

# 生产建设项目水土保持监测智能化管理 实施系统设计

赵元凌, 崔 豪, 蔡道明

长江水利委员会长江科学院, 水土保持研究所, 湖北 武汉

收稿日期: 2023年11月15日; 录用日期: 2023年12月14日; 发布日期: 2023年12月21日

## 摘 要

随着生产建设项目水土保持监管力度的增加, 对水土保持监测工作提出了更高要求, 高效、智能化的水土保持监测系统需求日益增长。本文研究设计了生产建设项目水土保持监测智能化管理实施系统, 旨在提高监测过程的自动化和智能化水平。该系统基于微服务架构, 确保了高度的可扩展性和灵活性, 并简化了维护和升级过程。通过集成长短期记忆网络(LSTM)和支持向量机(SVM), 系统能够自动化地处理和分析时序数据, 有效进行监测区域的风险分类, 从而显著提高数据处理的准确性和决策支持的效率。用户界面设计了交互式数据可视化工具和个性化仪表盘, 大幅提升了用户体验。本系统的研发不仅为生产建设项目水土保持监测提供了一种智能化解决方案, 也为其他环境监测领域的智能化管理实践提供了参考。

## 关键词

生产建设项目, 水土保持, 智能化管理, 系统设计

# Design of an Intelligent Management Implementation System for Soil and Water Conservation Monitoring in Production and Construction Projects

Yuanling Zhao, Hao Cui, Daoming Cai

Department of Soil and Water Conservation, Changjiang River Scientific Research Institute, Wuhan Hubei

Received: Nov. 15<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 14<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 21<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

With the increasing supervision of soil and water conservation in production and construction projects, higher requirements have been put forward for soil and water conservation monitoring work, and the demand for efficient and intelligent soil and water conservation monitoring systems is growing day by day. This article studies and designs an intelligent management implementation system for soil and water conservation monitoring in production and construction projects, aiming to improve the automation and intelligence level of the monitoring process. The system is based on a microservices architecture, ensuring high scalability and flexibility, and simplifying maintenance and upgrade processes. By integrating Long Short-Term Memory Networks (LSTM) and Support Vector Machines (SVM), the system can automatically process and analyze temporal data, effectively classify risks in monitoring areas, and significantly improve the accuracy of data processing and the efficiency of decision support. The user interface has been designed with interactive data visualization tools and personalized dashboards, greatly improving the user experience. The development of this system not only provides an intelligent solution for soil and water conservation monitoring in production and construction projects, but also provides a reference for intelligent management practices in other environmental monitoring fields.

## Keywords

Production and Construction Projects, Soil and Water Conservation, Intelligent Management, System Design

Copyright © 2023 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

水土保持工作对于生产建设项目至关重要，能够有效减轻因建设活动引起的土地退化、水质污染和生态破坏等问题。传统的水土保持监测方法依赖大量的手工操作和现场工作，这不仅耗时耗力，而且在数据处理和更新方面存在显著的滞后性。为实现水土保持的高质量发展，生产建设项目的水土保持监测和信息化工作必须得到加强[1]。

随着信息技术的快速发展，尤其是智能化技术的应用，为传统水土保持监测带来了创新的可能性。陈沐晨[2]的研究展示了基于 B/S 架构的水土保持信息管理系统在提高动态化、集成化监测方面的优势。刘恋等[3]在江苏省实施的水土保持监测系统证明了信息化在提升监测和管理效率方面的重要作用。在技术实施层面，王少军等[4]通过对在线监测系统的应用试验，验证了其在提高土壤侵蚀监测精度方面的有效性。

在智能化管理的实践中，张媵等[5]所构建的监测与管理信息系统则显著提升了数据处理的高效性，罗义凯等[6]基于 NB-IoT 技术设计的水土保持监测系统，其低功耗和高实时性的特点，为水土流失监测提供了新的技术方案。雷磊等[7]开发的基于有人透传云平台的监测管理系统，进一步强调了数据实时性和可查性在水土保持监测中的重要性。

生产建设项目的工程环境多变，水土保持监测需求复杂，监测过程中有大量数据需要实时处理，本文提出设计的生产建设项目水土保持监测智能化管理实施系统，以微服务架构为基础，融合机器学习、

自动化数据处理和决策支持，以实现监测数据的有效收集、处理和智能分析。系统旨在解决现有监测方法的局限性，提高水土保持监测的智能化水平，为生态保护和可持续发展做出贡献。

## 2. 系统设计

### 2.1. 系统架构

系统采取模块化设计理念，整合多源数据处理、智能分析、决策支持，以及用户交互等功能，确保系统的高度集成性和灵活性，同时满足生产建设项目水土保持监测的全面需求。系统的总体架构，如图 1 所示，分为五个主要层次：数据层、处理层、应用层、表示层和基础设施层。数据层负责收集和存储来自现场监测设备、遥感技术和其他相关数据源的原始数据。处理层使用先进的数据处理算法，包括数据清洗、整合和分析，以提供准确的监测信息。应用层包括各种功能模块，如项目信息管理、文件资料管理、监测数据管理等。表示层则是用户界面，它向用户提供直观的数据可视化、监测结果和操作界面。基础设施层包含服务器、存储设备和网络设备，是整个系统的硬件支持和安全保障的基础。

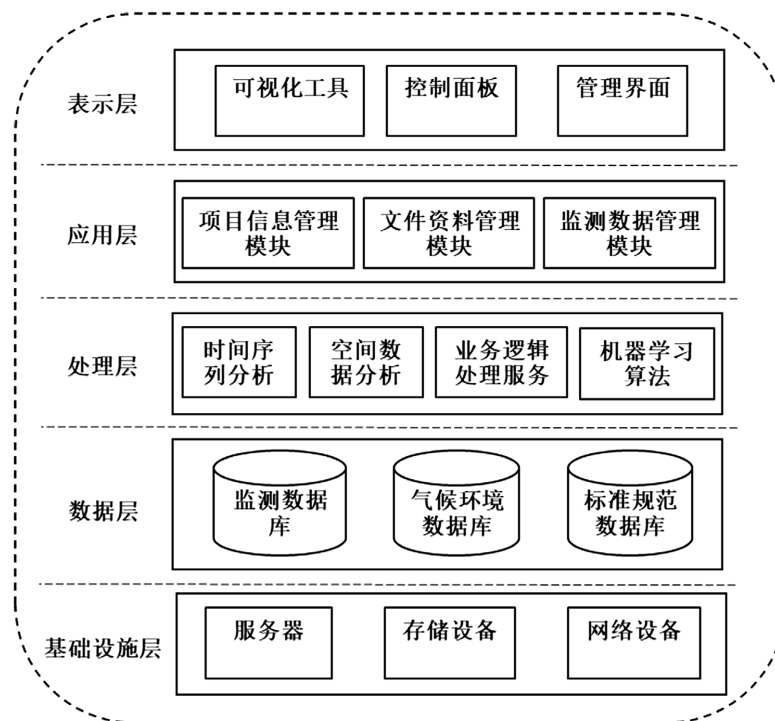


Figure 1. System architecture  
图 1. 系统架构

### 2.2. 项目信息管理模块

项目信息管理模块是水土保持监测智能化管理实施系统的核心组成部分，提供了全面的信息集成和管理平台，确保所有相关的项目数据都能被有效地存储、更新和检索。系统设计了一套全面的数据模型，采用关系数据库管理系统(RDBMS)作为基础，整合项目的基本信息、设计参数、监测进度以及施工情况，保证数据的一致性和完整性。为了应对建设项目中频繁变化的数据需求，系统采用动态数据管理策略，允许项目管理者实时更新项目信息，包括施工进度、监测结果等，同时能够自动记录每次更新的时间戳和更改详情，以便于后续的审计和回溯。项目信息管理模块用户界面设计遵循清晰的逻辑结构，允许用

户通过搜索和过滤功能快速检索所需信息。信息安全是本模块设计的另一个关键方面。系统实施了多层次的安全协议，包括数据加密、访问控制和用户认证机制。权限管理功能确保只有授权的用户才能访问敏感的项目信息，以此来保护数据不被未经授权的访问和修改。此外，项目信息管理模块还集成了报告和文档生成工具。这些工具可以根据预设的模板自动汇编项目数据，快速生成项目状态报告、监测报告和其他相关文档。

### 2.3. 文件资料管理模块

文件资料管理模块是系统的枢纽，负责收集、整理、存储和检索所有与项目相关的文档资料。该模块构建了结构化和安全的环境，以确保项目文档的完整性和可追溯性。模块采用电子文档管理系统(EDMS)框架，允许用户根据文档的类型、来源或内容进行分类。例如，合同文档、设计方案、监测报告和验收记录可以被分别归档到预定的类别中。针对项目资料的动态特性，本模块可实现文档版本控制和变更历史记录功能。每一份文档的修改和更新都会被系统记录并生成版本历史，有助于追踪文档的演变过程。所有文件资料都存储在经过加密的安全数据库中，数据库支持高速检索功能。用户可以通过关键字、文档日期、作者或其他元数据来检索文件。系统还支持复杂查询，如跨类别或关联文档的搜索，以使用户能够迅速找到所需资料。模块将建立精细的权限控制机制，确保只有授权用户才能访问特定的文件资料。此模块还提供自动化的文档处理功能，包括文档的扫描、识别和自动归档。利用光学字符识别(OCR)技术，系统能够将纸质文档转换为电子格式，并自动提取关键信息进行分类存储。此外，模块还支持批量处理功能，提高文档电子化过程的效率。

### 2.4. 监测数据管理模块

监测数据管理模块是系统的核心，用于收集、处理、存储和分析来自各种监测工作的数据，为项目管理者提供准确的数据支持，以作出科学的管理决策。监测数据管理的首要任务是确保数据的全面收集与准确性。该模块通过集成自动化监测工具和传感器，实现对项目现场的实时监控，如土壤湿度、降雨量和侵蚀率等关键指标的自动记录。同时，系统支持手动输入监测数据，确保了那些无法自动化收集的数据也得到记录。所有收集到的数据都按照统一的标准进行格式化，以确保数据在后续的处理和分析中的一致性。数据处理流程中，本模块应用了一系列数据清洗和质量控制算法，以识别并纠正数据中的错误或异常值。系统采用先进的数据库管理系统存储监测数据，保证了数据的安全性和可恢复性。数据库设计反映了监测数据的多维性，支持时序数据和空间数据的有效管理。此外，系统实现了数据备份和恢复机制，确保在任何情况下数据的完整性不受损失。

模块的另一个重要功能是数据分析和信息提取。该模块集成了统计分析工具和模型，如回归分析、趋势预测和模式识别，支持对数据进行深入分析，识别潜在的风险和问题。此外，通过应用机器学习算法，系统能够从数据中学习并预测水土保持的效果和土地退化的趋势。本模块提供了一个友好的用户交互界面，使用户能够轻松访问和分析监测数据。用户可通过该界面进行数据查询、生成图表和报告，以及调整监测参数。数据可视化工具将复杂的数据转化为易于理解的图形，帮助用户快速把握监测数据的含义和趋势。

## 3. 技术实现

### 3.1. 软件架构

系统采用微服务架构，以支持高度模块化和可扩展性的需求。在这种架构下，系统被划分为多个服务单元，每个单元负责一组特定的功能。这些微服务通过定义良好的API(应用程序编程接口)进行通信，

保证了系统组件之间的独立性和松耦合性。这种架构支持在不影响系统整体性能的情况下，可以独立开发、测试和部署各个服务单元。

### 3.2. 编程语言和框架

系统后端开发主要采用 Java 编程语言，因为该语言具有跨平台性、稳定性以及广泛的社区支持。同时，Java 的强大生态系统提供了多种框架和库，如 Spring Boot，可以用于简化企业级应用的开发和维护。对于数据处理和机器学习功能，选择使用 Python 语言进行，因其在科学计算和人工智能领域有广泛应用和丰富的库支持。

### 3.3. 数据库管理系统

在 DBMS 的选择上，系统结合了关系数据库和非关系数据库的优点，采用了 PostgreSQL 作为主要的关系数据库系统，支持复杂的查询和事务管理，以及 PostGIS 扩展，用于高效的地理空间数据处理。为了处理非结构化数据和提供更灵活的数据存储方案，采用了 MongoDB，一个高性能的 NoSQL 数据库。

### 3.4. 前端用户界面设计

前端用户界面采用 Web 开发技术，如 React 框架，可以提供响应式和交互式的用户体验。为了实现数据的直观展示，集成 D3.js 等 JavaScript 库，用于生成动态和交互式的数据可视化，允许用户通过拖动、缩放来查看不同时间尺度的水土流失趋势。此外，系统界面设计遵循了用户中心设计原则，提供个性化仪表盘功能，用户可以根据自己的需求定制监测指标展示，如选择特定区域的水土流失数据或定期监测报告，确保了界面的直观性和易用性。

### 3.5. 系统安全性

在技术实现的过程中，系统安全性被置于核心位置。系统采用最新的安全协议和加密技术，如 TLS/SSL，保证数据在传输过程中的安全。同时，系统实现细粒度的访问控制，确保只有授权用户才能访问敏感数据和功能。

### 3.6. 系统测试与评估

系统测试与评估是确保软件质量和功能性的关键步骤。系统测试将采用多层次、多维度的测试策略，以全面评估系统的性能和稳定性。包括单元测试、集成测试、系统测试、性能测试和用户接受测试(UAT)。单元测试将验证每个独立模块的功能正确性，而集成测试则确保模块之间的接口和交互按预期工作。系统测试覆盖完整的业务场景，以确保系统作为一个整体能够满足需求规格。性能测试评估系统在高负载下的响应时间和稳定性。最后，UAT 由目标用户进行，以验证系统是否符合他们的实际工作流程和需求。

评估系统性能的标准包括响应时间、系统可用性、故障率和恢复时间。响应时间衡量系统处理请求的速度，系统可用性评估系统正常运行的时间百分比，故障率指系统出现错误的频率，恢复时间衡量系统从故障中恢复到正常运行状态所需的时间。此外，用户满意度调查被用作评估系统的可用性和用户友好性。

## 4. 智能化特性

智能化特性是水土保持监测智能化管理实施系统的重要特性，涵盖了数据智能处理、决策支持系统以及自动化报告生成等多个方面。这些特性不仅能增强系统的功能性，也可以提升用户操作的便捷性和监测工作的效率。

## 4.1. 数据智能处理

在智能化特性的核心是高级数据处理能力，系统配备了自学习机制和算法，使其能够从收集的数据中识别模式和趋势。系统集成多种机器学习模型以适应不同的监测需求，通过收集大量历史水土流失数据进行模型训练，使用交叉验证方法来评估模型的性能，并调整超参数以获得最佳预测效果。对于时序数据分析，采用了长短期记忆网络(LSTM)，以有效处理和预测水土流失随时间的变化趋势。对于分类任务，如辨识高风险侵蚀区域，采用了支持向量机(SVM)，提供高准确率分类决策。应用机器学习和人工智能技术，系统能够对监测数据进行预测分析，提前预警可能的水土流失风险。此外，通过自动调整数据收集参数，系统能够优化监测策略，提高数据收集的针对性和效率。

## 4.2. 决策支持系统

智能化特性进一步体现在系统的决策支持功能。系统通过集成专家系统和知识库，能够为用户提供基于数据分析的建议和决策方案。例如，系统可以根据土壤流失模型和历史数据，为用户提出最佳的水土保持措施。通过这些智能化的分析和建议，系统有效地辅助用户进行科学决策，降低了人为判断的不确定性。

## 4.3. 自动化报告生成

报告生成是监测工作的重要组成部分，系统的智能化特性简化了这一流程。通过自动化的报告生成工具，用户可以快速生成各类监测报告，如月度、季度或年度报告。系统根据预设的模板自动汇总分析数据，生成结构化的报告文档。这不仅提高了报告编写的效率，也确保了报告的一致性和专业性。

## 5. 讨论

生产建设项目水土保持监测智能化管理实施系统的开发主要目的是提高水土保持监测的自动化水平、数据准确性和工作效率，同时也考虑了用户的操作便利性。智能化系统有助于监测人员更快地响应施工现场扰动地表的変化，提高监测数据的实用性，并减少人为错误。此外，应用系统可能促进监测流程的标准化，为不同项目提供一致的监测和报告方法。

与现有的研究成果相比，本系统在机器学习算法的应用、微服务架构的实施以及用户交互界面的设计上做出了改进。特别是在数据处理和实时监测方面，本系统通过集成 LSTM 和 SVM 模型，能更准确地预测和分类水土流失风险，优于传统方法。此外，微服务架构的采用不仅提高了系统的灵活性和可维护性，也使得系统能够适应未来变化的技术需求。然而本研究也存在局限性，例如，机器学习模型的训练和验证依赖于大量高质量的历史数据，这在数据匮乏的情况下可能影响模型的准确性和可靠性。未来的研究可以探索如何在数据受限的环境中优化模型性能。

## 6. 结论

本文设计提出的水土保持监测智能化管理实施系统基于微服务架构，有效提升了系统的灵活性和可扩展性。通过引入长短期记忆网络和支持向量机，系统能够智能化处理时序数据，进行水土流失风险分类与预测，并提高监测数据的处理精度和决策制定效率。用户界面的交互式设计和数据可视化功能，增强了系统的易用性和用户体验。本研究不仅满足了生产建设项目中对水土保持监测的高效智能化需求，而且为环境监测领域提供了技术创新的实践案例，有望在生态保护和可持续发展方面发挥重要作用。

## 基金项目

中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(项目编号: CKSF2023324/TB)。

## 参考文献

- [1] 沈雪建. 强化新时代水土保持高质量发展监测和信息化基础支撑[J]. 中国水利, 2023(17): 14-18.
- [2] 陈沐晨. 基于 B/S 架构的水土保持信息管理系统设计[J]. 水利科技, 2023(2): 6-9.
- [3] 刘恋, 谈晓珊, 周亚平, 等. 江苏省水土保持监测系统建设[J]. 中国水土保持, 2023(3): 39-41.
- [4] 王少军, 雷磊, 郑树海, 等. 输变电工程水土保持在线监测系统应用试验研究[J]. 电网与清洁能源, 2022, 38(7): 25-31+37.
- [5] 张婧, 郭红丽, 吴芳, 等. 江苏省水土保持监测与管理信息系统建设的实践与探讨[J]. 中国水土保持, 2022(3): 62-65.
- [6] 罗义凯, 胡延苏, 闫茂德, 等. 基于 NB-IoT 的水土保持监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(2): 51-57+64.
- [7] 雷磊, 罗建勇, 江涛, 等. 基于有人透传云平台的水保在线监测管理系统[J]. 中国水土保持, 2021(9): 59-60+67.