

基于大数据分析的路面病害智能识别技术应用

张瑞兵

山西交通控股集团有限公司忻州高速公路分公司 山西 忻州 034000

摘要：路面病害检测对保障道路安全至关重要。传统检测方法存在局限，难以满足大规模路网需求。大数据驱动的智能识别技术应运而生，其围绕“数据-算法-应用”构建框架，通过多源数据采集与预处理、特征提取及智能模型训练，实现精准识别。该技术广泛应用于高速公路、城市主干道及特殊路段检测，能提升检测效率与精度，降低养护成本，保障道路安全畅通。

关键词：大数据分析；路面病害；智能识别；技术应用

引言：在交通基础设施蓬勃发展的当下，路面病害检测成为保障道路安全与高效运营的关键环节。传统检测方法受限于人力与环境因素，在效率、精度与覆盖范围上难以满足大规模路网需求。而基于大数据分析的路面病害智能识别技术应运而生，它凭借多源数据融合、先进算法驱动，实现了病害的精准识别与科学预测。本文将深入剖析该技术的原理，并探讨其在高速公路、城市主干道及特殊路段等场景的实际应用，展现其广阔前景。

1 路面病害检测行业现状与技术需求

1.1 路面病害的主要类型与危害

在道路工程领域，路面病害检测是保障道路安全与正常使用的重要环节。路面病害依据其形态特征与形成成因，可明确划分为结构性病害与功能性病害两大类。结构性病害中，裂缝、沉陷、车辙等较为常见，它们直接对道路的结构稳定性产生负面影响。若长期得不到有效处理，极有可能引发路面大面积破损甚至坍塌，严重威胁道路安全。功能性病害则包含坑槽、松散、泛油等，这些病害主要影响行车的舒适性，同时还会增加轮胎的磨损程度，提高交通事故发生的潜在风险。一旦这些病害未能及时得到妥善处置，在车辆荷载的反复作用以及环境侵蚀的双重影响下，会不断恶化，进而大幅缩短道路的使用寿命^[1]。

1.2 传统检测方法的局限

在路面病害检测这一关键领域，传统检测方法长期依赖人工徒步巡检与半自动化设备检测这两种主要模式，然而它们均存在显著局限。(1) 人工徒步巡检，作为传统方式之一，其检测结果受多重因素掣肘。检测人员的经验丰富程度、体力充沛与否以及现场复杂的环境状况，如恶劣天气、交通拥堵等，都会对检测的准确性和完整性产生极大影响。这导致漏检、误判现象频发，且检测效率极为低下，每小时仅能完成2-5公里的路程检测。对

于高速公路这类动辄数百甚至上千公里的长距离路网，人工徒步巡检显然力不从心，难以满足大规模、快速检测的需求。(2) 半自动化设备，如车载式病害检测仪，虽在检测速度上有一定提升，但在数据处理方面仍存在短板。它需人工辅助分析数据，无法实现病害信息的实时输出与批量处理，且数据存储与共享机制不完善，难以提供全面、精准的数据支持，无法满足当下养护决策对精细化、科学化的高要求。

1.3 智能识别技术的应用必要性

在当前交通基础设施蓬勃发展的背景下，路网规模持续扩大，道路结构也日益复杂，传统检测方法在应对大规模路网检测时显得力不从心，难以达成“全覆盖、高精度、高效率”的检测要求。(1) 大数据驱动的路面病害智能识别技术应运而生，它具备强大的数据整合能力，能够融合车载摄像头、激光雷达、无人机等多源设备采集的海量数据。借助先进的算法，该技术可自动完成病害的精准识别、细致分类与科学量化，检测效率相较于传统方法能够提升10倍以上，识别精度更是高达90%以上。(2) 通过对历史检测数据的深度挖掘与分析，智能识别技术还能精准预测病害的发展趋势，提前发现潜在问题，为预防性养护提供坚实的数据支撑。这有助于养护部门提前制定科学合理的养护计划，及时采取有效措施，避免病害进一步恶化，从而降低养护成本，在道路养护领域展现出显著的行业应用价值与广阔的发展前景^[2]。

2 基于大数据分析的路面病害智能识别技术原理

2.1 核心技术框架

该技术围绕“数据-算法-应用”构建起核心框架，进而形成一套全流程的智能识别体系。数据层作为整个体系的基础，承担着多源检测数据的采集与整合任务。它广泛收集来自不同渠道、不同类型的数据，为后续的分析处

理提供丰富的素材。算法层则是体系的核心驱动力，通过大数据预处理、特征提取以及智能模型训练等一系列操作，达成病害的自动化识别目标。它运用先进的算法对数据进行深度挖掘，找出隐藏在数据背后的病害信息。应用层则是将算法层识别出的结果转化为具有实际指导意义的养护决策支持信息，涵盖病害的具体位置、所属类型、严重程度以及相应的修复建议等。这三个层次紧密相连、相互协作，形成一个闭环系统，确保数据所蕴含的价值能够得到充分释放，为路面病害的精准识别与科学养护提供坚实保障。

2.2 数据采集与预处理

数据采集采用“车载移动检测+无人机航拍+定点监测”的多源融合模式，全方位、多角度地获取路面信息。车载移动检测设备集成了高清摄像头、激光雷达、惯性导航系统等多种先进设备，在车辆行驶过程中，能够实时采集路面的图像、三维轮廓以及位置信息，为后续的分析提供详细的第一手资料。无人机则针对桥梁、隧道等特殊路段进行航拍补测，弥补车载检测在这些区域的局限性，确保对特殊路段病害的全面掌握。定点监测设备则长期记录路面温湿度、交通荷载等环境与使用数据，这些数据对于深入分析病害成因具有重要价值，能够为制定针对性的养护措施提供科学依据。数据预处理是提升识别精度的关键环节。首先，要对采集到的数据进行清洗，剔除模糊图像、异常数据等噪声信息，确保数据的准确性和可靠性。接着，统一数据格式与坐标系，使不同来源的数据能够相互兼容和对比。然后，采用图像增强算法提升病害特征与背景的对比度，让病害特征更加突出，为后续的特征提取奠定坚实基础。同时，利用大数据存储技术构建路面病害数据库，对数据进行分类管理，实现数据的快速调用，提高数据的使用效率^[3]。

2.3 特征提取与智能识别模型

特征提取聚焦于路面病害的关键视觉特征，包括裂缝的长度、宽度、走向，坑槽的面积、深度等几何特征，以及纹理、灰度等图像特征。这些特征是识别病害的重要依据，能够准确反映病害的形态和性质。通过边缘检测、形态学处理等算法，从预处理后的图像中分离病害区域与背景，提取具有辨识度的特征参数，为后续的识别工作提供关键信息。智能识别模型以机器学习与深度学习算法为核心。传统机器学习算法如支持向量机、随机森林等，通过对特征参数的训练，实现病害类型的分类识别。这些算法在处理一些简单的病害识别任务时具有一定的优势。而深度学习算法如卷积神经网络(CNN)，则无需人工提取特征，它能够直接从图像中自动学习病

害特征，大大提升了复杂病害的识别能力。通过对海量历史数据的训练与优化，模型的识别精度与泛化能力持续提升，能够适配不同路面材质、光照条件下的病害检测需求，为路面病害的精准识别提供了强大的技术支持。

3 路面病害智能识别技术的实际应用场景

3.1 高速公路路面病害检测

高速公路作为国家交通网络的重要组成部分，具有里程长、交通流量大、车辆行驶速度快等特点，且其路面病害一旦出现，往往扩展迅速，若不能及时检测与处理，将对行车安全构成严重威胁，因此对检测工作的效率与精度提出了极为严苛的要求。(1)基于大数据的路面病害智能识别技术为高速公路检测带来了革新。该技术借助车载移动检测设备，在车辆以80-100公里/小时的正常行驶速度下，就能高效采集路面数据。这些设备集成了高清摄像头、激光雷达等先进传感器，能够实时捕捉路面的细微变化，精准识别裂缝、车辙等常见病害。同时，结合先进的GPS定位技术，可对病害位置进行毫米级精准标记，为后续的修复工作提供精确指引。(2)检测任务完成后，系统依托强大的大数据分析能力，自动生成高速公路路面病害分布图与量化报告。在分布图中，不同颜色和符号清晰标注出病害的分布区域；量化报告则详细说明不同路段的病害等级与修复优先级，使养护部门对路面状况一目了然。此外，通过对比不同时期的检测数据，系统还能深入分析病害的发展速率，预测病害的未来趋势，为养护部门制定科学合理、针对性强的修复方案提供坚实依据。例如，某高速公路应用该技术后，检测效率大幅提升，达到了传统方法的12倍，病害漏检率从传统方法的25%大幅降至5%以下，养护成本也降低了30%，有效保障了高速公路的安全畅通与高效运营^[4]。

3.2 城市主干道病害动态监测

城市主干道作为城市交通的“大动脉”，承载着繁重的交通任务，日常受行人、非机动车与机动车混合交通的复杂影响，使得路面病害类型多样且成因复杂。而且，城市主干道的养护作业必须巧妙避开交通高峰期，以减少对城市交通秩序的干扰，这就对检测工作在灵活性与时效性方面提出了严苛要求。(1)基于大数据分析的路面病害智能识别技术，采用“车载检测+无人机补测”的创新组合方式，为城市主干道检测提供了全面且高效的解决方案。车载检测设备在车辆正常行驶过程中，能够快速采集路面图像与数据，实现大面积路面的初步筛查；而无人机则凭借其灵活机动的优势，针对交叉口、公交站台等病害高发的重点区域进行细致补测，确保检测无死角、全覆盖。(2)利用大数据分析技术，该技术可深

度整合城市交通流量、降雨量、温度变化等多源数据,构建科学精准的病害发生概率预测模型。通过分析这些数据之间的内在关联,能够提前精准预警高风险区域,为养护部门提前做好应对准备提供有力依据。同时,结合城市道路养护管理平台,识别结果可实时同步至养护部门,实现“检测-分析-派单-修复-复查”的全流程闭环管理。养护部门能够根据实时信息迅速安排维修任务,及时修复病害,并在修复后进行复查,确保修复质量。例如,某城市应用该技术后,路面病害平均修复周期从原来的7天大幅缩短至3天,大大减少了病害对交通的影响,城市道路通行满意度提升了40%,有效提升了城市交通的运行效率与居民的出行体验。

3.3 特殊路段病害专项检测

在道路网络中,桥梁铺装层、隧道进出口、山区道路等特殊路段,因其独特的结构特点或复杂的环境条件,给病害检测工作带来了巨大挑战,传统检测方法在这些区域往往难以有效开展。而基于大数据的智能识别技术凭借其先进的技术手段和强大的数据分析能力,为特殊路段的病害检测提供了创新且高效的解决方案。(1)对于桥梁铺装层,其结构复杂且面积较大,传统人工检测不仅效率低下,还难以全面覆盖。基于大数据的智能识别技术利用无人机航拍,能够快速获取桥梁铺装层的全景图像,这些图像数据全面且详细。同时,结合激光雷达数据,可构建出高精度的三维模型。通过对三维模型的深入分析,能够精准识别裂缝、脱空等病害,准确判断病害的位置、大小和严重程度,为桥梁的养护维修提供科学依据。(2)隧道进出口的明暗交替区域,光照条件变化剧烈,这给病害识别带来了极大困难。该技术采用图像增强算法,对采集到的图像进行优化处理,提升病害特征与背景的对比度,使病害在复杂光照环境下也能清晰可见。同时,运用自适应模型,根据不同的光照条件自动调整识别参数,有效解决了光照突变导致的识

别难题,确保病害识别的准确性和可靠性。(3)山区道路的陡坡、急弯路段,地形复杂,车辆行驶不稳定,传统检测方式难以实施。基于大数据的智能识别技术采用定点监测与移动检测相结合的方式,在关键位置设置定点监测设备,长期记录路面状况数据;同时利用移动检测设备进行动态巡查,实现对病害的动态跟踪。通过大数据分析,及时掌握病害的发展变化趋势,为山区道路的安全运营提供有力保障^[5]。

结束语

综上所述,路面病害检测行业在传统方法局限凸显的背景下,对智能识别技术的应用需求愈发迫切。基于大数据分析的路面病害智能识别技术,凭借其科学的核心技术框架、全面的数据采集与处理、精准的特征提取与智能识别模型,在高速公路、城市主干道及特殊路段等实际应用场景中展现出卓越性能,显著提升了检测效率与精度,降低了养护成本,保障了道路安全畅通。随着技术的持续创新与完善,该技术必将在道路养护领域发挥更大作用,推动行业向智能化、精细化方向发展,为构建安全、高效、持久的交通基础设施网络提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]徐鹏,祝轩,姚丁,等.沥青路面养护智能检测与决策综述[J].中南大学学报:自然科学版,2021,52(7):19-20.
- [2]李镇.基于大数据分析的公路路基施工效率提升研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(02):192-194.
- [3]徐明.基于大数据分析的公路养护资源优化配置研究[J].价值工程,2024,43(35):63-65.
- [4]叶婉琦.大数据环境下电网信息安全技术分析[J].电子技术与软件工程,2020(15):233-234.
- [5]程杰,尚智婕,胡威,张书林,谢辉.智能电网信息系统安全隐患及应对策略[J].电气应用,2020,39(04):99-102.