

人机交互背景下国内外“数字人”研究现状与应用比较研究

廖夏

(广州工商学院, 广东 广州 510850)

摘要: 随着科学技术的发展,虚拟现实(VR)技术推动了虚拟与现实边界的融合,人工智能(AI)技术推动了自治与自主的机器,人机交互正以多种形式融入人类社会,已逐渐成为社会关系的重要构成,学界与企业界也开始关注人机交互背景下的数字人研究与实施。为了解国内外数字人研究的现状与应用,本文基于文献计量学分析法,采用CiteSpace软件对分别收录于中国知网(CNKI)的860篇文献与国外Web of Science(WoS)数据库991篇文献研究现状(包括年发文量、关键词频率、关键词中心性值、关键词聚类)以及应用进行分析与比较,以期为国内数字人未来研究方向提供一定的科学依据。

关键词: 数字人; 人机交互; 文献计量学分析; CiteSpace

中图分类号: TP18

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.33.026

过去多数研究主要围绕非具象化的计算机程序探讨人机交互问题,如智能家居的人性化与个性化设计、政务智能客服解决问题的准确性与及时性。随着计算机图形、生命科学、信息科学等学科的不断发展与人类交互需求的不断变化,人类交互的对象已开始从非具象化的程序向具象化的数字人演变。

全球数字人的研究计划经历了人类基因组计划、可视人计划、虚拟人计划、人类脑计划以及数字人计划^[1]。2003年,国内在香山科学会议中提出将数字人指代智能人、可视人、虚拟人、物理人、仿真人等概念。数字人(Digital Human)是生命科学、信息科学等交叉学科的产物,经过三维建模、VR等技术处理,将人类数字化、仿真化,高度模拟在外貌、认知、情感、行为等方面的虚拟人类^[2]。例如,国内超写实数字人AYAYI借助于图形技术、人工神经网络、深度学习等算法,在外貌、皮肤、表情、情感、行为等人类特征上进行高度渲染与仿真,使其达到高度的真人还原度。近期, Kim 和 Jo 在人与虚拟人交互的特定场景中进行实验,具有非语言交互的沉浸式3D显示能够感受到更高的存在感,从而提高用户体验^[3]。

数字人已经广泛应用于工作、学习、社交、服务、生活等领域^[4],如花西子美妆品牌的虚拟代言人花西子、央视网的AI主播小智、清华大学计算机系的虚拟学生华智冰、万科集团的数字员工崔筱盼、抖音平台的虚拟美妆博主柳夜熙等。权威市场调研机构量子于2021年发布的《虚拟数字人深度产业报告》中指出,当前市场处于前期培育阶段,预计2030年国内虚拟数字人整体市场规模达到2700亿元。数字人是连接人与

数智世界的核心,各行各业对数字人研究也越来越重视,是未来人机交互的发展趋势。

1 研究方法 with 数据收集

文献计量学分析法通过数理统计方法,从定量视角综合分析某个知识领域的研究情况,具有相当的科学性以及客观性,因此本文基于文献计量学分析法对有效数据进行分析与研究。文献数据来源于国内与国外两个部分,国内的文献采集于CNKI数据库,同时被北大核心以及南大核心收录;国外的文献采集于WoS数据库,同时被社会科学引文索引(SSCI)以及科学引文索引(SCI)收录。国内的核心集文献与国外的核心集文献统称为“核心文献”。通过搜索数字人及其相关的研究主题,对题目、关键词以及摘要进行内容分析,剔除无效文献,最终分别获取CNKI的860篇和WoS的991篇有效核心文献进行数据分析。本文采用CiteSpace 6.1.R3版本软件对国内与国外的有效核心文献进行现状(包括年发文量、关键词频率、关键词中心性值及关键词聚类)和应用上的分析与比较研究。

2 国内外数字人研究现状比较

2.1 国内外年发文量比较

通过年发文量分布可以初步观察到相关研究的进展情况。本项研究将收录于CNKI以及WoS数据库平台的核心文献绘制了年发文量分布图,如图1所示。从国内数字人研究发展阶段看,1994-2002年处于探索阶段,年发文量均小于10篇;2003-

2009年处于增长期，年发文量在25-60篇之间浮动；2010-2019年处于研究下降期，年发文量逐年减少，2019年只有10篇核心文献发表；2020年至今，可以看到国内重新重视对于数字人的研究，并在这一时期得到迅猛发展，2020年的发文量同比增长了420%，截至2022年11月15日，年发文量超过100篇。从国外数字人研究发展阶段看，1994-2001年处于探索阶段；2002年至今处于研究增长期，在长达近21年的时间里整体呈现逐步增长的态势，其中2021年的同比增长速度最高为320%。

从国内外有关数字人研究的年发文量比较可以看出：第一，国内比国外对数字人的研究起步较晚，但时间上相差并不多；第二，国内比国外对于数字人研究的上下波动幅度更大；第三，从整体研究趋势上看，国内外基本一致，从2020年国内外均开始提升对于数字人研究的重视程度。

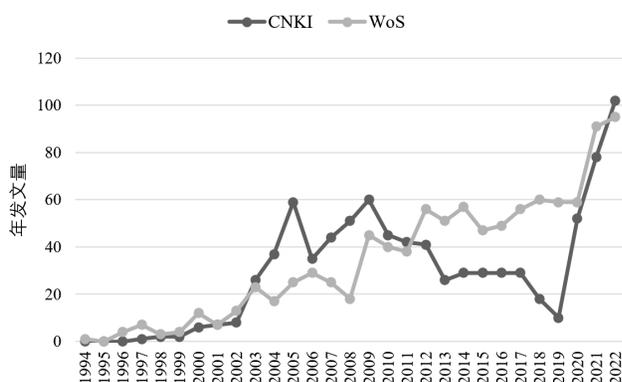


图1 国内外数字人研究年发文量分布

2.2 国内外研究关键词频率比较

通过对国内外核心文献的关键词频率进行分析，国内与国外出现频率排名前十的关键词如表1所示。从国内CNKI可以看到，关键词出现频次为50次及以上的有虚拟人（194频次）与虚拟现实（73频次）。例如，程思琪等人从体验性媒介的角度探讨了虚拟数字人的连接机制与媒介属性的问题，为未来虚拟数字人研究与应用提供参考^[2]。

从国外WoS可以看到，关键词出现频次为50次及以上的有virtual human（虚拟人，123频次）、model（模型，81频次）、virtual reality（虚拟现实，67频次）、design（设计，63频次）、simulation（仿真，50频次）以及digital human model（数字人模型，50频次）。例如，Tastemirova等人分别对两种情绪类型以及高低强度所构成的四种数字人微表情对人们的感知和决策的影响进行研究，提出对于超越真实人类身体能力的各种微表情研究^[5]。

表1 国内外关键词及其频率比较（TOP 10）

序号	CNKI			WoS		
	频率	中心性	关键词	频率	中心性	关键词
1	194	0.54	虚拟人	123	0.33	virtual human
2	73	0.54	虚拟现实	81	0.26	model
3	27	0.05	数字人	67	0.13	virtual reality
4	25	0.16	网络直播	63	0.17	design
5	22	0.02	元宇宙	50	0.15	simulation
6	21	0.21	三维重建	50	0.18	digital human model
7	21	0.06	仿真	39	0.04	digital human modeling
8	20	0.06	运动控制	39	0.04	system
9	19	0.33	人工智能	30	0.09	perception
10	14	0.06	网络主播	27	0.03	performance

从国内外关键词出现频次看，虚拟人和虚拟现实在国内外均得到学界较多关注。如果以关键词出现频次为50次及以上的表现上看，国内的数字人研究以虚拟人与虚拟现实为主，国外的数字人研究以虚拟人、模型、虚拟现实、设计、仿真以及数字人模型为主，国外比国内数字人研究在热点关注上更为丰富，国内的研究则更加聚焦。

2.3 国内外研究关键词中心性比较

通过比较某个知识领域的关键词中心性值，能够了解该关键词在该知识领域的重要性，大于0.1被认为在该领域具有一定重要性，数值越大，重要性越高。通过对国内外核心文献的关键词中心性值进行分析，国内与国外中心性值排名前十的关键词如表2所示。从国内CNKI可以看到，中心性值大于0.1的关键词有虚拟人（0.54）、虚拟现实（0.54）、人工智能（0.33）、虚拟维修（0.33）、动作库（0.33）、主持人（0.24）、主播（0.23）等，代表这些关键词在国内数字人研究领域中相对重要的位置。例如，陈小晰基于情感转向研究范式，从智能主播的语言表达、情感表达等多个维度提出智能主播的情感转向研究^[6]。

从国外WoS可以看到，中心性值大于0.1的关键词有virtual human（虚拟人，0.33）、model（模型，0.26）、digital human model（数字人模型，0.18）、design（设计，0.17）、simulation（仿真，0.15）、animation（活力，0.14）、virtual reality（虚拟现实，0.13）等，代表这些关键词在国外数字人研究领域中相对重要的位置。例如，Silva和Bonetti以时尚行业为背景，用定量分析方法研究了消费者对于数字人互动倾向的态度问题^[7]。

表2 国内外关键词及其中心性比较 (TOP 10)

序号	CNKI			WoS		
	中心性	频率	关键词	中心性	频率	关键词
1	0.54	194	虚拟人	0.33	123	virtual human
2	0.54	73	虚拟现实	0.26	81	model
3	0.33	19	人工智能	0.18	50	digital human model
4	0.33	12	虚拟维修	0.17	63	design
5	0.33	1	动作库	0.15	50	simulation
6	0.24	5	主持人	0.14	13	animation
7	0.23	11	主播	0.13	67	virtual reality
8	0.21	21	三维重建	0.13	25	behavior
9	0.20	13	人体建模	0.13	10	validation
10	0.18	2	康复训练	0.13	6	coordination

从国内外关键词中心性值的比较看,国内虚拟人、虚拟现实的中心性值比国外数字人研究领域的高。从关键词表现上看,国内数字人研究更加偏向于应用研究,而国外更加偏向于基础研究。

2.4 国内外研究关键词聚类分析比较

关键词能够代表一篇文献的研究核心内容,本文分别对国内外核心文献的所有关键词进行关键词聚类分析,最终从CNKI提取出18个聚类(虚拟人、虚拟现实、人机工程、仿真等),从WoS提取出21个聚类(虚拟人、动态预测、深度学习、行为等)。国内与国外通过关键词聚类后,排在前十的聚类名称及对应关键词举例如表3所示。

结合时间线分析,利用CiteSpace软件可以发现,国内近期对虚拟人、网络直播、人工智能、直播带货、网络主播、元宇宙等研究主题较为关注。例如,谢新水主要从元宇宙与虚拟数字人的未来发展可能面临的问题(治理问题、共同构建的复杂性、算法控制的问题)进行分析,为理论界与实践界提出相应的建议^[4]。

国外近期对虚拟人、动态预测、深度学习、行为、教育代理、社会支持、虚拟角色等研究主题较为关注。例如,Sung等人基于视觉感知理论和信息处理理论提出在技术增强的环境下,数字人讲故事能够提高人类满意度,是一种有效的长期营销策略^[8]。

从国内外关键词聚类比较看,国内数字人研究更加偏向于应用研究(如网络直播、外科手术),国外数字人研究更加偏向于基础研究(如深度学习、动态预测)。结合各个聚类内部包含的关键词可以看到,国内外数字人研究均覆盖了应用和基础研究的内容,涉及数字人的概念界定、情感、算法、技术、

应用等各个层面,尤其以人机交互、用户体验、情感设计、人工心理及三维建模等研究为主。结合时间线可以看到,近期多个研究聚类(如虚拟人、元宇宙、数字医学)分别得到国内外学界的持续关注。

表3 国内外关键词聚类结果 (前10个聚类信息)

聚类ID	CNKI		WoS	
	聚类名称	关键词举例	聚类名称	关键词举例
#0	虚拟人	人货场; 仿真训练; 感知机制	virtual human	3d avatar; character animation; affective state
#1	虚拟现实	个性计算; 沉浸; 交互; 体感识别	predictive dynamics	variability; optimal feedback control; algorithm
#2	人机工程	人机检测; 动态感知; 人体建模	digital human model	collaborative visualization; autonomous agent
#3	仿真	人机系统; 智能行为; 遗产算法; 维修	deep learning	awareness; user experience; conversational agent
#4	三维重建	位置映射; 图像处理; 标本处理	behavior	autonomous virtual character; ergonomics visualization
#5	网络直播	自我表露; 媒介真实; 群体孤独; 消费认同, 情感消费	virtual reality	computer-mediated communication; back propagation neural network
#6	人工智能	具身性; 人格化; 交互技术; 智能媒体	motion capture	posture reconstruction; real-time facial animation
#7	直播带货	信任; 互动; 社会资本; 数字治理; 电商直播; 媒体融合	pedagogical agent	distinctiveness; intelligent tutoring system; virtual human technology; social presence
#8	网络主播	亲密关系; 伦理困境; 人工情感	social support	emotional support; companion robot; content adaption
#9	数字人	大数据; 数据网格; 工业人; 外科手术	virtual character	identity; perception; pediatric nurse

注: 所有聚类轮廓值均大于0.85。

3 国内外数字人应用研究比较分析

通过对国内外数字人研究文献的关键词聚类分析,对国内外各个聚类所包括的关键词进行总结,发现国内数字人有关应用的研究主要专注于网络直播/直播带货/电商直播、虚拟主播/网络主播、数字医学/仿真手术/外科手术/康复训练/治疗等应用研究上。

国外数字人有关应用的研究主要专注于代理与智能系统/智能辅导系统、虚拟助手/嵌入会话代理/陪伴机器人、机器

人手术 / 医学教育 / 虚拟病人 / 解剖模型 / 护理 / 儿科护士 / 手术模拟 / 诊断、虚拟主持人、动画教学代理 / 教育代理 / 教育、游戏 / 情感游戏等应用研究上。

国内数字人研究偏向于在电商销售、传播媒介以及医疗行业上的应用研究,国外数字人研究偏向于智能服务、智能家居、教育、传播媒介、医疗以及游戏行业的应用研究。可以看到,国内外数字人研究均在传播媒介以及医疗行业应用上进行探索和研究,但是国内在研究范围上相对较小。

4 结论

本研究基于文献计量学分析法,从定量视角对国内外有关数字人研究现状(包括年发文量、关键词频率、关键词中心性值、关键词聚类)和应用的分析与比较研究,从中得到以下五点主要结论。第一,从年发文量上看,可以看到国内比国外研究起步晚,但是相差并不多;历来国内数字研究波动幅度比国外研究大;但从整体发展趋势上看,国内外从2020年开始基本保持一致增长率。此外,近三年来,国内外学界提升了对数字人研究的重视程度。第二,从关键词频率分布情况看,国内出现频率较高的有虚拟人/数字人、虚拟现实、网络直播、元宇宙等,国外出现频率较高的有虚拟人、模型、虚拟现实、设计、仿真等;国内更加聚焦于虚拟人与虚拟现实的研究,国外对比国内在热点关注上更为丰富,未来可以进一步丰富国内在其他领域的探索与研究。第三,从关键词中心性值比较上看,虚拟人、虚拟现实、人工智能等在国内数字人研究领域中具有较高重要性;虚拟人、模型、设计等在国外该领域研究中具有较高重要性;从关键词表现上看,国内数字人研究更加偏向于应用研究,而国外更加偏向于基础研究,未来可以进一步增加国内数字人在基础研究方面的投入。第四,从关键词聚类比较分析上看,国内外对于数字人研究均涵盖了应用和基础研究,覆盖数字人基础框架(如概念、算法、底层技术)以及应用各个层面,特别在人机交互和用户体验方面的研究较多;综合时间线分析,可以看到虚拟人、元宇宙等聚类得到国内外学界的持续关注,未来国内研究可以进一步在数字人基础与应用上进行拓展及延伸。第五,从国内外数字人应用研究比较分析上看,国内数字人应用研究偏向于在电商销售、传播媒介、医疗等领域,国外应用研究偏向于智能服务、智能家居、教育、传播媒介、医疗、游戏等领域;国内对比国外的数字人应用研究在研究范围上相对较小,未来可以进一步拓展国内的研究范围,比如针对适用于中国情境的智能服务、智能家居、教育等方面的应用

探索与研究。

5 结语

综上所述,随着信息科学、生命科学等学科不断发展,人机交互情境也在发生着巨大的变化,人类交互的对象已开始从非具象化的程序向具象化的数字人演变。数字人研究近年来受到国内外研究的高度重视,而现在仍然处于数字人研究的初步培育阶段,未来数字人研究在基础和应用上还有很多问题亟待解决,比如自主与自治、社会治理与监管、成长与发展的场域,但最终数字人研究应朝着人机协同、共生的方向发展。

参考文献:

- [1] 吕婷.数字人体研究及其应用[J].中国组织工程研究与临床康复,2010,14(48):9041-9045.
- [2] 程思琪,喻国明,杨嘉仪,等.虚拟数字人:一种体验性媒介——试析虚拟数字人的连接机制与媒介属性[J].新闻界,2022,(07):12-23.
- [3] D.Kim, D.Jo.Effects on co-presence of a virtual human: A comparison of display and interaction types[J].Electronics,2022,11(03):14.
- [4] 谢新水.虚拟数字人的进化历程及成长困境——以“双重宇宙”为场域的分析[J].南京社会科学,2022,(06):77-87+95.
- [5] A.Tastemirova, J.Schneider, L. C. Kruse, S. Heinzle, J.vom Brocke. Microexpressions in digital humans: Perceived affect, sincerity, and trustworthiness[J].Electronic Markets,2022,(32):1603-1620.
- [6] 陈小晰.智能主播的数字实践与情感转向[J].中国电视,2022,(07):66-71.
- [7] E.S.Silva, F.Bonetti.Digital humans in fashion: Will consumers interact?[J].Journal of Retailing and Consumer Services,2021,(60):11.
- [8] E.C.Sung, D.-I.Danny Han, S.Bae, O.Kwon.What drives technology-enhanced storytelling immersion?The role of digital humans[J].Computers in Human Behavior,2022,(10):132.

作者简介:廖夏(1988-),女,广东广州人,博士研究生,讲师,主要从事行为科学、人机交互、消费心理研究。