

# 基于图像视觉识别的农村中小型桥梁拱圈线形的方法研究

刘世龙<sup>1</sup>, 方 草<sup>2</sup>, 张 元<sup>3</sup>

<sup>1</sup>重庆科技大学建筑工程学院, 重庆

<sup>2</sup>重庆科技大学化学化工学院, 重庆

<sup>3</sup>中国铁建大桥工程局集团第五工程有限公司, 江西 九江

收稿日期: 2024年5月3日; 录用日期: 2024年5月23日; 发布日期: 2024年5月31日

## 摘 要

本文提出了一种基于图像视觉识别的方法, 用于检测农村中小型桥梁拱圈线形。该方法利用机器视觉技术, 结合图像处理和模式识别算法, 实现对桥梁拱圈线形的自动识别和检测。首先, 通过图像采集设备获取桥梁拱圈的数字图像, 然后对图像进行预处理, 包括灰度化、边缘检测等操作, 以提取出拱圈的轮廓信息。接着, 利用形态学处理和特征提取方法对拱圈轮廓进行分析, 识别出拱圈的线形特征。最后, 通过模式匹配和分类算法对线形特征进行匹配和识别, 实现对拱圈线形的自动检测。

## 关键词

图像视觉识别, 农村桥梁, 拱圈线形, 模式识别, 计算机视觉

# Research on Methods of the Arch Circle Alignment of Small- and Medium-Sized Bridges in Rural Areas Based on Image Visual Recognition

Shilong Liu<sup>1</sup>, Cao Fang<sup>2</sup>, Yuan Zhang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

<sup>2</sup>School of Chemistry and Chemical Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

<sup>3</sup>The Fifth Engineering Co., Ltd. of China Railway Construction Bridge Engineering Bureau Group, Jiujiang Jiangxi

Received: May 3<sup>rd</sup>, 2024; accepted: May 23<sup>rd</sup>, 2024; published: May 31<sup>st</sup>, 2024

文章引用: 刘世龙, 方草, 张元. 基于图像视觉识别的农村中小型桥梁拱圈线形的方法研究[J]. 土木工程, 2024, 13(5): 765-771. DOI: 10.12677/hjce.2024.135082

## Abstract

This paper presents a method based on image visual recognition to detect the arch circle alignment of small- and medium-sized bridges in rural areas. The method uses computer vision technology, image processing and pattern recognition algorithm to realize the automatic recognition and detection of bridge arch circle alignment. Firstly, the digital image of bridge arch ring is obtained by image acquisition equipment, and then the image is preconditioned, including grayscale and edge detection, so as to extract the contour information of arch ring. Then, morphological processing and feature extraction methods are used to analyze the contour of the arch ring, and the linear features of the arch ring are identified. Finally, the linear feature is matched and recognized by pattern matching and classification algorithms to realize the automatic detection of the arch circle.

## Keywords

Image Visual Recognition, Rural Bridge, Arch Ring Alignment, Pattern Recognition, Computer Vision

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近几十年来,我国交通事业发展迅速,公路里程不断突破新高,同时农村交通基础设施建设不断完善,农村中小型桥梁的建设日益增多。其中,拱桥造价低廉、施工工艺成熟、地形适应能力强等特点被广泛应用。而桥梁作为连接交通要道的重要设施,其结构安全性直接关系到交通运输的畅通和人民群众的生命财产安全,而桥梁长期处于运营状态,不可避免地出现各种病害,影响桥梁安全性。其中,拱桥的拱圈结构作为桥梁的重要组成部分,其线形特征对桥梁的承载能力和稳定性具有重要影响。因此,对农村中小型桥梁拱圈线形的检测具有重要意义[1][2]。因此,为保证桥梁处于安全运营状态,需进行定期检查,其中拱桥的线形对于其受力性能影响较大,是检查的重点之一。

随着计算机视觉技术的发展,基于图像视觉识别的方法逐渐应用于桥梁结构的检测领域,并取得了一定的研究成果。曹升亮等[3]提出了一种基于小波图像特征和支持向量机(SVM)的桥梁图像裂缝自动检测方法。该方法分为两个阶段:第一阶段根据图像特征决定是否对图像进行预处理;第二阶段采用基于滑动窗口纹理分析的方法从图像中提取小波特征,得出判断结果。王沛恩等[4]设计了一种基于图像识别的桥梁裂缝检测机器人,该机器人有较强的图像识别和越障能力,能通过图像的实时传输检测桥梁安全,且适用于多种壁面,性能稳定。赵琪等[5]针对无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)拍摄图像识别准确率不高,以及由于图像数量庞大导致的时间长、效率低等问题,将基于神经网络的图像识别技术应用于无人机拍摄中。韩晓健等[6]研究了深度卷积神经网络在桥梁结构表面病害图像分类识别上的应用。根据桥梁各类病害的统计,将桥梁结构表面病害归纳为裂缝、锈蚀与缺损三大类。通过迁移学习技术,迁移训练 AlexNet 卷积神经网络,构建了桥梁结构表面病害自动识别模型。马成贤等[7]提出了一种基于 Detectron 平台的目标检测模型,利用模型中卷积神经网络(CNN)对输入图像的光线、扭曲旋转、大小变化等高度适应的优点,从大量裂缝图像中学习裂缝特征,实现对桥梁裂缝位置的识别。

综上,目前针对农村中小型桥梁拱圈线形的检测方面的研究还相对较少。因此,本文提出一种基于图像视觉技术识别拱圈线形的方法,以重庆境内某石拱桥为例,详细介绍图像识别拱圈线形的步骤,能优化检测流程,提高石拱桥拱圈线形的检测效率和精度,为桥梁的安全健康运营状态和养护提供科学的技术支撑。

## 2. 工程概况

本文以重庆境内某石拱桥为依托,此桥跨越河流,于1955年建成通车。该桥共1跨,上部结构为实腹式圬工石拱桥。跨径组合为 $1 \times 8.4$  m,全长14.6 m,主拱圈厚度为0.30 m,矢高1.5 m。下部结构为重力式桥台,采用扩大基础。桥面铺装为水泥混凝土铺装,桥面两侧设置栏杆,未设置伸缩缝、排水系统、人行道。该桥的结构立面图、全桥桥型布置图和横断面图如图1~3所示。



Figure 1. Bridge elevation

图 1. 桥梁立面图

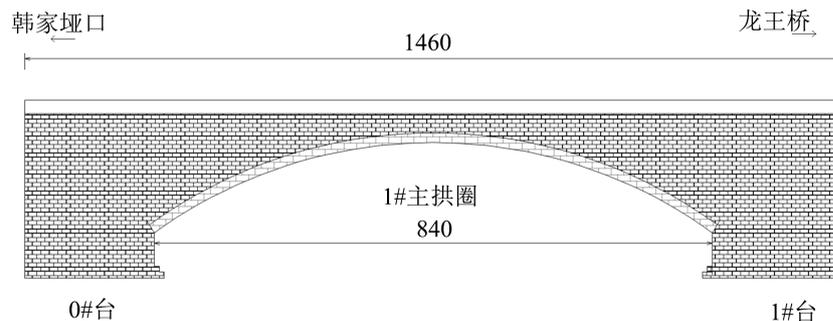


Figure 2. Bridge layout diagram (Unit: cm)

图 2. 桥型布置示意图(单位: cm)

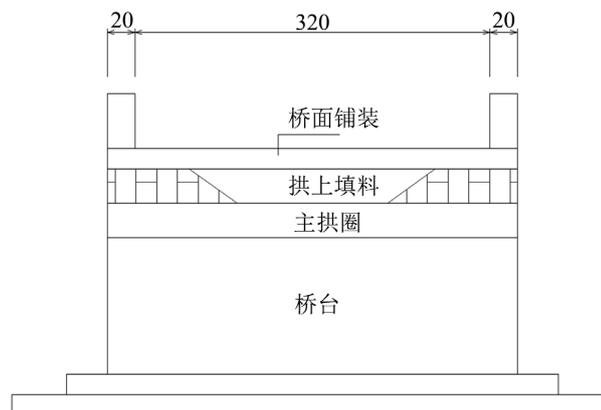


Figure 3. Bridge cross-section diagram (Unit: cm)

图 3. 桥梁横断面示意图(单位: cm)

### 3. 试验流程

#### 3.1. 试验设计

本文提出的方法主要包括以下几个步骤：

- 1) 图像采集：利用工业相机/无人机获取桥梁拱圈的数字图像。
- 2) 图像预处理：对采集到的图像进行预处理，包括灰度化、降噪、过滤等操作，以便于提取出拱圈的轮廓信息。
- 3) 特征提取：利用 Matlab 中的 Canny 算法提取轮廓，bwboundaries 函数提取拱圈轮廓坐标，提取出拱圈的线形特征，得到二维坐标(x, y)。
- 4) 拱圈线形：将得到的二维坐标带入到 CAD 中，使用 PLINE 命令，将坐标点通过直线连接起来得到拱圈线形。

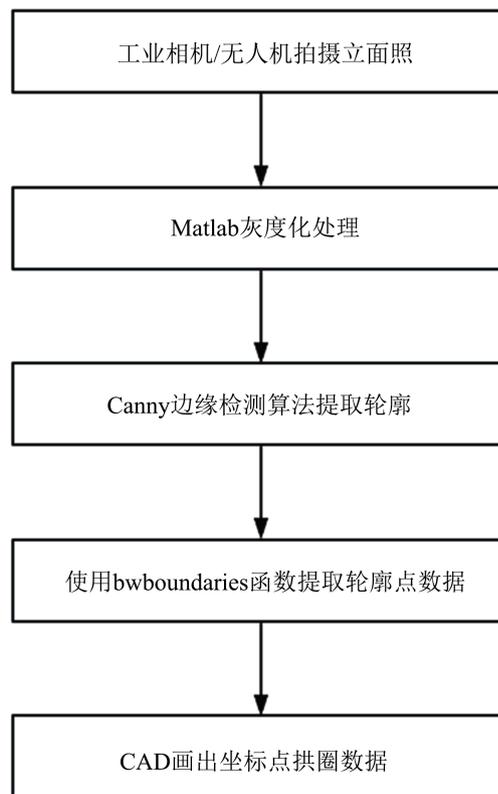


Figure 4. Image recognition extraction diagram

图 4. 图像识别提取示意图

首先，如图 4 所示，图像采集是整个流程的第一步。使用工业相机或无人机拍摄拱桥左右立面的照片，拍摄角度和距离需要充分考虑，以便于更加清晰明确地展现拱桥拱圈的结构，并确保图片清晰度和光照均匀性。这些因素直接影响后续图像处理和轮廓提取的准确性。其次，图像预处理阶段是为了优化图像质量。在 Matlab 软件中进行灰度处理，将彩色图像转换为灰度图像，为后续处理奠定良好的基础。同时，可以通过高斯降噪算法，去除图像中的噪声，保留边缘信息，使得后续边缘检测更加精确。第三步边缘检测和轮廓提取。利用 Canny 边缘检测算法对预处理后的图像进行边缘检测，以准确识别拱桥的轮廓；使用 bwboundaries 函数用于提取边界的坐标，并将结果存储在一个单元格数组中，然后通过遍历

这个数组，可以获取每个边界的二维坐标(x, y)。这一步骤是整个流程中关键的一环，直接影响最终线形数据的准确性。最后，数据处理的和线形检测阶段是将图像数据转化为实际线形参数的过程。将得到的二维坐标(x, y)数据导入 CAD 软件中，利用 PLINE 命令绘制出拱圈轮廓，根据提取的轮廓坐标点集绘制出完整的拱圈形状。为达到实际拱圈的大小，可通过物理位移换算的方式，依据实测拱桥净跨、拱高、拱跨等参数，计算拱桥拱圈线形的数据，为后续结构分析和评估提供重要依据。

### 3.2. 试验过程

1) 通过工业相机或者无人机，对桥梁左右立面进行拍摄，获取该桥数字图像信息。

2) 灰度化处理：

将彩色图像转换为灰度图像时，根据具体的应用场景和需求，选择合适的灰度化方法和通道混合方式。常见的灰度化处理方法包括取红、绿、蓝通道的加权平均值或者使用人眼对不同颜色敏感程度的加权平均值。因此，为提高轮廓提取的精度，本文采用加权平均法对图像进行灰度化处理，如图 5 所示。



Figure 5. Grayscale processing diagram (weighted average method)

图 5. 灰度处理示意图(加权平均法)

3) 提取轮廓

在对原始图像灰度化处理之后，导入 Matlab 中进行下一步处理。Matlab 提供了内置的 Canny 边缘检测函数，利用该函数来检测图像中的边缘，可以通过以下代码调用 Canny 函数：

```
edges = edge(grayImage, 'Canny');
```

其中，“grayImage”为导入的灰度化图像，“Canny”表示使用 Canny 边缘检测算法，结果如图 6 所示。

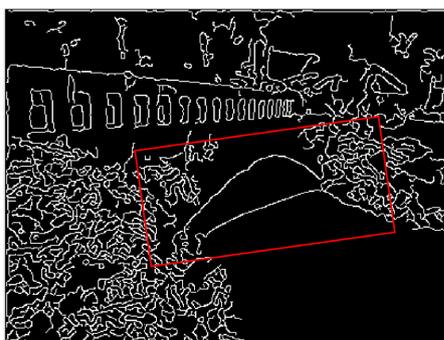


Figure 6. Bridge contour obtained by using Canny algorithm

图 6. 使用 Canny 算法得到的桥梁轮廓

## 4) 获取坐标

首先将提取边界的坐标并存储在 `boundaries` 中，然后通过遍历单元格数组，获取每个边界的坐标并将其绘制在边缘检测结果图像上，绘制时使用红色线条，并设置线条宽度为 2，如图 7 所示。



**Figure 7.** Coordinates of boundaries extracted by `bwboundaries` function  
**图 7.** `bwboundaries` 函数用于提取边界的坐标

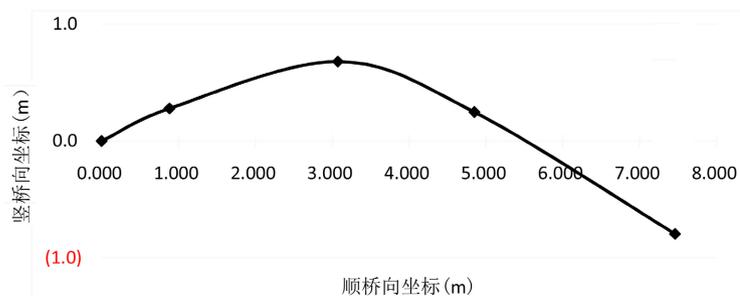
坐标提取代码如下：

提取边界的坐标：

```
boundaries = bwboundaries(edgeImage);
显示边缘检测结果图像
imshow(edgeImage);
hold on;
遍历单元格数组并绘制边界
for k = 1:numel(boundaries)
boundary = boundaries{k};
plot(boundary(:,2), boundary(:,1), 'r', 'LineWidth', 2);
end
hold off;
```

## 5) CAD 构画

得到坐标之后，数据导入 CAD 软件中，利用 `PLINE` 命令绘制出拱圈轮廓，根据提取的轮廓坐标点集绘制出完整的拱圈形状，如图 8 所示。如果需要得到与实际坐标对应大小的拱圈形状，可以通过物理位移换算，根据实测拱桥净跨、拱高、拱跨等参数，计算拱桥拱圈线形的数据，为后续结构分析和评估提供重要依据。



**Figure 8.** Arch circle alignment shape  
**图 8.** 拱圈线形形状

## 4. 结论

本文基于图像视觉识别技术，提出了一种检测拱圈线形的方法，用于检测农村中小型拱桥的拱圈线形，得到以下结论：

1) 本文提出的基于图像视觉识别拱圈线形的方法是有效可行的，能够实现对小型桥梁拱圈线形的识别和检测。通过该方法，能够有效地从图像中提取并分析桥梁拱圈的线形信息，为中小型拱桥运营和养护状态提供科学支撑。

2) 在使用图像识别技术检测拱圈线形时，应选择正面拍摄以避免透视失真，确保光线适当且背景简洁干净，避免杂乱元素干扰建筑展示，避免强光直射建筑表面。最佳拍摄时机为阴天或早晚时分的柔和光线，可使用三脚架保持相机稳定，避免模糊或抖动照片。

本文对图像识别中的小型拱桥拱圈线形进行了一定的研究，但使用的算法略微粗糙；在未来，将进一步优化算法，提高检测精度和效率，推动该方法在实际工程中的应用。

## 基金项目

重庆科技大学硕士研究生创新计划项目(项目批准编号：YKJCX2220648)。

## 参考文献

- [1] 苏伟达. 基于 SAR 图像的道路桥梁检测方法研究[J]. 交通世界, 2024(4): 257-259.
- [2] 张永红. 无损检测技术在公路桥梁检测中的应用[J]. 交通世界, 2024(1): 229-231.
- [3] 曹升亮, 赵初晔. 基于图像分析的桥梁裂缝检测技术应用[J]. 建筑机械, 2023(6): 78-81.
- [4] 王沛恩, 周旭. 基于图像识别的桥梁裂缝检测机器人的研究[J]. 南方农机, 2020, 51(16): 100-101.
- [5] 赵琪, 孙立双, 袁阳. 基于神经网络的无人机拍摄图像识别[J]. 中国科技论文, 2019, 14(11): 1229-1233.
- [6] 韩晓健, 赵志成, 沈泽江. 卷积神经网络在桥梁结构表面病害检测中的应用研究[J]. 结构工程师, 2019, 35(2): 106-111.
- [7] 马成贤, 游雅辰. 铁路桥梁裂缝位置识别与目标检测方法探讨[J]. 铁道勘察, 2019, 45(5): 136-141.