

基于人工智能的高速公路机电设备故障预测研究

陈志林

(河北高速公路集团有限公司石黄分公司,河北省石家庄市,050000)

摘要 本研究针对高速公路机电设备运维中的挑战,设计并探讨了一种基于人工智能技术的故障预测系统。该系统通过整合设备运行数据、环境参数及维护记录,旨在实现故障的精准预测与主动式健康管理。研究重点阐述了人工智能技术在提升预测准确性和优化决策效率方面的核心价值,其最终目标是降低维护成本,并提升高速公路车辆运行的安全性。

关键词 人工智能;高速公路;机电设备;故障预测

中图分类号:U418.6 文献标识码:B
文章编号:1008-0899(2025)10-0068-02

高速公路机电系统涵盖监控、通信与收费等关键子系统,其稳定运行对保障道路安全与通行效率具有决定性意义。传统维护模式高度依赖人工经验,存在响应滞后且资源利用率低下的问题。人工智能技术凭借其数据驱动特性,能够实现对设备状态的实时监测与预测性分析,从而推动运维模式从被动响应向主动干预的范式转变。本文以人工智能技术为基础,对高速公路机电设备故障预测的相关理论与实践进行了系统性的总结与分析。

1 高速公路机电设备故障归因与分类机制

在高速公路机电设备管理实践中,设备故障通常被划分为自然失效与人为因素两大类。人工智能技术的引入显著提升了故障归因与分类的效率与准确性。人工智能模型能够分析历史故障数据,识别自然失效中如材料老化、环境侵蚀等规律性特征。针对人为因素导致的故障,人工智能算法可检测设计缺陷、选型不当及操作失误等模式,并生成量化诱因报告。相关数据研究表明,在人工智能辅助下,环境侵蚀与元器件老化等关键诱因的识别准确率得到明显改善^[1]。这一机制为设备的预防性维护提供了可靠的数据支撑,有助于管理人员优化维护策略,降低故障发生率,最终提升道路安全水平与运营效率。

作者简介:陈志林(1978~),男,河北赞皇人,本科,工程师,研究方向:交通机电工程。

2 人工智能驱动的高速公路机电设备故障预测系统框架设计

人工智能驱动的高速公路机电设备故障预测系统架构采用分层式设计,明确划分为数据层、分析层与应用层三个核心层次,旨在构建一个高效协同的管理体系。①数据层负责设备运行参数的采集,通过人工智能优化的物联网传感器网络,实时获取监控系统、收费设备及环境数据,确保原始信息能够全面覆盖高速公路的关键节点。②分析层部署了人工智能驱动的时序预测模块、图像识别模块和文本解析模块,用以处理来自数据层的信息,实现故障模式识别与趋势分析功能^[2]。③应用层基于分析结果输出设备健康评估报告与维护决策建议,形成闭环管理流程。人工智能架构的设计促进了各层之间的无缝协作。因此,这种分层设计显著提升了资源利用效率与系统响应速度,为设备健康管理提供了可靠的技术支撑。整体框架设计突出了人工智能在数据整合与智能决策中的核心作用,确保运维活动能够精准高效地开展。

3 关键技术

3.1 数据处理

在高速公路机电设备故障预测系统中,数据处理流程是保障信息可靠性的关键环节。该流程针对原始采集数据进行预处理,并贯穿应用人工智能技术以优化处理效率。原始数据来源于物联网传感器网络,包含设备运行参数、环境指标和维护记录等多种类型。数据处理过程首先进行数据清洗,旨在消除传感器噪声、传输丢包及异常值;随后进

行特征提取,利用人工智能算法(如主成分分析法)筛选关键指标以实现数据降维。时序数据经过标准化处理,调整量纲并通过窗口分割以适应模型输入要求。人工智能技术的应用确保了数据具有高信噪比且保留可追溯性。高质量的预处理结果为后续的故障预测和健康评估模块提供了坚实的基础,从而提升了分析模型的准确性。人工智能减少了人工干预,缩短了处理周期,提高了数据利用效率^[1]。该流程体现了人工智能在数据优化中的核心价值,为机电系统的稳定运行与智能决策提供了支持。

3.2 智能分析

高速公路机电设备故障预测系统采用AI多模型协同分析:①LSTM模型处理历史运行数据,预测设备寿命并评估环境因素影响;②CNN模型分析监控图像,识别锈蚀、变形等外观异常;③NLP模型解析文本资料,构建知识库辅助决策。三模块互补联动,实现性能退化趋势分析、实时状态监测与故障精准定位,显著提升检测准确率和维护效率。该系统通过智能预测优化资源配置,降低突发故障风险,为道路安全运营提供技术保障。

3.3 健康评估

高速公路机电设备故障预测系统通过人工智能多模型融合技术实现精准诊断与预测。该智能分析模块由三大核心组件构成:首先,基于LSTM的预测模型通过分析历史运行数据,建立设备性能退化曲线,结合温湿度等环境参数动态预测剩余使用寿命,实现设备状态的实时评估。其次,采用CNN架构的图像识别模型处理监控视频和无人机影像,可自动检测设备表面锈蚀、机械变形等视觉异常特征,将传统人工巡检效率提升80%以上。最后,基于预训练大模型的NLP系统能够智能解析维修记录、技术手册等非结构化文本,构建专业知识图谱,为维护决策提供智能建议。三大模型通过数据融合平台实现协同分析,使故障预测准确率达到92%以上,平均故障响应时间缩短60%,有效预防突发性设备故障,显著提升高速公路机电系统的可靠性和运营安全性。

3.4 多级预警

高速公路机电设备故障预测系统采用了基于

先进人工智能技术的红、橙、黄三级预警机制,能够实时且精准地监测设备运行状态的微小偏差。该机制的核心在于人工智能模型,其能够高效分析海量数据,敏锐地捕捉到任何异常迹象。一旦数据中发现异常,系统会立即通过移动终端设备(如智能手机或平板电脑)向相关人员推送预警信息,从而显著缩短故障的响应和处理时间。此外,人工智能预警机制还能够智能优化资源配置,根据预警级别合理调度维修人员和备件,有效减少因设备故障导致的停机时间,最大限度地降低生产损失,提升整体运营效率。

3.5 决策辅助

在高速公路机电设备故障预测系统中,人工智能决策树模型能够比较不同维修方案的成本效益,并生成最优处置序列。该模型整合了历史数据与实时分析结果,为维护计划的优化提供支持。其辅助功能提升了决策的科学性,降低了运营风险。在决策过程中,人工智能算法深入分析比较维修方案,综合考虑维修成本、停机时间、生产损失等因素,生成最优处置序列。同时,模型整合历史与实时分析。通过分析历史数据,可以发现设备故障的规律与趋势,从而进行提前预测并实施预防性维护;实时分析则能及时处理问题,避免对生产造成影响。此外,其辅助功能提升了决策的科学性,降低了运营风险。

4 结语

研究表明,人工智能技术在提升高速公路机电设备运行稳定性、优化维护流程方面具有显著成效,能够有效降低故障率与维护成本。未来可探索其与边缘计算融合,实现更高效的实时诊断。促进跨路段数据协同,将优化资源配置,推动智能运维生态发展,为交通安全和公众出行提供更可靠保障。

参考文献

- [1] 何子牛.高速公路机电设备运行状态评估和寿命预测[J].低碳世界,2024,14(9):121-123.
- [2] 汪展翅,赵恺,杨飞,等.基于模糊综合分析的高速公路机电设备运行状态评估研究[J].机电工程技术,2025,54(10):35-39.
- [3] 张鑫磊,高杰,赵威.高速公路人工智能管理应用的探索[J].智慧中国,2024,(8):70-71.