

# 人机协同教学对学生学习效果的影响\*



——基于 43 项实验与准实验研究的元分析

徐振国<sup>1</sup> 王悦<sup>1</sup> 谢万里<sup>1</sup> [通讯作者] 党同桐<sup>1</sup> 费建翔<sup>2</sup>

(1. 曲阜师范大学 传媒学院, 山东日照 276826;

2. 曲阜师范大学 教育学院, 山东曲阜 273165)

**摘要:** 当前, 教育数字化转型助推人机协同教学的研究与实践日渐增多, 但其对学生学习效果的影响尚存争议。为此, 文章采用元分析方法, 对国内外 43 篇实验和准实验研究文献进行分析, 发现人机协同教学对学习效果具有中等正向影响, 并且对能力层面的影响更为显著。之后, 文章将学段、学科、知识类型、协同形式作为调节变量, 检验了调节变量的调节效应, 并根据元分析结果提出了有效开展人机协同教学的建议。文章通过研究, 旨在发挥人机协同教学的最佳效用, 推动人工智能与教育教学的深度融合。

**关键词:** 人机协同教学; 学习效果; 元分析; 教育数字化

【中图分类号】G40-057 【文献标识码】A 【论文编号】1009—8097(2024)02—0033—10 【DOI】10.3969/j.issn.1009-8097.2024.02.004

在人工智能赋能教与学的现实背景下, 强调人类智慧与机器智能融合共生, 在协作中发挥各自优势以实现“混合增强智能”, 并致力于促进教育数字化转型和提升学生核心素养的人机协同教学得到日益重视。智能教学系统、教育机器人、教育智能体等机器智能作为虚拟助教、学习同伴、智能导师等角色与教师协同教学, 能够为学习者营造学习情境、规划学习路径、推荐学习资源、提供问题解答等, 可实现精准、自适应、个性化的交互式学习, 并促使教育教学走向智能化、协同化、高效化的新阶段。此外, 人机协同教学近年来也频繁出现于美国教育传播与技术协会(Association for Educational Communications and Technology, AECT)年会、美国教育研究协会(American Educational Research Association, AERA)年会、全球华人计算机教育应用大会(Global Chinese Conference on Computers in Education, GCCCE)等国际会议上各国学者研讨的话题之中。由此可见, 在人工智能浪潮的持续渗透及影响下, 人机协同教学已然成为教育教学研究与实践的新风向, 是教育数字化转型的应然形态, 其重要性日益凸显。但与此同时, 人机协同教学在实际应用中的成效问题愈加受到关注, 成为教育技术和教育人工智能领域的研究要点。虽然人机协同教学的研究与实践日渐增多, 然而关于此种教学方式是否对学生的学习效果具有显著影响的问题, 迟迟没有定论, 并且缺乏对人机协同教学效果进行全面而系统的整理与分析。基于此, 本研究采用元分析方法, 梳理和解析人机协同教学的实证研究成果, 并探究人机协同教学对学生学习效果的影响, 以为相关研究提供借鉴, 使人工智能更好地服务于教育教学, 为学生高阶思维能力的培养提供支撑与帮助。

## 一 文献综述

为验证人机协同教学对学生学习效果的影响, 部分学者开展了教学实践, 并通过实验或准实验的方法进行研究, 但由于自变量、因变量以及对干扰变量的控制程度存在差异, 其研究结论并不相同。目前, 研究结论主要有以下三种:

①人机协同教学对学生的学习效果有显著积极影响。例如,梁云真等<sup>[1]</sup>以小学信息技术课为例进行准实验研究,研究结果表明实验组学生计算概念、计算实践和计算观念的水平相比对照组学生得到显著提升,人机协同精准教学有利于培养学生的计算思维。②人机协同教学对学生的学习效果有显著消极影响。例如,Hsiao 等<sup>[2]</sup>探究智能机器人 iRobiQ 作为学习伙伴、学习工具与学生进行双向互动对阅读素养的影响,通过对学生阅读理解能力、讲故事能力、单词识别能力、故事复述能力的测验发现,有 iRobiQ 辅助学习的实验组学生的讲故事能力低于没有智能工具支持的对照组。③人机协同教学对学生的学习效果没有显著影响。例如,Roscoe 等<sup>[3]</sup>选取 141 名高中生作为研究对象,在学生的写作训练中让智能辅导系统 Writing Pal 全程参与,评估实验前后作品的各项指标后发现,智能辅导系统的运用对作品质量没有显著影响,无法得出其提升了学生写作能力的结论。

综上所述,国内外已有较多人机协同教学实践的研究,但人机协同教学的效果尚存争议,所得结果并不一致,其研究结论值得去深度剖析和挖掘,以便从中得到启示,进而提升学习效果,推进教育数字化转型和教育教学的高质量发展。鉴于此,本研究将对国内外关于人机协同教学的实验与准实验研究进行元分析,探究人机协同教学对学习效果的整体影响,并揭示调节变量对学习效果的调节效应,从而根据研究结论提出适切性建议,为教育数字化转型视域下的人机协同教学提供参考。

## 二 研究设计

### 1 文献检索

本研究首先在国内外文献数据库中检索以“人机协同教学”为主题的相关文章,中文文献的主要来源为中国知网,在该数据库内以“人机协同”“人工智能”“机器人”“教学”“双师课堂”“智能教学”“智能辅导系统”“思维”“能力”“学习效果”等为关键词进行单独检索或组合检索;英文文献则来源于 Springer、ERIC、Web of Science、Elsevier Science Direct、ProQuest 等数据库,以“Human-machine co-teaching”“Human-computer co-teaching”“Robot”“Artificial intelligence”“Dual-teacher teaching”“Intelligent Tutoring System”“Intelligent teaching”“Learning outcomes”“Learning effect”“Learning achievements”等为关键词进行检索。检索的文献类型包括期刊论文、学位论文、国际会议论文,但为了保证研究的质量和可靠性,选取的论文主要为核心期刊论文、硕博学位论文以及具有一定影响力的会议论文。然后,本研究采用“滚雪球”方式,再次检索首轮检索所得文献中的参考文献,以确保文献检索的全面性。最终,本研究共检索到中英文文献 1321 篇,将重复的文献删除后,得到中英文文献 1094 篇。

### 2 文献筛选

为进一步对已检索到的文献进行更为细致的深度筛选,确定符合研究条件的文献样本,本研究制定了以下文献筛选标准:①研究内容涉及人机协同教学对学习效果的影 响,剔除偏离研究主题的无效文献;②研究方法为实验或准实验,自变量为各种形式的人机协同教学,因变量为学习效果,删除文献综述、理论探讨、软件开发等类型文献;③研究需设置实验组和对照组,比较学习效果的差异,去除仅有前测和后测结果,没有对照实验的研究;④研究应包含计算效应值所需的数据,如实验组与对照组的平均值、样本数、标准差、均值差、 $t$  值、 $p$  值等数据。筛选过后,得到符合以上标准的文献共 43 篇,包括 11 篇中文文献和 32 篇英文文献,共得到 74

个效应量（其中部分实验与准实验研究包括多个效应量）。因 30 篇及以上的文献样本数量为进行元分析的较优选择，所以该研究样本满足数量要求，元分析结果具有信服力。

### 3 文献编码

本研究根据 Bloom 的教学目标理论，将因变量学习效果归为认知、能力与情感三个维度。然后，将学段、学科、知识类型、协同形式设为本研究的调节变量。其中，学段包括学前、小学、中学、大学、跨学段 5 个类别；根据所纳入文献涉及的教学领域，本研究将学科大致编码为理工、体艺、人文和其他 4 个类型；知识类型则根据 Anderson 对知识的描述，分为讲述事物原理和关系的陈述性知识和突出技能掌握、操作实践的程序性知识<sup>[4]</sup>；协同形式方面，高琼等<sup>[5]</sup>认为人机协同教学主要包括有形的人机协同教学、无形的人机协同教学、混合人机协同教学三种形式，本研究以此为依据对人机协同教学形式进行编码。由于检索到的混合人机协同教学的研究文献未能满足研究样本的筛选原则，因此人机协同教学形式被编码为有形的人机协同教学和无形的人机协同教学两种。调节变量的编码情况如表 1 所示。团队中的两名研究者在专家指导下进行独立编码，Kappa 系数值为 0.896，说明编码结果的信度良好。

表 1 调节变量的编码情况

编码对象	编码情况
学段	学前；小学；中学（初中、高中）；大学（专科、本科）；跨学段
学科	理工（数学、生物、计算机等）；体艺（体育、美术、音乐等）； 人文（英语、语文、教育学等）；其他
知识类型	陈述性知识；程序性知识
协同形式	有形的人机协同教学；无形的人机协同教学

### 4 研究方法

本研究通过元分析方法，首先对以人机协同教学效果为研究主题的实验与准实验研究执行编码操作，然后从中提取样本数、均值、标准差等数据来计算效应值，并通过效应值的大小来评估人机协同教学对学习效果的影响程度。同时，本研究使用差异类效应值来衡量实验效应强度，Cohen's d、Hedges's g 是研究中常用的差异类效应值，相较而言，针对小样本的研究 Hedges's g 值可以更好地纠正研究的统计误差<sup>[6]</sup>，因此选择 Hedges's g 作为本研究的效应值。此外，本研究采用界面清晰直观、简单易操作的 Comprehensive Meta-Analysis 3.0 作为元分析工具。

## 三 研究结果

### 1 出版偏倚和异质性检验

#### (1) 出版偏倚检验

本研究采用直观明了的漏斗图、在小样本研究中有较高统计检验力的 Egger's 检验以及失安全系数 (Fail-safe Number) 来评估出版偏倚情况<sup>[7]</sup>。图 1 为本研究得到的出版偏倚检验漏斗图，可以看出，代表研究样本效应量的点均匀地散布在合并效应值所在中轴线的两侧，呈对称样，且多数集中于漏斗图的中上部分，初步表明研究样本基本不存在出版偏倚。考虑到通过目测方式得出的结果可能会出现偏差，因此本研究继续采用 Egger's 检验和失安全系数进行评估，经过计算，本研究中  $t$  值=1.372<1.96， $p$  值=0.178>0.05，并且失安全系数为 3377，远高于临界值

$5K+10$  ( $K$  表示效应量数目), 表明研究样本不存在出版偏倚情况, 研究获得的效应值较为稳固, 研究结论能够正确反映真实情况。

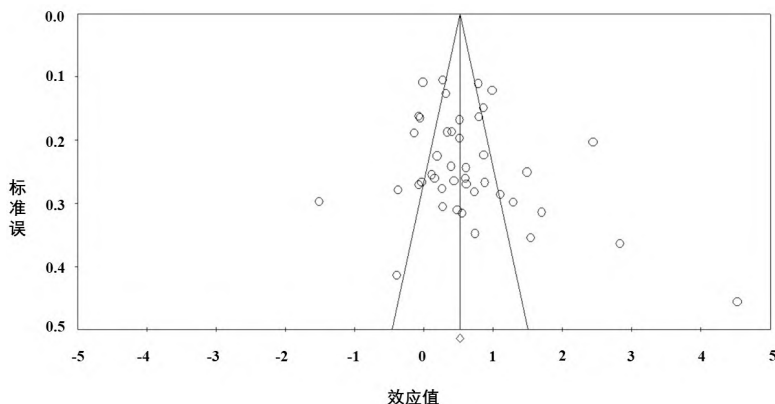


图 1 出版偏倚检验漏斗图

## (2) 异质性检验

Q 检验和  $I^2$  检验为异质性检验的常用方法。其中, Q 检验是假设所有研究具有同质性, 其结果主要关注  $p$  值, 如果  $p$  值大于 0.1, 表示研究同质, 反之则说明异质性存在。 $I^2$  统计量反映了非随机误差的真正异质性在效应量总的变异中所占的比率, Higgins 等<sup>[8]</sup>指出可将 25%、50%、75%作为低、中、高异质性的临界值。经过计算, 本研究得到表 2 所示的结果,  $p=0.000<0.1$ ,  $I^2=90.432\%$ , 表明异质性检验达到显著水平且为高异质性。在此情形下, 本研究选用随机效应模型进行合并效应值的计算, 防止其偏离真实值而造成偏倚, 使结果更加具有真实性, 靠近无偏推断。

表 2 人机协同教学对学习效果整体的影响

模型	样本量	合并效应值 (Hedges's g)	95%置信区间		渐进		异质性检验			
			下限	上限	z 值	p 值	Q	df	p	$I^2$
固定效应模型	43	0.523	0.463	0.583	17.062	0.000	Q	df	p	$I^2$
随机效应模型	43	0.624	0.423	0.824	6.084	0.000	438.977	42	0.000	90.432%

## 2 人机协同教学对学习效果的影响

### (1) 人机协同教学对学习效果整体的影响

效应值又称效应量, 根据 Cohen<sup>[9]</sup>提出的标准, 0.2 为小的效应值, 0.5 为中的效应值, 0.8 为大的效应值。效应值越大, 表示效应越强, 也就是影响越显著。由表 2 可知, 本研究所选择的随机效应模型的合并效应值 (0.624) 达到显著水平 ( $p<0.001$ ), 并且合并效应值在 0.5~0.8 之间, 为中度效应值, 视为中等影响。随机效应模型的 95%置信区间为[0.423, 0.824], 不包含 0, 说明人机协同教学对学习效果的影响可能不是偶然发生的。简而言之, 人机协同教学对学习效果具有显著且积极的中等程度的影响, 即人工智能支持的人机协同教学可有效促进学生的学习

效果，对学生学习成绩的提高和学习质量的提升有所助益。

### (2) 人机协同教学对学习效果各维度的影响

本研究从认知、能力、情感三个维度深度剖析人机协同教学对学习效果的影响，经过计算，得到表3所示的结果，认知维度、能力维度、情感维度的合并效应值分别为0.601、0.953、0.783，均在0.001水平上显著。可见，人机协同教学无论是在认知习得层面、能力提升层面还是情感唤醒或维系层面，均具有显著影响。相较而言，人机协同教学对能力维度的影响水平要更高，具有高度影响作用，而在认知与情感层面相对较弱，影响程度处于中等水平。进一步观察组间效应，得到 $QBET=2.489$ ， $p=0.288>0.05$ ，结果显示并不存在显著差异，可见人机协同教学对认知、能力、情感层面的影响作用基本相同。

表3 人机协同教学对学习效果各维度的影响

维度	效应数	合并效应值 (Hedges's g)	95%置信区间		渐进		组间效应
			下限	上限	z 值	p 值	
认知	40	0.601	0.387	0.814	5.517	0.000	QBET=2.489 ( $p=0.288$ )
能力	20	0.953	0.528	1.377	4.396	0.000	
情感	14	0.783	0.486	1.079	5.169	0.000	

### 3 调节效应检验与分析

本研究对学段、学科、知识类型、协同形式等四个调节变量进行调节效应检验，经过计算，得到表4所示的结果。

表4 调节效应检验结果

调节变量	维度	样本量/ 效应数	合并效应值 (Hedges's g)	95%置信区间		渐进		组间效应
				下限	上限	z 值	p 值	
学段	学前	2	0.483	0.159	0.806	2.926	0.003	QBET=4.292 ( $p=0.368$ )
	小学	11	0.909	0.500	1.318	4.537	0.000	
	中学	10	0.500	0.227	0.773	3.588	0.000	
	大学	18	0.599	0.173	1.026	2.753	0.006	
	跨学段	2	0.249	-0.343	0.842	0.825	0.409	
学科	理工	17	0.899	0.540	1.237	4.998	0.000	QBET=4.201 ( $p=0.241$ )
	体艺	4	0.558	0.263	0.853	3.703	0.000	
	人文	14	0.403	0.058	0.748	2.293	0.022	
	其他	8	0.488	0.042	0.933	2.146	0.032	
知识类型	陈述性	34	0.526	0.336	0.716	5.472	0.000	QBET=4.801 ( $p=0.028$ )
	程序性	40	0.910	0.624	1.196	6.236	0.000	
协同形式	有形	17	0.946	0.615	1.278	5.593	0.000	QBET=6.182 ( $p=0.013$ )
	无形	26	0.419	0.168	0.670	3.268	0.001	

### (1) 人机协同教学对不同学段学习效果的影响。

由表 4 可知, 小学阶段的 Hedges's  $g=0.909 > 0.8$ , 属于大的效应值, 且  $p$  值在 0.001 水平上显著, 表明人机协同教学对小学阶段学生的学习效果存在正向高度影响; 而在学前阶段(Hedges's  $g=0.483$ ,  $p=0.003$ )、中学阶段(Hedges's  $g=0.500$ ,  $p=0.000$ )和大学阶段(Hedges's  $g=0.599$ ,  $p=0.006$ ), 该教学方式对学生学习效果的影响同样显著, 有积极作用, 处于中度影响水平; 至于跨学段(Hedges's  $g=0.249$ ,  $p=0.409$ ), 合并效应值虽显示其对学生的学习效果具有一定的影响, 但由于其  $p$  值远大于临界值 0.05, 因此不具有统计学意义。而学段的组间效应(QBET=4.292,  $p=0.368 > 0.05$ )显示, 组间差异未达到显著水平, 表明学段不会对人机协同教学下学生的学习效果产生影响, 不同学段对应的学习效果没有差异。

### (2) 人机协同教学对不同学科学习效果的影响

由表 4 可知, 人机协同教学对理工类学科学习效果的影响远超过其他类别, Hedges's  $g=0.899 > 0.8$ , 具有统计学意义( $p=0.000$ ), 且达到高度影响水平; 对体艺类学科的影响作用次之, Hedges's  $g=0.558$ , 同样具有统计学意义( $p=0.000$ ), 对学习效果起到中度的正向影响; 人文类学科(Hedges's  $g=0.403$ )与归属为其他类别的学科(Hedges's  $g=0.488$ )相似, 该教学方式对学习效果有中等程度影响, 并在 0.05 水平上显著。学科的组间效应(QBET=4.201,  $p=0.241 > 0.05$ )显示, 人机协同教学对不同学科学生的学习效果均具有积极作用, 并不存在显著差异。

### (3) 人机协同教学对不同知识类型学习效果的影响

由表 4 可知, 程序性知识对应的 Hedges's  $g$  值高达 0.910, 陈述性知识的 Hedges's  $g$  值与之相比较小, 仅为 0.526, 但都表明人机协同教学对学生的学习效果存在显著影响, 并且达到了统计学上的显著水平( $p=0.000 < 0.001$ ), 其中对程序性知识学习效果的影响更为显著。知识类型组间效应(QBET=4.801,  $p=0.028 < 0.05$ )显示, 针对不同的知识类型, 人机协同教学的学习效果并不相同, 且差异显著。

### (4) 人机协同教学不同协同形式对学习效果的影

由表 4 可知, 有形的人机协同教学和无形的人机协同教学都对学生的学习效果有显著的促进作用, Hedges's  $g$  值分别为 0.946、0.419,  $p$  值小于 0.01, 其影响具有统计学意义。此外, 协同形式的组间效应(QBET=6.182,  $p=0.013 < 0.05$ )显示, 学生的学习效果在不同的人机协同教学形式下呈现出明显的差异性。根据两种协同形式的 Hedges's  $g$  值可以发现, 在课堂教学中有形的人机协同教学对学生学习效果的作用强度要高于无形的人机协同教学。

## 四 结论与建议

### 1 研究结论

#### (1) 人机协同教学对学习效果有正向影响

研究结果证实, 人机协同教学对学生学习效果具有中等程度影响, 可以有效促进和提升学生的学习成效, 肯定了人机协同教学在教育教学中的应用价值。就学习效果的各维度而言, 人机协同教学下学生的知识水平有所提高, 同时对于其计算思维能力、问题解决能力、协作和沟通能力、创新和创造力等具有促进作用, 学生的学习动机、学习兴趣、学习积极性、学习愿望等亦能被激发。认知方面, 人机协同教学可以实现智能诊学、智慧助学、精准评学、个性导学等, 为学习过程提供全面支撑, 启迪学生智慧, 并有助于学生成绩的提升与认知内容的掌握。

能力方面,人机协同可为教育教学提供多样化的真实问题情境,有助于培养学生的知识迁移能力、问题解决能力,并可对学习过程智能监测和评估,对学生进行引导,促使学生进行反思,增强其批判思维能力、元认知能力等;又因智能工具的桥梁作用,生生间、师生间的交流和协作愈加顺畅,协作机会增多,交互方式也更多元,在合作学习中提升协作能力。所以说,人机协同教学可对学生各项高阶思维能力的培养有重要的促进作用。

情感方面,人机协同教学的精准评测与适时干预使学生得以在最近发展区内学习知识和解决问题,既有挑战,也有成就感,进而提升自我效能感;同时,能推动学生形成学习动机,改变学习态度,维持学习的动力<sup>[10]</sup>。与普通教学相比,具有强互动性、高趣味性的人机协同教学可提高学生的学习兴趣和学习投入,从而使学生进入心流状态。因此,人机协同教学得以通过调节非认知的学习情感进而改善学习效果,实现深度学习。

### (2) 学段、学科对学习效果不起调节效应

学段层面上,人机协同教学对各个学段学习效果的影响不存在显著差异,但相较而言小学阶段利用人机协同教学更有效。本研究认为,小学生对新鲜事物充满好奇和期待,且思维活跃,学习热情较高,但自主学习能力较弱,因此迎合学生心理特点,并可满足学习需求、弥补元认知能力不足的人机协同教学在小学取得良好成效。中学与大学阶段的学生心智更为成熟,认知技能达到一定水平,有更高的自我管理能力和个性化强,学习诉求差异性大,自我意识突出<sup>[11]</sup>,学习内容更具思辨性和挑战性,但对智能工具的好奇心和探索欲弱,使人机协同教学对学习成果的影响相对较低。

学科层面上,人机协同教学对各个学科的学习效果均有正向影响,且学科间的差异性不显著。虽无显著差异,但从研究结果可以看出,理工类的学习效果稍高于体艺类、人文类学科,出现这细微差别的原因可能是后两类学科需要更多人类智慧的参与,人机协同的独特优势在其中起到的作用有限。体艺类学科(如美术)的学习注重创造性的发挥和自我感知的注入,人文类学科(如语文)则需在交流互动中调动情感的发生进行创作,往往通过教师的经验进行思想性、个性化的指导可取得更优的效果,而对于程序化更强的理工类学科的知识内容,通过智能工具或智能设备的辅助,学生获得的认知结果更理想。

### (3) 知识类型、协同形式对学习效果起调节效应

知识类型层面上,人机协同教学对不同类型知识的学习均有显著影响,但对程序性知识的作用效果更胜一筹。陈述性知识主要包括理论、概念以及事物间的联系等,学习起来较为抽象,人机协同教学虽可通过智能工具将其以直观形象、易于理解的方式传递给学生,但又因其枯燥、乏味的知识特点容易对其学习效果产生负面影响。程序性知识是解决“做什么”和“怎么做”的知识,分为智慧技能、动作技能和认知策略,强调智适应推送、深层次交互、智慧引领的人机协同教学是赋能认知技能、思维能力有效提升的重要方法,动作技能与心智技能相辅相成,人机协同教学对程序性知识的学习具有独特优势。

协同形式层面上,两种协同形式的人机协同教学对学生而言均有积极正向的影响,其中无形的协同形式对学习效果的提升作用远低于有形的协同形式,且差异明显。究其原因,一方面,有形的人机协同中的“机”在教学过程中往往以教师、同伴等角色存在,在协助教师进行个性化、精准化教学的同时还能够给学生提供一定的情感支持,以便缓解孤独感,唤起学生积极的学习情感;另一方面,无形的人机协同教学主要通过学习分析技术,挖掘学习行为数据和网络

日志数据,协同教师对学习过程实行精准有效的干预,但学生与智能软件间的交互较为被动或停留在浅层交互,导致学习效果提高方面的预期未达到理想结果。

## 2 研究建议

为了更大程度地挖掘人机协同教学在提升学生学习效果方面的价值,本研究结合上述研究结论,提出以下建议:

### (1) 增强学生的智慧学习力,提升学习效果

通过研究发现,人机协同教学对学习效果整体的影响作用处在中度程度水平,且存在进一步提升的空间。学生是教育的出发点,亦是人机协同教学的落脚点。人机协同教学不同于信息技术教育应用的传统模式,其推动了使信息技术与教育教学从融合应用迈入创新发展,满足了学生的差异化学习需求,为学生全面而有个性的发展带来了更多可能。人机协同教学环境下,学生利用智能软件或智能硬件助力学习能力和素养的提升是提高学习效果的关键,因此可以通过对学生智慧学习力的培养,深化学习效果:首先,可以加强智能工具在日常教学中的应用,培养学生的适应性和自觉性,提升数字胜任力和数字素养,使其逐步具备进行人机协同学习的能力;其次,教师要引导学生养成使用智能软件或智能硬件的正确态度,提高学生的自控能力,防止过度依赖和滥用,产生负向作用;再者,帮助学生明晰学习目标、制定学习策略、选择学习方法等,关注学生在人机协同教学环境下的自我觉察、自我调节能力;最后,自我评价、自我反思在人机协同教学过程中也同样重要,教师可通过智能工具的反馈促使学生进行有效反思和总结。学生智慧学习力的增进,能够使其树立学习的“主体意识”<sup>[12]</sup>,享受人机协同教学提供的伴随式、科学化、精准化学习支持服务,挖掘自身学习潜能,提升高阶思维能力。

### (2) 提高“机器”的智能水平,满足多元需求

正如研究结论所述,在中高等教育阶段,随着学生学习能力和自我认知水平的提高,其学习需求也更具差异性,此时人机协同教学的优势并不明显,效果水平距离期望尚有差距。从此点出发,首先,可进一步在智能软件或智能硬件中融入边缘计算、情感计算、数据挖掘等技术,多通道采集学习数据,精准觉察学习进程,构建更为完善的学生画像,凸显人机协同教学的优势,以更全面透彻地了解分析学生,并据其认知、情感、行为等特点,给予適切且具有针对性的资源推荐、路径生成和评价反馈,满足中高等阶段学生高阶学习的需要<sup>[13]</sup>。其次,可以将人工智能深度融入教学全过程,提高智能工具或智能设备的智能化水平,如在符合伦理要求的前提下,以学生和教师为对象,通过智能感知设备采集听觉、视觉、知觉等多感官数据,分析生理、心理、行为等多维度信息,从学生自身状态和教师行为对学生的影响等多层面开展学情分析,在适切的时间为学生提供精准学习干预。最后,通过前沿智能技术赋能的人机协同教学,人机优势得以充分发挥,智能工具可提供即时的反馈与指导、丰富的学习资源与工具、个性化的学习路径与评价;教师束缚的“双手”得以解放,使其可以承担情感性、启发性、创新性的工作,并将关注点从学生的外部行为转向情感、思维、能力等内部层面,有益于满足学生个性化、多元化、差异化的学习需求,提高学习效率。

### (3) 构建適切的人机协同教学模式,推进学科应用

通过研究发现,在讲授不同的学科和知识类型时,人机协同教学的学习效果存在差异,并且目前人机协同教学实践应用相对较少。在鼓励理工类学科和程序性知识开展人机协同教学的同时,也需思考人文类学科和陈述性知识学习效果略差的原因——这虽与学科知识的特征有关,

但更重要的是缺少適切的人机协同教学模式。人机协同教学并不是简单地将智能软件或智能硬件应用于教学,还需配以与学段、学科、知识类型相适的教学模式、教学方法、教学策略和学习资源,进而提高学习效果,拓展应用的学科范围和知识领域。具体而言,教师可根据不同的学生特点、教学目标、学科特性、知识类型积极探索具有针对性的人机协同教学模式,并形成贴合实际并具有特色的教学设计,如针对人文、社科等概念性强的学科,需强化情境的创设,加强人机交互,并给予即时反馈,以适当弥补知识的乏味性,调动学生的学习情绪,从而提高学生的学习动机和学习兴趣,优化学生的学习结果和学习体验。面对逻辑性强的理工类学科,要强调协同交流和成果分享,可以开拓思维、强化创新创造水平;另外,还需根据学科要求、知识特点等,对用于开展人机协同教学的智能工具、智能设备、学习资源进行持续完善和更新,助力创建具有智能化、个性化、品质化特征并能满足师生需求的人机协同教学环境,以便促进人机协同教学在教学实践中的推行和应用。

#### (4) 探索和谐的人机协同形式,实现双向赋能

与传统的信息技术支持的教学不同的是,人机协同教学的重心在于“协同”二字,强调人机在教与学过程中的和谐、合作、协调和同步。不论是有形的还是无形的人机协同教学形式,人机所扮演的角色都同等重要,不可顾此失彼,左支右绌。根据研究结论,无形的人机协同教学形式更要重点关注此问题,应以适宜的角色分工消除因协同形式带来的学习效果差异。因此,要明确以教师、学生为代表的“人”和以智能软件、智能硬件等为代表的“机”各自的定位与任务,分别发挥其自身的最佳优势,双向赋能,达到“1+1>2”的效果。其中,教师和智能工具方面,智能工具的感知、决策、执行等能力正逐渐加强,但其在逻辑思维、情感交流、创造力等方面始终无法赶超人类,因此人机协同教学绝不是以“机”代替教师,而是建立一种“人-机”协作关系,形成与智能技术优势互补的人机协同架构<sup>[4]</sup>。学生与智能工具方面,学生作为学习活动的主体,是人机协同教学的践行者和受益者,智能工具要根据学生的学习需要进行功能设计,满足学生的个性化需求,在提供全方位、全过程、全天候支撑的同时,转变单一的支持者角色定位,成为学生学习的合作者、促进者、启发者;学生要提高数字素养,明确是在协同学习过程中跟随“机”的引导充当接受者,还是自我意识占主导扮演知识建构者的角色。

## 参考文献

- [1]梁云真,刘瑞星,任丽玲.面向计算思维培养的人机协同精准教学模式研究——以小学六年级信息技术课“丝绸之路大闯关”为例[J].现代教育技术,2022,(3):51-60.
- [2]Hsiao H S, Chang C S, Lin C Y, et al. “iRobiQ”: The influence of bidirectional interaction on kindergarteners' reading motivation, literacy, and behavior[J]. Interactive Learning Environments, 2015,(3):269-292.
- [3]Roscoe R D, McNamara D S. Writing Pal: Feasibility of an intelligent writing strategy tutor in the high school classroom[J]. Journal of Educational Psychology, 2013,(4):1010-1025.
- [4](美)约翰·安德森著.秦裕林,程瑶,周海燕译.认知心理学及其启示[M].北京:人民邮电出版社,2012:450.
- [5]高琼,陆吉健,王晓静,等.人工智能时代人机协同课堂教学模式的构建及实践案例[J].远程教育杂志,2021,(4):24-33.
- [6]Hedges L V. Distribution theory for Glass's estimator of effect size and related estimators[J]. Journal of Educational

Statistics, 1981,(2):107-128.

[7] Egger M, Smith G D, Phillips A N. Meta-analysis: Principles and procedures[J]. The British Medical Journal, 1997,(7121):1533-1537.

[8] Higgins J P T, Thompson S G, Deeks J J, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses[J]. The British Medical Journal, 2003,(7414):557-560.

[9] Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)[M]. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988:26.

[10] 徐振国,赵春雨,王悦,等.智慧学习环境下大学生深度学习的影响因素[J].现代教育技术,2023,(1):58-65.

[11] 王辞晓,徐珺岩,郭利明,等.多场景人机协同在线教学评价框架研究——基于层次分析法和熵权法的分析[J].现代教育技术,2023,(1):74-82.

[12] 王一岩,郑宁,郑永和.智慧学习力:概念内涵与结构模型[J].电化教育研究,2022,(7):19-26.

[13] 徐振国,刘志,党同桐,等.教育智能体的发展历程、应用现状与未来展望[J].电化教育研究,2021,(11):20-26、33.

[14] 王良辉,夏亮亮,何文涛.回归教育学的精准教学——走向人机协同[J].电化教育研究,2021,(12):108-114.

### The Influence of Human-machine Cooperative Teaching on Students' Learning Effect

—A Meta-analysis Based on 43 Experimental and Quasi-Experimental Studies

XU Zhen-Guo<sup>1</sup>    WANG Yue<sup>1</sup>    XIE Wan-Li<sup>1</sup>[Corresponding Author]    DANG Tong-Tong<sup>1</sup>    FEI Jian-Xiang<sup>2</sup>

(1. School of Communication, Qufu Normal University, Rizhao, Shandong, China 276826;

2. College of Education, Qufu Normal University, Qufu, Shandong, China 273165)

**Abstract:** At present, the research and practice of human-machine cooperative teaching promoted by the digital transformation of education is increasing, but its impact on students' learning effect is still controversial. Therefore, the paper adopted the meta-analysis method to analyze 43 experimental and quasi-experimental research literature from home and abroad. The results showed that human-machine cooperative teaching had a moderate positive impact on learning effect, and the impact on the ability level was more significant. Then, the paper took learning segment, subject, knowledge type and cooperative form as the moderating effects, examined the moderating effects of the moderating variables. Meanwhile, based on the results of the meta-analysis, the paper proposed some suggestions for effective human-machine cooperative teaching. Through the research, the paper was expected to give full play to the best utility of human-machine cooperative teaching and promote the deep integration of artificial intelligence with education and teaching.

**Keywords:** human-machine cooperative teaching; learning effect; meta-analysis; education digitalization

\*基金项目: 本文受国家自然科学基金青年科学基金项目“学习画面情感对学习情感的影响机制及其自适应调整方法研究”(项目编号: 62007020)、教育部人文社会科学研究青年基金项目“数字化转型背景下中小学教师技术焦虑纾解策略研究”(项目编号: 23YJC880153)、山东省高等学校青创科技支持计划(项目编号: 2022RW080)资助。

作者简介: 徐振国, 副教授, 博士, 研究方向为教育人工智能, 邮箱为 xu.zhen.guo@163.com.

收稿日期: 2023年6月14日

编辑: 小时