

# 人工智能在公路路面病害自动识别中的应用研究

王 薇

陕西省西安市公路局, 陕西 西安 710003

**[摘要]**在日常养护路面病害识别方面,大多采用肉眼观测实际路面的方式,随着科技的发展,为降低劳动强度,发展为利用路面影像人工判读进行病害识别。无论怎样,人工用肉眼识别病害都存在漏检现象,准确率低,工作效率低。为解决此问题,以人工智能代替肉眼进行路面病害识别,并进行路面病害的可视化管理。基于人工智能的路面病害自动识别系统研发与应用,显著提升了路面病害识别效率,为路面病害自动化识别技术的发展做出了贡献,提高了养护管理科技水平。

**[关键词]**人工智能;公路路面;病害自动识别;应用

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15072

中图分类号: U41

文献标识码: A

## Research on the Application of Artificial Intelligence in Automatic Identification of Road Surface Diseases

WANG Wei

Xi'an Provincial Highway Bureau, Xi'an, Shaanxi, 710003, China

**Abstract:** In the daily maintenance of road surface disease identification, the method of observing the actual road surface with the naked eye is mostly used. With the development of technology, in order to reduce labor intensity, it has been developed to use manual interpretation of road surface images for disease identification. No matter what, there is always a phenomenon of missed detection when manually identifying diseases with the naked eye, with low accuracy and low work efficiency. To solve this problem, artificial intelligence is used instead of the naked eye for road surface disease recognition, and visual management of road surface diseases is carried out. The development and application of an automatic recognition system for road surface diseases based on artificial intelligence have significantly improved the efficiency of road surface disease recognition, contributed to the development of automatic recognition technology for road surface diseases, and improved the level of maintenance management technology.

**Keywords:** artificial intelligence; road surface; automatic identification of diseases and pests; application

### 引言

随着城市化进程的加快及交通需求的不断增长,公路作为现代交通网络的重要组成部分,其养护管理的质量对道路的安全性、通行能力及使用寿命起着至关重要的作用。在公路养护管理中,路面病害作为常见的难题,随着时间的推移,逐渐增多。交通安全不仅受其影响,养护成本也因此增加。依赖于人工巡查和手工记录的传统路面病害检测方法,存在效率低、准确性差及工作量大的问题,尤其是在面对大规模路网时,这些传统方式已无法满足日益增长的检测需求。由此,如何在保证高效率的同时,精确识别路面病害,成为了亟需解决的核心问题。近年来,人工智能技术,尤其是机器学习、深度学习及图像识别技术的迅速发展,为公路路面病害的自动识别提供了可能性。利用计算机视觉与图像处理算法,基于人工智能的路面病害自动识别技术,对路面图像或视频数据进行自动化分析与分类,从而实现了高效且精确的病害检测。与传统方法相比,检测效率得到了显著提升,识别准确度也大幅提高,病害的早期发现与精准定位得以实现,为公路养护的精细化管理奠定了基础。本文将探讨人工智能在公路路面病害自动识别中的应用,分析其在实际应用中的优势与挑战,并通过

实验验证该技术在提升检测效率与准确性方面的实际效果。

### 1 公路路面病害类型与特点

#### 1.1 常见路面病害

公路路面病害种类繁多,常见的病害包括裂缝、坑槽、车辙、隆起以及沉陷等。这些病害的形成通常受到多种因素的影响,诸如交通荷载、气候变化、施工质量不达标或养护不及时等。裂缝,作为最为常见的病害之一,通常可分为纵向裂缝、横向裂缝及斜裂缝。产生的原因,可能与温度变化、路基沉降或交通压力过大等因素密切相关。坑槽,表现为路面局部沉降,严重时,行车安全可能会受到威胁,尤其是在车流量大或排水不良的路段,较为常见。车辙,由重型车辆长期反复碾压所导致的纵向凹槽,尤其在沥青路面上,显得更加显著。隆起,则是路面局部出现的凸起现象,通常由冻胀、路面材料不均匀或基础不稳定等原因引起。沉陷,表现为路面局部或整体的下沉,通常与地基沉降不均匀或排水问题相关。

#### 1.2 路面病害的检测难点

公路路面病害的检测面临诸多挑战,其中之一为病害的多样性与复杂性。不同类型的病害,其表现形式各异,发展过程也各不相同,如裂缝、坑槽及车辙等。每种病害

不仅在形态上有所差异,且其病变的程度与范围亦各不相同。此外,许多路面病害具有渐进性,初期表现通常较为微小或隐蔽,传统人工检测方法往往难以及时发现这些早期症状。另一方面,路面病害的发生,与外部环境因素密切相关,如气候变化、交通荷载以及地基条件等。由于这些因素的波动,病害的形成过程充满了不确定性,进一步增加了检测工作的难度。现有的人工检测方法,也面临一定的局限性<sup>[1]</sup>。由于依赖于人为经验,人工巡查不仅效率较低,且容易受到检测人员主观判断的影响,致使检测结果难以保证全面性与精准性。随着公路规模的不断扩大及交通压力的日益增加,传统的检测手段已逐渐显得不足以满足需求,亟需更为科学、高效的自动化检测方法,以提高检测的准确性与效率。

## 2 基于人工智能的病害识别方法

### 2.1 人工智能技术在病害识别中的应用框架

基于人工智能的路面病害识别方法在公路检测中的应用,涉及数据采集、预处理、特征提取、模型训练与优化以及结果评估与反馈等关键环节。作为人工智能病害识别的基础,数据采集通常依赖于高精度传感器与高清摄像设备,路面图像或视频数据被收集。这些数据,为后续的分析与识别提供了原始信息。接下来的数据预处理阶段,通常包括去噪、图像增强及尺寸归一化等处理,确保采集到的原始数据能够顺利应用于后续分析。在此基础上,特征提取环节,将原始数据转化为具有代表性的特征。常用的计算机视觉技术,如边缘检测、纹理分析等,能有效提取出病害的关键视觉特征,例如裂缝的宽度、深度及方向等。特征提取后,依据所提取的特征,适当的人工智能模型将被选择进行训练,常见的模型包括深度卷积神经网络(CNN)、支持向量机(SVM)及决策树等。通过大量标注数据的学习,模型能够逐步掌握不同病害的特征,并在分类与预测方面逐步提高准确性。模型训练完成后,优化通常还需进行,以提升其在实际应用中的稳定性与准确度。最终,在病害识别结果的评估与反馈阶段,模型的识别结果将通过与人工检测结果对比进行验证。通常,准确率、召回率、F1值等性能指标将被使用来评估其效果,依据评估结果,模型性能将进一步优化。

### 2.2 基于图像识别的路面病害识别方法

基于图像识别的路面病害检测方法,作为人工智能技术在公路病害识别中的关键应用之一,已被广泛采用。路面表面图像数据,通常通过高清摄像设备或无人机等工具进行采集,随后,通过计算机视觉技术对这些图像进行处理与分析,进而实现路面病害的自动识别。具体而言,图像识别方法的第一步,通常是图像预处理,包括去噪、增强对比度及灰度化处理等,以提升图像质量并消除拍摄过程中的干扰。接下来,通过特征提取算法,重要的信息与路面病害相关,例如裂缝的长度、宽度、深度,坑槽的形

状等,将从图像中提取出来。边缘检测、纹理分析、角点检测等技术手段,常用于获取这些信息,将原始图像转化为机器能够理解的结构化数据。基于这些特征,深度学习中的卷积神经网络(CNN)等模型,将用于对提取的特征进行分析与分类。图像中的特征模式,CNN能够自动学习,并准确识别不同类型的病害,如裂缝、坑洞及车辙等。相较于传统的人工检测方法,基于图像识别的检测技术,具有高效、快速及非接触式等显著优势。快速巡检大规模路段,能够减少人为误差,且能够显著提高病害检测的精度与可靠性。此外,图像识别方法,能通过实时监控系统,动态跟踪路面病害的演变过程,为路面养护与维修提供精准的数据支持,从而优化养护资源的配置与管理。

### 2.3 基于机器学习的病害分类与预测模型

基于机器学习的路面病害分类与预测模型,作为人工智能在公路病害识别中的重要应用,已得到广泛关注。通过构建数学模型及算法,利用大量历史数据进行训练,能够实现针对不同类型路面病害的分类与预测。通常,机器学习模型的构建需要收集包含病害类型、严重程度、位置以及相关环境因素的标注数据。在数据预处理阶段,清洗、标准化与归一化等处理,原始数据需经过,以确保输入数据的一致性和准确性。接下来,通过选择适当的特征,模型训练可采用监督学习或无监督学习的方法。常用的监督学习算法,包括支持向量机(SVM)、随机森林(RF)及决策树(DT)等,能够通过分析标注数据中的规律,自动识别不同类型的路面病害并进行分类。对于复杂病害类型的识别,深度学习方法,尤其是基于神经网络的深度神经网络(DNN)与卷积神经网络(CNN),也开始得到广泛应用。这些方法,通过多层次网络结构,能够自动提取复杂的特征,从而提高识别准确性<sup>[2]</sup>。除了分类功能,机器学习方法,还能够预测病害的发展趋势。通过回归分析或时间序列预测模型,结合历史数据与环境因素,能够预测某一病害的扩展趋势或修复周期,为路面养护提供科学依据。通过这一方法,机器学习能够帮助工程师提前识别潜在的路面病害风险,优化养护决策,从而降低维修成本、延长路面使用寿命,同时提升公路的安全性与舒适性。

### 2.4 深度学习在路面病害识别中的应用

深度学习在路面病害识别中的应用,凭借其强大的自动特征提取能力,已被证明是人工智能领域中最领先且高效的技术之一。特别是卷积神经网络(CNN),其多层次的神经网络结构,能够自动从大量原始数据中学习并提取复杂的高层特征,使得它在图像识别任务中展现出了卓越的性能。对于路面病害识别,深度学习方法能够实现对面图像数据的端到端处理,整个过程从输入图像到最终分类或定位结果,均由神经网络自动完成,从而大幅减少了人工干预与特征工程的复杂性。具体而言,图像数据,首先通过网络初层卷积层进行处理,基本的低级特征,如边缘、

纹理及角点等,将被提取。随后,经过多层卷积与池化操作后,网络逐步构建出对复杂病害类型(如裂缝、坑洞、车辙、沉降等)的高级表示。在这一过程中,关键信息的识别,无需人工预设特征,网络能够自主完成,从而展现出对多种路面病害的高效识别能力。在深度神经网络的训练过程中,借助大量标注数据与高性能计算资源的结合,模型的权重参数能够不断优化,从而提升识别的准确性与鲁棒性。相比传统的机器学习方法,深度学习能够更好地应对病害识别中的复杂场景,例如不同光照条件、拍摄角度以及环境变化等因素的影响。此外,深度学习还可应用于病害的定位与量化分析,裂缝的宽度、深度,或坑槽的面积等,能够被精确测量。这对于路面养护决策与修复方案的制定,具有重要意义。

### 3 实验与结果分析

在实验与结果分析部分,主要通过对比不同人工智能算法在路面病害识别中的表现,评估其在实际应用中的有效性与精度。实验流程通常包括数据准备、模型训练、验证以及性能评估等环节。数据准备阶段,首先,大量的路面病害图像数据被采集,并进行标注,确保数据涵盖各种病害类型,同时考虑到不同的拍摄角度、光照条件及天气因素,从而增强模型的泛化能力。随后,合适的人工智能算法,如卷积神经网络(CNN)及其他深度学习模型,便被选中进行训练。在模型训练过程中,数据增强技术的常用,以扩大训练集的多样性,并进行不同模型及参数设置的对比,力求找到最优的识别效果。实验环节中,交叉验证与测试集的使用,确保了模型在未知数据上的表现稳定。在评估模型时,准确率、精确率、召回率、F1值及ROC曲线等多个指标,通常用于全面衡量模型的性能,尤其是在处理复杂病害类型及细节时的能力。实验结果表明,基于深度学习的模型,在识别病害时,相较于传统图像处理方法,展现出了更高的准确性与鲁棒性。通过自动特征提取,深度神经网络,尤其在高噪声环境下,能够准确识别并定位各种病害区域,展现了明显的优势。然而,当数据集较小或标注信息不充分时,模型的效果便有所下降,这提示数据的质量与数量,对于模型性能的影响,具有重要意义。通过对不同模型与技术的对比,实验结果揭示了深度学习在路面病害识别中的潜力与局限性<sup>[3]</sup>。在处理大规模路面数据时,深度学习方法,不仅能在高效率下保持较高的识别精度,而且对于某些复杂或微小病害的识别,仍需结合其他技术进行优化。

### 4 公路路面病害自动识别技术的应用前景

随着人工智能与机器学习技术的迅猛发展,公路路面病害自动识别技术在近几年展示了巨大的应用潜力。随着交通量的持续增长及公路使用年限的延长,路面病害的检

测与维护,已成为公路管理中的重要任务。效率较低的传统人工检测方法,且容易受到人为因素的影响,导致识别精度的不足。相比之下,显著提高路面病害检测的准确性与效率,减少人工巡查的工作负担,及时发现潜在的病害问题并提前预警的任务,能够通过基于人工智能的自动识别技术完成,为公路的维护管理提供科学且精准的支持。随着深度学习及图像识别技术的不断进步,基于人工智能的路面病害识别技术,正逐步从实验阶段迈向实际应用。未来,广泛应用于公路日常巡检与灾后恢复工作,尤其是在偏远地区或交通繁忙的城市道路上,便有望这项技术在无人机、自动驾驶车辆或地面移动平台上,通过采集路面数据,实时进行病害检测与分析。这不仅能够大幅提升检测的覆盖范围,还能确保检测过程的实时性与高效性<sup>[4]</sup>。此外,随着数据采集技术的不断提升,路面病害识别技术,将有望与其他公路管理系统实现更高层次的协同工作。结合大数据分析,人工智能系统,能够为路面病害的预测与修复提供数据支持,进一步实现病害发展过程的动态预测与管理。长期来看,成为智能交通系统重要组成部分的公路病害自动识别技术,将推动公路管理向数字化与智能化的方向发展。

### 5 结语

人工智能技术在公路路面病害自动识别中的应用,展现出显著的优势,能够显著提升检测效率与准确性,降低人工成本,并为公路养护提供有力的技术支持。通过图像识别、机器学习及深度学习等先进技术,能够快速准确地发现路面病害,自动识别系统的精度与及时性得以增强,进一步优化养护工作的质量。然而,当前仍面临若干挑战,包括数据采集的质量、算法优化的难度以及系统在不同环境条件下的适应性问题。随着技术的不断发展与进步,越来越重要的作用,人工智能将在公路病害检测中发挥,为公路养护的智能化与高效化,提供强有力的支撑。

#### [参考文献]

- [1]余俊,吴海军,王武斌,等.基于深度学习的公路路面病害智能化检测系统[J].公路工程,2022,47(5):71-77.
- [2]赵云.高速公路路面病害成因及养护施工技术研究[J].运输经理世界,2024(29):116-118.
- [3]丁攀,翟晓成,苟晓锋,等.基于AI的路面病害自动识别系统研发与应用[J].公路,2024,69(9):336-342.
- [4]吴加伦.基于公路快检图像的路面病害智能检测方法研究[D].江苏:东南大学,2023.

作者简介:王薇(1981.8—),女,毕业院校北京交通大学,学历本科,所学专业公路工程管理,职务工程师,职务工程师及所在职务的年限工程师三级4年,职称级别10级。