

人工智能会话代理在抑郁症诊疗中应用的范围综述*

罗强强 黄佳慧 李 敏 马 茹 姜青菡 李 菁

(中国医学科学院北京协和医学院护理学院 北京 100144)

[摘要] 目的/意义 探讨人工智能会话代理在抑郁症诊疗中的应用现状与发展特点, 并对未来人工智能会话代理的设计和应用提供实用性建议。方法/过程 采用范围综述方法, 总结人工智能会话代理应用于抑郁症筛查与治疗的基本特征、功能特点等。结果/结论 会话代理在抑郁症诊疗方面应用前景广阔, 但目前仍处于开发阶段, 存在筛查和治疗功能验证不严谨、差异探究不深入, 以及评价机制不统一、不全面等问题。未来的人工智能会话代理应具备强大情绪监测能力、准确治疗方案决策能力, 并能与患者建立良好治疗关系。

[关键词] 会话代理; 聊天机器人; 人工智能; 抑郁症

[中图分类号] R-058 [文献标识码] A [DOI] 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.12.002

A Scoping Review on the Application of Artificial Intelligence Conversational Agents in the Diagnosis and Treatment of Depression

LUO Qiangqiang, HUANG Jiahui, LI Min, MA Ru, JIANG Qinghan, LI Jing
School of Nursing, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100144, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To discuss the application status and development characteristics of artificial intelligence (AI) conversational agents in the diagnosis and treatment of depression, and to provide practical suggestions for the design and application of AI conversational agents in the future. **Method/Process** Using the scope review method, the basic and functional characteristics of AI conversational agents in the screening and treatment of depression are summarized. **Result/Conclusion** The application of conversational agents in the diagnosis and treatment of depression has broad prospects, but it is still in the development stage, and there are some problems, such as the screening and treatment function verification is not rigorous, the difference exploration is not in-depth, and the evaluation mechanism is not unified and incomplete. The AI conversational agents in the future should be applications with strong emotional monitoring capabilities, accurate treatment decision making capabilities, and the ability to establish a good therapeutic relationship with patients.

[Keywords] conversational agents; chatbots; artificial intelligence (AI); depression

1 引言

抑郁症是一种以显著且持久的心境低落为主要

特征的精神障碍^[1]。社会经济、文化、遗传等多重因素共同影响着抑郁症的发生率^[2]。近年来, 抑郁症患病率呈现逐年上升趋势^[3], 终身患病率为 8%~12%, 给全球社会经济发展带来沉重负担^[4]。心

[修回日期] 2024-08-05
[作者简介] 罗强强, 硕士研究生; 通信作者: 李菁, 副教授。
[基金项目] 北京协和医学院校级本科教育教学改革项目 (项目编号: 2022zlgc0126)。

理治疗是美国精神病学会等多个机构在《重度抑郁症患者治疗指南》中推荐的主要治疗方法^[5]。然而,由于疾病污名化问题,以及心理治疗的可及性、便捷性、成本等现实障碍,接受筛查和治疗的抑郁症患者数量仍然有限^[6]。会话代理,又称聊天机器人,根据是否具备人工智能技术,可以分为两大类。其中,具备人工智能技术的会话代理利用自然语言处理和机器学习技术,通过文本、语音等多种方式与患者交互,且可以发展对话^[7]。这种会话代理能够模拟出更加直观的情感或认知反应(如同理心),从而增强人机之间的信任、提高用户的接受度和参与度,有助于减轻精神障碍患者因污名化而产生的耻辱感^[8]。鉴于人工智能会话代理在抑郁症治疗领域展现出的巨大潜力,有必要对当前相关研究进行总结,以期对未来会话代理的发展与研究提供实用性建议。

2 方法设计

范围综述是一种基于循证理念的知识综合和证据识别方法,可以确定研究问题的性质和特征。尽管其操作步骤与系统评价有一定的相似性,但范围综述所回答的问题更加宽泛^[9]。本文旨在详细阐述已在抑郁症患者中测试的人工智能会话代理应用的基本特征和功能特点,并对未来发展提出建议。因此,以范围综述作为研究方法,并严格遵循范围综述报告规范^[9]展开研究。

2.1 提出研究问题

一是人工智能会话代理在抑郁症诊疗方面的应用有哪些,其应用特点是什么;二是人工智能会话代理的应用效果如何;三是当前研究中用户对于人工智能会话代理的满意度如何。

2.2 文献检索

检索 ACM 数字图书馆、CINAHL、Cochrane Central、Embase、IEEE Xplore、PsycINFO、PubMed、

Scopus 和 Web of Science 共 9 个英文数据库,以及中国知网、万方数据、中国生物医学文献数据库和维普网共 4 个中文数据库。检索时限为建库至 2024 年 1 月 3 日。将会话代理(conversational agent)、抑郁症(depression)及其自由词等作为主题词和关键词进行检索。英文数据库以 PubMed 为例,检索式为:((depress * [Title/Abstract] OR Melancholia * [Title/Abstract]) AND (“Artificial intelligence” [Title/Abstract] OR “machine learning” [Title/Abstract])) AND (“conversational agent *” [Title/Abstract] OR chatbot * [Title/Abstract] OR “embodied conversational agent” [Title/Abstract] OR virtual [Title/Abstract])。中文数据库以中国知网为例,检索式为:SU = (‘抑郁症’ + ‘抑郁障碍’ + ‘抑郁性神经症’ + ‘神经症性抑郁’) AND SU = (‘人工智能’ + ‘人工智能体’ + ‘人工智慧’ + ‘机器学习’) AND SU = (‘会话代理’ + ‘聊天机器人’ + ‘具身会话代理’ + ‘虚拟现实’)。

2.3 纳入和排除标准

纳入标准:使用人工智能的会话代理(基于对话的且有机机器学习功能);应用于抑郁症人群;经过同行审议。排除标准:只描述会话代理设计框架与算法理论,未实现测试应用;不能获取全文;重复收录;非中英文文献。

2.4 资料提取

将检索到的文献题录导入 NoteExpress 软件筛选重复文献;两名研究人员根据纳入和排除标准进行独立初筛,对初筛后的文献进行全文阅读,分别使用 Microsoft Excel 对纳入文献数据进行提取。如遇分歧,由第 3 名研究人员裁决。

3 结果

3.1 纳入文献的基本特征

共纳入 12 篇文献,文献筛选流程,见图 1。

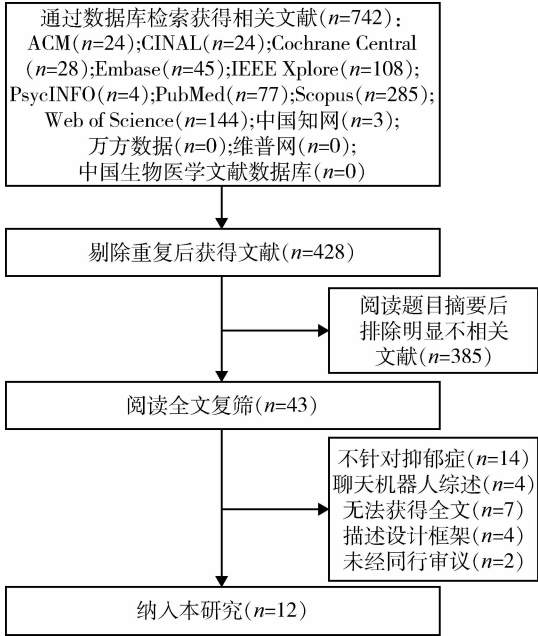


图1 文献筛选流程

其中4篇关于抑郁筛查^[10-13]，涉及4款会话代理，均为类实验研究；8篇关于抑郁治疗^[14-21]，涉及7款会话代理，包括随机对照试验（randomized controlled trial，RCT）（ $n=5$ ）^[14,15,18-20]、观察性研究（ $n=1$ ）^[17]、单臂干预性研究（ $n=1$ ）^[21]和三臂干预性研究（ $n=1$ ）^[16]。纳入文献来自6个国家，以美国最多（ $n=6$ ）^[10,11,14,15,17,21]。

3.2 应用类型与功能特点

会话代理在抑郁人群中的应用包括筛查和治疗，见表1-表2。两类会话代理交互方式均包括文本、语音和图像，其中仅文本的最多（45.5%），其次是文本和语音交互模式（27.3%）。有两款筛查功能会话代理的硬件仅部署在实验室计算机中，其他均可部署在可移动设备中，包括智能手机、平

板/笔记本电脑等。软件部署为独立软件和搭载于研究者所在国家主流社交软件，如 Facebook^[12]、微信^[16,19]。部分会话代理通过游戏化激发用户参与，增强用户体验，如 Greta ECA 通过游戏属性的互动任务完成抑郁筛查^[13]，WYSA 通过挑战心理健康目标并获得虚拟徽章等奖励激发用户持续使用。但仅有 58.3% 的会话代理关注用户的隐私安全。

会话代理对抑郁症的筛查策略为多模态识别^[10,11,13]或心理测量^[12]。多模态识别利用多种类型的数据，如文本、语音和图像等，综合判断来提高识别的准确性，如 Greta ECA 结合语音、面部活动和眼球运动数据特征进行识别^[13]。会话内容分为两类，一类例如 AudiFace 和 AudiBERT 使用抑郁分析访谈语料库（distress analysis interview corpus – wizard – of – oz，DAIC – WOZ）进行结构化访谈，该语料库主要包含对抑郁症诊断的临床访谈记录；另一类例如 Greta ECA 以任务为导向，设计模仿任务、二元交互任务等。心理测量则以标准心理健康测量工具为框架开展，通过对输入答案评分实现抑郁筛查，如 DE-PRA^[12]。一种或者多种治疗心理方法被使用于不同的会话代理，其中认知行为疗法（cognitive behavior therapy，CBT）使用最多。具体治疗方案的选择方式包括算法推荐、用户自主选择 and 二者结合。同理心的表达是治疗功能会话代理特有的，同理心指理解、分享他人心情^[22]。随着大语言模型的发展，出现了 ChatGPT、Llama3 和 ChatGLM 等相对成熟的语言模型，但纳入研究并未提及以上语言模型的使用，可能是精神卫生的诊疗语料内容特殊。拥有虚拟形象的称为具身会话代理（embodied conversational agent，ECA）^[13]，能够模仿人类的表情、手势，提供更丰富的情感表达和社交属性，如 Greta ECA 的互动更生动、有趣，能够更好地引导任务^[13]。

表1 筛查功能会话代理的基本特征及功能特点（ $n=4$ ）

作者，年份	国家	会话代理名称	研究类型	交互方式	设备部署	应用策略	游戏化/隐私安全	结论
Toto E 等 ^[10] ，2021	美国	AudiBERT	类实验性研究	文本；语音	移动设备	依照抑郁分析访谈语料库中15个主题进行访谈，语音问答收集患者性别、年龄、情绪等信息，进行多模态识别	无/有	回答的声音特征与文本信息作为多模态分析特征，筛查的查全率与查准率上升，模型精确率和召回率平均值达到0.7

续表 1

作者, 年份	国家	会话代理名称	研究类型	交互方式	设备部署	应用策略	游戏化/隐私安全	结论
Flores R 等 ^[11] , 2022	美国	AudiFace	类实验研究	语音	实验室计算机	依照抑郁分析访谈语料库中 15 个主题进行访谈, 通过视频、音频和文本收集患者面部特征等信息, 进行多模态识别	有/有	眼睛注视是最有价值的面部特征; 在 15 个数据集中的 13 个数据集中获得的 <i>F1</i> 分数高于 AudiBERT
Kaywan P 等 ^[12] , 2021	澳大利亚	DEPRA	类实验研究	文本	移动设备/脸书	汉密尔顿抑郁量表和抑郁症状清单的结构化访谈, 对 27 个问题回答进行评分, 实现心理测量	无/无	抑郁症症状快速自评量表和抑郁症状自评量表在分析中具有相似的准确度
Egede J O 等 ^[13] , 2021	英国	Greta ECA	类实验研究	文本; 语音; 图像	实验室计算机	虚拟形象指示下完成模仿任务、二元交互任务、数字治疗任务和心理测量任务, 收集用户的音频、面部图像和眼球跟踪记录, 多模态识别	有/有	中重度抑郁组头部活动更多, 具身会话代理更容易被接受且更易引发用户行为表现; 用户对虚拟人引导模式喜好多数高于纯文本引导模式, 但总体无显著差异

表 2 治疗功能会话代理的基本特征及功能特点 (n=8)

作者, 年份	国家	会话代理名称	研究类型	样本量 (例)	干预时长	交互方式	设备部署	应用策略	治疗方法	同理心/游戏化/隐私安全
Fitzpatrick K K 等 ^[14] , 2017	美国	Woebot	RCT	70	2 周	文本	移动设备	Ⅱ	认知行为疗法	无/无/无
Fulmer R 等 ^[15] , 2018	美国	TESS	RCT	74	2 周	文本	移动设备	Ⅲ	多种方案	有/无/有
He Y 等 ^[16] , 2022	中国	XiaoE	三臂干预研究	148	1 个月	文本; 语音	移动设备/微信	—	认知行为疗法	无/无/无
Inkster B 等 ^[17] , 2018	美国	WYSA	观察性研究	129	2 周以上	文本	移动设备	Ⅱ	多种方案	有/有/有
Klosl M C 等 ^[18] , 2021	阿根廷	TESS	RCT	63	8 周	文本	移动设备	Ⅲ	多种方案	有/无/有
Liu H 等 ^[19] , 2022	中国	XiaoNan	RCT	83	16 周	文本; 语音	移动设备/微信	Ⅱ	认知行为疗法	无/无/无
Romanovsky O 等 ^[20] , 2021	乌克兰	Elomia Chatbot	RCT	82	4 周	文本	—	Ⅰ	认知行为疗法	无/无/无
Schroeder J 等 ^[21] , 2018	美国	Pocket Skills	单臂干预研究	73	4 周	文本; 图像	移动设备	—	辩证行为疗法	无/无/有

注: RCT 为随机对照试验。应用策略: Ⅰ表示收集用户情绪问题, 算法推荐方案; Ⅱ表示收集用户情绪问题, 用户选择方案; Ⅲ表示收集用户情绪问题, 结合用户反馈提供方案。治疗方法: 多种方案表示认知行为疗法、正念、问题解决疗法等多种治疗方法。

3.3 筛查准确性与治疗有效性

筛查功能会话代理多处于识别方案的探究阶段, 纳入文献缺乏筛查准确率的报告, AudiBERT 通过标准模型测试, 其他 3 项则更多是检测特征与方案的对比性测试^[10-13]。5 项 RCT 研究评估了 4

款治疗功能会话代理的有效性, 用户使用时长从 2 ~ 16 周不等, 结局指标均为患者健康问卷抑郁量表 (patient health questionnaire - 9, PHQ - 9), 结果均显示会话代理降低抑郁水平优于使用无治疗功能的会话代理或阅读心理健康书籍, 且效果显著^[14-16, 18-20], 针对 XiaoE 真实世界的观察性研究表

明用户更多的使用频率和使用时长能够使抑郁症状得到更好改善^[17]，而 TESS 的提醒功能通过提升患者使用频率达到更好的治疗效果^[16]。

3.4 满意度评价

筛查功能会话代理对用户满意度重视度较低，这可能与研究更多处于方案探索阶段有关，多种问卷^[14,16,19-20]和主题分析^[15,17]被应用于治疗功能会话代理满意度调查，报告显示用户满意度较高。部分研究报告了用户参与度，评价指标包括使用次数与时间^[16]、实验脱落人数^[13,21]，这也许可以成为满意度的另一种评价方式。尽管两类会话代理均存在部分问卷结果未报告，但主题分析与报告的问卷结果显示，会话代理自然语言处理能力不足是影响用户满意度最主要的原因，多数会话代理存在理解错误与对话内容重复的问题，完整对话能力存在缺陷，导致用户感觉乏味与不智能^[12-14,16,19,21]。

4 讨论

4.1 诊疗方案及有效性有待更严谨的验证

筛查功能会话代理的筛查方案和交互方式虽多样，但准确率报告尚不充分，可能与该领域仍处于方案探究阶段有关，这与 Pacheco - Lorenzo M R 等^[23]的研究结果类似。文本、语音和视觉是机器感知人类情感的 3 种模式^[24]，有研究^[25]通过面部表情识别抑郁，准确率可达 93.58%，灵敏度为 92.70%，特异度为 93.40%。在使用实验室测试集进行的语音分类测试中，准确率达到 96.49%^[26]。因此，在真实受试者的测试中，可考虑利用多模态分析来综合各类信息，并建立不同信息在筛查中的权重比，以提高诊断的准确性。抑郁患者的步态与活动情况存在差异^[27-29]，且容易导致社交问题。在信息收集过程中，可穿戴设备或社交应用追踪也可被纳入考虑范围。例如，在针对减肥的会话代理中，可以收集冰箱使用信息，并将其纳入对肥胖原因的调查中^[30]。

筛查功能会话代理在减轻抑郁症状方面展现出了显著效果，已有 5 项 RCT 研究报告了会话代理在

减轻抑郁方面的积极作用^[14-15,18-20,30]。这些治疗方法主要基于认知行为疗法及多种心理治疗方法的联合应用。然而，有研究^[31]表明生活事件是抑郁产生的重要因素，而当前会话代理缺乏对抑郁问题与生活事件之间关联的深入探讨，也无法引导患者思考如何解决生活中的实际问题。新加坡学者^[32]的 Meta 分析证实，会话代理提供的心理治疗有望在医疗机构中用于改善抑郁和焦虑症状，但其同时也指出需要更多高质量的试验来严格验证其效果。可能的原因之一是研究对象仅为通过自行问卷测试并招募的“抑郁患者”，并未经过严格的临床诊断。此外，包括观察性研究在内，大多数研究的样本量都低于 150 人。这对试验的可信度造成较大影响。因此，未来两类会话代理需要更多严谨的试验验证。当前会话代理在抑郁症诊疗方面的研究仍缺乏对各类筛查信息和治疗方案差异的深入探究和严谨验证。

4.2 提升用户满意度

更智能的自然语言处理能力可以减少理解错误和内容重复，改善用户体验。在治疗方案的选择中，虽然人们更倾向于个性化指导，但行为数据表明，自主选择与算法推荐的混合应用模式能够激发更高的用户参与度^[33]。不同人群拥有不同的文化属性^[34]，满足用户的个性化需求需通过融入语言和非语言的文化特征来实现，如提供基于文化背景定制的对话内容，或利用具身会话代理（通过表情和身体手势）来传达情感。此外，多平台、可移动设备的对话功能进一步提升了服务的可及性^[35]。在临床中，医护人员对患者表达的同理心，有助于帮助医护人员建立良好的治疗关系，为治疗改变提供基础，会话代理的同理心有相似效果，TESS、WYSA 明确具有此功能，使用户获得被理解的感受^[17-18]。在一项社交媒体医患问答的研究中，会话代理在问题解答的质量和同理心表达方面的得分分别是医生的 3.6 倍和 9.8 倍^[36]。本研究主要通过主题分析来评价会话代理的同理心，未来研究可尝试构建评价会话代理同理心表达能力的机制或量表。隐私安全问题对用户的使用意愿有着不容忽视的影响^[37]，然而，目前对该领域仍缺乏足够的重视。尽管有研

究^[38]表明,在移动健康应用程序中使用游戏化和激励措施能够有效提升药物依从性等,但在心理治疗移动应用中,游戏化的应用仍存在争议。此外,纳入文献也未能探究游戏化内容在提升满意度和激励作用方面的具体效果^[39]。

4.3 抑郁症人工智能会话代理开发建议

未来应用于抑郁症的人工智能会话代理应具备以下特征。一是能够部署在多个可移动终端,保障用户隐私安全,除了与用户对话,还能通过多个数据库(如电子病历、社交媒体追踪)和设备(如可穿戴设备、智能手机)来获取信息。二是整合信息并识别。三是根据生活事件、情绪问题和文化背景(如生活事件应对、人际关系处理、不良情绪应对等),智能推荐个性化的心理治疗。四是通过与用户的对话提供实时适应性建议(如接受药物治疗或面对面的医疗救助)。五是拥有自伤自杀预防机制,当用户表达自杀、自伤想法时及时呼叫紧急联络人和医疗机构。六是诊疗功能一体,实现筛查治疗闭环。

5 结语

人工智能会话代理可以通过提高医疗保健服务效率来降低医疗保健成本^[40]。会话代理在抑郁症筛查和提供及时、个性化的心理治疗方面拥有巨大潜力,但当下的会话代理多处于开发阶段,纳入的研究存在功能验证不严谨、差异探究不深入和评价机制不全面的问题。未来的人工智能会话代理应该被设计成智能化、个性化、多平台、可移动、隐私化并能建立良好诊疗关系的应用程序。

作者贡献: 罗强强负责研究设计、论文撰写与修订;黄佳慧、李敏负责文献检索、论文修订;马茹、姜青菡负责数据分析;李菁负责论文审核与修订。

利益声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

1 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分

会,等. 抑郁症基层诊疗指南(实践版·2021) [J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20 (12): 1261 – 1268.

- 2 HASIN D S, SARVET A L, MEYERS J L, et al. Epidemiology of adult DSM – 5 major depressive disorder and its specifiers in the United States [J]. JAMA psychiatry, 2018, 75 (4): 336 – 346.
- 3 MALHI G S, OUTHRED T, HAMILTON A, et al. Royal Australian and New Zealand college of psychiatrists clinical practice guidelines for mood disorders: major depression summary [J]. The medical journal of Australia, 2018, 208 (4): 175 – 180.
- 4 THAPAR A, EYRE O, PATEL V, et al. Depression in young people [J]. Lancet, 2022, 400 (10352): 617 – 631.
- 5 GUIDI J, FAVA G A. Sequential combination of pharmacotherapy and psychotherapy in major depressive disorder: a systematic review and meta – analysis [J]. JAMA psychiatry, 2021, 78 (3): 261 – 269.
- 6 WAUMANS R C, MUNTINGH A, DRAISMA S, et al. Barriers and facilitators for treatment – seeking in adults with a depressive or anxiety disorder in a western – European health care setting: a qualitative study [J]. BMC psychiatry, 2022, 22 (1): 165.
- 7 ALLOUCH M, AZARIA A, AZOULAY R. Conversational agents: goals, technologies, vision and challenges [J]. Sensors, 2021, 21 (24): 8448.
- 8 MERCADO J, ESPINOSA – CUIEL I E, MARTINEZ – MIRANDA J. Embodied conversational agents providing motivational interviewing to improve health – related behaviors: scoping review [J]. Journal of medical internet research, 2023, 12 (25): e52097.
- 9 仇如霞, 顾艳红. 范围综述报告规范 (PRISMA – ScR) 的解读 [J]. 中国循证医学杂志, 2022, 22 (6): 722 – 730.
- 10 TOTO E, TLACHAC M L, RUNDENSTEINER E A. AUDIBERT: a deep transfer learning multimodal classification framework for depression screening [C]. New York: The 30th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, 2021.
- 11 FLORES R, TLACHAC M L, TOTO E, et al. Audiface: multimodal deep learning for depression screening [C]. Worcester: Machine Learning Research, 2022.
- 12 KAYWAN P, AHMED K, MIAO Y, et al. DEPRA: an early depression detection analysis chatbot [C]. Melbourne: International Conference on Health Information Science, 2021.

- 13 EGEDE J O, PRICE D, KRISHNAN D B, et al. Design and evaluation of virtual human mediated tasks for assessment of depression and anxiety [C]. New York: The 21st ACM International Conference on Intelligent Virtual Agents, 2021.
- 14 FITZPATRICK K K, DARCY A, VIERHILE M. Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): a randomized controlled trial [J]. JMIR mental health, 2017, 4 (2): e19.
- 15 FULMER R, JOERIN A, GENTILE B, et al. Using psychological artificial intelligence (Tess) to relieve symptoms of depression and anxiety: randomized controlled trial [J]. JMIR mental health, 2018, 5 (4): e64.
- 16 HE Y, YANG L, ZHU X, et al. Mental health chatbot for young adults with depressive symptoms: a single-blind, three-arm, randomized controlled trial [J]. Journal of medical internet research, 2022, 24 (11): e40719.
- 17 INKSTER B, SARDA S, SUBRAMANIAN V. An empathy-driven, conversational artificial intelligence agent (Wysa) for digital mental well-being: real-world data evaluation mixed-methods study [J]. JMIR mhealth and uhealth, 2018, 6 (11): e12106.
- 18 KLOS M C, ESCOREDO M, JOERIN A, et al. Artificial intelligence-based chatbot for anxiety and depression in university students: pilot randomized controlled trial [J]. JMIR formative research, 2021, 5 (8): e20678.
- 19 LIU H, PENG H, SONG X, et al. Using AI chatbots to provide self-help depression interventions for university students: a randomized trial of effectiveness [J]. Internet interventions, 2022, 1 (27): 100495.
- 20 ROMANOVSKIY O, PIDBUTSKA N, KNYSH A. Elomia chatbot: the effectiveness of artificial intelligence in the fight for mental health [EB/OL]. [2024-02-11]. <https://ceur-ws.org/Vol-2870/paper89.pdf>.
- 21 SCHROEDER J, WILKES C, ROWAN K, et al. Pocket skills: a conversational mobile web app to support dialectical behavioral therapy [C]. Montreal: The 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2018.
- 22 MOUDATSOU M, STAVROPOULOU A, PHILALITHIS A, et al. The role of empathy in health and social care professionals [J]. Healthcare, 2020, 8 (1): 21-35.
- 23 PACHECO-LORENZO M R, VALLADARES-RODRIGUEZ S M, ANIDO-RIFON L E, et al. Smart conversational agents for the detection of neuropsychiatric disorders: a systematic review [J]. Journal of biomedical informatics, 2021, 1 (13): 103632.
- 24 陈晓婷, 李实. 对话情绪识别综述 [J]. 计算机工程与应用, 2023, 59 (3): 33-48.
- 25 KUMAR G, DAS T, SINGH K. Early detection of depression through facial expression recognition and electroencephalogram-based artificial intelligence-assisted graphical user interface [J]. Neural computing and applications, 2024, 3 (6): 6937-6954.
- 26 HUANG X, FANG W, YUAN G, et al. Depression recognition using voice-based pre-training model [J]. Scientific reports, 2024, 14 (1): 12734.
- 27 WANG Y, WANG J, LIU X, et al. Detecting depression through gait data: examining the contribution of gait features in recognizing depression [J]. Frontiers in psychiatry, 2021, 7 (12): 661213.
- 28 FAURHOLT-JEPSEN M, BUSK J, ROHANI D A, et al. Differences in mobility patterns according to machine learning models in patients with bipolar disorder and patients with unipolar disorder [J]. Journal of affective disorders, 2022, 7 (36): 246-253.
- 29 LI W, WANG Q, LIU X, et al. Simple action for depression detection: using kinect-recorded human kinematic skeletal data [J]. BMC psychiatry, 2021, 21 (1): 205.
- 30 ASENSIO-CUESTA S, BLANES-SELVA V, CONEJERO A, et al. A user-centered chatbot to identify and interconnect individual, social and environmental risk factors related to overweight and obesity [J]. Informatics for health and social care, 2022, 47 (1): 38-52.
- 31 CHIAPPELLI J, KVARTA M, BRUCE H, et al. Stressful life events and openness to experience: relevance to depression [J]. Journal of affective disorders, 2021, 29 (5): 711-716.
- 32 LIM S M, SHIAU C, CHENG L J, et al. Chatbot-delivered psychotherapy for adults with depressive and anxiety symptoms: a systematic review and meta-regression [J]. Behavior therapy, 2022, 53 (2): 334-347.
- 33 PIERITZ S, KHWAJA M, FAISAL A A, et al. Personalised recommendations in mental health apps: the impact of autonomy and data sharing [EB/OL]. [2024-02-11]. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3411764.3445523>.

(下转第 28 页)

- ing [J]. International journal of environmental research and public health, 2022, 19 (14): 8445.
- 16 CHANG G C, CHIU C H, YU C J, et al. Low - dose CT screening among never - smokers with or without a family history of lung cancer in Taiwan: a prospective cohort study [J]. Lancet respiratory medicine, 2024, 12 (2): 141 - 152.
- 17 TANG F H, FONG Y W, YUNG S H, et al. Radiomics - clinical AI model with probability weighted strategy for prognosis prediction in non - small cell lung cancer [J]. Bio-medicines, 2023, 11 (8): 2093.
- 18 LEVI M, LAZEBNIK T, KUSHNIR S, et al. Machine learning computational model to predict lung cancer using e-lectronic medical records [J]. Cancer epidemiology, 2024, 92 (10): 102631.
- 19 ALTUHAIFA F A, WIN K T, SU G X. Predicting lung cancer survival based on clinical data using machine learning: a review [J]. Computers in biology and medicine, 2023, 165 (10): 107338.
- 20 EMAMINEJAD N, QIAN W, GUAN Y B, et al. Fusion of quantitative image and genomic biomarkers to improve prognosis assessment of early stage lung cancer patients [J]. IEEE transactions on biomedical engineering, 2016, 63 (5): 1034 - 1043.
- 21 MARZANO L, DARWICH A S, TENDLER S, et al. A novel analytical framework for risk stratification of real - world data using machine learning: a small cell lung cancer study [J]. CTS - clinical and translational science, 2022, 15 (10): 2437 - 2447.
- 22 ADAMS S J, STONE E, BALDWIN D R, et al. Lung cancer screening [J]. Lancet, 2023, 401 (10374): 390 - 408.
- 23 王兰荣, 王晓翠, 曹旻, 等. 郑州市肺癌早期筛查患病风险横断面研究 [J]. 实用医学杂志, 2024, 40 (15): 2154 - 2160.
- 24 NUNEZ E R, ZHANG S Q, GLICKMAN M E, et al. What goes into patient selection for lung cancer screening? Factors associated with clinician judgments of suitability for screening [J]. American journal of respiratory and critical care medicine, 2024, 209 (2): 197 - 205.
- 25 孟诚, 邬芝雅, 冯继锋. 肺结节风险分层评估的研究进展 [J]. 中国现代医生, 2023, 61 (26): 141 - 144.
- 26 MCDOWELL A, KANG J, YANG J, et al. Machine - learning algorithms for asthma, COPD, and lung cancer risk assessment using circulating microbial extracellular vesicle data and their application to assess dietary effects [J]. Experimental and molecular medicine, 2022, 54 (9): 1586 - 1595.

(上接第 15 页)

- 34 CHOWDHARY N, JOTHEESWARAN A T, NADKARNI A, et al. The methods and outcomes of cultural adaptations of psychological treatments for depressive disorders: a systematic review [J]. Psychological medicine, 2014, 44 (6): 1131 - 1146.
- 35 LARANJO L, DUNN A G, TONG H L, et al. Conversational agents in healthcare: a systematic review [J]. Journal of the American medical informatics association, 2018, 25 (9): 1248 - 1258.
- 36 AYERS J W, POLIAK A, DREDZE M, et al. Comparing physician and artificial intelligence chatbot responses to patient questions posted to a public social media forum [J]. JAMA internal medicine, 2023, 183 (6): 589 - 596.
- 37 GOTZL C, HILLER S, RAUSCHENBERG C, et al. Artificial intelligence - informed mobile mental health apps for young people: a mixed - methods approach on user' and stakeholders' perspectives [J]. Child and adolescent psychiatry and mental health, 2022, 16 (1): 86.
- 38 TRAN S, SMITH L, EL - DEN S, et al. The use of gamification and incentives in mobile health apps to improve medication adherence: scoping review [J]. JMIR mhealth and uhealth, 2022, 10 (2): e30671.
- 39 CHENG V, DAVENPORT T, JOHNSON D, et al. Gamification in apps and technologies for improving mental health and well - being: systematic review [J]. JMIR mental health, 2019, 6 (6): e13717.
- 40 TOPOL E J. High - performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence [J]. Nature medicine, 2019, 25 (1): 44 - 56.