

增强现实(AR)在教学中的应用案例评述*

蔡 苏^{1,2}, 张 晗¹, 薛晓茹¹, 王 涛¹, 王沛文¹, 张 泽³

(1.北京师范大学 教育学部 教育技术学院, 北京 100875;

2.北京师范大学 “移动学习”教育部—中国移动联合实验室, 北京 100875; 3.高等教育出版社, 北京 100029)

摘要:增强现实作为一种新型的手段在教育领域进行跨界融合,学习者能够在虚实融合的教学情境中,以最贴近自然的方式进行自主探索。基于增强现实的交互手段给课堂提供了新的教学方式,知识会越来越具有交互性、流动性和情境性。该文通过实证发现,大部分学生的学习态度和增强现实教具的使用是呈正相关的。当然,增强现实在教育领域的应用还处于早期阶段,在教育领域的应用既有发展机遇,也还面临着一些挑战。在未来的研究中,增强现实学习环境应该深入研究如何支持学与教,以提升学生在课堂教学中的学习效果,引领课堂教学新方向,形成教育新常态的价值诉求。

关键词:增强现实; AR; 虚拟现实; VR; 课堂教学

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

增强现实(Augmented Reality, 简称AR)是广义上虚拟现实(Virtual Reality, 简称VR)的扩展。增强现实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^[1],因此增强现实是“增强”了现实中的体验,而不是替代现实。增强现实可以用来模拟学习对象,让学习者在现实环境背景中看到虚拟生成的模型对象,而且模型可以快速生成、操纵和旋转,能够在最贴近自然的交互形式下为学习者搭建一个自主探索的空间,这对于抽象内容教学和提升学习者兴趣是很有启发意义的。

一、增强现实教育应用文献回顾

Milgram, Takemura, Utsumi and Kishino^[2]定义了真实环境和虚拟环境的连接关系,如图1所示。从字面上理解,在真实环境上叠加虚拟的对象,就好像把现实环境要展示的内容“增强”了,所以就叫“增强现实”,反之即是“增强虚拟”。

真实环境 增强现实(AR) 增强虚拟(AV) 虚拟环境
Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment

图1 真实环境到虚拟环境的连接关系

(一)国际研究

在教育领域里最早运用增强现实技术的案例是Billingham制作的Magic Book^[3]。它根据书本内容制作成3D场景和动画,并且利用一个特殊的眼镜就能让儿童看到虚实结合的场景,如图2所示。这幅图也生动地展示了图1中的从完全真实环境到完全虚拟场景的连接关系。



(a)真实环境 阅读书籍 (b)使用设备看到虚实结合的场景 (c)书中展示的完全虚拟的场景

图2 Magic Book

Kaufmann and Schmalstieg^[4]通过增强现实显示系统将简单的几何体在现实场景中呈现。几何体具有布尔运算的功能,可以将几何体的变化以及在空间中相交、相切的关系直观展示出来。学生在这种虚实融合的学习环境中更容易理解复杂的空间概念,也方便建立师生和生生之间的教学互动。

Dü nser and Hornecker^[5]将3D角色、声音及互

* 本文受北京市教育科学“十三五”规划青年专项课题“增强现实游戏在自闭症儿童生活技能习得的应用及影响研究”(项目编号:CCHA16120)资助。

动道具加入到寓言故事中来观察5-7岁的儿童如何进行互动与合作学习。利用附有标签的互动道具,儿童在阅读故事的同时完成与故事内容相关的小任务。该研究发现儿童认为增强现实环境非常有趣,他们沉浸在其中并愿意尝试着完成任务。在此基础上,他们进一步设计了为7岁孩子提供的基于增强现实的故事书^[6],研究儿童在现实世界中所具有的知识和技能是如何影响他们在这种新环境下的交互行为的。结果表明这种更接近物理交互的方式能够带来更多样化的交互行为,如孩子们通过移动或反转标记能够导致增强现实场景中相应物体的类似动作,这大大地激发了他们的兴趣。

Vienna理工大学研究人员展示了AR技术在力学教学中的应用^[7],如图3所示。它利用一个为电脑游戏所开发的物理引擎来实时模拟力学领域的物理实验,学生可以积极主动地在一个三维虚拟世界中创建自己的试验并加以研究。在实验之前、实验过程中和实验结束后,该系统均提供了多样化的工具,用以分析目标物体的受力、质量、运动路径等物理量。但该系统需要较昂贵的头盔、立体眼镜等设备。

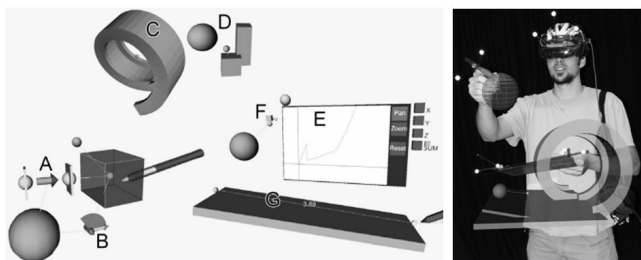


图3 物理仿真教学实验

Martín-Gutiérrez, Luís Saorín, Contero, Alcañiz, Pérez-López and Ortega^[8]展示了一项帮助工科学生提高空间能力的增强现实应用。如图4所示,他们设计了一本可以呈现3D模型的书籍AR-Dehaes来帮助学生完成虚拟化的任务,试图在一个短期的补习课程内提高他们的空间技能。一个由24名大学新生参与的验证性实验证实了该训练在提高学生空间能力上具有可测量的积极效果。

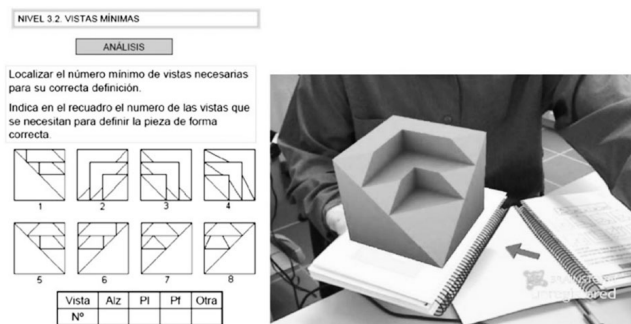


图4 AR-Dehaes案例:选择最少的正交视图定义一个对象

在日本3.11地震后,Chang, Wu and Hsu^[9]设计了实验来研究福岛第一核电站工厂附近的核辐射污染环境下的学生的学习行为。该实验通过移动设备上的增强现实技术模拟核辐射下的环境,以此增强学习者的临场感和即时性来支持学生学习。例如,假设校园离核电站有12公里远,且在前一天发生了氢气爆炸,选取的九年级学生使用Android平板电脑来收集校园周边的模拟核辐射值。研究发现学生通过AR活动的感知行为与核环境状态的改变存在显著性相关,这提供证据表明AR环境可能影响学习者对现实世界突发事件的情感态度。

Lin等人的研究发现,在学习弹性碰撞和动量知识方面,使用AR比使用传统的2D教学软件在学习效果方面有显著的提高。这在很大程度上归功于AR软件在教学过程中对碰撞过程和规律的具体和形象的展示^[10]。

教育领域著名组织The New Media Consortium(NMC)近几年发布的地平线报告中将增强现实技术列为未来几年最具潜力的六个技术之一,如表1所示。从“简单增强现实技术”到“增强现实技术”的字眼变化可以看出这门技术正在迅速走向成熟应用。

表1 NMC组织发布的教育领域技术趋势年度报告

该技术可能广泛使用的时间段	地平线报告 2009	地平线报告 2010	地平线报告 2011	地平线报告 2012(K12)	地平线报告 2016(HE)
1年内	移动设备	移动计算(学习)	电子书	移动设备和应用	自带设备
	云计算	开放式内容	移动应用	平板计算	学习分析和自适应学习
2-3年	无处不在的地理信息	电子书	增强现实技术	游戏学习	增强和虚拟现实
	个人Web	简单增强现实技术	游戏学习	个人学习环境	创客空间
4-5年	语义程序应用	手势交互技术	手势交互技术	增强现实技术	情感计算
	智能对象	可视化数据分析	学习分析	自然用户交互	机器人

(二)国内研究

国内对增强现实技术在教育领域的应用的关注与日俱增。苏俊钦的“扩增实境(增强现实在台湾被称为扩增实境)应用于中文注音符号学习之研究”将增强现实应用于儿童学习注音符号。他们设计了一套中文注音符号学习教材,通过摄像头识别每个注音符号,在摄像头捕获画面上叠加呈现对应的虚拟动物图像,并以动画的形式告知儿童选取相应的标记以得到正确反馈。该研究旨在探究儿童是否能够在教育游戏中利用媒体辅助来获得有效的学习。结果表明这种与虚拟图像的简单交互可以有效增强儿童的兴趣,加深儿童对中文注音的印象^[11]。

蔡苏、宋倩和唐瑶^[12]提出增强现实学习环境的架构,并基于此实现了一个增强现实概念演示书——未来之书。选取了中学物理中的单摆、牛顿第一定律、牛顿第二定律等实验进行虚实结合的展示,如图5所示。学习者只需通过简单的设备即能直观感受到平面书籍中所描述的实验场景,增强了学习者的兴趣。未来之书参展2010年第十七届北京国际图书博览会,获得好评。



图5 书上浮现的牛顿第二定律三维模拟

Cai and Song^[13]构建了一个基于增强现实技术的一对多学习系统,教师可以通过网络视频交互系统将实时增强的视频教学信息传输给学生。该系统降低了增强现实技术的复杂性,支持多种终端设备,只需安装普通摄像头并连入网络即可运行,为学习者的知识构建提供了有效支持。

Cai, Wang, Gao and Yu^[14]设计了本地和网络在线两种形式进行仿真教学的平台。在增强现实学习环境中,由于用户抛弃了鼠标、键盘而使用自然交互方式,因此与真实的环境中操作真实物理器具的感受一致。进一步来说,这种虚实融合的环境使得因一些成本、安全受限制,或者现实中根本无法实现的场景叠加到真实环境中,让学习者体验到了一种新颖、有趣而又不产生操作隔膜感的学习方式。

Cai, Chiang and Wang^[15]利用AR技术实现了一个凸透镜成像实验。研究发现虽然使用AR与否对学生的影响不显著,但参与实验的教师反映使用AR对成绩较低的学生影响更大。

Cai, Wang and Chiang^[16]设计了若干个初中化学物质结构的虚实融合操作实验,学生可以采用自然交互方式对虚拟出来的微观世界中的分子、原子进行操作、组合、创作。实验表明这种交互方式能极大地提升学生学习兴趣和对物质微观结构的理解。

He, Ren, Zhu, Cai and Chen^[17]设计了一个移动设备上的应用“快乐记单词”。通过手机或者平板上的摄像头扫描单词,屏幕呈现出相应的三维模型并发

出语音。结果表明这种方式能更好地提高儿童对学习英语单词拼写和朗读的兴趣,并能提升学习效果。

Wang, Ouyang, Zhang, Zu and Cai^[18]设计并实现了地理导航与文化导览一体化的服务系统,并通过实证研究探索了移动增强现实技术应用于校园导览的效果。

Zhu, Cai, Ma and Liu^[19]将手势识别设备LeapMotion与AR技术相结合设计开发了一系列基于手势的匹配游戏,试图提高自闭症儿童的精细动作和认知能力。通过采用单一被试法中的AB实验设计(A表示基线期,B表示干预期),研究者在北京市的一所培智学校开展了准实验研究。结果发现:基于手势的匹配游戏能在一定程度上吸引自闭症儿童的注意力,并能提高自闭症儿童的精细动作表现和空间感知能力。

郭俊峰^[20]针对台湾台南市的赤崁楼古迹设计了“赤崁楼随境游戏活动”。该案例使用AR和地理定位技术将虚拟世界与真实世界融合,能使参与者在游戏进行中直观的探索,进而提升参与者主动探索的意愿与动机。

Cai, Chiang, Sun, Lin and Lee^[21]还将AR技术与微软Kinect体感交互技术相结合。研究表明,基于AR的体感教学软件能够帮助学生理解磁场和磁感线等抽象的概念,有助于学生更高效地学习物理规律。同时,AR技术不仅在提高学习成绩上成效显著,在改善学生的学习兴趣方面亦有不错的效果。

Li, Shen, Wang, Liu and Cai^[22]实施了中学数学概率知识点中的经典抛硬币实验。硬币抛的次数越多,其正反面出现的概率就越逼近各占50%。使用AR技术既能迅速地记录大样本实验次数的统计结果,又能以真实“抛”硬币的方式获得玩游戏的临场感。研究结果表明,当使用AR工具应用于数学教学中时,学生的学习积极性均有显著的提高。

一些研究者都声明新技术能创设出真实的科学学习环境,以便让学习者在其中进行探究性学习^[23-25]。增强现实技术作为当前研究热点之一的虚拟现实技术的分支,确实能为学生创设出一个科学探究的环境^{[26][27]}。那么AR对学生究竟有什么样的影响?AR是否以及如何影响学生的深层次认知?学生对使用AR辅助学习的态度如何?本研究团队通过近几年在增强现实技术教育应用领域的实证研究探讨了上述问题。

二、国内增强现实教学案例评述

北京师范大学教育技术学院蔡苏团队从2009年开始研究增强现实教育应用。这里介绍的5个典型案例均挑选自该团队自主研发的在不同学科领域下基于增强现实学习环境的实证研究,具体包括数学

领域的概率学习、物理领域的凸透镜成像实验、化学领域的微观世界互动学习、语言学习及基于地理定位的校园导览。期望通过国内典型案例的介绍与教育技术研究工作者共同探讨增强现实技术与教育的深度融合应用。

(一)数学AR教学实例：概率学习

该研究的主要目标是探究在初中数学的概率章节中，增强现实对学生学习体验和学习成果的影响。

1.实验对象

该研究选取南京市某中学59名初中一年级学生为实验对象。其中实验组31人，对照组28人。实验回收问卷59份，根据作答完整性，最终获得实验组有效问卷25份，对照组有效问卷25份。

2.研究设计

实验工具为研究者开发的基于AR的Android平台上的应用程序——抛硬币。在游戏开始前，学生可以设定两个参数：间隔时间与识别时间。其中，间隔时间是指摄像头两次识别硬币之间的最短间隔时间，识别时间为摄像头成功识别一次硬币的最短停留时间。游戏启动后，移动设备的摄像头能够捕捉并识别画面中硬币的正、反面状态，并在屏幕中显示相应的3D模型以提示用户该硬币已被成功识别。一旦识别成功，系统会为硬币的当前状态自动计数，同时更新已识别的正、反面次数和频率。如图6所示，系统左上角记录硬币的正、反面次数，右下角折线图可实时更新正面频率。将实验对象分为2人一组，分别负责硬币的抛掷和识别，如图7所示。当学生退出游戏后，此次游戏的历史数据将被保存在数据库中。



图6 游戏界面图



图7 AR概率学习的教学现场

3.研究结果

实验通过对学生的前测和后测来评估研究工具对学生概率章节学习成果的影响。前测部分包括10道检验学生对概率先验知识了解情况的填空题，其中，4道题是概率与生活经验方面的问题，4道题是概率理论方面的问题，2道题是以上两者之间关系的问题。后测部分则包括5道检验学生学习成果的测试题，其中，1道题是概率与生活经验方面的问题，2道题是概率理论方面的问题，2道题是以上两者之间关系的问题。除此之外，后测部分还包括5道开放性试题，用以获取学生对AR学习工具的体验情况。

研究发现，在前测中，实验组对象在概率与生活经验问题的平均得分低于对照组，但在后测中，实验组对象在这一方面题目的平均得分却要优于对照组。同时，在联系生活经验与概率理论这一方面，实验组的表现也在某种程度上优于对照组。

尽管该研究并没有验证量化数据的统计性显著状况，但从质性的开放性题目中可以看出，当使用AR工具应用于数学教学中时，学生的学习积极性均有显著的提高。

(二)物理AR教学实例：凸透镜成像

该案例旨在探究AR技术对于八年级学生物理学习效果以及深层次认知方面的影响。

1.实验对象

实验选取天津市某学校八年级两个班级的学生为实验对象。根据学生以往的物理成绩进行匹配分组，实验组的24名学生(女生16人，男生8人)使用基于AR的凸透镜成像软件来进行凸透镜成像规律的探究学习，对照组的26名学生(女生14人，男生12人)，沿用传统教学方式。

2.研究设计

案例依照准实验设计的调查问卷来收集凸透镜成像的学习效果和学生对使用AR工具辅助学习的情感态度方面的相关数据。研究目标如下：(1)比较实验组和对照组的物理学习效果；(2)探究学生使用AR工具后的情感态度。

实验中通过使用三个不同的标记卡片来模拟蜡烛、凸透镜和荧光屏。当摄像机捕获到凸透镜标记卡片时，凸透镜的3D模型与用于标记焦距和两倍焦距数据的平行数轴都将显示在屏幕上。将蜡烛标记卡片和屏幕标记卡片分别放置于凸透镜标记卡片的两边，屏幕将基于蜡烛和凸透镜之间的距离自动呈现相关的图像，如图8所示。如果调节蜡烛和凸透镜之间的距离，屏幕上的图像将根据凸透镜成像规则实时变化。假设物距为 u ，像距为 v ，焦距

为 f 。根据凸透镜成像的公式 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ，当 $u < f$ ，光屏会呈现虚像；当 $u = f$ 时，光屏不呈现像；当 $u > f$ 时，光屏会呈现实像。

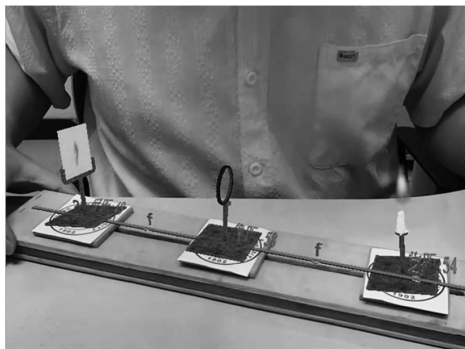


图8 AR模拟凸透镜成像实验

在教师指导学生如何使用AR工具后，实验组的学生借助AR工具来探究凸透镜成像的规律。同时，对照组的学生通过传统教学方法来学习相同的规律。图9展示了学生进行凸透镜成像实验的过程。



图9 学生进行凸透镜成像实验的过程

3. 研究结果

该研究显示，在后测部分两组之间似乎没有显著差异，但在实验组中使用AR对成绩较低的学生影响更大。在情感态度方面，大部分学生对使用AR工具来学习物理课程持积极态度。另外，根据学习态度问卷的结果，大部分学生认为AR工具可以吸引注意力并能激发其对于物理课程的学习动机。虽然没有足够的证据确定学生的概念理解是否可以得到提升，但AR工具为学生提供了更丰富的科学学习机会。此外，基于AR工具的实验不仅可以增强学生对具体和可观察的物理规律的理解，还能通过积累实践经验来提升实验技能。

(三) 化学AR教学实例：微观粒子交互式实验

该案例主要是对化学课程中基于增强现实的学习工具的补救性学习效果的研究。

1. 实验对象

该案例选取了深圳市某中学八年级的29名学生为实验对象，其中男生16人，女生13人。

2. 研究设计

在教学前采访了化学老师，她指出学生们对

于课程的学习态度并不积极，他们没有完全理解学习资料的相关知识，并且认为这些知识是枯燥抽象的。她希望通过借助AR工具复习所学内容后能提升学生的学习效果并能培养积极的学习态度。因此，实验不设置对照组。前测的成绩将代表学生使用教科书后的学习成绩，后测成绩将代表学生使用基于AR探究的学习工具后的学习成绩。活动中使用的工具(包括软件，标记和活动表格)都没有提供测试中涵盖的确切知识点，这意味着考试答案必须是学生在探究学习过程中通过自己的观察和探究所取得的成果。此外，在这种情况下，研究者认为，前测和后测分数之间的纵向差异将代表使用AR工具的学习效果。问卷主要调查学生对于AR学习工具的情感态度。

(1) 实验设计

实验前，研究者在教室里的每台计算机上都安装了AR软件。实验设计包含如表2所示的4个部分。

表2 实验设计

实验内容和操作方法	测量工具来源
前测：每名发一份试卷，要求独立完成	该试卷由深圳市某中学万姓老师编制
将全班学生随机分成3组。要求每组学生使用AR工具来完成学习活动表上的全部内容，并在没有老师指导的情况下合作完成此学习活动表(工具包括基于AR的软件，标签和活动表格)	学习活动表由研究者设计，其内容符合软件特点和学习目标
后测：重复与前测相同的测试	试卷与前测相同
所有学生独立完成问卷调查	问卷内容由四部分构成，分别基于以下3篇文章进行了一些修改(学习态度 ^[28] ，对软件的满意度 ^[29] ，认知有用性、认知易用性 ^[30])

(2) 程序设计

该软件使用Java语言开发，使用了NyArToolkit, Java3D以及JMF(Java Media Framework)软件包。通过捕获标签的位置来呈现不同的结构层次以及原子的各种组合。如图10和下页图11展示了水和钻石两个实例的操作。

如图10-(a)所示，屏幕中放入了2个氢原子和1个氧原子。当慢慢将这两个氢原子向氧原子靠近时，一个水分子便形成了，如图10-(b)所示。用户可以拿起水分子靠近摄像头来观察它的结构，若将标签向上抬高，即可看到屏幕出现一滴水滴，如图10-(c)和图10-(d)所示。

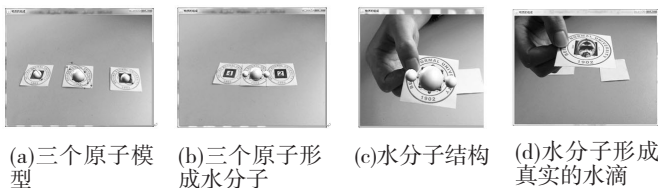


图10 水分子相互作用

在第二个程序中,探究活动要求学生使用碳原子构造金刚石晶体。首先,使用碳原子和化学键搭建金刚石的正四面体单元,如图11(a)所示。此外,研究者将使用学生搭建的正四面体单元组建一个完整的金刚石结构,如图11(b)所示。学生可以从桌子上的另一个标签所呈现的物体得到提示,他们搭建的金刚石结构就是钻石的内部结构,这将化学和日常生活联系到了一起。

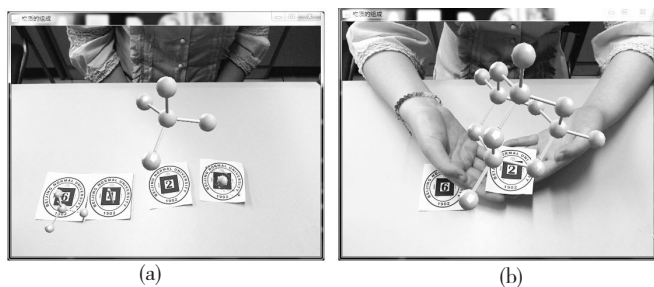


图11 金刚石相互作用

在学生完成探究活动后,研究者期望学生:(1)知道构成物质的三种微粒,解释水、石墨、金刚石和氯化钠的形成过程,了解不同元素的原子结构,并将物质宏观组成与微观构成的认识统一起来;(2)能够概括抽象概念,并掌握基本化学研究方法;(3)养成尊重客观事实,认真、严谨的科学态度,激发学习化学的兴趣。

3. 研究结果

在实验过程中,研究者认真观察并记录了学生的表现情况。前两组完成整个活动的小组成员都是男生。起初,有两个女生没有参与到学习活动中,而是坐到一旁写作业,在老师的鼓励下,她们才加入到实验中来。在探究学习活动中,大多数学生看起来很兴奋和好奇,并表现出了强烈的学习动机。相对于参照纸质的活动表格,大多数学生更倾向于亲自与软件进行互动。实验后随机抽查了5名学生进行访谈交流。在访谈中,研究者请他们谈论自己对学习工具的感受。首先,学生表示AR工具可以较好地帮助记忆原子的结构。在传统课堂上,仅通过老师的简单指导,学生对于知识的理解度和记忆持久度较低。但基于AR的软件教学可调动学生积极性,促使其注意力更加集中。在直观地看到仿真模型并与其交互后,对所学知识的印象也更加深刻。其次,与传统Flash课件和其他3D建模软件相比,AR工具能提高学生对实验探究的操作能力。相比于键盘鼠标与计算机的操作,直接通过自然交互对程序性知识的识记效果更好。同时,学生也对这个工具提出了一些建议,例如他们希望物质的模拟现象能更加逼真,可以加入一些卡通或者动画元素使软件

更有趣。最后,当研究者询问这5名受访学生是否想要在未来学习中使用AR工具时,他们一致回答“想”。

(四)语言AR教学实例:学龄前儿童英语单词学习

该案例旨在研究参加基于移动增强现实学习活动的学生的学习效果和教师的情感态度。

1. 实验对象

该案例选取了北京某幼儿园的两个班级的学生作为研究对象,每班20人,年龄范围在4-6岁。分别将两个班设定为对照组和实验组,对照组使用传统教学方法,即教师通过黑板和口头讲授,学生重复识记;实验组在教师的指导下,并通过助教的帮助,使用课题组开发软件进行学习。参与实验的学生在实验前均未使用过移动设备进行学习,也均未学习过这些单词。

2. 研究设计

系统基于Java 1.7, Android SDK和Wikitude SDK设计开发。应用的功能包括提取和识别单词,显示相应的图片和发音等。

如图12所示为AR应用软件的用户界面。欢迎界面包括“开始取词”“关于作者”“退出程序”三个按钮。点击“开始取词”即可进入“取词页面”;将手机摄像头对准单词卡片,即可显示对应的单词图片,点击图片会播放该单词的发音。学习者需要在获取单词后,将其与出现的图片连接,在点击单词后,听取发音并重复。如图13所示为实验组学生正在使用基于AR的移动应用程序学习单词。

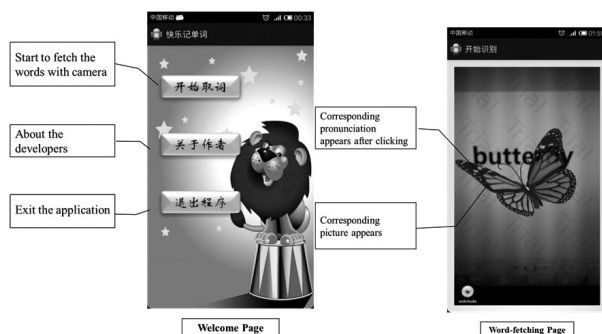


图12 用户界面



图13 实验组学生正在使用基于AR的移动应用程序学习单词

3. 研究结果

(1) 学习成绩分析

为了探究基于移动增强现实学习活动对于学生学习是否有帮助,研究使用独立测试来收集两组前测和后测的数据。实验组的学生平均分数从最初的23.125提升到了73.125,在此次教学实验中有显著提高。前测中对实验组和对照组进行数据t检验的结果无显著性差异($p=0.930$),而在后测中两组均出现了较为明显的显著性差异($p=0.000<0.001$)。因此AR学习软件有助于非英语母语学习者学习英语单词。

(2) 教师态度分析

由于幼儿园的孩子尚且年幼,不能表达自己的态度,为了更深入地了解这个实验,研究采访了这两个班的英语老师。老师的意见总结如下:“这种学习将触觉,听觉和视觉结合在一起,更容易激发孩子的好奇心。使用手机扫描单词,呈现匹配的图片 and 发音也符合儿童的认知规则。但是手机可能会分散儿童的注意力。这种类型的教学可能更适合一对一的情况。此外,实验设置的词汇量对于这些年幼的孩子偏大,如果开始就创设一个全面丰富的学习环境,效果将会更好”。

(五) 非正式学习AR实例:基于位置的校园导览系统

该研究基于移动增强现实和位置服务技术,设计并实现了地理导航与文化导览一体化的服务系统,并在北京某大学校园部署应用。研究选取了小样本实验对象对系统平台进行试用和评价,旨在探索移动增强现实技术应用于校园导览的效果。

1. 实验对象

该实验中被试34名,均为校外人员,年龄18~25岁不等。实验对象所具有的共同特征是对实验校园的陌生程度较高。

2. 研究设计

实验者被分为两组,A组中的17名使用者在试用软件前,由培训人员介绍软件开发的背景和各项功能,确认实验对象能够独立使用该软件,并在使用后填写问卷。B组的17名使用者在软件试用之前并没有接受培训人员对软件开发背景和各项功能的讲解,由使用者自行安装软件试用并在试用结束后填写问卷。两组使用者试用系统平台2~3个小时。使用过程中用户可以根据摄像头中捕获到的真实场景去寻找校园相关地标性建筑,如右图14。在到达地标性建筑后,摄像头通过捕获图像自动识别出地标信息,并作为学习内容呈现给用户,如右图15所示。



图14 周边地标性建筑信息



图15 地标建筑内容介绍

问卷分为基本情况、用户体验和主观题三个部分。基本情况部分收集的是用户性别等基本信息;用户体验部分主要收集的是用户对该软件各项指标实际表现的认同感情况;主观题部分收集的是用户认为该软件有哪些优点和缺点以及对该软件的整体评分。问卷的用户体验部分共设8道题,分别从可获取性、宣传效果、可用性、美观性、环保性、可交互性、可推广性以及功能性八个方面对软件进行评价。对于每一项指标,用户给出的满意度越高说明软件越受到用户的认可,反之亦然。

3. 研究结果

该实验共回收有效问卷34份,问卷的有效回收率为100%。实验结果表明,两组对软件在各项指标上的呈现都表现出比较大的满意度。两组被试在软件的可用性、美观性和功能性上的评价一致性较高,在可获取性、可推广性、可交互性以及宣传效果上的表现有一定的差异。

对于主观题,通过对所有被试作答进行汇总,发现认为该软件的优点集中表现在以下3个方面:

(1)方便美观。绝大多数被试都提到使用手机可以随时随地获取信息,而且定位技术与增强现实技



术的结合使得搜索过程和呈现方式变得更加自然,不仅省去了手动输入的过程,而且所见即所得;

(2)绿色环保。绝大多数被试都提到目前使用纸质地图时的资源浪费问题,并认为该软件是替代纸质媒介的比较好的手段之一;

(3)交互有趣。绝大多数被试都提到使用手机摄像头与真实物理环境进行交互的方式非常新颖有趣,之前并没有接触过,信息的快速即时呈现的特点也让校园文化随手可及。

使用者对软件也提出了很多建设性意见,有些意见限于目前硬件技术能力还不能解决,比如校园无线网速导致加载信息过慢,手机GPS定位所需时间过长、有时定位不准确等等。还有一些问题的提出可能是用户在并不知道软件实现原理上主观臆断的结果,比如有用户提出使用3D图像识别会耗费很多流量等。由于该软件的服务器端设在校内,因此在校学生获取服务器资源不会产生付费流量。

在最后对软件的评分环节里,A组对软件的平均评分为4分,B组为4.2分,两组之间并没有存在很大差异,说明被试对软件的整体试用结果还是比较满意的。

三、总结及展望

以上介绍的5个增强现实教育应用的案例,从学科上看,涉及基础教育领域的数学、物理、化学、英语各个不同的学科;从学习的形式上看,既有课堂学习,也有课外非正式学习。这说明AR技术在教育中应用的范围宽泛,潜力巨大。从AR学习环境设计的角度,我们可以把增强现实教学方式大致分为三类:基于角色扮演的的方法、基于位置的方法以及基于任务设计的方法^[31]。其中前两种方法侧重于教学活动的设计,强调学习者的行为,并通常以游戏式学习的形式表现,这在国外注重实践、注重活动的教学方式中应用得较多。第三种基于任务的方法主要侧重在教学对象的呈现、展示以及人机交互,并以简单的教学活动设计贯穿在整个教学过程中,这种方式在国内现阶段应是主流。不过这三类教学方式并不是排他性的,尤其是在国内现在STEM教育、创客教育的背景下,这三种教学方式在某些场合可以综合使用。因此通过合适的教学活动的设计,将三种教学方式交叉融合,增强现实学习环境这种新型的学习环境就可能产生与预期学习目标一致的情境支持,进而影响教师教学的方式以及学生学习的效果。

相对于使用Oculus、HTC Vive等纯虚拟现实环境来说,增强现实环境不需要佩戴沉重的头盔,

不需要放置捕获用户空间位置的专用定位器和特定的活动范围空间。它仅需要一台电脑配合一个普通摄像头,或者仅需要平板或手机(本身自带摄像头),即可做到真实环境和虚拟对象的融合互动。因此这种对硬件条件要求不高的学习环境更容易在学校落地,并拥有更多的受众用户。更重要的是,增强现实环境将虚拟的学习内容与现实环境发生了有意义的关联。以笔者实施的中学数学概率知识点中经典的抛硬币实验为例,有人可能会说这个实验用一个Flash动画模拟就可以了,但是Flash的画面全部都是计算机生成的虚拟画面,和学生所处的现实环境没有任何关联。另外学生可能会质疑,计算机随机生成的正反面结果会不会是预先设定好的程序?而且通过Flash的点击按钮来模拟抛硬币,学生也没有真正现实环境中抛硬币的感觉。但如果使用AR技术来做这个实验,就可以既充分利用电子设备快速的记录统计结果,又能让学生在真实环境中体验到抛硬币游戏中“抛”的真实感觉。所以从这个角度来说,增强现实带来的是一个交互体验上的变革。

相比其他更成熟的技术在教育中的研究,AR在教育中应用的研究还处于简单呈现、交互不深入的初级阶段,仅有少量案例的交互手段比较深入。一些AR实证研究主题的研究设计也还相对比较简单,研究周期较短。定量研究的样本数较小,定性研究则主要依赖于学习者自我陈述的可用性、偏好和效率来评价学习效果。此外,所采用的方法主要是基于设计的研究、案例研究,以及少数的准实验研究。不过从以上我们自主研发的案例可以看出,绝大部分学生对于增强现实的教学工具或环境表现出正面的态度,这也符合Nunez, Quiros, Nunez, Carda and Camahort^[32]的研究结果。要提供更多AR具有教育价值的证据,就要控制和综合评价研究,包括大量样本的收集分析和有效的仪器。未来AR教育应用研究应当确定有效的课外活动和技术特点,并协同生成一组教学模式和AR环境的设计原则,这样就可为新型的虚实融合学习环境中所涉及的问题提供指导。

参考文献:

- [1] AZUMA R T. A survey of augmented reality [J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355-385.
- [2] MILGRAM P, TAKEMURA H, UTSUMI A, et al. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum [J]. SPIE, 1994, 2351(34): 282-292.
- [3] BILLINGHURST M, KATO H. Collaborative augmented reality [J]. Communications of the ACM, 2002, 45(7): 64-70.

- [4] KAUFMANN H, SCHMALSTIEG D. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality [J]. Computers & Graphics, 2003, 27(3): 339–345.
- [5] D NSER A, HORNECKER E. An Observational Study of Children Interacting with an Augmented Story Book [A]. HUI K-C, PAN Z, CHUNG R-K, et al. Technologies for E-Learning and Digital Entertainment[C]. Berlin Heidelberg:Springer,2007.305–315.
- [6] HORNECKER E, D NSER A. Of pages and paddles: Children's expectations and mistaken interactions with physical – digital tools [J]. Interacting with Computers, 2009, 21(1): 95–107.
- [7] KAUFMANN H, MEYER B. Simulating educational physical experiments in augmented reality [M]. Singapore: ACM SIGGRAPH ASIA 2008 educators programme, 2008.1–8.
- [8] MART N-GUTI RREZ J, LU S SAOR N J, CONTERO M, et al. Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students [J]. Computers & Graphics, 2010, 34(1): 77–91.
- [9] CHANG H Y, WU H K, HSU Y S. Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue [J]. British Journal of Educational Technology, 2013, 44(3): E95–E99.
- [10] LIN T-J, DUH H B-L, LI N, et al. An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system[J]. Computers & Education, 2013, 68(1): 314–321.
- [11] 苏俊钦. 扩增实境应用于中文注音符号学习之研究[M]. 台湾: 成功大学, 2004.
- [12] 蔡苏, 宋倩, 唐瑶. 增强现实学习环境的架构与实践 [J]. 中国电化教育, 2011, (8): 114–119.
- [13] CAI S, SONG Q. AR-based remote video learning system[A]. Proceedings of 17th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, WMUTE 2012[C]. Takamatsu, Kagawa, Japan: IEEE Computer Society, 2012. 322–324
- [14] CAI S, WANG X, GAO M N, et al. Simulation teaching in 3D augmented reality environment[A]. Proceedings of the 1st HIAI International Conference on Advanced Applied Informatics, HIAIAI 2012[C]. Fukuoka, Japan: IEEE Computer Society, 2012. 83–88
- [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] CAI S, WANG X, CHIANG F-K. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course [J]. Computers in Human Behavior, 2014, (37):31–40.
- [17] HE J, REN J, ZHU G, et al. Mobile-Based AR Application Helps to Promote EFL Children's Vocabulary Study[DB/OL]. <http://ieeexplore.ieee.org/document/6901503/?arnumber=6901503>, 2016–12–01.
- [18] WANG P, OUYANG S, ZHANG X, et al. A Study on Campus Cultural Learning and Navigation System Using Mobile Augmented Reality and Location Based Services[EB/OL]. https://www.learntechlib.org/?fuseaction=Reader%2ENoAccess&paper_id=148963, 2016–12–01.
- [19] ZHU G, CAI S, MA Y, et al. A Series of Leap Motion-Based Matching Games for Enhancing the Fine Motor Skills of Children with Autism[EB/OL]. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7265371>, 2016–12–01.
- [20] 郭俊峰. 社群网站与扩增实境融入史地随境游戏之成效研究[M]. 台湾: 台南大学, 2016.
- [21] CAI S, CHIANG F-K, SUN Y, et al. Applications of augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction [J]. Interactive Learning Environments, 2016,(5): 1–14.
- [22] LI S, SHEN Y, WANG P, et al. A case study of teaching probability using augmented reality in secondary school[EB/OL]. www.etc.edu.cn/~cs/publications.html, 2016–11–18.
- [23] CHANG C-W, LEE J-H, WANG C-Y, et al. Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment [J]. Computers & Education, 2010, 55(4): 1572–1578.
- [24] SAN CHEE Y. Intentional learning with educational games: A Deweyan reconstruction[J]. Australian Journal of Education, 2014, 58(1): 59–73.
- [25] O'CONNOR J, JEANES R, ALFREY L. Authentic inquiry-based learning in health and physical education: a case study of 'r/evolutionary' practice [J]. Physical Education and Sport Pedagogy, 2016, 21(2): 201–216.
- [26] WU H-K, LEE S W-Y, CHANG H-Y, et al. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education [J]. Comput Educ, 2013, 62(3): 41–49.
- [27] OLYMPIOU G, ZACHARIAS Z. Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation [J]. Instructional science, 2013, 41(3): 575–596.
- [28] HWANG G-J, CHANG H-F. A formative assessment-based mobile learning approach to improving the learning attitudes and achievements of students [J]. Computers & Education, 2011, 56(4): 1023–1031.
- [29] CHU H-C, HWANG G-J, TSAI C-C. A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning [J]. Computers & Education, 2010, 54(1): 289–297.
- [30] CHU H-C, HWANG G-J, TSAI C-C, et al. A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses [J]. Computers & Education, 2010, 55(4): 1618–1627.
- [31] 蔡苏, 王沛文等. 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.
- [32] NUNEZ M, QUIROS R, NUNEZ I, et al. Collaborative Augmented Reality for Inorganic Chemistry Education [J]. New Aspects of Engineering Education, 2008,(5):271–277.

作者简介:

蔡苏: 博士, 硕士生导师, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(caisu@bnu.edu.cn)。

张晗: 在读硕士, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(immonv@sina.com)。

薛晓茹: 在读硕士, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(1054006975@qq.com)。

王涛: 在读硕士, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(yefengwt@163.com)。

王沛文: 在读硕士, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(pei6964012@163.com)。

张泽: 主任, 研究方向为数字出版(zhangze@hep.com.cn)。

(下转第30页)



- [3] App Store. AR Dinopark[EB/OL].<https://itunes.apple.com/cn/app/ar-dinopark/id482861517?mt=8>, 2016-05-26.
- [4] 陈向东,蒋中望.增强现实教育游戏的应用[J].远程教育杂志,2012,(5): 68-73.
- [5] Furt B. Handbook of Augmented Reality[M]. New York:Springer-Verlag,2011.
- [6] 陈向东,乔辰.增强现实学具的开发与应用——以“AR电路学具”为例[J].中国电化教育,2014,(9):105-110.

作者简介:

陈向东:教授,研究方向为新媒体阅读、在线知识交流模式、数字图书馆(chen_xiangdong@163.com)。

万悦:在读硕士,研究方向为虚拟现实教育应用、移动学习技术。

The Development and Application of Augmented Reality Educational Games —The Case Study of “Bubble Planet”

Chen Xiangdong, Wan Yue

(Department of Education Information Technology, East China Normal University, Shanghai 200062)

Abstract: The application of augmented reality technology to educational games can advance the frontiers of educational games. For exploring the strategy and method of the design, development and application of augmented reality educational games, through the analysis of current cases, the essay sorts out the principle of the design of augmented reality educational games, sums up the essentials to be considered of the demand analysis, design and development, test and release of the augmented reality educational games. In the meantime, an augmented reality English word learning game, bubble planet, has been designed, as a demo of the whole process of design and development of AR educational game. Bubble planet is designed for pupils at low grade, which can help the learners to accomplish the recognition and memory of English words with the aid of expressive pictures and interesting situations. The initial application of the game has shown that the learner can accomplish the leaning goals and have a good user experience. The research has manifested by strengthening the combination of virtuality and reality, human-computer interaction, Real-time feedback and sensory experience, augmented reality educational game can change learning process and optimize learning experience.

Keywords: Augmented Reality; Educational Game; English Learning

收稿日期: 2016年11月30日

责任编辑: 赵兴龙

(上接第9页)

Review on Applications of AR in Education in China

Cai Su^{1,2}, Zhang Han¹, Xue Xiaoru¹, Wang Tao¹, Wang Peiwen¹, Zhang Ze³

(1.School of Educational Technology, Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2.Joint Laboratory for Mobile Learning, Ministry of Education-China Mobile Communications Corporation, Beijing Normal University, Beijing 100875; 3.Higher Education Press, Beijing 100029)

Abstract: Augmented Reality (AR) is a novel method of transboundary fusion in the field of education. Learners can be provided a more intuitive and natural way to interact with information, by creating a powerful space for exploration in the virtual and realistic integration of the teaching situation. Interactive approaches based on augmented reality provide new teaching methods in the classroom, where knowledge can be more interactive, fluid and situational. In our five empirical researches, most of the students' attitudes toward learning and the use of augmented reality are positively correlated. Of course, augmented reality in the field of education is still in its early stages of application, and the application of AR technology in education is facing a number of challenges and opportunities. The future research will analyze how augmented reality environment to support learning and teaching, in order to enhance the effectiveness of students in classroom teaching, leading the new trend of classroom teaching, forming the value demands of the new state of education.

Keywords: Augmented Reality; AR; Virtual Reality; VR; Classroom Teaching

收稿日期: 2016年12月20日

责任编辑: 赵兴龙