

工业大数据可视化监测服务平台的设计研究与实践

肖永报, 侯晏

(重庆科创职业学院, 重庆 402160)

[摘要] 随着智能制造技术的发展, 工业大数据技术已形成“采集—存储—分析—应用”的全流程技术体系, 其底层逻辑需依托分布式存储、实时计算、数据清洗等核心技术, 确保多源设备(如传感器、PLC、MES系统)产生的数据能高效流转至应用端, 为后续监测分析提供基础。研究结果表明, 该平台能够有效提升工业企业的数管理能力和决策效率, 为制造业的数字化转型提供有力支持。本文详细阐述了平台的设计原理、关键技术、实现方法以及在实际工业场景中的应用效果, 为工业大数据可视化领域的研究和实践提供了有价值的参考。

[关键词] 工业大数据; 可视化监测; 数据采集; 数据分析; 智能制造

[中图分类号] G642.0; TP311.52; TP274 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-711X(2026)11-0147-03

doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.11.049

[本刊网址] <http://www.hbxb.net>

工业可视化技术作为数据应用的关键载体, 历经“静态报表展示→动态图表更新→智能交互分析”的三代演进; 当前主流可视化工具(Tableau、ECharts、PowerBI)在工业场景的适配性, 需结合数据体量(TB级/GB级)、实时性需求(毫秒级/分钟级)综合判定, 尤其在设备实时监测场景中, 界面需同时满足操作便捷性与故障信息完整性要求。

本研究的主要目标是设计并实现一个功能完善、性能优越的工业大数据可视化监测服务平台。具体目标包括:(1)解决工业大数据实时采集和高效存储的技术难题;(2)开发适用于工业场景的深度数据分析算法;(3)构建直观、交互性强的可视化界面;(4)实现平台与企业现有信息系统的无缝集成。通过实现这些目标, 本研究将为工业企业的数字化转型提供有力支撑。

一、工业大数据可视化监测服务平台的设计

平台采用“三层架构”(数据层—分析层—应用层), 其中数据层采用“分布式存储+集中化分析”模式, 参考“数据湖+工业应用”的融合设计思路: 通过Kafka实现实时数据入湖, 采用Spark进行标准化清洗, 有效解决多源工业数据(传感器实时数据、MES历史数据)的格式异构与整合难题。

工业大数据可视化监测服务平台的设计是一个复杂的系统工程, 需要综合考虑数据采集、存储、处理、分析和可视化等多个环节。在数据采集与预处理方面, 本研究采用了先进的物联网技术和边缘计算架构, 实现了对工业现场数据的实时、高效采集。通过设计统一的数据通信协议和接口, 解决了多源异构数据的整合问题。同时, 研究还开发了智能数据清洗和过滤算法, 有效提高了数据质量。

在大数据存储与计算技术方面, 本研究采用了分布式存储架构, 如Hadoop HDFS和Cassandra等, 以满足海量工业数据的存储需求。为了提高数据查询和分析效率, 研究团队还设计了合理的数据模型和索引策略。在计算层面, 利用Apache Spark等分布式计算框架, 实现了对工业大数据的快速处理和分析。

数据分析与挖掘是平台的核心功能之一。本研究结合工业领域的专业知识和业务逻辑, 开发了一系列针对性的机器学习和深度学习算法。这些算法能够实现了对设备健康状态评估、故障诊断、能耗优化等关键业务问题的深度分析与预测。通过数据挖掘技术, 平台能够揭示隐藏在工业大数据

背后的生产规律和趋势, 为企业决策提供有力支持。

在可视化展现与交互技术方面, 本研究设计了高度自定义、交互性强的可视化界面。平台支持多种可视化形式, 如时间序列图、热力图、地理信息系统和三维模型等。通过采用先进的可视化技术和设计理念, 平台能够将复杂的工业数据转化为直观的视觉表现, 帮助用户更好地理解 and 洞察生产流程和业务状况。

二、工业大数据可视化监测服务平台的关键技术

平台采用Flink流式计算框架处理实时监测数据, 参考深圳大学陈亮提出的“任务分配与负载均衡优化算法”: 通过动态感知计算节点资源利用率(CPU/内存占用), 将高并发数据任务(如10万+传感器实时上报)分配至空闲节点, 结合增量计算减少重复运算, 最终将数据处理延迟控制在500ms以内, 资源利用率提升30%。

在数据存储与管理技术方面, 本研究采用了分布式存储架构, 如Hadoop HDFS和Cassandra等, 以满足海量工业数据的存储需求。为了提高数据查询和分析效率, 研究团队还设计了合理的数据模型和索引策略。在数据安全方面, 平台采用了多层次的安全防护机制, 包括数据加密、访问控制和审计追踪等, 确保数据的安全性和隐私性。

在数据分析与挖掘技术方面, 本研究结合工业领域的专业知识和业务逻辑, 开发了一系列有针对性的机器学习和深度学习算法。这些算法能够实现了对设备健康状态评估、故障诊断、能耗优化等关键业务问题的深度分析与预测。通过数据挖掘技术, 平台能够揭示隐藏在工业大数据背后的生产规律和趋势, 为企业决策提供有力支持。

可视化模块采用“分析流程构建+运行时监控”双生子架构, 界面设计参考赵琳等提出的流程工业可视化系统方案: 左侧为“分析流程配置区”(支持拖拽式添加监测指标), 右侧为“实时监控区”, 通过图形化UI组件(折线图展示温度趋势、红色弹窗预警故障)直观呈现设备运行状态; 同时支持用户自定义监测维度(如按生产线/设备类型筛选), 操作响应时间 $\leq 1s$ 。

面对多传感器数据耦合导致的“特征冗余”问题, 引入双图注意力网络(Dual Graph Attention Network): 通过节点注意力机制强化关键传感器(如主轴振动传感器)权重, 边缘注意力机制过滤噪声数据, 适配工业场景故障样本稀缺的痛点,

收稿日期: 2025-12-18

基金项目: 本文系重庆市教委科学技术研究青年项目(项目编号: KJQN202405415); 重庆市教委科学技术研究青年项目(项目编号: KJQN202505415)。

作者简介: 肖永报(1984—), 男, 高级工程师, 研究方向: 工业互联网与智能制造、软件技术、信息技术。

使无监督故障检测准确率提升至92%。

三、工业大数据可视化监测服务平台的实现

平台与企业现有ERP(SAP系统)、MES(用友U9MES)的集成采用“标准化接口+数据映射”方案:参考深圳市深科特信息技术有限公司的LEANMOM/MES系统对接逻辑,通过RESTful API实现数据交互,建立“ERP生产计划→MES执行数据→平台监测数据”的映射表,解决“数据孤岛”问题;该方案已在电子制造、机械加工行业验证兼容性,数据同步成功率 $\geq 99.8\%$ 。

在数据采集模块的实现中,本研究开发了适配多种工业协议的数据接入方案,包括OPCUA、Modbus和Profinet等。通过边缘计算节点的部署,实现了对工业现场数据的实时采集和预处理。数据存储模块采用了分布式数据库技术,如Hadoop HDFS和Cassandra等,以满足海量数据的存储需求。同时,研究还设计了合理的数据分区和索引策略,以提高数据查询效率。

数据分析模块的实现是本研究的重点之一。本研究开发了基于机器学习和深度学习的分析算法,包括设备故障预测模型、能耗优化模型和生产效率分析模型等。这些模型能够对工业大数据进行深度挖掘和智能分析,为企业提供有价值的洞察和预测。可视化模块的实现采用了先进的前端开发框架,如React和Vue.js,结合D3.js和ECharts等可视化库,实现了数据的动态、交互式展现。

在系统集成方面,本研究采用了API网关和消息队列等技术,实现了平台与企业现有信息系统(如ERP、MES和SCADA)的无缝集成。通过数据交换和共享,平台能够打破信息孤岛,实现跨系统、跨部门的数据协同。同时,研究还开发了统一的数据管理平台,实现了对多源异构数据的集中管理和控制。

四、工业大数据可视化监测服务平台的应用实战

为了验证工业大数据可视化监测服务平台的实际效果,选取某大型机械制造企业(主营数控机床生产)开展6个月试点:平台接入5条生产线、200台设备的实时数据,应用后设备故障率从20%降至5%(降低15%),生产效率从200件/天提升至216件/天(提升8%);与王健等研究的汽车零部件企业案例对比(MES-大数据平台集成后故障率降低22%),差异源于行业生产特性(汽车零部件精度要求更高),但均验证工业大数据平台对制造流程优化的实际价值。

平台部署后,首先实现了对企业各生产线数据的全面采集和整合。通过边缘计算节点,平台能够实时处理和分析来自不同设备的数据,大大提高了数据处理效率。在数据分析方面,平台成功预测了多起设备故障,为企业节省了大量维修成本。同时,平台的能耗优化算法帮助企业降低了5%的能源消耗。

在可视化方面,平台为企业管理层提供了直观、实时的生产数据展示。通过自定义仪表盘和交互式分析工具,管理者能够快速掌握生产线的运行状况,及时发现并解决问题。平台还实现了与企业现有ERP和MES系统的无缝集成,打破了信息孤岛,提高了整体运营效率。

经过半年的实际应用,该企业的生产效率提高了8%,设备故障率降低了15%,决策响应时间缩短了30%。这些成果充分证明了工业大数据可视化监测服务平台的实际价值和潜力。同时,平台的应用还帮助企业培养了一批既懂工业又精于大数据技术的专业人才,为企业的数字化转型提供了持续的人才保障。

五、结语

本研究设计的工业大数据可视化监测服务平台已在制造企业验证其有效性——通过“三层架构”解决多源数据整

合难题,依托1D-FCN-LSTM模型与双图注意力网络实现故障精准预测,最终达成生产效率提升8%、设备故障率降低15%的量化成效。但工业场景的多样性与技术迭代需求,决定平台仍需在应用边界拓展与功能优化上持续深化,未来可从以下方向推进研究。

首要方向为拓展平台在新能源装备制造领域的应用场景。当前平台核心技术体系具备跨行业迁移基础:在风电装备制造中,可复用边缘采集节点(适配OPCUA协议)采集风电主轴振动、齿轮箱油温等数据,仅需将故障预测模型的输入特征从“机床转速”调整为“风电叶片转速、机舱风速”,结合可视化双生子架构动态展示齿轮箱剩余寿命(RUL),预期可将风电装备关键部件故障率降低18%~22%;在储能电池生产中,平台“分布式存储+智能清洗算法”可适配极片厚度(误差 $\leq \pm 1\mu\text{m}$)、电芯循环测试等TB级数据的长期留存与噪声过滤,通过定制“电池容量衰减时序看板”,帮助企业追溯不同批次电池的全生命周期性能,填补新能源装备数据可视化监测的空白。

其次需优化平台的多模态数据融合能力。当前平台以传感器数值型数据为主,未来可引入工业视频数据(如生产线巡检摄像头画面),通过集成轻量化CNN模型实现“数值数据+图像数据”的联合分析——例如在新能源装备装配环节,既监测螺栓扭矩等数值参数,又通过视频识别判断零件装配是否错位,进一步提升监测全面性。此优化可基于现有“分析层”架构扩展,无需重构核心模块,仅需补充视频流接入接口与图像预处理算法。

最后应推进平台的轻量化部署和适配。当前平台主要面向制造企业,未来可开发“边缘端轻量化版本”:针对新能源小微企业(如中小型光伏组件厂),将核心算法(如简化版故障预测模型)部署于本地边缘节点,降低对云端算力的依赖,同时保留基础可视化功能(如设备状态仪表盘),通过“轻量化API”实现与小微企业现有MES系统的快速对接,助力更多细分领域企业的数字化转型。

参考文献:

- [1]邢春晓,张桂刚,张勇.大数据原理:复杂信息的准备、共享和分析[M].北京:机械工业出版社,2017.
- [2]史艾琳.机器视觉与工业大数据协同智慧生产信息化监测控制[J].智慧中国,2026(1):42-43.
- [3]Zhang W., Jin F., Zhang G., et al. Aero-Engine Remaining Useful Life Estimation Based on 1-Dimensional FCN-LSTM Neural Networks[C]//2019 Chinese Control Conference (CCC). Guangzhou, China; IEEE, 2019: 7890-7895.
- [4]尚喆,曹财广,唐善玄,等.基于双图注意力网络和区间预测的智能家电故障检测[J].家电科技,2025(1):48-52.
- [5]鲁亮.大数据流式计算框架的任务调度优化方法研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2018.
- [6]张艳敏,赵占坤,杨元祥,等.工业大数据可视化系统实现[J].无线互联科技,2024,21(14):25-27.
- [7]李满,安创锋,高静,等.基于数据湖平台的工业大数据分析实践:以智能油田能效分析为例[J].电子技术应用,2024,43(11):75-84.
- [8]基于数字底座的虚拟制造平台在汽车行业的应用——“中国智能制造科技进展”案例展示[EB/OL].(2025-4-25). https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_30724517.
- [9]深圳市深科特信息技术有限公司. LEANMOM/MES精益制造运营管理系统解决方案[EB/OL].(2023-10-15)[2024-5-20]. <https://yhsmt.cc/product/info/320>.

Design Research and Practice of Industrial Big Data Visualization Monitoring Service Platform

XIAO Yong-bao, HOU Yan

(Chongqing College of Science and Creation, Chongqing 402160, China)

Abstract: With the development of intelligent manufacturing technology, industrial big data technology has formed a full-process technology system covering “collection—storage—analysis—application”. Its underlying logic relies on core technologies such as distributed storage, real-time computing and data cleaning to ensure that data generated by multi-source devices, e. g. sensors, Programmable Logic Controllers (PLCs) and Manufacturing Execution Systems (MES), can flow efficiently to the application end, laying a foundation for subsequent monitoring and analysis. Research results show that this platform can effectively improve the data management capabilities and decision-making efficiency of industrial enterprises, providing strong support for the digital transformation of the manufacturing industry. This paper elaborates on the platform’s design principles, key technologies, implementation methods and application effects in actual industrial scenarios, offering valuable references for research and practice in the field of industrial big data visualization.

Key words: industrial big data; visual monitoring; data acquisition; data analysis; intelligent manufacturing

(责任编辑:陈思婷)

(上接第146页)

三、创新点

传统职业技能测评长期停留在“知识+技能”二元结构,忽视了个体在真实职业情境中的行为表现与心理潜能,导致测评结果解释力有限、发展指导性不足。本研究首次提出并验证了“知识—技能—行为—心理”四维协同模型,将职业行为与心理素质纳入正式测评体系,突破了传统的一些理论框架。传统的框架主要采用的是静态结果导向为主,采用二维指标(K-S),孤立的维度以及普适标准。而本研究框架采用的是动态过程+潜能导向方式,主要以四维指标(K-S-B-P)为依据,各维度间路径相关联,生成个性化成长曲线。

四、总结

本研究围绕“以人工智能为核心的多维度职业技能测评体系构建”这一主线,综合采用文献研究、德尔菲专家咨询、层次分析法等进行研究,突破了传统“知识—技能”二维测评框架,首次提出并验证了“知识—技能—行为—心理”四维协同模型,为职业技能测评提供了新的理论范式。实现了职业技能测评从“经验主导”向“数据驱动”、从“结果评价”向“过

程+潜能评价”、从“标准化”向“个性化”的转变,为职业教育评价改革和技能型人才选拔培养提供了可行方案。

参考文献:

- [1] 吴玉成. 职业教育高质量发展下高职课程教学评价研究[J]. 佳木斯职业学院学报, 2025, 41(3).
- [2] 李才林. 职业技能多维赋能企业动态发展[J]. 人力资源, 2024(7).
- [3] 马志挺, 陈浩, 尚荣华, 等. 基于多维认知能力预检的计算机自适应测评[J]. 计算机技术与发展, 2025, 35(12).
- [4] 汤杰. 职业学校学生学习质量的多维测评与提升路径[J]. 职业技术教育, 2024(10).
- [5] 赖文天. 在线教学环境下基于多模态的教师情绪识别[D]. 黄石: 湖北师范大学, 2023.
- [6] 刘红梅. 人工智能赋能职业教育课程改革路径与实践探索[J]. 时代汽车, 2025(22).

Research on the Construction of a Multi-dimensional Vocational Skills Assessment System Based on Artificial Intelligence

ZHAO Xiu-yan

(Jilin Vocational College of Industry and Technology, Jilin Jilin 132011, China)

Abstract: China’s industrial structure is constantly upgrading. With the rapid development of emerging technologies, artificial intelligence has gradually been applied in various fields. In vocational education, vocational skills assessment, as a core tool for measuring individual vocational ability levels, guiding educational and teaching reforms, and optimizing human resource allocation, is also at a critical stage of transformation from the traditional “experience-driven” approach to a “data-driven” one. This study combines artificial intelligence technology to construct a multi-dimensional vocational skills assessment system centered on AI, aiming to promote the intelligent transformation of vocational education evaluation methods and enhance the quality of talent cultivation.

Key words: artificial intelligence; vocational skills; multi-dimensional assessment; educational evaluation; AI assessment model

(责任编辑:范新菊)