

基于图像处理技术的路面裂缝检测技术研究

刘谋智

广东省公路工程质量监测中心有限公司 广东广州 511431

摘要: 路面裂缝检测其准确性和效率直接影响到道路的使用寿命和行车安全。传统的路面裂缝检测手段主要依赖人工操作,这种方式存在效率低下、劳动强度大、耗时长久以及安全隐患等诸多弊端。鉴于此,深入研究和开发运用图像处理技术的路面裂缝检测系统显得尤为迫切且意义重大。本文着重介绍了基于图像处理技术的路面裂缝检测技术的相关研究内容,包括图像预处理、图像增强、图像分割和模式识别等关键技术,并通过实验验证了系统的有效性。

关键词: 路面裂缝检测; 图像处理; 图像增强; 图像分割; 模式识别

引言

路面破损检测,尤其是路面裂缝的检测,已成为道路养护部门的工作重心。然而,传统的以人工为主的检测方法,如步行观察、坐车录像测读及摄像测量等,因效率低下、劳动强度大、耗时且存在安全隐患,已难以满足现代道路养护的需求。因此,研发先进的路面病害检测技术,特别是利用图像处理技术的路面裂缝检测系统,具有极其重要的现实意义。

1 国内外研究现状

当前,我国道路路面病害检测仍主要依赖人工,存在诸多局限。近年来,得益于计算机、图像处理、GPS及数字CCD等技术的快速发展,国内科研机构 and 高校在路面无损自动检测系统研发上取得了一定成果,但与西方发达国家相比,我国在道路养护和病害检测技术上仍有较大差距。早在上世纪80年代,西方发达国家就已开始道路病害检测技术的研究,并随着CCD传感器和数字图像处理技术的成熟,实现了通过机器视觉进行道路病害检测。目前,许多西方国家的检测设备已实现商业化应用,如加拿大的WiseCrax系统和美国DHDV系统等。

2 基于图像处理的路面裂缝检测技术

2.1 系统架构

基于图像处理的路面裂缝检测系统主要包括路面图像采集系统、GPS地理信息定位系统、计算机图像处理系统以及照明系统等。系统通过路面图像采集系统获取路面图像,利用GPS定位系统进行精确定位,然后通过计算机图像处理系统对图像进行处理和分析,最终实现对路面裂缝的检测

和识别。

2.1.1 路面图像采集系统

路面图像采集系统通常采用高清摄像头或CCD传感器等设备,用于采集路面图像。为了保证采集到的图像质量清晰、稳定,需要选择合适的摄像头或传感器,并合理设置拍摄参数,如曝光时间、焦距等。此外,还需要考虑摄像头的安装位置和角度,以确保能够全面覆盖待检测的路面区域。

2.1.2 GPS地理信息定位系统

GPS地理信息定位系统用于获取路面图像采集系统的地理位置信息。通过GPS定位,可以实现对路面裂缝的准确定位和记录,为后续的道路养护工作提供有力支持。

2.1.3 计算机图像处理系统

计算机图像处理系统是系统的核心部分,负责对采集到的路面图像进行处理和分析。该系统包括图像预处理、图像增强、图像分割和模式识别等模块,通过一系列算法和技术,实现对路面裂缝的自动检测和识别。

2.1.4 照明系统

照明系统用于提供足够的光照条件,确保采集到的路面图像质量清晰、稳定。在夜间或光线较暗的情况下,需要开启照明系统以补充光线。照明系统的设计和安装需要考虑照明范围、亮度等因素,以确保能够覆盖待检测的路面区域并提供足够的光照强度。

2.2 图像预处理

图像预处理是路面裂缝检测的重要步骤,主要包括灰度化、滤波去噪、直方图均衡化等。

2.2.1 灰度化

灰度化是将彩色图像转换为灰度图像的过程。在路面裂缝检测中，由于彩色图像包含大量的颜色信息，而这些信息对于裂缝检测来说并不是必需的，因此需要将彩色图像转换为灰度图像，以减少计算量和提高处理速度。

图像转换为灰度图像包括但不限于分量法、取最大值法、取平均值法以及加权平均法等。在这些方法中，加权平均法尤为常用。该方法基于人眼对不同颜色具有不同敏感度的原理，为各颜色分量分配不同的权重系数，随后通过加权平均的方式计算出灰度值。

2.2.2 滤波去噪

在路面图像采集过程中，由于设备噪声、环境噪声等因素的影响，采集到的图像往往包含一些噪声。这些噪声会干扰后续的图像处理与分析，故需进行滤波去噪

滤波去噪的手段多种多样，包括均值滤波、中值滤波和高斯滤波等。其中，中值滤波是一种广受欢迎的方法，其工作原理是对图像中每个像素点周围的像素值进行排序，选择中间值作为该像素的新值，以此达到消除噪声的效果。

2.2.3 直方图均衡化

直方图均衡化是一种增强图像对比度的方法。在路面裂缝检测中，由于光照条件、路面材质等因素的影响，采集到的图像往往存在对比度不足的问题。通过直方图均衡化处理，可以调整图像的灰度分布，使图像的对比度得到增强，从而更容易检测出裂缝。

直方图均衡化的基本原理是通过对图像的灰度直方图进行变换，使得变换后的图像灰度直方图呈现均匀分布。这样，原来灰度值集中的区域会被拉伸到更宽的灰度范围内，从而增强了图像的对比度。

2.3 图像增强

图像增强是为了进一步突出图像中的裂缝信息，提高检测的准确性。常用的图像增强方法有图像空域增强法和频域增强法。

2.3.1 空域增强法

空域增强法直接在图像的像素空间进行操作，通过调整像素值来增强图像。常用的空域增强法包括灰度拉伸、对比度增强等。

灰度拉伸是一种通过调整图像的灰度范围来增强图像对比度的方法。它可以将图像的灰度值进行线性或非线性的

换，使得原本灰度值集中的区域被拉伸到更宽的灰度范围内，从而增强了图像的对比度。

对比度增强则是通过调整图像的对比度来增强图像中的细节信息。它可以通过调整图像的亮度、对比度等参数来实现。在路面裂缝检测中，对比度增强可以帮助突出裂缝信息，使其更容易被检测出来。

2.3.2 频域增强法

频域增强技术是通过应用傅里叶变换，将图像由空间域转换至频率域。完成滤波后，利用逆傅里叶变换，将图像重新转换回空间域。在路面裂缝检测中，常用的频域增强法包括高通滤波、带阻滤波等。

高通滤波是一种通过保留图像中的高频信息来增强图像边缘和细节的方法。在路面裂缝检测中，高通滤波可以帮助突出裂缝的边缘信息，使其更容易被检测出来。

带阻滤波则是一种通过抑制图像中的特定频率成分来去除噪声或干扰的方法。在路面裂缝检测中，带阻滤波可以用来去除图像中的噪声干扰，提高图像质量。

2.4 图像分割

图像分割是将图像中的裂缝区域与背景区域分离出来的过程。常用的图像分割方法有边缘检测法和阈值分割法。

2.4.1 边缘检测法

边缘检测法是通过检测图像中的边缘信息来提取裂缝。在路面裂缝检测中，常用的边缘检测算子有 Sobel 算子、Canny 算子等。

Sobel 算子是一种基于一阶导数的边缘检测算子，它通过对图像中的每个像素点进行梯度计算，然后取梯度的最大值作为该像素点的边缘强度。Sobel 算子具有计算简单、检测速度快等优点，但在检测精度方面可能存在一定的局限性。

Canny 算子则是一种基于二阶导数的边缘检测算子，它通过对图像中的每个像素点进行梯度计算和二阶导数计算，然后根据梯度的幅度和方向信息，利用非极大值抑制和双阈值检测等步骤，精确地提取出图像中的边缘信息。Canny 算子在检测精度和鲁棒性方面表现较好，但计算复杂度相对较高。

在实际应用中，需要根据路面裂缝的特点和检测要求选择合适的边缘检测算子。同时，还可以结合其他图像处理技术，如形态学处理等，进一步提高边缘检测的准确性和稳

定性。

2.4.2 阈值分割法

阈值分割法是通过设定一个或多个阈值，将图像中的像素分为不同的类别，从而实现图像的分割。在路面裂缝检测中，常用的阈值分割法有全局阈值分割法和自适应阈值分割法等。

全局阈值分割法是根据整幅图像的灰度分布情况，设定一个固定的阈值，将灰度值大于阈值的像素归为前景（裂缝），灰度值小于阈值的像素归为背景。这种方法简单快捷，但在光照不均或裂缝与背景灰度差异不明显的情况下，效果可能不佳。

自适应阈值分割法则根据图像局部区域的灰度分布情况，动态地设定阈值进行分割。这种方法能够更好地适应光照变化和裂缝与背景灰度差异的情况，提高分割的准确性和稳定性。常用的自适应阈值分割法有局部阈值分割法、Otsu法等。

2.5 模式识别

模式识别是对分割出来的裂缝区域进行进一步的分析 and 识别，以确定裂缝的类型、长度、宽度等参数。常用的模式识别方法具体如下。

2.5.1 神经网络

神经网络是一种模拟人脑神经网络的计算模型，具有强大的学习和泛化能力。在路面裂缝检测中，可以利用神经网络对裂缝图像进行特征提取和分类识别。常用的神经网络模型有 BP 神经网络、卷积神经网络（CNN）等。

BP 神经网络是一种多层前馈神经网络，通过反向传播算法进行训练和优化。它可以根据输入的图像特征，自动地调整网络权重和偏置参数，实现对裂缝的准确分类和识别。BP 神经网络在路面裂缝检测中得到了广泛应用，但训练时间较长且易陷入局部最优解。

卷积神经网络是处理图像数据的模型，特点包括局部连接、权重共享和池化。它可以通过卷积层、池化层和全连接层等结构，自动地提取图像中的特征信息，并实现对裂缝的准确分类和识别。卷积神经网络在路面裂缝检测中具有更高的识别精度和鲁棒性，但计算复杂度相对较高。

2.5.2 支持向量机

支持向量机（SVM）是一种基于统计学习理论分类算法，具有强大的分类能力和泛化性能。在路面裂缝检测中，

可以利用 SVM 对裂缝图像进行分类识别。SVM 的基本思想是找最优超平面分隔不同类别样本，并最大化间隔。在路面裂缝检测中，可以将裂缝图像的特征向量作为 SVM 的输入，通过训练和优化 SVM 模型，实现对裂缝的准确分类和识别。SVM 在路面裂缝检测中具有较好的分类效果和鲁棒性，但计算复杂度较高且对参数选择较为敏感。

2.5.3 决策树

决策树是一种基于树结构的分类算法，通过递归地划分数据集来构建决策树模型。在路面裂缝检测中，可以利用决策树对裂缝图像进行分类识别。决策树的基本思想是根据图像特征的不同取值情况，将数据集划分为不同的子集，并在每个子集上继续划分，直到满足某个停止条件为止。最终得到的决策树模型可以根据输入的图像特征，自动地判断其所属的类别。决策树在路面裂缝检测中具有直观易懂、计算简单等优点，但在处理大规模数据集时可能存在过拟合等问题。

3 实验结果与分析

为了验证基于图像处理的路面裂缝检测技术的有效性，进行了相关实验。实验采用了不同路面类型和不同光照条件下的裂缝图像作为测试样本，并分别采用了边缘检测法、阈值分割法和模式识别方法对裂缝进行检测和识别。实验结果表明，该方法能够有效地检测出路面裂缝，并准确地识别出裂缝的类型和参数。

3.1 边缘检测实验结果

在边缘检测实验中，采用了 Sobel 算子和 Canny 算子对裂缝图像进行边缘检测。实验结果表明，Canny 算子在检测精度和鲁棒性方面表现更好，能够更准确地提取出裂缝的边缘信息。同时，通过结合形态学处理等技术，可以进一步提高边缘检测的准确性和稳定性。

3.2 阈值分割实验结果

在阈值分割实验中，采用了全局阈值分割法和自适应阈值分割法对裂缝图像进行分割。实验结果表明，自适应阈值分割法能够更好地适应光照变化和裂缝与背景灰度差异的情况，提高分割的准确性和稳定性。同时，通过选择合适的阈值分割方法和参数设置，可以进一步提高分割的效果和精度。

3.3 模式识别实验结果

在模式识别实验中，采用了 BP 神经网络、SVM 和决策

树等方法对裂缝图像进行分类识别。实验结果表明, BP神经网络和 SVM 在分类精度和鲁棒性方面表现较好, 能够准确地识别出裂缝的类型和参数。同时, 通过优化网络结构和参数设置、选择合适的特征向量等方法, 可以进一步提高分类识别的效果和精度。

4 结论

本文重点阐述了基于图像处理的路面裂缝检测技术的研究工作, 包括图像预处理、图像增强、图像分割和模式识别等关键技术。通过实验结果和分析表明, 该方法能够有效地检测出路面裂缝, 并准确地识别出裂缝的类型和参数。与传统的人工检测方法相比, 该方法具有更高的检测效率和准确性, 为道路养护部门提供了有力的技术支持。

参考文献:

- [1] 程森豪, 张志峰, 马宁. 路面裂缝图像处理技术综述 [J]. 南方农机, 2024, 55(10): 11-1520
- [2] 岳二涛. 高速公路路面裂缝检测与养护新技术研究 [J]. 工程机械与维修, 2024(1): 180-182
- [3] 张伟光, 钟靖涛, 于建新. 基于机器学习和图像处理的路面裂缝检测技术研究 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2021, 52(7): 2402-2415

作者简介:

刘谋智(1990—), 男, 汉族, 广东饶平, 路桥工程师, 大学本科, 研究方向为公路工程试验检测。