

基于大数据分析的高速公路机电智慧运维 管理系统优化研究

陶飘

广西交科集团有限公司

摘要：高速公路的建设与发展飞速进行，影响高速公路安全运行的关键因素是其机电设备的运行。本文旨在研究基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统优化。本文详细阐述了基于大数据分析的运维管理系统的设计原理及其关键技术，包括数据采集、数据处理、数据分析、预测模型构建等方面。在此基础上，本文提出了一套针对高速公路机电设备的智慧运维管理系统优化策略。为了验证所提策略的实际效果，选取了三个具有代表性的案例进行分析：A高速公路收费系统实时监测与故障诊断、B高速公路路面状况实时监测与维护优化、C高速公路桥梁结构健康监测与维修决策。结果表明，相较于传统方法，基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统在故障预警准确性、实时性、设备健康评估全面性、维修决策合理性等方面具有显著优势。研究成果可为高速公路行业提供了有益的理论指导和实践经验，有助于提高设备运行的效率和安全性，降低运营成本，实现高速公路行业的可持续发展。

关键词：大数据分析；高速公路；运维管理系统；案例分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.03.063

一、引言

随着我国基础设施建设和科技的飞速发展，高速公路机电设备分布越来越广、所处环境更为复杂。高速公路线路会使用大量的机电设备，为充分发挥高速公路的服务功能，需要保证机电设备能够正常、可靠地运行，然而传统的高速公路机电设备运维管理方式已难以满足日益增长的运输需求和设备管理的复杂性。因此，运用大数据分析、人工智能等先进技术，实现高速公路机电智慧运维管理系统的优化，具有重要的现实意义。

国内外学者在高速公路机电智慧运维管理领域进行了大量研究。一方面，研究者多关注于基于大数据的设备故障预测和诊断方法，如使用机器学习算法（支持向量机、决策树、随机森林等）和深度学习算法（卷积神经网络、循环神经网络、长短时记忆网络等）进行设备状态监测和预测；另一方面，研究者探讨了智慧运维管理系统的构建与应用，如基于物联网技术的设备状态数据采集与处理、基于云计算的智慧运维平台搭建，以及维修决策与优化等方面的研究。通过比较国内外相关研究，发现国外研究者在设备状态监测与预测算法的开发和应用方面较为成熟，大量采用深度学习技术，并与其他领域（如工业互联网、自动化技术等）实现融合与创

新。国内研究则更多关注于智慧运维管理系统的整体架构与应用，如基于云计算、物联网等技术的系统构建、运营管理与维护策略等。

基于此，本研究提出一种基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统优化方法，通过分析现有的运维数据，构建有效的设备状态监测、故障预警和维修决策模型，以提高高速公路机电设备的运行稳定性、安全性与效率。同时，为高速公路运营商、政府部门和设备制造商等提供有益的管理策略和技术支持，推动行业的持续发展。

二、研究概述

（一）高速公路机电设施简介

高速公路机电设施是高速公路正常运行的重要组成部分，包括照明系统、通信系统、监控系统、交通信号系统、收费系统等。这些设备在高速公路运行过程中承担着重要的功能，如确保道路安全、提供信息服务、维护交通秩序等。然而，机电设备在使用过程中可能出现故障和性能下降等问题，影响高速公路的正常运行，因此，高效、智能的运维管理对于保障高速公路机电设施的稳定运行至关重要。

（二）智慧运维管理系统的发展与应用

随着信息技术的迅速发展，智慧运维管理系统逐渐应用于高速公路机电设施的运行维护。智慧运维管理系统通过集成物联网、云计算、大数据分析、人工智能等技术，实现设备状态的实时监测、故障预警与诊断、维修决策与优化等功能。此外，智慧运维管理系统还可以提供数据分析与决策支持，为高速公路运营商、政府部门和设备制造商等提供有益的管理策略和技术支持。

（三）大数据分析在智慧运维管理中的作用

大数据分析在高速公路机电智慧运维管理系统中扮演着关键角色。通过对设备运行数据、环境数据、维修记录等多源数据的整合与挖掘，大数据分析可以为设备状态监测、故障预警与诊断提供准确、高效的结果。此外，大数据分析还可以帮助运维管理人员制定合理的维修与保养策略，优化资源分配，降低运营成本。同时，通过对大量历史数据的分析，大数据技术可以为政策制定和行业发展趋势预测提供有力支持。

综上所述，基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统具有广泛的应用前景和重要意义。通过深入研究和优化智慧运维管理系统，可以提高高速公路机电设备的运行效率与安全性，降低运营成本，推动高速公路行业的可持续发展。

三、系统优化研究方法

(一) 设备状态监测与故障预测

(1) 数据收集：收集高速公路机电设备的运行数据、环境数据、维修记录等多源数据，构建设备状态监测与故障预测所需的数据集。

(2) 数据预处理：对收集的数据进行清洗、去噪、归一化等预处理操作，提高数据质量和分析效果。

(3) 特征工程：通过相关性分析、主成分分析等方法，提取设备状态监测与故障预测的关键特征，降低数据维度。

(4) 模型构建与训练：利用深度学习技术（如卷积神经网络、循环神经网络、长短时记忆网络等）构建故障预测模型，并使用训练数据集进行模型训练。

(5) 模型评估与优化：使用验证数据集对模型进行评估，通过调整模型参数和结构，优化模型性能。

(二) 智慧运维管理系统构建与优化

(1) 构建物联网数据采集与传输平台：利用物联网技术实现设备状态数据的实时采集和传输，保障数据的实时性和准确性。

(2) 搭建云计算平台：基于云计算技术搭建智慧运维管理系统的计算和存储平台，实现数据的高效处理与分析。

(3) 开发智慧运维管理应用：设计并开发智慧运维管理系统的各项功能模块，如设备状态监测、故障预警与诊断、维修决策与优化等。

(4) 系统集成与测试：将各功能模块集成到统一的智慧运维管理系统中，进行系统测试和优化，确保系统的稳定性和可靠性。

(三) 维修决策与优化策略研究

(1) 维修策略分析：对现有的维修策略进行梳理和分析，评估其适用性和效果。

(2) 优化模型构建：基于大数据分析结果，构建维修决策与优化模型，考虑设备运行状态、故障预测结果、维修成本等多个因素。

(3) 求解与评估：采用优化算法（遗传算法、粒子群优化算法等）求解优化模型，得到最优的维修策略，并通过实际案例进行验证和评估。

(四) 实验与验证

(1) 实验设计：设计一系列实验方案，用于验证基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统的有效性和优越性。实验方案应包括不同类型的设备、不同运行环境以及不同故障情况。

(2) 数据收集与处理：根据实验方案，收集实验所需的数据，对数据进行预处理，以满足后续分析需求。

(3) 实验执行：在实验环境中部署并运行智慧运维管理系统，对比现有运维管理方法，验证系统的性能优势。

(4) 结果分析与讨论：对实验结果进行详细的分

析与讨论，总结系统在设备状态监测、故障预警与诊断、维修决策与优化等方面的优点和局限，并提出改进方向和建议。

以上对系统优化研究方法进行了研究，旨在探讨和验证基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统的优化方法和实践效果，为高速公路机电设备运行效率与安全性的提升、运营成本的降低以及行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

四、案例分析

案例一：A高速公路收费系统实时监测与故障诊断

A高速公路收费系统作为高速公路运营的关键环节，实时监测门架、车道的交易成功率、车牌识别率等关键收费指标对于确保系统正常运行至关重要。本案例中，基于大数据分析的智慧运维管理系统在实时监测到这些关键收费指标降低时，立即启动故障诊断与处理流程。

(1) 实时监测：通过部署在门架、车道等关键位置的传感器设备，实时采集交易成功率、车牌识别率等关键数据，将这些数据上传至智慧运维管理系统进行分析处理。

(2) 故障诊断：当监测到收费指标降低时，智慧运维管理系统将自动启动故障诊断流程，对相关支撑设备的运行状态进行分析，例如摄像头、计费设备、通信设备等，以发现潜在的故障或异常原因。

(3) 预警与通知：智慧运维管理系统通过大数据分析和机器学习算法，预测并识别可能导致收费指标降低的故障或异常，实时生成预警信息，并通过短信、邮件等方式通知运维人员。

(4) 故障处理与优化：运维人员根据智慧运维管理系统提供的预警信息，及时对故障或异常设备进行检查和处理，恢复收费系统的正常运行。同时，系统会根据故障处理过程中的数据，对运维策略进行持续优化，以降低类似故障的再次发生概率。

通过实施基于大数据分析的智慧运维管理系统，A高速公路收费系统在故障发现和处理速度、预警准确性和运维效率方面相较于传统方法具有明显优势，有助于确保收费系统的稳定运行，提高高速公路运营效益。

案例二：B高速公路路面状况实时监测与维护优化

B高速公路的路面状况对于行车安全和驾驶舒适性至关重要。本案例中，基于大数据分析的智慧运维管理系统实时监测路面状况，预测潜在的路面损坏风险，并制定针对性的维护优化策略。

(1) 实时监测：部署在关键路段的路面传感器实时采集路面状况数据，例如路面损坏、车流量、车速等，将这些数据上传至智慧运维管理系统进行分析处理。

(2) 风险预测：智慧运维管理系统通过大数据分析和机器学习算法，预测潜在的路面损坏风险，如路面龟裂、沉陷、翻浆等，并根据风险等级制定相应的预警

级别。

(3) 维护优化策略：根据风险预测结果，智慧运维管理系统为运维人员提供针对性的维护优化策略，如优先级排序、紧急程度分级等，以确保及时、有效地解决路面问题。

(4) 动态调整与优化：智慧运维管理系统根据实际路面状况变化和维护任务完成情况，动态调整维护优化策略，实现资源最优化配置，提高运维效率。

通过实施基于大数据分析的智慧运维管理系统，B高速公路在路面状况监测、风险预测准确性和维护优化策略制定等方面相较于传统方法具有明显优势，有助于提高行车安全和驾驶舒适性，降低运营成本，实现高速公路行业的可持续发展。

案例三：C高速公路桥梁结构健康监测与维修决策

C高速公路沿线存在多座大型桥梁，这些桥梁的结构健康对高速公路的安全运行至关重要。采用基于大数据分析的智慧运维管理系统，实时监测桥梁结构的应力、振动、位移等关键指标。通过对大量监测数据的分析，系统发现了某座桥梁存在潜在的结构问题。根据预测结果，制定了合理的维修方案，确保了桥梁的正常运行。

传统的桥梁结构健康监测方法主要依赖于定期检查和局部测试，难以全面评估桥梁的整体状况。相比之下，基于大数据分析的方法可以实时收集和分析桥梁结构的应力、振动、位移等关键指标，构建全面的桥梁健康评估模型。通过对大量数据的分析，可以及时发现潜在的结构问题，并为运维人员提供科学的维修方案。因此，相较于传统方法，基于大数据分析的方法在桥梁结构健康监测的全面性、实时性以及维修决策合理性方面具有显著优势。

通过对这三个案例的分析，我们可以总结出基于大数据分析的方法相较于其他分析方法的优势如下：

(1) 实时性：大数据分析可以实时收集、处理和分析设备运行数据，使运维人员能够快速发现和解决问题，降低故障发生的风险。

(2) 全面性：大数据分析可以从多个维度对设备运行状况进行监测，提供更为全面的设备健康评估。

(3) 预测性：通过机器学习和数据挖掘技术，大数据分析能够预测设备的故障发生概率、剩余寿命等关键指标，有助于提前采取预防措施。

(4) 精细化管理：基于大数据分析的方法能够根据设备实际运行情况制定精细化的运维策略，提高设备的运行效率和节能水平。

(5) 决策支持：大数据分析可以为运维人员提供有针对性的维修建议和优化策略，提升运维管理的水平。

五、优化策略及建议

根据前述研究内容，本文提出以下优化策略与建议，以进一步提升基于大数据分析的高速公路机电智慧

运维管理系统的性能和实用性：

(1) 数据质量与完整性：提高数据质量和完整性是提升系统性能的关键。建议运维管理部门加强数据收集、存储和管理工作，确保数据的准确性、完整性和可靠性。

(2) 模型更新与优化：随着数据量的不断增加和设备运行环境的变化，故障预测和维修决策模型需要定期更新和优化，以适应新的数据特征和业务需求。建议运维管理部门定期对模型进行评估和调整，以保持模型的准确性和有效性。

(3) 人工智能技术的应用：充分利用人工智能技术，如深度学习、迁移学习等，提升系统在设备状态监测、故障预警与诊断等方面的能力。

(4) 智慧运维管理系统的集成与标准化：加强智慧运维管理系统各模块的集成与标准化，提高系统的稳定性和兼容性。推动行业内部的技术交流与合作，共同制定相关技术标准和规范，促进智慧运维管理系统的广泛应用和推广。

(5) 人才培养与团队建设：加强人才培养和团队建设，提高运维管理人员的专业技能和综合素质。开展定期培训和学术交流，鼓励创新和探索，培养具备丰富实践经验和高度创新精神的运维管理团队。

(6) 政策支持与产学研合作：加强政府、企业、高校和科研院所之间的合作与交流，共同推动基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统的研发和应用。

六、结论

本文基于大数据分析的高速公路机电智慧运维管理系统优化进行深入研究。通过对国内外相关文献的综述，总结了当前研究现状和存在的问题，提出了一套系统优化研究方法，包括设备状态监测与故障预测、智慧运维管理系统构建与优化、维修决策与优化策略研究以及实验与验证。同时，对A高速公路收费系统实时监测与故障诊断、B高速公路路面状况实时监测与维护优化、C高速公路桥梁结构健康监测与维修决策这三个案例进行系统分析，总结出基于大数据分析的方法相较于其他分析方法的优势，并提出了针对性的优化策略与建议，以提升系统的性能和实用性。本文相关研究成果有助于提高高速公路机电设备的运行效率与安全性，降低运营成本，为行业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

参考文献

- [1] 孙文侠, 何涛. 高速公路机电运维管理智能化发展浅析[J]. 公路, 2022, 67(02): 386-391.
- [2] 范敬光. 高速公路机电设备智慧运维实践[J]. 交通世界, 2022(1): 219-220.
- [3] 郭鑫. 高速公路机电设备故障维护分析及维修的高效管理[J]. 交通世界, 2021(4): 219-220.