

教育元宇宙技术发展趋势与路径研究

陆星家

宁波工程学院理学院, 浙江 宁波

收稿日期: 2024年1月25日; 录用日期: 2024年2月22日; 发布日期: 2024年2月29日

摘要

教育元宇宙技术脱胎于元宇宙技术, 借助虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、混合现实(MR)技术的快速发展, 已成为高校本科教学、课程改革的一个重要方向。教育元宇宙技术应用层次自下向上可分为虚拟重现、虚拟仿真和虚实融合三个层次, 虚实融合的目标是虚拟场景和真实场景的自由切换, 借助人工智能和三维地图技术, 实现真实教学场景和虚拟教学场景的无缝切换。当前高校教育元宇宙技术的发展过程中存在显著的外部路径依赖和内部路径依赖, 并对路径依赖进行分析, 提出外部路径创造和内部路径创造, 并将加强政府引导、培育可学习的优秀案例、保护个人隐私信息作为推进教育元宇宙应用发展的关键路径。

关键词

教育元宇宙, 虚实融合, 路径依赖, 路径创造

Research on the Development Trend and Path of Educational Meta-Universe Technology

Xingjia Lu

College of Statistics and Data Science, Ningbo University of Technology, Ningbo Zhejiang

Received: Jan. 25th, 2024; accepted: Feb. 22nd, 2024; published: Feb. 29th, 2024

Abstract

Educational metaverse technology originated from metaverse technology, and with the rapid development of virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR) technologies, it has become an important direction for undergraduate teaching and curriculum reform in univer-

sities. The application level of educational metaverse technology can be divided into three levels from bottom to top: virtual reproduction, virtual simulation, and virtual real fusion. The goal of virtual real fusion is to freely switch between virtual and real scenes. With the help of artificial intelligence and 3D map technology, seamless switching between real and virtual teaching scenes can be achieved. In the current development process of metaverse technology in higher education, there are significant external and internal path dependencies. An analysis of path dependencies is conducted, and external path creation and internal path creation are proposed. Strengthening government guidance, cultivating learnable excellent cases, and protecting personal privacy information will be the key paths to promote the development of educational metaverse applications.

Keywords

Educational Metaverse, Integration of Virtual and Real, Path Dependency, Path Creation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2021年3月,中共中央、国务院提出《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》,提出要建设数字中国的目标,纲要提出在十三五期间大力发展互联网、人工智能、高性能集成电路等一大批战略新兴产业,重点解决一批“掐脖子”的关键技术,其中信息技术又是战略新兴产业的重点领域。教育信息化作为信息化的重要组成部分,受到了教育部的高度重视[1]。2021年7月8日,教育部等多个部门为了推进教育信息化的进一步发展,联合发布《推进教育新型基础设施建设构建高质量教育支撑体系的指导意见》,意见从信息网络、平台系统、数字资源、智慧校园、创新应用和可信安全等多个方面提出教育信息2.0的建设目标[2]。

近年来,以Facebook和Microsoft为代表的头部IT企业提出了元宇宙(Metaverse)的概念,将元宇宙作为信息技术的下一个发展重点,大力开发元宇宙相关技术和应用。元宇宙技术融合VR(虚拟现实)、AR(增强现实)、MR(混合现实)等支撑技术,通过与三维地图、三维建模、人工智能等技术的结合提供一种虚实交互的场景,为使用者提供了一种真实场景和虚拟场景互动的场景[3]。元宇宙技术处于发展摸索阶段,其应用的成熟离不开支撑技术的进步和“杀手级应用(Killer Application)”的出现,其应用范围和定义伴随着VR、游戏、数字孪生的发展而不断扩大。元宇宙、游戏、数字孪生、VR不断融合,在不同的行业内结果开花,衍生出不同的应用。教育元宇宙作为元宇宙在教育领域的垂直应用,通过真实物理场景建模、数据融合、人工智能、大数据和云计算,为参与者提供高度沉浸、自然交互的虚实融合教学环境,推进学习的沉浸化、交互化、想象化。

教育元宇宙技术目前处于快速发展阶段,受到国外教育元宇宙应用的影响,国内在教育数字化的发展模式存在路径依赖,即国内的教育数字化以国外教育数字化为标准、模版,而忽略国内外教育制度的差异性的现象。路径依赖最早由经济学家(D.C. North)道格拉斯·诺斯提出,泛指经济上一旦选择了某种体制,由于其规模、学习效应、协调效应以及适应期预期以及既得利益约束等因素,会存在类似物理学中惯性的现象,无法脱离其发展路径,出现路径锁定的现象(Lock in)。本文旨在探讨教育元宇宙的典型特征和发展路径,分析高校在教育元宇宙技术应用中存在的路径依赖现象[3],分析其依赖特点,结合国

内的教育发展水平，展望教育元宇宙面临的挑战及推进路径。

2. 教育元宇宙的应用层次

根据国内外学者对教育元宇宙技术的层次分类，钟正将教育元宇宙应用层次分为四层，从低向高分别是虚拟重现、虚拟仿真、虚实融合和虚实联动四个层次[4]，前两个层次目前已经得到国内外学者和教育部的认可，第三层次则处于研究和探索阶段，第四层次的虚实联动由于脑机接口技术、神经计算技术的发展没有突破，仍处于概念设想阶段。本文充分考虑国内外教育元宇宙技术的发展趋势，将目前的教育元宇宙应用分为虚拟重现、虚拟仿真和虚实融合三个阶段，并对以上三个阶段进行重新梳理和定义。

2.1. 虚拟重现

虚拟重现主要指采用全景拍摄或三维建模技术构建的虚拟场景，构建的场景与真实场景十分接近，能够为使用者获得身临其境的沉浸感。国内一些学者将数字孪生作为虚拟重现的一部分，其理解与工业界对数字孪生的定义有所偏差。数字孪生最早是由 Michael Grieves 提出，通过数字化手段构建一个与物理实体完全等价的虚拟模型，使用者对虚拟模型的功能测试等价于对物理实体的功能测试，数字孪生可以有效地降低物理实体测试的成本，提高功能测试效率[5]，数字孪生更多地是从工业制造、设计和测试角度考虑，其技术发展依赖行业领域的理论发展，不同行业差异很大，虚拟重现则要简单的多，通常只包括全景视频拍摄及三维场景建模[6]，数字孪生技术要超过虚拟重现的概念和技术范畴。

虚拟重现借助全景拍摄、测绘技术、三维扫描技术、基于已有的 CAD 文件、设备图纸，通过建模技术构建与真实场景高度一致的三维模型。图 1 是虚拟重现常见的处理流程：1) 测量和拍摄，提取模型几何特征，从采集手段上，可以分为无人机拍摄，全景拍摄、CAD 建模等；2) 在完成模型数据的采集后，需要利用三维建模工具对模型进行建模，从建模工具上，可以使用 Smart3D Capture、Sketch Up、Maya、

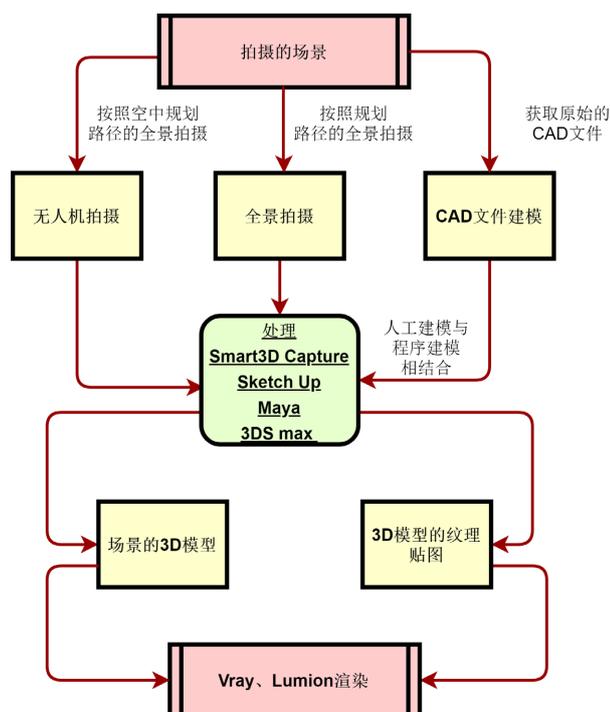


Figure 1. Virtual reproduction realization process

图 1. 虚拟重现的实现流程

3Ds Max 等软件,仪器设备可以使用三维扫描仪进行建模,以上部分通常需要人工建模和程序建模结合,其中人工建模可以获得更高的精度和准确率,而程序建模的优势是快速,两种建模方法可以相互补充;

3) 建模完成后,为了检测模型在真实光照、背景下的效果,可以使用 Vary、Lumion 等渲染工具对三维模型进行渲染,借助 VR/AR 设备、浏览器对建模结果进行检测,以期获得满意、逼真的场景和模型。虚拟重现构建的教学场景、仪器模型可以为学习者提供情境式、沉浸式的教学体验,进而激发学习者的学习热情和好奇心,提高学生的认知水平,增加教学过程反馈。

2.2. 虚拟仿真

与虚拟重现相比,虚拟仿真不仅要求能够真实展现教学场景和实验场景,同时要能够模拟科学、自然现象及其形成过程的动态演化规律。虚拟仿真力求以真实自然演变过程和操作流程来向学习者展示知识、实验过程,虚拟仿真可以通过网络、VR 等手段展示知识、实验的原本内涵,使学习者摆脱时间和空间的约束,为高危险、高难度、高成本的课程,提供真实的虚拟学习环境,激发学生的学习兴趣 and 好奇心。

2017 年,教育部发布《虚拟仿真实验教学课程建设与共享应用规范(试用版)》纲要,要求在 2020 年全国建设 1000 门虚拟仿真课程。虚拟仿真课程通过创建新的场景,解决“高危险、高成本、高复杂度”实验课程“做不上、做不了、做不好,做不起”的难题,解决了教学资源不足,提高原有教学环节的效率。虚拟仿真课程的基本原则是“两性一度”,其中两性是“高阶性”和“创新性”,其中高阶性强调课程的广度和深度,突破习惯性认知模式,培养学生深度分析、大胆质疑、勇于创新的精神和能力,创新性要教学内容体现前沿性与时代性,及时将学术研究、科技发展前沿成果引入课程。一度指“挑战度”,增加研究性、创新性、综合性内容,加大学生学习投入,科学“增负”,让学生体验“跳一跳才能够得着”的学习挑战。严格考核考试评价,增强学生经过刻苦学习收获能力和素质提高的成就感。

“校企合作”是虚拟仿真课程的主要开发形式,即教师负责课程的高阶性、创新性设计,企业负责课程的开发。虚拟仿真课程的实现流程如图 2 所示:定义需求,合作方根据需求进行总体设计建立仿真模型,仿真模型的建立需要对仿真过程的对象简化和抽象,在核心要素的基础上建立和开发仿真模型,仿真模型要符合实验系统或对象的客观结构、功能和物理运动规律。总体设计有实验对象的抽象建模、仿真课程的实验课程构成要素、以及仿真实验脚本设计,当完成总体设计之后,进入系统实现阶段,即完成虚拟仿真的三维建模、模型与用户的交互、仿真实验的功能实现,然后进入测试阶段,对虚拟仿真系统进行功能测试和三维模型测试,最后交付给客户,客户在使用过程中对各模块进行功能和交互测试,

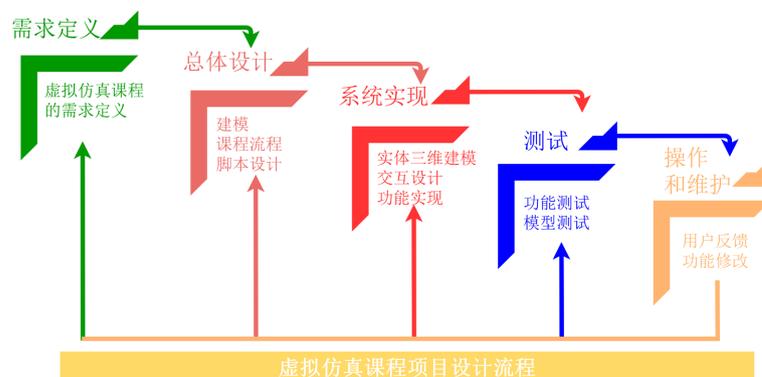


Figure 2. Realization flow of the virtual simulation project
图 2. 虚拟仿真项目的实现流程

合作方根据用户的反馈进行修改。虚拟仿真课程可以采用软件工程的瀑布式开发方法，从上向下，逐层分解，逐步开发。

2.3. 虚实融合

虚实融合技术基于计算机视觉、人工智能、计算机图形学等技术对真实世界进行三维重构，结合真实的三维数字地图，创建的沉浸式虚拟环境。在虚实融合应用中，为了能够在虚拟世界和真实世界中自由切换，需要高精度的数据采集和建模技术、高速数据传输技术和云计算技术[7]，传统的手工建模技术不能满足其实时性的要求。图3是Waymo公司的自动驾驶的虚实融合技术，无人驾驶汽车通过车身传感器获取车辆周围的目标信息，结合人工智能、计算机视觉和计算图形技术构建了一个与真实场景完全相同的虚拟场景，无人驾驶汽车通过对虚拟场景中周围目标的检测和判断，实现无人车与周边实物的交互，由于无人驾驶汽车在行驶过程中对反应时间的硬实时要求，对虚实融合技术提出非常高的技术要求。



Figure 3. Virtual-reality fusion application

图3. 虚实融合应用

在教育元宇宙的虚实融合应用中，为了实现虚拟空间与真实空间的交互，需要借助高精度的扫描和数据采集技术，结合厘米级的空间识别技术，构造出一个与动态教学实景相同的虚拟空间。与虚拟仿真的三维建模相比，虚实融合的场景具有更高的精度，同时能够动态生成实时的教学场景，因此其三维模型的数据量巨大，传统的本地计算和存储，无法满足虚实融合技术的数据传输要求，只有借助高速的5G传输，实时无缝将真实场景与虚拟场景相叠加，实现立体沉浸式教学体验。

在虚实融合技术中，高精度的数字三维地图是不可或缺，教师需要在教学过程中，实时地对所处的教学位置进行精准定位，在高精度地图上动态加载场景的三维场景模型，克服了虚拟仿真的三维模型的静态加载的不足，方便教师在教学过程中对虚拟教学资源的动态调用。此外，国内外一些学者在虚实融合技术的基础上，提出了更高层次的虚实联动应用，目前其仍处于概念探讨阶段，虚实联动的脑机接口、将思维活动转化为具体、有形的操作过程，改变虚实世界的教具位置、活动行为、指令设置等技术仍然处于研究探索阶段，技术仍不成熟，技术难点有待解决。

2.4. 教育元宇宙应用的评价指标

教育元宇宙应用的发展离不开评价指标体系的建立，根据元宇宙技术的应用层次，可以分为8个评价指标，其中稳定性、逼真性、适配性与平台的软硬件环境有关，通常在元宇宙应用中是由开发公司负责，系统运行平台的质量是元宇宙应用的关键。模型的逼真性随着用户的需求不断增长，如厘米级的空间识别技术所产生的空间物体模型产生的数据量会指数级增长，对数据传输和数据存储提出了更高的要求。在软件的适配性方面，基于Unity3D、Unreal-Engine5开发的元宇宙应用可以部署到多种不同的平台，但是Windows平台是其最佳部署环境，平台的稳定性对于学生、教师的使用至关重要。完整性、想象性、

沉浸性与课程设计相关，教师是课程设计的最主要的负责人，课程设计与教学水平和科研水平相关，其完整性要包括课程的大纲、目标、过程、测试和学分认证等。课程的想象力是元宇宙应用最困难的，教师要根据课程的内容进行重新设计，既要能够体现课程的知识点，同时要能够培养学生的发散思维。交互性和便捷性与用户体验相关，元宇宙应用需要满足学生的个性化需求，需要教师、学生、开发单位三方的合作。元宇宙应用的评价指标如图 4 所示，元宇宙应用不同评价指标的重要程度、以及各指标的权重的研究仍然处于研究中。

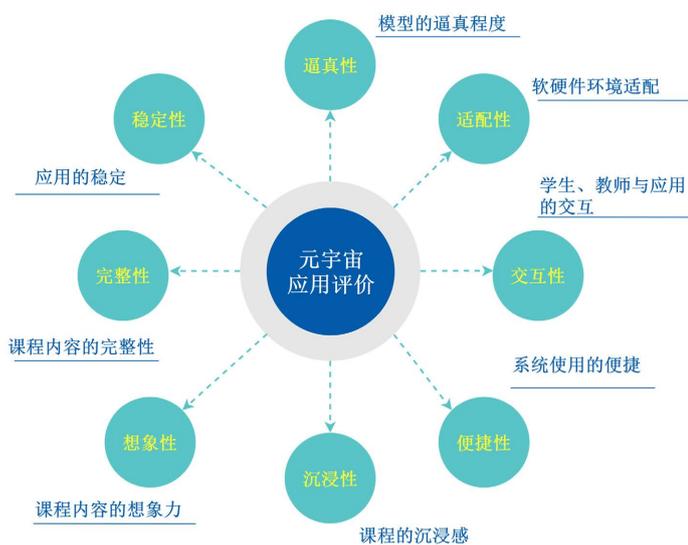


Figure 4. Meta-universe application evaluation metrics
图 4. 元宇宙应用评价指标

3. 教育元宇宙应用发展趋势

3.1. “高校”是教育元宇宙应用的主力

高等教育更加注重培养学生的知识应用能力和专业能力，高等教育的学科门类、专业多样性是基础教育所不能相比的，高等教育在教学内容和教学设计方面具有更大的自由度，对新的教学方式容忍度更高。教育元宇宙技术作为高校数字化技术的发展方向，依托元宇宙技术构建高度逼真的元宇宙学习场景和环境，学生在元宇宙场景中开展学习和实验，达到教学大纲要求目标的教学活动，满足高校本科教学需求，其教学内容属于教学大纲的一部分。学生在学习过程中能够控制学习过程，自主分析学习结果，并能够提交在线报告或作业。

教育元宇宙技术不再局限于教育部在虚拟仿真项目规划指南指定的“安全性差、难以实现、成本高昂、时空限制”的课程，扩展到文科、理科等较少实验的课程。通过教育元宇宙技术，首先可以拓展教学内容的深度和广度，凸显元宇宙技术的优势，在内容上具有高阶性和创新性，同时拓展互动式、研究型、团队式教学方法，推动探索式教学方法的普遍运用，通过多途径、多方案、设计性实验方法，凸显学生综合设计与创新思维能力培养的广度和深度，进而拓展学生的能力。

3.2. 加大“校企合作”力度

教育元宇宙应用的发展离不开技术的发展，当前的元宇宙开发技术无法满足教育元宇宙技术的推广，其主要原因是教师无法完成元宇宙应用的设计和开发，三维建模、仿真、场景 - 对象交互需要由合作方

完成,使得教育元宇宙技术的开发周期变长,也不利于教育元宇宙应用的重构。教育元宇宙应用的场景建模、设备建模涉及到测绘、工程制图、三维建模工作,其工作量巨大,需要利用一系列的软件工具链,如三维建模工具 3ds Max、Maya、C4D、Softimage,自由曲面建模造型工具 Rhino、人物造型工具 ZBrush,平面图形工具 illustrator 和 Photoshop,纹理设计工具 Paint,视频制作工具 After Effect、Premiere,以及虚拟仿真和物理引擎工具 Unity3D、Unreal-Engine4、Three.js 等。

随着教育元宇宙技术开发过程中使用的大量的工具,教师无法在短期内开发高质量的元宇宙应用,因此校企合作是元宇宙应用中必不可少的环节,任课教师更多地将应用的开发重点放在课程的设计、课程内容要素、概要脚本、详细脚本,在设计元宇宙应用课程中力争做到课程的考核明确,重点突出,课程的三维建模、交互环节可以由企业完成,提升教育元宇宙应用的开发质量。

3.3. “微课”与教育元宇宙的结合

相比“校企合作”的教育元宇宙课程应用,微课由于其短小精炼,更加容易对知识点聚焦,传播更广,同时对内容学习的限定更少,受众更多。微课的特点适合教师单独开发独立的知识点应用,在沉浸度、逼真度方面与实物建模的元宇宙应用有所欠缺,但是在知识点想象性方面,则可以将教师对知识的理解、知识的抽象以及想象结合起来,克服“虚拟仿真”课程的不足。

Python 语言作为近年来流行的程序设计语言,被许多行业接受,其中 Python 的 Manim 包在微课制作方面,受到了许多教师关注[8],Manim 制作的微课可以有效地解决“想象性”的问题,如利用 Manim 制作的“拓扑学”微课,利用 Manim 的拓扑学模型,可以完成“茶杯”到“圆环”的拓扑学变换,其中 1 至 4 表示渐变过程(图 5)。基于 Python 的 Manim 制作的微课较好地解决了虚拟仿真课程“想象力”欠缺的不足,同时 Manim 支持 Latex 语言,极大地方便了各种数学定理、算法推导和物理定理的演绎,尤其适合广大高校教师制作精细程度要求高的“微课”。



Figure 5. Application of Manim in the micro-lesson “Topology”
图 5. Manim 在“拓扑学”微课的应用

元宇宙技术在“微课”应用能够推广的前提是 1) 开发工具较为简单,如 Manim 的微课开发只使用 Python 语言,减少了不同软件工具的学习成本; 2) 教师对课程知识点十分熟悉,同时融入了教师对教学内容、教学过程的教学反思的总结; 3) 微课需要与课程目标的考核相结合,对学习者的学习结果进行评价。元宇宙技术与微课存在多种应用路径,不同专业存在不同的开发路径和设计路径。

3.4. 教育元宇宙技术促进交互水平提升

教学交互是“教学过程”的核心,良好的课堂教学交互是学生深度思考和思维训练的关键,如果提升教育元宇宙技术应用的交互水平是教育元宇宙应用推广的核心。根据教育学、心理学理论,教学的交互分为自由观摩阶段、规定操作阶段、自由操作阶段、自由搭建等四个不同的交互等级,其中自由观摩阶段包括观看、体验、答题,目标是帮助学习者理解、掌握相关的知识点,规定操作阶段分为观看、指令、操作、结果、答题等五个部分,从使用的角度,通过网页或者应用程序完成规定操作更为稳定,同时对软硬件的兼容性更佳。自由操作阶段,观看,学习、选择、(正/误)操作、结果(正/误反馈)、答题。

自由搭建阶段，观摩学习、制作元素、搭建系统(有/无提示)、反复实验(成功/失败)、分析结果、回答问题(图 6)。

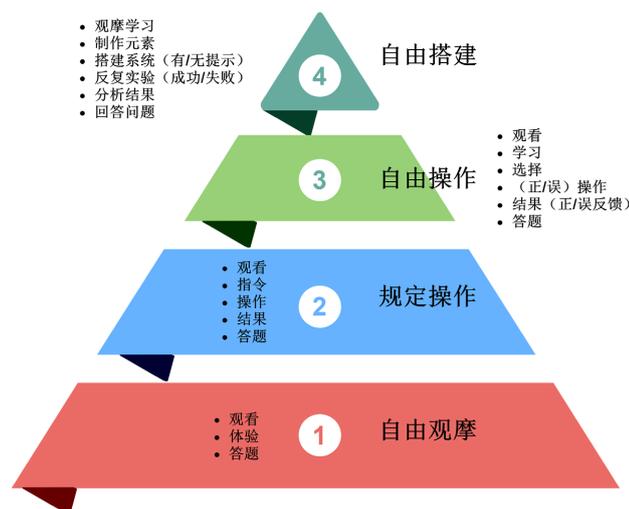


Figure 6. Interaction levels
图 6. 交互等级

4. 教育元宇宙技术的路径依赖

在教育元宇宙技术发展过程中，教师和学校为主的实践主体存在着较大的对虚拟重现、虚拟仿真技术层次的路径依赖，即在教学改革过程中，面对新的需求、新的技术、新的实践要求，教师或者教学改革决策者有时存在惯性思维，未能认识到教育元宇宙应用的发展趋势，仍然依据原有的规则，循规蹈矩，未能有效地推进教学改革。

4.1. 外部条件依赖

国家和教育部高度重视信息化技术的应用和推广，2010年7月29日颁布了《国家中长期教育改革发展规划纲要(2010~2020年)》，纲要指出要加强优质教育资源开发与应用。加强网络教学资源体系建设。引进国际优质数字化教学资源。开发网络学习课程。建立数字图书馆和虚拟实验室。建立开放灵活的教育资源公共服务平台，促进优质教育资源普及共享。2012年3月13日颁布的《教育信息化十年发展规划(2011~2020年)》，规划要求建设并不断更新满足各级各类教育需求的优质数字资源。建设优质网络课程和实验系统，虚拟实验室等，促进智能化的网络资源与人力资源结合。建设各级各类优质数字教育资源，遴选和开发500个学科工具、应用平台和1500套虚拟仿真实训实验系统。2018年4月13日颁布的《教育信息化2.0行动计划》，计划要求加强职业院校、高等学校虚拟仿真实训教学环境建设，服务信息化教学需要。2019年2月23日，国务院办公厅颁布的《加快推进教育现代化实施方案(2018~2022年)》，方案要求加快推进智慧教育创新发展，设立“智慧教育示范区”，开展国家虚拟仿真实验教学项目建设，实施人工智能助推教师队伍建设行动。2019年10月30日，《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》，意见提出从2019年到2021年，完成4000门左右国家级线上一流课程(国家精品在线开放课程)、4000门左右国家级线下一流课程、6000门左右国家级线上线下混合式一流课程、1500门左右国家虚拟仿真实验教学一流课程，1000门左右国家级社会实践一流课程认定工作。

以上规划、计划、方案和意见对高校信息化建设起到了政策指导和发展引导的作用，各级高校将以

上的政策作为教学改革的目标，对于提升高校的信息化起到了重要的提升作用，同时主导着高校数字化教育发展的趋势。由于高校各专业固有的专业属性存在明显的差异，各专业的数字化发展趋势也呈现不同的演变路径，如工科专业具有天然的实验属性，对于部门高危或极端环境、高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等物理或实体实验做不了、做不好的实验，采用虚拟仿真实验解决了做的问题。对于文科专业，定性分析多于工科的定理数据，课程的作业结果的开放性多于限定性，相比工科的实验流程，文科专业更多是体验式教学，缺乏对教学内容的反馈和评价环节。外部条件的依赖会造成学校执行改革存在主观能动性和直觉性的不足，难以实现各专业的协同发展，出现重“工科”，轻“文科”的发展局面，不利用高校课程改革协调发展。

4.2. 内部条件依赖

相比制度性的外部条件依赖，教育元宇宙应用在课程实现方面，存在内部条件依赖，为了打造“身临其境”的教学情境，教学空间、教学装置、教学过程、教学现象的视、听、触等拟真呈现，营造教学过程的沉浸逼真性。课程的开发存在逼真度越高，沉浸感越真实，其教学过程、场景的工作量越大的情况，一旦教育元宇宙课程应用被部署，教学环节、教学过程调整将会十分困难，也就是传统的“校企合作”的教育元宇宙应用开发模式对企业的教学过程开发存在内部的技术路径依赖。教育元宇宙应用的发展促进了教师对于相关技术的学习，做PPT-教案、录制课程视频的教学课程开发技术已经不能适应未来教育元宇宙技术对教师的要求，教师需要在教育元宇宙应用实施时，了解、掌握、或熟练使用教育元宇宙技术，如三维建模技术、动画制作、VR、AR技术。教育元宇宙课程开发技术是教育元宇宙应用的基础，后进者如何能够掌握教育元宇宙课程开发技术，通过规模经济，降低教育元宇宙应用开发的成本，增大了教育元宇宙应用的场景，在更多的课程建设中引入教育元宇宙技术，产生了正向协调效应。教育元宇宙技术的正向协调对学生、家长、教师产生了适应性预期，教育元宇宙技术的普及对教育环节各对象都产生了正向改善教育质量的预期，认为教育元宇宙技术可以提高教学质量，改善教学效果，提高学生的认知水平。

教育元宇宙技术的发展仍有欠缺。以教育元宇宙的虚拟重现为基础层次为例，在不同学科的教育元宇宙的虚拟重现受到不同学科应用场景的影响，如打造机械工程、汽车工程的教育元宇宙应用，需要课程教学方不仅具有相关的专业知识，并具有将相关教学场景能够转化为教学三维模型、三维场景的能力。从教育元宇宙技术的发展来看，仍然缺乏非常高效的教学场景、模型的三维生成工具，即开发三维模型需要消耗教学方非常大的精力。

教学方对教育元宇宙技术应用认知缺乏。教育元宇宙应用需要教学方按照软件开发、项目设计的流程进行课程设计，流水线化是教育元宇宙应用的重要特点，教学方不仅对课程的内容和十分熟悉，同时也要对教育元宇宙应用的开发流程比较熟悉，能够将课程应用分解成独立的模块，每个模块能够被独立的测试，并在完成每个模块之后对整体应用进行集成测试，相比较传统的课程，其环节较为复杂，超出了单个授课老师的能力范畴，因此在教育元宇宙技术的应用方面可以以教研室为单位，以公共基础课、核心专业课为突破口、开展教育元宇宙应用课程。

5. 教育元宇宙技术推进策略

5.1. 教育元宇宙应用的路径创造

教育元宇宙技术对教学场景、教学交互方式、教学模式带来一系列的新的变革，其最终目标是打造具身参与、自由交互、数字连接、超越现实的虚实联动的教学场景，进而克服传统教学情景化、交互性的不足，激发学习者的好奇心、想象力和创造力，提升学习者的学习能力、探究能力和创新能力。

教育领域的改革在于能否摆脱对传统思维的路径依赖，创新实践通过与旧有政策的不断冲突而衍生出新的应用生态，新的应用生态则需要与原有路径不同的政策支持其繁衍和演进。J.A. Schumpeterde 的“创造性破坏”思想强调决策者的意志力对崭新路径开辟的决定性作用，即关键决策人物的决策思路对企业的发展方向具有决定性作用[9]。R. Garud 和 P. Karnoe 的“有意识地偏离”思想则认为路径创造是多主体在一个复杂系统中演进变异出现的结果，是对原有路径的改良，即任何一个路径创造不是从无到有，而是植根于原有系统或路径的改良。

针对教育元宇宙应用存在外部条件和内部条件依赖的不足，结合“创造性破坏”和“有意识偏离”两种路径创造理论，克服教育元宇宙发展路径中存在的路径依赖，推动教育元宇宙应用的发展。

1) 内部条件依赖到内部路径创造

元宇宙与教育的深度融合是教育元宇宙能否成功应用的关键，在推进过程中需要摆脱元宇宙技术是教学活动中辅助工具的思想，是教学细节完善的束缚，需要将教育元宇宙应用作为教育整体性系统变革的契机。教育元宇宙应用不是教育与元宇宙技术的简单叠加，而是通过元宇宙思维重构教育生态。随着线上教学、线上线下混合式教学的新模式被广大教学工作者接受，课堂教学结构产生了结构性变革，逐步由“教师主导”教学形态转变为“社交化”教学形态。课堂教学结构中的教师、学生、资源、平台间的关系也发生相应的变化，“虚拟人物”、“课外导师”等新的教学要素也被引入课堂教学中。

改变传统的教学组织，解决传统教学组织的班级制对教学时间、地点的限制，充分使用多种教学组织形式，由静态的教学组织转变为动态的教学组织，尤其是需要分组教学、个别教学时，教育元宇宙应用可以满足分组、个体差异，完成班内的分组教学和个别教学，如个别学生在学习过程中遗漏的知识点，可以通过回放、重做等方式动态学习，克服了传统教学组织单一化的不足，丰富教学组织的多样性，实现动态、灵活的智慧型教学组织，逐步适应翻转课堂、智慧式课堂等新型教学方式。教育元宇宙对教学评价，可以分阶段的对课堂教学、教师、学业进行评价，将传统的单一评价转变为多种形式的综合性评价，由总结性评价转变为过程评价，更加注重知识、实践、学习能力的过程性培养，通过评价可以及时对课程进行诊断、反馈教学、调控教学方向、检验教学效果。教学模式，将以传授系统知识、培养基本技能为目标的传授式教学模式与元宇宙的情境教学、示范的参与性练习相结合，通过在学习、实验中的模仿和练习，形成知识的迁移，进而熟练掌握相关知识。

2) 外部条件依赖到外部路径创造

政府和教育部门应对元宇宙教育生态进行系统性顶层设计，出台具体的计划和规划，引导学校、教育部门主动跟进。首先要发挥相关计划和政策对学校推进教育元宇宙的引领作用。在教育水平较高的城市开展教育元宇宙应用的试点工作，学校层次可以从高等教育向义务教育扩展。然后，发挥在线教育企业对教育元宇宙的推广和示范作用，K-12 在线教育市场有广阔的发展空间，积极引导相关企业利用元宇宙技术提高 K-12 教学质量，摸索出新的教育业态。各地教育行政部门要建立教育元宇宙应用技术质量评价标准和行业标准，将线上-线下混合课程、线上课程与元宇宙技术相结合，推动相关的精品课程，并建立应用的网络安全标准和管理制度(图 7)。

教育元宇宙是教育的发展方向，学校的领导和决策要看到元宇宙技术对教育未来发展所起的关键性作用。针对各所学校开展的线上教育、线上-线下混合教育，鼓励任课教师积极探索在元宇宙技术下的新的教学模式、形态，从小处着手，从大处着眼，鼓励教师搭建线上教学资源，逐步推进教育元宇宙应用的发展，在发展的过程中对课程的各环节进行优化。各教学单位系统性对教育元宇宙应用进行整体设计，持续不间断地推进学校的整体数字化水平。教育元宇宙技术仍然处于快速发展阶段，其在教育领域的应用处于探索阶段，缺乏十分成功的应用案例，以及科学的推进政策。为了促进教育元宇宙技术的发展，需要从政府、教育部门、企业、行业等多方协同推进的策略。

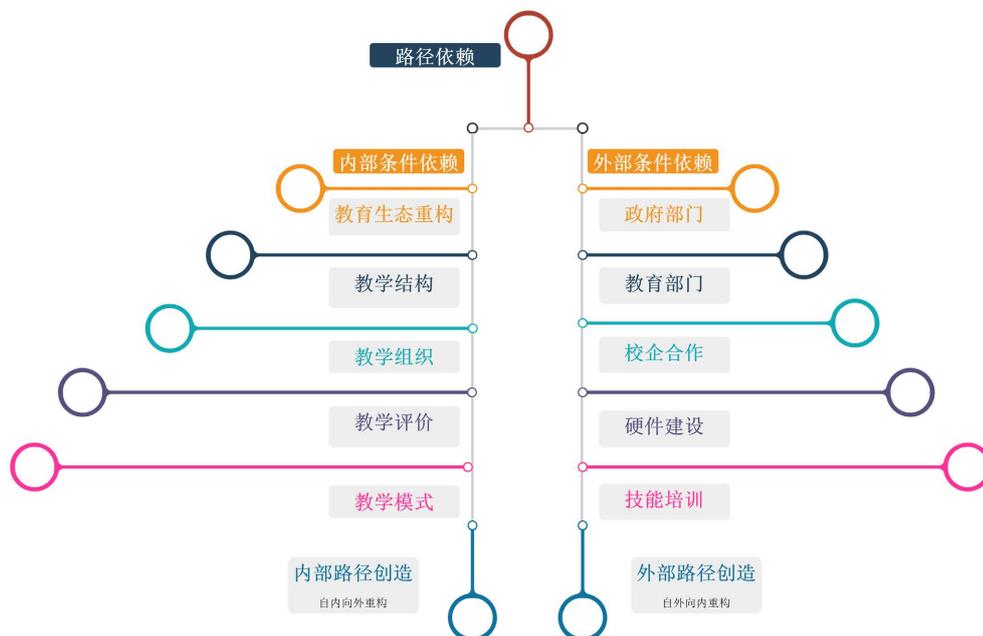


Figure 7. Path dependency to path creation
图 7. 路径依赖到路径创造

5.2. 教育元宇宙应用的推进策略

1) 加强政府引导

政府和教育主管部分的超前规划和政策制定是教育元宇宙技术能够被教育部门采纳的重要先决条件，教育主管部门出台的相关政策和法规主导了高校的课程建设目标，引导高校的教育元宇宙技术的发展方向和课程建设目标。政府在引导过程中要弱化“强政府、弱学校”的引领模式，给予高校更多的课程建设自主权，促进不同学科的协调发展，提高高校在课程建设的自主性和积极性。

政府和教育主管部门定义教育元宇宙技术的性能指标，如沉浸感指标、快速推演指标、实时交互指标、仿真可信指标。沉浸感指标是能使学习者产生“身临其境”、“感同身受”体验的技术特征，其取决于教学场景、教学过程、教学装置、操作、现象以及数据变化等作用于学习者的视、听、触等多通道感官上的拟真度。实时交互性是指教育元宇宙应用中的各种交互操作和行为能够实时地得到反馈或响应。不仅包括学习者对应用内对象的可操作性和从实验系统得到反馈的过程，还包括教学讲授和教学研讨、学习过程的跟踪分析、学习反馈与激励、学习工具、学习伙伴、帮助系统等。通过与实验对象、实验过程及学习支持系统的交互，使学生不仅能够便捷地实施、操作、干预实验过程，产生多分支路径不同操控下的对应变化，以及合理的不同实验结果，还能通过实验的系统平台支持，提高个体与集体的学习能力、实验能力。高校要加强信息化硬件投入，满足教育元宇宙技术对高带宽、高计算、低延时的硬件要求，通过共享的应用平台，提升应用的使用量，只有吸引更多的教学工作者参与到教育元宇宙技术的应用开发中，才能促进教育元宇宙技术的发展。

2) 培育可学习的优秀案例

教育元宇宙技术处于发展阶段，正从虚拟重现向虚拟仿真阶段过渡，技术与实践仍然处于摸索融合阶段。教育元宇宙技术有多种不同的技术路线，其开发环节较为复杂，如何有效地提高教育元宇宙应用的开发效率，成为教育元宇宙应用能否普及的关键。培育优秀的案例，借助实践应用案例驱动教育元宇宙的技术创新、理论创新、开发模式创新，推动教育元宇宙的发展。在虚拟重现方面，如何快速地对教

学场景、建筑、实验仪器进行建模成为教育元宇宙技术应用普及的关键点，其涉及到全景摄影、测量、CAD 文件建模等一系列的操作流程，建模过程需要兼顾真实性、美观性、准确性。培育优秀的案例是教育元宇宙技术能够推广的关键，其优秀特性如交互性、沉浸性、情境性、直观性等。能够真实还原各种自然科学现象的运行规律，可以开展探究性和协作性的教学试点。如何吸引更多的应用开发者，通过开源社区、开源技术提高普通教育工作者的案例设计、开发能力，培育良好的教育元宇宙技术生态是教育元宇宙技术发展的重要基础。

3) 保护个人隐私信息

教育元宇宙技术需要构建具有情境式、沉浸式的教学场景，对设备的适配、传输、计算、共享等提出了很高的要求，教育元宇宙需要提升用户参与的多模态交互、场景的沉浸感、教学的情境感等外部体验效果，但是对于教育元宇宙应用在教学过程中存在的问题，只有教师在教学过程中，才能根据学生反馈获得。此外，教育元宇宙应用在使用过程中，会收集教师、学生大量的生理、位置、学习行为、个人身份等信息，存在个人隐私信息泄露、被滥用的风险。如何在推广教育元宇宙技术应用的同时保证使用者的个人信息的安全是教育元宇宙技术顺利发展的关键。

基金项目

宁波市 2022 年教育科学规划“十四五”重大课题，数字化时代未来教育发展趋势与路径研究(YSSWZD002)；浙江省 2022 年度高等教育研究课题，基于数字孪生的课堂教学深度融合实践研究(KT2022374)；宁波市 2021 年教育科学重点课题，信息技术与微积分和算法课堂教学深度融合实践研究(2021YZD009)课题(YGH024)资助。

参考文献

- [1] 田爱丽, 侯春笑. 线上线下融合教育(OMO)发展的突破路径研究——基于路径依赖和路径创造的视角[J]. 中国电化教育, 2022(1): 73-78, 85.
- [2] 雒亮, 祝智庭. 元宇宙的教育实践价值与目标路径辨析[J]. 中国远程教育, 2022(6): 1-10.
- [3] 包水梅, 黄尧尧. 论我国学科评估制度改革的路径依赖及其突破[J]. 江苏高教, 2022(4): 44-51.
- [4] 钟正, 王俊, 吴砥, 朱莎, 靳帅贞. 教育元宇宙的应用潜力与典型场景探析[J]. 开放教育研究, 2022, 28(1): 17-23.
- [5] 李福, 吴益飞, 孔维一, 王海梅, 郭毓. 数字孪生趋势下机器人虚拟仿真实验建设[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(10): 265-268.
- [6] 张勇, 贾洪声, 刘惠莲, 鄂元龙. 示范性虚拟仿真实验教学一流课程的建设与应用[J]. 物理实验, 2021, 41(6): 41-45.
- [7] 段勇, 张柳新, 王茜莺. 探索虚实融合的教育元宇宙[J]. 人工智能, 2022(2): 106-115.
- [8] 陆星家, 徐敏. 基于 Manim 技术的微课设计与实践[J]. 宁波工程学院学报, 2021, 33(3): 109-114.
- [9] Koput, K.W., Garud, R. and Karnoe, P. (2012) Path Dependence and Creation. *Administrative Science Quarterly*, 48, 154. <https://doi.org/10.2307/3556631>