

基于机器学习的公路路面病害识别与评估

廖鹏翔

陕西高速公路工程试验检测有限公司 陕西 西安 710000

摘要：公路路面病害对交通运行、行车安全及道路寿命影响重大，及时准确识别与评估意义深远。基于此，本文首先阐述基于机器学习识别评估路面病害的意义，能大幅提升检测效率、降低养护成本等。接着剖析病害成因，涵盖自然环境、行车荷载、设计施工养护等因素。随后详述机器学习应用，图像识别技术可精准定位标注病害，数据处理助力预测病害趋势，多模态数据融合提升识别精度。还介绍了病害评估环节，包括精细分类分级、量化影响、依结果制定养护计划。希望论文的研究能够为行业提供相关参考和意见。

关键词：公路路面病害；病害评估；图像识别技术；机器学习

引言：随着交通网络的不断扩展和车辆荷载的日益增加，公路路面的病害问题愈发凸显，成为影响道路安全和使用寿命的关键因素。传统的路面病害识别与评估方法大多依赖于人工巡检，不仅耗时费力，而且易受主观因素影响，难以保证结果的准确性和一致性。因此，探索一种高效、准确的路面病害识别与评估方法显得尤为重要。近年来，机器学习技术的快速发展为公路路面病害的智能化识别提供了新的思路。通过训练模型，机器学习能够从大量的路面图像数据中自动提取特征，实现对病害类型、程度和分布范围的精准识别与评估。这种方法不仅提高了识别效率，还大大增强了评估的客观性和可靠性。

1 基于机器学习的公路路面病害识别与评估的意义

首先，基于机器学习的公路路面病害识别与评估能够显著提高检测效率。传统的路面病害检测方法主要依赖人工巡检，这种方法不仅耗时费力，而且容易受到人为因素的影响，导致检测结果的准确性和可靠性受到质疑。而基于机器学习的路面病害识别技术，可以利用对大量路面图像数据进行训练和学习，自动识别和定位病害区域，大大缩短了检测时间，提高了检测效率。更重要的是，机器学习技术还能够实现对病害类型的精准分类，为后续的养护工作提供有力的数据支持。

其次，基于机器学习的公路路面病害识别与评估有助于降低养护成本。传统的路面养护工作往往需要大量的人力、物力和财力投入，而且养护效果往往难以保证^[1]。而基于机器学习的路面病害识别技术，能够在病害发生初期就进行准确的识别和评估，从而实现对病害的早发现、早治理。此举不只是为了减少病害对路面造成的损害程度，还可以大量降低养护成本，提高养护工作的经济效益和社会效益。

此外，基于机器学习的公路路面病害识别与评估对于提升公路交通安全性具有重要意义。公路路面的病害往往会对行车安全构成严重威胁，如裂缝、坑洞等病害容易导致车辆失控、颠簸等问题，增加交通事故的风险。而基于机器学习的路面病害识别技术，可以轻松实现对病害的实时监测和预警，为交通管理部门提供及时、准确的路面状况信息，从而采取有效的措施进行应对，确保公路交通的安全性。

最后，基于机器学习的公路路面病害识别与评估还能够促进公路养护工作的智能化和自动化发展。随着机器学习技术的不断进步和应用，未来的公路养护工作将越来越依赖于智能化的设备和系统。基于机器学习的路面病害识别技术，可为公路养护工作提供智能化的解决方案，实现对病害的自动识别、评估和处理，推动公路养护工作的智能化和自动化发展。

2 公路路面病害成因分析

2.1 自然环境因素

自然环境因素对公路路面病害的形成具有重要影响。湿度变化、温度变化和霜冻作用等环境因素都会对路面材料产生一定的影响。比如，温度变化会导致路面材料的热胀冷缩，从而产生裂缝。在北方地区，冬季的低温会导致沥青混合料变硬变脆，易发生低温收缩开裂，形成横向裂缝。除此之外，湿度变化也会加速路面材料的老化，降低其强度和耐久性，从而增加病害发生的风险。

2.2 行车荷载因素

行车荷载因素是公路路面病害形成的另一个主要原因。随着现代社会交通量的增长和超载车辆的日益增多，公路路面承受的荷载越来越大。在行车荷载的反复作用下，路面材料会逐渐产生疲劳破坏，形成裂缝、坑

槽等病害。特别是在车辆启动或刹车频繁的交叉路口处,由于水平荷载的作用,路面更易产生车辙和波浪拥包等变形类病害。这些病害不仅影响路面的平整度,还可能对行车安全构成威胁。

2.3 设计、施工和材料组成等因素

设计、施工和材料组成等因素也对公路路面病害的形成具有重要影响。设计阶段,如果路面结构设计不合理,路基路面压实度不足,或者路面材料配合不当,都会导致路面整体强度不足,从而增加病害发生的风险^[2]。在施工阶段,如果施工质量控制不严,如混合料拌和控制不严、摊铺和碾压温度控制不当等,都会导致路面材料性能下降,容易产生病害。除此之,路面材料的选用也直接影响病害的形成。如果沥青混合料中沥青用量过多或空隙率过小,在车辆荷载反复作用下,多余沥青会由下部泛到路表形成泛油;如果沥青混合料不均匀或粘结力不足,会导致松散病害的产生。

2.4 养护条件

养护条件也是影响公路路面病害形成的重要因素。如果养护不及时或养护措施不当,如裂缝修补不及时、坑槽填补质量差等,都会导致病害进一步发展,甚至引发更严重的病害。所以,加强公路养护管理,及时采取有效的养护措施,对于防止病害的发生和发展具有重要意义。

3 机器学习在公路路面病害识别中的应用

3.1 图像识别技术

图像识别技术在公路路面病害识别中的应用,标志着公路养护进入了智能化的新阶段。该技术利用高精度摄像头和传感器,捕捉道路表面的每一个细节,生成清晰、详尽的图像数据。这些图像是公路现状的真实写照,更是机器学习算法大展身手的舞台。利用对这些图像进行深度学习和特征提取,机器学习模型能够精准识别出裂缝、坑槽、车辙、脱落等多种道路病害。该过程自动化程度高,而且识别准确率高,大大减轻了人工检测的负担。更为先进的是,这些模型还能对病害进行细致的分类,并标注其具体位置、尺寸和面积,为养护人员提供了详尽、直观的信息,使他们能够迅速定位病害,制定有效的养护方案,从而确保公路的安全与畅通。

3.2 数据处理与分析

机器学习在数据处理与分析领域的的能力,为公路路面病害的预测和防治提供了强有力的支持。利用对历史病害数据的深入挖掘和分析,机器学习模型能够揭示病害发生的内在规律和趋势。这些规律和趋势对于预测未来病害的发生具有重要的指导意义。比如,模型可以根

据历史数据预测哪些路段在未来一段时间内可能出现病害,从而提前制定养护计划,采取预防性措施。这种前瞻性的养护策略不仅能够减少病害对道路使用的影响,还能有效降低养护成本,延长道路的使用寿命。另外,机器学习模型还能从海量数据中提取出有价值的信息,为养护决策提供科学依据,推动公路养护工作向更加智能化、精细化的方向发展。

3.3 多模态数据融合

在公路路面病害识别的复杂场景中,多模态数据融合技术的运用无疑为识别精度和效率的提升注入了新的活力。传统的单一数据源往往只能提供有限的、片面的信息,难以全面反映路面的真实状况。而多模态数据融合则打破了这一局限,它将图像数据、激光雷达数据、GPS定位数据等多种数据源有机结合,形成了一个全方位、多角度的信息网络。

激光雷达作为高精度测量工具,能够获取路面的三维形态信息,这对于识别裂缝、坑槽等病害的深度和形状至关重要。通过激光雷达数据的分析,机器学习模型可以更准确地判断病害的严重程度,为后续的养护工作提供更精确的数据支持。

而GPS定位数据的引入,则进一步增强了病害识别的实用性^[3]。它能够精确标注病害的位置,为养护人员提供直观的导航信息,使他们能够迅速找到病害现场,进行及时有效的处理。

多模态数据的融合,提高了病害识别的准确性和效率的同时,还为公路养护工作带来了前所未有的便捷性和智能化水平。它使得养护人员能够更全面地了解路面状况,制定更加科学合理的养护计划,从而确保公路的安全、畅通和持久使用。

4 基于机器学习的公路路面病害评估

4.1 病害分类与分级

在基于机器学习的公路路面病害评估体系里,病害分类与分级是核心环节之一。机器学习模型凭借强大的数据处理能力,深度剖析海量路面图像、传感器监测数据以及历史养护记录。以裂缝病害为例,模型不仅考量宽度、长度和深度这些直观参数,还纳入裂缝走向、纹理特征、周边路面材料特性等多元信息。对于宽度不足2毫米、长度较短且深度较浅,未贯穿路面结构层的裂缝,归为轻微等级,此类裂缝或许只需简单灌缝封闭处理,防止雨水渗入即可;宽度介于2到6毫米,长度延伸一定范围,深度开始影响上层结构稳定的,判定为中度裂缝,需采用开槽灌缝,增强修补材料粘结力;而宽度超6毫米、长度较长、深度触及深层结构,甚至伴有周边

松散迹象的裂缝,则列为严重等级,大概率要进行局部挖补、重新铺设基层与面层。

对于坑槽病害,模型依据坑槽面积占比、深度与路面设计厚度比例、坑槽边缘破损状况分类分级。面积小于0.1平方米、深度较浅,对行车平顺性影响小的为轻度坑槽,简易填补找平可恢复路面平整;面积0.1到0.5平方米,深度达到一定程度,周边出现小范围松散剥落的中度坑槽,需清理后分层填补压实;面积超0.5平方米,深度大且坑槽底部结构受损的严重坑槽,必须彻底挖除,重建路面结构层,确保道路承载能力恢复。如此精细分类分级,为养护决策提供精准指引,避免过度或不足养护,合理分配资源。

4.2 病害影响评估

病害对交通安全与行车舒适性的影响评估,借助机器学习实现了质的飞跃。模型整合多源异构数据,交通流量数据来自地磁传感器、视频监控,精确记录不同时段车流量、车型分布;车速数据依托雷达测速、车载GPS反馈,反映实时行车速度动态变化。结合病害精准定位信息,如经纬度坐标、所在车道标识,模型全方位量化影响程度。

当模型探测到位于城市主干道进出口、车流量高峰路段的严重裂缝病害时,依据历史事故数据、交通流仿真模型,预测车辆频繁变道、紧急制动概率大增,易引发擦碰、追尾事故,预估交通拥堵时长可能达数小时,造成巨大经济损失^[4]。并且,利用分析车辆悬挂系统受力数据、车内震动噪声监测值,量化行车舒适性降低程度,如乘客颠簸感加剧、车内噪音分贝提升幅度。

而对于山区弯道、陡坡等特殊路段病害,模型考虑车辆行驶惯性、驾驶员视野受限因素,评估风险更高。一旦发现病害威胁行车安全与舒适,立即向养护部门、交通指挥中心预警,联动发布交通管制信息,引导车辆分流,为养护人员争取抢修时间,切实保障道路安全畅通,而且提升驾乘体验。

4.3 养护计划制定

基于机器学习评估成果生成养护计划,开启智能化养护新篇章。模型算法以病害分类分级、影响评估结果

为基石,统筹兼顾养护成本、时间窗口、资源调配等关键要素。

第一,在养护时间确定上,综合考虑病害发展速率、季节气候影响。像是春融期路面病害易恶化,优先安排对前期冬季低温冻胀裂缝、坑槽修复;雨季来临前,集中处理可能积水渗流的病害,防止水毁加剧。依据交通流量潮汐规律,选择车流量低谷时段施工,如深夜至凌晨城市快速路车少时段,减少交通干扰。

第二,养护地点规划精准到路段、车道、病害具体点位,按病害严重程度、关联影响排序。先集中攻坚交通枢纽周边、重载车道等关键部位严重病害,保障交通咽喉顺畅;再逐步辐射至次要路段。养护方式依病害特性适配,裂缝选化学灌浆、贴缝带,坑槽用热拌沥青混合料填补,车辙路段采用铣刨罩面。

第三,成本核算模块精细到材料、机械租赁、人工费用。模型对比不同供应商材料性价比、本地机械闲置率与租赁成本,结合人工工时定额,优化组合,在确保质量前提下,模拟多种方案寻最优解,最终实现成本效益最大化。随着养护实践数据积累,模型持续自我进化,动态调整计划参数,进一步为公路长期稳健运维筑牢根基。

结语:综上所述,基于机器学习的公路路面病害识别与评估在提高检测效率、降低养护成本、提升公路交通安全性以及促进公路养护工作智能化和自动化发展等方面具有重要意义。随着机器学习技术的不断发展和完善,相信其在公路路面病害识别与评估中的应用将会越来越广泛,为公路交通的可持续发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]徐周聪.基于机器学习的路面病害成因判别方法研究[J].公路交通技术,2023(4):34-40.
- [2]郑旭平.公路病害智能检测分析解决方案研究[J].西部交通科技,2022,(10):184-186+199.
- [3]赵治国.基于影像扫描技术的京石高速公路桥梁病害检测研究[J].交通世界,2022,(21):26-28.
- [4]庞静,吕新建,娄胜利.基于人工智能的高速公路病害自动检测系统[J].交通世界,2022,(16):26-29.