
	IQ3	0.307	0.133	0.133	0.018	0.136	0.767	0.736	
交互方式 (IM)	IM1	0.730	0.120	0.041	0.186	0.032	0.146	0.605	0.859
	IM2	0.769	0.036	0.035	-0.035	-0.064	0.255	0.664	
	IM3	0.877	0.106	0.073	0.043	0.093	0.179	0.828	
	IM4	0.839	0.091	0.072	0.096	0.091	0.169	0.763	
系统集成 (SI)	SI1	0.015	0.074	0.832	0.052	0.071	0.110	0.717	0.850
	SI 2	0.129	0.096	0.875	-0.030	0.040	0.076	0.800	
	SI 3	0.048	0.075	0.883	-0.055	0.087	0.068	0.802	
系统安全性 (SS)	SS1	0.111	0.013	-0.017	0.862	0.088	0.101	0.775	0.817
	SS2	0.031	0.080	-0.077	0.835	0.068	0.072	0.720	
	SS3	0.096	0.107	0.065	0.831	0.001	0.021	0.716	
生成式 AI (GAI)	GAI1	0.066	0.156	0.101	0.044	0.835	0.077	0.744	0.816
	GAI 2	0.014	0.170	0.053	0.004	0.819	0.104	0.714	
	GAI 3	0.047	0.123	0.046	0.113	0.835	0.068	0.734	
用户体验 (UX)	UX1	0.048	0.781	0.064	-0.016	0.252	0.105	0.692	0.839
	UX2	0.137	0.834	0.061	0.103	0.144	0.032	0.750	
	UX3	0.022	0.831	0.091	0.056	0.079	0.157	0.733	
	UX4	0.133	0.745	0.060	0.085	0.053	0.054	0.589	
特征根值 (旋转前)		5.359	2.511	2.262	1.769	1.578	1.120	-	
方差解释率/% (旋转前)		26.796	12.553	11.311	8.847	7.888	5.598	-	
累积方差解释率/% (旋转前)		26.796	39.348	50.659	59.506	67.395	72.993	-	
特征根值 (旋转后)		2.910	2.735	2.330	2.245	2.240	2.138	-	
方差解释率/% (旋转后)		14.550	13.677	11.651	11.224	11.202	10.689	-	
累积方差解释率% (旋转后)		14.550	28.227	39.878	51.101	62.304	72.993	-	
KMO				0.822				-	
巴特球形值				4 853.823				-	
df				190				-	
P				0.000				-	

表 6 生成式人工智能技术在界面质量与用户体验之间的调节效应
Tab.6 Moderating effect of GAI between IQ and UX

变量	模型 1				模型 2				模型 3			
	B	t	P	β	B	t	P	β	B	t	P	β
常数	2.756	12.95	0.000***	-	2.886	14.075	0.000***		2.890	14.18	0.000***	-
IM	0.113	2.217	0.027*	0.109	0.116	2.367	0.018*	0.112	0.113	2.316	0.021*	0.109
SI	0.100	3.148	0.002**	0.135	0.073	2.370	0.018*	0.098	0.066	2.142	0.033*	0.088
SS	0.016	0.610	0.542	0.026	-0.002	-0.065	0.949	-0.003	0.002	0.097	0.923	0.004
IQ	0.207	3.995	0.000***	0.200	0.146	2.893	0.004**	0.141	0.139	2.760	0.006**	0.134
GAI					0.171	6.770	0.000***	0.281	0.160	6.292	0.000***	0.263
IQ×GAI									0.102	2.819	0.005**	0.114
R ²			0.115				0.188				0.200	
调整 R ²			0.109				0.180				0.191	
F	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (5,517)=23.862, P=0.000				F (6,516)=21.476, P=0.000			
ΔR^2			0.115				0.072				0.012	
ΔF	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (1,517)=45.835, P=0.000				F (1,516)=7.945, P=0.005			

注：因变量为用户体验；* P<0.05，** P<0.01，*** P<0.001。

3.4.2 生成式人工智能技术在交互方式与用户体验之间的调节效应检验

对于生成式 AI 在交互方式与用户体验之间的调节作用而言,模型 1 显示,交互方式对用户体验会产生显著影响关系 ($\beta = 0.109, P<0.05$)。模型 2 表明,生成式 AI 对用户体验依然具有显著影响机制 ($\beta = 0.281, P<0.001$)。模型 3 中“IM×GAI”交互项的回归系数为 0.085,且 $P<0.05$,说明生成式 AI 在交互方式与用户体验之间存在正向调节作用,见表 7。

3.4.3 生成式人工智能技术在系统集成与用户体验之间的调节效应检验

在生成式 AI 对系统集成与用户体验之间的调节作用分析中,模型 1 表明系统集成呈现出显著性 ($\beta=0.135, P<0.05$),这意味着系统集成对于用户体验会产生显著影响关系。模型 2 显示,生成式 AI 对用户体验存在显著影响机制 ($\beta=0.281, P<0.001$)。模型 3 中“SI×GAI”交互项的回归系数为 0.10,且 $P<0.05$,表明了生成式 AI 在系统集成与用户体验之间存在显著正向调节作用,见表 8。

表 7 生成式人工智能技术在交互方式与用户体验之间的调节效应
Tab.7 Moderating effect of GAI between IM and UX

变量	模型 1				模型 2				模型 3			
	B	t	P	β	B	t	P	β	B	t	P	β
常数	2.429	11.968	0.000***	—	2.781	13.79	0.000***	—	2.795	13.90	0.000***	—
SI	0.100	3.148	0.002**	0.135	0.073	2.370	0.018*	0.098	0.073	2.402	0.017*	0.099
IQ	0.207	3.995	0.000***	0.200	0.146	2.893	0.004**	0.141	0.138	2.737	0.006**	0.134
SS	0.016	0.610	0.542	0.026	-0.002	-0.065	0.949	-0.003	-0.001	-0.054	0.957	-0.002
IM	0.113	2.217	0.027*	0.109	0.116	2.367	0.018*	0.112	0.119	2.430	0.015*	0.115
GAI					0.171	6.770	0.000***	0.281	0.166	6.577	0.000***	0.273
IM×GAI									0.082	2.138	0.033*	0.085
R ²			0.115				0.188				0.195	
调整 R ²			0.109				0.180				0.185	
F 值	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (5,517)=23.862, P=0.000				F (6,516)=20.784, P=0.000			
ΔR^2			0.115				0.072				0.007	
ΔF	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (1,517)=45.835, P=0.000				F (1,516)=4.570, P=0.033			

注:因变量为用户体验;* $P<0.05$ ** $P<0.01$ *** $P<0.001$

表 8 生成式人工智能技术在系统集成与用户体验之间的调节效应
Tab.8 Moderating effect of GAI between SI and UX

变量	模型 1				模型 2				模型 3			
	B	t	P	β	B	t	P	β	B	t	P	β
常数	2.388	13.319	0.000***	—	2.634	14.984	0.000***	—	2.647	15.123	0.000***	—
IQ	0.207	3.995	0.000***	0.200	0.146	2.893	0.004***	0.141	0.132	2.599	0.010**	0.127
IM	0.113	2.217	0.027**	0.109	0.116	2.367	0.018**	0.112	0.124	2.527	0.012*	0.119
SS	0.016	0.610	0.542	0.026	-0.002	-0.065	0.949	-0.003	-0.003	-0.101	0.919	-0.004
SI	0.100	3.148	0.002**	0.135	0.073	2.370	0.018**	0.098	0.079	2.564	0.011**	0.106
GAI					0.171	6.770	0.000***	0.281	0.159	6.231	0.000***	0.262
SI×GAI									0.064	2.451	0.015**	0.100
R ²			0.115				0.188				0.197	
调整 R ²			0.109				0.180				0.188	
F	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (5,517)=23.862, P=0.000				F (6,516)=21.079, P=0.000			
ΔR^2			0.115				0.072				0.009	
ΔF	F (4,518)=16.905, P=0.000				F (1,517)=45.835, P=0.000				F (1,516)=6.010, P=0.015			

注:因变量为用户体验;* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ 。

3.4.4 生成式人工智能技术在系统安全性与用户体验之间的调节效应检验

在生成式 AI 对系统安全性与用户体验之间的调节作用分析中, 模型 1 显示, 系统安全性没有呈现出显著性 ($P>0.05$), 这意味着不考虑调节变量的影响时, 系统安全性对于用户体验并不会产生显著

影响关系。而模型 2 显示, 在此背景下, 生成式 AI 对用户体验仍然存在与上述分析相同的显著影响机制 ($\beta=0.281, P<0.001$)。模型 3 中“SS×GAI”交互项的回归系数为 0.285, 但 $P>0.05$, 这表明了生成式 AI 对系统安全性与用户体验之间的调节作用不显著, 见表 9。

表 9 生成式人工智能技术在系统安全性与用户体验之间的调节效应
Tab.9 Moderating effect of GAI between SS and UX

变量	模型 1				模型 2				模型 3			
	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	β	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	β	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>P</i>	β
常数	2.075	10.95	0.000***	—	2.373	12.695	0.000***	—	2.375	12.709	0.000***	—
IQ	0.207	3.995	0.000***	0.200	0.146	2.893	0.004***	0.141	0.148	2.930	0.004**	0.143
IM	0.113	2.217	0.027**	0.109	0.116	2.367	0.018**	0.112	0.115	2.340	0.020*	0.111
SI	0.100	3.148	0.002***	0.135	0.073	2.370	0.018**	0.098	0.070	2.286	0.023*	0.095
SS	0.016	0.610	0.542	0.026	-0.002	-0.065	0.949	-0.003	-0.003	-0.111	0.912	-0.005
GAI					0.171	6.770	0.000***	0.281	0.173	6.841	0.000***	0.285
SS* GAI									0.024	1.189	0.235	0.047
R^2			0.115				0.188				0.190	
调整 R^2			0.109				0.180				0.180	
<i>F</i>	<i>F</i> (4,518)=16.905, <i>P</i> =0.000				<i>F</i> (5,517)=23.862, <i>P</i> =0.000				<i>F</i> (6,516)=20.136, <i>P</i> =0.000			
ΔR^2			0.115				0.072				0.002	
ΔF	<i>F</i> (4,518)=16.905, <i>P</i> =0.000				<i>F</i> (1,517)=45.835, <i>P</i> =0.000				<i>F</i> (1,516)=1.414, <i>P</i> =0.235			

注: 因变量为用户体验; * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$ 。

4 讨论

本研究旨在探索自然用户界面在智能家居系统中的应用创新路径, 重点关注生成人工智能技术的调节作用, 有助于在生成式人工智能背景下, 明确自然用户界面及智能家居系统的主要影响因素与用户体验之间的关系, 以丰富未来智能家居设计领域的知识体系。

1) 研究阐明了几个值得注意的路径。路径有力地支持了自然用户界面的“界面质量”和“交互方式”, 以及智能家居系统的“系统集成”对“用户体验”产生积极显著影响的观点。这些发现与之前的研究一致, 表明更高质量的界面和更多样化的交互方式, 可以提高智能家居系统的用户满意度和整体体验^[7]。此外, 这与 Alotaibi 等^[20]的研究结果“有效的系统集成对最大化用户体验至关重要”是一致的。

2) 研究确定了生成式人工智能技术能积极调节“界面质量”“交互方式”“系统集成”和“用户体验”之间的关系。这说明生成人工智能技术的存在可以增强这些变量对用户体验的影响, 表明了人工智能技术与智能家居系统中的自然用户界面之间存在共生关系。这意味着界面质量和交互方式对用户体验的影

响, 可以通过生成人工智能的应用得到进一步优化。此发现阐明了生成式人工智能在优化智能家居系统的关键作用, 特别是在界面质量和交互方式方面。生成式人工智能技术的显著调节作用表明, 将其集成到自然用户界面中可能是一条行之有效的应用创新路径。上述研究结果补充了关于 AI 在增强用户界面效用方面的证据^[18], 并扩展了对 AI 在智能家居环境中的作用的理

然而, 研究发现“系统安全性”并未影响“用户体验”, 这与系统是影响智能家居系统用户体验的关键因素的传统观点相矛盾^[9]。此外, 生成式人工智能技术在“系统安全性”和“用户体验”之间不具备调节作用。这引发了关于安全在智能家居系统中的作用及其与 AI 技术交互问题的思考。基于此结果, 本研究推断, 虽然安全是一个重要方面, 但其他因素可能掩盖了它的重要性。例如可能存在其他具备遮掩效应的中介变量, 或者用户可能不会直接意识到安全性对体验的影响。因此, 本研究认为, 在当前的智能家居系统中, 尽管人工智能技术为自然用户界面的应用创新提供了可观的驱动潜力, 但尚未增强安全性在改善用户体验方面的作用。反之, 这也表明了安全性会成为未来主要研究的潜在领域之一, 特别是在探索如何将 AI 技术融入智能家居系统的同时增强用户信

任和保护用户数据方面。

5 结语

本研究提供了自然用户界面和智能家居系统的关键参数及其对用户体验的影响,同时考虑了生成式人工智能技术的调节影响机制。研究获得的见解可以为未来智能家居系统设计提供理论基础,为生成式人工智能技术的实际应用提供参考案例。此外,未来的研究可以进一步探索生成人工智能在不同人口和用户类别中的作用,以及它在增强智能家居系统安全感知方面的潜力。

参考文献:

- [1] MA Qing-ru, TAN Hao-wen, ZHOU Tian-qi. Mutual Authentication Scheme for Smart Devices in IoT-Enabled Smart Home Systems[J]. *Computer Standards & Interfaces*, 2023, 86: 103743.
- [2] LIAO Long-hui, LIANG Yi-fei, LI Hong, et al. A Systematic Review of Global Research on Natural User Interface for Smart Home System[J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2023, 95: 103445.
- [3] 盖森, 鲁艺, 张印帅, 等. 面向智能家居系统的主动交互设计研究[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2023, 35(2): 230-237.
GAI Sen, LU Yi, ZHANG Yin-shuai, et al. Research on Proactive Interaction Design for Smart Home System[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2023, 35(2): 230-237.
- [4] 王韞, 何丽雯, 王党校. 智能家居中的触觉交互体验[J]. *包装工程*, 2022, 43(16): 37-49, 108.
WANG Yun, HE Li-wen, WANG Dang-xiao. Haptic Interaction Experience in Smart Homes[J]. *Packaging Engineering*, 2022, 43(16): 37-49, 108.
- [5] HALEEM A, JAVAID M, SINGH R P. An Era of ChatGPT as a Significant Futuristic Support Tool: A Study on Features, Abilities, and Challenges[J]. *Benchmark Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 2022, 2(4): 100089.
- [6] DWIVEDI Y K, KSHETRI N, HUGHES L, et al. Opinion Paper: "so what if ChatGPT Wrote It?" Multidisciplinary Perspectives on Opportunities, Challenges and Implications of Generative Conversational AI for Research, Practice and Policy[J]. *International Journal of Information Management*, 2023, 71: 102642.
- [7] LIU Yu-qi, GAN Yan, SONG Yao, et al. What Influences the Perceived Trust of a Voice-Enabled Smart Home System: An Empirical Study[J]. *Sensors*, 2021, 21(6): 2037.
- [8] 郭荣佐, 郭进, 黎明. 智能家居中异构设备无缝集成的多协议网关设计[J]. *小型微型计算机系统*, 2015, 36(10): 2395-2402.
GUO Rong-zuo, GUO Jin, LI Ming. Design on Multi-Protocol Gateway of Seamless Integration of Heterogeneous Devices in Smart Homes[J]. *Journal of Chinese Computer Systems*, 2015, 36(10): 2395-2402.
- [9] 张应辉, 陈博文, 曹进, 等. 具有隐私保护的细粒度智能家居远程数据安全更新方案[J]. *电子与信息学报*, 2023, 45(3): 810-818.
ZHANG Ying-hui, CHEN Bo-wen, CAO Jin, et al. Fine-Grained Remote Data Security Update Scheme for Smart Home with Privacy Protection[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2023, 45(3): 810-818.
- [10] ARDITO C, BUONO P, COSTABILE M F, et al. Interaction with Large Displays[J]. *ACM Computing Surveys*, 2015, 47(3): 1-38.
- [11] 谭浩, 吴永萌. 界面服务系统的审美体验特征研究与实践[J]. *包装工程*, 2015, 36(12): 16-19.
TAN Hao, WU Yong-meng. The Aesthetics Experience Features of Interface Service System[J]. *Packaging Engineering*, 2015, 36(12): 16-19.
- [12] 朱婷玲, 朱丽萍, 李永锋. 基于结构方程模型的老年人 APP 用户体验设计研究[J]. *包装工程*, 2023, 44(6): 106-116.
ZHU Ting-ling, ZHU Li-ping, LI Yong-feng. User Experience Design of APPs for the Elderly Based on Structural Equation Model[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(6): 106-116.
- [13] TURK M. Multimodal Interaction: A Review[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2014, 36: 189-195.
- [14] 朱吉虹, 严海燕, 廖海进. 移动互联网产品情感体验设计层次模型建构[J]. *包装工程*, 2018, 39(24): 177-182.
ZHU Ji-hong, YAN Hai-yan, LIAO Hai-jin. The Construction of Emotional Experience Design Hierarchical Model in Mobile Internet Product[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(24): 177-182.
- [15] ZHANG Hua. Augmenting Brand Experience in Native Advertising on Social Medias Using Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis[J]. *Microprocessors and Microsystems*, 2021, 82: 103991.
- [16] DURDYEV S, ISMAIL S, IHTIYAR A, et al. A Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) of Barriers to Sustainable Construction in Malaysia[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 204: 564-572.
- [17] 蒲清平, 向往. 生成式人工智能——ChatGPT 的变革影响、风险挑战及应对策略[J]. *重庆大学学报(社会科学版)*, 2023, 29(3): 102-114.
PU Qing-ping, XIANG Wang. Opportunities and Challenges Aroused by ChatGPT as Generative AI and Strategy for Response[J]. *Journal of Chongqing University (Social Science Edition)*, 2023, 29(3): 102-114.
- [18] 桑基韬, 于剑. 从 ChatGPT 看 AI 未来趋势和挑战[J]. *计算机研究与发展*, 2023, 60(6): 1191-1201.

- SANG Ji-tao, YU Jian. ChatGPT: A Glimpse into AI's Future[J]. Journal of Computer Research and Development, 2023, 60(6): 1191-1201.
- [19] CHANG H H, CHEN Su wen. The Impact of Customer Interface Quality, Satisfaction and Switching Costs on E-Loyalty: Internet Experience as a Moderator[J]. Computers in Human Behavior, 2008, 24(6): 2927-2944.
- [20] ALOTAIBI S, WALD M. Security, User Experience, Acceptability Attributes for the Integration of Physical and Virtual Identity Access Management Systems[C]. London, UK: IEEE, 2012.
- [21] 周俊. 问卷数据分析破解 SPSS 的六类分析思路[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.
- ZHOU Jun. Analysis of Questionnaire Data and Six Kinds of Analysis Ideas of SPSS[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2017.
- 责任编辑: 陈作

(上接第453页)

- [9] 强威. 基于 Kano-QFD 的新能源汽车移动端交互设计[J]. 包装工程, 2022, 43(20): 212-219.
- QIANG Wei. Kano-QFD Based Interactive Design of New Energy Vehicle Mobile Terminal[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(20): 212-219.
- [10] 韦艳丽, 李安, 徐曦, 等. 基于 Kano-QFD 的云养宠 APP 可用性设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(2): 378-386.
- WEI Yan-li, LI An, XU Xi, et al. Usability Optimization Design of Cloud Pet APP Based on Kano-QFD[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(2): 378-386.
- [11] 王杰, 宗同惠. 城市公共设施设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 305-307.
- WANG Jie, ZONG Tong-hui. Design of Urban Public Facilities[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(2): 305-307.
- [12] 陆明琦, 周波, 谭敏. 基于 Kano 模型的城市标识系统使用需求研究[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 312-319.
- LU Ming-qi, ZHOU Bo, TAN Min. the Use Demand of Urban Signage System Based on the Kano Model[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 312-319.
- [13] 钟蕾, 张妍. 滨海新区公共设施系统化设计研究[J]. 包装工程, 2011, 32(18): 38-41.
- ZHONG Lei, ZHANG Yan. Research on the Systematic Image Design of Public Facilities in Binhai New Area[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(18): 38-41.
- [14] 王昭钊, 吴康. 基于文献计量方法的国内外公共服务设施研究的演化比较[J]. 城市发展研究, 2020, 27(8): 1-7.
- WANG Zhao-zhao, WU Kang. Evolution and Comparative Study on Public Service Facilities at Domestic and Foreign Based on Bibliometric Methods[J]. Urban Development Studies, 2020, 27(8): 1-7.
- [15] 乐建明, 叶堃晖. 城市新区公共设施发展路径优化研究[J]. 城市发展研究, 2019, 26(6): 133-140.
- LE Jian-ming, YE Kun-hui. Research on Optimization of Public Facilities Development Path in New Urban District[J]. Urban Development Studies, 2019, 26(6): 133-140.
- [16] 周红宇, 王嘉伦. 基于 Kano-QFD 的适老化卫浴产品设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(4): 150-157.
- ZHOU Hong-yu, WANG Jia-lun. Design of Elderly-oriented Bathroom Products Based on Kano-QFD[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(4): 150-157.
- [17] 周波. 基于未来智慧城市愿景的城市家具设计研究[D]. 杭州: 中国美术学院, 2019.
- ZHOU Bo. Research on Urban Furniture Design Based on the Vision of Future Smart Cities[D]. Hangzhou: China Academy of Fine Arts, 2019.
- 责任编辑: 蓝英侨