

基于实景三维的智慧校园系统设计与开发

刘镇滔, 付俊鹏, 熊永柱*

嘉应学院地理科学与旅游学院, 广东 梅州

收稿日期: 2025年12月26日; 录用日期: 2026年1月23日; 发布日期: 2026年2月2日

摘要

在教育信息化背景下, 智慧校园建设已成为提升校园管理效率和教育质量的关键途径。传统校园管理模式存在空间资源可视化缺失、设施预约低效、安全响应迟滞及规划依据不足等问题。针对这些痛点, 以嘉应学院为例, 设计并开发了一套基于实景三维和WebGIS的智慧校园系统。系统基于Cesium引擎实现校园场景的高精度三维可视化, 并集成YOLOv8目标检测算法构建智能安防模块。通过Cesium与Geoserver的协同, 系统支持地图展示、信息查询、空间分析及智能安防四大核心功能。该系统能够有效实现校园资源的智能化管理、安全风险的实时预警和空间决策的科学支持, 为智慧校园建设提供了可靠的技术解决方案。

关键词

实景三维, WebGIS, 智慧校园, YOLOv8, 空间分析

Design and Development of a Smart Campus System Based on Real-Scene 3D

Zhentao Liu, Junpeng Fu, Yongzhu Xiong*

School of Geography and Tourism, Jiaying University, Meizhou Guangdong

Received: December 26, 2025; accepted: January 23, 2026; published: February 2, 2026

Abstract

In the context of educational informatization, the construction of smart campuses has become a key approach to improving campus management efficiency and educational quality. Traditional campus management models suffer from problems such as a lack of spatial resource visualization, inefficient facility reservations, delayed security responses, and insufficient planning basis. Taking for an example of Jiaying University, this paper addresses these pain points by designing and developing a

*通讯作者。

smart campus system based on real-scene 3D and WebGIS. The system integrates the Cesium engine for high-precision 3D visualization, incorporates the YOLOv8 algorithm for intelligent security monitoring, and utilizes Cesium and Geoserver to support four main functions: map display, information query, spatial analysis, and intelligent security. The system can effectively achieve intelligent management of campus resources, real-time early warning of security risks, and scientific support for spatial decision-making, providing a reliable technical solution for smart campus construction.

Keywords

Real-Scene 3D, WebGIS, Smart Campus, YOLOv8, Spatial Analysis

Copyright © 2026 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

当前, 我国正全面推进实景三维城市建设[1]。实景三维校园作为其重要组成部分, 是真实、立体、时序化反映校园教育教学环境的时空信息基础, 已成为智慧校园整体框架构建的核心要素。徐玉妃[2]研发的基于物联网的智慧校园系统可将传感器、RFID 等多源感知数据经编码与智能处理后转化为统一服务, 基于四层架构实现身份管理、智慧教学等六大模块的集成应用。孔令强[3]研发的交互式校园文化微景观漫游系统可将 3Dmax 静态模型通过相机脚本与消失点转换公式转化为可交互的动态漫游场景, 融合 Photoshop 优化与虚拟现实平台实现黄河交通学院校园景观的沉浸式浏览与多系统环境测试验证。朱树佳[4]研发的基于三维模型的校园地图系统可将数据经自动化建模处理后转化为 Web 端可加载的 3dTiles 格式三维模型, 基于 Cesium 引擎实现校园建筑、公共服务、行政单位等信息的集成渲染展示。

然而, 现有研究在智慧校园系统面临三重困境: 一是地图维度陈旧, 普遍采用二维或 2.5D 地图, 即便引入三维模型也精度不足, 难以满足精细化管理对空间保真度的要求; 二是实景三维应用深度不够, 大多停留在静态展示层面, 没有将实景三维模型与空间分析结合起来; 三是业务响应滞后化, 业务更新依赖跨系统协调, 缺乏实时数据快速更新。现有系统多侧重于静态展示, 缺乏与业务决策的深度集成, 未能充分发挥三维空间数据在资源配置、应急调度和规划分析中的潜力。需构建融合动态感知数据与多源业务系统的三维地理信息平台, 实现从“展示”到“推演”的功能跃迁, 支撑校园运行状态的实时镜像与智能调控。

针对上述问题, 本文拟通过融合倾斜摄影、WebGIS、Cesium 和 YOLOv8 技术, 构建一套以实景三维模型为空间基底、支持多业务协同的智慧校园平台, 解决从“几何精度”到“管理有效”的转化难题, 以期为智慧校园建设提供可靠的技术解决方案。本研究具有两个方面的创新: (1) 提出“实景三维 + WebGIS + 事件驱动”的智慧校园架构, 解决模型与业务脱节问题; (2) 融合 YOLOv8 动态识别与三维空间分析, 实现安防风险的实时预警与决策支持。

2. 关键技术概述

2.1. 倾斜摄影技术

倾斜摄影技术旨在实现真实场景的高精度数字化还原。该技术通过搭载一台垂直相机与四至六台倾斜相机的航摄设备(如无人机), 同步采集地面正射影像、立面细节影像及 POS 系统记录的相机空间坐标

与姿态角[5]。其核心原理依托共线方程，通过建立影像像素坐标与地面三维坐标的精准关联，反推出地面特征点的真实空间位置，如图 1 所示。后续处理中，专业软件对影像进行预处理，通过同名点匹配生成密集点云，再运用纹理映射技术将原始影像贴附至点云骨架，最终生成兼具厘米至米级精度与高真实感的三维模型。

针对传统三维建模方法在校园场景中面临的“效率 - 精度悖论”——人工建模难以匹配快速建设周期，激光扫描则受限于高成本与植被穿透性差——倾斜摄影技术通过多视角冗余观测，实现了成本约束下的精度最优解[6]-[9]。本文采用的五相机阵列(1 个下视 + 4 个倾斜)在保证地面分辨率优于 1 厘米的同时，将数据采集效率提升至 0.5 平方公里/天，满足了校园的季度级更新需求。关键在于，倾斜摄影生成的 OSGB 模型直接具备可量测性，并蕴含丰富的真实纹理信息，这为实景三维校园等应用提供了核心数据基础[10]。图 2 展示了采用该技术采集的校园运动场实景三维场景。

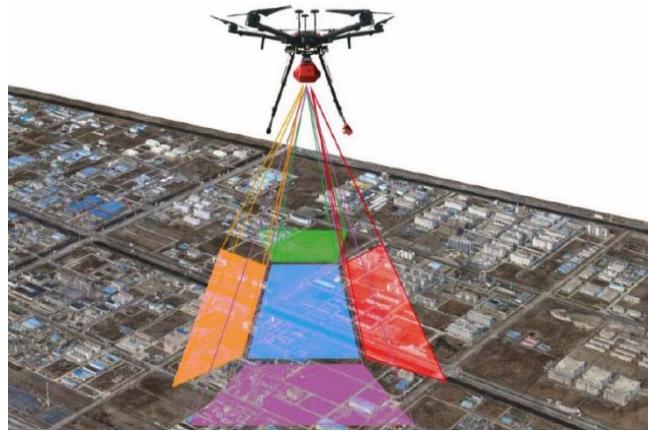


Figure 1. Principles of oblique photogrammetry
图 1. 倾斜摄影测量原理



Figure 2. Real-scene 3D model around a campus playground
图 2. 实景 3D 校园运动场周边模型

2.2. WebGIS

WebGIS 是基于互联网的地理信息系统，用户无需本地安装专业 GIS 软件，通过 Web 浏览器即可访问、操作地理信息[11]。其核心由前端、服务器端与数据库构成：前端为浏览器交互界面，支持地理信息查看与分析；服务器端依托 ArcGIS Server 等软件处理请求；数据库存储地图、地理要素等数据。

其工作遵循客户端-服务器模型：用户通过前端发请求，经互联网传至服务器端，服务器匹配数据并处理后，以 HTTP 响应返回，浏览器解析呈现结果[12]。传统 WebGIS 遵循客户端-服务器(C/S)单向请求模式，但智慧校园要求双向实时同步——业务状态变更(仪器租借)需实时驱动三维模型可视化。本文将 WebGIS 重构为事件驱动架构：PostgreSQL 通过逻辑复制输出 WAL 日志，由 Wal2JSON 解码变更事件；后端服务消费后推送到 Redis，Cesium 前端通过 Socket.IO 按地理范围订阅相关键，实现近实时状态同步。

3. 智慧校园系统设计

3.1. 总体设计

本文以嘉应学院智慧校园建设为案例进行系统实现。嘉应学院是广东省属本科院校、粤东西北高校振兴计划建设高校，位于梅州市梅江区，校本部占地面积 1100 亩，建筑面积 62 万平方米，设有 21 个二级学院，全日制在校生 2.6 万人。校区内包含教学建筑 36 栋、学生宿舍 18 栋、室外运动场地 12 处，校园空间结构复杂、人流密度高，对精细化空间管理需求迫切。系统采用 B/S 结构体系，将其划分为地图展示模块、信息查询模块、智能安防模块与空间分析模块。根据功能需求分析后设计子功能如图 3。

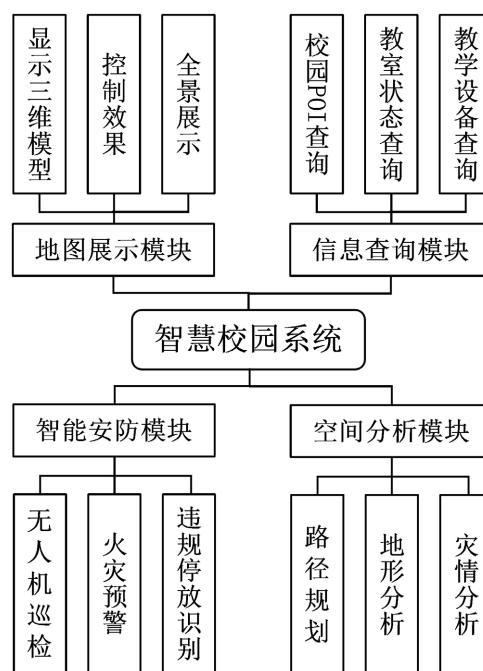


Figure 3. Diagram of the function structure of the smart campus system

图 3. 智慧校园系统功能结构图

地图展示模块集成实景三维模型、Unity 虚拟漫游及全景功能，构建沉浸式校园浏览体验，提供统一空间基底。信息查询模块集中管理并实时查询校园资源，含 POI 快速定位、教室状态查询、教学设备管理功能，提升资源利用效率与管理透明度。

智能安防模块涵盖无人机日常巡检(及时发现异常)、YOLOv8 火灾预警(减少灾害损失)、违规停车识别(维护交通秩序)。空间分析模块含三维导航路径规划(方便校园寻路)、地形分析(支撑校园规划)、灾情模拟(评估灾害范围、辅助应急预案)。

系统依据项目需求构建完整技术架构：前端采用 Vue3 与 Element Plus 开发交互界面，以 Cesium 1.99

为三维可视化核心,加载精度 0.5 m 的校园建筑模型,集成 ArcGIS SDK 实现通视分析等空间分析功能,通过 GeoJSON 规范保障设施坐标数据标准化交互;后端以 Node.js 18 + Koa2 搭建 RESTful API,支撑 ≥ 1200 QPS 高并发请求,数据层用 PostgreSQL 管理业务数据,Redis 7.0 缓存高频数据(响应时间 < 100 ms),并借 Socket.IO 实现审批状态等信息实时推送(表 1)。整套技术栈打造高性能平台,兼顾三维场景流畅漫游、专业分析与业务系统高并发、实时响应需求。根据国家标准《智慧校园总体框架》[13]修改的系统总体架构如图 4 所示。

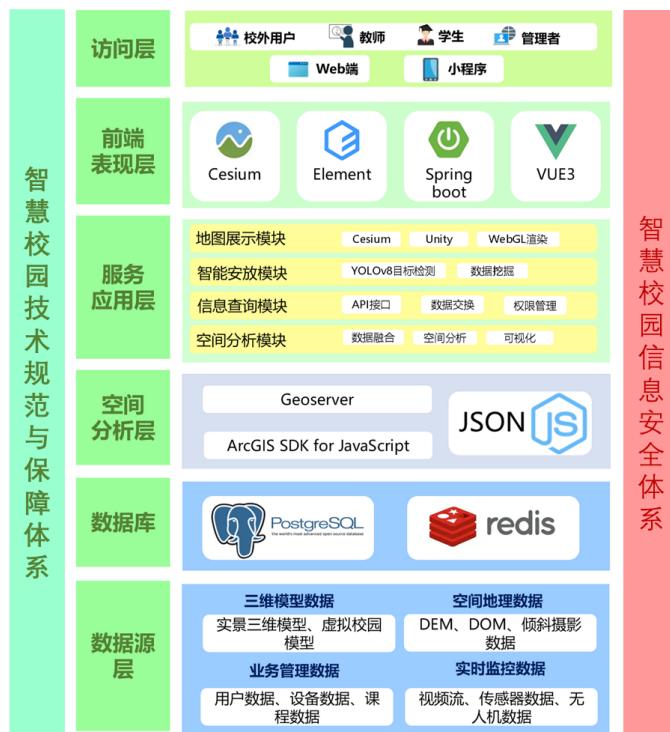


Figure 4. Diagram of the overall system architecture

图 4. 系统总体架构图

Table 1. Parameters of software environment

表 1. 软件环境参数表

技术栈	功能说明
Vue	组件化开发
Cesium 1.99	三维场景渲染/空间分析
3D Titles	校园建筑模型加载(精度 0.5 m)
Element Plus	UI 组件库(预约表单/数据看板)
Node.js 18 + Koa2	RESTful API 服务(QPS > 1200)
PostgreSQL	业务数据存储(设施预约/问题上报)
Redis 7.0	缓存教室实时状态(响应 < 100 ms)
Socket.IO	审批状态实时推送
ArcGIS SDK for JavaScript	通视分析/淹没模拟
GeoJSON	设施坐标数据交互

3.2. 实景三维模型制作

采用空地一体化的数据采集方案(图 5): 通过无人机航拍获取校园全域的高分辨率倾斜影像, 并辅以近景摄影以弥补细节盲区[14] [15]。在模型构建阶段, 首先利用 ContextCapture 与 DJI Terra 等专业软件, 对多视角影像进行空三加密、构网重建与纹理映射, 生成初步的三维点云与白模。在空三加密与模型重建阶段, 多视影像的密集匹配依赖于多视影像匹配误差方程[16] [17]。设影像序列中同名像点的投影误差方程为:

$$E = \sum \|x - P(X; R, t, K)\|^2$$

其中: E 为投影误差平方和, 需最小化以优化参数, x 为像点观测坐标; P 为投影函数, 描述从物方点 X 到像平面的映射; R, t 分别为影像的外方位旋转矩阵与平移向量; K 为相机内参数矩阵。通过最小二乘平差优化上述误差方程, 可求解相机参数与物方点坐标, 形成密集三维点云。点云密度直接影响模型细节程度, 但是这个阶段模型可能会出现纹理缺失、点云丢失等损坏[18]-[21]。

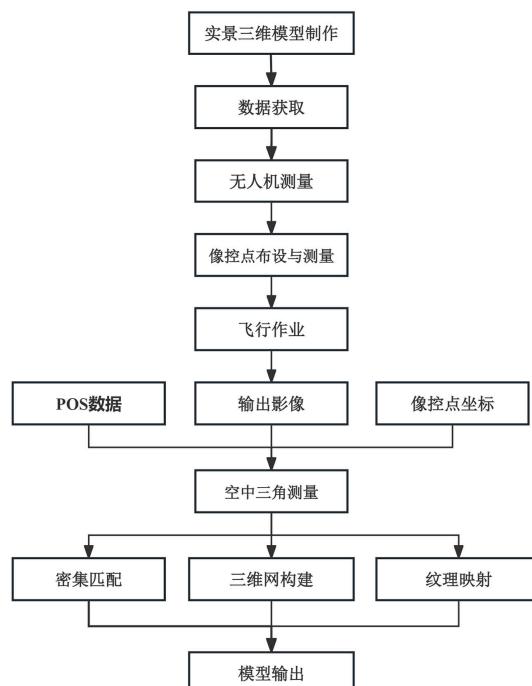


Figure 5. Real-scene 3D model construction flow chart
图 5. 实景三维模型构建流程图



Figure 6. Real-scene 3D model of Jiaying University
图 6. 嘉应学院实景三维模型

在模型精细化阶段,运用SketchUp进行几何修复、Photoshop处理纹理瑕疵,并借助大疆智图等工具优化水面、悬浮物等特殊地物,最终输出高精度、高真实感的实景三维模型(图6)。

3.3. 单体模型制作

虚拟校园场景的构建采用系统化技术流程(图7)。首先,利用专业建模软件对校园建筑、道路等要素进行精细化三维建模与纹理贴图(图8),以还原真实视觉属性。其次,基于数字表面模型(DSM)数据生成数字高程模型(DEM),确保地形特征准确。最后,在Unity引擎中整合模型与地形,通过坐标配准、光照烘焙和物理碰撞体设置,构建出高度还原的虚拟场景,并支持第一人称漫游与空中俯瞰等交互功能,形成可自由探索的沉浸式三维平台。

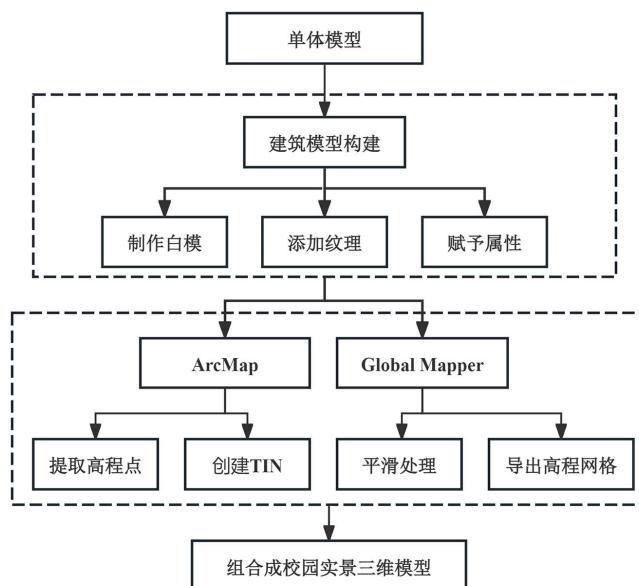


Figure 7. Flow chart of campus individual model construction
图 7. 校园单体模型构建流程图

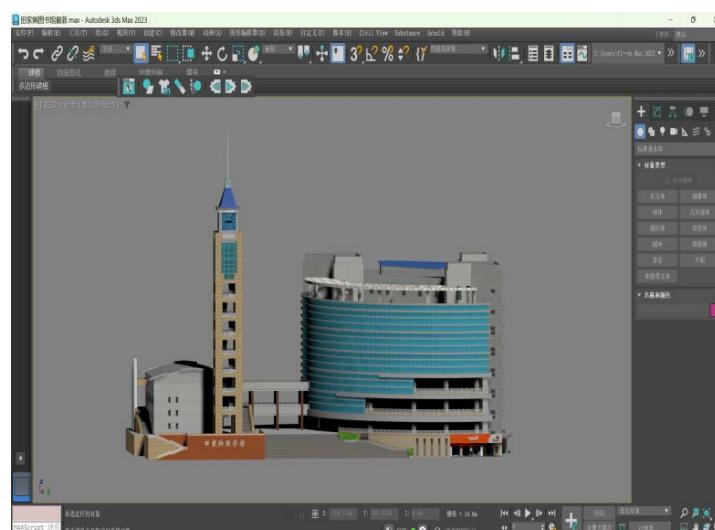


Figure 8. Individual model of Jiaying University library
图 8. 嘉应学院图书馆单体模型

4. 系统各模块展示

4.1. 地图展示模块

本系统的地图展示模块集成了三大核心功能。(1) 高精度实景三维模型以厘米级精度真实再现了校园全域的建筑、道路及景观细节，构建了可靠的时空基底，如图 9。

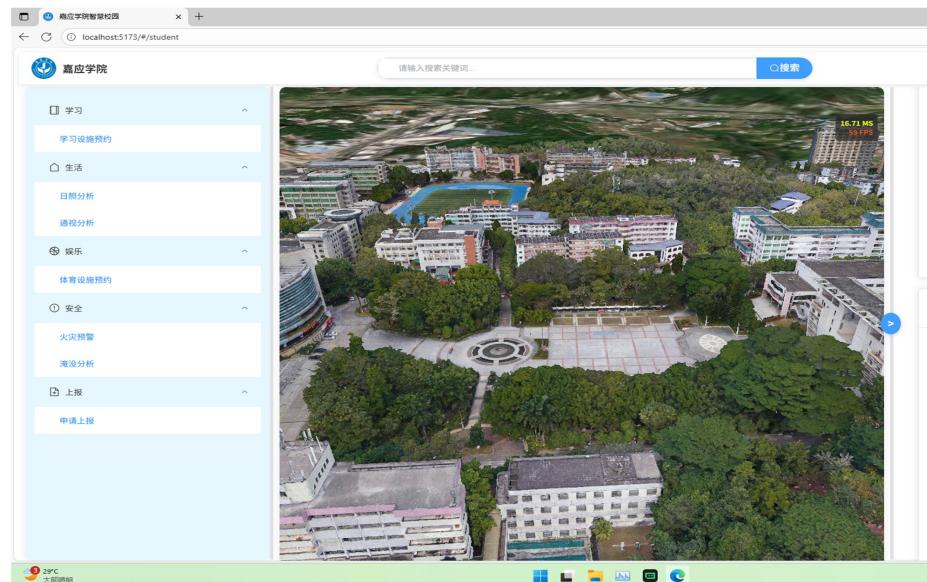


Figure 9. 3D map display

图 9. 三维地图展示

(2) 基于 Unity3D 引擎开发的交互式虚拟漫游系统，支持用户以第一人称或自由飞行模式在数字化校园中自主探索，增强了空间认知与沉浸感，如图 10。

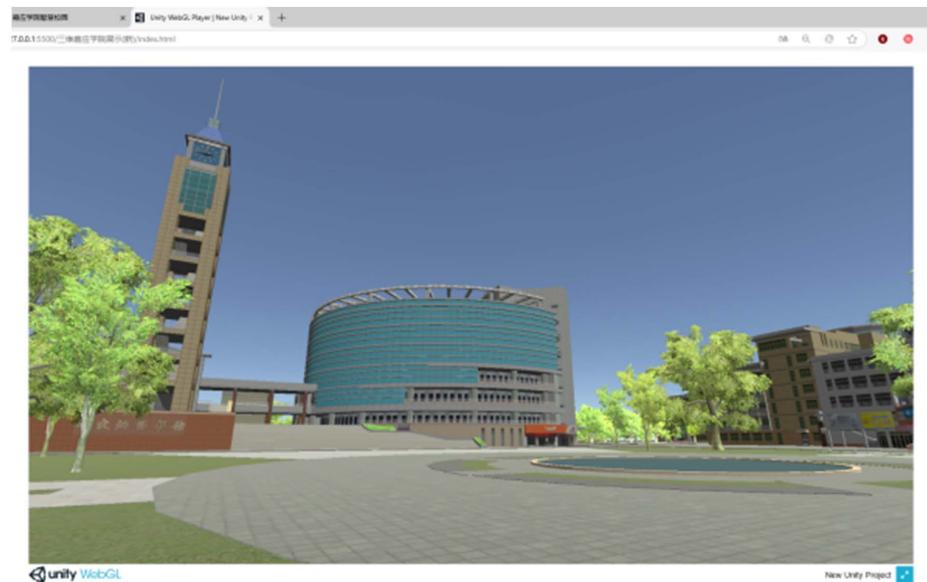


Figure 10. Virtual campus roaming

图 10. 虚拟校园漫游

(3) 系统融合了 360 度全景漫游功能, 使用户可一键切入关键点位, 对教学楼、实验室等室内环境进行无死角环视, 有效弥补实景模型在室内细节表现的局限, 形成多维度的展示体系, 如图 11。



Figure 11. Panoramic map of Jiaying University
图 11. 全景嘉应学院地图

4.2. 信息查询模块

本系统的信息查询模块旨在整合校园信息资源, 主要提供两类核心服务以解决信息碎片化问题。(1) 全景兴趣点(POI)查询与定位功能将校园内各类设施信息嵌入实景三维模型, 用户可通过关键词或分类筛选快速定位目标, 查询结果在三维场景中高亮显示并呈现详情, 实现了从信息查询到空间定位的无缝衔接, 如图 12 学习设施查询预约。

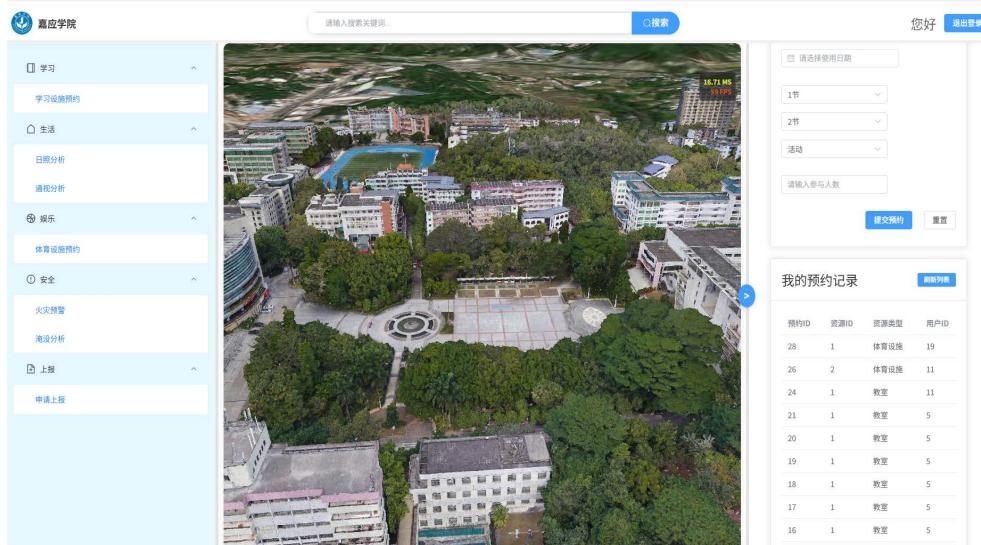


Figure 12. Searching and booking for learning facilities
图 12. 学习设施查询预约

(2) 教学设备资产一体化管理功能则对分散的设备信息进行统一入库和空间化关联, 支持师生随时

查询设备参数、位置、状态及报修记录，并可在线预约，实现了教学设备全生命周期的数字化管理，如图 13 和图 14。

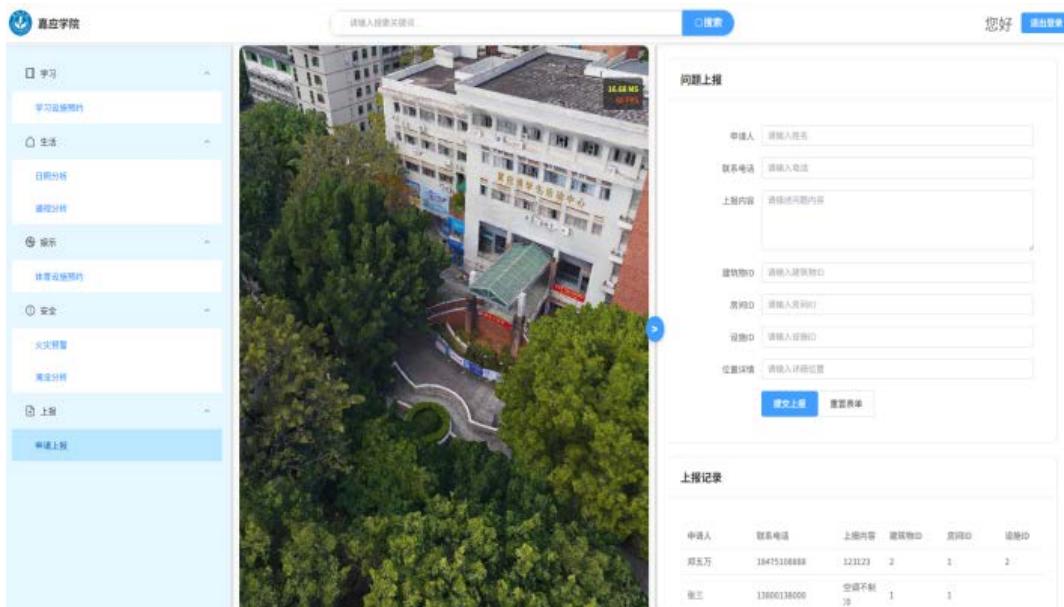


Figure 13. Application for submission
图 13. 申请上报

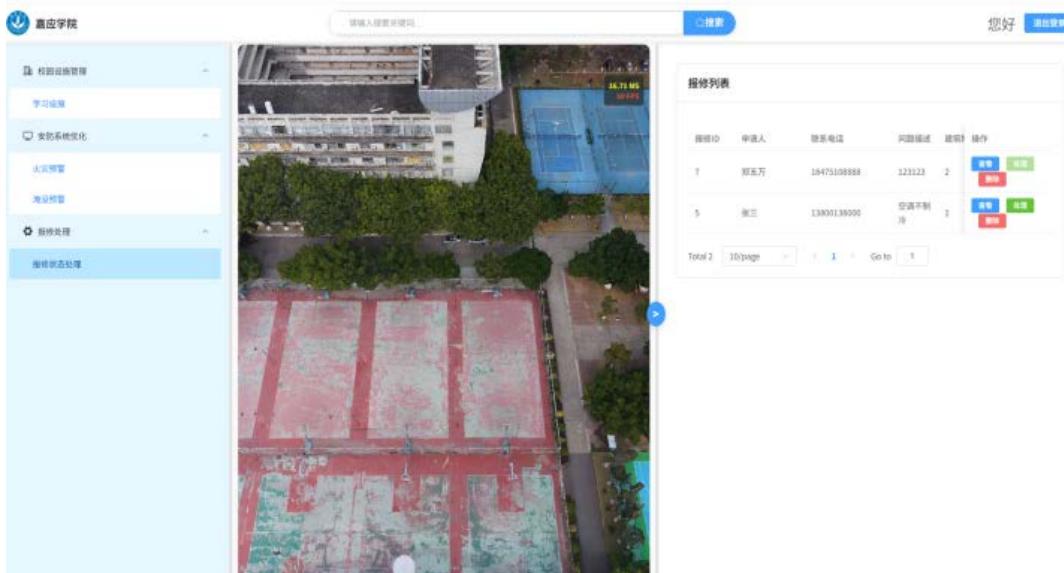


Figure 14. Warranty status processing
图 14. 保修状态处理

4.3. 空间分析模块

本系统在实景三维校园模型基础上，集成了三大核心空间分析模块。(1) 智能路径规划功能基于三维空间数据进行真正的“实景”导航，综合道路网络、建筑布局和高程变化，运用路径搜索算法为新生及访客规划最优行进路线，如图 15。

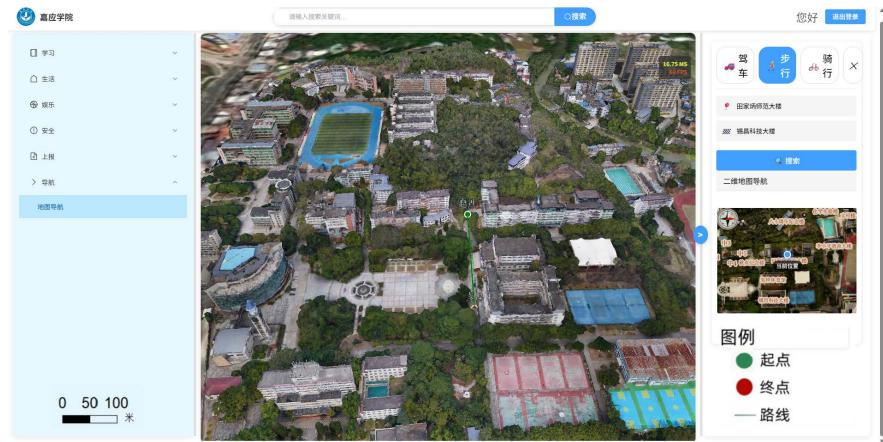


Figure 15. Path planning
图 15. 路径规划

(2) 地形分析功能通过处理数字表面模型(DSM)与数字高程模型(DEM)，生成坡度、坡向图。并进行日照与视线分析，如图 16 和图 17。可为校园规划设计、排水布局和场地选址提供科学依据。

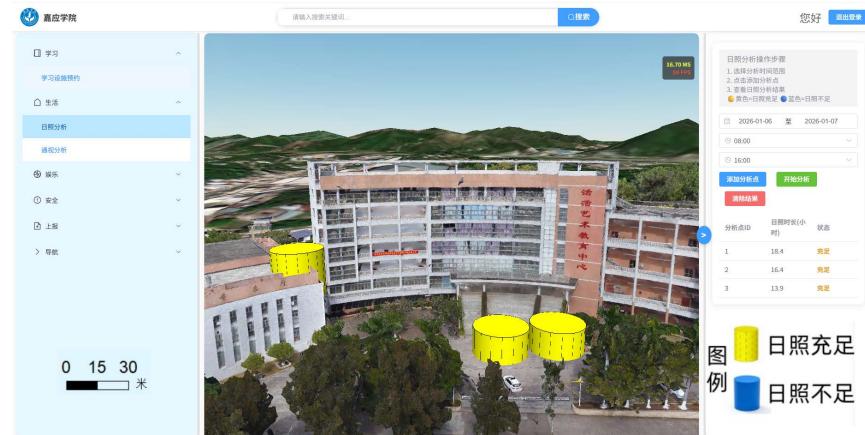


Figure 16. Sunshine analysis
图 16. 日照分析

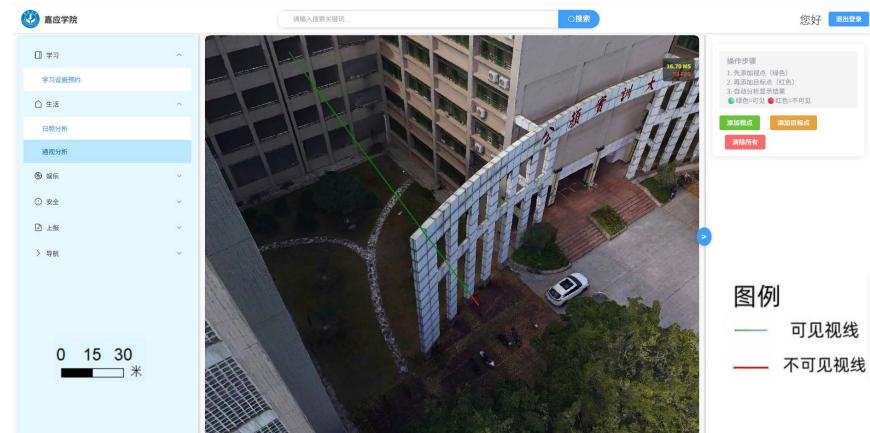


Figure 17. Visibility analysis
图 17. 通视分析

(3) 灾害模拟功能则通过设定灾害参数, 在三维环境中模拟洪涝淹没、火灾扩散等场景, 如图 18, 图 19。评估应急预案, 显著提升校园应对突发公共安全事件的能力。

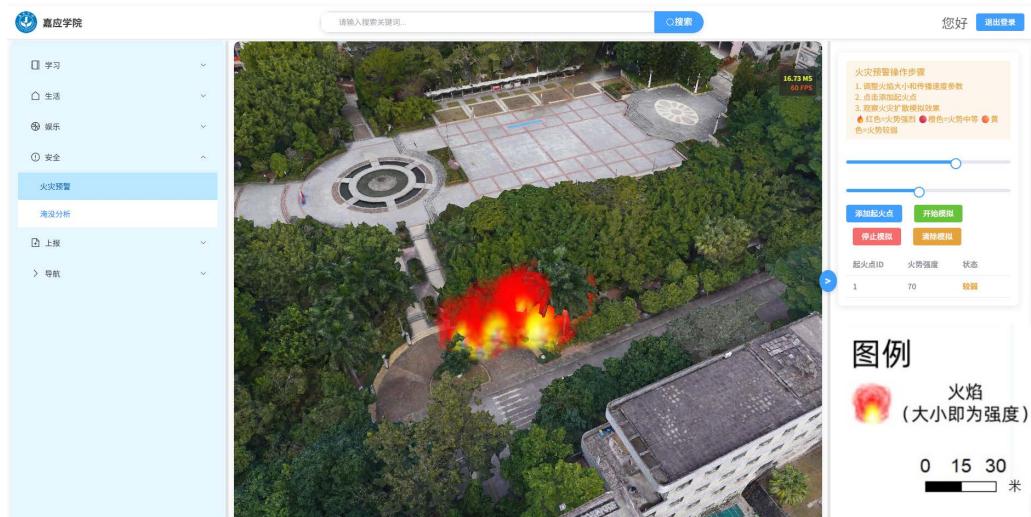


Figure 18. Fire analysis

图 18. 火灾分析

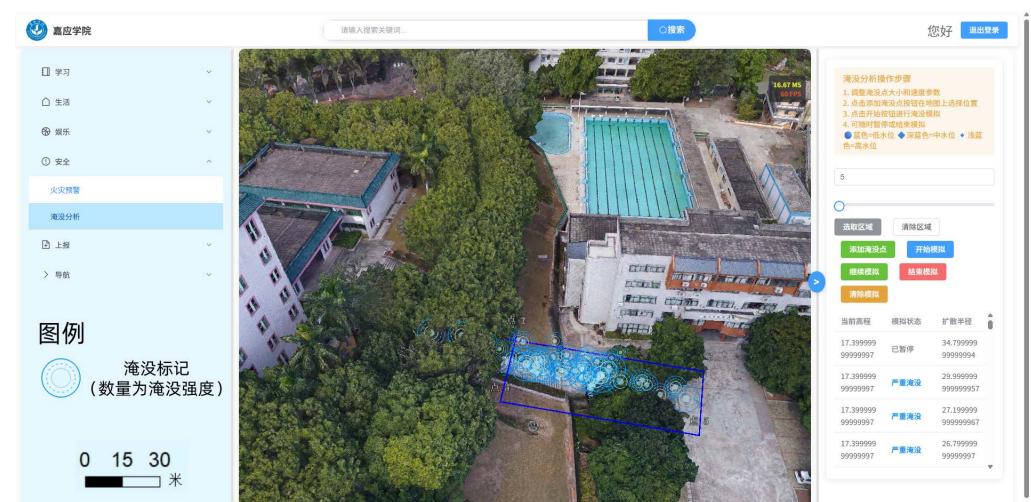


Figure 19. Inundation analysis

图 19. 淹没分析

4.4. 智能安防模块

本系统的智能安防模块集成基于 YOLOv8 深度学习模型的火灾预警系统, 能够精准识别画面中的明火与烟雾特征, 及时触发警报。本系统 YOLOv8 模型训练数据由两部分公开数据集拼接而成: VisDrone2019-DET (1551 张, CC BY 4.0) 与 Smoke-Fire-Detection-YOLO [22] (500 张, MIT License), 保留 car、smoke、fire 三类目标共 2251 张图像, 约 9.8 k 标注框; 按 8:1:1 随机划分为训练集 1741 张、验证集 252 张、测试集 258 张, 训练前统一缩放到 640×640 并在线 Mosaic、HSV、随机水平翻转增强。系统利用相同的技术框架对校园内机动车与非机动车的违规停放行为进行智能识别、记录, 如图 20。可为维护校园秩序提供有效的技术支撑。



Figure 20. Pedestrian and vehicle identification

图 20. 行人车辆识别

5. 结论

针对传统校园管理中存在的地图维度陈旧化、实景三维应用深度不够及业务响应滞后等核心问题，通过融合倾斜摄影测量技术与 WebGIS 技术，构建了一套以实景三维模型为空间基底、支持多业务协同的智慧校园平台。系统集成地图展示、信息查询、智能安防与空间分析四大功能模块，依托 Cesium 引擎实现高精度三维可视化，并引入 YOLOv8 模型提升安防巡检的智能化水平，可有效提升校园管理的集成化水平与响应效率。

本研究在针对模型的空间分析、室内场景精细表达、多源动态数据融合及轻量化渲染方面仍存在提升空间。后续研究将重点探索 BIM (Building Information Model, 建筑信息模型)与实景三维模型的深度融合机制，发展适用于大规模场景的实时轻量渲染技术，并加强对实景三维在系统中的应用，以推动系统向全要素、实时交互的校园数字孪生平台演进和落地实施。

致 谢

感谢深圳飞马机器人科技有限公司提供倾斜摄影数据采集支持。

基金项目

本研究得到广东省基础与应用基础研究基金(编号: 2024A1515011986)和嘉应学院大学生创新创业计划项目(编号: X202510582105)资助。

参考文献

- [1] 李德仁. 数字孪生城市建设的新高度[J]. 中国勘察设计, 2020(10): 13-14.
- [2] 徐玉妃, 杨昆, 袁凌云, 等. 基于物联网的智慧校园建设与研究——以云南师范大学为例[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2016, 36(1): 47-52.
- [3] 孔令强. 3Dmax 的交互式校园文化微景观漫游设计——以黄河交通学院为例[J]. 科学技术创新, 2021(31): 162-164.
- [4] 朱树佳. 基于三维模型的校园地图系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2022.
- [5] 陈洁, 蔡君, 李京, 等. 倾斜航空摄影技术及在地质调查中的应用研究——以三峡库区巫峡地区为例[J]. 国土资

- 源遥感, 2021, 33(1): 167-173.
- [6] 蔡嘉伦, 贾洪果, 刘国祥, 等. 对比传统低空航测的无人机倾斜摄影测量精度评估[J]. 测绘通报, 2022(2): 31-36.
 - [7] 乔月. “空-地-人”协同构建实景三维模型: 以海棠亭为例[J]. 测绘通报, 2025(3): 174-177.
 - [8] 张广波. 面向倾斜实景模型的三维可视化平台建设技术研究[J]. 测绘通报, 2021(S1): 277-281.
 - [9] Fedele, A., Somma, R., Troise, C., Holmberg, K., De Natale, G. and Matano, F. (2020) Time-lapse Landform Monitoring in the Pisciarelli (Campi Flegrei-Italy) Fumarole Field Using UAV Photogrammetry. *Remote Sensing*, **13**, Article 118. <https://doi.org/10.3390/rs13010118>
 - [10] Yan, F., Xia, E., Li, Z. and Zhou, Z. (2021) Sampling-Based Path Planning for High-Quality Aerial 3D Reconstruction of Urban Scenes. *Remote Sensing*, **13**, Article 989. <https://doi.org/10.3390/rs13050989>
 - [11] 李成仁. 基于 Vue.js 的单页面 WebGIS 可视化框架研究与实现[J]. 地理空间信息, 2020, 18(5): 83-86.
 - [12] 张志, 李瑞利. 基于 WebGIS 的红树林生态管理在线系统[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2023, 59(4): 602-608.
 - [13] GB/T36342-2018 智慧校园总体框架[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
 - [14] 吕朋超, 李海洋, 江岭, 等. 多维度建筑物单体模型构建方法[J]. 测绘通报, 2025(2): 1-6.
 - [15] 史与正, 陈梦华, 黄煜, 等. 实景三维模型的建筑物单体模型框架搭建[J]. 测绘通报, 2023(6): 161-166.
 - [16] 朱庆, 张利国, 丁雨淋, 等. 从实景三维建模到数字孪生建模[J]. 测绘学报, 2022, 51(6): 1040-1049.
 - [17] 王文敏, 王晓东. 基于 ContextCapture Center 平台的城市级实景三维建模技术研究[J]. 测绘通报, 2019(S1): 126-128, 132.
 - [18] Simon, M., Copăcean, L., Popescu, C., et al. (2021) 3D Mapping of a Village with a Wingtraone VTOL Tailsitter Drone Using Pix4D Mapper. *Research Journal of Agricultural Science*, **53**, 228-237.
 - [19] 周勇帅. 基于 Cesium 框架实现倾斜摄影单体化的方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2020.
 - [20] 许尔惟, 王波, 江函洋, 等. 基于数字孪生技术的智慧校园时空底座建设[J]. 现代测绘, 2023, 46(2): 10-13.
 - [21] 杨菁, 陈冰凌, 王文鹏, 等. 基于 Cesium 的三维可视化场景建设及发布技术的研究[J]. 测绘通报, 2021(S1): 50-53.
 - [22] de Venâncio, P.V.A.B., Lisboa, A.C. and Barbosa, A.V. (2022) An Automatic Fire Detection System Based on Deep Convolutional Neural Networks for Low-Power, Resource-Constrained Devices. *Neural Computing and Applications*, **34**, 15349-15368. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07467-z>