

增强现实技术能提升学习效果吗？

——基于46项国际研究的元分析

张梦洁, 刘峰

(南京邮电大学教育科学与技术学院, 江苏南京 210023)

摘要:增强现实(AR)作为一种新兴的教育技术手段,其在教育教学中的推广与应用备受国内外学者关注,但此技术能否提升学生学习效果一直是颇具争议的问题。鉴于此,采用元分析方法对近10年来国际上有关增强现实技术对学习效果的实证文献进行梳理与量化分析,系统审查增强现实技术对学生学习效果的实际影响。研究发现,从整体来看,AR技术对提升学习效果具有显著的促进作用($ES=0.63$);从学习环境来看,AR在校内实验室的应用效果最佳($ES=0.80$);从学段来看,AR在高职和高中阶段对学习效果的提升最为显著($ES=1.01$);从学科来看,AR对物理、科学、医学和数学学科的学习具有中等偏上水平的影响($ES=0.64$);从教学方法来看,AR与探究发现法的结合对学习效果的调节效应最强($ES=1.13$)。基于以上结论,对AR技术在教育教学中的应用提出以下建议:①基于不同学习环境设计与开发适用性AR应用;②结合学科特征遴选科学、合理的教学方法;③研发面向不同学段的AR教学资源和学习支持系统。

关键词:增强现实技术;学习效果;实证文献;元分析;调节效应

DOI: 10.11907/rjtk.212020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



中图分类号:G434

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2022)001-0062-07

Can Augmented Reality Technology Improve Learning Effects? —Meta-Analysis Research Based on 46 International Studies

ZHANG Meng-jie, LIU Feng

(School of Educational Science and Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: Augmented reality (AR) is an emerging educational technology, and its promotion and application in education and teaching has attracted the attention of scholars at home and abroad, but whether this technology can improve students' learning effects has always been a controversial issue. In view of this, this research adopts meta-analysis methods to comb and quantitatively analyze the international empirical literature on the impact of augmented reality technology on learning effects in the past ten years, and systematically examine the actual impact of augmented reality technology on students' learning effects. The study found that: on the whole, AR technology has a significant role in improving learning effects ($ES=0.63$); from the perspective of learning environment, AR has the best application effect in the school laboratory ($ES=0.80$); from the school stage In view of this, AR has the most significant impact on the learning effect at the higher vocational and high school level ($ES=1.01$); from the subject point of view, AR has an upper-middle-level impact on the learning of physics, science, medicine and mathematics ($ES=0.64$); From the perspective of teaching methods, the combination of AR and discovery method has the strongest moderating effect on learning effects ($ES=1.13$). Based on the above conclusions, this research proposes the following suggestions for the effective application of AR technology in education and teaching: First, design and develop appropriate AR applications based on different learning environments; second, select scientific and reasonable teaching methods based on subject characteristic; Third, research and develop AR teaching resources and learning support systems for different stages of learning.

Key Words: augmented reality technology; learning effect; empirical literature; meta-analysis; moderating effect

收稿日期:2021-08-07

基金项目:江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX21_0828)

作者简介:张梦洁(1995-),女,南京邮电大学教育科学与技术学院硕士研究生,研究方向为AR/VR等新兴技术支持下的教学;刘峰(1964-),男,博士,南京邮电大学教育科学与技术学院教授,研究方向为图像处理与网络视频通信、高速DSP与嵌入式应用系统设计、虚拟现实等领域的理论与关键技术。

0 引言

增强现实技术(Augmented Reality, AR)是在虚拟现实基础上发展起来的新兴技术,其允许用户看到真实世界以及融合于真实世界之中的虚拟对象,进而拓展了用户与现实互动的体验^[1]。作为一种新兴的教育技术手段,增强现实技术在教育教学中的应用也越来越深入,引发了教育界持久的探索与争鸣。2019年2月,中共中央办公厅等联合发布《加快推进教育现代化实施方案(2018-2022年)》,指出要加速建设和开发国家虚拟仿真实验教学项目以推动我国教育信息化变革。随着更多学校将AR引入课堂教学,AR对学生学习效果的影响成为国内外学术界关心的热点问题^[2]。目前针对AR技术能否提升学生学习效果的研究呈现两类截然不同的结论:一是AR技术对提升学习效果具有显著正向影响^[3-5],二是AR技术对学生学习效果没有显著的促进作用^[6-7]。

研究结论的不统一,致使研究者和教育工作者不得不思考3个现实问题:一是在教学中使用AR技术到底能不能产生更好的学习效果?二是哪些变量影响AR对学生学习效果的调节效应?三是在教育教学如何正确嵌入AR技术才能有效发挥其潜在的能供性?

围绕上述3个现实问题,本研究拟采取元分析方法,对近10年来国际上有关AR对学生学习效果影响的实证文献进行综合分析。通过计算平均效应值,系统评估AR对学生学习效果的实际影响,并扩大样本筛选范围,引入学习环境、学段、学科领域等调节变量以深入分析AR应用于教学的潜在条件,同时给出改善AR在教育中应用效果的建议,为AR赋能教育信息化发展提供参考借鉴。

1 相关文献综述

1.1 增强现实技术

增强现实技术的概念最早是由Caudell等^[8]于1992年提出的,即指通过头戴式显示器扩展用户视野的技术。Azuma^[1]于1997年对此定义进行了拓展与丰富,认为增强现实技术通过将计算机生成的虚拟对象融合于现实世界中,从而使用户看到补充现实。Milgram等^[9]则进一步定义了真实环境与虚拟环境之间的连接关系,对真实和虚拟元素的组合方式进行分类。如图1所示,环境范围是从完全真实的环境到完全虚拟的环境,基于此,增强现实是更接近于真实环境的一端,即增强现实“增强”了用户的现实体验^[9]。增强现实相较于虚拟现实具有3个关键技术要素:融合真实世界与虚拟对象、对位匹配虚拟与现实场景信息、实现人机交互。综上所述,增强现实技术允许用户看到真实世界以及融合于真实世界之中的虚拟对象,“增强”了用户与现实互动的体验。

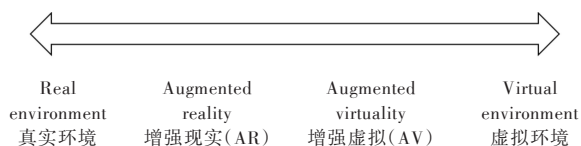


Fig. 1 The connection between real and virtual environment

图1 真实环境与虚拟环境连接关系

1.2 增强现实技术对学习效果影响研究现状

1.2.1 AR技术对提升学习效果具有显著正向影响

国际上部分实证研究显示,AR技术的使用能够显著提升学生的学习效果,这一研究结论成为学术界的主流结论。比如Huang等^[10]使用增强现实技术进行消防教育,并通过对比实验发现,AR技术在改变学生对于消防的态度、促进认知学习以及体验式学习方面更有效;Ekrem等^[11]在小学语文课堂上利用AR进行词汇教学,发现在初级语言课堂上使用AR技术能显著提高学习者的理解能力,并使词汇学习更加有效;Chang等^[12]将AR学习模式应用于自然科学教学,结果发现,基于AR的学习指导模式不仅有利于提升学生的项目绩效,而且增强了其学习动机和群体自我效能感。以上研究均与AR能提升学习效果的研究结论相契合,支持了AR技术赋能教育的观点。

除以上准实验研究外,已有的元分析研究也支持了AR技术能显著提升学习效果的结论。例如Tekedere等^[13]对15项定量研究进行元分析,以探究AR技术在教育中应用的有效性。该研究结果表明,AR技术的应用对学生的学学习能产生积极作用,且合并后的平均效应值为0.67;类似地,Yilmaz等^[6]也评估了AR应用于教学环境中的有效性,通过对12项研究的整合分析,发现AR对提升学生学习效果的效应值为0.36;Garzón^[14]对27项实证研究进行文献综述与元分析,以确定AR应用于教育中的地位、趋势、机会和挑战,计算出AR在学习效果方面的合并效应值为0.64,表明AR可较好地提升学习效果。

1.2.2 AR技术对提升学习效果没有显著作用

另有部分实证研究则表明,AR技术应用于课堂教学对学习效果并无显著促进作用。Cai等^[15]以24名初中生为研究对象,使用AR技术教授凸透镜成像实验,结果发现,实验组和对照组的测试分数不存在显著差异;Michael等^[16]评估了AR系统对大学生物理实验课程的有效性,研究发现AR系统对学生的学业成绩影响并不明显,同时相比于传统课堂,AR系统会导致更高的认知负荷;Chang等^[17]利用AR Flora系统辅助学生的植物学习,研究结果显示,基于AR Flora的学习与传统视频支持下的学习对学生考试成绩并无显著影响。

综上所述,由于实验设计、实验对象、教学内容、AR应用场景等方面差异,AR能否提升学习效果这一问题尚未达成明确、统一的结论,一方面有学者认为AR技术对提升学习效果具有显著正向影响,另一方面有学者则指出AR技术对提升学习效果并无显著影响。目前,大部分研究聚焦于AR技术应用于某一特定领域的有效性,如消防知识教学、语文词汇学习、物理凸透镜成像实验教学、植物教学

等,缺乏从整体上衡量AR的综合效果,并不能系统评估出AR的教育价值。尽管也有一些学者进行了元分析研究^[13-14],但仍存在一定局限性:首先,已有元分析研究样本数量较少,使得研究结果容易受到发表偏倚的影响;其次,因样本数量的限制,这些元分析研究未能深入评估调节变量对AR在教学中应用的潜在影响。

鉴于此,本研究采取元分析方法,将相互独立的研究结果进行整合与量化分析,力图从整体上评估AR对学习效果的影响,同时扩充样本数量以深入分析学段、学科、学习环境等调节变量对AR在教学中应用的潜在影响,从而获得更客观、科学和广泛的研究结论。本研究主要对以下问题进行深度剖析和探讨:

(1)从整体上看,AR技术是否能提升学习效果?

(2)在不同学习环境下,使用AR教学对学习效果的影响是否存在差异?

(3)针对不同学段的学习者,使用AR教学对其学习效果的影响是否存在差异?

(4)针对不同学科领域,使用AR教学对学习效果的影响是否存在差异?

(5)在不同教学方法的干预下,使用AR教学对学习效果的影响是否存在差异?

2 研究方法

2.1 研究方法

本研究采用元分析方法,元分析(Meta-analysis)是指对同一主题、相互独立的一系列实验或准实验研究结果进行综合统计分析,按照一定操作程序抽取所需研究信息,并通过加权处理计算出整合后的合并效应值,从而获得更加客观、科学和广泛的研究结果。

同时,本研究严格按照PRISMA指南进行,并遵循英国心理学家Glass等^[18]提出的元分析操作程序。这一过程要求研究人员:①收集相关研究;②对特征值进行编码;③计算单个研究的效应值;④分析调节变量对效应值的影响。

2.2 研究过程

2.2.1 文献检索

为获得高质量的研究,本文主要以WOS、Google Scholar两大国际权威数据库为数据来源。增强现实技术的检索词为“Augmented Reality Technology”“AR”,学习效果检索词为“Learning Achievements”“Learning Outcomes”“Learning Gains”“Learning Performance”“Learning effectiveness”,组合检索词为“Augmented Reality Technology+ LearningOutcomes”“Augmented Reality Technology+ Learning Achievements”等。

检索区间为2011年1月-2020年12月,文献类别选择article,共检索到1 356篇外文文献。将获得的初始文献导入Excel,剔除重复文献349篇,初步筛选后得到1 007篇文献。

2.2.2 文献筛选

为保证研究过程的严谨性与科学性,本研究制定以下

遴选标准:①属于发表于2011-2020年之间的英文文献;②研究主题为增强现实技术对学生学习效果的影响,文章中需要体现反映学习效果的指标;③研究方法必须是实验或准实验研究;④实验干预为使用或不使用增强现实技术进行教学,必须包含实验组和对照组;⑤研究结果需提供足够多的数据以求得平均效应值,如样本量、平均值及标准差。

严格按照以上筛选标准对检索到的1 356篇文献进行审查,最终得到符合本研究要求的46篇文献作为元分析样本,具体筛选流程如图2所示。

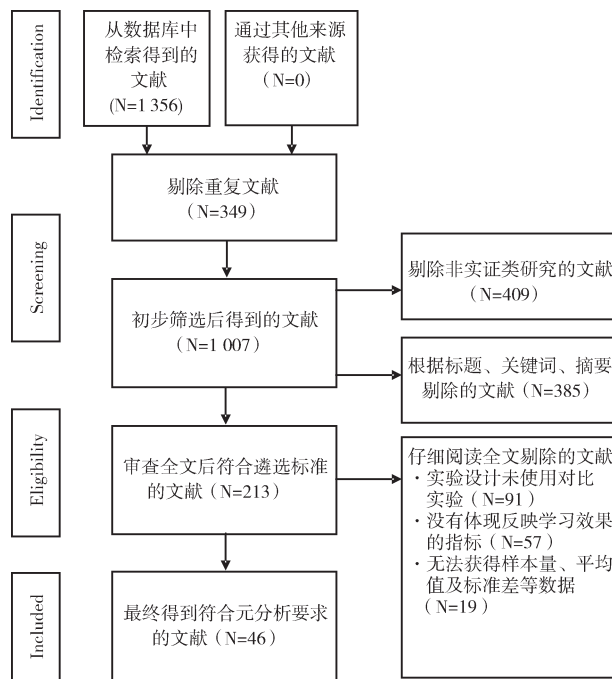


Fig. 2 PRISMA flow for studies selection process

图2 文献筛选PRISMA流程

2.2.3 文献编码

为便于研究与分析,对最终纳入的46篇文献进行特征值编码。根据研究目的,所包含的编码元素如下:作者、发表年份、实验组人数、对照组人数、学习环境、学段、学科、教学方法及实验结果。依据研究结论,本文将实验结果划分为正向影响与无显著差异。具体编码体系如表1所示。

Table 1 Studies coding system

表1 文献编码体系

一级维度	二级维度
学段	a1. 学前; a2. 小学; a3. 初中; a4. 高中; a5. 高职; a6. 大学; a7. 研究生
学科	b1. 自然科学(物理、天文学、生物、数学、化学等)
	b2. 人文与社会科学(历史、英语、教育、文学、艺术等)
	b3. 工程与技术科学(机械工程、土木建筑工程、电子与通信技术等)
	b4. 医药科学(基础医学、临床医学等)
	b5. 农业科学(农学、林学、水产学等)
学习环境	c1. 课堂; c2. 校内实验室; c3. 校外场馆
教学方法	d1. 讲授法; d2. 任务驱动法; d3. 测试/评估法; d4. 探究发现法

为确保编码的严谨性与科学性,本研究由两位教育技术专业的研究生进行双重编码。编码人员针对有异议的地方进行协商讨论、反复校对,以保证编码信息抽取的准确性。文献编码结果如表 2 所示。学习环境中,“L”代表校内实验室,“C”代表课堂,“O”代表校外场馆;教学方法中,“T”代表任务驱动法,“S”代表讲授法,“E”代表测试/评估法,“D”代表探究发现法。

Table 2 Studies coding situation

表 2 文献编码情况

作者	年份	实验组人数	对照组人数	学段	学科	学习环境	教学方法	实验结果
Chen 等	2011	36	36	高职	工程	C	T	正向影响
Tsai	2012	71	45	大学	图书馆	L	T	正向影响
Hsiao 等	2012	119	98	高中	体育	C	E	正向影响
Enyedey 等	2012	43	43	小学	物理	L	T	正向影响
Di Serio 等	2013	55	55	初中	艺术	C	E	正向影响
Lin 等	2013	20	20	大学	物理	C	T	正向影响
Cai 等	2013	24	26	初中	物理	L	D	正向影响
Kamaraine 等	2013	71	71	小学	生物	O	D	正向影响
Chang 等	2013	22	22	初中	科学	C	T	正向影响
Hsiao	2013	47	54	大学	体育	C	E	正向影响
Chang 等	2014	46	45	大学	艺术	O	E	正向影响
Zhang 等	2014	36	34	小学	天文学	O	E	正向影响
Schmitz 等	2014	29	29	初中	化学	C	D	正向影响
Sommeraeue 等	2014	101	101	大学	数学	O	T	正向影响
Ibáñez 等	2014	28	32	高中	物理	C	E	正向影响
Gutiérrez 等	2014	25	22	大学	工程	C	T	正向影响
Lu and Liu.	2015	51	51	小学	科学	C	S	正向影响
Lin ,Chen 等	2015	42	34	初中	数学	L	T	无显著差异
Torregros 等	2015	72	134	大学	医学	L	E	正向影响
Barma 等	2015	160	160	大学	物理	C	T	无显著差异
Wang 等	2015	61	61	高中	物理	C	T	正向影响
Tarnq 等	2015	28	28	小学	天文学	C	E	正向影响
Juan 等	2016	38	38	大学	医学	L	T	无显著差异
Huang 等	2016	14	7	初中	生物	O	D	正向影响
Akçayir 等	2016	38	38	大学	物理	L	T	正向影响
Ibanez 等	2016	32	40	初中	物理	C	S	正向影响
Lee 等	2016	6	6	小学	医学	O	E	正向影响
Tarnq 等	2016	27	28	小学	天文学	C	S	正向影响
Küçük 等	2016	34	36	大学	医学	L	T	正向影响
Safar	2017	21	21	学前	英语	C	S	正向影响
Hsu	2017	20	18	小学	英语	C	S	无显著差异
Mumtaz 等	2017	45	45	高中	科学	O	D	正向影响
TosikGün 等	2017	44	44	小学	数学	C	S	无显著差异
Yi Hsuan Wang	2017	21	21	初中	物理	L	T	正向影响
Muñoz 等	2017	51	51	学前	语文	C	S	无显著差异
Chang 等	2018	56	55	小学	科学	C	S	正向影响
Karagozlu	2018	34	34	大学	建筑	L	T	正向影响

作者	年份	实验组人数	对照组人数	学段	学科	学习环境	教学方法	实验结果
Tarnq and Lu	2018	28	28	小学	天文学	C	E	正向影响
Turan 等	2018	40	45	大学	地理	C	T	正向影响
Aebersold 等	2018	35	34	大学	医学	L	T	正向影响
Medina 等	2019	18	18	高中	数学	C	S	正向影响
Yang 等	2019	26	24	小学	科学	C	S	正向影响
Yip 等	2019	19	19	大学	缝纫	C	T	正向影响
Weng 等	2020	34	34	初中	生物	C	T	无显著差异
Sahin	2020	50	50	初中	科学	L	T	正向影响
Alfadil	2020	32	32	初中	英语	C	E	正向影响

2.2.4 数据分析

为综合衡量 AR 对学生学习效果的影响,本研究采用 Comprehensive Meta-Analysis (CMA) 3.0 软件对数据进行处理与深度剖析。具体操作过程包括发表偏倚检验、异质性分析、合并效应值计算与调节效应检验等。本研究选择 Borenstein 等^[19]提出的两种元分析统计模型计算合并效应值大小,即固定效应模型和随机效应模型。用标准化均差 SMD 评估 AR 对学习效果的影响程度,其中效应值 (Effect Size, ES) 是反映实验效果或变量之间关联程度的统计量。根据 Cohen 提出的效应标准衡量效果,ES < 0.2 表明效果较小,0.2 < ES < 0.8 表明具有中等效果,ES > 0.8 表明效果较为显著^[20]。

3 元分析结果与讨论

3.1 发表偏倚检验

虽然元分析是对相关领域的研究进行较为准确地系统性综合,但也会受到一些因素干扰,如出版偏误、样本偏倚、文献遗漏等。因此,需要元分析研究者对所纳入的文献进行发表偏倚检验,以确保样本具有统计学意义。发表偏倚是指在同类研究中,有统计学意义的研究结果比无统计学意义的研究结果更容易被接受与发表的一种现象,且一般研究样本普遍受到发表偏倚的影响^[19]。漏斗图法 (Funnel plot) 是当前学界普遍用于检验发表偏倚的可视化方法,又称为倒漏斗图法。鉴于此,本研究采用倒漏斗图 (funnel plot) 法检验元分析样本的发表偏倚情况,46 个元分析样本发表偏倚检验漏斗图如图 3 所示。从图中可以看出,本研究包含的 46 个元分析样本以基本对称的方式分布在中线 ES=0.63 的两侧,且研究样本的效应值多集中在倒漏斗的中上方,位于底部的研究较少,说明本研究不存在发表偏倚情况,纳入研究的样本较为可靠。

3.2 AR 对学习效果的整体影响

本研究采用固定效应模型 (Fixed-Effects Models) 和随机效应模型 (Random-Effects Models) 两种元分析统计模型评估 AR 对学生学习效果的整体影响,结果如表 3 所示。通过两种效应模型计算出的效应值均大于 0,意味着 AR 教学对学习效果起着积极正向影响。分析结果显示,异质性检

验中Q值为424.05、 $P < 0.05$ 、 $I^2 = 89.36\%$ ($I^2 > 75\%$),表明样本间异质性较大,故本研究选取随机效应模型以评估AR对学习效果的影响。46个元分析样本的合并效应值为0.63,根据Cohen提出的效应值衡量标准:ES < 0.2表明效果较小,0.2 < ES < 0.8表明具有中等效果,ES > 0.8表明效果较为显著。因此,从整体上看,AR对学生的学习效果具有中等程度的影响,这也与Garzón^[14]等学者的研究结论相契合。

表明AR教学在不同学段对学生学习效果的影响存在差异:在高职(效应值为1.02)和高中阶段(效应值为1.01),AR技术对学习效果的影响最为显著;其次是大学阶段(效应值为0.67),AR技术对学习效果的影响为中等水平;而在学前阶段(效应值为0.39),AR技术对学习效果的影响最弱,处于中等偏下水平。

Table 5 Moderating effect test of school stage

表5 学段调节效应检验

学段	研究数量	效应值	95%置信区间		异质性检验(I ²)	双尾检验		组间效应
			下限	上限		Z值	P值	
学前	2	0.39	0.04	0.75	45%	2.16	0.030	
小学	12	0.58	0.41	0.76	49%	6.34	<0.001	
初中	11	0.45	-0.01	0.91	93%	1.95	0.050	Chi ² =8.71 P=0.042
高中	5	1.01	0.69	1.36	55%	6.06	<0.001	
高职	1	1.02	0.73	1.31	0	6.93	<0.001	
大学	15	0.67	0.28	1.06	92%	3.41	<0.001	

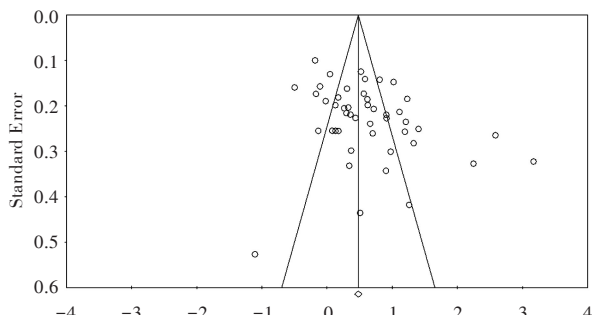


Fig. 3 Funnel plot of publication bias test

图3 发表偏倚检验漏斗图

Table 3 The overall impact of AR on learning effectiveness

表3 AR对学生学习效果的整体影响

效应模型	合并效应值	95%置信区间		异质性检验			
		下限	上限	Q值	I ²	df	P
固定效应模型 (FFEM)	0.48	0.42	0.54	424.05	89.36%	45	0.000
随机效应模型 (REM)	0.63	0.45	0.81				

3.3 调节效应检验

3.3.1 针对不同学习环境,应用AR对学习效果的差异

为进一步探讨AR的应用效果是否受到学习环境这一调节变量的影响,本研究根据实验场所对元分析样本资料进行汇总与分析(编码信息见表2),结果见表4。由表4可知,组间效应 Chi²=6.55, P=0.038 (P<0.05),表明3种不同学习环境对AR的应用效果存在调节作用:校内实验室的调节效应最为明显(效应值为0.80),课堂学习环境次之(效应值为0.61),校外场所的调节效应最弱(效应值为0.48)。

Table 4 Moderating effect test of learning environment

表4 学习环境调节效应检验

学习环境	研究数量	效应值	95%置信区间		异质性检验(I ²)	双尾检验		组间效应
			下限	上限		Z值	P值	
课堂	27	0.61	0.47	0.62	91%	13.71	<0.001	
校内实验室	12	0.80	0.31	0.52	85%	7.87	<0.001	Chi ² =6.55 P=0.038
校外场所	7	0.48	0.21	0.52	87%	4.71	<0.001	

3.3.2 针对不同学段的学习者,应用AR对学习效果的差异

AR应用于不同学段教学,对学生学习效果影响的检验结果如表5所示。组间效应 Chi²=8.71, P=0.042 (P<0.05),

3.3.3 针对不同学科领域,应用AR对学习效果的差异

目前AR在学科教学中的应用较为广泛和深入,为探究AR对不同学科学习效果的影响差异,本研究对元分析样本按学科类别进行特征值编码(编码信息见表2),合并相似学科,最终划分为物理、科学、医学、数学、天文学、生物、英语和其它8类。由表6可知,物理、科学、医学、数学的效应值均大于0.5,且双尾检验(P<0.05)显著,说明AR对这4个学科的学习效果具有积极影响。组间效应 Chi²=8.19, P=0.316 (P>0.05),不具备统计学意义,表明AR对不同学科学习效果的影响不存在显著差异。

Table 6 Moderating effect test of the subject

表6 学科调节效应检验

学科	研究数量	效应值	95%置信区间		异质性检验(I ²)	双尾检验		组间效应
			下限	上限		Z值	P值	
物理	9	0.72	0.37	1.07	85%	4.07	<0.050	
科学	6	0.67	0.36	0.99	68%	4.24	<0.001	
医学	5	0.53	0.29	0.78	89%	4.30	<0.001	
数学	4	0.67	-0.08	1.42	93%	1.74	<0.001	Chi ² =8.19 P=0.316
天文学	4	0.48	0.04	0.93	76%	2.12	<0.001	
生物	3	0.35	0.06	0.64	31%	2.37	0.080	
英语	3	-0.04	-0.65	0.57	68%	-0.11	0.002	
其它	12	0.24	0.32	1.36	95%	3.18	0.001	

3.3.4 针对不同教学方法,应用AR对学习效果的差异

为检验AR在不同教学方法干预下对学习效果的差异,本研究对元分析样本按教学方法进行编码(编码信息见表2),并将教学方法划分为讲授法、测试/评估法、探究发现法、任务驱动法4类。检验结果见表7,组间效应 Chi²=11.97, P=0.018 (P<0.05),说明采用这4类教学方法时AR对学习效果的调节效应最强,测试/评估法(效应值为0.59)和任务驱动法(效应值为0.62)次之,讲授法(效应值为0.40)

的调节效应最弱。

Table 7 Moderating effect test of teaching method

表7 教学方法调节效应检验

教学方法	研究数量	效应值	95%置信区间		异质性检验 (I ²)	双尾检验		组间效应
			下限	上限		Z值	P值	
讲授法	10	0.40	0.18	0.63	63%	3.12	0.000 4	Chi2=11.97 P=0.018
测试/评估法	11	0.59	0.15	1.04	93%	2.56	<0.001	
探究发现法	5	1.13	0.75	1.79	78%	7.03	<0.001	
任务驱动法	20	0.62	0.32	0.87	89%	4.24	0.010	

4 研究结论

本研究采用元分析方法,对2011-2020年发表的有关增强现实技术对学习效果的实证文献进行梳理与量化分析,系统审查了增强现实技术对学生学习效果的实际影响,并深入评估了相关影响在学习环境、学段、学科等调节变量上的差异。基于元分析结果,主要得出以下研究结论:

4.1 AR技术对提升学习效果具有显著促进作用

通过对46个元分析样本信息的编码、整合与剖析,计算出合并效应值为0.63,说明AR技术能够提升学习效果,进一步验证了AR与教育教学深度融合的有效性。究其原因在于,相比于传统教学,基于AR的教学能够将抽象的学习内容以更加直观、可视化的方式呈现,并为学习者提供了丰富的学习情境,创造了广阔的自主探索空间,增强了感官学习体验。这些都有助于学生对知识的理解与建构,并激发学生学习的动机,进而提升学习效果^[21]。

4.2 学习环境、学段、学科、教学方法具有调节效应

在元分析研究中,相较于合并效应值,研究者往往更关注变量对研究主题所起到的调节作用^[22]。本研究发现AR对学生学习效果的影响存在边界条件,受到学习环境、学段、学科及教学方法等调节变量的共同影响。

(1)从学习环境来看,AR在校内实验室的应用效果最佳。究其原因在于,与课堂学习环境相比,校内实验室具备更完善的技术设施,并拥有丰富的活动资源,能够为学生提供更多合作交流、参与式学习的机会,因此能最大限度地发挥AR的技术能供性。由此可见,AR技术并不适用于所有学习环境,因而教师在教学实践中不能盲目使用AR技术,应根据课程特征科学、合理地进行教学设计。

(2)从学段来看,AR对高中和高职阶段的学习效果影响最为显著,大学阶段次之,对学前和小学阶段的影响最弱。这是因为AR教学能将复杂、抽象的学习内容可视化、具体化、情境化,为学习者营造一种有趣、兴奋和刺激的学习氛围。而高中生面临较为繁重的课业压力,长期高压的学习氛围使其对学习产生厌倦情绪。使用具有强交互性的AR技术能将学习与娱乐融为一体,充分激发学生的学

习兴趣,有效降低认知负荷。另外与学前和小学阶段的学生相比,高中生具有一定的知识储备和技术素养,对新事物的学习与接受能力较强,能快速熟悉AR操作系统,进而充分发挥AR技术的应用价值。

(3)从学科来看,AR对物理、科学、医学和数学学科的学习效果影响最显著,而对英语、语文等文科的影响效果较弱。主要原因在于理工科领域的理论知识一般与实践相关联,需要进行大量实验。AR技术为此类课程创设了无限的探索空间,并为学生提供无限的实验机会,打破了采用传统学习方式的时空壁垒。

(4)从教学方法来看,采用探究发现法时,AR对学习效果的调节效应最显著,而讲授法影响最弱。主要原因在于探究发现法是一种积极的教学方法,学生不是通过记忆枯燥的概念和材料进行学习,而是在“做中学”。AR技术赋予了探究发现法无限的生命力,为该教学方法的实施提供了硬件支撑,使得学生能够在虚实融合的空间里进行探索,从而激发学生的主体能动性,积极进行知识建构。

5 研究建议

基于上述研究结论,对AR技术在教育教学中的应用提出如下建议:

5.1 基于不同学习环境设计与开发适切性AR应用

鉴于AR技术在校内实验室环境下的应用效果最佳,而在课堂和校外环境的应用效果较差,说明在课堂和校外学习环境中嵌入AR技术仍有较大提升空间。课堂是学生学习的主要场所,但AR技术在课堂教学中的有效性并未得到充分展现。因此,研究人员需探究AR在课堂应用效果不佳的深层原因,相关技术人员应根据教师与学生需求设计开发适用于课堂的最佳增强现实设备,以加速推进AR与教育教学的深度融合^[23]。

5.2 结合学科特征遴选科学、合理的教学方法

基于本研究的发现,AR技术与探究发现法的结合对学习效果的调节效应最显著。探究发现法允许学生自己探索主题、建立知识联结,因而可激发学生学习兴趣,调动学生的学习积极性。得到的启发是教师在使用AR技术时,除关注技术本身的优势外,还应倾注更多心力选择新颖的教学方法,而不是仅仅将传统课堂的学习内容生搬硬套转移到AR系统上。因此,鼓励教师结合学科特征与教学目标选择科学、合理的教学方法,并借助AR的技术优势提升学生的学习效果。

5.3 研发面向不同学段的AR教学资源与学习支持系统

鉴于AR技术对高中和高职阶段学习效果的影响最显著,而对学前和小学阶段的影响较弱,意味着教师和技术开发人员需充分考虑不同学段学生的认知发展特点,研发具有灵活性、个性化的AR教学资源与学习支持系统。此外,在对46项元分析样本进行梳理、分析时发现,针对大学生和研究生群体的AR课程资源及AR系统较少^[24],因此建议加强AR在高等教育领域应用的研究。

参考文献:

- [1] AZUMA R T. A survey of augmented reality[J]. *Presence of Teleoperators & Virtual Environments*, 1997, 6(4):355-385.
- [2] NI H W, HU Y B. Does augmented reality improve learning achievements? a meta-analysis based on 35 studies from 2010 to 2018[J]. *Open Education Research*, 2019, 25(1):62-72.
倪慧文, 胡永斌. 增强现实技术能促进学习吗? ——基于2010-2018年国际英文期刊35项研究的元分析[J]. *开放教育研究*, 2019, 25(1):62-72.
- [3] TEKEDERE H, GÖKE H. Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: a meta-analysis[J]. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2016, 11(16):9469-9481.
- [4] SOLAK E, ÇAKIR R. Investigating the role of augmented reality technology in the language classroom[J]. *Croatian Journal of Education*, 2016, 18(4):1067-1085.
- [5] IBANEZ M B, SERIO A D, VILLARAN D, et al. Support for augmented reality simulation systems: the effects of scaffolding on learning outcomes and behavior patterns[J]. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2016, 9(1):46-56.
- [6] YILMAZ Z A, BATDI V. A meta-analytic and thematic comparative analysis of the integration of augmented reality applications into education[J]. *Education in Science*, 2016, 41(188):273-289.
- [7] GARZÓN J, ACEVEDO J, PAVÓN J, et al. ARtour: augmented reality-based game to promote agritourism[C]//International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics, 2018: 413-422.
- [8] CAUDELL T P, MIZELL D W. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes[C]//Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992: 659-669.
- [9] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum[J]. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 1995, 2351: 282-292.
- [10] HUANG H M, HUANG T C, CHENG C Y. Reality matters? exploring a tangible user interface for augmented-reality-based fire education[J/OL]. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00808-0>.
- [11] EKREM S, RECEP C. Investigating the role of augmented reality technology in the language classroom[J]. *Croatian Journal of Education*, 2016, 18(4):1067-1085.
- [12] CHANG S C, HWANG G J. Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions[J]. *Computers & Education*, 2018, 125: 226-239.
- [13] TEKEDERE H, GÖKE H. Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: a meta-analysis[J]. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2016, 11(16):9469-9481.
- [14] GARZÓN J. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational setting[J]. *Virtual Reality*, 2019, 6(13):1-13.
- [15] CAI S, CHIANG F-K, WANG X. Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course[J]. *International Journal of Engineering Education*, 2013, 29(4):856-865.
- [16] MICHAEL T, SEBASTIAN K, MARTIN P S, et al. Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses[J]. *Computers in Human Behavior*, 2020, 108(10):1-11.
- [17] CHANG R C, CHUNG L Y. Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning[J]. *Interactive Learning Environments*, 2016, 24(6):1245-1264.
- [18] GLASS G V. Primary, secondary, and meta-analysis of research[J]. *Educational Researcher*, 1976, 5(10):3-8.
- [19] BORENSTEIN M, HEDGES L V, HIGGINS J P T, et al. Introduction to meta-analysis[M]. New York: John Wiley & Sons, 2021.
- [20] COHEN J. A power primer[J]. *Psychological Bulletin*, 1992, 112(1):155-159.
- [21] GARZÓN J, BALDIRIS S, GUTIÉRREZ J, et al. How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? a meta-analysis and research synthesis[J]. *Educational Research Review*, 2020, 31: 100334.
- [22] CARD N A. Applied meta-analysis for social science research[M]. New York: Guilford Publications, 2015.
- [23] OZDEMIR M, SAHIN C, ARCAGOK S, et al. The effect of augmented reality applications in the learning process: a meta-analysis study[J]. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2018, 18(74):165-186.
- [24] THEES M, KAPP S, STRZYS M P, et al. Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses[J]. *Computers in Human Behavior*, 2020, 108: 106316.

(责任编辑:黄健)