

基于 UE5 与知识图谱的建筑史沉浸式教学模式构建研究

李奕辰, 王丽*, 夏爽

辽宁科技大学建筑与艺术设计学院 辽宁鞍山

【摘要】建筑史教学存在空间认知断层与知识体系碎片化问题,本研究据此提出一种沉浸式教学模式,该模式基于虚幻引擎 5 (UE5) 与知识图谱技术构建。把建筑历史知识以本体化形式重组织,达成历史空间的数字化转译与多维交互。运用混合式学习理论,以认知迁移原理为依据,开发出基于 UE5 蓝图的零代码交互系统,如此一来,学习者能在虚拟环境中开展具身认知。研究认为,该模式可有效提升学习者的空间感知能力与对历史语境的理解,突破传统教学里的认知降维困境。研究构建了建筑知识图谱可视化绘制方法,实现了高精度模型跨平台快速导入,推动建筑史教学从静态展示转向动态探索模式,最终形成以设计思维为核心的低代码教学实践路径,为建筑教育信息化提供创新性解决方案。

【关键词】建筑史; 沉浸式教学; 虚幻引擎 5 (UE5); 知识图谱

【基金项目】2025 年辽宁科技大学创新创业项目阶段性研究成果

【收稿日期】2026 年 5 月 16 日

【出刊日期】2026 年 6 月 18 日

【DOI】10.12208/j.ije.20260075

Construction of an immersive teaching model for architectural history using UE5 and knowledge graphs

Yichen Li, Li Wang*, Shuang Xia

School of Architecture and Art Design, University of Science and Technology Liaoning, Anshan, Liaoning

【Abstract】 There exist issues of spatial cognition disconnection and fragmented knowledge systems in architectural history teaching. Based on this, this study proposes an immersive teaching model constructed using Unreal Engine 5 (UE5) and knowledge graph technology. It reorganizes architectural historical knowledge in an ontological form to achieve digital translation and multi-dimensional interaction of historical spaces. By applying blended learning theory and based on the principle of cognitive transfer, a zero-code interactive system developed with UE5 Blueprints enables learners to engage in embodied cognition within virtual environments. The study argues that this model can effectively enhance learners' spatial perception abilities and understanding of historical contexts, overcoming the cognitive reduction dilemma in traditional teaching. The research establishes a visual method for constructing architectural knowledge graphs, enabling high-precision model cross-platform rapid importation, and shifts architectural history teaching from static presentation to dynamic exploration. Ultimately, it forms a low-code teaching practice path centered on design thinking, providing an innovative solution for architectural education informatization.

【Keywords】 Architectural history; Immersive teaching; Unreal Engine 5 (UE5); Knowledge graph

为突破传统建筑史教学中的空间认知局限与知识碎片化困境,本研究借鉴了前沿的智能导览构建理念,将建筑历史知识进行结构化管理与语义关联表达,进而提出一种以知识图谱为“智能中枢”、UE5 实时引擎为“沉浸界面”的穿透式学习系统模式^[1],以期实现建筑史教学模式的范式革新。相关研究已证实,将三维空间展示与知识语义网络深度融合,能显著提升学习

者的自主探究能力与学习效果^[1]。在此基础上,本系统借助“可视化工具+实时渲染引擎”这种低代码工作流,实现了历史建筑空间映射与语义网络的动态交互。像在哥特式教堂的案例中,学生能在第一人称视角下交互式探究“飞扶壁”的力学传递机制,系统还能自动关联文化语境和技术演进解析,以此弥补“空间感知降维”与“知识图景碎裂”双重痛点。此研究不仅为建筑史教

作者简介:李奕辰(2004-)男,汉族,本科在读,研究方向:建筑学;夏爽(2004-)女,满族,本科在读,研究方向:建筑学;

*通讯作者:王丽,女,汉族,副教授,硕士,研究方向:建筑设计与理论。

学提供了具身认知的实践路径,更通过技术赋能推动建筑学跨专业创新,其核心价值在于进一步构建并验证了“空间数字化”与“知识语义化”协同运作的底层框架^[1],为建筑教育领域的数字化转型提供了可复制的解决方案。本研究目前完成了核心模块的原型开发(包括知识图谱构建、UE5 场景搭建及基础交互),后续将进行完整系统实现与用户实验。

1 传统教学模式的三大痛点解构

无论中国建筑史,还是外国建筑史,建筑史课程都是建筑学专业重要的专业基础课,在建筑学人才培养中承担着建筑历史文化遗产与建筑设计能力提升的双重使命,是构建学生专业素质、文化修养与创新思维的关键课程,就传统教学模式的主要三大痛点进行解构说明。

1.1 空间感知降维造成的认知鸿沟

由于二维媒介在呈现复杂三维空间时存在重大局限,在现有线下课堂教学和国家精品课线上教学中,普遍还是以历史经典建筑的平、立、剖图片教学为主,这样很难完整展现所讲建筑的空间尺度、光影变化以及结构逻辑这些关键信息。例如讲哥特式教堂的飞扶壁,图纸只能展示二维投影,没法直观地呈现力学传递路径与空间悬挑关系,这就使得学生难以构建完整的空间认知框架。再如讲述罗马万神庙的穹顶,平面图难以还原其 43.3 米的巨大直径,剖透视图也难以呈现穹顶内部逐层收缩的视觉效果。

这种空间感知降低的问题会导致学生产生很大的认知差距^[2],学生虽然能记忆构件名称,可没法理解其功能逻辑。按照空间认知理论,人类理解三维空间时,靠多模态感官输入,可传统教学只给视觉信息,触觉、动觉等关键感知通道被省略了^[3]。多模态学习分析显示,单一媒介信息传递效率在多通道交互里大概只是 40% 不到,这使得认知断层更严重了。

1.2 知识图景碎裂导致的历史语境断裂

在传统建筑史的教学里,知识图景的碎片化致使历史语境出现严重断裂,学生被迫陷入孤立的困境,难以构建建筑实体跟其文化语境、技术发展以及社会功能之间的深层联系。这种认知割裂让学生只能把握表面化的建筑特征,却无法理解背后的设计逻辑与历史原因。例如讲述哥特式教堂的飞扶壁结构时,就无法让学生去探索飞扶壁结构怎样体现中世纪工匠对力学原理的运用,再如讲述文艺复兴时期的建筑理论,就无法让学生去理解那些建筑比例是怎样体现人文主义思想的。从认知科学角度分析,碎片化学习模式破坏了知识

网络的形成规律,限制了学生系统思维的发展^[4]。

1.3 被动接受导致的交互缺失

当下建筑史教学模式里还是普遍以单向灌输式知识传递方式为主,很容易把学生主动探索权和知识建构能力混淆,让学习过程陷入“认知惰性”这种困境里。在这种模式下,学生就变成了被动接收的实体,其思维活动只围绕机械记忆和表层理解,很难进行深度思考与批判性分析,无法形成深度思考和批判性分析。在学生只靠二维图纸的平、立、剖面图来学习哥特式教堂的结构逻辑时,由于缺乏空间感知的具身体验,难以真正理解飞扶的力学传递机制,从而形成“知其然不知其所以然”的认知断层。交互设计分析矩阵表明,传统教学缺少情境化反馈机制,学生无法从试错里调整认知策略,例如在分析万神庙穹顶构造、帕拉迪奥母题时,因缺乏实时交互验证,学生常记错复杂的比例关系。此类教学模式阻碍创造性思维发展,且切断建筑实体与历史语境的关联,致使学习成为碎片化信息累积。从参与式学习评估框架视角分析,这种交互缺失直接导致学习投入度低下,根据教育神经科学研究表明,被动接收时大脑海马体的活跃度仅为主动探索状态的 40%,严重影响知识内化效率^[5]。

2 沉浸式教学系统的模式构建

2.1 基于 UE5 的历史空间的数字化转译

历史空间的数字化转译需遵循三维重建标准与空间信息可视化框架,通过 1:1 高精度模型实现对历史建筑空间尺度、光影效果及材质质素的精确复刻^[6]。在空间尺度还原这一方面,得按照激光扫描点云数据跟历史测绘图纸,构建出毫米级精度的几何拓扑结构,保证柱廊比例、拱券跨度等关键参数的绝对准确无差错。在光影模拟方面,得把历史时期的光照条件与材料光学属性结合起来,运用基于物理的渲染技术,通过材质球参数化来调整石材的漫反射率、金属高光强度等视觉特征,呈现逼真的视觉效果。材质质感可通过高精度纹理贴图模拟,本系统采用 UE5 内置材质系统实现,再加上 UE5 里通过程序化纹理生成以及置换贴图技术,就能实现视觉和触觉的感知结合^[7]。第一人称视角漫游是建立空间认知的关键方法,要利用视锥体约束和碰撞检测算法保证视角移动符合物理规律,未来可集成眼球追踪技术,以此增强沉浸式体验中的尺度感受。技术实现上,通过分级优化模型复杂度,借助 UE5 的高效渲染能力实时处理大量几何细节,并根据不同历史时期动态调整材质表现,从而完成历史空间在数字维度上的多模态转译。

2.2 建筑知识的图谱化重构

建筑知识的图谱化重构, 要突破传统线性教材的束缚, 用本体构建方法论来对建筑史的核心锚点进行系统性解构^[8]。运用语义网络分析工具来提取技术原理、风格演变与文化背景等隐性知识单元, 将其转变为具有层级关系的概念节点, 通过思维导图等可视化工具将知识间语义关联建立起来, 像把罗马万神庙穹顶力学原理与文艺复兴时期结构创新技术, 以“技术传承”关系进行链接, 从而形成可动态扩展的知识网络。此过程需着重处理三种关系: 同义关系, 像“拱券结构”与“筒拱技术”就是同义关系; 层级关系, 比如“哥特式建筑”包含“飞扶架”和“玫瑰窗”; 还有因果关联, 例如“材料强度限制”致使“尖拱技术”出现。把碎片化知识组合成结构化的语义网络, 这样就解决了传统教学里历史语境出现的断裂问题, 还为后续沉浸式系统的智能交互提供了一个可计算的知识基础。典型案例分析显示, 该重构方法能让学生在探究虚拟空间时, 凭借知识图谱的自动关联功能, 实时获取建筑形式背后的技术逻辑与文化脉络, 达成从“知识点记忆”到“知识网络构建”的认知跃迁。

2.3 空间与知识的映射机制

在建筑史沉浸式教学系统的构建中, “空间-知识”架构设计是连接虚拟环境与学术内容的核心环节, 其映射机制需通过多层次的技术整合实现。基于知识图谱构建语义网络, 把建筑史知识点(像风格流派、技术特征、历史背景之类的)转化为节点和关系, 构建起可计算的语义基础, 这是构建语义网络的一种办法。比如说, 哥特式建筑里的“尖拱”技术节点能够关联“飞扶壁”以及“玫瑰窗”等子节点, 再通过“技术影响”“空间形态”等关系给建立动态关联。

利用 UE5 的交互功能, 将知识图谱中的语义信息映射为三维空间的建筑参数。以文艺复兴建筑的比例法则为例, 可将其转化为控制模型生成的数值, 使建筑形态符合知识逻辑。同时, 将虚拟场景划分为“历史时期”“建筑类型”“技术特征”等可交互区域, 用户点击即可触发相关知识呈现, 形成“空间触发—知识检索”的闭环。

在此基础上, 系统可根据学习者的关注重点, 动态调整场景中知识展示的密度与空间结构的复杂程度, 优先呈现与当前关注点相关的内容, 从而减少无关信息的干扰, 提升学习效率。类似方法在沉浸式教育研究中已被证明有效, 验证了“空间—知识”映射机制在建筑史教学中的积极作用。

3 沉浸式教学模式的实践应用

3.1 知识图谱的可视化绘制与提炼

在面向设计专业的技术开发流程中, 知识图谱的可视化绘制与提炼是构建沉浸式教学系统的核心环节^[9]。深度研读建筑史经典文献后, 运用 XMind 工具进行系统整理, 把隐性历史知识转化为可操作的知识体系网络。首先得构建多维度的实体关系模型, 把像穹顶结构、哥特式拱券这类建筑类型, 还有力学传递、材料特性这些技术原理, 以及宗教影响、社会功能等文化语境等核心锚点都涵盖进去。利用语义网络分析技术, 构建“风格-技术-地域”三级递进关系模型, 形成知识图谱的框架结构。比如, 对万神庙进行分析时, 能把穹顶几何参数与古罗马混凝土技术联系起来, 再延伸到拜占庭建筑的影响, 构建起动态知识链。此方法充分发挥建筑学学生的视觉化思维优势, 将抽象的历史脉络转化为具象的图谱结构, 为后续 UE5 引擎中的知识映射奠定基础^[9]。

3.2 高精度模型的跨平台敏捷导入

在高精度模型跨平台导入环节, 这是实现空间数字化转译的关键步骤。研究采用参数化建模方法, 先使用常用建模软件对基础模型进行推敲与细化, 重点保证历史建筑构件的比例与构造逻辑得以准确呈现。随后, 借助实时引擎的通用转换接口, 实现模型的无损导入, 有效保留模型的表面纹理与光影特征。导入过程中, 采用分级加载策略, 并结合引擎的高效渲染能力, 使高精度模型在保持视觉真实感的同时, 仍能流畅地进行实时交互。以万神庙穹顶为例, 对导入后的材质参数进行微调, 并配合光照计算, 成功还原了混凝土表面的粗糙质感与自然光环境下的空间氛围, 验证了该技术流程在建筑史教学中的可行性。

3.3 基于 UE5 蓝图的零代码交互实现

基于 UE5 与知识图谱的建筑史沉浸式教学模式构建, 其核心技术环节在于交互逻辑的系统化转译。参考标准的可视化交互应用流程^[10], 本系统制定了“前期准备—引擎优化—蓝图编程”的标准化低代码工作流。首先, 模型导入后, 需完成模型的分组与命名、设置交互边界, 并进行材质调整与场景灯光布置, 以奠定高保真的空间基础。

在最关键的交互功能实现阶段, 本研究利用 UE5 的可视化脚本系统——蓝图, 无需编写传统 C++代码即可创建复杂的交互行为^[10]。教学设计者可通过可视化编程工具, 直接调用系统预设的交互功能模块。当学习者在虚拟场景中漫游至特定建筑构件(如飞扶壁)的感应区域时, 系统会自动响应并调取知识图谱中的相

关图文信息进行弹窗展示。这种零代码开发模式不仅大幅降低了技术门槛,支持快速的运行测试与打包输出^[10],更使教育工作者能够将主要精力集中于教学内容与空间叙事的创新上,真正实现了技术的教学赋能。

4 沉浸式教学模式的创新价值

4.1 学习模式革新:从“被动听讲”到“具身探索”

要分析沉浸式教学模式的创新价值,需从技术赋能与认知重构两个维度展开。以外国建筑史教学为例,传统“被动听讲”模式下信息留存率较低(约30%),空间认知存在割裂问题。而 UE5 构建的沉浸式环境,通过视觉、听觉与交互的多重刺激,激活学习者的身体参与感知机制,使其在虚拟空间中的探索与构件互动中实现知识内化。以哥特式教堂教学为例,UE5 能够实时模拟光线透过玫瑰窗的光学路径,并结合知识网络所关联的力学原理与宗教象征意义,构建起“场景—理论—实践”的三维学习框架。实证研究表明,该模式能有效提升学习者的空间记忆表现,相关 VR 教学实验也验证了沉浸式环境对空间认知的积极影响。

4.2 技术融合创见:从“静态模型”到“智能导师”

沉浸式教学模式的创新价值,核心就在于,它靠着多模态感知交互以及具身认知理论的融合,重构传统建筑史教学的认知范式。相较于静态模型的单向信息传递,基于 UE5 构建的沉浸式环境能够实现空间数据的三维动态可视化,并结合知识图谱的语义关联网络,形成“场景-知识-用户”的三元交互结构。以哥特式教堂为例,UE5 的物理光照系统与材质编辑器能精准呈现玫瑰窗彩色玻璃的透光效果,知识图谱则借助知识图谱查询达成建筑结构、宗教符号及历史背景的多维度关联,学习者通过第一人称视角的具身交互,实现从视觉感知到深度认知的转变。这种模式不仅突破了低代码开发平台对教学场景的定制化限制,更通过实时渲染与行为捕捉技术,将抽象的建筑史知识转化为可量化的学习行为数据,为教学效果评估提供了计算语言学教育数据挖掘的双重支持,从而验证了技术融合对提升教学效能的显著作用^[11]。

4.3 构建“宏观-微观”协同的知识网络

沉浸式教学的另一大创新在于知识组织方式的升级。面对庞杂的学科信息,引入知识图谱等理论与方法论工具,可以将散落的建筑流派、历史演变与虚拟空间中的具体模型进行高密度的关联与可视化展示。这使得在进行微观的沉浸式漫游时,能够随时依托图谱理清背后的宏观知识脉络,实现了感性的“沉浸体验”与理性的“系统认知”的深度融合。

5 结语

本研究构建了以知识图谱为“智能中枢”、UE5 实时引擎为“沉浸界面”的穿透式学习系统,成功突破传统外国建筑史教学里空间认知局限与知识碎片化的问题。系统构建了“空间 - 知识”的双向映射机制,把建筑历史知识图谱化地重新构建,再依靠高精度三维模型的数字化转换,构建起动态、交互式的认知框架。本研究不但给建筑史教学提供了具身认知的实践途径,还借助技术赋能推动建筑学跨专业创新,其核心价值是构建起“空间数字化”和“知识语义化”的协同框架,给建筑教育领域的数字化转型提供了可复制的解决办法,对推动建筑学教育范式的革新有着重要意义。

参考文献

- [1] 张海康,李继勇.基于知识图谱的智能导览在中国建筑史教学中的应用[J].石材,2026,(03):128-130.
- [2] 王婧雯.虚拟现实技术提升建筑空间认知能力的应用研究[D].山东:青岛理工大学,2024.
- [3] 李俐,张恒.基于 VR 交互技术的建筑空间感知教学模式研究[J].中外建筑,2018,(11):54-56.
- [4] 陈悦,刘则渊.悄然兴起的科学知识图谱[J].科学学研究,2005,(02):149-154.
- [5] 毛超,金贵琳,宋晓宇.VR 技术下建筑类学生空间认知教学实验[J].高等建筑教育,2020,29(06):144-152.
- [6] 汪浩文,张捷,董允.古建筑室内空间的虚拟现实关键技术研究[J].计算机仿真,2020,37(01):321-325.
- [7] 钟甦.虚幻引擎在建筑遗产数字化教学中的应用与启示[J].建筑与文化,2024,(11):204-206.
- [8] 陈悦,陈超美,刘则渊,胡志刚,王贤文.CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(02):242-253.
- [9] 李振宇.可视化编程下数字化艺术设计的表现与作用[D].导师:周剑.南京艺术学院,2021.
- [10] 马绍江,傅睿.基于 UE4 蓝图编程的建筑结构可视化交互应用设计研究[J].山西建筑,2020,46(10):197-198.
- [11] 栾岚.低代码技术在计算机基础类课程中的应用探索——以贵州商学院为例[J].信息与电脑(理论版),2024,36(11):49-52+59.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS