doi:10. 11835/j. issn. 1005-2909. 2024. 01. 012

欢迎按以下格式引用:周小平,王蒙蒙,王佳,等. 新兴交叉专业中融入大数据和人工智能的BIM技术教学实践[J]. 高等建筑教育,2024,33(1):93-101.

新兴交叉专业中融入大数据和人工智能的BIM技术教学实践

周小平,王蒙蒙,王　佳,杨　娜
(北京建筑大学 电气与信息工程学院,北京　102616)

摘要:BIM(Building Information Modeling,建筑信息模型)是智慧城市基础设施数字化的关键技术,其人才缺失严重制约了建筑业转型升级、智慧城市建设和数字经济发展。而现有的BIM课程及教学体系主要面向建筑设计与施工管理,已无法满足国家、行业和市场对大数据、人工智能等新一代信息技术和"建筑+城市"BIM复合型人才的需要。为此,构建了面向BIM技术的教学平台,设计了面向大数据和人工智能的BIM应用的综合教学方案,在建筑电气与智能化国家一流专业进行了教学实践,学生课程体验值较高,达到了提升BIM教学水平的目的,为同类专业在BIM复合型人才培养方面提供了参考。

关键词:BIM技术;大数据;人工智能;教学体系

中图分类号:G642.0　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2024)01-0093-09

建筑业是我国国民经济的重要支柱产业。长期以来,我国建筑业一直存在工业化信息化水平较低、生产管理方式粗放、科技创新能力不足等问题,迫切需要集成BIM、大数据、人工智能、物联网等技术,推进智能建造与建筑工业化协同发展。BIM人才缺失已经成为建筑业转型升级和智慧城市建设的制约要素之一。传统的BIM教学体系已经不能适应新时代的行业需求。高校作为人才培养的摇篮,必须紧跟市场的迫切需求,结合大数据、人工智能等信息技术调整BIM教学内容,培养更多适应行业发展需要的BIM人才。

一、BIM技术在国内外的教学现状

BIM是建筑设施物理与功能特征的数字化表达,并为参与建筑全生命周期的各利益相关方的所有决策提供可靠的数据支撑。BIM技术是建筑数据的载体,也是建筑信息化和智慧城市大数据的重要内容。近几年,国务院、住建委、发改委、交通运输部、水利部和各省市相继推出了BIM实施

修回日期:2022-07-12

基金项目:北京建筑大学研究生教育教学质量提升项目(J202007);北京建筑大学市属高校基本科研业务费项目(X20116)

作者简介:周小平(1985—),男,北京建筑大学电气与信息工程学院教授,博士,主要从事智慧建筑、机器学习、建筑与城市数字孪生研究,(E-mail)zhouxiaoping@bucea.edu.cn。

指南、标准和指导意见等。住建部《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》中提出,“到2020年末,以国有资金投资为主的大中型建筑,以及申报绿色建筑的公共建筑和绿色生态示范小区,在新立项勘察设计、施工、运营维护中,集成应用BIM的项目比率达到90%”[1]。这一过程对BIM人才需求的持续时间长、应用范围广,需求数量大。

BIM人才缺失已成为建筑业转型升级和智慧城市建设的制约因素之一。2018年全国两会代表提出:BIM技术人才需求旺,高校培养却“缺位”,高校土木专业应增设“BIM技术”课程[2]。2019年人社部在《新职业—建筑信息模型技术员就业景气现状分析报告》中指出,预计未来五年我国各类企业对BIM技术人才的需求总量将达到130万[3]。

国内外大中专院校相继开设了BIM相关课程,并且出版了配套教材。例如:中国工程院丁烈云院士主编的《BIM应用·施工》,中国工程院李建成院士编著的《BIM应用·导论》,广州优比建筑咨询有限公司CEO何关培主编的《BIM总论》,以及上海磐晟建筑工程有限公司主编的《Revit构件制作实战详解》,墨尔本大学数字建筑高级讲师Dominik Holzer编写的《The BIM Manager's Handbook》,南加州大学建筑学院的Karen Kensek和Douglas Noble编著了《Building Information Modeling-BIM in Current and Future Practice》。现有的课程和教材主要涉及BIM基本概念、BIM建模、BIM在建筑全生命周期中的价值和BIM应用案例四大方面。表1总结了国内外部分具有代表性的BIM教材。这些著作适用于设计、工程管理、土木施工等专业的学生和教师参考使用。

综上可知,现有国内外的教材和课程偏向于培养学生的BIM建模能力、BIM管理理念等[4]。然而,实现BIM真正价值的技术关键是协同推进BIM、大数据、人工智能等技术在设计、施工、运营维护全过程的集成应用。将BIM与大数据、人工智能相融合,实现工程和运维全过程的海量异构数据的融合、存储、挖掘和分析,从数据到信息、知识、决策和智慧,支持智慧建造和管理。由于学科交叉性,现有的BIM教材和课程很少涉及BIM与大数据、人工智能等协同应用开发[5],难以培养既掌握BIM又精通新一代信息技术的复合型人才。这极大地制约了BIM技术在建筑全生命周期的集成应用,成为建筑业现代化转型升级和智慧城市建设的人才瓶颈。当前,建筑电气与智能化专业迫切需要培养建筑与信息化技术交叉复合型实践人才。

北京建筑大学电气与信息工程学院开设了BIM技术与应用和建筑信息模型(BIM)技术课程,使学生具备利用大数据、人工智能技术开展面向BIM的程序设计和建设智能化系统的能力,响应了国家、行业和市场对BIM人才的需求。同时,课程也培养了学生的计算思维,教会其利用计算解决实际问题、探索新问题。学校电气与信息工程学院将BIM技术课程教学进行模块化,分为BIM建模、BIM与大数据、BIM与人工智能等模块。每个模块对应一个系统的知识体系,设计理论教学内容和综合性实验项目,在建筑电气与智能化国家一流专业的培养计划中进行实践。学生的调查问卷表明,课程体验值较高,学生对于模块化的BIM技术课程非常满意。

二、BIM技术教学体系

BIM技术课程是建筑土木、计算机和管理等学科的专业课程[6]。电信学院依据建筑电气与智能化专业课知识模块,形成面向大数据和人工智能的BIM应用的综合教学体系。该教学体系可以使学生系统地学习建筑电气与工程项目全过程相关的综合知识并加以运用;通过课程大作业、毕业设计[7]等提高学生协同工作和实践能力;了解行业与大数据、人工智能等前沿技术发展情况,理解和掌握最新科学技术;课程内容安排锻炼了学生计算思维,培养了学生独立思考,以及运用计算思维解决问题的能力。

表1　国内外部分代表性BIM教材

教材名称	出版时间及出版社	作者	内容简介
BIM技术应用基础	2015年，中国建筑工业出版社	王轶群	全国高等职业教育暨培训教材。介绍BIM建模技术、工程算量和5D应用
BIM技术概论（第二版）	2018年，中国建筑工业出版社	陆泽荣，刘占省	BIM技术人才培养项目辅导教材编委会。从宏观角度讲述BIM的基础知识及所用模型和软件
BIM应用基础	2013年，同济大学出版社	刘广文等	BIM建模技术、工程算量和5D应用
建筑信息模型（BIM）概论	2019年，中国建筑工业出版社	中国建设教育协会	“1+X”职业技能等级证书系列教材，建筑信息模型（BIM）技术员培训教程。阐述了BIM概述、BIM软件以及BIM在各阶段应用
BIM Handbook（Second Edition）	2011年，John Wiley & Sons	美国佐治亚理工学院Chuck Eastman等	从原理到应用论述了应用建筑信息模型（即BIM）进行设计、施工和设施管理的新方法，描述BIM对于建筑全生命周期各参与方所带来的深远影响
Building Information Modeling	2014年，Routledge	美国南加利福尼亚大学Karen K.	介绍BIM的基本概念、价值、数据标准以及应用案例等
Building Information Modeling：Framework for Structural Design	2015年，CRC Press	美国佛罗里达大学Nawari N.O.和Michael K.	重点从建筑结构的角度论述BIM的建模与应用

根据国内外BIM教学研究成果和自身经验，在教学过程中将理论教学和实践教学相结合，增加项目类作业，培养学生综合运用知识的能力，协同人工智能和大数据等前沿理论、方法和技术，实现BIM技术课程教育教学质量提升。根据课程的教学要求，研究了课程知识点先后关系和重点内容，构建了完整的理论和实验教学体系。首先，进行理论教学和实验教学的分块，研究如何将课程分块，各块独立作为一个完整内容；其次，完成理论教学体系内容设计，研究每个模块的主要内容及具体的授课内容和学时安排；随后，完成实验教学体系项目设计，研究每个板块综合性项目的具体要求及主要考查学生哪些方面的能力；最后，实现在线BIM技术应用平台建设。BIM技术教学大纲的主要内容，如图1所示。

对于BIM技术应用的学习，需要强大的实践环境。通过产学研结合建设的BIM应用平台，能够为在校师生的BIM实践教学提供大量的教学案例和项目设置，弥补了学校教学资源的不足。同时，也可以使学生参与实际项目模拟，了解BIM技术在项目实施过程中遇到的问题和解决办法。除此之外，电信学院还不定期地邀请相关专家前来举办BIM技术专题讲座。

在实际教学活动中，教师首先需要明确教学目标、任务和内容；其次将课程内容以问题形式进行呈现，设计实际问题情景，提出问题的切入点；接着将问题进行分解，划分出重点和难点，并给予学生解决问题的一些信息。学生需要进行课前预习，查阅相关内容；课上明确课程问题；运用计算思维分析并解决问题。学生将运用计算思维解决问题过程中遇到的难题及时与教师展开互动，教

师针对问题进行讲解并根据反馈适当作出调整。将计算思维贯穿整个BIM与大数据、人工智能技术结合的知识体系中，辅助学生解决领域问题，使得知识掌握、思考过程和解决问题能力相互促进、共同提高。

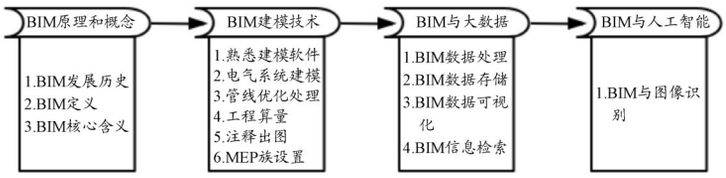

图1 教学大纲的主要内容

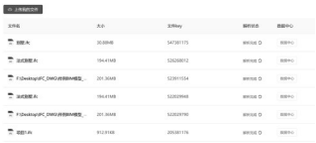

图2 BIM模型解析

三、BIM技术教学应用平台

产学研结合所建设的BIM技术教学应用平台，围绕“BIM大数据并行计算框架与方法”“BIM数据融合”“BIM数据知识发现”“BIM数据可视化”等展开研究，能够为在校师生提供面向BIM模型快速、简易的数据服务。

（一）BIM并行计算框架与方法

随着项目的不断推出和实施，BIM数据规模不断扩大。BIM技术教学应用平台集成了一种BIM数据三角化方法，称为BIMTriSer[8]。该方法将原始IFC文件拆分为若干小的独立IFC文件，并将这些文件分配到不同的硬件设备中进行解析，以减少解析时间和降低内存需求。平台基于该方法对学生上传的模型实现自动解析，如图2所示。如上传文件为ifc，txt，doc等格式，则可以进行解析；反之，无解析状态。

（二）BIM全过程数据融合

BIM模型外轮廓提取是BIM数据分层、分级的重要途径，可以满足智慧城市建设对GIS和BIM融合的需求。平台利用一种外轮廓检测算法OutDet[9]，选择具有代表性的观测点，将BIM模型投影在相同的坐标系中，检测可见构件。学生和教师利用平台基于OutDet算法实现的功能，完成对上传模型的外轮廓提取，如图3所示。

（三）BIM全过程知识发现

BIM是建筑大数据价值和知识发现重要组成。BIM技术应用教学平台以一种综合栅格和拓扑特征的BIM室内路网新模型及其路径规划方法[10]为基础，满足BIM模型室内路网提取和最短路径规划的教学需要，如图4所示。

（四）BIM全过程数据可视化

针对多终端BIM数据可视化所存在的问题，平台综合[11]数据复用、压缩等技术实现WebGL的多终端BIM可视化，满足学生随时随地查看BIM模型的需求。用户进入“我的模型”，点击文件名称，就可以在线预览模型，如图5所示。

BIM教学应用平台可以为师生提供BIM二次开发服务，对于编程基础强弱的学生均适用。平台的三维可视化引擎支持加载大体量模型并且不卡顿，加载速度较快，良好的视图效果与UI交互模式给学生和教师提供了更加流畅完美的模型操作体验。该引擎对资源库进行了整体封装，减少了开发代码量。同时，平台还为学生和教师提供了构件高亮、透明、隐藏、模型分解、修改背景颜色等可视化功能。在实际使用中，学生只需要将模型Key和开发密钥替换为自有的，就可以实现任意BIM模型可视化、操作和二次开发。下面介绍使用平台研发的三维可视化引擎创建BIM模型可视化界面的过程。

（1）创建html页面：创建模型容器viewport，设置显示模型的窗口宽度为1 000像素，高度800像素。

（2）引入css：引入依赖的库，BOS3D可视化层叠样式表。

（3）引入js：引入依赖的库，BOS3D可视化引擎。

（4）初始化：配置初始化参数option及实例化对象viewer3D。

（5）加载模型：设置用户开发密钥与模型Key参数，加载模型实现三维可视化。

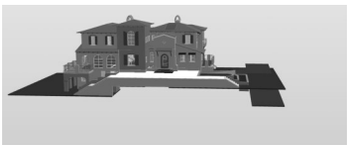

图3　BIM模型可视化

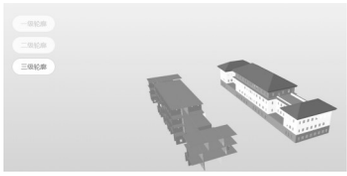

图4　BIM模型外轮廓提取

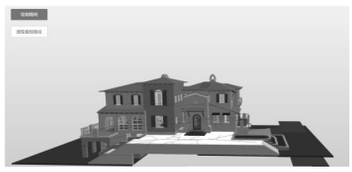

图5　BIM模型室内路网提取及最短路径规划

四、BIM技术实践教学实现

（一）BIM原理与概念

1974年，Chuck Eastman提出的“building description system”[12]是BIM原型，该系统在考虑建筑属性基础上，利用信息技术对图形进行编辑和元素组成处理。目前，国内外学术界和产业界对BIM并没有形成统一定义。相比较而言，美国BIM标准委员会对BIM的定义更具有代表性，“BIM is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition”[13]。

针对美国给出的BIM定义中的几个关键词：设施（facility）、数字化表达（digital representation）、功能和物理性质（physical and functional characteristics）、共享知识资源（shared knowledge resource）、可靠基础（reliable basis）、决策（decision），让学生自由发言，谈谈自己对这些词的理解。为什么定义中并没有涉及建筑一词，BIM却被定义为建筑信息模型？定义中使用facility一词的原因？传统的CAD也被用于三维设计，它与BIM有什么本质区别？传统的CAD也是涉及3D，与BIM有什么本质区别？BIM的核心价值是什么？通过这一系列问题引导学生从BIM的定义中，更深层次地理解BIM定义及其中的几个关键词，纠正学生关于BIM只是建模的错误认识，激发学生探讨BIM相关内容的兴趣。教师通过展示BIM技术全过程集成应用的落地项目，直观地让学生理解BIM数据的感知、管理和使用。教师围绕如何实现BIM感知数据融合、语义消歧、不同业务决策、小数据的获取等问题，带领学生明确BIM同CAD、数据和建筑等的内在区别与联系。

（二）BIM建模

传统的建筑电气设计教学效果并不理想，主要是实际施工项目和教学中使用的是二维施工图纸，教学方式是利用PPT展示施工现场的照片或者视频，需要学生有一定的空间想象能力。BIM技术作为一种新型的建筑技术，可以将二维的图纸转换为三维建筑模型，改变了传统的教学模式[14]。BIM用于建筑电气设计模块教学内容如下。

（1）建模软件使用：完成Autodesk Revit软件安装，熟悉用户界面、常规编辑命令、新建标高、轴网等操作；

（2）电气系统建模及管线综合优化：进行CAD图处理及链接导入与对齐；创建电缆桥架类型与过滤器，桥架建模；创建管线类型与过滤器，线管建模；碰撞检测修改优化模型；

(3)工程算量及注释出图:创建电气系统、电气设备、管线明细表;创建楼层平面;可见性/图形设置,标记和尺寸标注;添加图纸,出图;

(4)MEP族设置:熟悉族编辑界面;添加族类别和族参数;设置族类型、参照平面和参照线;完成族构件建模与验证。

将BIM技术融入专业课程教学中,主要培养学生的BIM模型建造能力,通过模型加深学生对建筑电气设计专业课程的掌握[15]。在此基础上,开设BIM技术课程设计,涉及BIM模型建立,供配电、照明、消防系统设计,最终学生既掌握了建模软件的使用,还掌握了电气图纸的识图与绘制等。更重要的是,学生通过建模可以更加清晰地了解BIM数据来源,并利用这些数据进行分析和研究。

(三)BIM与大数据

BIM模型不仅包含空间几何数据,还包含在建筑物各个工程阶段积累的海量工程数据[16]。随着项目不断推进,BIM模型的数据规模愈加庞大。如何在有限的计算资源和可接受的时间内对BIM数据进行有效解析、计算和分析?解决这一问题需要BIM与计算机领域相结合,因此对拥有大数据处理技术的BIM人才需求直线上升。

BIM模型信息的利用是充分发挥BIM价值的重要途径,信息检索是信息获取的重要手段。火灾发生时,消防人员需要快速定位建筑内的消防栓和最近的逃生出口;设备故障时,对BIM模型所包含的信息进行实时、高效的检索,是推广BIM应用场景下亟待解决的一个问题。

北京建筑大学智慧城市数字化研究室设计了一个BIM集成应用平台,将模型数据解析方法封装为一个API,利用相应的API接口对BIM模型导出的IFC(Industry Foundation Classes)文件进行处理。通过相关实践课程内容设计,使学生掌握利用Python程序如何调用已有API的能力,以获取BIM相关数据信息。BIM数据处理结果如图6所示。

{'Pset_WindowCommon': {'Reference': 'C0823', 'IsExternal': '.T.', 'ThermalTransmittance': '5.5617'}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialSet': {'Material': '
{'M0921': {}, 'Pset_ManufacturerTypeInformation': {'Manufacturer': ''}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialList': {'MaterialList': ['抛光铝', '木材-侧花板', '木
{'M0921': {}, 'Pset_ManufacturerTypeInformation': {'Manufacturer': ''}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialList': {'MaterialList': ['抛光铝', '木材-侧花板', '木
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}, '其他': {'族名称': '基本墙', '类别': '墙'}, '分析属性': {'吸收率': '0.7', '粗糙度': '3', '传热系
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}, '其他': {'族名称': '基本墙', '类别': '墙'}, '分析属性': {'吸收率': '0.7', '粗糙度': '3', '传热系
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}, '其他': {'族名称': '基本墙', '类别': '墙'}, '分析属性': {'吸收率': '0.7', '粗糙度': '3', '传热系
{'阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialSet': {'Material': '混凝土 - 现场浇注混凝土'}, 'Pset_BeamCommon': {'Reference': '250', 'IsExternal': '.F.', 'LoadBearing': '
{'构造': {'栏杆扶手高度': '900.', '使用平台高度调整': '否', '斜接': '添加垂直/水平线段', '切线连接': '延伸扶手使其相交', '平台高度调整': '0.', '栏杆偏移': '0.', '扶栏连接': '修剪'}, '
{'构造': {'默认的厚度': '100.', '功能': '内部'}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'Material': {'默认楼板': '100'}, 'Pset_SlabCommon': {'PitchAngle': '0.', 'Reference': '
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}, '其他': {'族名称': '基本墙', '类别': '墙'}, '分析属性': {'吸收率': '0.7', '粗糙度': '3', '传热系
{'M0921': {}, 'Pset_ManufacturerTypeInformation': {'Manufacturer': ''}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialList': {'MaterialList': ['抛光铝', '木材-侧花板', '木
{'阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'MaterialSet': {'Material': '混凝土 - 现场浇注混凝土'}, 'Pset_BeamCommon': {'Reference': '250', 'IsExternal': '.F.', 'LoadBearing': '
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}}
{'构造': {'默认的厚度': '300.', '功能': '内部'}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'Material': {'默认楼板': '300'}, 'Pset_SlabCommon': {'PitchAngle': '0.', 'Reference': '
{'Material': {'瓦片 - 筒瓦': '150'}, 'Pset_SlabCommon': {'PitchAngle': '30.', 'Reference': '常规 - 400mm', 'IsExternal': '.T.', 'LoadBearing': '.T.'}}
{'构造': {'在插入点包络': '不包络', '功能': '外部', '厚度': '220.', '在端点包络': '无'}, 'Type': {'Type': '基本墙:机制横纹灰白色花岗石墙面'}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, '其
{'Type': {'Type': 'PPQT274153'}, '阶段化': {'创建的阶段': '新构造'}, 'Pset_BuildingElementProxyCommon': {'Reference': 'PPQT274153'}, 'MaterialList': {'MaterialList': [
{'Material': {'机制横纹灰白色花岗石墙面': '20', '砌体 - 普通砖 75x225mm': '200'}, '其他': {'族名称': '基本墙', '类别': '墙'}, '分析属性': {'吸收率': '0.7', '粗糙度': '3', '传热系
{'MaterialList': {'MaterialList': ['M_支架材质', 'M_涂层', 'M_使用型管', 'M_桌面']}}

图6 BIM数据处理结果

Elasticsearch是一个基于Lucene的搜索服务器,提供了一个分布式多用户能力的全文搜索引擎[17]。学生通过项目实践过程,利用Elasticsearch将BIM模型信息进行分布式实时存储,并将每一个字段都编入索引,使其可以被索引,完成对BIM信息实时检索与分析,便于处理海量建筑大数据。BIM与大数据模块的实践项目是设计BIM构件检索终端,包括网页和手机app。要求学生利用上课过程中所使用的BIM教学应用平台,结合Elasticsearch全文搜索引擎设计网页。网页可以实现BIM模型可视化、BIM构件一对多查询,以及相关性评分最高的构件高亮显示。移动端app的功能在网页的基础上添加语音识别查询。BIM构件检索终端应用,网页版和app版如图7(a)、(b)所示。学生通过BIM与人工智能模块的教学内容设计,掌握了网页前端设计、前端与后端数据交互技术,并且在app软件开发和设计网页的过程中,通过考虑网站风格、颜色搭配、版面布局等,培养了学生的想象力和审美能力。与此同时,学生在实验的过程中掌握了超文本设计语言(HTML)、层叠样式表单(CSS)、javascript语言、flash等设计工具,学生不仅可以实现多终端的BIM数据可视化,而且还可以利用已有的搜索引擎解决BIM数据存储、数据安全管理、海量数据检索等问题,培养了学生通过数

据挖掘技术，在庞大的数据库中轻松找出有价值信息的能力，提高了就业竞争力。

(a) 网页版　　(b) app版

图7 BIM构件检索终端应用

（四）BIM与人工智能

BIM技术可以管理、汇总建筑全生命周期内的所有数据，如何对这些数据进行分析并加以应用？答案是人工智能（Artificial Intelligence，AI）技术。国家将人工智能作为科技的重要发展方向，要求在2030年中国的人工智能技术研究与应用走在全球的领先地位[18]。在工程监测领域，通过BIM技术建立结构大数据模型，并结合AI系统进行数据分析，可以有效避免或降低自然灾害造成的破坏。据了解，德国RIB集团打造了一款建筑人工智能解决方案McTWO，可实现对建筑全生命周期的数据流通和价值应用。BIM和人工智能技术在建筑领域的应用已经形成潮流，二者的结合必将促进建筑行业的大发展。

随着BIM技术的推广，室内设计与BIM技术开始融合，设计师设计的室内三维模型基本可以与装修后的实际效果相媲美。但是，当客户拿到一个喜爱的室内设计模型后，通常会面临如何找到与模型类似的实物这一问题。一般情况下，客户会拿着效果图到家具城进行逐一挑选，这样会耗费大量的时间和精力。随着互联网的发展，在线上商城购物成为了很多人的首选；因此，一个能够自动识别构件种类并推荐类似产品的系统必将给用户带来很大的便捷。商品检索是综合了物体检测、图像分类以及特征学习的技术。

BIM与人工智能模块的实验内容设计是将BIM模型中的构件与网上商城的商品图片进行匹配，如图8所示。将AI技术与BIM技术结合，可以提高数据分析的效率，从海量数据中找出共性、潜在的知识和规律，解决BIM数据深度应用的困难[19]。学生通过该模块的学习，首先可以掌握网站爬虫的能力，对网上的商品图片进行批量获取；其次训练学生利用预先训练好的卷积神经网络模型提取图像特征的能力；最后帮助学生加深对计算构件图像特征与商品图像特征的相似度方法的理解。2018年4月，教育部在《高等学校人工智能创新行动计划》[20]中将完善人工智能领域人才培养体系作为三大任务之一。由此可见，BIM与人工智能模块的教学内容设计，响应了国家政策号召，为智能建筑发展培养了掌握新兴信息技术的BIM人才。

五、BIM教学效果评价

本文所设计的教学体系及相关实践内容应用于电信学院建筑电气与智能化专业培养计划中，旨在培养学生掌握BIM基本概念、培养学生协同大数据、人工智能等技术开展面向BIM的程序设计及应用能力和建筑信息化、智能化系统的建设能力。该教学体系具有较强的创新性和应用前景，课程目标完全符合建筑电气与智能化专业建筑业务系统开发及数据应用人才的培养目标，提高了BIM建筑与建筑大数据相关课程的教学能力，提升了建筑运维应用相关专业的教学水平，并且能够为建筑类高校推广BIM教学提供经验。

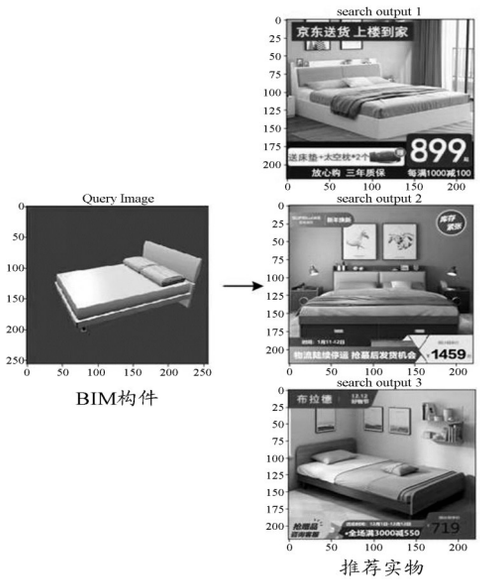

图 8　BIM 构件推荐系统

教师在本文所设计的教学体系上，采用了与课程相适应的教学方法，借助各种教学手段提高课堂教学效果，根据学生反映情况及时调整教学。教学过程中，课堂气氛活跃，师生互动积极，学生表现出浓厚的学习兴趣，课程体验感较好。学生课程评价较高，多数学生在接受系统教学后，具有了一定的智能化系统建设能力，纷纷表示愿意继续学习 BIM 技术课程。电信学院还增设了与 BIM 相关的毕业设计，以促进知识能力转化。学生综合运用所学知识，结合实际独立完成课题，知识的掌握程度、运用理论解决实际问题的能力、实验能力、计算机运用水平、书面及口头表达能力，以及事业心与责任感大大增强，综合素质得到了全面提升。

六、结语

BIM 技术是工程信息化的关键使能技术。高校有必要将先进的信息技术手段与 BIM 相结合，提出面向 BIM 的大数据和人工智能应用的教学体系，合理地安排课程内容，选择合适的教学应用平台进行教学。通过改进和完善教学体系，有效缓解了 BIM 复合型人才的供需矛盾，有力地推动了建筑业转型升级、智慧城市建设和数字经济发展。

参考文献：

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于推进建筑信息模型应用的指导意见[EB/OL].(2015-06-16)[2021-04-10]. http://www. mohurd. gov. cn/wjfb/201507/t20150701_222741. html.

[2] 周胜洁. 高校土木专业增“BIM”课程[N]. 青年报. 2018-03-07(A09).

[3] 人社部. 新职业—建筑信息模型技术员就业景气现状分析报告[EB/OL].(2019-11-25)[2021-04-10]. http://www. mohrss. gov. cn/SYrlzyhshbzb/dongtaixinwen/buneiyaowen/201911/t20191125_343499. html.

[4] 吴光东，唐春雷. BIM 技术融入高校工程管理教学的思考[J]. 高等建筑教育，2015，24(4)：156-159.

[5] 梅生启，宋玉香，王兴举，等. 普通高校 BIM 课程设置问题综述与分析[J]. 高等建筑教育，2020，29(5)：167-177.

[6] 杨文东，薄纯杰，张如林，等. BIM 技术在建筑工程实践教学中的探索[J]. 实验技术与管理，2020，37(4)：164-166，171.

[7] 王婉，李怀健，刘匀. BIM 技术在校企联合毕业设计中的应用和实践[J]. 高等建筑教育，2018，27(6)：161-166.

[8] ZHOU X，ZHAO J，WANG J，et al. Parallel computing-based online geometry triangulation for building information model-

ing utilizing big data[J]. Automation in Construction，2019，107：102942.
[9] ZHOU X，ZHAO J，WANG J，et al. OutDet：an algorithm for extracting the outer surfaces of building information models for integration with geographic information systems[J]. International Journal of Geographical Information Science，2019，33(7-8)：1444-1470.
[10] ZHOU X，XIE Q，GUO M，et al. Accurate and Efficient Indoor Pathfinding Based on Building Information Modelling Data [J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics，2020，PP(99)：1-1.
[11] ZHOU X，WANG J，GUO M，et al. Cross-platform online visualization system for open BIM based on WebGL[J]. Multimedia Tools and Applications，2019，(20)：28575-28590.
[12] EASTMAN C. General purpose building description systems[J]. Computer-Aided Design，1976，8(1)：17-26.
[13] National BIM Standard Project Committee. Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States [DB/OL]. (2020-02-20)[2021-04-09]. https://www. nationalbimstandard. org/faqs.
[14] 王海强，王仲英，李井竹. 基于BIM应用推广的高校人才培养对策研究[J]. 山西建筑，2021，47(7)：193-195.
[15] 樊燕燕. 基于实践能力培养的工程识图课程教学体系优化研究[J]. 高等建筑教育，2016，25(1)：146-149.
[16] 王佳，任远，周小平. 基于IFC标准的 BIM技术在大型公共建筑消防的应用探讨[J]. 土木建筑工程信息技术，2013，5(1)：45-4.
[17] 邱慧玲，王鹰汉. 站长工具平台“搜一搜”的设计与实现——基于Python+PHP+Elasticsearch语言[J]. 现代信息科技，2020，4(22)：23-25+29.
[18] 国务院. 关于印发新一代人工智能发展规划的通知(国发〔2017〕35号)[EB/OL]. (2017-07-08)[2021-04-08]. http://www. gov. cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996. htm.
[19] 冷烁，胡振中. 基于BIM的人工智能方法综述[J]. 图学学报，2018，39(5)：797-805.
[20] 教育部. 教育部关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知[EB/OL]. (2018-04-03)[2021-04-08]. http://www. moe. gov. cn/srcsite/A16/s7062/201804/t20180410_332722. html.

Integrating BIM with big data and artificial intelligence: a teaching practice in the emerging interdisciplinary discipline

ZHOU Xiaoping, WANG Mengmeng, WANG Jia, YANG Na

(*School of Electrical and Information Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102616, P. R. China*)

Abstract: Building information modeling (BIM) is a key technology for the digitization of smart city infrastructure. Its lack of talent has severely restricted the transformation and upgrading of the construction industry and the construction of smart cities. However, the existing BIM courses and teaching system are mainly aimed at architectural design and construction management. They can't meet the needs of the country, the industry and the market for BIM compound talents combining “building + city” with the new generation information technologies such as big data, artificial intelligence. Therefore, this article has established a teaching platform for BIM technology and designed a comprehensive teaching scheme for BIM applications oriented to big data and artificial intelligence. The teaching platform and scheme have been practiced in the national first-class major—building electricity and intelligence. Students' course experience is good, the purpose of improving BIM teaching level has achieved, and it can provide reference for the cultivation of BIM compound talents in similar majors.

Key words: BIM technology; big data; artificial intelligence; teaching system

（责任编辑　梁远华）