doi:10.3969/j.issn.1672-4623.2021.09.025

数字校园室内外一体化三维模型制作

徐　艳[1]，尹璐璐[1]，李　典[1]，刘梦珂[1]
（1. 扬州科技学院，江苏 扬州 225000）

摘　要：首先利用无人机测绘技术进行校园航拍，并通过摄影测量内业处理软件制作校园正射影像图和数字线划图；再利用测距仪精准量测建筑物室内结构和属性信息，结合 SketchUp 三维建模软件绘制精准建筑物室内平面图，并构建标志性室内外精细模型；然后采用场景建模软件 CityEngine 进行校园批量模型生产；最后集成 SketchUp 的标志性建筑物模型，实现校园三维模型室内外一体化制作，可提高学校对外宣传力度和促进校园信息化建设进程。

关键词：无人机；CityEngine；SketchUp；室内外一体化三维模型；数字校园
中图分类号：P208　　**文献标志码**：B　　**文章编号**：1672-4623（2021）09-0103-03

数字校园作为“数字中国”、“数字城市”的一部分，虽然对应的空间范围较小，但实现过程与上述二者有较大的共通之处，可作为对“数字中国”、“数字城市”实现的一种初探。同时，数字校园建设作为校园信息化建设的重要环节也有很大的现实作用，对于学校宣传、管理以及师生生活具有一定的便利性。

目前国内高校的信息管理系统主要针对非空间信息，很少涉及空间信息管理。部分学者或高校尝试从二维地图角度来管理校园，但在可视化效果方面存在一定的不足。将不断推广的无人机技术、三维可视化技术应用于教育领域的三维校园宣传展示、校园动态规划建设等方面，可为教育事业提供崭新的教育思维方式和技术手段。

无人机测绘技术具有效率高、成本低、数据精确、操作灵活等特点，可满足测绘行业的不同需求，正逐渐成为航空遥感数据获取的“标配”[1]。首先通过无人机对目标区域进行航空摄影，然后利用地面处理系统对数据进行处理，最终制作目标区域的正射影像图、数字地形图以及 GIS 数字线划图等。SketchUp 软件灵活有效的绘图捕捉功能和数据输入功能提高了建模效率，因此可利用该软件对室内进行精细建模。CityEngine 软件的优势在于可利用 CGA 规则，快速实现三维模型批量建模；同时支持 ArcGIS 和 SketchUp 数据，并能完美集成，可满足快速实现三维场景仿真建模的需求[2]。

本文以扬州市职业大学为例，利用无人机测绘技术进行校园遥感影像制作和矢量数据库创建，并通过测距仪精准采集建筑物室内结构属性和图形信息；再利用 CityEngine 和 SketchUp 两种三维模型软件构建数字校园精细三维模型；最后进行数字校园室内外一体化制作，可有效提高学校对外宣传力度和促进校园信息化建设。

1　技术路线

三维建模需将模拟的对象和场景表达为存储在计算机内的三维图形对象集合，包括二维平面图和三维模型构建。本文首先分别收集校内、外数据，并结合内业软件进行数据处理；再分别进行室内、外场景建模，室内场景利用 SketchUp 软件绘制平面图，并进行精细化建模，室外场景利用 CityEngine 软件导入无人机测绘内业处理获得的空间数据库进行大规模批量建模；最后将室内与室外模型进行一体化整合，形成完整的数字校园三维模型，还可根据需求进行浏览路径规划，制作校园室内外浏览动画视频。整体技术路线如图 1 所示。

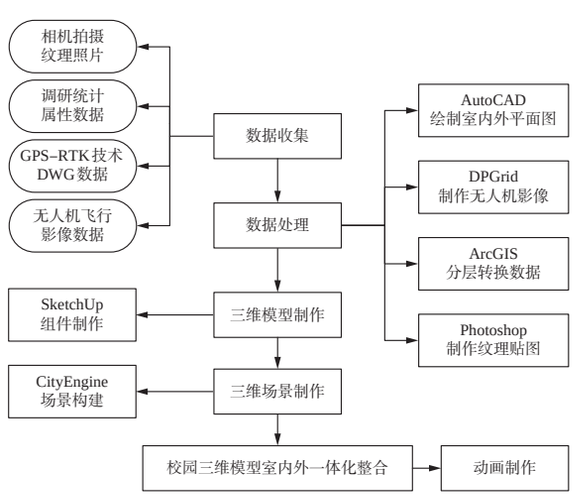

图 1　整体技术路线

收稿日期：2020-05-19。
项目来源：2019 年江苏省大学生实践创新训练计划立项资助项目（201911462019Y）。

2　模型制作流程

2.1　数据收集与处理

1）无人机外业航飞。本文选用国产大疆精灵 4 Pro 系列无人机，快速获得研究区的多组像幅小、数量多、重叠度高的二维相片，如图 2 所示。航飞前需检查仪器安装是否到位，并确保遥控移动设备与飞控软件链接正常；然后进行飞行区域航线规划，原则上作业区域应大于最终所需区域。对于标志性建筑物（图书馆），采用无人机围绕建筑物由上向下旋转拍摄的方式获得近距离建筑物影像的纹理相片，如图 3 所示，为后续室内外精细模型构建提供直观全方位的实体参考，并可用作纹理贴图。

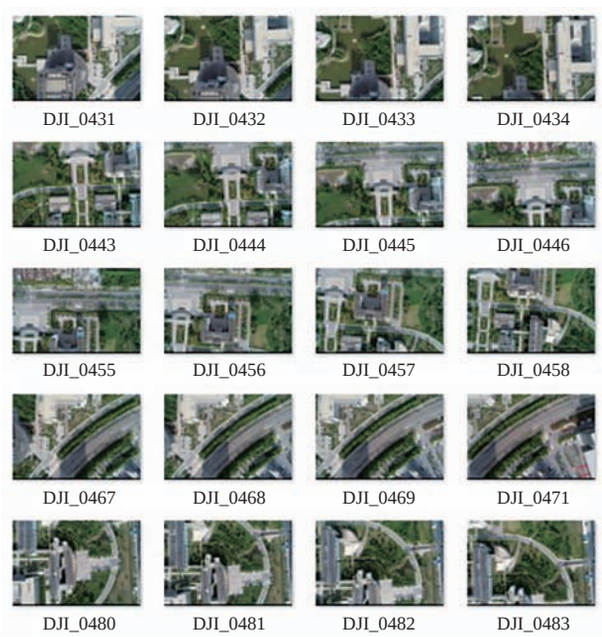

图 2　无人机航飞相片

a 图书馆侧面　　b 图书馆顶面

图 3　无人机近景拍摄

2）摄影测量内业数据处理。首先，对于校园室外各项专题图层，本文采用操作简便、成图快捷的国产 DoubleGrid 摄影测量后处理软件对外业航飞成果进行 4D 产品制作[3]。该软件可自动读取多组相邻相片的影像信息，具有一键式快拼、带控制点空三制作与 4D 产品制作等功能，可快速获得整体、高分辨率、大范围的校园正射影像图（图 4）以及各项专题矢量数据，如道路线、建筑物面、路灯点、植被面、河流面、体育设施面等。然后，本文利用 ArcGIS 进行数据转换处理、拓扑分析、编辑整理入库[4–5]（图 5），为后续数字校园建设提供基础底图。对于图书馆等标志性建筑物的室内设计，本文结合 GPS-RTK 技术和测距仪，对建筑物内部分层进行精确量测，并利用 AutoCAD 详细准确地绘制室内平面结构图[6–7]；再导入 SketchUp 软件中精准绘制室内平面图，并输入相关属性信息。

图 4　无人机正射影像图成果

图 5　ArcGIS 校园空间数据库

3）纹理数据处理。对于无人机或高分辨相机拍摄的室内外纹理照片，需利用 Photoshop 图像处理软件，根据 GIS 空间数据库结构进行各类地物贴图处理。遵循图像清晰、尺寸规范等原则，进行系统分类命名保存，用于后期 SketchUp 建模贴图，以增加模型的逼真效果和真实感。

2.2　模型创建

SketchUp 软件主要应用于城市规划设计、建筑方

案设计、园林景观设计、室内设计等领域，其在精致性、逼真性方面独树一帜，且能与 AutoCAD 和 GIS 等软件进行无缝集成[8]。首先将处理好的校园二维平面分布图导入 SketchUp 工程项目，再根据三维模型构建原理，逐一对每个建筑物或特征地物进行三维设计与模型搭建，如标志性建筑物图书馆，除设计室外模型结构与样式外，还需结合室内每层结构，有序搭建建筑物空间结构（图 6），贴合纹理图片，创建各组件的三维模型，从而实现室内外模型的有机结合（图 7）。三维模型的精细度和逼真度决定了后续整个三维校园的质量，实施过程要求较高、耗时较长、效果较明显。

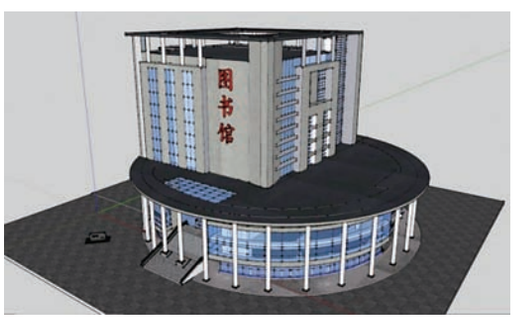

图 6　SketchUp 建筑物结构模型

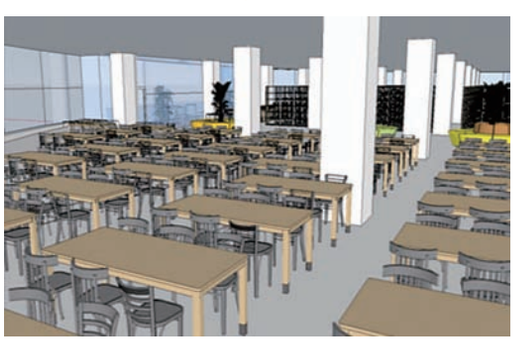

图 7　SketchUp 室内组件模型

在 SketchUp 软件中完成校园建筑物或特征地物三维模型制作，并保存为 OBJ 模型后导入 CityEngine 软件中，通常会出现模型大小错误、外观纹理丢失等问题，可通过 ArcGIS 加载 OBJ4CityEngine 外包工具，将 OBJ 模型转换为 CityEngine 可完整呈现的高精度高仿真三维模型。

2.3　场景整体制作

本文利用 CityEngine 软件进行室外批量建模，通过编写 CGA 规则对建筑群进行快速批量构建。具体制作流程为：①创建 CityEngine 工程，导入 ArcGIS 校园矢量专题图层，并针对各类专题图层编写 CGA 规则，实现自动批量三维建模；②导入已制作的 SketchUp 精细三维模型组件（建筑物模型创建、道路模型创建、绿化区创建、路灯与标志性建筑物创建），可展现较全面、完整、逼真的大规模校园三维场景（图 8）。

图 8　CityEngine 三维场景创建效果

2.4　室内外一体化制作

本文将 SketchUp 软件制作的校园图书馆室内外精细三维模型组件准确定位导入 CityEngine 三维场景中，体现了集微观模型和宏观场景于一体的三维效果（图 9）；并可根据展示需求，设置浏览路径，录制三维动画视频，以供数字校园宣传展示、校园动态规划建设所用。

图 9　校园室内外一体化三维模型

3　结　语

本文以扬州市职业大学为例，重点阐述了室内外一体化三维数字校园设计与实现过程中的原理和技术；同时验证了无人机技术、三维可视化技术在三维校园宣传展示、校园动态规划建设等方面的应用，为教育事业提供了崭新的思维方式和技术手段。

参考文献

[1]　段延松. 无人机测绘生产[M]. 武汉：武汉大学出版社，2019:1-2
[2]　牟乃夏，赵雨琪，张久虎，等. CityEngine 城市三维建模[M]. 北京：测绘出版社，2016:10-12
[3]　段延松，曹辉，王玥. 航空摄影测量内业[M]. 武汉：武汉大学出版社，2018:2-3
[4]　汤国安，杨昕. ArcGIS 地理信息系统操作空间分析实验教程[M]. 北京：科学出版社，2012:134-136
[5]　武芳，王泽根，蔡忠亮，等. 空间数据库原理[M]. 武汉：武汉大学出版社，2017:186-207
[6]　潘正风，程效军，成枢，等. 数字地形测量学[M]. 武汉：武汉大学出版社，2015:366-377
[7]　蓝悦明，康雄华. 不动产测量与管理[M]. 武汉：武汉大学出版社，2008:40-47
[8]　李波. SketchUp Pro 2016 草图大师从入门到精通[M]. 北京：机械工业出版社，2017:12-20

第一作者简介：徐艳，硕士研究生，副教授，研究方向为测绘地理信息技术。