

新工科背景下产学研结合的“三维激光扫描”课程教学模式研究

孙文潇¹, 王健^{2,*}, 张国建¹, 苏飞¹, 李婉秋¹, 祝程程¹

1. 山东建筑大学, 测绘地理信息学院, 山东 济南, 250101

2. 山东科技大学, 测绘与空间信息学院, 山东 青岛, 266590

摘要: 本文针对三维激光扫描技术快速发展和产业需求旺盛的现状, 聚焦新工科建设要求, 深入探讨“三维激光扫描”课程教学模式。首先系统梳理了三维激光扫描技术的发展前沿, 分析了传统教学模式存在的理论与实践脱节、技术更新滞后和教学资源不足等局限; 然后, 结合课程教学现状、知识体系重难点及行业实际应用需求, 构建以产学研融合为核心, 包含校企协同育人和全过程考核评价的课程体系重构方案; 最后, 结合实际应用案例, 验证了教学改革的有效性, 为新工科背景下同类技术课程的教学优化提供了可借鉴的实践路径。

关键词: 新工科; 产学研; 三维激光扫描; 全过程考核

Research on the Teaching Mode of "3D Laser Scanning" Course under the Background of Emerging Engineering Education with Industry-University-Research Collaboration

Wenxiao Sun¹, Jian Wang^{2,*}, Guojian Zhang¹, Fei Su, Wanqiu Li, Chengcheng Zhu

1. Shandong Jianzhu University, College of Surveying and Geo-Informatics, Jinan, Shandong, China, 250101

2. Shandong University of Science and Technology, College of Geodesy and Geomatics, Qingdao, Shandong, China, 266590

Abstract: In response to the rapid development of 3D laser scanning technology and growing industrial demand, focusing on the requirements of emerging engineering education, the teaching mode of the "3D Laser Scanning" course is developed in our study. Firstly, a systematic delineation of the technological forefront in 3D laser scanning is conducted, the limitations of traditional teaching modes are analyzed, including the disconnection between theory and practice, lagging technological updates, and insufficient teaching resources. Subsequently, based on the current state of course instruction, key knowledge points, and practical industry application, the reconstructed curriculum system integrating industry-university-research collaboration is proposed, including key elements like featuring school-enterprise cooperative education, and comprehensive assessment. Finally, the effectiveness of the teaching reform is validated through practical application cases, providing a replicable practical pathway for optimizing similar technology courses under the context of emerging engineering education.

Keywords: Emerging engineering education; Industry-university-research collaboration; 3D laser scanning; Teaching mode

新工科是在新经济形态和新兴产业发展的背景下, 对我国传统工科教育体系进行的系统性革新。作为国家高等工程教育应对科技革命与产业变革的战略部署, 核心在于借助智能制造、云计算、人

人工智能和机器人等新兴技术, 重构传统工科的教育体系, 培养能够引领未来产业发展的高素质创新型工程人才^[1, 2]。

三维激光扫描技术是继全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)之后的又一项测绘技术革命, 突破了传统单点测量方法的局限性, 凭借其高精度、高密度获取空间信息的优势, 已成为当前不可或缺的测量数据获取手段, 广泛应用于智慧城市、变形检测、古建筑测量和文物保护等相关领域^[3]。2018年发布的《欧洲地理空间产业展望报告》在传统地理空间产业三大领域(GNSS与定位、GIS与空间分析、遥感)中增加了三维点云, 并预测三维点云市场将成为四大领域中增长最快的市场^[4]。在新工科背景下, 已有多所高校开设与“三维激光扫描”相关的本科生及研究生课程, 然而, 由于三维激光扫描技术处于飞速发展阶段, 课程内容难以完全成型固定; 且国内出版的激光雷达书籍多基于作者的科研项目总结, 尚缺少全面介绍三维激光扫描技术原理及点云数据处理的教学材料。

目前, “三维激光扫描”课程面临教学内容不统一、教学资源系统性不足的现状, 导致课程教学陷入“理论与实践脱节、知识传递滞后于技术迭代”的双重困境: 一方面, 三维激光扫描技术飞速发展, 课程内容无法随技术更新实时调整, 学生课堂所学知识与实际应用存在明显差异, 难以满足产业对技术型人才的需求; 另一方面, 缺乏覆盖“扫描技术原理—三维激光扫描仪操作—点云数据处理—应用实践”全链条的系统性资源, 授课易出现“重原理轻实践”问题, 学生难以构建全流程的技术知识体系。针对这一教学困境, 单纯依靠高校单一主体的课程建设, 无法实现“教学内容动态更新”与“教学资源系统梳理”的需求。因此, 本文以新工科为背景, 探讨产学研结合的“三维激光扫描”课程教学模式。研究剖析传统教学存在的理论与实践脱节、技术更新滞后与资源不足等核心问题, 提出包含课程知识重构、教学设计优化和教学资源整合的系统性改革方法, 从而培养学生自主学习和创新实践能力, 为新形势下高等教育教学模式的改革与优化奠定基础。

1 课程现状及拟解决的关键问题

三维激光扫描技术作为快速获取空间三维信息的重要手段, 多所高校的测绘工程、遥感科学技术和地理信息工程等专业中已逐步开设本科生及研究生课程。课程内容围绕“测量原理、设备操作、数据处理和应用案例”四大模块展开, 其目的在于使学生系统掌握三维激光扫描技术的基础原理(如测距原理)、地面三维激光扫描仪操作流程、激光点云数据处理方法等理论知识, 同时熟悉点云数据获取、数据处理等技术手段, 并了解其在智慧城市、实景三维和文物保护领域的广泛应用^[6, 7]。当前课程教学虽已形成基础框架, 但仍存在三大亟待解决的核心问题, 严重制约了学生实践能力与创新思维的培养, 难以满足新工科背景下对高素质应用型人才的需求^[8]。

(1) 教学资源供给与实践需求不匹配

该问题是制约课程实践教学开展的核心障碍, 主要原因为: 一是设备成本昂贵。高精度三维激光扫描仪单价高达数十万至数百万元, 多数高校难以承担购置成本, 导致课程普及率低, 只有少数学校能够开设相关实践课程。同时, 学生人均实践机会不足(多人共用一台设备)、设备折旧与技术迭代周期短(院校难以持续投入), 学生实践操作难以达到真实场景的操作需求。二是软硬件适配性差: 不同厂商设备接口标准不统一(专有接口与通用接口并存), 点云数据格式不兼容(不同软件支持的点云格式存在差异、不同厂商扫描仪解算的点云数据格式不统一), 导致实训数据难以跨平台共享, 影响课程资源的通用性, 进一步加剧了实践教学资源的供给不足。

（2）知识体系更新与技术迭代不同步

目前，相关院校开设的“三维激光扫描”课程仍停留在脉冲式、相位式测距原理以及基础点云数据预处理方法的教学上，对于多传感器融合、点云实时处理和 AI 辅助点云分割等前沿技术以及在新兴领域的应用（如古建筑数字化中的精细建模、工业检测中的动态变形分析）难以及时纳入教学体系，无法满足产业对前沿技术应用能力的需求。

（3）教学规范与质量评估缺失

目前全国范围内尚未建立“三维激光扫描”课程统一教学标准，课程大纲、课程重难点及课程实践均依赖高校自定，导致教学内容与行业规范脱节（如设备校准周期、数据格式标准等未纳入课程）；同时，实践缺乏统一安全规范（设备操作流程差异大，增加教学风险），学生核心能力（点云数据处理精度、工程问题解决）缺乏量化评估指标，既无法客观衡量学生技能水平，也不利于课程教学质量的统一提升。

2 课程性质与目标

1.1 课程的性质

以山东建筑大学遥感科学与技术专业课程设置为例，“三维激光扫描”课程定位为专业限选课，是衔接专业基础课程与专业实践应用的桥梁课程。

从课程内容来看，该课程以三维激光扫描技术“数据采集—数据处理—工程应用”为核心脉络，深度融合测绘学（空间定位原理、精度控制方法）、计算机科学（点云存储、智能处理）和地理学（空间信息表达、地理场景重构）等多学科理论与方法，形成跨学科知识体系。

从技术发展来看：课程内容紧跟三维激光扫描技术的发展动态与行业应用前沿，既涵盖脉冲式、相位式等传统测距原理的核心知识，也纳入多传感器融合（如激光扫描与惯性测量、影像数据的联合采集）、AI 辅助点云语义分割、实时动态扫描等新兴技术；同时聚焦实景三维中国建设、智慧城市更新、古建筑数字化保护等行业前沿应用领域，确保课程知识与技术迭代、产业需求同频。

从能力培养来看，课程以“解决复杂工程问题”为目标，构建“理论教学 + 实验操作 + 项目实战”三位一体的教学体系，其中，理论部分系统讲解三维激光扫描技术原理、数据处理方法、建模流程；实践部分依托实验室设备（地面三维激光扫描仪、点云处理软件）开展设备操作实训、点云配准、去噪、建模等模块化实验，并引入真实工程案例（校园建筑三维建模）开展实践，引导学生将理论知识转化工程应用的实践能力。

1.2 课程的任务

课程系统讲授三维激光扫描系统组成、数据采集原理、点云配准与去噪、三维重建算法等核心内容，并结合误差理论与测量平差基础，强化数据质量控制意识，培养严谨的科学态度。实践环节采用“课堂+实例”的教学模式，通过点云配准、特征提取和模型构建等实验课程，使学生掌握主流数据处理软件和算法工具，提升实践创新能力，且以团队协作形式完成校园真实场景扫描项目，强化沟通能力与责任意识。教学中融入工匠精神（如点云处理中的精度控制）和科技报国情怀（案例：国产激光扫描设备在重大工程中的应用），结合文化遗产保护、灾害监测等应用场景，增强学生的社会责任感和生态文明意识。

1.3 课程的目标

（1）知识学习方面，该课程旨在使学生掌握三维激光扫描数据采集与处理的理论体系，理解点

云数据在工程建模、逆向设计等领域的应用逻辑,熟悉激光扫描技术的前沿动态,拓展国际化视野。

(2) 能力培养方面,要求学生能独立完成复杂场景的数据采集与处理全流程,具备解决实际工程问题的技术能力,通过案例分析(如古建筑数字化保护),培养跨学科思维和创新能力。

(3) 价值塑造方面,通过误差分析与精度优化实验,培养求真务实的科研态度,结合中国古建筑三维重建案例,感悟传统文化价值,增强民族自豪感,以工程伦理教育引导学生树立正确的技术价值观。

3 产学研融合的课程教学模式

3.1 产学研结合教育模式的特点

以山东建筑大学遥感科学与技术专业“三维激光扫描”课程为实践载体,本课程构建的产学研融合的教育模式是指产业、高等院校和科研机构通过系统性协作,将人才培养、技术创新与产业需求深度融合的教育范式。其中,高校作为知识传递与能力培养的核心平台,承担衔接专业基础课程与行业实践的桥梁作用,既要制定课程整体教学框架,也要整合校企研三方教学流程;行业作为实践需求的关键主体,提供古建筑数字化保护和实景三维建模等真实工程场景,提供 Faro、Leica 等地面三维激光扫描仪及专用点云数据处理软件,且接收学生参与企业项目实习,实现课堂学习—实践应用的无缝衔接;科研机构作为前沿技术支撑源头,不仅提供多传感器融合扫描、AI 辅助点云语义分割、实时动态扫描等领域的前沿技术,并为学生提供科研课题参与机会,培养其创新思维与科学探究能力。其具有以下显著特点:

(1) 资源整合与协同创新

学校充分利用企业、学校和科研单位的资源,打造合作研发与合作育人的平台;产业提供实践平台和市场导向,学校提供理论知识和人才培养,科研单位提供技术创新支持,形成技术创新上、中、下游的对接与耦合,促进科研成果快速转化。

(2) 人才培养与产业需求对接

产学研结合教育模式强调人才培养与产业需求的紧密对接,将课堂传授知识为主的学校教育与直接获取实际经验、实践能力为主的生、产、科研实践进行有机结合;课程内容与项目需求对接,通过项目驱动教学,学生参与真实场景扫描与处理,形成“教学-科研-产业”闭环,以培养学生综合素质、就业竞争力和解决实际问题能力为重点成果转化高效。

(3) 技术更新与标准规范

通过校企合作,及时将行业内最新技术纳入教学体系,如多传感器融合、实时点云数据处理等前沿领域,从而推动专业与产业对接、学校与企业对接、教学过程与生产过程对接;同时,学校、企业和科研院所可以共建实训基地、联合实验室等,实践教学资源与产业发展同步,确保教学资源与产业技术发展保持同步。

3.2 创新型教学模式实施

(1) 教学内容优化与重构

通过建立涵盖“设备操作-数据采集-成果交付”的标准化教学流程,实现全链条规范体系,确保教学内容的系统性和一致性。同时,将实时点云处理、多传感器融合等前沿技术融入课程,保持教学内容的技术先进性。此外,采用真实工程案例(如桥梁检测、古建筑建模)作为教学素材,增强课程的实践性和应用性,帮助学生更好地理解和掌握技术在实际工程中的应用。

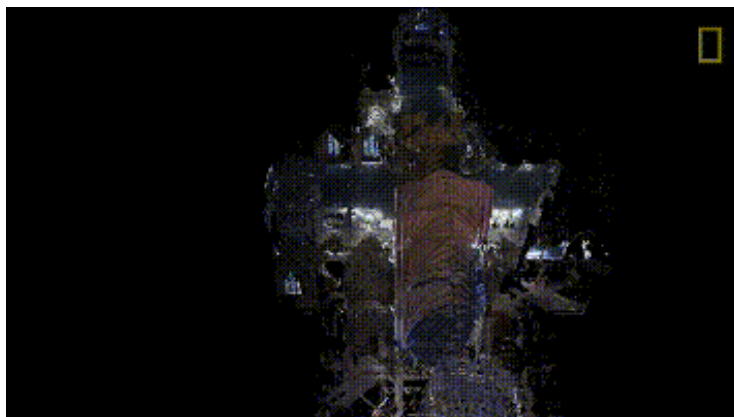


图 1 巴黎圣母院点云数据

Fig.1 Point cloud of the Notre-Dame de Paris

(2) 教学方法创新

采用项目驱动教学, 让学生参与真实场景点云数据采集, 形成“教学-科研-产业”闭环, 促进理论与实践的结合。通过虚实结合实训, 利用虚拟仿真解决设备不足的问题, 再逐步过渡到实体操作, 提高教学资源的利用率, 建立包含技能操作、数据处理、成果报告的多维度评价体系, 采用“学习成效+教学成效”综合评价机制, 实施过程性评价(占 50%)与成果评价(占 50%)相结合的考核方式, 运用点云数据质量评价模型确保实践成果的科学性, 实现全过程考核, 全面评估学生的学习效果和能力提升。



图 2 课堂实验

Fig.2 Classroom Experiment

(3) 技术手段应用

针对不同厂商设备, 教授标准化数据的转换流程, 实现多设备协同教学, 解决软硬件兼容性问题。通过云端平台建设, 实现教学资源共享和跨校协作, 提升教学资源的可及性和利用率, 并将三维扫描数据与建筑信息模型技术相结合, 提升学生的工程应用能力, 使其能够更好地适应行业需求。

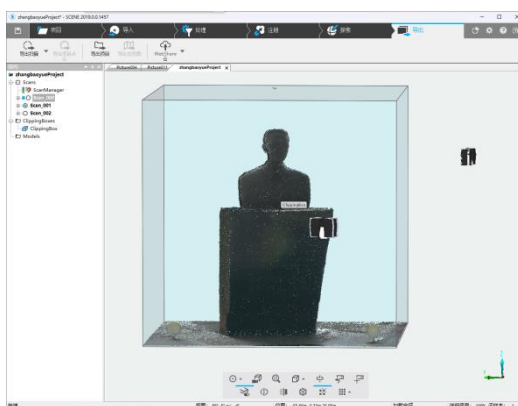


图 3 激光点云数据配准结果

Fig. 3 Registration results of laser point cloud

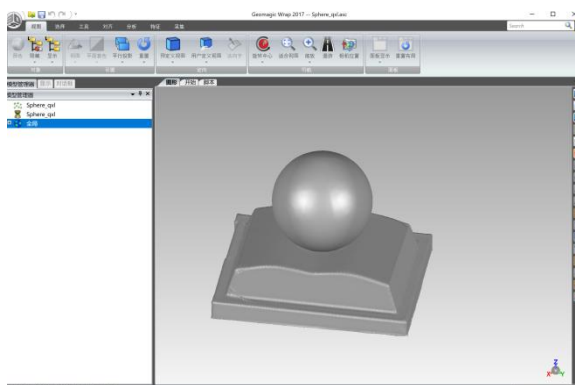


图 4 激光点云数据建模结果

Fig. 4 Modeling results of laser point cloud

3.3 教学模式对课程关键问题的针对性解决

(1) 精准填补教学资源与实践需求缺口

针对“教学资源供给与实践需求不匹配”的问题，企业通过提供多款地面三维激光扫描仪进行学生实验，同时开放古建筑数字化等真实项目现场，学生以“分组轮训”方式参与实操，解决“多人共用一台设备”的局限。校企联合制定“课程实训数据标准”，统一点云数据格式，开发“点云数据转换插件”，实现扫描数据与 AutoCAD、Revit 等行业软件的无缝对接；企业提供真实点云数据集（如校园建筑、古建筑构件扫描数据）作为教学案例，标注“扫描环境、精度要求、工程目标”等背景信息，提升案例复用率与行业适配性。

(2) 知识体系与技术迭代同频

针对“知识体系更新与技术迭代不同步”的问题，组建由高校教师、企业骨干、科研人员构成的课程建设小组，结合企业最新项目需求（如实景三维中国建设中的高效扫描方案）、科研机构前沿成果（如 AI 点云快速去噪算法），将“多传感器融合扫描技术”、“实时动态扫描数据处理”纳入选修课模块，将“古建筑数字化保护中的精细建模案例”替换传统简单场景案例，确保教学内容覆盖行业前沿。

(3) 构建规范化教学与科学化评估体系

针对“教学规范与质量评估缺失”的问题，依据行业标准，联合制定《“三维激光扫描”课程

教学标准》，明确理论教学核心知识点、实践教学操作流程，将设备操作规范、数据处理质量标准融入实训环节，解决“各校教学规范差异大”的问题；构建全过程、多维度评估体系，通过课程实验、理论考试和应用实践等综合形成课程成绩，既客观衡量学生技能水平，又提升课程成果的行业认可度。

4 结论

本文在新工科背景下，以培养实践创新型测绘人才为目标，分析了“三维激光扫描”课堂教学的问题，构建了产学研一体的教学体系，并提出相应的课堂教学模式。该模式结合了测绘科学与技术学科的特点，且能够充分发挥了学生的主动性和积极性，显著提升学生的测绘实践技能，增强学生的测绘实践创新能力，为高质量培养测绘复合型人才和满足企业需求的人才打下了良好的基础。

参考文献

- [1] 曲建光, 张玉娟, 梅晓丹, 等. 新工科测绘类本科生工程实践能力评价体系——以地方高校测绘类本科生为评价对象[J]. 测绘工程, 2019, 28(06): 64-68+74.
- [2] 马旭, 罗凯岳, 刘颖, 等. “新工科”建设背景下“定量遥感”课程教学改革与探索[J]. 工业和信息化教育, 2024, (01): 26-31.
- [3] 孙文潇, 王健, 靳奉祥, 等. 一种基于点云法向量的基准特征提取与倾斜分析方法[J]. 测绘通报, 2019, (03): 155-158+162.
- [4] 杨必胜, 董震. 点云智能研究进展与趋势[J]. 测绘学报, 2019, 48(12): 1575-1585.
- [5] 李峰, 刘军, 王秋玲, 等. 一流课程背景下“三维激光扫描”课程建设路径探索[J]. 科技风, 2024, (17): 19-21.
- [6] 李峰, 刘小阳, 孙广通, 等. 三维激光扫描课程的教学实践探索[J]. 科技视界, 2017, (16): 60+66.
- [7] 谢宏全, 周立, 孙佳龙. 应用型高校专业选修课程“对分课堂”教学模式探析——以“三维激光扫描测量”课程为例[J]. 淮海工学院学报(人文社会科学版), 2018, 16(11): 131-134.
- [8] 吴宇静, 陈静, 王晓轩, 等. 适应创新人才培养的三维激光扫描测量实验教学模式研究[J]. 大学, 2023, (02): 73-76.

基金项目：2024 年研究生教育优质课程建设项目省级优质课程：三维激光扫描技术及数据处理(SDYKC2024072)；河南省教育科学规划 2024 年度一般课题：OBE 理念下应用型本科高校激光雷达课程思政建设的路径研究(2024YB0290)

第 1 作者简介：孙文潇（1993-），女，博士，讲师，山东建筑大学，研究方向：三维激光点云数据处理及其在变形监测中的应用。 E-mail: sunwenxiao22@sdjzu.edu.cn

*** 通讯作者简介：**王健（1974-），女，博士，教授，山东科技大学，研究方向：现代测量数据处理理论、三维激光点云数据处理。 E-mail: wangj@sdust.edu.cn