

AI 驱动的游戏能否提升 ASD 儿童的干预效果？——基于 11 篇实验或准实验研究的元分析

Can AI-powered games enhance the effectiveness of interventions for children with ASD? — —A Meta-analysis of 11 Experimental or Quasi-experimental Studies

赵家瑶, 逯行*

浙江师范大学教育学院

*1020352929@qq.com

【摘要】 迄今, 面向自闭症谱系障碍 (ASD) 儿童的游戏化干预形式日益多样, 技术介入深化。然而, 该领域的系统性梳理主要聚焦于干预目标或游戏类别, 缺乏 AI 驱动游戏视角。本研究检索截至 2025 年 11 月的八个数据库, 纳入 AI 技术游戏干预 ASD 儿童的文献。采用三阶元分析探寻文献异质性, 并通过调节变量分析其来源, 统计游戏化元素出现频率及干预目标效应。结果表明, AI 驱动的游戏整体上对 ASD 儿童产生显著正向效应 ($g = 0.528, p < 0.01$), 尤以注意力+社交复合型干预目标效果最为突出。此外, 研究进一步解析异质性的成因, 归纳出四类核心游戏化元素, 为后续研究提供参考。

【关键词】 游戏化; 自闭症谱系障碍; 人工智能; 元分析

Abstract: To date, gamified interventions for children with autism spectrum disorder have become increasingly diverse, with deepening technological integration. However, systematic reviews in this field have primarily focused on intervention goals or game categories, lacking an AI-driven game perspective. This study retrieved literature on AI-based game interventions for children with ASD from eight databases up to November 2025. Using a three-level meta-analysis, study examined heterogeneity and identified its moderators. The frequency of gamification elements and the effects on intervention goals were statistically assessed. Results show AI-based games yield a significant overall positive effect ($d = 0.528, p < 0.01$), especially for attention & social composite intervention goals. Furthermore, the study identifies four core gamification elements and analyzes the causes of heterogeneity, providing a reference for future research.

Keywords: Gamification, Autism Spectrum Disorder, Artificial Intelligence, Meta-analysis

基金项目: 浙江省自然科学基金 (NO. QN25F020030)

1. 引言

自闭症谱系障碍 (ASD) 以社会交往障碍为特征, 具体表现为在共情、行为模仿、社会互惠以及高阶认知等方面受限, 进而呈现出刻板性和限制性行为 (Gepner & Féron, 2009)。截至 2021 年, 全球范围内 10-24 岁青少年群体中, 自闭症在伤残调整生命年指标中位列第十一。虽然, 目前针对自闭症的疗法尚不确切 (Wang et al., 2025)。但是, 技术的进步为 ASD 儿童的干预提供全新的策略与方法, 以提升 ASD 儿童的日常生活自理能力、社交技能等。基于已有研究发现 50% 的 ASD 青少年倾向于选择电子游戏作为娱乐方式 (Kuo et al., 2013), 游戏

化干预已被广泛应用于自闭症儿童的治疗程序，且整体应用趋势不断攀升。然而，却鲜有研究从 AI 技术驱动的游戏视角出发进行系统性梳理。所谓 AI 驱动的游戏就是其游戏运行的底层逻辑是机器学习技术、自然语言处理、神经脑芯片、智能机器人和计算机视觉（Xing et al., 2026）等前沿技术。这些技术应用能识别儿童的学习轨迹以及学习路径上的知识元素，提供精准性反馈以适应儿童个性化学习，增强儿童的体验感；而非桎梏于传统的算法逻辑。

目前，AI 驱动下的游戏已被应用于对 ASD 儿童干预的实证研究中。由此来看，亟须对该细分领域上的研究进行系统梳理，全面评估 AI 驱动游戏的干预效能。故本研究主要探讨的研究问题如下：（1）基于 AI 的游戏中的游戏化元素主要有哪些？（2）基于 AI 的游戏对 ASD 儿童各方面的干预效果如何？

2. 方法

2.1 文献检索策略

研究以"ASD" "Games" "AI" "artificial intelligence" "game-based"等为关键词、主题词在 Scopus、PubQuest、ScienceDirect、Web of Science、IEEE、Springer、Engineering Village、ERIC 共八个数据库中进行检索。将检索年限设为自建库至 2025 年 11 月。共计检索出 1277 篇文献。

2.2 文献纳入标准与提取编码

本研究将得到的 1277 篇文献先剔除不可获取文献 769 篇以及重复性文献 101 篇；剔除非实验研究类的文献 253 篇，与研究问题无关的文献 23 篇；剔除游戏化干预非 AI 技术的 110 篇；剔除无/不能计算效应量的文献，最后获取 11 篇。本研究进一步对所纳入的 11 篇文献如图 4 所示进行主题信息提取与编码。

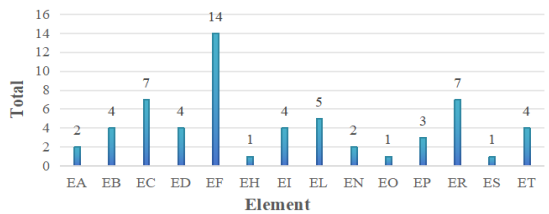
2.3 数据处理

本研究共纳入 11 篇文献，合计产生 34 个效应量，即同一研究中存在多个效应量指标，故采用三阶元分析的方法。研究首先使用 CMA 3.7 版软件计算并转换出校正后效应量 *Hedges'g*。随后，在 R 环境下开展数据处理工作。

3. 结果

3.1 游戏化元素

本研究在 Wang 等学者（Wang et al, 2025）提出的游戏原有要素的基础上进行了扩展与补



充，形成了包含十四个具体要素的完整游戏化模型（图 5），并统计各游戏元素的频率。在统计分析中，出现频率超过 50%的游戏化元素主要有反馈、奖励、关卡。

主题	提取要素		
研究描述项	文献第一作者、年份	研究对象	平均年龄、样本量
干预时长	干预频率（高频、低频、中频）、干预周期（≤3周、3-6周、6-9周、9-12周、12-18周）		
研究设计	非随机对照试验（NRCT）、随机对照实验（RCT）、单组前后测（PREPOS）		
游戏化元素	一级指标	二级指标	
	动态元素	个性化（EP）、奖励（ER）、合作（EO）、互动（EN）、机器人（EH）	
	情境元素	真实生活情境（EL）、叙事（ET）	
	构建元素	反馈（EF）、监测（ES）、模仿（EI）、关卡（EC）、战（EB）、动态调整（ED）	
	其他	家长参与（EA）	
干预目标	一级指标	二级指标	
	情绪调节与情绪障碍	情绪识别与表达（DE）、焦虑（DN）	
	社交与沟通	社交技能（DS）、沟通技能（DC）、互动（DI）	
	计算科学	注意力（DA）	
AI技术	机器学习（TM）、动态调整（TD）、深度学习（TL）、神经反馈（TS）、适应学习技术（TA）、计算机视觉（TV）		
测量工具	调查问卷（SURV）、量表（SCALE）、行为观察（OBSERVE）、硬件设备（DEVICE）、行为表现（BEHAVE）		

图 4 文献编码方案表

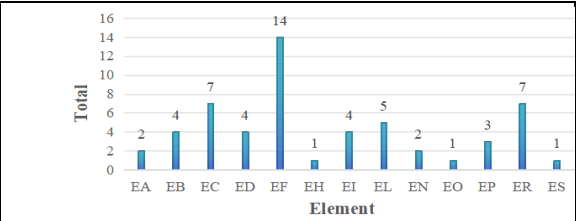


图 5 各游戏化元素统计图

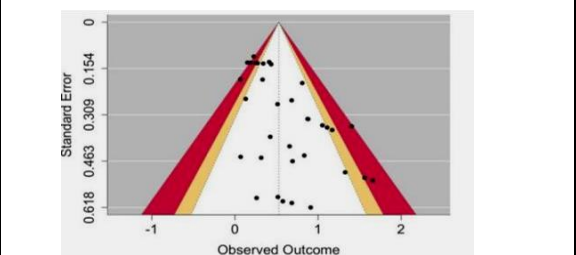


图 6 发表偏倚漏斗图

3.2 发表偏倚检验

本研究共纳入 11 篇文献，累计提取 34 个效应量。为评估发表偏倚，绘制了漏斗图（图 6），该图中的效应量大体对称分布于总效应两侧，未出现明显的左右偏斜，且进一步计算的失安全系数 N 为 1660，显著大于经验阈值 $5 \times K + 10$ ($K = 34$)，亦支持偏倚不存在的结论。综合视觉评估与失安全系数的定量检验，可认为本研究未出现显著的发表偏倚。

3.3 主效应分析和异质性检验

主效应检验结果显示，AI 驱动的游戏对 ASD 儿童的疗效呈中等效应量水平，即 $Hedges' g = 0.528$ ，标准误 $= 0.095$ ，其中 95%CI 置信区间为 $[0.335, 0.721]$ 。异质性检验表明， Q 检验统计量显著 ($p < 0.001$)，提示总体效应存在显著异质性。层级异质性分解结果为：抽样误差为 42.83%，文献内部的方差为 0.00， P 为 0%，未检出显著异质性，文献间的方差为 0.069 ($p < 0.001$)， P 为 57.17%。上述结果表明异质性主要来源于文献间的差异，而文献内部的异质性可以忽略。

3.4 调节效应检验

研究进一步考察研究设计、干预目的、干预频率、测量工具、AI 技术的调节作用。调节效应检验结果表明（图 7 图 8），研究设计 ($F(2, 31) = 1.21$, $p = 0.312$)、干预目的 ($F(5, 24) = 1.42$, $p = 0.25$)、测量工具 ($F(4, 29) = 0.39$, $p = 0.81$)、干预频率 ($F(2, 31) = 0.99$, $p = 0.38$) 的调节效应均未达显著水平。相反，AI 技术 ($F(4, 29) = 9.23$, $p < 0.01$) 的调节效应显著，表明 AI 技术在本研究中发挥了重要调节作用。由于仅有单一调节变量呈显著效应，故本研究未对调节变量之间的多重共线性进行检验。

调节变量	E S	Hedges' g	95% 置信区 间	β	Omnibus test	P	方差·level2 方差·level3
研究设计					F(2, 31) = 1.21	0.31	0.00 0.07***
随机对照实验	5	0.36*	0.00, 0.73				
非随机对照实验	13	0.75***	0.38, 1.11	0.38			
单组前后测	16	0.51***	0.24, 0.79	0.145			
干预目的					F(5, 24) = 1.42	0.25	0.00 0.15***
注意力	4	0.67*	0.11, 1.23				
注意力+社交	2	0.96*	0.08, 1.84	0.29			
焦虑	2	0.20	-0.65, 1.05	-0.47			
互动	3	-0.19	-0.97, 0.58	-0.86*			
沟通	4	0.65	-0.07, 1.37	-0.02			
情绪识别与表达	15	0.60**	0.20, 0.99	-0.07			
测量工具					F(4, 29) = 0.39	0.81	0.00 0.07***
行为表现	1	0.51	-0.28, 1.30				
设备	2	0.53	-0.01, 1.07	0.02			
行为观察	7	0.74**	0.27, 1.21	0.23			
问卷	8	0.36	-0.04, 0.76	-0.15			
量表	16	0.55**	0.24, 0.87	0.04			

图 7 各调节效应检验结果

调节变量	E S	Hedges' g	95% 置信区 间	β	Omnibus test	P	方差· 方差·
干预频率					F(2, 31) = 0.99	0.38	0.00 0.06**
低频	19	0.44**	0.19, 0.69				
中频	13	0.71***	0.38, 1.03	0.27			
高频	2	0.40	-0.24, 1.04	-0.04			
AI 技术					F(4, 29) = 9.23	<0.0	0.00 0.00
自适应学习技术	3	0.83***	0.53, 1.13				
机器学习	1	0.41**	0.14, 0.68	-0.42*			
神经反馈	2	0.20	-0.08, 0.47	-0.63*			
计算机视觉+深度学习	11	0.95***	0.71, 1.20	0.12			
计算机视觉	17	0.30***	0.20, 0.39	-0.54*			

Note: ES=效应量数量; β =估计回归系数; Var:level 2=子组内方差; Var:level 3=子组间方差; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

图 8 各调节效应检验结果（续图）

4. 讨论

4.1 AI 驱动游戏的游戏化元素探析

游戏化元素能够以其任务吸引力增强儿童的在线行为参与，提升学习绩效；然而 ASD 儿童认知资源的界限并不同一，不同游戏设计元素在效果上存在相互加强或抵消，导致每个游戏化项目的结果并非都是成功的。因此，应当把对游戏化元素的观察视角从整体转向局部，对不同游戏化元素予以明确界定。反馈、奖励、关卡这三类游戏化元素的占比最高，真实生活情境、叙事、模仿、挑战、动态调整这五类游戏化元素占比位于中部，反映游戏化元素比较重视叙事实际生活场景中，鼓励儿童模仿、复刻观察到的景象，并根据儿童的表现调整游戏难度。在众多游戏化元素中，本研究将高于 30% 的元素：反馈、奖励、真实生活情境、关卡视为核心游戏元素。这四个核心元素的具体特征为：反馈旨在向教育者、研究者提供有关 ASD 儿童的表现和状态信息，及时调整任务情境，适配 ASD 儿童的练习节奏。奖励通过游戏系统使用积分、解锁皮肤等表达对 ASD 儿童当前行为表现的认可程度 (Hallifax et al., 2020)，以激励儿童保持某一游戏行为。真实生活情境在于将技能训练放置于学校、家庭、咖啡馆等情境中，通过引起儿童的共鸣来加快儿童对面部表情、沟通、注意力等技能的理解和应用。关卡通过设计不同难度和内容的任务环节，为 ASD 儿童提供循序渐进的技能训练框架，确保训练内容与儿童发展水平动态匹配。

4.2 AI 驱动游戏对干预目标的影响

本研究纳入的这些文献既有聚焦于单一干预目标的，也有涵盖了多干预目标的方案。各干预目标的效应量分析显示，以注意力基准时，其效应量 $g = 0.67$ ($p < 0.05$)，说明单纯聚焦注意力的干预能够产生中等偏上的正向效应。而社交技能融入注意力维度形成复合目标，进一步提升效应量至 0.96 且显著。表明在注意力训练的基础上加入社交技能训练能够显著放大干预效果。相反，专注于互动技能的干预却呈现负向调节 ($\beta = -0.86$, $g = -0.19$)，显示单纯的互动训练在本样本中可能削弱整体效应。其他目标如注意力、沟通的效应量虽未达到统计显著，但方向均为正；情绪识别与表达 ($g = 0.60$, $p < 0.01$) 的检验结果虽相对基准略有下降，但仍保持中等效应。

上述结果与 ASD 儿童的核心缺陷特征相吻合：ASD 儿童的缺陷特征落于社交沟通与情感表达方面，所以在情绪识别与表达研究上的数量会比较多，尝试在此类维度上寻找治疗 ASD 儿童社交沟通和情感的突破口且最终取得的成效显著。此外，注意力是提升 ASD 儿童干预效果的入口，也是影响 ASD 儿童最重要的技能之一 (Mehmood et al., 2021)。尤其是 ASD 儿

童在注意力分配、持续或者转移上的受限会直接限制其语言、社交、认知等能力的多维发展路径 (Todd & Bahrick, 2023)。

4.3 局限

本研究首先收集了 AI 驱动的游戏在 ASD 儿童干预的实证研究文献,但由于当前学者们所设计的针对 ASD 儿童的 AI 驱动游戏实证研究并不多,鉴于部分文献受限于获取渠道且多数文献并没有提供相应数据,这可能会导致研究结果不具有普适性。

5. 结论

本研究采用三阶元分析方法,对自建库以来收录的有关“AI 驱动的游戏干预 ASD 儿童行为”的实证研究文献进行系统检索、筛选和综合评估,检验出文献异质性主要源于文献间的差异。通过调节效应检验显示出 AI 技术是导致文献间存在异质性的原因。研究还识别出四大核心游戏化元素并探讨出当前针对 ASD 儿童的干预在“注意力+社交”上产生明显改善作用。

参考文献

- Gepner, B., & Féron, F. (2009). Autism: A world changing too fast for a mis-wired brain? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1227–1242.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.06.006>
- Govender, T., & Arnedo-Moreno, J. (2021). An Analysis of Game Design Elements Used in Digital Game-Based Language Learning. *Sustainability*, 13(12), 6679.
<https://doi.org/10.3390/su13126679>
- Hallifax, S., Lavoué, E., & Serna, A. (2020). To tailor or not to tailor gamification? An analysis of the impact of tailored game elements on learners' behaviours and motivation. *Lecture Notes in Computer Science*, 12163, 216–227. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_18
- Hong, Y., Saab, N., & Admiraal, W. (2024). Approaches and game elements used to tailor digital gamification for learning: A systematic literature review. *Computers & Education*, 212, 105000.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105000>
- Kuo, M. H., Orsmond, G. I., Cohn, E. S., & Coster, W. J. (2013). Friendship characteristics and activity patterns of adolescents with an autism spectrum disorder. *Autism*, 17(4), 481–500.
<https://doi.org/10.1177/1362361311416380>
- Mehmood, F., Mahzoon, H., Yoshikawa, Y., et al. (2021). Attentional behavior of children with ASD in response to robotic agents. *IEEE Access*, 9, 31946–31955.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056211>
- Todd, J. T., & Bahrick, L. E. (2023). Individual differences in multisensory attention skills in children with autism spectrum disorder predict language and symptom severity: Evidence from the multisensory attention assessment protocol (MAAP). *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53, 4685–4710. <https://doi.org/10.1007/s10803-022-05752-3>
- Wang, T., Ma, H., Ge, H., et al. (2025a). The use of gamified interventions to enhance social interaction and communication among people with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 165, 105037.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105037>
- Xing, X., Zhang, Z., & He, W. (2026). AI technology, AI narrative, and firm value. *Technovation*, 149, 103349. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2025.103349>