

高校综合服务数字孪生建模及智能风险评估

张国营, 吕绍娴, 段金龙, 查彬, 黄鑫陈
(云南艺术学院信息与网络管理中心, 云南 昆明 650500)

摘要: 针对高校数字化转型, 提出面向高校综合服务管理的数字孪生建模方法, 并将生成式人工智能算法和数字孪生相结合, 通过汇聚高校消防安防、能耗, 以及地下管道等综合服务管理数据, 提出 GenAI 风险评估模型, 以实现校园各类资源的全面监控和智能调度。风险评估模型能准确刻画复杂多样的高校综合服务实体, 能准确预测潜在风险, 有助于提高综合服务管理效率和服务质量。

关键词: 高校综合服务; 数字孪生; 生成式人工智能; 智慧校园; 数字化转型

中图分类号: TP39

文献标志码: A

DOI: 10.11959/j.issn.1000-436x.2024241

Digital twin modeling and intelligent risk assessment for comprehensive services in universities

ZHANG Guoying, LYU Shaoxian, DUAN Jinlong, ZHA Bin, HUANG Xinchen
Center for Information and Network Management, Yunnan Arts University, Kunming 650500, China

Abstract: A digital twin modeling method for comprehensive service management in universities was proposed, targeting their digital transformation. By combining generative artificial intelligence algorithms with digital twins, data from various aspects of university management were aggregated, including fire safety, energy consumption, and underground piping. A GenAI risk assessment model was proposed to achieve comprehensive monitoring and intelligent scheduling of campus resources. The proposed method accurately represents the complex and diverse comprehensive service entities in universities, predicts potential risks effectively, and helps improve the efficiency and quality of comprehensive service management.

Keywords: university comprehensive service, digital twin, generative AI, smart campus, digital transformation

0 引言

高校综合服务管理涵盖校园态势、资源、安全、教学和师生服务多个方面。在互联网+教育大背景下建设的智慧校园, 多数学校已完善了校园网、一卡通、门禁、安防、消防、教务、科研、资产、办公、报修和后勤服务等多个业务系统的运行, 对已产生的业务数据, 各业务系统能进行初步的分析, 但由于服务管理人员信息化水平和数字素养水平参差不齐, 对业务系统使用不主动、对产生的数据利用率不充分, 造成响应速度慢、数据处理能力

有限、预警不及时不精准、服务缺少温度等问题, 管理者难以实现对校园资源的全面监控和智能调度。

随着国家教育数字化战略行动的深入推进, 高等教育数字化转型已成为高校高质量发展的基础和动力。以数据治理推进教育管理与业务流程再造^[1]是《中国智慧教育发展报告(2022)》中提出通过科技赋能和数据驱动全方位赋能数字时代的教育变革的要素之一。以数字化方式创建物理实体的虚拟模型, 借助历史数据、实时数据以及算法模型等, 模拟、验证、预测、控制物理实体全生命周期过程的技术手段^[2]的数字孪生已为教育数字化转型开辟

了新路径。在教育数字化转型的 TASH (technology application system human-centered)^[3] 视角下,生成式人工智能 (GenAI)、大数据、云计算等新兴技术成为教育新基建的支撑,2023年7月,国家网信办、教育部等七部门联合发布《生成式人工智能服务管理暂行办法》,要求相关主管部门和机构要加快完善、创新与生成式人工智能相应的科学监管方式,制定分类分级监管规则或指南^[4]。高校除了关注如何应对生成式人工智能在高等教育的教与学过程、教学管理、学术诚信和信息安全方面的挑战,还应积极考虑生成式人工智能为高校管理智慧化提升带来的契机。

本研究借鉴智慧城市运营平台建设经验,结合苏奎峰^[5]对认知孪生的定义,即生成式人工智能和数字孪生充分融合形成的认知孪生能够产生更复杂,具备记忆、检索、反思和推理等能力的虚拟或虚拟融合环境,使模型具有自我学习、推理和决策能力,将目光投向了基于数字孪生和生成式人工智能算法相结合为基础的学校数字化转型研究,以提升和改进智慧校园的前期建设成果。

目前已完成学校一个园区的综合服务数字孪生管理平台的逻辑建构如图1所示,15栋楼宇所涉及的安防、消防、地下管网物理和空间环境的数字孪生建模,通过汇聚已有门禁、消防安防、能耗设备、地下管道漏水检测等方面的历史数据和实时监控数据,使用生成式人工智能算法重构校园风险评估模型。通过预判风险后,系统直接推动数字孪生系统中的各种设备和执行机构直接动作预防和处置风险,并向学校管理人员推送预先设定的风险防范预案,经管理人员综合判断后再执行风险防范预案提供的管控措施。这不仅完成了学校各物理环境和空间的数字化升级,实现虚拟环境和真实环境的交互,还提高了学校综合服务管理的可视性、准确性、及时性,也使数字技术应用能力和数字化产出能力在高校数字化转型中得到充分体现。

1 数字孪生建模

参考国内大多数无人机建模及激光雷达扫描建模的方法,分析其优缺点后将无人机倾斜实景建模与激光雷达扫描建模相结合,实现对空间数据的全面和精确获取,再融合单体化及烘焙技术优势进一步解决目前建模无法企及的全面性和流畅性及实时

渲染问题。

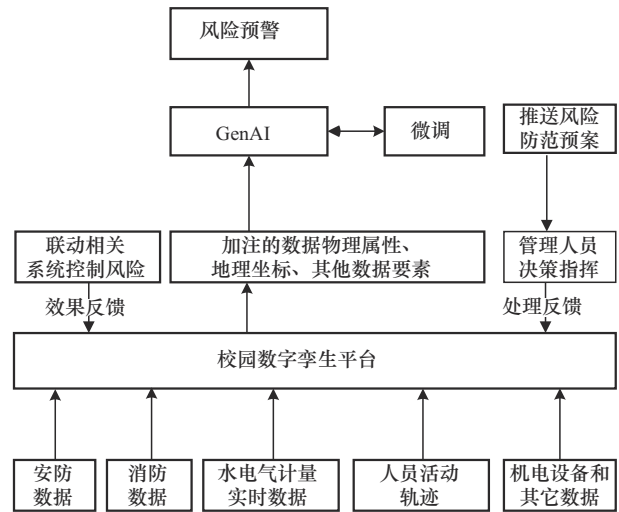


图1 云南艺术学院综合服务数字孪生管理平台的逻辑建构

烘焙技术是一个将动态或复杂模型信息转换为静态纹理的过程。它通常涉及将高多边形模型的细节映射到低多边形模型上,或者将动画和变形信息存储为纹理。烘焙的本质是预计算和简化,将复杂的模型信息转换为可以在渲染时快速处理的纹理数据,从而减少渲染时的计算量。在全面采集数据的基础上,不仅降低了数据处理难度,还提升了模型精度和作业效率。

1.1 物理模型的构建及物理引擎平台

通过使用无人机倾斜摄影技术和激光雷达扫描采集,对影像进行预处理后再进行空中三角测量运算,借助自动化三维建模技术得到实景三维模型,并对模型进行修模。再通过单体化软件对模型进行单体化分解、减面后完成人工贴图精细化修饰,最后完成校园物理模型的构建如图2所示。



图2 云南艺术学院校园物理模型

其中核心技术为空中三角测量,空中三角测量是通过影像重叠部分计算影像位置和姿态,以及地

面点空间坐标，关键在于通过相机运动恢复场景的结构运动（SFM）算法，其基本步骤包括：提取并匹配影像特征点，构建基于影像几何关系的自由网，引入地面控制点，进行区域网平差，计算地面点的三维坐标，优化与验证，模型人工修饰。

空中三角测量运算建模采用 Python 代码，利用 NumPy 库计算三维空间中两点之间的距离，实现空中三角测量运算。部分代码如下。

```
import numpy as np # 计算三维点之间的距离
point1 = np.array([x1, y1, z1])
point2 = np.array([x2, y2, z2]) # 定义 2 个三维点
distance = np.linalg.norm(point1 - point2) # 计算
两点之间的距离
print(f"两点之间的距离是: {distance}")
# 摄像机模型下的射线计算
R1 = np.array([[1, 0, 0], [0, 1, 0], [0, 0, 1]]) # 单
单位矩阵，表示没有旋转
t1 = np.array([0, 0, 0]) # 在原点
R2 = np.array([[1, 0, 0], [0, 0, -1], [0, 1, 0]]) # 绕
Y 轴旋转 90 度
t2 = np.array([1, 0, 0]) # 在 X 轴正方向 1 单位处
u1, v1 = 0.5, 0.5 # 摄像机 1 中的点
u2, v2 = 0.5, 0.5 # 摄像机 2 中的点
P1 = np.array([0, 0, 0]) # 摄像机 1 的位置
P2 = t2 # 摄像机 2 的位置
ray1_dir = np.array([u1, v1, 1]) # 摄像机模型下
```

的射线计算

```
ray2_dir = np.array([u2, v2, 1]) - R2.T
x, y, z = 0.5, 0, 0.5 # 这只是一个假设值
print(f"Estimated 3D point: ({x}, {y}, {z})")
# 特征点匹配
import cv2
import numpy as np
def detect_and_match_features(img1, img2):
    img1 = cv2.imread('image1.jpg', cv2.IM-
    READ_COLOR)
    img2 = cv2.imread('image2.jpg', cv2.IM-
    READ_COLOR) # 加载图像
    result_img = detect_and_match_features(img1,
    img2) # 匹配特征点
    cv2.imshow('Matches', result_img) # 显示结果
    cv2.waitKey(0)
    cv2.destroyAllWindows()
```

在上述代码中，x1、y1、z1、x2、y2、z2 代表 2 个点的坐标值。np.linalg.norm 函数用于计算向量的欧几里得范数，即两点之间的距离。

空中三角测量^[6]中还需运用最小二乘法^[7]、束调整法^[8]、多项式拟合等数学模型和算法，并处理大量的影像数据和地面控制点数据，利用 OpenCV 开源库进行影像处理和特征匹配。

校园数字孪生物理引擎平台如图 3 所示，是采用 U3D 引擎基础，以 C/S 架构开发的数字孪生平



图3 云南艺术学院数字孪生物理引擎平台

台。是与物理实体相互映射的虚拟实体，并实现互联互通、相互操作，借助历史数据、实时数据、算法模型等，对物理实体进行全周期的集成与管理。

1.2 数字孪生建模方法

数字孪生建模是高校综合服务数字孪生系统的核心环节。该模型精确地模拟出校园内的每一栋建筑、每一个设施、每一条道路以及每一个人的活动，反映校园的实际运行状态。在后续的学习和迭代中，通过不断优化和完善，能更好地反映校园的实际情况。

1.2.1 三维建模

利用无人机光学外部贴近测量和激光雷达内部扫描等技术，获取物体表面的精细几何信息，为构建数字孪生体提供基础数据如图4所示。其中，室外三维建模结合影像POS解算、空三计算及建模软件，将扫描数据以OSGB和OBJ格式输出；室内三维建模，通过激光扫描构建点云LAS数据，使用POS解算、点云与可见光数据融合，以标准las点云格式和三维点云融合OBJ格式输出。

1.2.2 室外三维模型生成方法

1.2.2.1 无人机外业航摄

采用大疆 M300 多旋翼无人机挂载一台赛尔 102S 五镜头相机（前视、后视、左视、右视、下视）。航测采用国家 CGCS2000 坐标系。

1)地面分辨率与航飞高度地面分辨率 GSD 采用 2~5 cm/pixel，倾斜摄影采用 1:500 比例尺其飞行高度公式为（公式基于小孔成像原理通过已知的

相机参数和地面采样距离来计算飞行高度）

$$H = \frac{\text{imW} \times \text{GSD} \times \text{Fr}}{\text{Sw} \times 100} \quad (1)$$

其中，Sw 为真实传感器宽度（单位为 mm），Fr 为真实焦距（单位为 mm），H 为飞行高度（单位为 m），imW 为图像宽度（单位为 pixel）。

实际飞行 GSD 采用 2 cm/pixel，使用的相机焦距为 35 mm，真实相机传感器宽度为 23.5 mm，图像宽度为 6 000 pixel，飞行高度计算如下

$$H = \text{imW} \times \text{GSD} \times \text{Fr} / (\text{Sw} \times 100) =$$

$$(6000 \times 2 \times 35) / (23.5 \times 100) = 178.7(\text{m})$$

2)航向重叠度和旁向重叠度在航飞高度和相机参数确定后，按航向重叠度和旁向重叠度不小于 70% 的要求完成无人机倾斜三维建模。航向重叠度和旁向重叠度计算式如下

$$px = px' + (1 - px') \Delta h / H \quad (2)$$

$$py = py' + (1 - py') \Delta h / H \quad (3)$$

其中，px'、py' 为航摄照片的航向和旁向标准重叠度，Δh 为相对于摄影基准面的高差，H 为摄影航高，Δh 和 H 单位都为 m^[9]。

航测原始数据在校园 4 个航飞区块按照设定好的航线完成采集。因地表起伏，采用先进仿地飞行，GSD 为 2 cm，飞行高度为 178.7 m，航向重叠率、旁向重叠率分别为 80%、75%，获得影像信息、POS 数据、高精度网络 RTK 数据等各类原始数据。在确保飞行天气标准及质量前提下，共飞行 12 个架

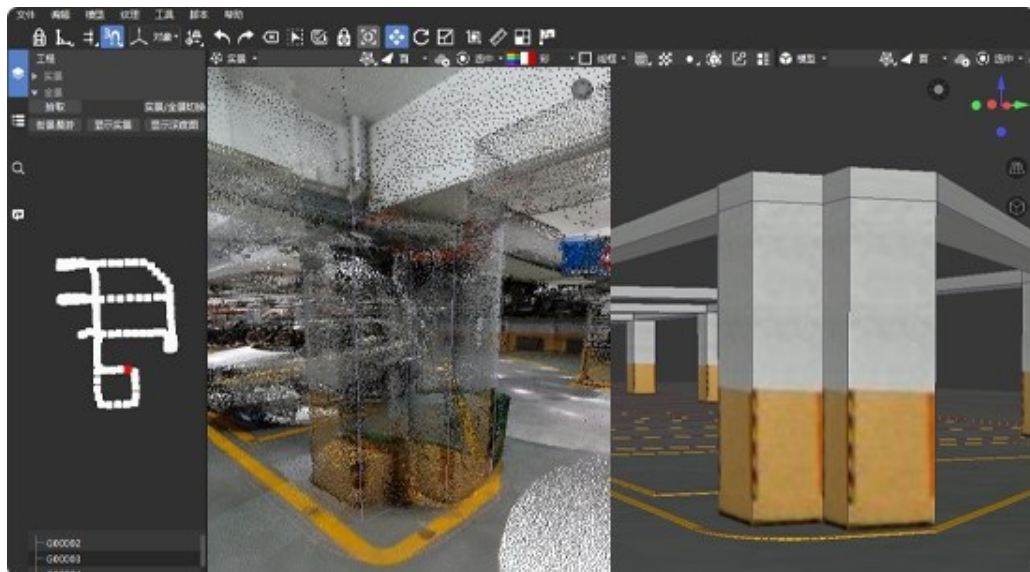


图 4 激光扫描建模及模型单体化

次，获取飞行照片 23 900 张，模型生产 126 块瓦片。每架次飞行结束后，对航片质量进行检查，出现绝对漏洞、相对漏洞及其他严重缺陷时及时补摄或重摄，确保无漏飞、每张照片上无云影及烟雾。

1.2.2.2 倾斜建模影像预处理

对采集到的影像进行预处理，包括去除边框、畸变校正、图像分块等操作，以提高图像质量。对影像进行 POS 导入，确保影像与实际地理位置的对应关系。

1.2.2.3 三维倾斜建模

利用采集的影像数据初步空三计算生成三维点云，并开始图像控制点刺点。为确保生成的模型具有高精度，首先采用千寻 RTK 进行像控点的选择与布设测量。提高测量和建模精度，像控点选在交角良好的细小线状地物交点、明显地物拐角点、原始影像中不大于 3×3 像素的点状地物中心，高程起伏较小、常年相对固定且易于准确定位和量测的地方。采用实地进行选点喷绘像控标

记，统一用红色或白色油漆喷绘长 0.8 m、宽 0.3 m 的“L”形像控点；无法进行喷绘的位置，布设 0.7 m×0.7 m 的标准像控布标志。进行像控点测量时，“L”形像控点标志统一测量外角，标准像控布标志采集标志中心。像控点间距控制在 600~800 m，最大不可超过 1 000 m，且保证最终三维模型空间精度符合要求^[9]。其次，利用像控点再次进行空三计算平差，根据图像控制点及空三计算和倾斜摄影照片自动生成三维模型。最后，对生成的三维倾斜模型进行优化，包括去除噪声、平滑处理、纹理映射等，以提高模型质量，整个建模流程如图 5 所示。

1.2.2.4 倾斜模型后处理

通过 SVSModeler 软件对三维模型进行单体化处理，将每个独立的对象转化为可以被选中的实体，便于后续的数据管理和查询。对模型进行语义提取，识别和分类模型中如建筑物、道路、植被等物体，并进行修饰及减面压缩，进一步提升加载速度。

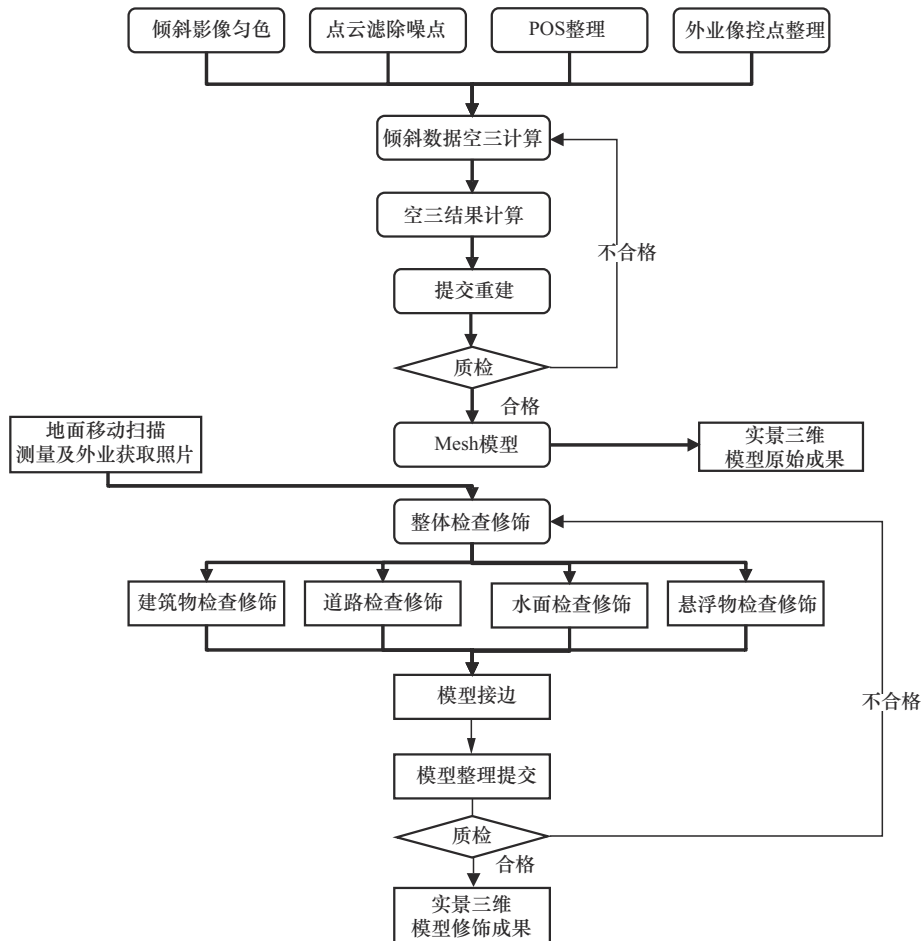


图5 三维倾斜建模处理流程

1.2.3 室内三维模型生成

1.2.3.1 室内空间三维点云数据采集与处理

制定详尽的扫描规划,扫描点位、扫描参数后,采用欧思徕智能 R6 移动式 SLAM 彩色三维激光扫描仪设备获取室内空间的三维点云数据。为确保扫描过程中能够全面覆盖室内空间,盲区最小化,操作中保持扫描仪稳定,避免抖动和碰撞。数据采集后,进行点云去噪、点云滤波、点云配准处理。

1.2.3.2 室内模型构建

首先,从预处理后的点云数据中提取墙面、地面、天花板、家具等物体的关键特征,采用多边形建模和曲面建模的方法构建室内空间的三维几何模型。

其次,利用高清相机拍摄室内空间的纹理照片,确保照片清晰、无畸变,将采集到的纹理照片映射到三维几何模型上,采用展 UV 方式提升贴图效率,提高模型的真实感和视觉效果。

1.2.4 三维模型优化

烘焙材质贴图是一种三维建模优化处理技术,该技术将复杂的渲染效果预先计算并存储为二维图像贴图,以便在实时渲染过程中提高性能和效率。

首先,确保模型已经完成 UV 展开,并且所有模型的 UV 布局保持一致。在引擎中,选择 Cycles 或 V-Ray 渲染引擎,单体化的材质导入 3DMAX 等软件为模型材质优化,并设置所需的属性。

其次,调整烘焙参数并选择法线贴图进行渲染,法线贴图的烘焙过程,可以在实时渲染中极大提升性能和视觉效果^[10]。

最后,将烘焙后的贴图应用到各类模型上,以便在实时渲染中使用。

2 GenAI 风险评估模型

基于生成式人工智能算法构建的风险评估模型是一个面向高校综合服务管理的通用智能模型,是识别、分析和评估学校环境中潜在入侵破防、消防、管漏等安全风险的重要通用工具。本文采用清华大学智谱 AI 公司基于 GLM 预训练框架的双语对话模型,在 ChatGLM4 应用版本下构建 GenAI 风险评估模型,该模型包括数据收集、风险评估工具、风险评估指标、风险数字孪生地图、应急计划、培训和演练等六要素,生成式人工智能算法在其中被

充分使用。

2.1 技术实现基础

生成式人工智能是内容自动化生成技术的集合,即利用机器学习模型实现文本、图像、语音等内容的智能合成,产生新数据^[11]。GenAI 风险评估模型通过大量数据训练,利用生成对抗网络(GAN)和变分自编码器(VAE),来模拟数据的分布,生成出新颖且与训练数据高度相似的输出。

GAN 训练中,生成器不断改进以欺骗判别器,而判别器不断提高识别能力,最终使生成的数据越来越真实。利用 GAN 生成错误或正确的多样化数据,然后通过 LLM 进行文本生成和处理,可以实现更加丰富和多样化的输出。这种结合不仅在学术研究领域具有重要意义,也在实际应用中展现了巨大的潜力,如智能内容创作、数据分析和可视化、自动化工作流程等方面,因为 GenAI 不仅需要具有生成真实数据的能力,也需要具有辨别不可靠数据和逻辑的能力。VAE 通过优化损失函数(包括重建误差和 KL 散度)来训练模型,确保生成的数据既能逼近真实数据,又能保持潜在空间的结构合理性。

这两种训练的结合使用,使 GenAI 风险评估模型得到最好的风险评估方案内容。

该模型通过 springboot 的 Controller 接口进行加工调用,代码节选如下。

```
@RequestMapping(value = "/chat2")
public Object chat2(String prompt) {
    Message userMessage = new UserMessage
(prompt);
    messageList.add(userMessage);
    ChatResponse chatResponse = ollamaChatModel.
call(new Prompt(messageList));
    String content = chatResponse.getResult().get-
Output().getContent();
    return content;
}
```

其中, prompt 为 GenAI 大模型调用代码, ollamaChatModel 为大模型实际服务接口, content 为大模型调用后的返回内容。通过返回内容得到大模型的反馈结果,再进行深度加工,得到使用者需要的信息。

借助该模型,可避免人工监管时对安防、消

防、管道监控画面记录和判断的缺失和错误的情况，在数字孪生管理平台中清晰地展示预测到的设备故障、可疑行为、可疑事件，及时生成风险评估，指导管理人员采取有效可行的处置措施。

2.2 预警算法

2.2.1 火灾风险预警算法

风险评估模型，通过生成式人工智能 GenAI 技术，利用物理碰撞检测，流体力学模型等相关技术实现了快速规划逃生路线以及简单的火灾危害模拟等功能，通过数字孪生技术中的材质一属性，充分利用物理引擎（碰撞检测，流体力学方向）有效地自动规划线路。对于遮挡、破坏、阻碍等情况的出现，运用相应的数学公式计算碰撞与反弹以及流体力学的结果。其中碰撞与反弹计算结果用于对弹性碰撞进行预测与评估，如人与人、人与墙体等环境的碰撞危害；流体力学计算结果用于视频大模型分析的碰撞主体大致质量 m 与视频大模型分析的移动速度 u 形成碰撞的危害评估。

采用高精度传感器并与数字孪生三维模型无缝对接，实现实时数据采集，使用自回归积分滑动平均 (ARIMA) 模型进行时间序列预测，优化火灾检测和风险预警算法，从而提高识别精度和响应速度。

$$\phi(B)(yt - \mu) = \theta(B) \in t \quad (4)$$

其中， $\phi(B)$ 是自回归部分， yt 是在时间点 t 处某个传感器的实际读数， μ 是序列的均值或期望值， $\theta(B)$ 是滑动平均部分， ϕ 是常数项， $\in t$ 是误差项。

在消防管理中，GenAI 通过实时监测和分析温度、烟雾浓度和气体成分等传感器数据，评估火灾风险，并自动生成应急响应方案。同时模拟火灾场景，快速规划实际可执行救援线路，提高应急响应效率。

在消防通道占用监测中，GenAI 风险预测采用基于深度学习的目标检测算法，利用组稀疏和组密集卷积解决大尺度目标检测问题，同时通过轻量级特征融合减少模型复杂度，通过 GSConv 和 Slim-Neck 技术提高目标检测的准确性和速度，从而快速识别消防通道占用情况如图 6 所示。

2.2.2 逃生算法

GenAI 采用 Dijkstra 和 floyd-warshall 两种最短路径算法进行最优逃跑路线评估。

1) Dijkstra 算法

用于计算从起点到所有其他节点的最短路径。

$$d[v] = \min(d[v], d[u] + w(u, v)) \quad (5)$$

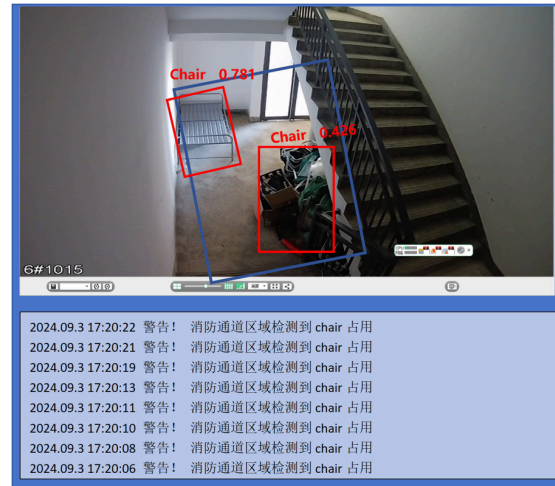


图 6 GenAI 消防通道占用识别

其中， $d[v]$ 为起点到节点 v 的最短路径长度， $w(u, v)$ 为边 (u, v) 的权重。

步骤 1 初始化。设置起点 s 的距离为 0，其他节点的距离为无穷大。

步骤 2 将所有节点标记为未访问，选择距离最小的未访问节点。

步骤 3 更新其相邻节点的距离，记录最短路径。

步骤 4 重复步骤 2 和步骤 3，直到所有节点都被访问。

2) Floyd-Warshall 算法

用于计算所有节点对之间的最短路径，适用于稠密图。

$$d[i][j] = \min(d[i][j], d[i][k] + d[k][j]) \quad (6)$$

其中， $d[i][j]$ 为节点 i 到节点 j 的最短路径长度， k 为所有可能的中间节点。

步骤 1 初始化。设置所有节点对之间的距离为边的权重，如果不存在边则设置为无穷大。

步骤 2 对于每一对节点 (i, j) ，尝试通过中间节点 k 来更新最短路径长度^[12]。

步骤 3 重复上述过程，直到所有中间节点都被考虑。

2.3 模型训练

通过使用各类数据对模型进行训练，GenAI 可以学习如何评估风险。训练过程中，模型会不断调整内部参数，以最小化预测误差。验证过程则是用来评估模型的准确性和泛化能力。

训练示例 1。为了给 GenAI 图像分析增加识别表类数据准确性，本文采用样本式训练模式，录入大

量学校各类表盘样本，通过近摄微型摄像头采集表盘数据，对表盘进行分类打标训练如图 7 和图 8 所示。



图 7 表盘分类打标训练

设备号	所属项目	设备名称	采集方式	照片	识别结果	拍摄时间	次数	校正值	检验结果	检验状态
8647080695	消防设备	学校水表	00019		00019	2024-05-19 10:03:06-1	604	-	0	可导出数据
8647080695	消防设备	学校水表	00019		00019	2024-05-18 10:03:06-1	603	-	0	可导出数据
8647080695	消防设备	学校水表	00018		00018	2024-05-17 10:03:06-1	602	-	0	可导出数据
8647080695	消防设备	学校水表	00015		00015	2024-05-16 10:03:06-1	601	-	0	可导出数据
8647080695	消防设备	学校水表	00014		00014	2024-05-15 10:03:06-1	600	-	0	可导出数据
8647080695	消防设备	学校水表	00010		00010	2024-05-14 10:03:06-1	599	-	0	可导出数据

图 8 GenAI 消防能耗表盘识别训练

训练示例 2。为了给 GenAI 视频分析增强识别准确性，本文采用网格化训练模式，对每个网格应用图像分类和定位处理，获得预测对象的边界框及其对应的类概率。优先给图片分成 3×3 的网格，如图 9 所示。



图 9 AI 视频分析训练网格图(总图)

首先需要将标记数据传递给模型以进行训练。假设已将图像划分为大小为 3×3 的网格，且总共有 3 个类别，分别是人 (c₁)、边界 (c₂) 和其他 (c₃)。对于每个单元格，标签 y 是一个 8 维向量

$$y = \begin{pmatrix} pc \\ bx \\ by \\ bh \\ bw \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} \quad (7)$$

其中，pc 定义对象是否存在于网格中 (存在的概率); bx、by、bh、bw 指定边界框; c₁、c₂、c₃ 代表类别。

如果检测对象是翻墙的人，则 c₁ 处的值将为 1，c₂ 和 c₃ 处的值将为 0。

从上面的例子中选择一个无人的网格，如图 10 所示。

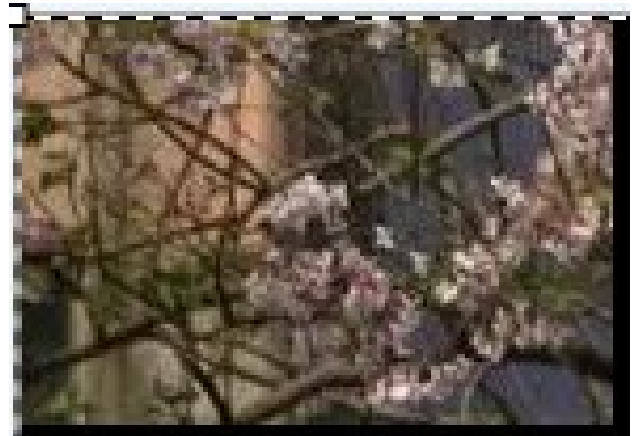


图 10 AI 视频分析训练网格图(分图)

由于此网格中没有对象，因此 pc 将为 0，此网格的 y 标签将为? 意味着其他值是什么并不重要，因为网格中没有对象。

$$y = \begin{pmatrix} 0 \\ ? \\ ? \\ ? \\ ? \\ ? \\ ? \\ ? \end{pmatrix} \quad (8)$$

从上面的例子中选择一个有翻墙行为的网格，如图 11 所示。



图 11 AI 视频分析训练分网格图(分图)

在为此网格编写 y 标签之前，首先要了解如何确定网格中是否存在实际对象。大图中有3个人，因此将取这2个物体的中心点，物体将被分配到包含这些物体中心的网格中。中心点左侧网格的 y 标签如下

$$y = \begin{cases} 1 \\ bx \\ by \\ bh \\ bw \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{cases} \quad (9)$$

由于此网格中存在对象，因此 $pc=1$ ， bx 、 by 、 bh 、 bw 将相对于正在处理的特定网格单元计算。由于检测出的对象是人，因此 $c_1=1$ ， c_2 和 c_3 均为0。

使用上面的例子，由于9个网格中的每一个单元格都具有8维输出向量，因此最终的输出形状为 $3 \times 3 \times 8$ （输入图像为 $100 \times 100 \times 3$ ），GenAI模型按如下方式进行训练如图12所示。

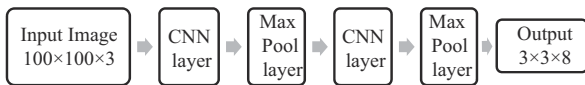


图 12 神经网络识别流程

3 实验结果

3.1 风险预警及时有效

在为期30天的风险预警实验中，测试人员进行的5次翻越行为、5次越权闯入（出）行为均被成功监测和预警；消防设备及环境监控异常12次，消防通道占用11次，管道泄漏2次，GenAI风险评估模型也对该类可疑行为（环境）的发展趋势进行了及时的风险预警如图13~图16所示。通过学校人

事、学生管理、教务、后勤服务部门及时核实所涉师生在岗在校状态、设备及环境损坏情况，会同保卫部门及时有效地防范了高风险事件的发生。



图 13 云南艺术学院安防监控



图 14 云南艺术学院消防设备风险预警

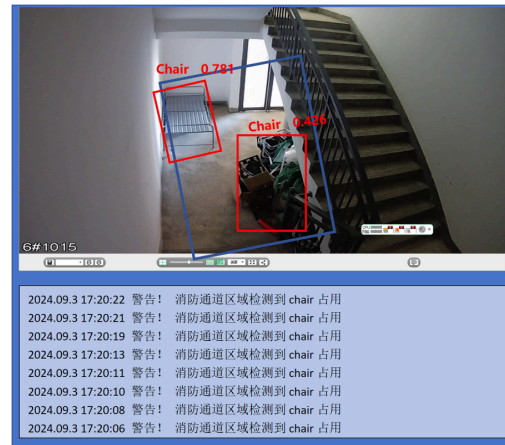


图 15 GenAI 消防通道占用告警记录截图

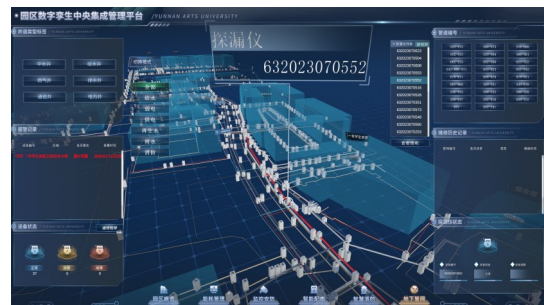


图 16 云南艺术学院地下管网漏水风险预警

3.2 管理智能高效

GenAI把从智能电表、水表和其他传感器收集到的实时水电能数据进行分析,识别出用电、用水模式、峰值用电用水时段和异常用电用水行为;在负荷预测中基于历史用电用水数据和天气等外部因素,预测未来的电力水力需求,避免峰值负荷带来的电力水力不足或资源浪费。同时生成针对不同用电场景的智能调整建议,通过分析水流量数据和压

力数据,检测潜在的漏水问题,实时警报漏水情况,高效地管控了校园水电能耗。

对比2023年同期水电使用量,通过GenAI风险评估进行的智能水电控制,2024年同期全校水电能耗均有改善,如表1、图17所示。

在长达一年多的测试中,发现GenAI图像识别如图18~图20所示,对校园270个总电表和15个总水表仪器图像识别极其准确,抄表时间由原来一人2

表1 同期水电能耗对比

Approachs	3月		4月		5月		6月	
	用水量/m ³	用水量/kW·h	用水量/m ³	用水量/kW·h	用水量/m ³	用水量/kW·h	用水量/m ³	用水量/kW·h
2023年(人工)	1290	480	1304	520	1101	420	1200	465
2024年(GenAI)	1109	410	1190	435	1009	393	1134	419



图17 校园能耗监控图



图18 云南艺术学院井口

操作	设备号	所属项目	设备名称	安装位置	最新照片	最新读数	转发策略	状态	电压	信号	软件版本	抄表时间
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069575515	煤气站数采项目	学校水表	学校水表		00020	全部转发	0	3.65	31	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069634478	图片预览		房內		000213	全部转发	0	3.61	26	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069637224					00691	全部转发	0	3.61	24	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069628835					00003	全部转发	0	3.64	31	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069636317					0759.5	全部转发	0	3.62	18	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069569484					00012	全部转发	0	3.67	31	v2.6	2024-07-08 10:00
[编辑] [状态] [记录] [删除]	864708069569898					00001	全部转发	0	3.65	19	v2.6	2024-07-08 10:00

图 19 水表表盘 GenAI 识别采集实验数据

864708069637398 设备号 电表 所属项目	KC4GG018 设备名称 - 安装位置
2024-09-05 12:46:06 抄表时间 可靠数据 可信度	4402.9 识别结果 定时 唤醒方式
2024-09-04 12:46:06 抄表时间 可靠数据 可信度	4399.0 识别结果 定时 唤醒方式
2024-09-03 12:46:05 抄表时间 可靠数据 可信度	4395.8 识别结果 定时 唤醒方式
2024-09-02 12:46:05 抄表时间 可靠数据 可信度	4393.0 识别结果 定时 唤醒方式
2024-09-01 12:46:00 抄表时间 可靠数据 可信度	4390.6 识别结果 定时 唤醒方式

图 20 电表表盘 GenAI 识别采集实验数据

天降低到实时，大大降低了人工抄表的误差及工时，管道维修由多次探漏维修提升为精准漏点维修。

此外，学校消防部门通过GenAI可疑行为和火灾预警提示，研判了异常行为和火灾发生的概率和可能的影响范围，为每个月、每个季度、每个学期制定了合理的预防措施和应急预案。同时在虚拟环境中模拟的火灾紧急情况，对师生进行消防演练和培训，通过模拟演练不仅提高了师生的应急反应能力，还帮助师生熟悉逃生路线和消防设备的使用方法。

经管理人员综合判断 GenAI 风险评估提供的防范方案后再执行风险防范预案建议的管控措施，直接提升了风险防范和处置的效率，学校安防、消防的管理更具预见性和可控性。

4 结束语

本研究起源于对数字孪生和生成式人工智能技术与高校管理体系融合的探索与追求。在数字孪生模型和 GenAI 风险评估模型的设计和实验中，通过分析数字孪生、生成式人工智能技术的核心理念和特点，探讨了其在高校管理体系中潜在的应用价值。综合服务数字孪生管理平台作为我校数字化转型建设的重要组成部分，已展现出一定的潜力和价值。实验成果表明，数字孪生和生成式人工智能的有效融合应用，是高校实现综合服务管理提质增效的有效途径，可以为智慧校园的建设提供参考。研究人员可以进一步探索这些模型在学校不同应用场

景中的适用性和效果,不断优化和提升数字孪生模型的性能,为高校各方面管理提供更加科学和高效的解决方案,推动高校数字化转型能力的创新与发展。

参考文献:

- [1] 中国教育科学院. 中国智慧教育发展报告(2022)[M]. 北京:教育科学出版社, 2023.
- [2] 李明. 数字孪生技术及其应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2022.
- [3] 张一春, 钟秋菊, 任屹远. 高校教学信息化创新发展的核心内容与实践进阶: 基于教育数字化转型的 TASH 视角[J]. 电化教育研究, 2024, 45(2): 71-76, 83.
ZHANG Y C, ZHONG Q J, REN Y Y. The core content and practical approach of innovative development of teaching informatization in universities—based on TASH perspective of digital transformation of education[J]. e-Education research, 2024, 45(2): 71-76, 83.
- [4] 国家网信办, 国家发展改革委, 教育部, 等. 生成式人工智能服务管理暂行办法[EB/OL]. (2023-07-10)[2024-10-22]
- [5] 苏奎峰. 数字孪生与生成式 AI 融合加速认知孪生化[EB/OL] (2023-10-31)[2024-10-22]
- [6] 李云城, 程子桢. 基于无人机贴近摄影测量的高精度三维实景建模[EB/OL]. (2024-07-11)[2024-10-22]
- [7] 康传利, 姚连璧. 基于最小截取二乘法的道路线形识别算法[J]. 计算机应用, 2007, 27(6): 1488-1489, 1492.
KANG C L, YAO L B. Line type identification method based on least trimmed squares[J]. Journal of Computer Applications, 2007, 27(6): 1488-1489, 1492.
- [8] 曹明伟, 李书杰, 李尚林, 等. 面向大规模三维重建的快速鲁棒集束调整算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(7): 1303-1313.
CAO M W, LI S J, LI S L, et al. Large scale 3D reconstruction-oriented fast and robust bundle adjustment algorithm[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017, 29(7): 1303-1313.
- [9] 王明爽, 卢廷军. 面向智慧城市的数字孪生实景三维建模方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47(8): 89-92, 96.
WANG M S, LU T J. Research on realistic 3D modelling method of digital twin oriented smart city construction[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2024, 47(8): 89-92, 96.
- [10] MICHAEL B. Baking normal maps for real-time rendering[R]. 2008.
- [11] 李白杨, 白云, 詹希旎, 等. 人工智能生成内容(AIGC)的技术特征与形态演进[J]. 图书情报知识, 2023, 40(1): 66-74.
LI B Y, BAI Y, ZHAN X N, et al. The technical features and aromorphosis of artificial intelligence generated content(AIGC)[J]. Documentation, Information & Knowledge, 2023, 40(1): 66-74.
- [12] 彭瑶. 轻量化安全可靠控制策略设计[D]. 西安: 西安电子科技大学,

2022.

PENG Y. Design of lightweight, safe and reliable control strategy[D]. Xi'an: Xidian University, 2022.

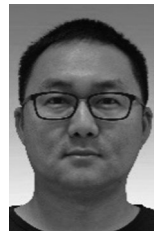
[作者简介]



张国营(1973-), 男, 河南平顶山人, 云南艺术学院副研究员, 主要研究方向为信息技术、计算机应用、互联网安全及应用、物联网、数据安全、人工智能。



吕绍娴(1979-), 女, 上海人, 云南艺术学院讲师, 主要研究方向为高等教育管理、数据治理、互联网软件应用。



段金龙(1979-), 男, 云南大理人, 云南艺术学院工程师, 主要研究方向为计算机应用、网络与信息安全。



查彬(1977-), 男, 云南昆明人, 云南艺术学院助教, 主要研究方向为高校学生管理、信息安全。



黄鑫陈(1994-), 男, 云南大理人, 云南艺术学院助理研究员, 主要研究方向为电子与通信工程、人工智能。