



增强现实(AR)技术的教育研究现状及发展趋势*

——基于 2011—2016 中英文期刊文献分析

于翠波¹ 李青^{1,2} 刘勇¹

(1. 北京邮电大学 网络教育学院, 北京 100088;
2. 北京师范大学 未来教育高精尖创新中心, 北京 100875)

[摘要] 增强现实(Augmented Reality,AR)技术是继泛在学习、移动学习之后,人们寄予厚望能够革新传统教育的一项技术,该技术在三维空间或现实的物理世界上叠加一层计算机产生辅助信息,提供了观察和认知世界的新视角。国内外已有许多研究者对 AR 技术如何应用于教育以及应用效果进行了较为深入的研究,已有的研究发现:将 AR 技术应用到教育中能够加深学习者对学习内容的理解;给学习者提供动手操作的机会进而提升学习者的实践能力;促进学习者的学习参与度及学习者之间的协作;提供维持学习者学习动机的外部激励。但现阶段的 AR 作为一项新的教育技术,还存在着一些如优质 AR 教育资源稀缺、AR 定位精度与边界不清晰等需要克服的问题。

[关键词] 增强现实;AR;教学环境;教学资源;情景化学习

[中图分类号] G420 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-0008(2017)04—0104—09

一、引言

教育机构与从业人员总是试图利用最新、最先进的科学技术来革新教育,提高学习者的学习效率。跟随着计算机与互联网技术发展的脚步,用于教育中的技术依次有多媒体技术、移动学习、泛在学习、社会性网络(SNS)技术等,现在最新的技术则是增强现实技术。

增强现实(Augmented Reality,AR)是波音公司的研究员托马斯·考德尔(Thomas Caudell)^[1]于1990年造的一个新词,主要指给三维空间或现实的物理世界上叠加一层计算机产生辅助信息的技术。由于AR技术综合运用了多媒体、音频、视频、三维(3D)、动画等多种技术,能够给真实物体上“贴上”一层解释、显示操作的关键信息或标明物体的相对位置等,因此,AR技术一开始主要广泛用于军事训练^[2]、波音公司装配工培训^[3]及南斯塔福德郡学院砌墙培训^[4]或外科手术培训^[5]中。研究表明,AR技术能够明显提高受训者的操作速度与精确度。

随着移动技术的发展、智能手机与平板电脑的

普及,为AR技术在工业、军事、技能培训领域中广泛应用提供了坚实的物质基础。特别是2016年AR技术的成熟与流行,使得人们将2016年称为“AR/VR元年”^[6]。

AR在其他领域的成功应用,促使人们期待将其应用到教育教学中的效果。于是,研究人员分别就AR技术应用于自然科学、医药、工程学、语言、历史、艺术等众多学科,在幼儿园、小学、中学、大学、实验室、博物馆、公园、动物园等不同的教学与学习环境分别进行了若干实验研究。

研究表明,乐于接受新事物的青少年学习者认为,AR技术便于操作,能够帮助注意力集中,因而非常愿意使用^[7];而且相比于虚拟现实(Virtual Reality,VR)技术,AR是一种更好的寓教于乐的娱教技术^[8],因此,接受试验的学生更愿意用与实际环境匹配的AR方式来学习游戏操作。鉴于AR教育应用的特殊性,我们有必要回顾一下AR技术及其在教育中的应用,总结已有研究的经验与教训,作为下一步AR技术教育应用或研究的基础。

*基金项目:本文系中国博士后科学基金第八批特别资助项目“泛在学习环境下基于情境感知的协同认知空间建构研究”(2015T80049)的研究成果。

二、研究现状

增强现实(AR)技术是一个比较宽泛的概念,不同行业背景的人对其有不同的定义。米尔格拉姆^[9]提出了一个现实环境与虚拟环境的连续统,(AR)在这个连续统中的位置如图1所示。一般人认为,“任何在特定位置结合现实与虚拟的技术”都可称为增强现实(AR)技术,其中现实物体与虚拟信息都起非常重要的作用^[10];计算机软件设计、开发的从业人员认为,AR技术是“以计算机技术为核心,综合使用各种新技术,融视、听、触觉为一体的模仿现实的三维空间再现的技术”,它涉及计算机图形学、人机交互技术、模式识别、传感技术、人工智能等领域^[11];而教育相关的从业人员认为,AR技术是指“给三维空间或现实的物理世界叠加一层计算机辅助数据信息而产生一个新的世界的技术”,有时称为“混合现实”。AR技术给现实世界增加了一层虚拟信息,因此,它给教育带来新的机会^[12]。

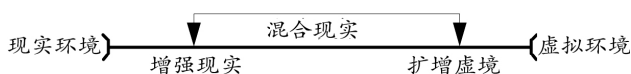


图1 从现实环境到虚拟环境的连续统

AR技术有三个主要特征,分别是“虚拟物体是真实物体精确3D再现”、“连结物理现实世界与虚拟世界”、“实时交互”。不管是哪种定义,AR系统的实现都是由中央处理器CPU、显示设备(如,PC显示器、手机屏幕、头带显示器等)、追踪系统(如,摄像头、GPS、无线网络定位系统等)、计算机图形处理器与应用软件等几部分构成^[13]。

目前,国内已经有若干AR技术教育应用的综述研究。其中,齐立森等^[14]将增强现实在教育中的应用分为网页浏览与信息获取、三维导航与游戏场景、虚拟仿真与互动教学,并认为增强现实技术扩展了人类的认知领域。胡智标等^[15]认为,AR教育应用能够创设智慧学习环境、革新教育模式、拓展学习空间,提供沉浸式学习环境、实现情景化学习。汪存友等^[16]对已有的增强现实教育产品进行研究,将其分为了AR阅读、教学演示、动作指引和教育游戏与开发工具五大类,并认为基于增强现实的教育应用新产品具有以图像识别为主要跟踪技术的、功能多样化、平台移动化、小型化、触屏交互技术、可达性与普及度提高等新特点。通过文献及AR教育应用实例进行分析,蔡苏等^[17]认为,通过AR技术学习者可以

使用自然方式与学习对象交互,并且AR能够把正式学习与非正式学习相结合,将抽象的学习内容可视化,支持泛在环境下的情境式学习,提升学习者的存在感、直觉和专注度等特征。王德宇等^[18]认为,AR技术的实时交互特性使得它可以作为教学工具,而新颖性又使得它可以作为教学内容,因此,应用AR技术能够改善教学过程。

综上所述,目前,国内关于AR教育应用的综述研究多集中在AR的概念介绍及典型应用的描述性回顾,尚没有关于AR教育应用研究的系统性综述分析。因此,本文即采用定性定量相结合的文献分析方法,着重回顾AR教育应用的发展、现状及未来的趋势。

三、研究问题与研究方法

AR本身是一个正在发展中的技术,AR在教育中的尝试应用研究也正在不断进行中,已有的AR在教育中应用研究及文献说明,AR对教育的各方面都有良好的影响。但不容否认,也有一些研究发现,教育中应用AR存在着不足或问题等。

为了全面了解AR教育应用的有效性、益处与不足,为将来的AR教育应用与研究开发提供基础,我们有必要综合回顾一下AR技术的教育应用对教学各环节产生的影响。由此,本研究的研究问题为:

——哪些学科领域的教学中使用到AR技术,教学过程使用AR技术的目的如何,采用了何种类型的AR技术?

——AR技术教育应用的研究采用了哪些研究方法,研究数据是如何采集得到的?

——AR技术用到教育教学中有哪些好的影响,存在哪些不足?

本文将研究定位于学术文献分析,研究关于AR在教育中应用的实例、方法、策略及遇到的问题,研究对象为将AR应用于教育中的实证研究论文。在方法论上采用定性研究的框架,结合定量分析来评估每篇文献。根据定义的研究问题,确定如下搜索策略及选取论文的准则:

首先,考虑到研究的质量,本文仅选择那些经过同行评审发表的中、英文实证研究论文。中文文献来自于“中国知网”中文期刊全文数据库,英文文献来自于SSCI引文索引数据库web of knowledge。

其次,为了初步搜索研究材料,中文用于检索的关键词有“增强现实与教育”或“AR与教育”;英文用

于检索的关键字为“augmented reality AND education”或“AR AND education”。

第三,考虑到技术及应用的发展演进过程,时限选为2011-2016年刊发的论文。

通过初步检索,我们得到符合条件的中文论文37篇,英文论文51篇,总计88篇文献进入下一阶段的分析。为了得到最终分析所需要的论文,本研究分为以下几个步骤进行:

首先,通过粗读对上一步得到的论文集做进一步筛选,剔除那些不合乎规则的论文,如,非实证的研究^[19]、教育AR系统开发^[20]、非中文与英语的研究^[21]文献。

接着,对样本论文集的每篇论文进行详细分析、提取所需信息。在此分析过程中,继续丢弃那些不符合上述入选原则的研究,如,AR教育应用系统开发^[22]或AR教育应用的算法^[23]研究。

最终得到符合要求的论文共计38篇,其中中文论文6篇,英文论文32篇,作为进一步分析的基础。

在研究分析的过程中,先由两位研究者独立对符合要求的文献进行分析、分类;由第三位研究者对两种分类结果进行评估、综合;最终提取了AR教育应用的学科领域、目标人群、目的、类型、研究的样本数、研究与数据采集方法六类特性进行分析,我们的分析都是基于已有文献给出的信息。

四、研究结果

我们对上述论文中的每一篇论文提取的信息进行综合、分析。关于AR教育应用的学科领域、AR教育应用的目标人群、AR教育应用的用途、AR教育应用的类型、AR教育应用研究的样本数量、研究方法、数据采集方法的提取结果如下。

(一)AR教育应用的学科领域

根据中华人民共和国学科分类与代码国家标准(GBT 13745-2009),AR技术在教育应用研究的学科分布情况,如表1所示。

表1 AR应用的学科领域

学科领域	数量	比例
自然科学	16	42.1%
人文与社会科学	10	26.3%
工程与技术科学	4	10.6%
医药科学	1	2.6%
农业科学	0	0
其他	7	18.4%

从表1中我们可以清楚地看出,AR教育应用最多的学科是“自然科学”(42.1%),这说明多数AR教育应用的研究,关注于如何用AR技术改善或提升自然科学的教学。这可能是因为AR能够非常有效地展示自然科学的教学内容:首先,AR能够将平常状态下不可见的内容可视化。微观的内容如物质构成^[24]、宏观的内容如天文中的月相^[25],抽象概念如弹性碰撞^[26]、力学分解^[27]、天线理论^[28]等,通过AR技术的三维虚拟再现功能都变成可见、能够动手操作的内容;第二,AR技术提供的实时交互操作途径让学习者能够进行情景化的学习,如,观察水生植物^[29]、实地考察^[30]。

紧跟自然科学之后的第二常用的AR教育应用领域是“人文与社会科学”(26.3%)。人文与社会科学中AR应用的研究,集中于语言学习^[31-34]、艺术欣赏^[35-36]、历史^[37]、图书馆^[38]等。由此可见,AR技术的叠加信息与情景化能力,给各种层次的语言学习提供了新的学习机会与可能。而且,由于AR能够在真实的画作或艺术品上叠加计算机产生的辅助信息,因此,美术馆与博物馆的访客利用AR,能够更好的欣赏与理解那些艺术作品。

在表1中第三常用的AR教育应用是“其他”(18.4%)类。这类应用主要有教育游戏^[39-41]与实地参观^[42]。AR技术的3D动画功能,给婴幼儿早期教育中认识世界、认识物体提供强有力的工具,而基于位置的AR技术给校园、城市等的参观浏览提供良好的信息支持。

“工程与技术科学”排在AR教育应用的第四位。AR在工程与技术科学中的应用主要是给学习者提供动手实验的机会,如,电气工程中远程实验^[43]应用、建筑学中的可视化建模^[44]、创新教育^[45]及职业教育^[46]中的模拟实验等。

最后,在文献中仅发现1篇关于AR在“医药科学”领域教学应用的研究(2.6%),没有发现AR在“农业科学”领域教学应用的研究。因此,未来我们可以更多地关注如何将AR技术应用于医药科学与农业科学方面的研究。

(二)AR教育应用的目标人群

目标人群指的是在AR教育应用实验研究中参加者的学段层次,结果如表2所示。

由表2可以看出:首先,绝大多数AR教育应用实验集中在高等教育(大学)阶段(34.2%)与义务教育(小学与初中)阶段(31.6%)中进行。在大学与义务

表2 AR教育应用的目标人群

目标人群	数量	比例
大学	13	34.2%
小学	9	23.7%
高中	4	10.5%
非正式学习	4	10.5%
初中	3	7.9%
婴幼儿早教	3	7.9%
其他	2	5.3%

教育阶段中应用AR,主要为了改善学生的学习体验、鼓励主动学习、激励学生利用AR技术的交互功能与学习资料或同学之间进行互动。第二,AR在高中(10.5%)教学中主要用来解释说明概念^[47-48],增强教学信息;而学前教育(“婴幼儿早教”)的应用受制于婴幼儿自身条件,如,婴幼儿自己不能独立阅读、不会操作跟踪标记等,所以,AR在此阶段的教育应用(7.9%)主要以识字卡^[49]、教育游戏^[50]等形式存在。而且,学习过程还有老师或父母在旁边协助指导。第三,AR在非正式学习(10.5%)的研究主要是在博物馆或展览馆中如何应用AR技术来吸引与帮助参观者,而唯一关于职业教育^[51]的研究说明,AR技术的互动能力能够有效地提升学习者的动手操作能力,由此可以帮助职业教育的学生更好地适应实际工作的要求。第四,在其他(5.3%)类中的两个研究主题是AR教育游戏,它们研究AR的哪些特性吸引学习者参与到游戏中。最后,在研究中没有发现关于硕士与博士研究生阶段AR教育应用的研究,这可能是因为在硕士与博士研究生阶段,研究者已经能够设计、开发用于其他学段的AR教育应用了。

(三)在教育中应用AR的目的

关于教育应用AR的目的分析结果见表3。虽然多数教育应用AR研究都实现了多个教育目标,但在分析过程中我们只关注研究的主要目标。

表3 在教育中应用AR的研究目的

AR	数量	比例
解释说明主题	16	42.1%
增强信息	10	26.3%
教育游戏	6	15.8%
动手实验	5	13.2%
其他	1	2.6%

从表3中可以看出,大多数的AR教育应用是为了解释说明主题(42.1%)与增强信息(26.3%)。解释说明主题指的是使用AR技术帮助学习某问题或概念;而增强信息指AR通过标记或位置给学习者提供相应的数字辅助信息。

在教育中采用AR技术进行“动手实验”(13.2%)与“教育游戏”(15.8%)的研究数量很接近。其原因在于在真实环境中存在多种条件限制,学习者不能够进行实际操作,如,物流专业的学生不能进入真的仓库中学习仓储管理^[52]、远程教育的学生不能进行真的实验操作^[53]等。而AR的3D再现与交互能力,给学习者提供了实际操作的机会,能够提升学习者的实验与动手操作的能力。而AR试验一旦建成,虚拟的成分可以循环使用。因此,将来AR实验研究还可以关注如何降低实验成本、为某些残疾人提供包容性实验环境。

目前AR在“教育游戏”中的作用研究,主要聚焦于考察AR帮助低龄儿童建立认知方面的作用上。而AR教育游戏对教育的影响仍有待于进行更深入的研究,包括:考察AR教育游戏的特征、对教育的正面作用与负面影响等。

(四)AR教育应用的类型

教育应用AR的类型研究结果见表4。陈智明等将AR技术分为三类:分别是基于标记AR、无标记AR与基于位置的AR^[54]。基于标记AR是使用人工生成的标记或标签进行目标识别,标记或标签包括彩色或黑白矩阵式二维条形码(QR)、AR标记、射频标签(RFID)或其他人工生成的标签。无标记的AR系统是使用目标物体真实的自然特征来识别目标,可识别目标的特征有图书封面、海报、地标或其他标志特征,不使用任何人工生成的标记。而基于位置的AR系统,根据设备地理位置传感器获取的地理位置信息来跟踪目标,可用的地理位置信息获取装置有GPS、数字罗盘、加速计等。

表4 AR教育应用的类型

AR类型	数量	比例
基于标记	27	71.1%
基于位置	7	18.4%
未指明类型	3	7.9%
无标记	1	2.6%

表4的结果显示,大多数的AR教育应用研究使用“基于标记AR”(71.1%)。这意味着大多数的AR教育应用程序是基于标记进行设计开发的。对这一结果可能解释为:与无标记AR与基于位置AR的跟踪过程相比,基于标记AR的对象跟踪识别技术更好和更稳定,而且使用静态标记可以减少跟踪处理及识别对象所需要的处理时间。因此,在教育环境中使用基于标记AR可给学生提供一个更好的学习

体验。虽然,目前较少 AR 教育应用研究采用无标记技术(2.6%),但无标记 AR 却是 AR 技术的发展方向。随着计算机模式识别技术的发展,使用目标对象的自然特征做标识,能够更好适应情景化学习的需要。

在 AR 教育应用研究中,基于位置跟踪识别学习对象的应用有 18.4%,这与宽带移动通信技术的发展密不可分。特别是智能手机、平板电脑的大大普及,使得学习者使用它们随时随地可以获取 AR 信息;另外,位置传感器如加速度计、陀螺仪、数字罗盘和 GPS 技术的成熟,使得智能设备可以很方便地获取用户的方位,而智能移动设备的大屏幕给信息显示提供便利。这一切,都促进了移动学习 AR 应用的开发与使用。

(五)AR 教育应用研究的样本数

关于 AR 教育应用研究的参与实验的样本数量结果见表 5。结果表明,有一半的研究采用中等研究样本,即“51 和 200 之间”(50%),还有近一半的研究样本数量在“50 人及以下”(44.7%)。在此次研究的论文中,仅有 1 例研究的样本数量为 292 人(“201 及以上”)(2.6%),那个样本来自在科技馆用 AR 进行非正式教学的研究。AR 教育应用研究样本数量集中在 200 人以下的可能原因有:首先,早期进行的 AR 教育应用的研究大部分属于试点研究,主要考察 AR 教育应用的可行性,这类研究一般在小范围内进行,所以样本数目比较小;其次,由于 AR 教育应用研究的所有参与实验者都需要有一套设备(手机、PC、摄像头及其他的实验材料),大的研究样本需要的设备数量多、成本较高。

表 5 AR 教育应用研究的样本数

人数范围	数量	比例
50 及 50 以下	17	44.7%
51-100	11	28.9%
101-150	6	15.8%
151-200	2	5.3%
201 及以上	1	2.6%
未说明人数	1	2.6%

(六)AR 教育应用的研究与数据采集方法

研究采用哪种研究方法,一般由研究的目标决定。AR 教育应用的研究一般都有多个目标,除了解释说明主题概念之外,还希望应用 AR 技术增强学习者之间的协作、互动,激励学生更多地参与到学习中,因此,大部分 AR 教育应用的研究采用定性方法与定量相结合的“混合法”(63.1%);其次采用较多的研究方法是“定性研究”(31.6%);少量研究采用“定量研

究”(5.3%),结果如表 6 所示。

表 6 AR 教育应用研究的研究方法

研究方法	数量	比例
混合方法	24	63.1%
定性方法	12	31.6%
定量方法	2	5.3%

AR 教育应用研究的数据采集方法,分析结果见表 7。一项研究采用何种数据采集方法,与研究方法、研究目的有关,也与数据采集方法本身的难易程度、是否便于操作处理有关。采用定性与定量相结合的混合法的研究,可以采用超过一种的数据采集方法。表 7 表明,大多数的研究采用“问卷调查”(65.8%)、“测试”(52.6%)与“访谈”(36.9%)方法来采集数据,少数研究采用“记录观察”(13.2%)与“开放问题回答”(10.5%)方法来收集数据。

表 7 AR 教育应用研究的数据采集方法

数据采集方法	数量	比例
问卷调查	25	65.8%
测试	20	52.6%
访谈	14	36.9%
记录观察	5	13.2%
开放问题回答	4	10.5%

五、AR 教育应用的优势与存在的问题

(一)AR 教育应用的优势

AR 教育应用系统建立在建构主义学习理论^[55-56]基础之上,而 AR 技术能够充分实现多媒体原理^[57]、情境认知^[58-59]与协同学习^[60]等学习理论提出的教学设计原则。因此,与传统的教学方式相比,AR 教育应用拥有诸多优点。

1. 增进对学习内容的深度理解

使用增强现实(AR)技术后,课程内容的展现发生了很大变化,不再是单纯的文字或二维幻灯片,而是变换成了三维物体、动画、视频,此时微观的内容如物质构成^[61]、化学反应^[62],宏观的如月相^[63]等,抽象概念如弹性碰撞^[64]、力学分解^[65]、法医学^[66]等,这些内容都变得直观、可视,相应地就更容易理解。另外,学习内容可视化之后,有助于学习者掌握空间结构与功能^[67-68]、学习外语(主要是英语)^[69-70]。

2. 提升动手实践能力

增强现实(AR)最开始就是波音公司用来培训员工,提升装配速度与精确度的系统。增强现实(AR)系统可以让人们通过一些手势或动作来操作

虚拟物体,因此,可以提升学习者的动手能力。一些研究利用已有的用于教学目的模型,将不可见的微观物理现象与可见的宏观物理现象连结起来,即AR能够将真实的现象与虚拟对象连结起来,从而培养学生动手动脑的能力^[71];通过对大学生为期5周的实验课跟踪研究表明,增强现实(AR)能够明显提高大学生的实验能力,培养物理实验兴趣^[72],提升建筑专业学生的制图与空间能力^[73]。

3. 促进学生的参与度和协作行为

利用AR系统的视觉化、沉浸式特性,学生们在使用系统学习的过程中,可以自然地进行相互交流、团队协作。在林宗进^[74]的实验中,以AR仿真系统进行协助教学,两个学生一组并给定学习任务进行观察、讨论,结果证明,移动协作AR仿真系统能够促进知识构建和提升学习效果。Kamarainen对教育实地考察^[75]实验结果表明,基于AR的学习过程能够加强学生之间的协作,并加深对学习内容的理解。

4. 提供外部激励,维持学习动机

由于AR系统内容的多种媒体表达方式,打破传统文字信息的单调性,能够适应不同学生不同学习方式的需要。因此,多数研究结果都证明,AR系统能够更好的支持学习^[76-78],激励学生参与的积极性。因为应用AR,学生以更少的认知付出却得到更好的学习效果^[79];短时间内成绩明显提升^[80],协助实地探究,提升了满意度与学习注意力^[81],提高了学习兴趣^[82]。

(二) 现阶段AR教育应用存在的问题

虽然AR教育应用研究揭示了上述各种优点,但作为一种新型教育技术,AR教育应用还存在需要进一步研究、改进的问题。

1. 优质的教学资源稀缺

AR教育应用有诸多益处,但要将其大规模地应用到教学中,还存在着众多问题,其中最大的问题是资源的问题。在现有研究中大多数AR系统都是原型系统或专为某个项目开发的系统,难以推广^[83]。另外,在目前AR制作软件还没有普及的情形下,AR系统作为一种计算机技术应用于教学中,需要开发出合适的教育资源。在AR教学资源开发过程中,既需要有精通计算机软件设计、开发的计算机专家,也需要有熟悉教育教学规律、方法及教学内容的教育学专家,二者缺一不可。然而,目前同时具备这两个不同行业知识的专家很少^[84-85],这给AR教育资源的开发带来很大困难,也是AR技术的教育应用没有

广泛开展的重要原因。

要解决AR教育资源问题,除了可以整合利用如Discovery VR、Alchemy VR等商用系统的资源之外,还需要投入资金、整合计算机专家与教育专家一起合作,开发更多的教育学科专用资源。

2. AR注意力隧道效应及学习者差别

与纯文本信息相比较,AR系统的活动图片、音视频混合展示的方式更加丰富、有趣,因而用在教学中,学生们可能会将注意力更加集中在内容展示的形式上,而忽略需要学习或理解的重要内容,甚至有些学生因此更加不愿意阅读文字信息^[86]。如此一来,AR系统的作用相当于一个隧道,对学习形成注意力隧道效应,缩小了学习者的关注面。为了解决这个问题,要求教师们在设计AR课程时,应该考虑将基础理论内容如何从静态文字描述转化成音/视频内容,以吸引学生们学习。

虽然使用AR能够提升学生的成绩,但并不是所有的学生都能够从AR使用中获益。学习成绩中等偏下的学习者使用AR后成绩提升更多,而成绩好的学生则差别不大^[87]。相反,成绩好的学生在传统的课堂中收益更多。这可能是因为现阶段AR资源比较少,基于AR的教学内容面普遍比较窄,教学内容信息量比较少,这在一定程度上限制了优等生的思维发展。

另外,并不是所有的学生都对AR系统持有积极态度,有的学生因为之前没有用过智能手机,因此认为基于位置的移动AR系统很难用^[88]。

要解决学习者存在差别的问题,还是需要开发丰富的AR教育教学资源,应该既提供基于位置的移动AR资源,也提供基于标签的桌面AR资源。通过建设更丰富的资源,一方面,可以让各种层次的学生都有适应自己能力的资源可以选择,使所有学生的学习都能够从先进的教学技术中获益;另一方面,由于有多种不同的AR资源可用,学习者可以选择使用自己熟悉的设备与系统进行学习,由此避免因学生对某种具体的设备不熟悉而影响学习效果的情况出现。

3. AR定位精度与边界问题

基于位置的AR技术依赖于无线网络或GPS定位,GPS的定位精度直接影响AR系统的工作性能及学习者的使用感受。因此,在教学设计时,就需要考虑学习目标的尺寸、学习目标之间的距离等问题^[89]。



波音公司研究员戴维斯^[90]认为,AR技术的挑战是“封闭性”,即如何区分虚拟叠加信息与真实物体的边界问题。虚拟物体可以在不同的时间、不同的位置遮挡真实物体,而不同设置方式将影响人们对事物的理解。

可见,基于位置AR技术定位精度问题的解决,一方面依赖定位技术的成熟;另一方面不管是基于无线网络的定位还是基于GPS的定位,AR应用都需要接收位置指示信号来确定位置。因此,将来设计基于位置的AR教育应用时,需要考虑将AR系统放置在易于接收无线或GPS信号的空间内。

六、结论与展望

在所有的学科领域中,“自然科学”领域的教育教学中使用AR技术最多,这与AR本身的技术特点紧密相关,高校的AR技术研究者更愿意在教学实践中应用该技术。另外,由于AR技术能够提供学习者与教学信息互动环境,这特别适合于语言的学习,所以,“人文与社会科学”也顺理成章成为AR技术第二大应用领域。由于基于标记的AR技术易于实现且便于移植,因此,多数教育应用都利用基于标记的AR携带辅助信息的特点,或是增加图片显示,或是增加文字解释说明。总之,让AR技术帮助学习者更好的学习教学主题。

在AR教育应用的研究中,研究主要通过定性、定量或定性定量相结合的混合方法,通过问卷调查、测试、访谈、记录观察或开放问题回答等,获取教师与学习者使用AR的效果与感受。AR的互动技术优势,能够帮助学习者切实、自然地与教学内容互动,并引导学习者将注意力集中到学习内容上。但由于AR自身还处在发展过程中,还存在着定位精度不高、优质AR教学资源不足的问题。

要将AR真正推广应用到日常的教学过程中,我们还需要集中计算机技术、教育教学及政策等多方力量,克服上述AR教育应用中存在的诸多问题、开发更多更好的教学资源、探索更好的教学设计。

正如联合国教科文组织(UNESCO)在*The Future of Mobile Learning Implication for Policy Makers and Planners 2013*中指出,在未来15年内,移动增强现实技术能够通过适应不同的环境来引领和支持学习者,促进有用与持久的个人学习^[91-92],新媒体联盟《2016年地平线报告:高等教育版》^[93]也认为,增强现实与虚拟现实是未来2-3年内可以实现的技术。

由于我们将本研究对象定义为2011-2016年CSSCI与SSCI期刊发表的中文与英文实证研究论文,因此,排除了其他语种及在会议、其他期刊上发表的研究成果。这样在客观上会影响我们更全面的了解AR的教育应用及研究结论,这需要在今后的研究中加以改进。

[参考文献]

- [1]Augmented Reality (AR)[EB/OL].[2016-12-06]. <http://whatis.techtarget.com/definition/augmented-reality-AR>.
- [2][90]LIVINGSTON M A, ROSENBLUM L J, BROWN D G, et al. Military Applications of Augmented Reality[M]. Springer New York, 2011.
- [3]ERICJOHNSON.Boeing Says Augmented Reality Can Make Workers Better, Faster [EB/OL]. [2016-10-21]. <http://www.recode.net/2015/6/8/11563374/boeing-says-augmented-reality-can-make-workers-better-faster>.
- [4]BLOXHAM J. Augmented Reality in Education: Teaching Tool or Passing Trend?[EB/OL]. The Guardian. [2016-12-09]. <https://www.theguardian.com/higher-education-network/blog/2013/feb/11/augmented-reality-teaching-tool-trend>.
- [5]HAKKY T, DANIEL R M, LARRY I L, et al. MP23-11 Augmented Reality Assisted Urologic Surgery (ARAUS): A Surgical Training Tool [J]. Journal of Urology, 2015, 193(4): e271.
- [6]张志祯.虚拟现实教育应用:追求身心一体的教育——从北京师范大学“智慧学习与VR教育应用学术周”说起[J]. 中国远程教育, 2016(06):5-15+79.
- [7]ARVANITIS T N, WILLIAMS D D, KNIGHT J F, et al. A Human Factors Study of Technology Acceptance of a Prototype Mobile Augmented Reality System for Science Education[J]. Advanced Science Letters, 2011, 4(11-12): 3342-3352.
- [8]ARINO J, JUAN M, GIL-GOMEZ J, et al. A Comparative Study using an Autostereoscopic Display with Augmented and Virtual Reality[J]. Behaviour & Information Technology, 2014, 33(6): 646-655.
- [9]MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-virtuality Continuum[C]//Photonics for Industrial Applications, 1995: 282-292.
- [10][62]WOJCIECHOWSKI R, WOJCIECHCELLARY. Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments[J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 570-585.
- [11]耿鹏,赵欣楠,郑向.虚拟现实技术在高等教育中的应用研究[J]. 河北广播电视大学学报,2006(1):38-39.
- [12][93]JOHNSON L, ADAMS BECKER S, CUMMINS M, et al. NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition [EB/OL]. [2016-12-06]. <http://cdn.nmc.org/media/2016-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>.
- [13][83][84]BILLINGHURST M, DÜNSER A. Augmented Reality in the Classroom [J]. Computer, 2012, 45(7): 56-63.
- [14]齐立森,皮宗辉,徐苗,等.增强现实的技术类型与教育应用[J]. 现代教育技术,2014(11):18-22.
- [15]胡智标.增强教学效果 拓展学习空间——增强现实技术在教育中的应用研究[J]. 远程教育杂志,2014(2):106-112.

- [16]汪存友,程彤.增强现实教育应用产品研究概述[J].现代教育技术,2016(05):95-101.
- [17]蔡苏,王沛文,杨阳,等.增强现实(AR)技术的教育应用综述[J].远程教育杂志,2016(5):27-40.
- [18]王德宇,宋述强,陈震.增强现实技术在高校创客教育中的应用[J].中国电化教育,2016(10):112-115.
- [19]BUJAK K, IULIANRADU, RICHARD CATRAMBONE, et al. A Psychological Perspective on Augmented Reality in the Mathematics Classroom[J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 536-544.
- [20]EL SAYED N M, ZAYED H H, SHARAWY M I. ARSC: Augmented Reality Student Card an Augmented Reality Solution for the Education Field[J]. Computers & Education, 2011, 56(4): 1045-1061.
- [21]LEE J I, CHOI J S, LEE J I. Making Contents of the Science Education for the Element Schoolchildren based on the AR (Augmented Reality) [J]. 한국콘텐츠학회논문지 제 11 권 제 11 호., 2011, 11 (11): 606-624.
- [22]FARIAS L, DANTAS R, BURLAMAQUI A. Educ-AR: A Tool for Assist the Creation of Augmented Reality Content for Education[C]//IEEE International Conference on Virtual Environme, 2011: 1-5.
- [23]HA T, BILLINGHURST M, WOO W. An Interactive 3D Movement Path Manipulation Method in an Augmented Reality Environment [J]. Interacting With Computers, 2012, 24(1): 10-24.
- [24][61][87]SU C, XU W, FENG-KUANG C. A Case Study of Augmented Reality Simulation System Application in a Chemistry Course [J]. Computers in Human Behavior, 2014, 37(8): 31-40.
- [25][63]JUNG-CHUAN Y, CHIH-HSIAOTSAI C, MIN WU. Augmented Reality in the Higher Education: Students' Science Concept Learning and Academic Achievement in Astronomy [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013, 103(9): 165-173.
- [26][64]WANG H, DUH H B, LI N, et al. An Investigation of University Students' Collaborative Inquiry Learning Behaviors in an Augmented Reality Simulation and a Traditional Simulation [J]. Journal of Science Education and Technology, 2014, 23(5): 682-691.
- [27][65]ENYEDY N, DANISH J A, DELACRUZ G, et al. Learning Physics through Play in an Augmented Reality Environment [J]. International Journal of COMPUTER-SUPPORTED Collab, 2012, 7 (3): 347-378.
- [28]李青,张辽东.基于增强现实的移动学习实证研究[J].中国电化教育,2013(1):116-120.
- [29][81][89]CHIANG T C, YANG S H, HWANG G. An Augmented Reality -based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities[J]. Educational Technology & Society, 2014, 17(4): 352-365.
- [30][75]KAMARAINEN A M, METCALF S, GROTZER T, et al. Eco-MOBILE: Integrating Augmented Reality and Probeware with Environmental Education Field Trips[J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 545-556.
- [31][69]KUCUK S, YILMAZ R M, GOKTAS Y. Augmented Reality for Learning English: Achievement, Attitude and Cognitive Load Levels of Students[J]. Egitim VE BILIM-EDUCATION and Science, 2014, 39(176): 393-404.
- [32][70]LIM S, LEE J. An Immersive Augmented-Reality-Based e-Learning System Based on Dynamic Threshold Marker Method[J]. ETRI Journal, 2013, 35(6, SI): 1048-1057.
- [33]李鹏飞.增强现实应用于小学成语学习[C]//首届国际信息化建设学术研讨会,美国纽约,2016:1.
- [34]李铁萌,苏力博,吕菲,等.基于增强现实的学前儿童识字教育系统及实验研究[J].软件,2015(4):44-49.
- [35][76][79]DI SERIO A, BLANCA IBANEZ M, DELGADO KLOOS C. Impact of an Augmented Reality System on Students' Motivation for a Visual art Course [J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 586-596.
- [36]CHANG Kuo-en, CHIA-TZU C, HUEI-TSE H, et al. Development and Behavioral Pattern Analysis of a Mobile Guide System with Augmented Reality for Painting Appreciation Instruction in an Art Museum[J]. Computers & Education, 2014, 71(2): 185-197.
- [37]BLANCO-FERNANDEZ Y, LÓPEZ-NORES M, PAZOS-ARIAS J J, et al. REENACT: A Step forward in Immersive Learning about Human History by Augmented Reality, Role Playing and Social Networking [J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(10): 4811-4828.
- [38][54]CHIH-MING C, YEN-NUNG T. Interactive Augmented Reality System for Enhancing Library Instruction in Elementary Schools[J]. Computers & Education, 2012, 59(2): 638-652.
- [39]李子旸.互动媒体技术在儿童教育中的应用——以法国科技节增强现实交互设计为例[J].艺术科技,2013(10):381-382.
- [40]YUSOF A M, DANIEL E S, LOW W Y, et al. Teachers' Perception of Mobile Edutainment for Special needs Learners: The Malaysian Case [J]. International Journal of Inclusive Education, 2014, 18(12): 1237-1246.
- [41][50]康帆.增强现实技术支持的幼儿教育环境研究——基于武汉市某幼儿园的调查与实验[J].电化教育研究,2015(7):61-65.
- [42][91]CHOU T, CHANLIN L. Location-based Learning Through Augmented Reality [J]. Journal of Educational Computing Research, 2014, 51(3): 355-368.
- [43][53]MEJIAS BORRERO A, ANDUJAR MARQUEZ J M. A Pilot Study of the Effectiveness of Augmented Reality to Enhance the Use of Remote Labs in Electrical Engineering Education [J]. Journal of Science Education and Technology, 2012, 21(5): 540-557.
- [44][67][73][80]FONSECA D, MARTI N, REDONDO E, et al. Relationship between Student Profile, Tool use, Participation, and Academic Performance with the use of Augmented Reality Technology for Visualized Architecture Models[J]. Computers in Human Behavior, 2014, 31(2): 434-445.
- [45][82]魏小东,王涌天,黄业桃,等.悦趣多:基于增强现实技术的高中通用技术创新教育平台[J].电化教育研究,2014(3):65-71.
- [46][51][52]CUENDET S, BONNARD Q, DO-LENH S, et al. Designing Augmented Reality for the Classroom[J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 557-569.
- [47][71]SALMI H, KAASINEN A, KALLUNKI V. Towards an Open



- Learning Environment via Augmented Reality (AR): Visualising the Invisible in Science Centres and Schools for Teacher Education[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2012, 45(45): 284-295.
- [48]BLANCAIBÁÑEZ M, DISERIO Á, DIEGO V, et al. Experimenting with Electromagnetism using Augmented Reality: Impact on Flow Student Experience and Educational Effectiveness[J]. Computers & Education, 2014, 71(2): 1-13.
- [49]YILMAZ R M. Educational Magic Toys Developed with Augmented Reality Technology for Early Childhood Education [J]. Computers in Human Behavior, 2016, 54(2): 240-248.
- [55]COOPER P A. Paradigm Shifts in Designed Instruction: From Behaviorism to Cognitivism to Constructivism[J]. Educational Technology, 1993, 33(5): 12-19.
- [56]ERTMER P A, NEWBY T J. Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from a Design Perspective [J]. Performance Improvement Quarterly, 1993, 6(4): 50-72.
- [57]MAYER R E. Multimedia Learning. Second Edition [J]. Cambridge University Press, 2009, 23(20): 318.
- [58]BROWN J S, COLLINS A, DUGUID P. Situated Cognition and the Culture of Learning[J]. Educational Researcher, 1989, 18(1): 32-42.
- [59]ROBBINS P, AYDEDE M. The Cambridge Handbook of Situated Cognition [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- [60]DILLENBOURG. Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches. Advances in Learning and Instruction Series[J]. Elsevier, 2000, 1: 83-86.
- [66][77]ALBRECHT U, FOLTA-SCHOOF K, BEHREND M, et al. Effects of Mobile Augmented Reality Learning Compared to Textbook Learning on Medical Students: Randomized Controlled Pilot Study[J]. Journal of Medical Internet Research, 2013, 15(8): 182-195
- [68]CHENG K, TSAI C. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research[J]. Journal of Science Education and Technology, 2013, 22(4): 449-462.
- [72][86][88]MURAT A, GOEKCCCE A, HUESEYIN M P, et al. Augmented Reality in Science Laboratories: The Effects of Augmented Reality on University Students' Laboratory Skills and Attitudes toward Science Laboratories[J]. Computers in Human Behavior, 2016, 57(4): 334-342.
- [74]TZUNG-JIN L, Henry Been-Lirn Duh, NAI Li, et al. An Investigation of Learners' Collaborative Knowledge Construction Performances and Behavior Patterns in an Augmented Reality Simulation System [J]. Computers & Education, 2013, 68(10): 314-321.
- [78]RADU I. Augmented Reality in Education: A Meta-review and Cross-media Analysis [J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2014, 18(6, SI): 1533-1543.
- [85]O'SHEA P M, ELLIOTT J B. Augmented Reality in Education: An Exploration and Analysis of Currently Available Educational Apps [C]/International Conference on Immersive Learning, 2016: 147-159.
- [92]UNESCO.ORG. The Future of Mobile Learning Implication for Policy Makers and Planners UNESCO[EB/OL]. [2017-01-06]. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219637e.pdf>.

[作者简介]

于翠波,北京邮电大学网络教育学院副教授、博士,研究方向:数字媒体设计,教育数据挖掘,学习分析;李青,北京邮电大学网络教育学院教授、博士,研究方向:数字化学习环境与学习资源,移动学习,教育信息技术标准化;刘勇,北京邮电大学网络教育学院副教授、博士,研究方向:教育数据分析、数据挖掘。

**The Research Status and Trend of Educational Application of Augmented Reality :
Based on Chinese and English Journal Papers Published from 2011 to 2016**

Yu Cuibo¹, Li Qing^{1,2} & Liu Yong¹

(1.College of Network Education, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100088;

2.Advanced Innovation Center for Future Education, Beijing Normal University, Beijing 100875)

[Abstract] Augmented reality (AR) is the most promising technology for reforming the traditional education system after ubiquitous learning and mobile learning. The assisted information was overlaid upon objects from the 3-D space or real world. Academic researchers have done a lot researches about how to use AR in teaching and learning. They find that AR-based educational applications are able to help learners facilitate understanding of the abstract concepts, provide opportunity of practice to improve the practical operational abilities and enhance engagement and collaboration among students. What's more, AR technology can provide and maintain the learners' learning motivation. In spite of the advantages of the usage of AR technology in teaching and learning, AR educational applications are still in its infancy, there are many challenges needed to be addressed: shortage of usable AR resources such as teaching contents and authoring software, inaccurate positioning AR technology and blurring boundary between real world and virtual objects introduced by the AR technology.

[Keywords] Augmented reality; AR; Educational setting; Teaching resources; Situated learning

收稿日期:2017年4月2日

责任编辑:陈媛