

员工-AI 协作流畅性：概念结构与量表开发*

• 辜凌莹¹ 万德敏²

(1 江西财经大学工商管理学院 南昌 330013;

2 东华理工大学数字经济与资源管理学院 南昌 330013)

【摘要】在数字化工作场所，员工-AI 协作流畅性已经成为改进员工工作效果的重要因素。然而，既有研究尚未厘清员工-AI 协作流畅性的概念，其结构和测量也尚不清晰，致使现阶段实证研究滞后。为此，本研究采用定性和定量相结合的方法以探究员工-AI 协作流畅性的内涵及维度结构。首先，通过半结构化深度访谈获取样本数据，并基于扎根理论进行三阶段编码，归纳出员工-AI 协作流畅性的核心范畴与结构维度。其次，依据编码结果开发测量量表，按照探索性因子分析和验证性因子分析程序，对量表的信度与效度进行检验。最后，采用问卷法收集样本数据，并根据资源保存理论进行了新开发量表的后效研究。研究表明：(1)员工-AI 协作流畅性是一个包含可理解性(含透明度和可解释性)、可预测性(含意图预测和行为预测)、适应性(含自我调整和自我学习)、连续性(含跨平台衔接和记忆延续)和同步性(含实时协同和即时性)五个维度的多层次构念。(2)本文所开发的包含五个维度 18 个题项的测量量表具有良好的信效度。(3)对新开发量表的预测效度检验结果显示，员工-AI 协作流畅性显著正向影响员工的身体健康和心理健康。本研究结论拓展并丰富了员工-AI 协作流畅性的理论框架和概念内涵，为员工-AI 协作流畅性的实证研究提供了有效的测量工具。此外，结论表明企业不仅应在技术层面重视人机协作流畅性的系统性优化，还应在管理层面建立常态化的协作流畅性评估机制，以进一步优化协作效果。

【关键词】员工-AI 协作 流畅性 量表开发 身心健康

中图分类号：F272.92

文献标识码：A

1. 引言

随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的迅速发展，AI 被广泛应用于教育、交通、医疗等

* 基金项目：江西省社会科学基金项目“AI 赋能视域下老字号品牌故事叙述主体对消费者品牌参与的影响机制及优化策略研究”(25GL52)；江西省青年马克思主义者理论研究创新工程资助项目“社交媒体中影响者和品牌故事对消费者品牌参与的匹配效应、心理机制与边界研究”(24ZXQM106)。

通讯作者：万德敏，E-mail: wandemins@163.com。

领域。在工作场所, AI 也被证实能够协助员工高效且精确地完成各项工作任务(王艳霞和周珊, 2024)。事实上, 员工-AI 的协作不仅能够增强工作效果, 还可以改善个人福祉并对营造健康的工作环境有积极作用(Demerouti, 2022; Paliga, 2022)。有研究表明, 当 AI 在各种工作场所与非专业的员工协作时, 二者的协调流畅程度将决定最终的工作成效(Hoffman, 2019)。在工作场所, 流畅的员工-AI 协作不仅能够缩短协调时间(Baltrusch et al., 2022), 还能促进员工的工作投入, 展现符合预期的行为表现(Paliga, 2022; Paliga, 2023)。值得注意的是, 员工普遍期待 AI 能在各个工作流程理解他们, 并与之进行轻松、智能的交流。然而, 这种期望在当下仍存在一定的偏差(Vazquez, 2022)。许多员工认为当下 AI 赋能的协作系统仍遵循响应和命令模式, 不仅设计较为单一, 也缺乏令人满意且流畅的协作(Hoffman, 2019)。鉴于此, 为使员工-AI 协作流畅性更好地服务企业发展、改善员工工作福祉, 对员工-AI 协作流畅性的探索与研究急待推进。

当前, 学界对员工-AI 协作流畅性进行了初步探索。研究发现, 流畅性作为一个独立的概念, 精准地描述了员工和 AI 之间的高度协调配合(Hoffman, 2019), 并强调双方无须过多语言或信息的交换便能动态地调整行动和计划(Ramadurai et al., 2024)。同时, 也有部分学者提到员工-AI 协作流畅性相关的属性, 如可预测性和可理解性等(Psarakis et al., 2022; Baltrusch et al., 2022; Ramadurai et al., 2024)。但这些属性都零散分布在文献中, 未能对其概念及结构全面、深入地研究。此外, 在员工-AI 流畅性的评估方面, 学者们大多通过员工空闲时间、员工等待时长、AI 代理空闲时间等客观指标进行定量测量, 其中涉及同步、预期行为、适应等流畅性相关因素(Hoffman & Breazeal, 2007; Hoffman & Breazeal, 2010; Vazquez, 2021)。而主观测量则主要涵盖了员工-AI 二者相互理解、可预测等要素(Paliga, 2022; Paliga, 2023)。通过回顾现有研究可以发现, 员工-AI 协作流畅性的相关研究之间呈现割裂和碎片化状态, 仅是松散地包含与主题相关内容, 未能对与概念相关的属性进行精准提炼, 其结构维度也缺乏层次性。此外, 当前尚未开发有效的员工-AI 协作流畅性量表, 致使员工-AI 协作流畅性的实证研究滞后, 未能有效指导管理实践。

鉴于此, 本文基于工作场所对员工-AI 协作流畅性的概念结构及测量展开深入研究与讨论。首先, 基于扎根理论研究, 结合访谈资料挖掘员工-AI 协作流畅性的具体概念内涵, 归纳出五个结构维度, 即可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性, 并探讨维度与因素之间的关系。其次, 系统开发了员工-AI 协作流畅性测量量表。最后, 通过问卷调查数据对测量量表进行验证, 从员工身体健康和心理健康的角度, 探究员工-AI 协作流畅性的预测效率, 从而为员工-AI 协作领域提供理论依据和管理启示。

2. 文献回顾与理论基础

2.1 员工-AI 协作流畅性的概念内涵和维度划分

随着 AI 日益融入工作场所, 人们愈发期待 AI 能够参与完成复杂的、相互依赖的联合活动, 并实现人类团队般的流畅互动(Paliga, 2022)。从已有研究看, 员工-AI 协作流畅性的概念主要从三个角度进

行界定: 一是过程角度。Hoffman 和 Breazeal(2007)指出, 当员工和 AI 共同且反复参与一项活动时, 双方会自然而然地达到高度的协调, 进而实现动作的流畅。Paliga 和 Pollak(2021)认为员工-AI 协作流畅性主要表现为双方在同步行行动中相互协调和适应的体验, 而这种体验通常与个体感受到的情绪状态和工作满意度水平相关(Chao & Thomaz, 2012; Gombolay et al., 2015)。也有学者指出, 员工-AI 协作流畅性意味着 AI 能在协作不停顿或不中断的情况下, 灵活地切换协作策略与安全策略(Makris et al., 2024)。二是质量角度。Hoffman 和 Breazeal(2010)将员工-AI 流畅性定义为一种联合行动的质量。在这种协作质量下, 员工和 AI 能够精确地把握时间, 动态且适当地调整计划和行动, 并以此达成行动的高效同步(Hoffman, 2019)。此外, Vazquez(2021)还从团队角度提出员工-AI 协作流畅性的质量观点, 并强调其指的是团队中各个成员协作的便捷性。三是效率角度。Psarakis 等(2022)将员工-AI 视为一个协作系统, 认为员工-AI 协作流畅性是在资源利用方面所展现出的内部效率水平, 其主要用来衡量员工和 AI 的协作是否具有无缝性。

目前员工-AI 协作流畅性属于较为前沿的研究领域, 关于其结构维度的探索也极为有限。具体而言, 单一维度下, Hinrichs 等(2023)从员工角度出发, 根据员工的主观评价来评估员工-AI 协作流畅性。还有学者以 AI 这一主体为中心, 指出 AI 的功能属性如理解、预测及恰当响应将带来流畅的员工-AI 协作, 并通过分析 AI 动作数据集对协作流畅性进行评估(Ji et al., 2020)。此外, Vazquez(2021)将员工-AI 团队看作一个整体, 评估该团队在协作过程中的流畅性。多维度下, Paliga 和 Pollak(2021)则从以人类为导向、以机器人为导向以及以团队为导向三个角度开发并验证了员工-AI 协作流畅性。随后, 该学者对维度作了进一步的划分, 将以人类为导向细分为以人类情感为导向与以人类贡献为导向, 从而构成了员工-AI 协作流畅性的四个维度, 并验证了这四个维度的有效性(Paliga, 2022)。

综上所述, 尽管学者对员工-AI 协作流畅性的概念内涵进行了初步探索, 但在内容上缺乏一定层次, 也未能对其相关属性进行精准提炼和概括。同时, 由于划分方法相对单一, 未能对其潜在维度进行全面且深入的挖掘。

2.2 员工-AI 协作流畅性的测量

当前, 关于员工-AI 协作流畅性的测量主要从客观和主观两个角度来进行分析。其中, 在客观角度层面, 学者们大多从员工空闲时间、并发活动、任务时间、机器人功能延迟、机器人空闲时间等方面对员工-AI 协作流畅性进行测量(Chao & Thomaz, 2012; Gombolay et al., 2015; Nikolaidis & Srinivasa, 2017)。Ramadurai 等(2024)还从生理学角度解释了员工-AI 协作流畅性, 并提供了基于 HRV(心率变异性)的额外测量方法。在主观角度层面, 现有研究主要通过零散题项或量表对员工-AI 协作流畅性进行测量。例如, Gombolay 等(2015)通过 8 个题项来测量员工-AI 协作流畅性, 例如“团队协作良好”“团队在尽可能短的时间内完成了工作任务”, 但并未形成有效量表, 所采用的 8 个题项基于主观判断, 其信效度有待验证。Hoffman(2019)则开发了涵盖 3 个题项的量表来测量员工-AI 协作流畅性, 例如“合作流畅”“随时间推移而更加流畅”“机器人贡献”。但该研究主要通过问卷形式提炼相关题项, 不仅未能遵循量表开发的程序, 题项设置也过于简单, 难以全面体现员工-AI 协作流畅性的特征。此外, Paliga 和 Pollak(2021)将过往研究的题项进行汇总分类, 采用探索性因子分析提炼

出 6 个题项的量表, 例如“该机器人作为团队的一员表现出色”。该学者为了更全面地对员工-AI 协作流畅度进行测量, 在后续的研究中将该量表扩展至 12 个题项。尽管验证了量表的有效性, 但其本质依旧是对过往研究题项的汇总, 难以捕捉不同场景下该构念的细微差异, 无法广泛应用于各类工作场所的员工-AI 协作流畅性的实证研究。

2.3 现有研究评价

虽然已有研究对员工-AI 协作流畅性的概念结构及测量进行了初步探索, 但存在三个方面的不足:

其一, 在概念内涵上, 尽管学者们分别从过程、质量和效率三个不同视角对员工-AI 协作流畅性进行了讨论, 但在内容上缺乏一定层次性, 也未能对其相关属性进行精准提炼和概括。此外, 过往研究多基于单一工作场景对员工-AI 协作流畅性的概念进行定义, 难以适用于所有的工作场景, 简单移植可能会造成概念混乱与失焦。

其二, 在维度划分上, 未形成具有代表性的维度划分方式。当前研究主要通过描述性讨论或对象划分的办法对员工-AI 协作流畅性进行简单划分, 忽略了该概念的不同属性关系和多层次的复杂结构, 难以对其结构维度进行全面刻画, 同时在研究方法层面也缺乏规范性和严谨性。

其三, 在测量方式上缺乏系统有效的工具。现有关于员工-AI 协作流畅性的量表大多通过归纳和主观推断形成, 缺乏基于科学流程开发的具有良好信效度的量表。

鉴于上述研究不足, 本文提出“员工-AI 协作流畅性包括哪些内容”的研究问题, 基于现有文献, 运用扎根理论的质性方法来探索员工-AI 协作流畅性的概念, 并系统划分其结构维度, 进而开发出员工-AI 协作流畅性的测量量表, 以促进员工-AI 协作流畅性在组织管理领域的后续研究和人机协作理论框架的进一步发展。

3. 基于扎根理论的员工-AI 协作流畅性的维度探索

3.1 研究方法

扎根理论是由 Glaser 等人于 20 世纪 60 年代提出的一种质性研究方法, 该方法通过数据资料分析, 形成特定的概念结构, 并适用于研究组织管理领域需要进一步明确或未形成一致观点的特定问题。本研究旨在深入分析员工-AI 协作流畅性的概念结构维度及其影响, 而现有研究未形成一致观点, 故本研究拟基于扎根理论建构员工-AI 协作流畅性的结构维度。

3.2 理论抽样

理论抽样是基于研究需要有目的地选取样本的一种抽样方法。本研究根据理论抽样的基本原则, 从可接近性、适合性、典型性和样本数量四个方面对样本进行筛选。在可接近性方面, 本研究主要通过研究团队对样本进行搜寻。在适合性和典型性方面, 参考贾旭东和谭新辉(2010)的研究, 选取

在工作场所实际接触过或使用过 AI 协助自己完成任务的员工。这些个体对 AI 及员工-AI 协作流畅性有一定的了解和认知, 并能给出自己的观点。样本涵盖了在各行各业和 AI 协作完成过工作任务的上班族或自由职业者。在样本数量方面, 本研究依据统计学关于大样本调查的标准进行选样, 即超过 30 个则为大样本调查, 具有统计研究意义(李洁明和祁新娥, 2021)。本研究选取了 30 名在日常工作中使用 AI 来协助工作的人员作为样本, 开展半结构化深度访谈, 并在编码结束后补充访谈了 2 人。

3.3 数据搜集

由于我国拥有庞大的人工智能用户基础以及丰富多元的应用需求, 本研究选择本土被试群体, 采用半结构化深度访谈的方式收集数据。实施访谈前, 本研究结合相关文献并根据专家小组提出的建议编制预访谈提纲, 经过讨论与修改后, 最终形成 5 个和员工-AI 协作流畅性相关的访谈题目, 具体包括: 您在日常工作中会使用哪些 AI 来协作完成任务? 您认为什么是员工-AI 协作流畅性? 什么情况会使您觉得具有或缺失协作流畅性? 您认为在哪些层面优化 AI 有利于实现协作流畅性? 您对员工-AI 协作的流畅性具有何种期待与展望? 此外, 为了深度挖掘员工-AI 协作流畅性的内涵及现实表现, 研究组成员对受访者采取开放式提问的方式, 并进行适度的引导和追问, 从而使受访者的回答更为详尽。

访谈时间从 2024 年 10 月 16 日到 2024 年 12 月 31 日, 其间对 30 名在工作场所与 AI 协作完成工作任务的人员进行了深度访谈。这 30 位受访者包括 2 位企业管理者、3 位公务员、9 位教师、3 位医生、8 位企业职员、3 位自由职业者及其他人员 2 位。为减少受访者的顾虑, 访谈采取一对一的形式, 并在征得受访者同意后进行了录音。人均访谈时长约为 45 分钟。当访谈到第 27 人时, 发现不再出现新的重要内容, 说明已达理论饱和。随后, 研究组成员根据访谈录音梳理出文本数据约 10 万字。

3.4 数据分析

3.4.1 开放式编码

为准确反映受访者对员工-AI 协作流畅性的认知和理解, 本研究采用个人编码与专家咨询相结合的方法, 仔细研读原始资料并始终以贴近原始数据为编码原则。本研究使用 Nvivo 11 软件逐行逐句逐字编码, 以免遗漏关键语句, 并且在编码过程中利用原始话语“贴标签”的形式来还原受访者的最初表述, 进而减少编码人员的主观偏见。此外, 为了保证数据追踪的准确性, 本研究按照“访谈对象-概念出现顺序”的规则进行编码, 如 1-1 是指从第一个访谈对象的访谈文本中提炼出的第一个概念。经过多次比较分析、抽象重组以及剔除无效概念后, 最终从 30 份访谈资料中提取出 26 个初始范畴和 85 个初始概念。

3.4.2 主轴编码

主轴编码是在开放性编码的基础上, 根据研究中各类范畴和内容在概念层次上的对应关系进行筛选、归类的过程。本研究对 26 个开放性编码所得范畴进行了归纳整理, 提取出 10 个与员工-AI 协作流畅性高度相关的副范畴, 分别为透明度、可解释性、意图预测、行为预测、自我调整、自我学

习、跨平台衔接、记忆延续、实时协同和即时性。这些副范畴具有更高的代表性，能够统领初始概念。编码如表 1 所示。

透明度是指 AI 系统向员工公开呈现其数据来源、模型设计框架和决策过程等，其不仅包括决策过程的透明可见，还涉及决策逻辑的清晰呈现。该维度下，AI 系统将公开决策过程涉及的数据、信息以及全部流程(28-11)，员工能清楚了解决策的每一中间环节和决策逻辑(1-21)，并知道不同的 AI 输出内容各异的原因是源于算法模型的差异性(2-11)。

可解释性是指 AI 能够对其输出结果提供解释依据，便于员工理解。一方面，具有内在可解释性的 AI 系统通过自身结构或报告的参数即能直接解释其决策结果，且无须依赖外部解释工具。例如，AI 通过决策树模型解释医疗诊断结果(21-2)。另一方面，AI 也能够通过自然语言、可视化等呈现形式对其思考逻辑进行事后解释，以便员工理解该结果的合理性和正确性。例如，AI 通过对文字进行高亮标注、表格整理、文字转换成图片等方式对其输出内容进行解释(7-14)。

意图预测可以理解为 AI 通过提供多维选项预判或引导员工需求。包括 AI 提前生成问题选项以供员工选择(6-1)，或提供预测问题引导员工精准输出指令(5-9)。意图预测得准确则意味着 AI 无须多次重复便能预测员工需求，节省协调时间，提高协作效率。

行为预测包含基于行为目标预测和基于行为习惯预测。行为目标预测是基于具体工作目标，AI 能够提前预判，为员工提供准确的指导意见并协助他们达成目标(11-20)。行为习惯预测则侧重于在任意工作任务中，AI 根据员工的行为习惯或偏好提供支持 and 指导。例如，AI 能基于员工的历史行为习惯，智能地判断员工在工作中的需求并提前准备资料或者工具(3-11)。

自我调整强调 AI 能够根据员工需求或外部条件的变化，持续动态调整和优化输出的内容、方式和手段，以满足员工的需求和期望。这不仅体现在 AI 能不断就员工行为和偏好进行调整(3-8)，也涉及重新评估以弥补过往决策的不足(4-4)。

自我学习可以理解为 AI 根据外部环境变化，整合多源数据，利用学习成果进行自我训练、模型迭代或系统升级，以适应协作任务中员工不断变化的需求。例如，AI 对数据和算法进行优化(6-5)，或通过网络收集相关知识，进行整合学习(21-13)。

跨平台衔接是指协作突破了单一系统的局限，员工和 AI 能在不同的平台无缝、连续地推进协作任务。该维度下，生产流程得以串联，AI 能够协助员工进行全流程智能化监测(10-11)；AI 系统得以整合，员工和 AI 的协作可以突破平台限制，实现“万物互联”(18-9)。

记忆延续意味着 AI 不仅能够储存协作的历史数据，还能串联过往信息，避免了对完成任务所需信息的重复采集。该维度下，AI 能够记住员工在过往场景的使用习惯和偏好(2-13)，且在应答时主动关联过往场景，从而提供更连续的协作体验(10-5)。

实时协同指的是员工与 AI 协作时能够实现信息与进度的实时同步。这种实时协同支持跨地域的团队共同开展工作，且不会造成信息差或时间差。以 BIM 平台为例，各参与方可在同一服务器上开展实时协同作业，共享信息，交流想法和建议(1-1)。同时该维度下员工能够同步掌握各方工作进度，同步呈现项目图表(4-11)，以及对项目的全生命周期进行协调监管(1-15)。

即时性是指在协作过程中，AI 对员工的请求即时响应并即时反馈结果，无须员工过多等待。受访者认为，在协作任务中，如果等待 AI 输出内容时间过长，会影响其感知流畅性。比如 AI 应在几秒内对数据进行整理并完成反馈(25-1)、能够在几秒内启动以响应员工需求等即时行为都是该维度的体现(3-13)。

表 1 编 码 示 例

典型证据援引	初始概念	开放式编码	副范畴	核心范畴
AI 帮助我们通过图像识别诊断病情时, 从输入 3D 图形到高亮问题区域再到报错, 我们可以全过程跟踪(11-17)	能看到系统运作的全流程	过程可见性	透明度	可理解性
AI 帮助我完成审核图纸工作时, 我可以看到审图的各个步骤所涉及的规则和数据都是非常清晰的, 我就能知道最终结果是怎么来的(15-3)	决策步骤清晰	决策清晰度		
在使用 AI 协助我们走线质检时, 如果质量不过关, 它会报告硬度、口径等质量问题的代码来解释它为什么报警, 我们能对应代码找出到底是什么问题导致产品质量不过关(10-3)	输出内容本身可解释	内在可解释性	可解释性	
AI 协助我生成文档内容时, 它会给出引用文献的链接来解释为什么会这样回答我, 方便我理解它输出的内容和思考逻辑(4-3)	对结果做进一步解释	事后可解释性		
日常协助我写代码时, 它会提供一些预测选项来预测我后面想写什么, 我在这里面选择符合我想法的选项就行了(6-1)	提供选项预测我的需求	需求预测	意图预测	可预测性
协助我完成工作时, 它应该能给我一些提示, 比如提供四到五个候选的问题, 来引导我做出选择, 让我知道怎么提问才更精准(5-9)	提供候选问题引导精准提问	需求引导		
完成具体方案时, AI 知道我所设定的目标是什么, 它能够预判方案的后期结果, 能结合任务目标直接给我一些前期的指导意见(13-2)	基于目标预判行为	行为目标预测	行为预测	
希望未来能有智能辅助系统, 它能根据我的工作习惯来预测或判断我的工作需求, 比如提前准备我需要的资料或者工具, 为我的工作不断提供优化建议(3-11)	基于习惯预判行为	行为习惯预测		
阿里千问协助我完成文字工作时, 如果我对它提供的回答不满意, 可以再点深度搜索, 它就会把输出内容做进一步的优化, 以弥补之前内容的不足之处(4-4)	深度搜索后, AI 会对内容进行优化	优化输出内容	自我调整	适应性
每次协助我完成工作时, AI 都能从工作角度根据我的使用偏好和行为模式调整策略(3-8)	从偏好和行为模式出发调整策略	行为模式调整		
中文是博大精深的, 在文字相关类工作中如果要想实现流畅性, AI 还需要学会主动训练自己, 形成更强大的语言训练模型来增强对语言或文字的理解能力(23-4)	主动训练更新模型	自我训练	自我学习	
希望 AI 能够具有自我学习的能力, 可以自己去网上学习新知识, 能够在工作中成为一个不会犯错的伙伴(6-7)	自己学习新知识	自我更新		

续表

典型证据援引	初始概念	开放式编码	副范畴	核心范畴
未来工作中, 希望 AI 能结合不同领域、软件或者平台和我们进行协作, AI 之间不再相互割裂开, 可以实现万物互联 (25-10)	各平台或领域互联	平台互通	跨平台衔接	连续性
希望未来 AI 系统能串联生产流程, 从来料、生产、运输到入库再到发货都能协助我们串联起来, 并共同监测流程 (10-11)	串联工作流程	全流程衔接		
工作中我们如果固定和一个 AI 代理进行协作, AI 就能对我们有记忆点, 能记住我们工作中的行为和使用习惯 (2-13)	对人类的使用习惯和行为有记忆	记忆存储	记忆延续	
在撰写工作文稿时我会和 AI 协作, 它有记忆识别功能, 你问完这个问题之后, 如果再继续问其他问题, 它会涵盖上一个问题的情景 (10-5)	与过往问题有效串联	记忆串联		
当你管理一个项目时, 和 AI 协作可以同步团队中各个成员的工作进度, 还能在这一基础上同步更新各方工作进度图表 (4-11)	同步掌握进度	统一进度	实时协同	同步性
我们常用的 BIM 中有一个协同平台, 各个参与方可以在这一平台服务器上共享工作任务并进行实时的协作 (1-1)	AI 帮助各参与方实时协作	实时协作		
我们把需要审核的图纸输入 AI, 让它帮我们审核。它的反馈速度很快, 3~5 分钟就能快速完成审图核对工作, 告知我们结果 (11-9)	结果快速反馈	反馈即时性	即时性	
在协助我完成工作时, 我倾向选择豆包的原因是它的响应速度很快, 启动只需要五秒, 而不是像其他 AI 一直在等待状态 (3-13)	系统快速响应	响应即时性		
.....		
合 计	85 个	26 个	10 个	

3.4.3 选择性编码

选择性编码是基于开放式编码和主轴编码的结果, 将所发现概念不断归类到一个核心范畴的过程。本文以“员工-AI 协作流畅性”为核心范畴, 其构成维度包括可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性 (见表 1)。其中“可理解性”是员工-AI 协作流畅性的基础, 确保员工能够接受并信任 AI; “可预测性”是员工-AI 协作流畅性的关键, 强调 AI 行为的主动性, 并为协作方向做出准确指引; “适应性”是发展员工-AI 协作流畅性的核心, 驱动员工-AI 协作的动态进化, 构建个性化协作模式, 推动流畅性的持续提升; “连续性”是员工-AI 协作流畅性的重要保障, 确保协作实现跨平台、多场景的稳

定延续; 同步性是员工-AI 协作流畅性的有效助力, 推动实时协作效率的提升。

这些维度聚焦于员工和 AI 协作过程中的特性, 且强调员工对 AI 系统特性的流畅性感知, 因此本研究基于工作场景提出, 员工-AI 协作流畅性是员工在协作中的一种动态体验。在此过程中员工能够感知到 AI 的行为是易于理解的、AI 能准确预测个体习惯与行为、主动适应工作需求, 并支持多场景实时同步的协作。具体而言包括以下五个维度:

“可理解性”指的是 AI 在协作中所产生的行为和动作是易于理解的。一方面, AI 输出过程的可见性、决策的清晰度能使员工了解其运行和决策过程(张志学等, 2024)。另一方面, AI 系统在协作中可以通过澄清或简化其输出内容以解释决策逻辑, 呈现易于理解的过程和结果(Masiale et al., 2024)。

“可预测性”是指在协作任务中 AI 能够预测员工的意图和行为(Liu & Wang, 2017)。这意味着 AI 不仅能够通过询问或者提供选项等方式预测员工需求, 使其能更精准地把握任务方向, 同时还能基于行为目标和行为习惯主动、提前地做出回应并提供指导建议, 从而提高协作的效率、增加员工的流畅感(Hoffman, 2019; Liu & Wang, 2017)。

“适应性”是指 AI 能够根据员工输入的内容和不断变化的情况来学习并调整其行为。在工作场所, AI 既能基于员工反馈进行内容优化和行为模式调整, 也能基于外部环境的变化学习新知识, 更新参数甚至自我训练(Holter & El-Assady, 2024; 卜禾等, 2024)。如果 AI 在协作任务中能够随着时间推移不断调整和学习, 那么将能够产生更流畅的协作(Baltrusch et al., 2022)。

“连续性”是指 AI 能记住员工的过往行为, 无需对员工行为模式和历史偏好等信息重复采集, 便能够将过往场景进行串联、整合以确保协作过程的连续性, 从而增加员工的感知流畅度(Li & Gong, 2024)。此外, 该维度还意味着员工和 AI 的协作在各平台和渠道是连续的、相互联系的, 员工即使更换渠道或平台, 依旧能对协作流畅性的感知保持一致(Shen et al., 2018)。

“同步性”是指 AI 对员工的请求能够即时响应和反馈, 双方在协作中信息共享、步调一致。该维度下, AI 和员工能实现跨地域多方协同, 实时共享工作信息, 同步掌握工作任务完成进度。Ramadurai 等(2024)在对协作流畅性的定义中提到, 员工-AI 协作流畅性是双方之间“行动的高度同步契合”。因此, 员工-AI 协作同步性也被纳入员工-AI 协作流畅性维度。

综上, 本研究基于上述三段编码的过程和结果, 最终形成了五维度十因素的员工-AI 协作流畅性结构模型, 如图 1 所示。

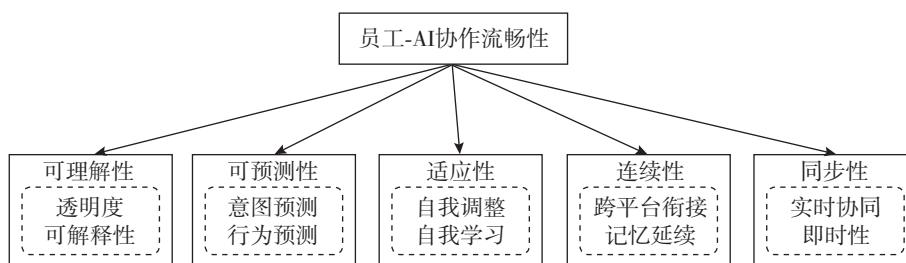


图 1 员工-AI 协作流畅性结构模型

3.4.4 理论饱和度检验

编码结束后,围绕本研究所获得的核心范畴,研究团队补充访谈了 2 人,经过三阶段编码后,再次对文本资料进行整理、比较与分析,未发现新的概念范畴,也未发现主范畴、副范畴及其逻辑关系方面的重大分歧,故认为本研究所得出的结论已经达到理论饱和。

4. 员工-AI 协作流畅性的量表开发和检验

4.1 量表编制

首先,参考张志鑫和郑晓明(2023)的量表开发程序,本研究基于前文构建的员工-AI 协作流畅度模型的 5 个维度,从原始资料中提取与各维度基本内涵相近的语句,对其加工处理,初步形成员工-AI 协作流畅性的 25 个测量题项,每个维度的测量题项不低于 3 个。在此基础上,经过删减、合并及修订,保留了 20 个题项,每个维度包含 4 个题项。此外,研究团队还邀请了 3 名 AI 研发人员和 2 名 AI 领域的博士研究生对这 20 个题项的内容和表述方式进行审核,并根据其评价意见对量表语句做进一步的修订和调整,以进一步提高量表的可读性和准确性。

之后,本研究通过线上平台问卷星开展预调研(采用 Likert-7 级量表形式进行测量,1 表示“非常不同意”,7 表示“非常同意”),对员工-AI 协作流畅性的 20 个题项量表进行评估。在收集了 453 份有效问卷后,分析结果显示量表的 Cronbach's α 系数达到 0.930,说明该量表具有良好的总体信度可靠性。此外,根据纠正条目的总相关系数(CITC)分析和探索性因子分析的结果对量表进行纯化。删除包括连续性和同步性两方面相关的 2 个题项,即“AI 能够与我进行连续的协作”和“AI 能与我在时间和空间上一致协作”。最终得到了经修订的 18 个题项量表。

4.2 探索性因子分析

探索性因子分析问卷包括经修订的 18 个题项,采用 Likert-7 级量表进行测量(1 表示“非常不同意”,7 表示“非常同意”)。本研究通过问卷星平台发放问卷共 358 份,在剔除填写时间过短、规律填写等问卷后获得了 306 份有效问卷,有效回收率为 85.475%。其中参与样本在工作场所均有与 AI 协作的经验。

首先,本文进行了 KMO 检验和 Bartlett 球形检验,结果显示 KMO=0.916, Bartlett 球形检验的 $\chi^2=5341.979$, $p<0.0001$,说明各题项之间存在较强关联,所收集的数据适合进行因子分析。之后,采用主成分分析法和最大方差旋转法进行因子分析,5 因子的累积方差解释率为 79.765%,共提取 5 个特征值大于 1 的公因子,因子载荷在 0.707~0.873,大于 0.5 的标准,各指标及因素载荷结果良好,分析结果见表 2。最后,本研究对 18 个题项的总相关系数(CITC)和删除任一题项后的 Cronbach's α 系数进行了分析。结果表明,总量表 18 个题项的总体相关系数(CITC)均大于 0.5,删

除任一题项后总量表的 Cronbach's α 系数均未增加。因此, 量表中的 18 个题项都应保留。

表 2 探索性因子分析结果 ($N=306$)

题 项	可理解性	可预测性	适应性	连续性	同步性
AI 给我提供的决策是有清晰依据的	0.823				
AI 能让我知道它是如何思考的	0.768				
AI 的协作行为本身是可以被解释的	0.854				
AI 的协作行为在事后是可以被解释的	0.707				
AI 能预测我的需求		0.873			
AI 能引导我提出需求		0.760			
AI 能根据我的行为习惯进行预测		0.792			
AI 能根据我的行为目标进行预测		0.871			
AI 能根据我的行为调整它的行为模式			0.763		
AI 能根据我的反馈优化所输出的内容			0.782		
AI 能通过自我训练来优化功能			0.749		
AI 能自己学习新的知识以优化决策			0.755		
AI 能串联我工作的全流程				0.811	
AI 对我的行为和偏好具有记忆				0.753	
AI 能支持我跨平台协作				0.780	
AI 能与我进行实时的工作协作					0.750
AI 能与我的工作进度保持同步					0.802
AI 能立即响应我的需求					0.803
信度系数	0.902	0.948	0.903	0.798	0.883
特征值	9.329	1.520	1.363	1.103	1.043
累计方差贡献率 (%)	51.826	60.271	67.844	73.972	79.765

此外, 根据各因子所含题项, 将其分别命名为: 可理解性 (包含 4 个题项, Cronbach's $\alpha = 0.902$); 可预测性 (包含 4 个题项, Cronbach's $\alpha = 0.948$); 适应性 (包含 4 个题项, Cronbach's $\alpha = 0.903$); 连续性 (包含 3 个题项, Cronbach's $\alpha = 0.798$); 同步性 (包含 3 个题项, Cronbach's $\alpha = 0.883$)。量表整体的 Cronbach's α 系数为 0.943。以上探索性因子分析结果与定性研究结果相吻合,

证明员工-AI 协作流畅性的 5 因子结构具有较好解释力。

4.3 验证性因子分析

验证性因子分析的目的在于进一步验证构念的效度。研究团队通过问卷星平台向在工作场所和 AI 协作完成工作任务的人群发放问卷, 回收问卷共 320 份。剔除回答时长过短或填写规律等无效问卷后, 得到了 290 份有效问卷, 有效回收率为 90.625%。

4.3.1 模型拟合度检验

根据 Anderson 和 Gerbing(1988)的建议, 本研究对员工-AI 协作流畅性的五个因子进行了不同的组合, 通过验证性因子分析比较模型的拟合指标, 以确定最佳的测量模型。本文将员工-AI 协作流畅性一阶五因子模型作为基准模型, 并结合五个因子的内在关系与实证研究结果, 分别组成四因子模型、三因子模型、二因子模型和单因子模型。其中, 可理解性和可预测性合并为一个因子, 再与适应性、连续性和同步性组成四因子模型; 可理解性、可预测性和适应性合并为一个因子, 再与连续性、同步性组成三因子模型; 可理解性、可预测性、适应性和连续性合并为一个因子, 再与同步性组成二因子模型; 可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性合并, 组成单因子模型。

数据分析结果显示(见表 3), 基准模型与数据拟合较好, 其中 $\chi^2/df=2.204<3$, $GFI=0.906>0.85$, $RMSEA=0.065<0.08$, $PNFI=0.764>0.5$, $NFI=0.935$, $CFI=0.963$, $TLI=0.955$ 。与基准模型比较而言, 四因子模型、三因子模型、二因子模型和单因子模型的拟合指数较差。鉴于此, 本研究认为将员工-AI 协作流畅性划分为可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性五个维度是较为理想的测量模型。

表 3 模型拟合指标 (N=290)

模型	χ^2/df	GFI	RMSEA	PNFI	NFI	CFI	TLI
基准模型	2.204	0.906	0.065	0.764	0.935	0.963	0.955
四因子模型	5.195	0.761	0.120	0.710	0.842	0.867	0.843
三因子模型	7.581	0.671	0.151	0.659	0.764	0.787	0.753
二因子模型	10.676	0.617	0.183	0.582	0.660	0.680	0.637
单因子模型	12.739	0.578	0.202	0.525	0.591	0.609	0.560
评价标准	≤ 3	≥ 0.9	≤ 0.08	≥ 0.5	≥ 0.8	≥ 0.9	≥ 0.9

4.3.2 信度和效度检验

由表 4 可以看出, 五个维度(可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性)的组合信度系数 CR 分别为 0.862、0.912、0.895、0.911 和 0.930, AVE 分别为 0.612、0.722、0.684、0.774 和

0.816, 分别高于 0.7 和 0.5 的标准。说明员工-AI 协作流畅性量表具有较好的收敛效度。此外, 计算五因素之间的相关系数发现其相关系数取值在 0.509~0.685, 均低于平均变异抽取量(AVE)的平方根, 表明五个因子之间存在中低度或中度相关性, 说明组成员工-AI 协作流畅性的五个因子之间不仅具有一定关联, 还有着较好的区分效度。

表 4 各因子的相关系数、CR 值和 AVE 值(N=290)

维度	可理解性	可预测性	适应性	连续性	同步性
可理解性	(0.782)				
可预测性	0.509***	(0.850)			
适应性	0.589***	0.628***	(0.827)		
连续性	0.534***	0.618***	0.654***	(0.880)	
同步性	0.586***	0.647***	0.685***	0.640***	(0.903)
AVE 值	0.612	0.722	0.684	0.774	0.816
CR 值	0.862	0.912	0.895	0.911	0.930

注: 括号内数据为 AVE 值的算术平方根, **代表 $p < 0.010$ 。

综上所述, 本研究基于员工-AI 协作流畅性的质性研究, 遵循规范严谨的量表开发程序, 开发了员工-AI 协作流畅性的测量量表。量表包含 18 个测量题项, 可将其划分为可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性五个维度, 且探索性和验证性因子分析表明该量表具有较好的信度和效度。

5. 员工-AI 协作流畅性量表的后效研究

研究表明, 人机协作系统的设计旨在对人类福祉及健康产生积极影响(Chand & Lu, 2023)。Carissoli 等(2024)基于认知负荷理论提出, 员工-AI 的协作模式不仅能在体力层面有效帮助员工减轻身体疲劳, 还能在认知层面减轻员工的心理压力, 最终达到最佳的心理工作负荷水平。可见, 学界已逐渐认识到员工-AI 协作对员工健康的重要性。由于员工-AI 协作流畅性属于员工-AI 协作的重要属性之一, 本文拟探讨该属性将对员工健康产生何种影响。因此, 本研究选择能够反映员工健康的两个变量, 即员工身体健康与员工心理健康作为效标变量, 检验员工-AI 协作流畅性量表的预测效度。

5.1 研究假设

人机协作背景下, 员工身体健康这一概念是指员工在与 AI 协作过程中的身体状况, 包括没有身

体疾病、远离身体伤害和拥有良好的身体素质(Jeong et al., 2024)。有研究表明,员工-AI 协作流畅性所包含的适应性感知能够帮助员工减少重复性身体动作,防止创伤性伤害和肌肉骨骼等相关疾病(Meregalli et al., 2024)。员工-AI 协作流畅性中的可理解性、连续性、同步性还能平衡工作负荷,缓解员工身体疲劳。一方面,具有可理解性的 AI 减少了员工为理解其运行逻辑所花费的时间和精力,减少了员工的协作时间和体力消耗。另一方面,连续、同步的协作赋予员工在不同场景和模块间灵活切换、步调一致的能力。这不仅减少了员工切换平台所产生的重复性操作,平衡了员工工作负荷,还减轻了员工的身体疲劳(Chand et al., 2023)。根据 Hobfoll(1989)提出的资源保存理论,个体总是倾向于保存和维持已有资源,并获取新资源。工作场景下,身体健康可以被看作一种条件资源,它赋予了员工获取其他资源的能力。同样,Paliga 等(2023)指出员工-AI 协作流畅性也能够被看作一种工作资源。因此,员工在和 AI 的协作中会倾向于获取流畅性这一资源,这不仅可以帮助他们免于身体健康这一资源的损耗,还能够丰富他们的工作资源从而实现更加良好的身体状态。因此,当员工-AI 的协作产生了较高的流畅性时,这有利于员工的身体健康。基于此,本文提出以下假设:

H1: 员工-AI 协作流畅性对员工身体健康有显著正向影响。

世界卫生组织(2022)将心理健康描述为一种健康状态,这种状态使个体能够应对生活中的压力、发挥自己的能力和有效学习和工作,并为组织做出贡献。有研究表明,员工-AI 协作流畅性意味着员工对工作的控制(Hoffman, 2019),它是一种包含自主权和技能多样性的工作资源(Langseth-Eide & Vittersø, 2021; Chen et al., 2023)。具体而言,具有可理解性的 AI 更易获取员工信任和认可(Vössing et al., 2022; Senoner et al., 2024)。这加大了员工与 AI 协作的意愿,丰富了员工的技能多样性,进而强化了员工对工作的控制(Paliga, 2023)。Chao 和 Thomaz(2012)也指出 AI 在协作中的适应性和精准预测能够赋予员工更多的自主权,从而带来更具流畅感的协作。此外,员工-AI 协作的连续性和同步性赋予了员工节约协调时间和跨平台协作的能力,同样拓展了员工工作资源的边界。根据资源保存理论,资源的初始增益能够触发资源增益螺旋,这有利于强化个体的心理韧性,并为员工带来良好的心理状态(Chen et al., 2015; Petrie et al., 2018)。由于员工-AI 协作流畅性中的可理解性、可预测性和适应性等属性丰富了员工工作资源,赋予了员工获取更多资源的可能,从而实现了资源的增益螺旋。在这一过程中,拥有丰富工作资源的员工能够产生较强的心理韧性,这对员工的心理健康具有积极促进作用(Chen et al., 2015; Petrie et al., 2018)。因此,如果员工与 AI 的协作呈现出可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性,那么将对员工心理健康产生有益影响。基于此,本研究提出如下假设:

H2: 员工-AI 协作流畅性对员工心理健康有显著正向影响。

5.2 样本信息

本研究通过问卷星平台进行问卷调查,共收到 400 份问卷,剔除规律填写和回答时间过短等无效问卷后,得到 380 份有效问卷,有效回收率为 95.000%。性别方面,女性 242 人,占总体比例为

63.684%; 年龄方面, 样本平均年龄为 31.029 岁; 职业方面, 上班族占总体比例为 94.737%, 其余为自由职业者或个体经营者; 学历方面, 本科及以上学历 372 人, 占 97.895%; 使用 AI 协作时长方面, 人均每日使用 AI 协作时长为 1.862 小时。

5.3 变量测量

本研究所用量表均具有良好的信度和效度, 采用 Likert 7 点评分法进行测量, 其中 1 表示“非常不同意”, 7 表示“非常同意”。

(1) 员工-AI 协作流畅性。采用本研究新开发的 18 个题项量表进行测量, 具体题项见表 2。该量表的 Cronbach's α 值为 0.918, 表示其内部一致性较高。

(2) 员工身体健康。采用改编自 Bono 等(2013)和 Jeong 等(2024)提出的量表, 具体包括以下 4 个题项: “我的身体健康状况总体良好”“工作不会使我感到身体疲劳”“工作不会引起我的胃部或关节不适”“工作不会让我肌肉紧张”, 其 Cronbach's α 值为 0.925。

(3) 员工心理健康。采用改编自 Keyes 等(2007)提出的量表, 具体包括以下 4 个题项: “我能面对工作中的困难并做出决定”“在工作中我能找到归属感”“工作中我感到充满信心”“工作能够使我成长”, 其 Cronbach's α 值为 0.940。

5.4 预测效度检验结果

本文通过结构方程模型来评估员工-AI 协作流畅性的预测效度, 结果显示理论模型与数据的适配度良好($\chi^2/df=1.295$, CFI=0.990, NFI=0.958, PNFI=0.822, RMSEA=0.028)。此外, 本文利用 AMOS 21.0 软件进行路径分析的结果如表 5 所示, 分析结果发现员工-AI 协作流畅性的五个维度对员工身心健康的显著性 p 值均小于 0.05, 且标准化估计值均大于 0, 表明员工-AI 协作流畅性显著正向影响员工身体健康(H1)和心理健康(H2)。另外, 从表 5 还可观察到, 员工-AI 协作流畅性中的可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性对员工身体健康的路径系数分别为 0.229、0.116、0.185、0.206 和 0.292, CR 值分别为 4.649、2.825、3.727、3.984 和 5.444, H1 得到支持; 员工-AI 协作流畅性中的可理解性、可预测性、适应性、连续性和同步性对员工心理健康的路径系数分别为 0.211、0.094、0.114、0.228、0.262, CR 值分别为 3.789、2.022、2.028、3.877 和 4.315, H2 得到支持。因此, 本文所开发的员工-AI 协作流畅性量表具有较好的预测效用。

员工-AI 协作流畅性中的同步性对员工身体健康的影响最大, 可理解性、连续性、适应性、可预测性次之。同时, 员工-AI 协作流畅性中的同步性对员工心理健康的影响最大, 连续性、可理解性、适应性、可预测性次之。同步性对员工身心健康影响最大的原因可能是在协作初期, 该维度所反映出的实时协同和即时性能够快速为他们带来同步感知, 不仅避免了因等待 AI 响应而浪费的时间和精力, 也防止了因决策延迟和效率低下带来的挫败感和压力(Hoffman & Breazeal, 2010; Paliga, 2022)。

表 5 结构方程模型路径分析结果 ($N=380$)

路 径	标准化路径系数	S. E.	CR	p
可理解性→员工身体健康	0.229	0.049	4.649	***
可预测性→员工身体健康	0.116	0.059	2.825	**
适应性→员工身体健康	0.185	0.051	3.727	***
连续性→员工身体健康	0.206	0.052	3.984	***
同步性→员工身体健康	0.292	0.054	5.444	***
可理解性→员工心理健康	0.211	0.052	3.789	***
可预测性→员工心理健康	0.094	0.064	2.022	*
适应性→员工心理健康	0.114	0.054	2.028	*
连续性→员工心理健康	0.228	0.056	3.877	***
同步性→员工心理健康	0.262	0.057	4.315	***

注：* 表示 $p < 0.05$ ，** 表示 $p < 0.01$ ，*** 表示 $p < 0.001$ 。

6. 研究结论与讨论

6.1 研究结论

首先，本文根据扎根理论的编码结果，结合已有研究和理论，探索出员工-AI 协作流畅性的五维度结构，包括可理解性(含透明度和可解释性)、可预测性(含意图预测和行为预测)、适应性(含自我调整和自我学习)、连续性(含跨平台衔接和记忆延续)和同步性(含实时协同和即时性)。其次，本研究通过内容效度评估、探索性因子分析和验证性因子分析，最终确定了包括 5 个维度 18 个题项的员工-AI 协作流畅性测量量表。最后，本研究对员工-AI 协作流畅性量表的预测效度进行了检验，结果表明员工-AI 协作流畅性显著正向影响员工身体健康和心理健康。本研究不仅在理论层面丰富了员工-AI 协作流畅性的研究成果，也为人机协作实践提供了管理启示。

6.2 理论贡献

本研究明晰了员工-AI 协作流畅性的概念结构，进一步拓展了员工-AI 协作流畅性的理论边界。首先，当前学术界对员工-AI 协作流畅性概念的界定大多基于单一工作场景，也缺乏对其相关属性的精准提炼。其次，其结构维度也不够清晰全面，难以对该构念进行深入的刻画。基于此，本研究充分吸收不同视角相关研究的观点，对相关属性进行精准提炼，明确了员工-AI 协作流畅性的概念内

涵, 总结和扩展了流畅性的具体内涵和表现形式。同时, 本研究基于三阶段编码程序, 逐层逐级提炼出该构念所包含的维度, 具体包括可理解性、可预测性、适应性和同步性。此外, 本文还开创性地将消费者渠道领域的连续性引入员工-AI 协作流畅性, 共同构成了员工-AI 协作流畅性的五维度, 系统且完整地揭示了员工-AI 协作流畅性的多层次结构, 这也与 Paliga 和 Pollak(2021)的观点一致。

本研究开发并检验了员工-AI 协作流畅性量表, 为学界后续开展相关实证研究提供了结构清晰的测量工具。现有关于员工-AI 协作流畅性的量表并不完整, 量表大多仅包括员工-AI 协作流畅性的一些零散的主观指标(Hoffman, 2019; Paliga, 2022)。多数研究的量表题项是基于过往题项或主观问卷的总结, 不仅未能遵循量表开发的严格程序, 题项设置也过于简单, 这在一定程度上降低了研究的系统性、针对性和科学性。因此, 本研究基于上述维度, 最终开发出员工-AI 协作流畅性量表。这为后续量化研究提供了可参考的测量工具, 也弥补了以往研究通过借鉴其他相关构念测量量表进行分析的不足。此外, 检验本文开发的员工-AI 协作流畅性量表的效标关联效度, 不仅为后续员工-AI 协作流畅性相关实证研究的展开奠定了基础, 还提供了初步的实证证据, 有助于推动人机协作相关研究的进一步发展。

6.3 管理启示

本研究的管理启示主要体现在为企业应用和推进高流畅性的人机协作提供了有效指引, 明确了企业应从系统化的视角赋予 AI 多属性协作特征。具体而言, 在可理解性方面, 增强 AI 透明度和解释力。企业应基于算法设计透明、算法管理透明和可解释工具, 加强员工对 AI 的信任感。同时, 记录训练数据的来源, 保证数据源真实有效, 从而避免算法“黑箱”。在预测性方面, 提升 AI 预测的准确度。企业应通过持续优化算法模型、丰富数据源来强化 AI 系统提前预判或主动指导的能力, 降低职业伤害发生率, 从而构建安全可靠的工作环境。在适应性方面, 强化 AI 系统的适应能力。企业应优化算法模型, 开发先进的自适应系统或共享心智模型, 支持 AI 在协作中根据员工反馈、任务或环境变化持续优化协作策略, 使员工和 AI 达成认知与行为的协调同步。在连续性层面, 赋予 AI 整合系统、跨平台衔接的能力。企业可以通过嵌入外部模型算法等方式支持员工跨平台和 AI 协作, 延伸员工的知识与资源边界, 提升工作流程的连贯性。在同步性方面, 企业应侧重于即时响应和反馈的高效性, 以支持跨地域、跨部门的实时多方协作与共同决策, 打破沟通壁垒, 避免信息差, 从而提升协作的整体效率。此外, 企业管理者应借助本研究开发的“员工-AI 协作流畅性量表”加深对员工-AI 协作流畅性的理解, 从而构建可诊断、可优化的协作流畅性评估体系, 进一步提升协作效果。

6.4 研究局限与展望

第一, 本研究的被试均来自中国, 未考虑不同国家的文化差异对测量模型的潜在影响。事实上, 不同的国家和文化下, 员工-AI 协作流畅性可能存在着不同的概念结构, 未来可开展跨文化和跨地域研究, 检验该量表在不同文化地域条件下的结构效度。第二, 在扎根理论构建过程中, 研究人员对文本数据进行归类整理和编码, 不可避免地存在一定的主观性。未来研究可以通过增加样本量及文

献材料或采用更为客观的质性分析软件, 进一步提高研究结果的客观性和可信度。第三, 本研究的预测效度检验, 仅选取员工身体健康和员工心理健康作为关联效标, 其他的后效影响则有待深入探索。未来研究可以基于知识基础理论、社会认知理论和创新扩散理论等理论, 深入探讨员工-AI 协作流畅性对员工个人行为或心理等方面的作用机制和边界, 加深对员工-AI 协作的理解。

◎ 参考文献

- [1] 卜禾, 段文杰, 查皓钰. 人工智能与社会工作协作的演进逻辑与赋能路径[J]. 华东理工大学学报(社会科学版), 2024, 39(6).
- [2] 贾旭东, 谭新辉. 经典扎根理论及其精神对中国管理研究的现实价值[J]. 管理学报, 2010, 7(5).
- [3] 李洁明, 祁新娥. 统计学原理(第八版)[M]. 复旦大学出版社, 2021.
- [4] 王艳霞, 周珊. 个人-工作匹配视角下的人机协作身份威胁与工作重塑[J]. 中国人力资源开发, 2024, 41(8).
- [5] 张志鑫, 郑晓明. 数字领导力: 结构维度和量表开发[J]. 经济管理, 2023, 45(11).
- [6] 张志学, 华中生, 谢小云. 数智时代人机协同的研究现状与未来方向[J]. 管理工程学报, 2024, 38(1).
- [7] Anderson, J. C., Gerbing, D. W. Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach[J]. Psychological Bulletin, 1988, 103(3).
- [8] Baltrusch, S. J., Krause, F., De Vries, A. W., et al. What about the human in human robot collaboration?: A literature review on HRC's effects on aspects of job quality[J]. Ergonomics, 2022, 65(5).
- [9] Bono, J. E., Glomb, T. M., Shen, W., et al. Building positive resources: Effects of positive events and positive reflection on work stress and health[J]. Academy of Management Journal, 2013, 56(6).
- [10] Carissoli, C., Negri, L., Bassi, M., et al. Mental workload and human-robot interaction in collaborative tasks[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2024, 40(20).
- [11] Chand, S., Lu, Y. Dual task scheduling strategy for personalized multi-objective optimization of cycle time and fatigue in human-robot collaboration[J]. Manufacturing Letters, 2023, 35.
- [12] Chand, S., McDaid, A., Lu, Y. Dynamic muscle fatigue assessment using s-EMG technology towards human-centric human-robot collaboration[J]. Journal of Manufacturing Systems, 2023, 68.
- [13] Chao, C., Thomaz, A. Timing in multimodal turn-taking interactions: Control and analysis using timed petri nets[J]. Journal of Human-Robot Interaction, 2012, 1(1).
- [14] Chen, A., Yang, T., Ma, J., et al. Employees' learning behavior in the context of AI collaboration: A perspective on the job demand-control model[J]. Industrial Management & Data Systems, 2023, 123(8).
- [15] Chen, S., Westman, M., Hobfoll, S. E. The commerce and crossover of resources: Resource

- conservation in the service of resilience[J]. *Stress and Health*, 2015, 31(2).
- [16] Demerouti, E. Turn digitalization and automation to a job resource [J]. *Applied Psychology*, 2022, 71(4).
- [17] Glaser, B. G., Strauss, A. L., Strutzel, E. The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research[J]. *Nursing Research*, 1968, 17(4).
- [18] Gombolay, M. C., Gutierrez, R. A., Clarke, S. G., et al. Decision-making authority, team efficiency and human worker satisfaction in mixed human-robot teams[J]. *Autonomous Robots*, 2015, 39(3).
- [19] Hinrichs, P., Seibert, K., Arizpe Gómez, P., et al. A robotic system to anchor a patient in a lateral position and reduce nurses' physical strain[J]. *Robotics*, 2023, 12(5).
- [20] Hobfoll, S. E. Conservation of resources: A new attempt at conceptualizing stress [J]. *American Psychologist*, 1989, 44(3).
- [21] Hoffman, G. Evaluating fluency in human-robot collaboration [J]. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 2019, 49(3).
- [22] Hoffman, G., Breazeal, C. Effects of anticipatory action on human-robot teamwork efficiency, fluency, and perception of team[C]. *Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2007.
- [23] Hoffman, G., Breazeal, C. Effects of anticipatory perceptual simulation on practiced human-robot tasks [J]. *Autonomous Robots*, 2010, 28(4).
- [24] Holter, S., El-Assady, M. Deconstructing human-AI collaboration: Agency, interaction, and adaptation[J]. *Computer Graphics Forum*, 2024, 43(3).
- [25] Jeong, J., Kim, B. J., Lee, J. Navigating AI transitions: How coaching leadership buffers against job stress and protects employee physical health[J]. *Frontiers in Public Health*, 2024, 12.
- [26] Ji, Y., Yang, Y., Shen, F., et al. A Survey of human action analysis in HRI applications[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2020, 30(7).
- [27] Keyes, C. L. M. Promoting and protecting mental health as flourishing: A complementary strategy for improving national mental health[J]. *American Psychologist*, 2007, 62(2).
- [28] Langseth-Eide, B., Vittersø, J. Ticket to ride: A longitudinal journey to health and work-attendance in the JD-R model[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(8).
- [29] Li, Y., Gong, X. What drives customer engagement in omnichannel retailing? The role of omnichannel integration, perceived fluency, and perceived flow [J]. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2024, 71.
- [30] Liu H, Wang L. Human motion prediction for human-robot collaboration[J]. *Journal of Manufacturing Systems*, 2017, 44.
- [31] Makris, S., Michalos, G., Dimitropoulos, N., et al. Seamless human-robot collaboration in industrial

- applications[M]. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024.
- [32] Masialetti, M., Talaei-Khoei, A., Yang, A. T. Revealing the role of explainable AI: How does updating AI applications generate agility-driven performance? [J]. *International Journal of Information Management*, 2024, 77.
- [33] Meregalli Falerni, M., Pomponi, V., Karimi, H. R., et al. A framework for human-robot collaboration enhanced by preference learning and ergonomics[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2024, 89.
- [34] Nikolaidis, S., Hsu, D., Srinivasa, S. Human-robot mutual adaptation in collaborative tasks: Models and experiments[J]. *The International Journal of Robotics Research*, 2017, 36(5-7).
- [35] Paliga, M. Human-cobot interaction fluency and cobot operators' job performance: The mediating role of work engagement: A survey[J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2022, 155.
- [36] Paliga, M. The relationships of human-cobot interaction fluency with job performance and job satisfaction among cobot operators: The moderating role of workload [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20(6).
- [37] Paliga, M., Pollak, A. Development and validation of the fluency in human-robot interaction scale. A two-wave study on three perspectives of fluency[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2021, 155.
- [38] Petrie, K., Joyce, S., Tan, L., et al. A framework to create more mentally healthy workplaces: A viewpoint[J]. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 2018, 52(1).
- [39] Psarakis, L., Nathanael, D., Marmaras, N. Fostering short-term human anticipatory behavior in human-robot collaboration[J]. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2022, 87.
- [40] Ramadurai, S., Gutierrez, C., Jeong, H., et al. Physiological indicators of fluency and engagement during sequential and simultaneous modes of human-robot collaboration [J]. *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 2024, 12(1-2).
- [41] Senoner J., Schallmoser S., Kratzwald B., et al. Explainable AI improves task performance in human-AI collaboration[J]. *Scientific Reports*, 2024, 14(1).
- [42] Shen, X. L., Li, Y. J., Sun, Y., et al. Channel integration quality, perceived fluency and omnichannel service usage: The moderating roles of internal and external usage experience [J]. *Decision Support Systems*, 2018, 109.
- [43] Vazquez, A. N. Evaluating team fluency in human-industrial robot collaborative design tasks [C]. *International Conference on Computer-Aided Architectural Design Futures*, 2021.
- [44] Vössing, M., Kühn, N., Lind, M., et al. Transparency for effective human-AI collaboration [J]. *Information Systems Frontiers*, 2022, 24(3).
- [45] World Health Organization. WHO guidelines on mental health at work[R]. World Health Organization, 2022.

Employee-AI Collaboration Fluency: Conceptual Structure and Scale Development

Gu Lingying¹ Wan Demin²

(1 School of Business Administration, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, 330013;

2 School of Digital Economy and Resources Management, East China University of Technology, Nanchang, 330013)

Abstract: In digital workplace, employee-AI collaboration fluency has become a critical factor in enhancing employee work effectiveness. However, existing research has yet to clarify the core connotations of employee-AI collaboration fluency, and its structural dimensions and measurement remain ambiguous, leading to a lag in empirical studies. To address this gap, this study first constructs a five-dimensional model of employee-AI collaboration fluency based on grounded theory, encompassing comprehensibility, predictability, adaptability, continuity, and synchronicity. Second, following exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis procedures, we develop a validated scale to measure employee-AI collaboration fluency. Finally, drawing on the Conservation of Resources theory, this study conducts a consequential validation study demonstrating that employee-AI collaboration fluency significantly and positively impacts employees' physical and mental health. These findings expand and enrich the theoretical framework and conceptual boundaries of employee-AI collaboration fluency, provide an empirical measurement tool for future research, and offer practical insights for organizations to optimize employee-AI collaboration and safeguard employee health.

Key words: Employee-AI collaboration; Fluency; Scale development; Physical and mental health

专业主编: 杜 旌