

高原环境下暗冰图像识别研究综述

蒋鹏程

西藏大学工学院

DOI:10.12238/eep.v7i4.2048

[摘要] 本文综述了针对高原地区道路暗冰问题的研究现状,涵盖多个方面,具体包括图像识别技术、传感器技术、气象数据分析技术以及其他相关技术。其中,重点论述了图像识别技术在道路暗冰检测中的应用。通过对各项技术的深入分析,本文探讨了在实际应用中,其优缺点和挑战。除此之外,本文提出了未来研究的发展方向和展望,旨在为道路暗冰的有效识别和预防提供了理论支持和技术指导。

[关键词] 道路暗冰; 图像识别; 预防

中图分类号: TU528.37 **文献标识码:** A

A Review of Research on Dark Ice Image Recognition in Plateau Environment

Pengcheng Jiang

School of Engineering, Tibet University

[Abstract] This article provides an overview of the current research status on addressing the issue of black ice on roads in high-altitude regions. It covers various aspects, including image recognition technology, sensor technology, meteorological data analysis technology, and other related techniques. Specifically, it focuses on the application of image recognition technology in detecting black ice on roads. Through in-depth analysis of each technique, this article discusses their advantages, disadvantages, and challenges in practical applications. Additionally, it proposes future research directions and prospects aimed at providing theoretical support and technical guidance for the effective identification and prevention of black ice on roads.

[Key words] Road black ice; image recognition; prevent

引言

在高原地区,道路暗冰问题一直是交通安全领域的一个严重挑战。由于高原地区气候条件的特殊性以及地形地貌的影响,道路表面容易受到降温和结冰的影响,给驾驶员和行人的出行带来了极大的安全隐患。因此,及时准确地识别道路上的暗冰成为了保障交通安全、提高道路通行效率的关键之一。

过去几十年来,研究人员和工程师们致力于开发各种暗冰识别技术,以应对这一挑战。这些技术主要集中在图像识别、传感器监测、气象数据分析、机器学习等领域,旨在通过实时准确地探测和识别道路上的暗冰,提前预警和采取措施,最大程度地降低交通事故的发生率。

然而,当前对于高原地区道路暗冰图像识别技术的研究尚显不足。尽管已有一些相关研究取得了一定的进展,但缺乏系统的总结和归纳,使得研究者和从业人员往往难以了解该领域的最新进展和技术趋势,也影响了技术的应用和推广。

因此,本文旨在对高原地区道路暗冰图像识别技术进行综述,系统梳理和总结目前已有的研究成果和主要方法。通过对各种暗冰识别技术的比较和评价,探讨其优缺点及存在的问题和

挑战,并提出未来研究的方向和建议,以期为该领域的进一步研究和技术应用提供参考和指导。

1 暗冰形成机制

道路暗冰是指由自然原因或人为因素使道路表面凝结的肉眼难以察觉的薄冰层,其特性是光滑、透明,隐蔽性极强,可使道路路面抗滑性降低,极易导致交通事故的发生^[1]。

道路暗冰通常是当道路表面温度降至冰点以下,路面上的水分会结冰形成冰层,即暗冰。但在高原环境中,空气湿度低密度小,尽管温度时常低于0℃,但是在平整路面形成暗冰现象并不常见,根据实地数据采集和分析,道路暗冰易发路段主要集中在桥面、隧道出入口、阴阳面交界路段、地下水裂缝等路段。分析其原因有以下几点:

(1) 青藏高原地下水资源丰富,被称为“亚洲水塔”,昼夜温差大,路面结构易遭到破坏,地下水涌出导致暗冰形成;(2) 气温降低迅速,道路表面的水分来不及干燥就形成冰层;(3) 在气候环境较为艰苦的路段,降水(如雨、雪)在路面凝结,也会导致暗冰的形成。(4) 在高原环境,平均日照时间长,辐射量大,但是温度在冰点以下阳光强烈的情况下,太阳辐射会加速道路表面的

融化和结冰,形成暗冰。

2 暗冰图像识别技术

2.1 基于卷积神经网络的图像识别技术

深度学习是包含多级非线性变换的层级机器学习方法, 深层神经网络是目前的主要形式, 其神经元间的连接模式受启发于动物视觉皮层组织, 而卷积神经网络则是其中一种经典而广泛应用的结构。由于其在计算机视觉领域的优异表现, 卷积神经网络也被用来检测道路暗冰。使用卷积神经网络来进行道路暗冰图像识别, 卷积神经网络通过在图像上滑动的卷积核来提取图像的局部特征, 并通过池化操作来降低特征维度和提取图像的全局特征, 从而实现对图像的高效表示和识别^[2]。在道路暗冰图像识别中, 卷积神经网络可以通过学习道路表面的纹理、颜色和形状等特征, 来实现对暗冰区域的准确识别。与传统的基于规则和特征工程的方法相比, 基于卷积神经网络的暗冰识别方法具有更高的准确性和泛化能力, 能够在不同场景和条件下实现稳定的性能表现。

然而, 虽然基于卷积神经网络的暗冰图像识别技术取得了显著的进展, 但仍然面临着一些挑战和问题。首先, 道路暗冰的检测受到环境条件的影响较大, 特别是在复杂多变的气象条件下, 模型的泛化能力和鲁棒性仍然有待提高。其次, 目前很多研究工作都集中在二维图像的识别上, 如何将深度学习技术扩展到三维道路表面数据的识别, 也是一个需要进一步研究的方向。

2.2 传感器技术

在道路暗冰的检测与识别中, 传感器技术起着至关重要的作用。传感器能够实时感知道路表面的温度、湿度和其他环境参数, 从而提供给车辆系统关键的道路状况信息。在传感器技术的不断发展和应用下, 越来越多的传感器被应用于道路暗冰的监测和预警系统中, 为驾驶员和车辆提供更加可靠和及时的暗冰信息。

2.2.1 毫米波传感器

毫米波传感器是一种常用于道路状况监测的无线传感器技术。它能够通过发射和接收毫米波信号, 测量道路表面的温度和湿度等参数, 并根据这些参数来判断道路是否存在暗冰。毫米波传感器具有测量范围广、响应速度快、抗干扰能力强等优点, 在道路暗冰的监测中具有广泛的应用前景。

毫米波传感器能够穿透大气层中的雨雪等干扰, 直接获取到道路表面的状态信息^[3]。结合一维CNN模型, 可以对毫米波传感器获取的后向散射信号进行特征学习和暗冰检测。这种方法具有较高的实时性和准确性, 能够在恶劣天气条件下有效地识别出暗冰。近年来, 研究人员提出了基于毫米波传感器后向散射的暗冰检测方法。该方法利用毫米波信号在道路表面的散射特性, 通过分析散射信号的变化来判断道路是否存在暗冰。相比于传统的温湿度传感器, 基于后向散射的方法能够提供更加直接和准确的暗冰信息, 具有更高的实用性和可靠性。

2.2.2 嵌入式传感器技术

除了毫米波传感器外, 嵌入式传感器技术也被广泛应用于道路暗冰的监测系统中。嵌入式传感器通常安装在车辆底盘或车轮下方, 能够实时监测道路表面的温度和湿度等参数, 并将数据传输给车辆系统进行处理和分析。通过采集大量的道路状况数据, 并结合机器学习和数据挖掘等技术, 可以实现对暗冰的准确识别和预警。

2.2.3 其他传感器技术

除了毫米波传感器和嵌入式传感器外, 还有许多其他传感器技术被应用于道路暗冰的监测中, 如红外传感器、超声波传感器、摄像头等。这些传感器技术能够通过不同的物理原理和工作方式, 实现对道路暗冰的监测和识别, 为驾驶员和车辆系统提供全面的道路状况信息。

2.3 气象数据分析

利用天气预报数据和地理信息系统(GIS)数据库, 可以建立道路暗冰预测模型。通过分析气象因素(如温度、湿度等)和地理因素(如道路海拔、坡度等), 可以预测出道路上可能出现暗冰的区域和时间, 为驾驶员提供及时的预警信息。

气象数据分析在道路暗冰的监测与预警中扮演着关键的角色。通过收集和分析气象数据, 可以了解到当地的气象状况, 包括温度、湿度、降水量等参数, 从而判断道路是否存在暗冰, 为驾驶员和车辆系统提供及时的预警信息。

2.3.1 天气预报数据

天气预报数据是一种重要的气象数据来源, 可以提供未来一段时间内的天气预测信息。通过分析天气预报数据, 可以了解到未来几个小时或几天内当地的气温变化、降水情况等, 从而对道路暗冰的形成和发展趋势进行预测。基于天气预报数据的分析, 可以实现对暗冰的提前预警, 帮助驾驶员和车辆系统采取相应的安全措施。

2.3.2 气象观测数据

除了天气预报数据外, 气象观测数据也是一种重要的气象数据来源。气象观测站能够实时监测当地的气温、湿度、风速等参数, 并将数据上传至气象数据中心进行分析和处理。通过分析气象观测数据, 可以及时了解到道路暗冰的形成和演变情况, 为驾驶员和车辆系统提供及时的预警信息。

2.3.3 GIS数据库

GIS数据库包含了丰富的地理信息数据, 如道路网络、地形地貌、气象站点等^[4]。通过分析GIS数据库中的道路特征和地理环境, 可以评估道路暗冰的潜在风险, 并为道路暗冰的预测提供数据支持。例如, 通过分析道路的海拔高度、坡度、曲率等因素, 可以评估道路表面结冰的可能性; 通过分析气象站点的分布和气象参数, 可以预测不同地区的气象变化情况, 为道路暗冰的预测提供数据支持。

2.4 其他技术

除了传统的基于传感器和气象数据分析的方法外, 还有一些新兴的技术被应用于道路暗冰的监测与识别, 包括热成像相机和无人机探测技术。这些技术通过高精度的图像采集和分析,

实现对道路暗冰的快速检测和识别,为驾驶员和交通管理部门提供更加全面和高效的道路状况信息。

2.4.1 热成像相机

热成像相机是一种能够实时获取目标表面温度分布的设备,具有高灵敏度、高分辨率和全天候监测等特点。在道路暗冰监测中,热成像相机可以通过测量道路表面的温度分布,实现对暗冰的快速检测和识别。暗冰通常具有较低的温度,与周围环境形成明显的温差,因此可以通过热成像相机进行有效的检测和识别。

2.4.2 无人机探测技术

无人机探测技术是一种基于无人机平台的高空监测技术,具有快速、灵活、高分辨率的特点。在道路暗冰监测中,无人机可以搭载热成像相机、摄像头等设备,对道路表面进行高空拍摄和监测,实现对大范围道路暗冰的快速识别和定位。通过无人机探测技术,可以实现对道路暗冰的全面监测和预警,为驾驶员和交通管理部门提供及时的道路状况信息。

3 总结与展望

道路暗冰的识别与预测是交通安全领域的重要课题,对于减少交通事故、保障行车安全具有重要意义。本文综合探讨了基于卷积神经网络、传感器技术、气象数据分析以及其他技术等多种方法在道路暗冰监测与预警中的应用情况,并对未来的发展趋势进行展望。

基于卷积神经网络的暗冰图像识别技术利用深度学习的优势,能够高效地从道路表面图像中提取特征,实现对暗冰的准确识别。传感器技术通过实时感知道路表面的温度、湿度等参数,为驾驶员和车辆系统提供及时的暗冰信息。气象数据分析则通

过收集和分析天气预报数据、气象观测数据等,实现对道路暗冰的预测和评估。此外,热成像相机和无人机探测技术作为新兴技术,也为道路暗冰的监测提供了新的思路和方法。

在未来的研究中,需要进一步加强对于这些技术的研究和应用,提高模型的性能和稳定性,优化算法的效率和准确性。特别是在气象数据分析和其他技术方面,需要加强数据的采集和整理,提高模型的预测能力和泛化能力。同时,我们还需要加强对于道路暗冰的实时监测和预警系统的研发,结合车联网和智能交通系统等技术,实现对道路暗冰的全面监测和预警,为驾驶员提供更加安全和便捷的出行环境。

[项目]

大学生创新训练项目,项目名称:高原环境下道路暗冰图像识别技术研究,项目编号:2023XCX025。

[参考文献]

- [1]孙志勇.道路暗冰路段总体设计研究[J].建筑,2022(03):76-77.
- [2]Kim,J.;Kim,E.;Kim, D. A Black Ice Detection Method Based on 1-Dimensional CNN Using mmWave Sensor Backscattering. Remote Sens.2022,14,5252.https://.
- [3]Lee,H.;Kang,M.;Song, J.; Hwang, K. The Detection of Black Ice Accidents for Preventative Automated Vehicles Using Convolutional Neural Networks. Electronics 2020,9,2178.https://.
- [4]Phan,Tam & Jang, Min-Seok & Park, Daewook. (2022). Black Ice Prediction Model for Road Pavement Using Weather Forecast Data and GIS Database. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering.17.63-79.