

桥梁裂痕检测与识别方法

洪汉玉¹,章秀华¹,叶佳伦¹,荆根强²

(1. 武汉工程大学图像处理与智能控制研究所,湖北 武汉 430205;

2. 交通运输部公路科学研究所,北京 100088)

摘要:桥梁裂痕图像检测过程中,采集的桥梁裂痕图像容易出现模糊,且桥梁裂痕本身具有裂痕特征不明显、杂质干扰大等特点,为了达到对桥梁裂痕准确、快速检测的目的,提出了一种桥梁混凝土结构裂痕病害的自动检测识别方法.首先对采集到的桥梁裂痕图像进行去模糊处理,在此基础上利用非负特征提取桥梁裂痕目标信息,然后利用方差特征去除特征结果图中的伪特征,并使用特征图像中目标特征像素的圆投影特征来增强目标裂痕信息,同时进一步去除虚假特征.分别对不同的桥梁裂痕图像进行了多种不同类型的处理实验,包括裂痕图像去模糊前后的目标裂缝检测结果对比实验,特征图像的方差特征去噪实验,以及圆投影进行特征目标特征增强同时进一步去噪的实验.结果表明,该方法对桥梁裂痕的提取与检测有效,有一定的实际意义.

关键词:桥梁病害;模糊裂痕;图像特征;自动识别

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2014.02.012

0 引言

裂痕对在役钢筋混凝土桥梁的承载能力、耐久性能、环境保护、交通安全等都会造成不利的影响,因此桥梁的裂痕检测是桥梁安全检查工作中的重要内容之一.传统的基于人工视觉识别桥梁裂痕的方法存在着成本高、危险性大、效率低、识别精度低等诸多缺点,且难以实现准确而全面的裂痕探测.随着计算机软件、硬件技术的飞速发展,高速大容量存储器不断涌现,图像采集、处理及模式识别技术水平也得以迅速提升,这使得基于图像处理的桥梁病害自动检测技术成为可能^[1].近年来,基于图像分析的桥梁裂痕识别系统在桥梁养护领域得到了广泛研究,如许薛军等^[2]采用棋盘格角点求解像素率和进行边缘检测来计算桥梁裂痕宽度,魏武等利用小波和 Radon 变换来达到桥梁裂痕检测的目的^[3],于泳波等在检测桥梁裂痕过程中采用了基于连通域的方法^[4].还有很多学者也在这方面做了大量研究.但桥梁裂痕的检测有其自身的特点和处理的难点问题,因此迄今仍未有一种方法能完善地解决桥梁裂痕检测过程所遇到的所有问题,因此,设计完善的桥梁裂痕自动识别系统是当前亟待解决的热点、难点

问题.笔者采用了图像去模糊处理,利用非负特征提取桥梁裂痕信息,并利用方差特征去噪及圆投影特征进行目标裂痕信息增强,达到准确、完整提取桥梁裂痕的目的.

1 桥梁裂痕图像特征

桥梁病害因桥梁类型不同而有不同的表现形式,例如梁桥、拱桥、刚构桥、斜拉桥、悬索桥等因其结构和材料的差异,受力损坏的形式也相差甚远.因此,桥梁病害在图像上也有多种不同表现,如图1所示.因此,在对桥梁病害图像检测之前,需要先对桥梁裂痕图像特征进行分析.沥青桥面铺装病害的表现形式与沥青路面类似,可以使用相同的自动识别算法,本研究所涉及的桥梁病害识别以混凝土结构病害为主.由于桥梁所处环境的特殊性和施工的复杂性,给图像采集造成了很大难度,因此现场采集到的裂缝图像容易出现模糊现象,又由于施工过程中多种人为因素的干扰,桥面裂痕图像也会具有裂痕特征不明显、杂质干扰大等特点.

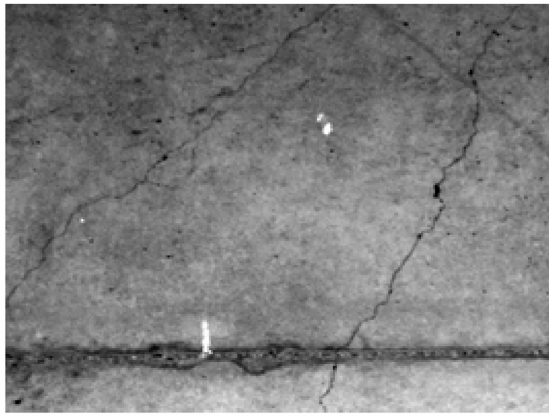
2 桥梁裂痕病害检测

根据病害的特点,首先对桥梁裂痕病害进行

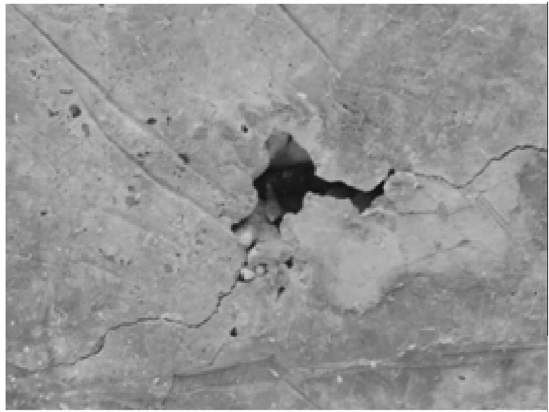
收稿日期:2014-02-24

基金项目:国家自然科学基金面上项目(61175013,61305039);湖北省自然科学基金创新群体项目(2012FFA046)

作者简介:洪汉玉(1964-),男,湖北阳新人,教授,博士,博士研究生导师.研究方向:图像识别与智能控制.



(a) 裂痕



(b) 空洞

图 1 梁式桥混凝土结构常见病害类型

Fig. 1 The common distress type of
beton concrete girder bridge

去模糊处理,然后提取病害特征,接着对伪特征进行滤除,并利用圆投影特征增强目标裂痕信息,最后得到桥梁裂痕图像提取结果,如图 2 所示。

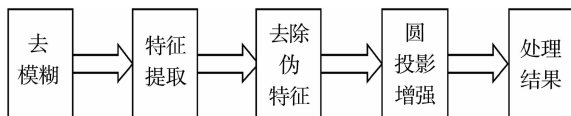


图 2 桥梁病害识别算法流程图

Fig. 2 Flow of bridge distress recognition algorithm

2.1 去模糊处理

由于桥梁周边环境的限制以及天气状况等条件的影响,在桥梁病害图像采集过程中,往往会由于对焦不准确、雨雾天气或灰尘遮挡镜头等因素导致所获取的桥梁病害图像存在模糊现象。因此,在图像检测时,首先必须对其进行去模糊处理。

由于桥梁病害图像模糊的不确定性,笔者采用统一复原方法去模糊^[5-6],其模型为:

$$\hat{f}^{(n+1)}(x) = \hat{f}^{(n)}(x) \frac{1}{(1 + \eta L(\nabla f^{(n)}))} \times \sum_{y \in Y} g(y) \frac{h(y-x)}{\sum_{z \in X} h(y-z) \hat{f}^{(n)}(z)} \quad (1)$$

2.2 桥梁病害特征提取

对桥梁病害图像进行去模糊处理后,需要提取桥梁的裂痕病害信息。笔者发现桥梁病害的灰度值与周围像素灰度值存在明显差异^[7],这一特征称为非负特征,利用非负特征提取桥梁病害信息,其模型为:

$$\sum S_{i,j} = \sum_{s=-M/2}^{M/2} \sum_{t=-N/2}^{N/2} (P_{ij} - P_{i+s,j+t}) \quad (2)$$

式(2)中: $P_{i,j}$ 为当前点像素值; $P_{i+s,j+t}$ 为滑动窗口内与当前点为邻的像素值。

2.3 桥梁病害伪特征滤除

经过去模糊处理并提取病害特征,可初步发现裂痕病害特征强度图,但由于杂波及复杂光照的干扰,特征强度图上有许多伪特征,因此伪特征消除是关键技术。主要步骤包括噪声消除和圆投影增强目标信息。

2.3.1 噪声消除 非负特征提取后,病害信息得到了凸显,但特征图中存在大量的伪特征,其表现为孤立不连续的噪声点,需要滤掉这些噪声。首先进行初步去噪,病害区域与背景噪声区域在灰度上有两方面的区别:一是病害区域的灰度均值比较大,背景区域灰度值很小;二是病害区域有裂痕等病害出现,灰度值会从很低突变到很高,或从很高迅速降到很低,灰度值会出现较大波动,病害区域内灰度方差值会较大。

通过统计每个点所在区域内的灰度均值 m_1 以及灰度方差值 σ_1 ,将它们与整幅图像的灰度均值 m 以及灰度方差值 σ 比较,如果满足 $m_1 > m$ 且 $\sigma_1 > \sigma$,那么可以认为该点是潜在的裂痕特征点,否则为噪声点。

2.3.2 圆投影增强目标信息 利用圆投影可判断区域内各点在不同角度线上的分布情况,通过统计各点分布情况可以有效地判断点是否在同一条角度线上,从而达到对不在同一条线上的点进行去噪的目的。

圆投影示意图如图 3 所示,以当前点 O 为圆心、 R 为半径的区域内建立极坐标系,其中 O 点为极点, OX 为极轴。将此极坐标系变换成直角坐标系,以极轴 OX 为直角坐标系的 x 轴正半轴,以 $\theta = \pi/2$ 的射线作为 y 轴正半轴,以极点 O 为坐标原点,建立一个直角坐标系。设 M 为平面上的一点,则它的直角坐标为 (x, y) ,极坐标为 (ρ, θ) 。

可得圆投影变换公式:

$$\begin{cases} x = \rho \cos \theta \\ y = \rho \sin \theta \end{cases} \quad (3)$$

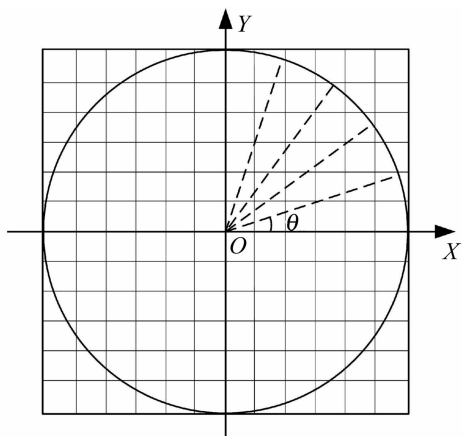


图3 圆投影示意图

Fig. 3 Illustration diagram of circle projection

对图像圆形区域进行圆投影后,可得到在不同角度方向上点的分布情况.由于裂痕上的点具有分

过圆投影,将特征信息增强,同时进一步消除剩余噪声.

3 实验结果与分析

为测试该算法的效果及性能,在微机(Pentium IV, 2.40 GHz, 1 G)上对桥梁裂痕病害图像进行一系列的测试.

3.1 去模糊前后特征提取对比实验

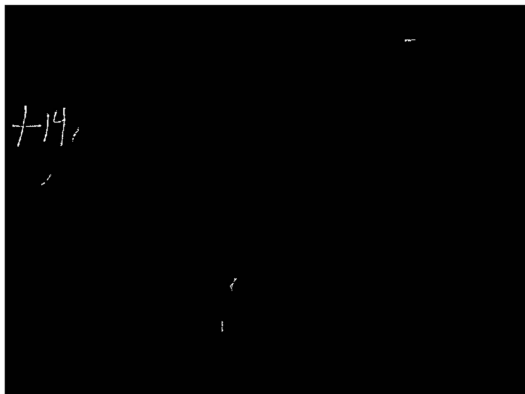
图4(a)是一张桥梁裂痕病害图像,比较模糊.图4(b)是去模糊处理后的桥梁病害图像,去模糊后的病害图像比较清晰.分别对图4(a)和图4(b)进行检测,得到图4(c)和图4(d),从图4(c)和图4(d)结果对比中可以看出,去模糊后才能检测出桥梁裂痕信息.



(a) 模糊的桥梁病害图像



(b) 去模糊后的桥梁病害图像



(c) 模糊图像提取的桥梁病害



(d) 去模糊后提取的桥梁病害

图4 去模糊前后特征提取对比实验

Fig. 4 Comparison experiment of feature extraction before and after deblurring

3.2 非负特征提取实验

图5(a)是桥梁病害图像,图5(b)是提取的灰度统计特征.从图5(b)中可以看出,裂痕信息比较明显.

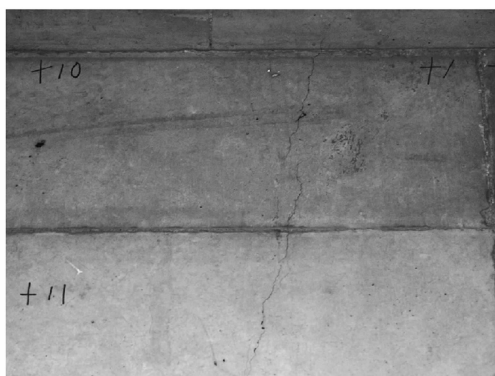
3.3 伪特征消除实验

图5(b)是噪声消除前的图像,它只进行了非负特征提取,图6是对图5(b)进行噪声消除后的图像,对比两张图片可以发现有一部分噪声已被

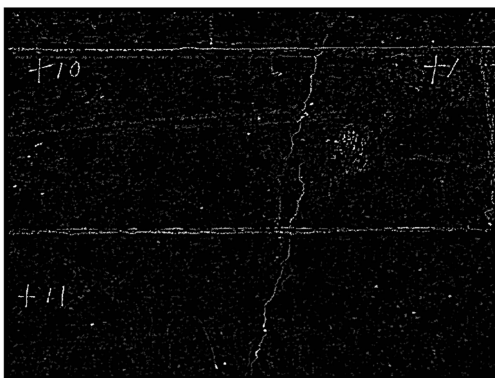
消除.图6只进行了初步的噪声消除,图7是对图6圆投影增强后的结果图.从图7可以看出,经两步处理后,提取到了较好的裂痕.

3.4 桥梁裂痕检测实验

图8(a)为桥梁裂痕图像,其检测结果为图8(b).由此可看出,笔者提出的算法能将各种细弱裂痕提取出来.



(a) 桥梁病害图像



(b) 非负特征强度

图 5 桥梁裂痕图像的非负特征提取

Fig. 5 Non-negative feature extraction of bridge fissure extraction

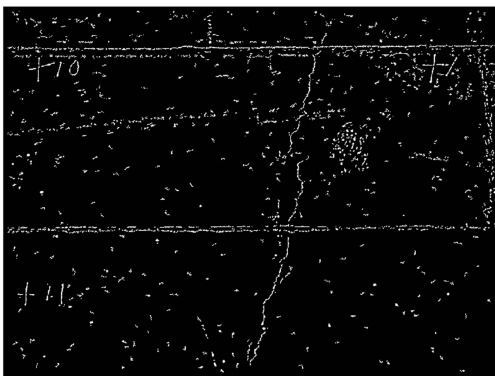


图 6 噪声消除

Fig. 6 Noise elimination

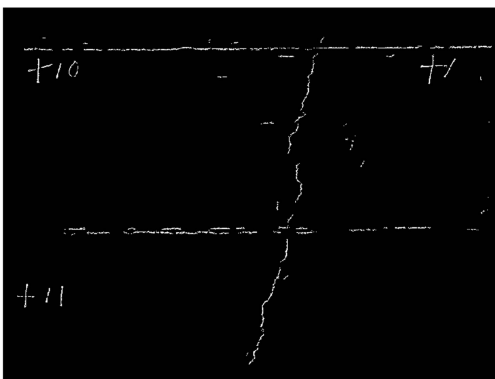
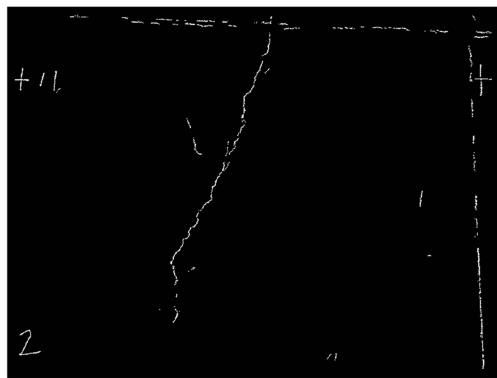


图 7 圆投影增强

Fig. 7 Circle projection enhancement



(a) 桥梁裂痕图像



(b) 图(a)的检测结果

图 8 桥梁裂痕图像检测结果

Fig. 8 Result of bridge fissure image detection

4 结 语

笔者对混凝土桥梁裂痕病害检测识别进行了研究. 针对桥梁裂痕图像模糊问题, 采用了统一复原算法进行去模糊处理, 取得了良好的效果. 桥梁病害特征主要表现为细弱裂痕, 灰度统计特征和圆投影增强在病害特征提取和噪声消除中发挥了重要作用. 实验结果表明笔者提出的算法可解决桥梁裂痕病害检测与识别的问题.

致 谢

国家自然科学基金委员会和湖北省科学技术厅对本研究提供了资金资助, 在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 洪汉玉. 现代图像图形处理与分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2011.
HONG Han-yu. Advanced processing and analysis for image and graphics[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2011. (in Chinese)
- [2] 许薛军, 张肖宁. 基于数字图像的混凝土桥梁裂缝检测技术[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2013, 40(7): 34-40.
XU Xue-jun, ZHANG Xiao-ning. Crack detection of

- concrete bridges based digital image[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2013, 40(7): 34-40. (in Chinese)
- [3] 魏武,王俊杰,蔡钊雄. 基于小波和 Radon 变换的桥梁缝检测[J]. 计算机工程与设计. 2013, 34(9): 3151-3157.
WEI Wu, WANG Jun-jie, CAI Zhao-xiong. Bridge crack detection based on wavelet and Radon transform[J]. Computer Engineering and Design. 2013, 34(9): 3151-3157. (in Chinese)
- [4] 于泳波,李万恒,张劲泉,等. 基于图像连通域的桥梁缝痕提取方法[J]. 公路交通科技, 2011, 28(7): 90-93.
YU Yong-bo, LI Wan-heng, ZHANG Jin-quan, et al. Bridge cracks extraction method based on image connected domain[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2011, 28(7): 90-93. (in Chinese)
- [5] HONG Hanyu, ZHANG Tianxu. Fast restoration approach for rotational motion blurred image based on deconvolution along the blurring paths[J]. Optical Engineering, 2003, 42(12): 3471-3486.
- [6] HONG Hanyu, LI Liangcheng, PARK In Kyu, et al. Universal deblurring method for real images using transition region [J]. Optical Engineering, 2012, 51(4): 047006-047006-10.
- [7] XU Bugao, HUANG Yaxiong. Development of an automatic pavement surface distress inspection system [R]. Austin: Center for Transportation Research, the University of Texas at Austin, 2003.

Detection and recognition method for bridge fissure

HONG Han-yu¹, ZHANG Xiu-hua¹, YE Jia-lun¹, JING Gen-qiang²

(1. Laboratory for Image Processing and Intelligent Control, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China;

2. Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: The acquired image of bridge fissure is easy to be blurred, and the bridge fissure has the characters of non-remarkable fissure feature and excessive noise, during detecting bridge fissure. To detect the bridge fissure quickly and exactly, an automatic detection and recognition method for beton concrete girder bridge was proposed. First, the blur of the acquired bridge fissure image was removed, and the bridge fissure object information was extracted from the deblurred image by using the non-negative feature. Then false features were eliminated from the feature intensity image with the variance feature method. The circle projection method was used to enhance the object fissure information and to further eliminate the false feature. Different types of experiments are implemented on bridge fissure images, which include the fissure detection result comparison experiment before and after deblurring, the feature image denoising experiment using variance feature, the object information enhancement experiment using circle projection. The results demonstrate that the method proposed in this paper is effective for the bridge fissure extraction and detection.

Key words: bridge distress; blurry crack; image feature; automatic recognition

本文编辑: 苗 变