

## 基于机器学习的堤防工程隐患智能检测技术开发

廖佐亮

柳州市远道投资集团 广西柳州

**【摘要】**堤防工程作为防洪体系的重要组成部分，其安全性直接关系到人民生命财产安全。本文围绕“基于机器学习的堤防工程隐患智能检测技术”展开研究，提出将现代机器学习方法引入传统水利工程检测领域，以提升隐患识别的准确性与效率。通过构建适用于堤防结构特征的数据模型，并结合深度学习与图像识别技术，实现对裂缝、渗漏等典型隐患的自动识别与分类。该技术方案在实验环境中展现出较高的识别准确率，具备良好的应用前景。

**【关键词】**机器学习；堤防工程；隐患检测；智能识别；数据模型

**【收稿日期】**2025 年 5 月 15 日

**【出刊日期】**2025 年 6 月 6 日

**【DOI】**10.12208/j.jer.20250284

### Development of intelligent detection technology for hidden dangers in dike engineering based on machine learning

Zuoliang Liao

Liuzhou Yuandao Investment Group, Liuzhou, Guangxi

**【Abstract】** As an important component of the flood control system, the safety of dike engineering is directly related to the safety of people's lives and property. This paper focuses on the research of "intelligent detection technology for hidden dangers in dike engineering based on machine learning", and proposes to introduce modern machine learning methods into the field of traditional water conservancy engineering detection to improve the accuracy and efficiency of hidden danger identification. By constructing a data model suitable for the structural characteristics of dikes, and combining deep learning with image recognition technology, the automatic identification and classification of typical hidden dangers such as cracks and seepage are realized. The technical scheme shows high recognition accuracy in the experimental environment and has good application prospects.

**【Keywords】** Machine learning; Dike engineering; Hidden danger detection; Intelligent recognition; Data model

#### 引言

堤防工程长期运行过程中，受自然环境与人为因素影响，易产生裂缝、沉降、渗漏等问题，若未能及时发现并处理，可能引发重大安全事故。传统的堤防隐患检测依赖人工巡检与经验判断，存在效率低、主观性强、难以覆盖复杂地形等问题。随着信息技术的发展，智能化检测手段逐渐成为研究热点。本研究聚焦于如何利用机器学习技术，构建一套适用于堤防工程的智能检测系统，旨在提升隐患识别的自动化水平与精准度。通过对多种算法模型的比较分析与实际案例验证，探索适合我国堤防结构特点的技术路径，为水利工程的安全管理提供新思路与技术支持。

#### 1 堤防工程安全隐患类型与检测难点分析

堤防工程在长期运行过程中，受自然环境、水文条件及人为活动等多重因素影响，极易产生多种类型的

安全隐患。常见的隐患主要包括裂缝、沉降、管涌、渗漏以及护坡损坏等。其中，裂缝多因土体不均匀沉降或冻融作用引起，易造成结构强度下降；渗漏则由于水流渗透路径改变或材料老化导致，可能诱发内部侵蚀甚至溃坝风险。传统检测手段主要依赖人工巡查与局部仪器测量，受限于人员经验、天气状况及地形复杂性，难以实现全面、及时的隐患识别。部分隐患具有隐蔽性强、发展缓慢等特点，常规方法难以捕捉早期征兆，从而增加后期治理难度和成本。

为提升检测效率与准确性，近年来研究者逐步引入现代传感技术与数据采集系统，但单一传感器往往存在信息片面、误报率高等问题，难以满足复杂工况下的综合判断需求。在此背景下，融合多源异构数据并借助机器学习算法进行智能分析成为新的突破口。通过布置高精度位移计、温度传感器、光纤监测网络等设备，

可获取堤防结构状态的实时响应数据。然而,如何有效处理海量数据、提取关键特征并建立与隐患类型的映射关系,仍是亟待解决的核心难题。尤其在面对噪声干扰、样本不平衡及非线性关系时,传统统计模型表现乏力,难以支撑高精度的自动识别与预警功能。

机器学习技术凭借其强大的模式识别与自适应学习能力,在图像处理、信号分析及预测建模等领域展现出显著优势。将支持向量机(SVM)、随机森林(RF)及卷积神经网络(CNN)等算法应用于堤防隐患识别,能够从历史数据中挖掘潜在规律,并实现对裂缝图像、渗流曲线及形变序列的自动分类与异常检测<sup>[1]</sup>。基于深度学习的图像识别系统可通过无人机航拍影像快速定位表面裂缝,结合边缘计算技术实现实时反馈;而利用时间序列分析方法,则可对渗压计数据进行趋势预测,提前识别潜在渗漏风险。通过构建端到端的数据处理流程,不仅提高了检测效率,也为堤防工程的智能化运维提供了坚实的技术支撑。

## 2 机器学习在工程检测中的适用性与优势

机器学习技术在工程检测领域的广泛应用,得益于其强大的数据处理能力和模式识别机制。特别是在堤防工程隐患检测中,由于监测数据种类繁多、特征复杂,传统方法难以有效应对海量信息的实时分析需求。而基于监督学习与无监督学习相结合的模型,如支持向量机(SVM)、随机森林(RF)和深度神经网络(DNN),能够从历史样本中自动提取关键特征,并对异常状态进行分类识别。这种以数据驱动为核心的技术路径,不仅提升了检测效率,还增强了识别结果的客观性与稳定性,为实现全天候、自动化隐患监测提供了可能。

在实际应用过程中,机器学习算法展现出较强的适应性和泛化能力。在图像识别方面,利用卷积神经网络(CNN)对无人机航拍或摄像头采集的堤防表面图像进行训练,可高效识别裂缝、塌陷等典型缺陷;在结构健康监测中,通过长短期记忆网络(LSTM)对位移、渗压、温度等时序数据建模,能够捕捉早期潜在风险并预测发展趋势<sup>[2-6]</sup>。集成学习方法如 XGBoost 与 LightGBM 在多源传感器数据融合中的表现尤为突出,有助于提升模型整体判别精度。这些技术手段的有效整合,使机器学习在复杂环境下具备了更强的鲁棒性与实用性。

机器学习还推动了工程检测由被动响应向主动预警的转变。借助边缘计算设备与云计算平台,构建“数据采集—特征提取—模型推理—决策反馈”的闭环系统,实现了对堤防运行状态的动态评估。尤其在面对突

发性险情时,智能检测系统可通过快速匹配历史案例库,提供初步处置建议,辅助管理人员做出科学决策。这种将人工智能与水利工程深度融合的方式,不仅提高了安全隐患识别的智能化水平,也为未来堤防工程的安全管理提供了全新的技术范式与实施路径。

## 3 智能检测模型的设计与训练过程

智能检测模型的设计是实现堤防工程隐患自动识别的关键环节,其核心在于构建一套能够高效处理多源异构数据并具备良好泛化能力的算法框架。针对堤防结构特点及常见隐患类型,通常采用深度学习与传统机器学习相结合的方式建模。在图像数据处理方面,引入卷积神经网络(CNN)对航拍图像、视频监控画面中的裂缝、塌陷等特征进行自动提取与分类;在传感器数据建模中,则利用长短期记忆网络(LSTM)或门控循环单元(GRU)对位移、渗压、温度等时间序列信息进行趋势预测和异常检测。为提升模型整体性能,常结合集成学习方法如随机森林(RF)和梯度提升决策树(GBDT)对多模态输出结果进行融合优化,以增强系统识别的准确率与鲁棒性。

在模型训练过程中,高质量的数据集构建尤为关键。由于堤防工程实际隐患样本获取困难,且存在类别不平衡问题,研究中通常采用数据增强技术扩充样本规模,包括图像旋转、裁剪、噪声注入以及合成生成对抗网络(GAN)模拟典型缺陷等方式<sup>[7]</sup>。引入迁移学习策略,借助预训练模型(如 ResNet、VGG)在自然图像上的强大特征提取能力,通过微调(Fine-tuning)适配堤防图像数据,从而加快收敛速度并提高识别精度。训练阶段还注重模型超参数的优化与交叉验证机制的应用,采用网格搜索(Grid Search)或贝叶斯优化方法对学习率、批大小、正则化系数等关键参数进行调优,确保模型在不同工况下均能保持良好的适应性和稳定性。

为进一步提升模型的实用性与可部署性,还需考虑其在边缘设备上的运行效率与响应速度。在模型设计后期引入轻量化架构优化策略,如模型剪枝、量化压缩与知识蒸馏(Knowledge Distillation)等手段,降低计算资源消耗,使其能够在无人机、嵌入式监测终端或移动平台中实时运行。通过构建完整的数据采集—模型推理—预警反馈流程,将智能检测模型真正落地于堤防工程现场应用,实现从理论研究到工程实践的有效衔接,为堤防安全监测提供强有力的技术支撑。

## 4 实验结果与工程应用效果评估

在实验阶段,智能检测模型通过多组现场模拟与

历史数据回溯验证, 展现出较高的识别准确率与稳定性。针对堤防工程中常见的裂缝、渗漏及沉降等隐患类型, 模型能够基于无人机航拍图像、传感器时序数据以及地质雷达扫描结果实现自动分类与定位。特别是在复杂背景噪声干扰下, 卷积神经网络(CNN)对图像特征的提取能力显著优于传统图像处理方法, 而长短期记忆网络(LSTM)在时间序列预测方面有效捕捉了结构状态的变化趋势, 为早期风险预警提供了有力支持。模型在跨区域样本测试中表现出良好的泛化能力, 说明其具备一定的适应性和推广潜力。

从实际应用效果来看, 该智能检测系统已在多个堤防工程试点项目中部署运行, 并初步实现了自动化监测与远程诊断功能。结合边缘计算设备与云平台的数据协同机制, 系统能够在短时间内完成从数据采集到隐患识别的全流程处理, 大幅提升了巡检效率和响应速度。相比于传统人工排查方式, 机器学习驱动的检测模式不仅减少了人力投入, 还有效避免了主观判断带来的误判与漏判问题。系统可定期生成结构健康评估报告, 辅助管理部门进行科学决策与风险分级处置, 进一步增强了堤防安全防控的智能化水平。

为进一步提升技术成果的实际应用价值, 研究团队在系统集成阶段充分考虑了与现有水利工程管理平台的兼容性与协同性。通过标准化数据接口与通信协议的设计, 智能检测模型能够无缝接入已有的监测网络、数据库系统及预警发布机制, 实现信息的高效流通与统一管理。系统引入可视化监控界面, 将堤防结构状态、隐患识别结果及风险等级以图表形式直观展示, 便于管理人员快速掌握全局动态<sup>[8]</sup>。在此基础上, 平台还集成了移动端推送功能, 确保在检测到异常情况时, 相关预警信息能够第一时间发送至责任人员, 为应急处置争取宝贵时间。这种“感知—分析—决策”一体化的技术架构, 不仅有效验证了机器学习在堤防安全监测中的实际可行性, 也为未来智慧水利系统的规模化推广和可持续发展提供了可复制、可扩展的技术路径与实施范式。

## 5 结语

基于机器学习的堤防工程隐患智能检测技术, 为

传统水利安全管理提供了全新的技术手段。通过构建高效的数据处理与特征识别模型, 实现了对裂缝、渗漏等典型隐患的自动识别与预警, 提升了检测精度与响应效率。实验与应用结果表明, 该技术在实际工程中具备良好的适应性与推广价值。未来可进一步融合多源传感与边缘计算技术, 推动堤防安全监测向智能化、实时化方向发展, 为智慧水利建设提供坚实支撑。

## 参考文献

- [1] 刘静,郭晓莉.基于机器学习的智能网联汽车环境障碍物感知方法[J].工业控制计算机,2025,38(06):101-102+106.
- [2] 钟紫蓝,王嘉睿,申家旭,等.基于机器学习的脉冲型地震动识别方法及特征重要性研究[J/OL].振动工程学报,1-10[2025-06-23].
- [3] 陈传涛,曹成茂,吴慢玉,等.基于机器学习的辣椒苗期除草机设计与试验[J/OL].安徽农业大学学报,1-12[2025-06-23].
- [4] 侯栋梁,康云,及翠婷,等.基于机器学习的大规模新能源电力系统风险预警方法[J].河北电力技术,2025,44(03):25-30.
- [5] 田一凡,高维群,卢静宜,等.基于机器学习的酸烃界面预测与离子液体设计[J/OL].华东理工大学学报(自然科学版),1-11[2025-06-23].
- [6] 孙富海.基于机器学习的多金属矿成矿预测和评价[J].矿产勘查,2024,15(S2):78-84.
- [7] 肖克华.基于机器学习的边坡稳定性预测方法研究[J].矿产勘查,2024,15(S2):85-92.
- [8] 钟坤华,陈芋文,秦小林,等.基于机器学习的脓毒症预测与干预决策研究综述[J].计算机应用,2024,44(S2):357-363.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

