

DOI:10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.05.036

建材检测系统中奇异项智能化剔除与数据恢复技术研究

庞英会

(泰安市质量技术检验检测研究院, 山东 泰安 271001)

摘要:为消除数据的干扰,提高建材数据检测的效率,研究并构建引入复合滤波的智能化建材检测系统,利用一阶差分的原理剔除数据中的奇异项;研究基于张量环对于数据的分解,凭借其核心因子的低秩性完成缺失数据的填充。结果显示:相同测试次数下,复合滤波处理数据的效率可达 100%,其他方式数据处理效率最高为 70%;张量环控制下数据的恢复效率最高可达 98%。使用复合滤波后建材的检测适应度值多数超过 0.7。与其他的数据处理方式相比,该研究所提技术数据处理效率高,适应度较好,提高了建材数据检测的准确率。

关键词:复合滤波;建材检测;一阶差分;奇异项剔除;张量环低秩性

中图分类号:TP274 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2025)05-0181-05

Research on Intelligent Elimination and Data Recovery Technology in Building Materials Detection Machinery System

PANG Yinghui

(Tai'an Quality and Technical Inspection and Testing Research Institute, Tai'an 271001, China)

Abstract: To eliminate the interference of data and improve the efficiency of building materials data detection, an intelligent building materials detection system with compound filter is constructed, and the singular items in the data are eliminated by the principle of first-order difference. The data decomposition based on tensor ring is studied, and the missing data is filled by the low rank of its core factors. The results show that under the same test times, the efficiency of composite filter processing data can reach 100%, and that of other methods is up to 70%. The maximum recovery efficiency of data under tensor loop control can reach 98%. The test fitness value of building materials after composite filtering exceeds 0.7. Compared with other data processing methods, the proposed technology has high data improving processing efficiency and good adaptability, improving the accuracy of building materials data detection.

Keywords: composite filtering; building materials testing; first difference; singular term elimination; low-rank property of tensor ring

0 引言

如今计算机技术及网络技术飞速发展,以计算机为主要的管理手段成为行业管理发展的必然趋势。与此同时,建筑业的不断发展和工程质量要求的不断提高,对于建材技术提出了更高要求。然而,智能化建材检测系统中,由于设备和操作方法的差异,采集到的数据易受到干扰,导致数据质量下降,影响检测结果的准确性。所以,研究者们致力于开发能够智能化剔除数据中的奇异项并恢复缺失数据的技术。马思远、洪铁原等^[1-2]针对目前难以同时提升单双盘故障修复效率的问题,提出了一种具有局部修复性质的阵列码模型,将部分数据列按水平线进行异或计算,生成局部水平校验列,缩短了修复链,使其拥有局部修复的功

能,实验结果表明双盘修复效率显著提高。QIAO^[3]为了在施工管理中可以实时传输生产过程中的大量信息,帮助建筑材料生产的组织和管理,提出通过抽样调查和沙盘模拟,将基于建筑信息模型(building information model, BIM)的建筑材料管理方法与传统管理方法和 BIM 与无线网络通信相结合的管理方法进行对比,从而更好地了解建筑材料的管理方法。结果表明,基于 BIM 管理方法的平均库存周转率是传统管理方法的 6 倍。但是,学者们提出的数据处理方法没有涉及建材数据中奇异项的处理技术,很多的方法对于建材数据处理并不适用^[4]。基于此,本研究创新性地结合了复合滤波技术,有效剔除了数据中的脉冲性随机干扰。此外,针对数据缺失问题,研究引入了基于张量环的数据恢复技术,通过低秩分

基金项目:安徽省教育厅高等教育质量工程项目(2018jyxm0074)

作者简介:庞英会(1973—),男,山东泰安人,高级工程师,本科,研究方向为建材技术,18653826550@126.com。

解策略,从已知数据中恢复缺失信息。期望本研究提出的技术能够提高建材检测的精确度,为建筑工程提供更加可靠的材料质量评估方法。

1 建材检测机械系统的奇异项智能化剔除与数据恢复设计

1.1 改进的建材检测机械数据采集系统

建筑材料是建筑工程的物质基础,目前手动检测方式对于建材的检测来说耗时耗力,而且检测的效率较低,检测的质量也得不到保障^[5-6]。所以研究构建智能化的建材数据监测采集系统,实现建材的检测从人工化向自动化转变。建材检测的智能化控制系统如图1所示。

从图1可以看出,建材检测的智能化控制系统中包括5个部分。分别为人机交互系统、数据信息采集系统、数据信息管理系统、系统初始化系统以及数据信息控制系统。人机交互界面提供了直观的操作界面,用户可在这个系统中对建材进行测试参数的设置。数据信息采集系统负责收集来自开关量和模拟量的信号,这些信号可能包括压力、拉力等关键参数,为后续分析提供原始数据^[7-8]。数据信息控制系统就是按照预设的标准

实时反馈,并对检测过程中的数据流进行动态调整和控制。通过实时控制曲线和标准控制曲线的对比,操作者可以实时监控检测过程,并根据需要进行调整^[9]。整体而言,该建材检测计算机控制系统通过高度集成化的设计,实现了对建材检测流程的精确控制和管理。但是在建材采集的数据中往往存在干扰数据,这使得采集到的数据信息不够平滑,存在干扰信号。所以将系统结合复合滤波,其通过算术平均滤波与中值滤波相结合,先利用中值滤波滤掉脉冲性随机干扰,然后再把剩下的采样值加以算术平均。其中算术平均滤波通过求解之后的原理可以表示为

$$Y' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

式中: Y' 为算术平均值; N 为采样次数; i 为采样系数; x 为采样值^[10]。所以符合滤波的原理可以表示为

$$Y = (x_2 + x_3 + \cdots + x_{N-1}) / (N-2) \quad (2)$$

式中 Y 为复合滤波的算术值。复合滤波中的中值滤波过滤了脉冲性随机干扰,剩下收集到的采样值通过算术平均的方式得到平滑的滤波输出曲线^[11]。

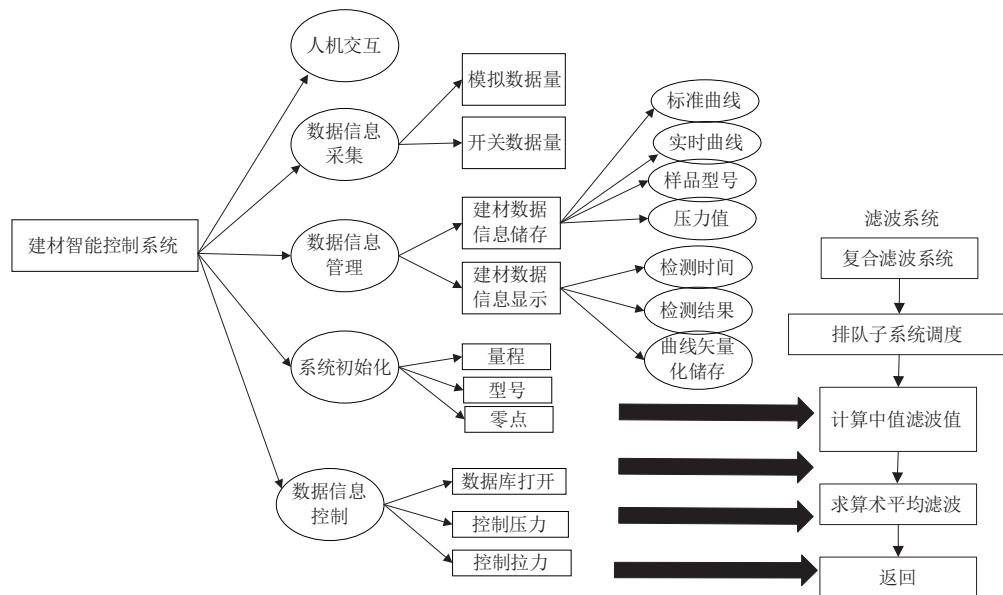


图1 建材检测的智能化控制系统

1.2 基于数字滤波的一阶差分奇异项剔除技术

在建材检测过程中由于操作系统电压不稳、元器件老化、多台检测机共同工作等原因,在采集

的数据中往往存在干扰数据,致使压力控制曲线出现多个尖脉冲^[12]。为了准确获得系统的特征值,研究引入一阶差分剔除奇异项法,其剔除奇异项的流程如图2所示。

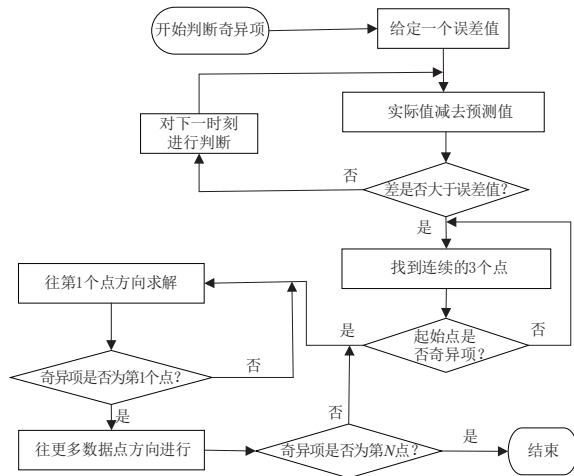


图2 一阶差分别除奇异项法流程图

从图2的算法流程中可以看出,首先判断采集到的建材数据信息中是否存在奇异项。判断的方式是先设定一个误差值。用实际值减去预测值的差与误差值对比,如果得到的差大于设定的误差值,那么此时的实际值可以划定为奇异项,予以剔除。而且需要用此时的预测值代替实际采样的值。反之就划定为正常项,流程正常进行^[13]。判断奇异项为

$$x_s - x_y > W \quad (3)$$

式中: x_s 为采样的实际值; x_y 为采样的预测值; W 为误差值。此时预测值可以使用下一阶差分函数进行推算,得到的预测值可以表示为

$$x_y = x_{y-1} + (x_{y-1} - x_{y-2}) \quad (4)$$

式中: x_{y-1} 为预测值时刻前一采样点的值; x_{y-2} 为预测值时刻前两个采样点的值^[14]。误差值的大小需要根据数据收集系统的属性特征进行设置,

而且如果连续提出和替换两个奇异项之后就必须寻找新的起始点,不然就会导致产生不正确的预测值,造成数据信息混乱^[15]。判断排除两个奇异项之后的点是否满足的条件可以表示为

$$W_2 > |x_s - x_y| > W \quad (5)$$

式中 W_2 为预测值下一时刻的误差值。如果满足式(5),那么就不用剔除该时刻的数据值,可以继续沿用原来的数值。如果在规定时刻下的实际值减去预测值所得的值不小于两个奇异项之后时刻的误差值,那么这个点就是干扰点,就可以用此时预测值代替实际值^[16]。如果起始点刚好就是干扰点,初始就需要去找到满足一阶差分函数的3个点,这3个点满足的关系可以表示为

$$|x_y - x_{y-1} - x_{y-1} + x_{y-2}| \leq W \quad (6)$$

如果3点之间满足式(6),就可以把此时的 x_{y-1} 点和 x_{y-2} 作为起始点朝着相反的方向对实际值进行求解。根据判断的标准就可以评价采样值的预测值是否为奇异项,若为奇异项就实行剔除操作。朝着 x_i 方向求解时,根据准则判断是否为奇异项,是奇异项且连续替代两次以上就实行剔除措施,用预测值代替实际值。最后结束奇异项的剔除流程。

1.3 基于张量环的数据恢复技术

对收集到的建材数据信息进行滤波处理之后可以得到平滑的数据信息曲线。但是滤波算法无法解决收集到的数据在传输过程中会由于设备或环境等原因导致的信息缺失问题。因此研究基于张量环对数据恢复技术进行优化^[17-18],从部分的已知数据来恢复缺失的信息,并得到高质量的数据。基于张量环的数据填充如图3所示。

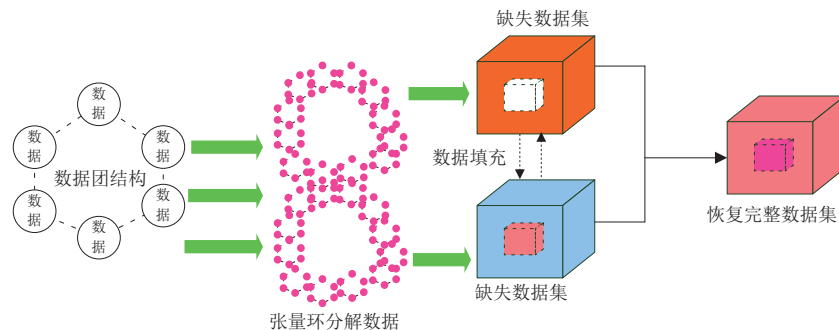


图3 基于张量环分解的缺失数据信息的填充过程

图3展示的是基于张量环分解的缺失数据信息的填充过程,收集到的建材信息集合成为一个空间数据结构,数据之间通过数据流的方式连接成一个数据团。张量环压缩了空间上的高维度

数据,提供了一种空间数据分解的策略,用较低的值计算原始数据的低秩结构^[19]。通过每个张量环中核心因子挖掘到原始数据的低秩表示方式。凭借寻找张量环最低秩序结构就能够获得原

始数据信息的结构,按照原始数据信息的结构就能够获得与其相似的数据结构集^[20]。原始数据结构的相似数据集就可以填充入缺失数据的孔隙中完成缺失数据的恢复和补充。

2 奇异项剔除和数据恢复技术的性能测试和应用分析

2.1 改进算法的实验环境以及硬件参数设置

在建材检测机械系统的智能化设计中,本文

提出了一种改进的数据采集系统,结合复合滤波技术以提高数据质量,并引入了一阶差分奇异项剔除技术来确保数据的准确性。为验证这些方法的有效性,本研究在高性能的实验平台上进行了详细的性能测试。之后该平台配备了先进的硬件资源和软件环境,确保了算法的高效运行及结果的准确性。实验平台的环境与硬件参数设置如表 1 所示。

表 1 改进算法的实验环境以及硬件参数设置

类别	项目	细节描述
操作系统	软件系统	Windows 或者 Linux
开发环境	IDE	Visual Studio Code、PyCharm 或 Jupyter Notebook
编程语言	语言	Python
硬件设备	CPU	Intel Core i7 或 AMD Ryzen 7
	内存	16 GB RAM
	硬盘	SSD
	GPU	NVIDIA GPU
超参数设置	复合滤波 一阶差分奇异项剔除技术	中值滤波窗口大小:3 或 5;算术平均滤波窗口大小:5 或 10 误差值 0.1%~1%的测量范围

2.2 奇异项剔除和数据恢复技术的性能测试

上述的实验环境及硬件参数设置为改进算法的性能测试提供了坚实的基础,确保了开发环境的稳定性和兼容性。为了进一步验证研究设计算法的高效性能,在此环境下对算法进行性能测试。具体的验证方法是,通过建材的计算机系统收集到建材检测的数据信息进行统计和处理,得到建材检测数据的特征信息。复合滤波在处理形成特征曲线时对其进行奇异项的剔除,剔除奇异项后数据的特征曲线存在缺失部分,利用数据恢复技术实现曲线复原。最终通过输出特征曲线的时间和适应度值判断奇异项剔除效率以及数据质量。改进算法的数据集修复能力如图 4 所示。

恢复率方面的表现。在图 4(a)中可以看到中值滤波和平均滤波作为归一化处理方法,在训练次数达到 700 次时,数据处理效率分别为 20%和 40%。在相同训练次数之下,正则化处理效率达到了 60%,张量环处理率为 100%。在图 4(b)中,训练次数为 600 次时,不同数据处理方式的数据恢复率也得到了展示。低通滤波和正则化处理方法,其数据恢复率分别为 39%和 61%。而张量环处理单独的数据恢复率达到了 93%,表明其在数据恢复方面的优势。张量环处理可能利用了数据的内在结构,通过低秩近似来恢复缺失信息,从而在数据恢复率上表现更佳。此外,复合滤波结合了多种滤波技术的优点,提高了数据处理的效率和数据恢复的质量。

2.3 奇异项剔除和数据恢复技术应用分析

根据上述的性能测试,可以看出复合滤波和张量环处理在数据处理效率与数据恢复率方面的显著优势。改进的滤波法和数据恢复技术显著提升了建材检测数据的质量。为了研究这些技术如何协同工作以进一步提高检测数据的准确性和完整性,本文分析了奇异项剔除技术与数据恢复技术在实际建材检测中的应用情况。不同的建材检测场景下算法的适应度值变化如图 5 所示。

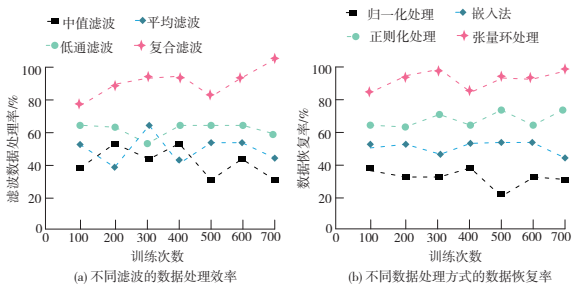


图 4 改进算法的数据修复能力

图 4 展示了不同数据处理技术在效率和数据

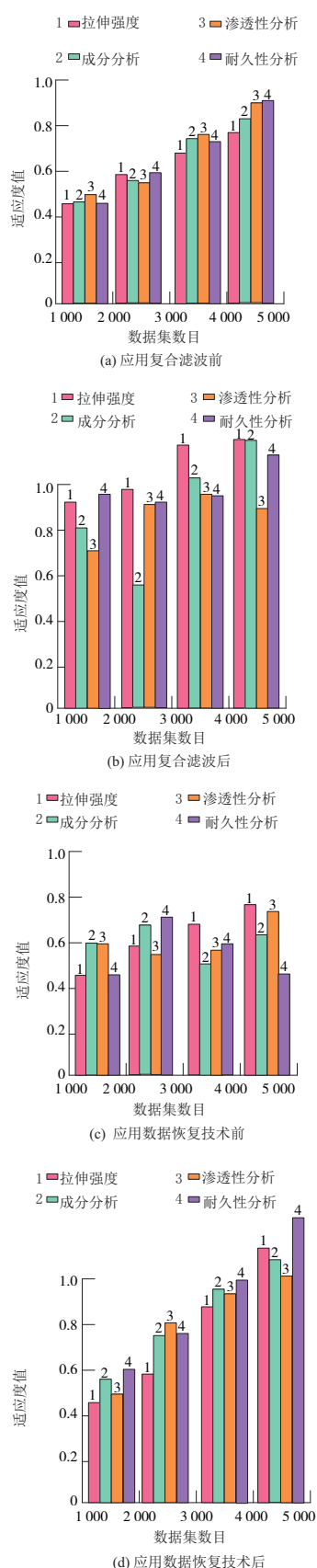


图5 不同的建材检测场景下算法的适应度值变化

图5展示了应用复合滤波前后不同建材检测场景下算法的适应度值。图5(a)中,在未应用复合滤波前,适应度值普遍较低,拉伸强度和渗透性分析的适应度值在数据集数目为5 000时,适应度值超过0.6。图5(b)中应用复合滤波后,适应度值显著提升,相同条件下拉伸强度和渗透性分析的适应度值均超过了0.8。数据集数目为5 000时,图5(c)中,数据恢复技术应用前适应度值未超过0.8,图5(d)中,数据恢复技术应用后最低适应度值在0.8,最高超过1.0。因为复合滤波有效降低了数据中的噪声和异常值,增强了数据的平滑性和规律性,从而提高了算法对建材特性的识别准确性。

3 结语

建筑材料的智能化检测技术虽然发展快速,但是依旧存在很多数据处理方面的问题。针对建材检测数据存在干扰以及数据信息容易缺失等问题,研究基于数字滤波构建复合滤波,同时通过一阶差分的原理剔除建材数据中的奇异项。针对数据缺失的问题,研究基于张量环,利用核心因子对于数据的分解寻找张量环的低秩性,完成缺失数据的填充。实验结果显示,相较于中值滤波、低通滤波以及均值滤波的数据处理准确率,复合滤波的数据处理效率一直保持在75%以上;其他滤波方式处理数据的效率最高仅为68%。张量环处理建材信息,数据的恢复率一直在80%以上,最高可以达到100%;其他信息处理的方式最高的数据恢复率为77%,最低甚至为20%。应用分析中,应用复合滤波处理数据之前,对建材的耐久性分析中的适应度值最高为0.90,最低适应度值为0.47。应用复合滤波之后,适应度值整体都提高了,拉伸强度的适应度值甚至超过1.00。应用数据恢复技术之前,适应度值最高不超过0.85,应用数据恢复技术后,只要训练次数大于3 500,适应度值都大于0.85。综上所述,研究设计的复合滤波技术和基于张量环核心因子的数字填充技术都能够降低干扰数据带来的影响,提高了建材数据检测的效率。但是,研究没有将改进的技术应用在不同类型建材检测中进行分析,这是后续可以改进的地方。

(下转第256页)

- [9] 和萍,王明洋,文福拴,等. 基于虚拟力矩补偿的储能虚拟同步发电机阻尼特性分析与控制[J]. 电力系统自动化,2025,49(11):102-113.
- [10] 乔宇峰,王鹏飞,杨扬,等. 具有虚拟同步机控制的大规模风电并网系统稳定性评估[J]. 电力科学与技术学报,2025,40(1):173-179.
- [11] 罗琦,杨俊华,王超凡,等. 基于变分非线性调频模式分解的直驱式波浪发电系统控制[J]. 太阳能学报,2023,44(9):476-482.
- [12] 姚文龙,裴春博,池荣虎,等. 基于无模型自适应控制的船舶微电网二次调频控制策略[J]. 电机与控制学报,2023,27(3):135-146.
- [13] 陆秋瑜,戴耀辉,杨银国,等. 适用于孤岛运行的永磁同步电机自动功率平衡控制策略研究[J]. 电工技术学报,2023,38(22):6150-6164.
- [14] 蒋小亮,李元臣,郝元钊,等. 计及新能源虚拟惯量的电力系统等效惯量评估[J]. 电力科学与技术学报,2023,38(4):169-176.
- [15] 王自力,陈燕东,李雪萍,等. 孤岛微电网多虚拟同步发电机频率无差协调控制策略[J]. 电力系统保护与控制,2024,52(7):12-23.
- [16] 葛胜升,王鹏,施凯. 基于二阶线性自抗扰的虚拟同步发电机二次调频控制[J]. 电力系统及其自动化学报,2022,34(10):81-88.
- [17] MOHAMMADI K, AZIZI E, CHOI J, et al. Asynchronous periodic distributed event-triggered voltage and frequency control of microgrids [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2021, 36(5):4524-4538.
- [18] 王振浩,杜成林,庞丹,等. 基于 VSG-AVDG 的多端柔性互联配电系统控制策略[J]. 智慧电力,2025,53(4):29-37.
- [19] 石荣亮,兰才华,董政,等. 基于能量重构的构网型储能 VSG 有功振荡阻尼策略[J]. 太阳能学报,2025,46(1):300-308.

收稿日期:2024-04-18

(上接第 185 页)

参考文献:

- [1] 马思远,焦佳辉,任晟岐,等. 基于注意力机制的城市多元空气质量数据缺失值填充[J]. 计算机工程与科学,2023,45(8):1354-1364.
- [2] 洪铁原,唐聃,熊攀,等. 存储系统中的局部修复阵列码模型[J]. 计算机应用研究,2024,41(1):193-199.
- [3] QIAO F. Research on wireless network transmission and building information model technologies [J]. International Journal of Information System Modeling and Design, 2024, 15(1):1-21.
- [4] 查健,陈先中,王文财,等. 基于改进的 YOLOv5s 刨花板表面小目标缺陷检测算法[J]. 计算机工程与应用,2024,60(17):158-166.
- [5] 黄虎,刘赵涵,邱庆明,等. 基于声发射检测 CSG 材料损伤演变及裂纹识别[J]. 建筑材料学报,2024,27(6):565-572.
- [6] 吴秀兰,赵雅鑫,杨晓新. 一类具有奇异项和对数源的四阶薄膜方程解的爆破和衰退估计[J]. 吉林大学学报,2024,62(3):556-564.
- [7] 李甫,戴成元,李微雨,等. 基于计算机视觉的施工现场多目标检测方法[J]. 湖北工程学院学报,2024,44(6):99-107.
- [8] 王文财,党亚光,朱翔,等. 基于 Lite-YOLOv5s 模型的刨花板表面缺陷检测方法[J]. 木材科学与技术,2023,37(3):58-67.
- [9] 何志彬,邢科家,张宏扬等. 高速铁路信号云联锁系统数据容错技术研究[J]. 铁道科学与工程学报,2024,21(7):2592-2602
- [10] 杨小琴,朱玉全. 无线传感网络误删数据匹配追踪恢复方法设计[J]. 传感技术学报,2023,36(9):1473-1477.
- [11] 张晓燕,李艳,芦碧波,等. 基于深度学习的鲕粒智能检测与特征统计[J]. 矿物学报,2024,44(1):24-32.
- [12] 李浩宇,徐平,铁瑛,等. 基于机液联合仿真模型的闸门启闭机故障注入及诊断研究[J]. 振动与冲击,2024,43(13):198-209.
- [13] 朱先远,严远亭,张燕平. 邻域信息修正的不完整数据多填充集成分类方法[J]. 计算机工程与应用,2023,59(23):125-135.
- [14] 李小青,张海博,龚先政,等. 基于级联森林的水泥熟料 f-CaO 含量预测[J]. 北京工业大学学报,2025,51(3):250-257.
- [15] 党育,何亚. 基于多尺度残差网络的隔震构造质量检测研究[J]. 东南大学学报(自然科学版),2025,55(1):183-193.
- [16] 周明丽. 近红外高光谱成像的建筑材料缺陷自动检测系统[J]. 自动化技术与应用,2024,43(7):30-34.
- [17] 白晓彬,吴婧姝,杨娜,等. 山西落叶松古旧木材材料性能无损检测技术研究[J]. 太原理工大学学报,2023,54(6):1101-1108.
- [18] 张枫毅,王莉华,叶文静. 基于多层级 LSTM 的铝板缺陷检测[J]. 力学学报,2023,55(11):2566-2576.
- [19] 董伟明,张兴宇. 基于计算机视觉的基坑工程关键目标识别研究[J]. 结构工程师,2024,40(6):162-172.
- [20] 林世康,侯庆文,关清尹,等. 基于巡检机器人的吊装作业场景 DPIM 算法[J]. 中国安全科学学报,2024,34(7):146-152.

收稿日期:2024-08-15