

引用格式:贺福强,平 安,罗 红,等.局部特征聚类联合区域增长的桥梁裂缝检测[J].科学技术与工程,2019,19(34):272-277

He Fuqiang, Ping An, Luo Hong, et al. Bridge crack detection based on local feature clustering combined with regional growth[J]. Science Technology and Engineering, 2019, 19(34): 272-277

局部特征聚类联合区域增长的桥梁裂缝检测

贺福强 平 安 罗 红 姚学练

(贵州大学机械工程学院,贵阳 550025)

摘要 针对传统裂缝检测算法抗干扰能力弱,浅层裂缝易误判等问题,提出一种局部特征聚类联合区域增长的桥梁裂缝检测算法。首先,针对混凝土表皮脱落及渗水等干扰问题,采用 Gauss-Fangi 双重滤波对图像模糊化处理,退化噪声的特征信息,并增强图像中的线性结构。其次,针对常规算法无法识别弱特征的浅层裂缝问题,根据局部区域裂缝点间的空间相关性,提出基于网格聚类联合区域增长算法实现局部区域裂缝的动态分割。最后,针对分割图像中伪裂缝等顽固噪声,提出一种基于形状特征及结构相似性原理方法剔除噪声。实验表明,所提算法可检测出更多的裂缝细节信息,且保持较高的精确率,提高了裂缝图像分割质量。

关键词 图像去噪 网格聚类 区域增长 结构相似性 桥梁裂缝

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** B

裂缝是混凝土桥梁缺陷中常见的病害之一,其严重影响桥梁的结构强度。为保障桥梁的安全运营,对桥梁裂缝缺陷检测必不可少^[1]。近年来,基于数字图像处理的无损检测技术发展迅猛,针对传统的人工检测方法存在效率低、成本高等缺点得到显著的改善^[2]。目前,国内外相关研究人员基于图像处理方法针对裂缝缺陷检测做了大量的研究工作。Sorncharean 等^[3]通过分析单元格边框的明暗变化情况以及暗像素点的分布识别裂缝,但该方法对噪声比较敏感。Dinh 等^[4]提出基于 Hessian 矩阵去噪,并搜寻灰度直方图中最高峰邻近的谷值作为阈值实现分割。Nguyen 等^[5]提出自由形式各向异性(free-form anisotropy, FFA)算法对路面裂缝检测,通过迭代搜索算法寻求各方向最小权重路径,改进条件性纹理各向异性(conditional texture anisotropy, CTA)定向检测的局限性,然而算法计算量大,不适用于实时检测。Cheon 等^[6]采用多重融合重组滤波方式对裂缝图像进行去噪处理,该方法可去除不同类型的噪声,但易丢失裂缝细节信息。Prasanna 等^[7]采集局部裂缝区域与背景区域的灰度直方图用于 SVM 训练,然后对分割图像中的像素点进行曲线拟合,最终运用 SVM 模型实现分类,

该方法选用的特征参数较少,识别精确率欠佳。韩锟等^[8]采用 SVM 对图像片段进行分类,从而确定裂缝区域,最后基于种子生长法实现裂缝的分割。李帅等^[9]提出基于形态学方法对裂缝进行分割,由于结构元素大小的局限性,团状噪声无法去除。彭博等^[10]在二值裂缝图像去噪中引入结构约束,剔除孤立的连通域,而阈值分割算法无法保证裂缝区域的连续性,断裂的裂缝片段容易误删。谭小刚等^[11]提出基于小尺度分形维数的裂缝图像分割方法,通过遍历图像计算块单元中像素点的维数,对像素点进行聚类,实现裂缝的分割,该算法运算量较大,耗时较长。王德方等^[12]改进 K-means 算法对裂缝实现分割,然后采用区域生长和形态学方法对分割结果进行优化。杨洋等^[13]采用差分计盒维数算法结合灰度阈值方法对裂缝实现分割,并对其进行形态学处理,裂缝分割较为完整,但不适用于处理复杂背景的裂缝图像。

为解决复杂背景下浅层裂缝难以提取问题,提出一种局部特征聚类联合区域增长的桥梁裂缝检测算法。首先,采用 Gauss-Fangi 双重滤波方法对图像去噪并增强裂缝特征;其次,基于滑动窗口的 STING(statistical information grid)网格聚类算法检测局部区域的连通性,判断该区域是否存在裂缝;然后,从裂缝区域中优选生长点,并基于邻域相似性准则进行区域生长实现裂缝的分割;最后,基于形状特征和结构相似性原理方法剔除分割图像的团状噪声和伪裂缝结构。

2019年5月5日收到

贵州省交通科学研究院股份有限公司

科技项目(GZJKY 科技字 2017-20)资助

第一作者简介:贺福强(1975—),男,汉族,贵州遵义人,博士,副教授。E-mail:ompingle95@163.com。

1 图像预处理

1.1 背景模糊去噪

图像采集过程中,由于光照强度以及拍摄角度等原因,脱落的混凝土表层和浇筑垫板印记产生类似裂缝结构的阴影,这些伪裂缝增加了裂缝的误判率。而裂缝的梯度特征较伪裂缝更为明显,可采用适当的滤波方法减少伪裂缝的干扰。

目前主要的图像滤波方法有:均值滤波、中值滤波、高斯滤波和双边滤波。其中,均值滤波最为简单,且对边缘特征削弱较大;中值滤波去除椒盐噪声效果好,而不适用于团状噪声居多的裂缝图像;高斯滤波有很好的平滑效果,整体性要优于均值滤波和中值滤波;双边滤波的降噪效果与高斯滤波类似,且可以保护好边缘特性,但计算复杂,速度更慢。综合考虑处理速度与效果,选取二维高斯低通滤波器 $G(u, v)$ 对图像 $I(x, y)$ 进行去噪,平滑伪裂缝的梯度特征。其表达为

$$G(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式(1)中:取 $\sigma=1$, u 与 v 的平方和表示像素点到中心位置的距离。

1.2 裂缝结构增强

平滑图像后,裂缝边缘特征同样会受到一定程度的模糊,部分裂缝细节信息丢失,因此需要增强裂缝结构,提高裂缝的对比度。基于 Hessian 矩阵的 Frangi 滤波器^[15]用于提取图像中的线性结构并抑制背景,对裂缝有明显的增强效果。

Hessian 矩阵由二阶偏导数组成,计算像素点的梯度变化率。其特征值 λ_1 和 λ_2 之间的关系反映了图像的结构,如表 1 所示。

表 1 特征值与图像结构的关系

Table 1 The relationship between eigenvalues and image structure

特征值之间的关系	结构类型
$ \lambda_1 \geq \lambda_2 \approx 0$	线性结构
$ \lambda_1 \approx \lambda_2 \geq 0$	团状结构
$ \lambda_1 \approx \lambda_2 \approx 0$	片状结构

Frangi 滤波器利用 Hessian 矩阵特征值 λ_1 和 λ_2 之间的关系检测图像中的线性结构,并定义特征值线性参数 R_b 和 S 构造增强滤波函数用于区分背景和目标,其表达式为

$$V_0(s) = \begin{cases} 0, & \lambda_2 > 0 \\ \exp\left(-\frac{R_b}{2\beta^2}\right)\left[1 - \exp\left(-\frac{S^2}{2c^2}\right)\right], & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$R_b = \frac{|\lambda_1|}{\lambda_2}, \quad S = \|\mathbf{H}\|_F = \sqrt{\sum_{j=2}^n \lambda_j^2} \quad (3)$$

式中: β 和 c 用于调整 R_b 和 S 的灵敏度, β 和 c 分别为 0.5、15。

原始图像和预处理结果如图 1 和图 2 所示。

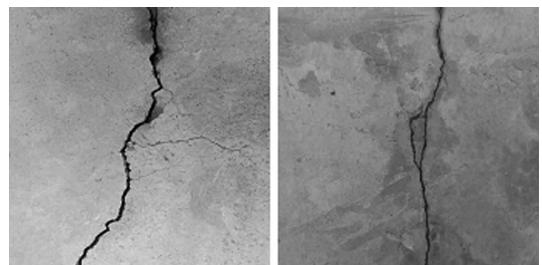


图 1 原始图像

Fig. 1 Original images

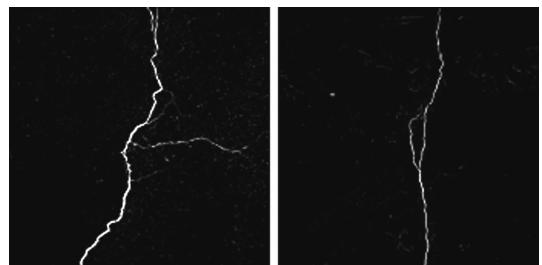


图 2 预处理结果

Fig. 2 Preprocessing results

2 裂缝的识别与分割

2.1 确定裂缝区域

在研究过程中发现,深层裂缝与浅层裂缝的灰度值存在较大的差异,基于局部灰度方差确定裂缝区域容易丢失浅层裂缝,对裂缝的提取有很大的影响。针对以上问题,基于裂缝点间空间相关性提出采用 STING 网格聚类算法确定裂缝区域。

STING 算法是一种基于统计查询的网格聚类算法,其核心思想:将高层次空间区域中每个单元格划分为互不相交的多个矩形单元,形成不同分辨率的低层次结构;统计并存储基于网格划分的低层次结构中各个单元格的数据信息,通过查询方式筛选出具有某种属性的单元,使之连通形成聚类区域。由于 STING 算法统计信息独立于查询,并且单元格数据信息只需统计一次,因此聚类实时性能高。

STING 算法运用在图像中是对像素点聚类。首先需要对图像二值化,然后将图像用网格线划分成统一尺寸的单元格,判断单元格中像素值为 1 的点数是否满足达到点数阈值,进而决定该单元格的取舍,最终对单元格进行连通形成聚类区域。

STING 算法确定裂缝区域效果和基于局部灰

度方差提取裂缝区域效果如图 3 和图 4 所示。通过对比可知, 基于 STING 聚类算法提取裂缝区域要优于局部灰度波动法, 对浅层裂缝保存得较为完整。

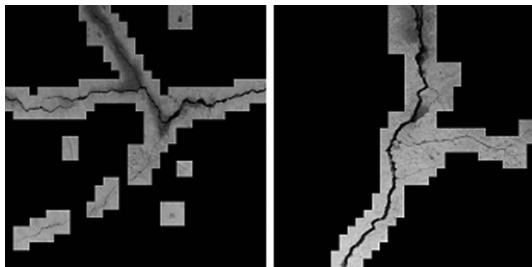


图 3 STING 算法聚类效果

Fig. 3 Clustering results of STING algorithm

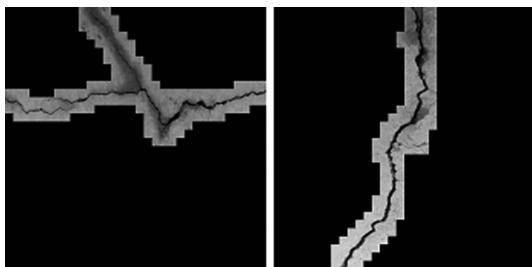


图 4 局部灰度方差提取效果

Fig. 4 Local gray level variance extraction results

2.2 裂缝的提取

确定裂缝区域后, 下一步需要从裂缝区域中提取裂缝结构, 实现分割。传统的阈值分割算法, 如大津法、最大熵值法、Niblack 算法等, 对存在渗水、表皮脱落等干扰的局部区域易造成过度分割, 无法提取裂缝。因此, 提出基于 STING 网格聚类联合区域增长算法对裂缝准确分割。

基于 STING 网格聚类联合区域增长算法核心思想如下。

(1) 对预处理后的图像进行归一化, 使像素点的灰度值归一到 0~1。

(2) 统计图像各像素点的灰度值并求其均值, 灰度均值接近于背景, 以均值 T_{mean} 作为阈值实现图像二值化。

(3) 滑动窗口得到二值图像的一个局部区域, 滑动窗口大小设置为 $n \times n$ 。

(4) STING 网格聚类算法将局部区域图像划分为 1×1 的矩形单元, 若单元格中像素点为 1 的个数小于阈值 T_1 , 则剔除该单元格并置为黑色; 反之, 保留该单元格并置为白色。最后, 保留下来的单元格以 8 连通进行聚类。

(5) 对聚类连通域设置面积阈值 T_2 , 若该窗口中存在连通域面积大于 T_2 , 则跳转到步骤(6); 否

则, 跳转到步骤(7)。

(6) 获取裂缝连通域的坐标信息, 并将其随机打乱, 从中抽取一个坐标作为种子点。

(7) 若滑窗尚未结束, 则跳转到步骤(3); 否则, 执行步骤(8)。

(8) 将选取的种子点以 8 邻域相似性准则进行区域生长。

2.3 基于形状特征和结构相似性原理去噪

裂缝图像经过上一节处理后, 大部分噪声已被剔除, 剩余噪声基本上是团状噪声和伪裂缝结构。对团状噪声提出基于连通域圆形度特征处理, 若连通域的圆形度接近 0, 表示该连通域呈线性增长, 属于裂缝结构; 若连通域圆形度接近 1, 说明该连通域为团状噪声。圆形度 T_c 的计算公式为

$$T_c = \frac{4\pi P_{\text{count}}}{C^2} \quad (4)$$

式(4)中: P_{count} 表示连通域的像素点个数; C 为连通域轮廓长度。

伪裂缝噪声的结构和灰度波动与裂缝相似, 基于传统的形态学方法对此类噪声难以去除。结构相似性 (structural similarity index, SSIM) 用于衡量两幅图像的相似性^[16]。对于两幅图像 x 和 y , 其结构相似性的数学定义为

$$\text{SSIM}(x, y) = [l(x, y)]^\alpha [c(x, y)]^\beta [s(x, y)]^\gamma \quad (5)$$

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + c_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1} \quad (6)$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + c_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2} \quad (7)$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma_{xy} + c_3}{\sigma_x\sigma_y + c_3} \quad (8)$$

式中: $l(x, y)$ 为亮度比较函数; $c(x, y)$ 为对比度比较函数; $s(x, y)$ 为结构比较函数; μ_x 和 μ_y 分别为图像 x, y 的灰度均值; σ_x 和 σ_y 分别为 x, y 的灰度方差; σ_{xy} 为 x, y 的协方差; c_1, c_2, c_3 保证分母不为零; α, β, γ 用于调整该三种特征的权重, 通常取 $\alpha = \beta = \gamma = 1$ 。SSIM 取值在 0~1, 越大说明比较的两幅图像越相似。

裂缝与其邻域的纹理及颜色存在差别, 通过比较各连通域与其邻域的结构判别裂缝可去除残留噪声。为此, 提出一种基于结构相似性原理去噪方法。具体步骤如下。

(1) 对分割图像 $B(x, y)$ 中各连通域进行标记。

(2) 选取其中一个未处理连通域, 并将其他区域置为背景, 保存图像为 $B_i(x, y)$ 。

(3) 选取 $m \times m$ 的矩形结构元素对 $B_i(x, y)$ 进行形态学膨胀运算, 记为 $BI_i(x, y)$ 。将 $BI_i(x, y)$ 减

去 $B_i(x, y)$ 得到该连通域的邻域, 记为 $BA_i(x, y)$ 。

(4) 查询 $BA_i(x, y)$ 和 $B_i(x, y)$ 中像素点为 1 的坐标, 并分别保存为数组 arr_{BA_i} 和 arr_{B_i} , 统计坐标点在原图上的 R、G、B 分量, 并求均值, 保存为数组 $mean_{BA_i}$ 和 $mean_{B_i}$ 。

(5) 将数组 $mean_{BA_i}$ 和 $mean_{B_i}$ 进行结构相似性计算, 记为 $SSIM_i$ 。

(6) 若 $SSIM_i$ 小于阈值 T_s , 则保留该区域; 反之剔除该区域。

(7) 判断是否存在未处理连通域, 若存在, 则跳转步骤(2); 若不存在, 则算法执行结束。

图 5 为基于 STING 网格聚类联合区域增长分割算法粗分割结果及基于形状特征和结构相似性原理去噪的效果, 其中, 图 5(a)~图 5(c) 为粗分割结果, 图 5(d)~图 5(f) 为去噪结果。

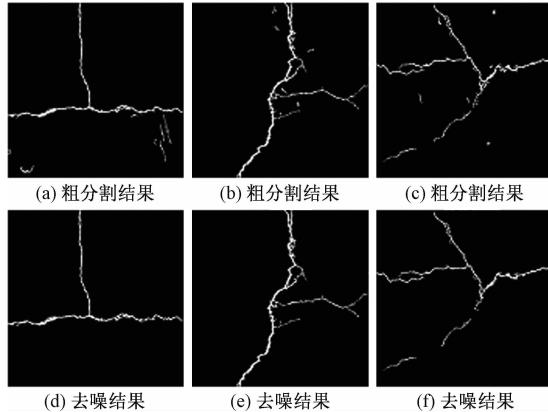


图 5 粗分割结果以及去噪结果

Fig. 5 Rough segmentation results and denoising results

3 实验与分析

3.1 算法参数确定

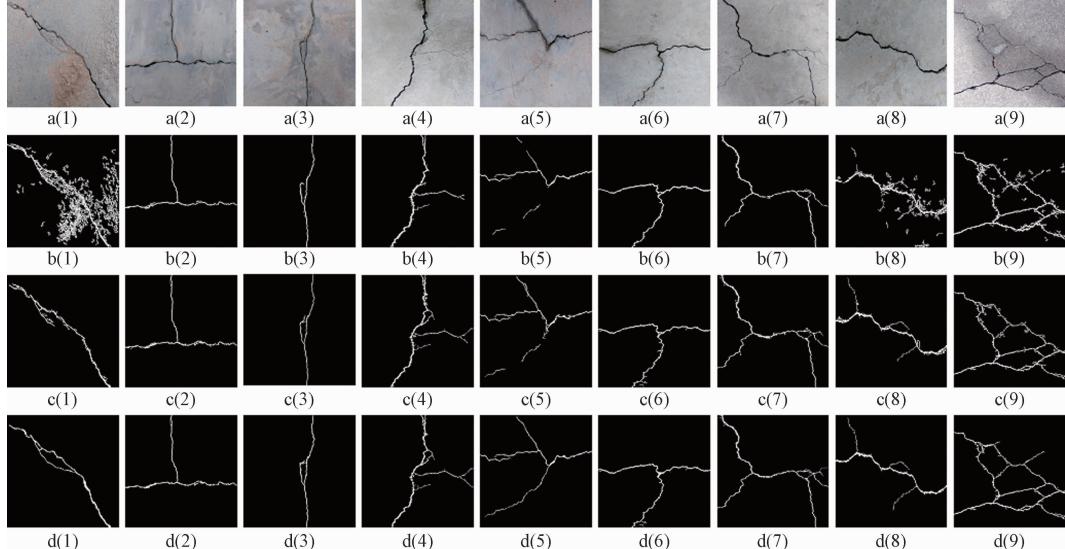
提取裂缝区域需要明确 STING 网格聚类算法的单元格尺寸 $d \times d$ 、网格点数阈值 T_1 、网格聚类个数阈值 T_2 、圆形度阈值 T_c 及结构相似性阈值 T_s 。其中, 单元格尺寸 d 和网格点数阈值 T_1 用于检测裂缝的宽度, 网格聚类个数阈值 T_2 用于检测裂缝的长度。

经过对裂缝图像具体分析, 细小裂缝宽度占 1~5 个像素, 1 个像素点宽的裂缝占少数, 为保证裂缝的完整性同时减少算法运算量, 取单元格大小为 2×2 , 网格点数阈值 $T_1 = 3$ 。以单元格大小为单位的 64×64 窗口区域尺寸变为 32×32 , 通常裂缝可以横跨整个窗口区域, 故选取 $T_2 = 32$ 。

连通域的周边区域范围取决于膨胀运算的结构元素大小。裂缝是狭长的拓扑线性结构, 对比范围不需过大。通过多次试验对比, 选取 9×9 的矩形结构元, 阈值 T_s 设置为 0.9。

3.2 实验结果与分析

选取若干张不同背景环境的裂缝图像作为实验图像, 图像背景包括渗水、混凝土砂浆粘结等干扰, 其尺寸统一为 1024×1024 像素。算法的硬件运行环境为 ThinkPad P51 s Signature Edition; 处理器: Intel(R) Core(TM) CPU i7-7500 CPU @ 2.70GHz 2.90 GHz; 安装内存 (RAM): 16.0 GB; 操作系统: Ubuntu 16.04, 软件编程语言: Matlab2017b。对比所提算法与文献[12]算法的实时性能以及分割算法质量。图 6 为对比实验结果, 第一行为裂缝原始图



a(1)~a(9) 为原始图像; b(1)~b(9) 为文献[12]算法分割结果; c(1)~c(9) 为所提算法分割结果; d(1)~d(9) 为人工提取的裂缝

图 6 对比实验

Fig. 6 Contrast experiment

像,第二行为文献[12]算法的分割结果,第三行为所提算法的分割结果,第四行为人工提取的真实裂缝。

实验结果可以看出,文献[12]算法在图像分割过程中会丢失细小裂缝,对干扰噪声较为敏感,抑制噪声的效果较差,分割损伤程度不同的裂缝容易出现断裂情况,无法保证裂缝的连续性;本文算法对裂缝的分割效果较好,对裂缝细节部分保留较为完整,有效抑制噪声,有较强的抗干扰能力,而对过于模糊的局部区域,难以识别或检测出的裂缝带有较多的毛刺。

图像分割算法质量评估采用精确率 P 和召回率 R 作为评判标准。精确率 P 表示分割结果中,真实裂缝点数所占的比例,召回率 R 表示分割结果中的真实裂缝点数占图像中实际裂缝总数的比例,精确率结合召回率可准确而全面的评估分割算法的质量。其计算公式为

$$P = \frac{C_{\text{count}}}{C_{\text{total}}}, \quad R = \frac{C_{\text{count}}}{GT_{\text{total}}} \quad (9)$$

式(9)中: C_{count} 为分割结果中正确的裂缝点个数; C_{total} 为分割结果中的像素点个数; GT_{total} 为人工提取的裂缝图像中裂缝点的个数。表 2 统计了文献[12]算法和本文算法对不同类型的裂缝图像处理的耗时 T 、精确率 P 和召回率 R 。从表 2 中可以看出所提算法相对于其他算法在实时性方面有较大的改善,精确率和召回率也有所提高。文献[12]算法需要实时更新聚类中心,并重新计算中心到各点的距离,运算量大,且易引入噪声造成大量的冗余计算,从而增加耗时;所提算法确定裂缝区域,缩小检测范围,再剔除团状噪声和伪裂缝结构,因此本文算法的实时性能和检测精度都有所提高。

表 2 不同算法的耗时 T 、精确率 P 和召回率 R 对比

Table 2 Comparison of time-consuming T , precision rate P and recall rate R of different algorithms

编号	文献[12]算法			本文算法		
	T/s	$P/%$	$R/%$	T/s	$P/%$	$R/%$
1	3.09	78.5	80.6	1.57	92.2	98.1
2	3.13	85.4	88.3	1.59	95.7	98.6
3	3.21	84.3	82.7	1.80	92.6	98.2
4	3.24	37.4	84.2	1.89	82.2	97.0
5	3.15	88.1	74.7	1.69	86.1	91.9
6	3.22	12.4	90.2	2.70	84.3	90.3
7	3.21	89.3	86.5	1.81	88.5	99.6
8	3.16	86.2	86.6	1.40	92.6	99.5
9	3.20	53.7	88.3	2.38	86.9	94.2

测算法,通过预处理方法平滑背景且增强裂缝结构,减少渗水及混凝土表皮脱落等对裂缝分割的影响;采用高效的 STING 网格聚类算法确定裂缝区域,极大地缩小了裂缝的检测范围,再结合区域增长算法快速而准确地实现裂缝分割;基于形状特征及结构相似性原理去噪方法,有效地剔除了团状和伪裂缝等顽固噪声。实验表明,所提算法的平均耗时为 1.87 s, 平均精确率达到 89.1%, 平均召回率 96.4%, 较文献[12]算法平均耗时 3.18 s 提高 1.31 s, 平均精确率 68.4% 提高 30.7%, 平均召回率 84.7% 提高 11.7%, 验证了所提算法的优异性,为解决复杂背景下的桥梁裂缝检测问题提供了一种新思路。

参 考 文 献

- 1 连小虎. 道路桥梁施工中的裂缝成因及预防措施[J]. 交通标准化, 2014, 42(1): 61-63
Lian Xiaohu. Causes and preventive measures of cracks in road and bridge construction [J]. Transportation Standardization, 2014, 42(1): 61-63
- 2 汤 勃, 孔建益, 伍世虔. 机器视觉表面缺陷检测综述[J]. 中国图象图形学报, 2017(12): 1640-1663
Tang Bo, Kong Jianyi, Wu Shiqian. Review of surface defect detection based on machine vision [J]. Journal of Image and Graphics, 2017(12): 1640-1663
- 3 Sorncharean S, Phiphobmongkol S. Crack detection on asphalt surface image using enhanced grid cell analysis[C]//4th IEEE International Symposium on Electronic Design, Test and Applications. Hong Kong, China: IEEE, 2008: 49-54
- 4 Dinh T H, Ha Q P, La H M. Computer vision-based method for concrete crack detection[C]// 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). Phuket, Thailand: IEEE, 2016: 1-6
- 5 Nguyen T S, Stephane Bégot, Duculty F, et al. Free-form anisotropy: A new method for crack detection on pavement surface images [C]//18th IEEE International Conference on Image Processing. Brussels, Belgium: IEEE, 2011: 1069-1072
- 6 Cheon M H, Hong D G, Lee D. Surface crack detection in concrete structures using image processing [C]//International Conference on Robot Intelligence Technology and Applications. Daejeon, Korea, Springer, Cham. 2017: 559-564
- 7 Prasanna P, Dana K, Gucunski N, et al. Computer-vision based crack detection and analysis [C]// Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2012. San Diego, US: International Society for Optics and Photonics, 2012. DOI: 10.1117/12.915384
- 8 韩 锰, 韩洪飞. 基于区域级和像素级特征的路面裂缝检测方法[J]. 铁道科学与工程学报, 2018(5): 1178-1186
Han Kun, Han Hongfei. Pavement crack detection method based on region-level and pixel-level features [J]. Journal of Railway Science and Engineering, 2018(5): 1178-1186
- 9 李 帅, 侯德华, 高 杰, 等. 基于数学形态学的路面裂缝图像

4 结论

提出局部特征聚类联合区域增长的桥梁裂缝检

- 处理技术[J]. 公路工程, 2018(2): 270-274
- Li Shuai, Hou Dehua, Gao Jie, et al. Research on preprocessing method of pavement crack image via mathematical morphology [J]. Highway Engineering, 2018(2): 270-274
- 10 彭博, 罗楠欣, 蒋阳升, 等. 基于双层连通性检测的路面裂缝图像去噪算法[J]. 公路交通科技, 2015, 32(11): 7-13, 26
- Peng Bo, Luo Nanxin, Jiang Yangsheng, et al. A denoising algorithm for pavement cracking images based on bi-layer connectivity checking[J]. Journal of Highway & Transportation Research & Development, 2015, 32(11): 7-13, 26
- 11 谭小刚, 张洪伟. 基于小尺度分形维数的裂缝图像分割方法[J]. 公路交通科技, 2018(5): 34-39
- Tan Xiaogang, Zhang Hongwei. A crack image segmentation method based on small scale fractal dimension [J]. Journal of Highway & Transportation Research & Development, 2018(5): 34-39
- 12 王德方, 曾卫明, 王倪传. 基于改进 K-means 算法的不均匀光线下道路裂缝检测[J]. 计算机应用与软件, 2015, 32(7): 244-247, 300
- Wang Defang, Zeng Weiming, Wang Nizhuan. Road crack detection under uneven illumination using improved K-means algorithm [J]. Computer Applications and Software, 2015, 32(7): 244-247, 300
- 13 杨洋, 王卫星. 基于差分计盒法和数学形态学的路面裂缝分割和提取方法[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(23): 6746-6750
- Yang Yang, Wang Weixing. Pavement crack segmentation and extraction approach based on differential box-counting and mathematical morphology[J]. Science Technology and Engineering, 2013, 13(23): 6746-6750
- 14 Wang W, Yang J, Muntz R. STING: a statistical information grid approach to spatial data mining[C]// Proceedings of the 23rd International Conference on Very Large Data Bases. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1997: 186-195
- 15 Frangi A F, Niessen W J, Vincken K L, et al. Multiscale vessel enhancement filtering[C]// International Conference on Medical Image Computing and Computer-assisted Intervention. West-Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg, 1998: 130-137
- 16 Wang Z, Bovik A C, Sheikh H R, et al. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4): 600-612

Bridge Crack Detection Based on Local Feature Clustering Combined with Regional Growth

HE Fu-qiang, PING An, LUO Hong, YAO Xue-lian

(School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

[Abstract] Aiming at the problems such as weak anti-interference ability of traditional crack detection algorithm and easy misjudgment of shallow cracks, a local feature clustering combined with area growth algorithm for bridge crack detection was proposed. Firstly, in order to solve the problem of crack segmentation affected by the concrete cuticle shedding and water seepage, the Gauss-Frangi dual filter was used to blur the image, degrade the characteristic information of noise, and enhance the linear structure in the image. Secondly, aiming at the problem of shallow cracks with weak features that could not be recognized by conventional algorithms, according to the spatial correlation between crack points in local regions, a new algorithm based on grid clustering combined with regional growth algorithm was proposed to realize the dynamic segmentation of local regional cracks. Finally, a method based on shape feature and structure similarity principle was proposed to eliminate the pseudo-crack noises in the image segmentation. Experiments show that the proposed algorithm can detect more details of cracks, maintain a high accuracy rate, and improve the quality of crack image segmentation.

[Key words] image denoising grid clustering regional growth structural similarity crack detection