



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105975972 B

(45)授权公告日 2019.05.07

(21)申请号 201610269077.8

G06K 9/62(2006.01)

(22)申请日 2016.04.27

G01N 21/88(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105975972 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2016.09.28

CN 101915764 A,2010.12.15,
CN 103440657 A,2013.12.11,
CN 103048329 A,2013.04.17,

(73)专利权人 湖南桥康智能科技有限公司
地址 410000 湖南省长沙市万家丽南路二段18号

齐超.“桥梁裂缝检测中图像识别方法”.《万方数据知识服务平台》.2015,

(72)发明人 姚剑 刘亚辉 万智 刘康
谢仁平 夏孟涵

齐超.“桥梁裂缝检测中图像识别方法”.《万方数据知识服务平台》.2015,

(74)专利代理机构 长沙星耀专利事务所(普通合伙) 43205

ZICHENG GUO etc.,“Fast Fully Parallel Thinning Algorithms”.《Cvgip Image Understanding》.1992,第55卷(第3期),

代理人 许伯严

审查员 白利敏

(51)Int.Cl.

G06K 9/46(2006.01)

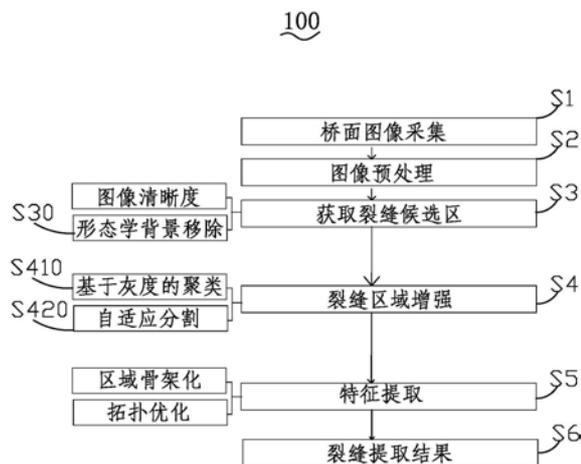
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法

(57)摘要

本发明提供一种基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法。所述一种基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法包括如下步骤:步骤一、桥面图像采集;步骤二:图像预处理;步骤三、获取裂缝候选区;步骤四、裂缝区域增强;步骤五、特征提取;步骤六:裂缝结果提取。本发明的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法,基于桥梁表面图像,检测裂缝区域并提取描述特征,算法简单、高效,并且实验测试显示具有较高的精度。



1. 一种基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一、桥面图像采集;

步骤二:图像预处理:使用高斯平滑滤波,减弱图像中的噪声干扰,具体为:利用高斯平滑滤波,去除混凝土结构表面存在的孤立噪声点,同时保留好裂缝区域的结构;

步骤三、获取裂缝候选区:利用基于图像清晰度的自适应形态学背景移除的方法,初步移除图像非裂缝区域,获取裂缝候选区域,具体为:利用灰度图像闭运算原理,并根据每张照片拍摄时成像的清晰程度,以及人的视觉裂缝生成原理,即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多,并且裂缝的长度要远大于宽度的原理,自动地生成背景移除的系数,通过此方法获得图像背景,即非裂缝区域,从而获得初步的裂缝区域;

所述形态学背景移除的方法包括如下步骤:

步骤三一、通过形态学操作获取背景图像:利用人的视觉裂缝生成原理,即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多,并且裂缝的长度要远大于宽度的原理,获取背景图像;

步骤三二、自动生成背景移除系数:在0到1的补偿系数范围内自动生成适合的背景移除系数;

所述步骤三二中,所述补偿系数与清晰度成反比选定,所述清晰度评价方法采用Tenen Grad清晰度评价方法,包括如下步骤:

步骤三二一、确定梯度大小:根据水平梯度与垂直梯度平方和的算术平方根,确定梯度大小;

步骤三二二、确定最终的清晰度评价值:根据预设的阈值,获得最终的清晰度评价值;

步骤三三、获取图像背景:利用灰度图像闭运算原理,将图像的灰度值拉伸到0到255,再通过线性变换函数获得图像背景;

步骤四、裂缝区域增强:利用灰度聚类的方法,进一步增强前一步的结果,然后使用局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域;

所述步骤四中的所述利用灰度聚类的方法为:利用裂缝区域颜色暗于背景区域,且裂缝区域之间差异性不大,以及聚类分析原理,对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较,获取能量值高的灰度图像,进一步移除图像非裂缝区域,增强获取裂缝候选区域;

具体包括如下步骤:

步骤四一一、可靠区域的灰度值的集合:对图像进行全局二值分割,得到可靠区域范围,然后与原灰度图像进行求交集,在可靠区域范围内的灰度值被添加到集合中;

步骤四一二、获取灰度聚类中心:通过裂缝候选区域中的可靠区域的灰度值的集合的算术平均值,获得灰度聚类中心;

步骤四一三、图像灰度聚类值判断:通过对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较,获取能量值高的灰度图像;

所述步骤四中的所述局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域具体包括如下步骤:

步骤四二一、获取灰度级为阈值的类间方差:通过背景、目标部分的灰度均值及概率,获得灰度级为阈值的类间方差;

步骤四二二、搜索最大类间方差确定分割阈值：在灰度级为0到最大灰度级的搜索空间内寻找最大类间方差，确定分割阈值；

步骤四二三、确定每个像素值对应的分割阈值：根据统计局部灰度特征，根据图像中窗口的灰度均值，获得局部自适应阈值；

步骤四二四、局部自适应二值分割获得最终裂缝区域：通过分割阈值及自适应阈值，使用全局与局部加权分割的方法，将全局与局部阈值结合，保留全局与局部的特征，达到较理想的分割，获得最终的裂缝区域；

步骤五、特征提取：利用二值图像骨架化方法，提取裂缝区域的骨架特征，根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征，优化骨架化结果；

所述的利用二值图像骨架化方法，提取裂缝区域的骨架特征，具体为利用Guo-Hall Thinning8-邻域细化算法，生成二值图像区域的骨架结构线；

所述的根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征，优化骨架化结果，具体为：对区域细化处理后的由于裂缝区域上存在的孔隙或断裂，而破坏了原本具有良好邻接性和连通性的裂缝结构，对裂缝碎片进行二维拓扑关系分析，对关键点进行关键点连接，将邻近或具有良好连接性的裂缝碎片拼接在一起；

步骤六：裂缝结果提取。

2. 根据权利要求1所述的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法，其特征在于，所述步骤三三后还包括：应用二维高斯平滑滤波处理所述获取的图像背景。

基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性材料测量装置领域,特别涉及一种基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法。

背景技术

[0002] 随着我国经济发展、城市化进程加快、高铁等国家工程飞速发展,在公路、铁路或是城市农村水利建设中,修建的跨越障碍的各类桥梁数目日益激增,桥梁在国民经济发展中起着举足轻重的作用,同时也是我国综合实力的一种体现。由于桥梁的普遍存在性,桥体结构的安全性和持久性不容忽视。裂缝作为一种主要的桥体结构病害特征,对桥体结构的耐久性和安全性产生的危害最大,因此,裂缝是其健康状况的主要评价指标之一。

[0003] 目前的检测方法仍然以人工检测为主,存在很多不足之处:

[0004] (1) 检测效率低:耗时,需要安装或拆卸手架等设备;

[0005] (2) 检测精度低:主要以人眼进行观察检测,容易受到人的主观因素的影响;

[0006] (3) 劳动强度大:桥梁多,检测工作量大,单纯依靠人工完成,强度很大;

[0007] (4) 安全性低:检测人员需要下到桥梁底下进行检测,安全没有保障;

[0008] (5) 成本高:使用大量的人力、物力进行检测,花费高;

[0009] (6) 信息化程度低:无法精确建立桥梁裂缝历史数据,不便于危险桥梁的管理和维护,亦无法给政府管理部门提供决策支撑信息。

[0010] 这些不足导致目前的检测现状完全不能适应当下的桥梁建设与发展。

[0011] 近几年来,基于图像视觉方法检测盒提取道路裂缝的算法相继被提出,这使得道路裂缝的自动化、智能化检测上有了较大的发展。桥梁结构裂缝与道路路面裂缝检测相类似,但前者更为复杂,主要表现为两个方面:第一,桥梁结构的复杂性导致基于视觉图像方法在获取数据时难度极大增加,桥梁结构上表面与道路基本一致,数据相对容易获取,目前也有实用化的系统投入生产,但是,至今都未出现有效的数据获取与处理系统针对其下表面;第二,道路路面纹理特征相对简单、单一,裂缝特征一般具有一致性,而桥梁底部表面纹理相对复杂,存在大量的斑点、污迹、水渍、检测标志线等大量“噪声”,裂缝检测与提取的难度更大。这两点极大限制了桥梁结构裂缝自动化检测与智能化结构安全监测。

[0012] 对裂缝特征的不同理解,使得人们提出的裂缝检测方法也各种各样,大部分算法利用的基本特征是一致的,而且算法的流程也大致相同:预处理,裂缝区域检测与分割,后处理与特征描述。裂缝作为一种看似简单,却因为其背景及本身结构特征而具有多变性和复杂性的目标,现有的道路裂缝检测算法仍存在较多缺陷,远不能满足其需求。

[0013] 简言之,用于检测裂缝的特征多种多样,但是简单而又高效的检测还是一个难点,如何将纷杂多样的裂缝与背景特征较好的分割开,如何快速提取裂缝特征快速重建裂缝结构特征都是非常具有挑战性的问题。本专利在一定程度上解决这些问题,提出了基于形态学的背景移除算法和基于灰度信息聚类与分割的方法,实现在复杂场景下的裂缝检测,之后利用特征线的含有结构信息的对裂缝结构实现二维拓扑关系优化。

发明内容

[0014] 为了解决现有桥梁检测过程中由于道路路面纹理特征相对简单、单一,裂缝特征一般具有一致性,而桥梁底部表面纹理相对复杂,存在大量的斑点、污迹、水渍、检测标志线等大量“噪声”,裂缝检测与提取的难度大的技术问题,本发明提供一种能将纷杂多样的裂缝与背景特征较好的分割开,能快速提取裂缝特征快速重建裂缝结构特征的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法。

[0015] 本发明提供的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法,包括如下步骤:

[0016] 步骤一、桥面图像采集;

[0017] 步骤二:图像预处理:使用高斯平滑滤波,减弱图像中的噪声干扰,具体为:利用高斯平滑滤波,去除混凝土结构表面存在的孤立噪声点,同时保留好裂缝区域的结构;

[0018] 步骤三、获取裂缝候选区:利用基于图像清晰度的自适应形态学背景移除的方法,初步移除图像非裂缝区域,获取裂缝候选区域,具体为:利用灰度图像闭运算原理,并根据每张照片拍摄时成像的清晰程度,以及人的视觉裂缝生成原理,即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多,并且裂缝的长度要远大于宽度的原理,自动地生成背景移除的系数,通过此方法获得图像背景,即非裂缝区域,从而获得初步的裂缝区域;

[0019] 所述形态学背景移除的方法包括如下步骤:

[0020] 步骤三一、通过形态学操作获取背景图像:利用人的视觉裂缝生成原理,即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多,并且裂缝的长度要远大于宽度的原理,获取背景图像;

[0021] 步骤三二、自动生成背景移除系数:在0到1的补偿系数范围内自动生成适合的背景移除系数;

[0022] 所述步骤三二中,所述补偿系数与清晰度成反比选定,所述清晰度评价方法采用 Tenen Grad清晰度评价方法,包括如下步骤:

[0023] 步骤三二一、确定梯度大小:根据水平梯度与垂直梯度平方和的算术平方根,确定梯度大小;

[0024] 步骤三二二、确定最终的清晰度评价价值:根据预设的阈值,获得最终的清晰度评价价值;

[0025] 步骤三三、获取图像背景:利用灰度图像闭运算原理,将图像的灰度值拉伸到0到255,再通过线性变换函数获得图像背景;

[0026] 步骤四、裂缝区域增强:利用灰度聚类的方法,进一步增强前一步的结果,然后使用局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域;

[0027] 所述步骤四中的所述利用灰度聚类的方法为:利用裂缝区域颜色暗于背景区域,且裂缝区域之间差异性不大,以及聚类分析原理,对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较,获取能量值高的灰度图像,进一步移除图像非裂缝区域,增强获取裂缝候选区域;

[0028] 具体包括如下步骤:

[0029] 步骤四一一、可靠区域的灰度值的集合:对图像进行全局二值分割,得到可靠区域范围,然后与原灰度图像进行求交集,在可靠区域范围内的灰度值被添加到集合中;

[0030] 步骤四一二、获取灰度聚类中心:通过裂缝候选区域中的可靠区域的灰度值的集

合的算术平均值,获得灰度聚类中心;

[0031] 步骤四一三、图像灰度聚类值判断:通过对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较,获取能量值高的灰度图像;

[0032] 所述步骤四中的所述局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域具体包括如下步骤:

[0033] 步骤四二一、获取灰度级为阈值的类间方差:通过背景、目标部分的灰度均值及概率,获得灰度级为阈值的类间方差;

[0034] 步骤四二二、搜索最大类间方差确定分割阈值:在灰度级为0到最大灰度级的搜索空间内寻找最大类间方差,确定分割阈值;

[0035] 步骤四二三、确定每个像素值对应的分割阈值:根据统计局部灰度特征,根据图像中窗口的灰度均值,获得局部自适应阈值;

[0036] 步骤四二四、局部自适应二值分割获得最终裂缝区域:通过分割阈值及自适应阈值,使用全局与局部加权分割的方法,将全局与局部阈值结合,保留全局与局部的特征,达到较理想的分割,获得最终的裂缝区域;

[0037] 步骤五、特征提取:利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征,根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征,优化骨架化结果;

[0038] 所述的利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征,具体为利用Guo-Hall Thinning8-邻域细化算法,生成二值图像区域的骨架结构线;

[0039] 所述的根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征,优化骨架化结果,具体为:对区域细化处理后的由于裂缝区域上存在的孔隙或断裂,而破坏了原本具有良好邻接性和连通性的裂缝结构,对裂缝碎片进行二维拓扑关系分析,对关键点进行关键点连接,将邻近或具有良好连接性的裂缝碎片拼接在一起;

[0040] 步骤六:裂缝结果提取。

[0041] 在本发明提供的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的一种较佳实施例中,所述步骤三三后还包括:应用二维高斯平滑滤波处理所述获取的图像背景。

[0042] 相对于现有技术,本发明的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法具有如下的有益效果:

[0043] 一、基于桥梁表面图像,检测裂缝区域并提取描述特征,增强裂缝区域,抑制噪声和非裂缝区域,能将纷杂多样的裂缝与背景特征较好的分割开,能快速提取裂缝特征快速重建裂缝结构特征,算法简单、高效,并且实验测试显示具有较高的精度。

[0044] 二、采用高斯平滑滤波、灰度图像闭运算原理、形态学的背景移除算法、利用灰度聚类的方法、局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域、利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征及根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征等各种方法,去除混凝土结构表面存在大量的孤立噪声点及混凝土、水泥表面存在的噪声干扰,同时保留好裂缝区域的结构,并对去噪结果进行优化,使测量结果具有较高的精度。

[0045] 三、利用高斯平滑滤波,去除混凝土结构表面存在大量的斑点、污迹等孤立噪声点,同时保留好裂缝区域的结构。使用了“TenenGrad”清晰度评价方法,获得补偿系数 α 的赋值,再通过背景移除算法,具有更为陡峭的变化特性,抗噪性能好,聚焦灵敏度高和可靠性高与人眼的视觉感受比较吻合的特点,进一步降噪;利用灰度聚类的方法中,在可靠区域范

围内的灰度值被添加到集合这一过程其实是对裂缝候选区域的一个简单筛选,没有直接使用背景移除后的区域作为裂缝区域,主要是考虑到由于混凝土、水泥表面存在的噪声干扰,通过全局二值分割使这一干扰进一步弱化,尽可能选取最为显著的候选区作为可靠裂缝区域;采用全局与局部阈值结合的方法,可以在一定程度上减弱图像光照不均和局部空白区域的影响,提高抗噪能力,改善分割效果。利用局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域,采用全局与局部阈值结合的方法,可以在一定程度上减弱图像光照不均和局部空白区域的影响,提高抗噪能力,改善分割效果。利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征的方法可以稳定得产生单像素宽度的骨架线,但是在细化的过程中,很容易受原区域提取结果的影响,尤其是当区域中存在孔隙和小分支时,这在裂缝区域检测中普遍存在,本文在进行细化算法前,使用形态学膨胀填补区域中的孔隙;采用根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征的方法,在满足较好的邻近性或者良好的连接性时,就可以将两者所在的裂缝碎片拼接在一起,在局部可以把拼接方法简化近似为直线连接。

附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图,其中:

[0047] 图1是本发明提供的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法一较佳实施例的结构示意图;

[0048] 图2是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的形态学背景移除的方法一较佳实施例的流程图;

[0049] 图3是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的利用灰度聚类的方法一较佳实施例的流程图;

[0050] 图4是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域一较佳实施例的流程图。

具体实施方式

[0051] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0052] 请一并参阅图1至图4,其中图1是本发明提供的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法一较佳实施例的结构示意图,图2是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的形态学背景移除的方法一较佳实施例的流程图,图3是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的利用灰度聚类的方法一较佳实施例的流程图,图4是图1所示的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法的局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域一较佳实施例的流程图。

[0053] 所述基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法包括如下步骤:

- [0054] 步骤S1、桥面图像采集；
- [0055] 步骤S2、图像预处理：使用高斯平滑滤波，减弱图像中的噪声干扰；
- [0056] 具体为：利用高斯平滑滤波，去除混凝土结构表面存在的斑点、污迹等孤立噪声点，同时保留好裂缝区域的结构。
- [0057] 步骤S3、获取裂缝候选区：利用基于图像清晰度的自适应形态学背景移除的方法S30，初步移除图像非裂缝区域，获取裂缝候选区域，具体为：利用灰度图像闭运算原理，并根据每张照片拍摄时成像的清晰程度，以及人的视觉裂缝生成原理，即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多，并且裂缝的长度要远大于宽度的原理，自动地生成背景移除的系数，通过此方法获得图像背景，即非裂缝区域，从而获得初步的裂缝区域；
- [0058] 所述形态学背景移除的方法S30包括如下步骤：
- [0059] 步骤S31、通过形态学操作获取背景图像：利用人的视觉裂缝生成原理，即沿着裂缝的光强度通常要比其他背景区域暗得多，并且裂缝的长度要远大于宽度的原理，获取背景图像；
- [0060] 步骤S32、自动生成背景移除系数：在0到1的补偿系数范围内自动生成适合的背景移除系数；
- [0061] 所述补偿系数与清晰度成反比选定，所述清晰度评价方法采用Tenen Grad清晰度评价方法S320，包括如下步骤：
- [0062] 步骤S321、确定梯度大小：根据水平梯度与垂直梯度平方和的算术平方根，确定梯度大小；
- [0063] 步骤S322、确定最终的清晰度评价价值：根据预设的阈值，获得最终的清晰度评价价值。
- [0064] 步骤S33、获取图像背景：利用灰度图像闭运算原理，将图像的灰度值拉伸到0到255，再通过线性变换函数获得图像背景；
- [0065] 步骤S34、应用二维高斯平滑滤波处理所述获取的图像背景。
- [0066] 步骤S4、裂缝区域增强：利用灰度聚类的方法S410，进一步增强前一步的结果，然后使用局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域S420；
- [0067] 所述利用灰度聚类的方法S410为：利用裂缝区域颜色暗于背景区域，且裂缝区域之间差异性不大，以及聚类分析原理，对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较，获取能量值高的灰度图像，进一步移除图像非裂缝区域，增强获取裂缝候选区域；
- [0068] 具体包括如下步骤：
- [0069] 步骤S411、可靠区域的灰度值的集合：对图像进行全局二值分割，得到可靠区域范围，然后与原灰度图像I进行求交集，在可靠区域范围内的灰度值被添加到集合 I_s 中；
- [0070] 步骤S412、获取灰度聚类中心：通过裂缝候选区域中的可靠区域的灰度值的集合的算术平均值，获得灰度聚类中心；
- [0071] 步骤S413、图像灰度聚类值判断：通过对每个像素的灰度值与灰度聚类中心通过聚类函数进行比较，获取能量值高的灰度图像；
- [0072] 所述局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域S420具体包括如下步骤：
- [0073] 步骤S421、获取灰度级为阈值的类间方差：通过背景、目标部分的灰度均值及概

率,获得灰度级为阈值的类间方差;

[0074] 步骤S422、搜索最大类间方差确定分割阈值:在灰度级为0到最大灰度级的搜索空间内寻找最大类间方差,确定分割阈值;

[0075] 步骤S423、确定每个像素值对应的分割阈值:根据统计局部灰度特征,根据图像中窗口的灰度均值,获得局部自适应阈值;

[0076] 步骤S424、局部自适应二值分割获得最终裂缝区域:通过分割阈值及自适应阈值,使用全局与局部加权分割的方法,将全局与局部阈值结合,保留全局与局部的特征,达到较理想的分割,获得最终的裂缝区域。

[0077] 步骤S5、特征提取:利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征,根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征,优化骨架化结果;

[0078] 所述的利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征,具体为利用Guo-Hall Thinning8-邻域细化算法,生成二值图像区域的骨架结构线。

[0079] 所述的根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征,优化骨架化结果,具体为:对区域细化处理后的由于裂缝区域上存在的孔隙或断裂,而破坏了原本具有良好邻接性和连通性的裂缝结构,对裂缝碎片进行二维拓扑关系分析,对关键点进行关键点连接,将邻近或具有良好连接性的裂缝碎片拼接在一起。

[0080] 步骤S6:裂缝结果提取。

[0081] 本发明的基于影像的桥梁裂缝检测与特征提取方法100及其测量方法具有如下的有益效果:

[0082] 一、基于桥梁表面图像,检测裂缝区域并提取描述特征,增强裂缝区域,抑制噪声和非裂缝区域,能将纷杂多样的裂缝与背景特征较好的分割开,能快速提取裂缝特征快速重建裂缝结构特征,算法简单、高效,并且实验测试显示具有较高的精度。

[0083] 二、采用高斯平滑滤波、灰度图像闭运算原理、形态学的背景移除算法S30、利用灰度聚类的方法S410、局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域S420、利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征及根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征等各种方法,去除混凝土结构表面存在大量的孤立噪声点及混凝土、水泥表面存在的噪声干扰,同时保留好裂缝区域的结构,并对去噪结果进行优化,使测量结果具有较高的精度。

[0084] 三、利用高斯平滑滤波,去除混凝土结构表面存在大量的斑点、污迹等孤立噪声点,同时保留好裂缝区域的结构。使用了“TenenGrad”清晰度评价方法S320,获得补偿系数 α 的赋值,再通过背景移除算法S30,具有更为陡峭的变化特性,抗噪性能好,聚焦灵敏度高和可靠性高与人眼的视觉感受比较吻合的特点,进一步降噪;利用灰度聚类的方法S410中,在可靠区域范围内的灰度值被添加到集合这一过程其实是对裂缝候选区域的一个简单筛选,没有直接使用背景移除后的区域作为裂缝区域,主要是考虑到由于混凝土、水泥表面存在的噪声干扰,通过全局二值分割使这一干扰进一步弱化,尽可能选取最为显著的候选区作为可靠裂缝区域;采用全局与局部阈值结合的方法,可以在一定程度上减弱图像光照不均和局部空白区域的影响,提高抗噪能力,改善分割效果。利用局部自适应的二值化分割方法获得最终的裂缝区域S420,采用全局与局部阈值结合的方法,可以在一定程度上减弱图像光照不均和局部空白区域的影响,提高抗噪能力,改善分割效果。利用二值图像骨架化方法,提取裂缝区域的骨架特征的方法可以稳定得产生单像素宽度的骨架线,但是在细化的

过程中,很容易受原区域提取结果的影响,尤其是当区域中存在孔隙和小分支时,这在裂缝区域检测中普遍存在,本文在进行细化算法前,使用形态学膨胀填补区域中的孔隙;采用根据裂缝的连续性和平滑性的空间结构特征的方法,在满足较好的邻近性或者良好的连接性时,就可以将两者所在的裂缝碎片拼接在一起,在局部可以把拼接方法简化近似为直线连接。

[0085] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其它相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

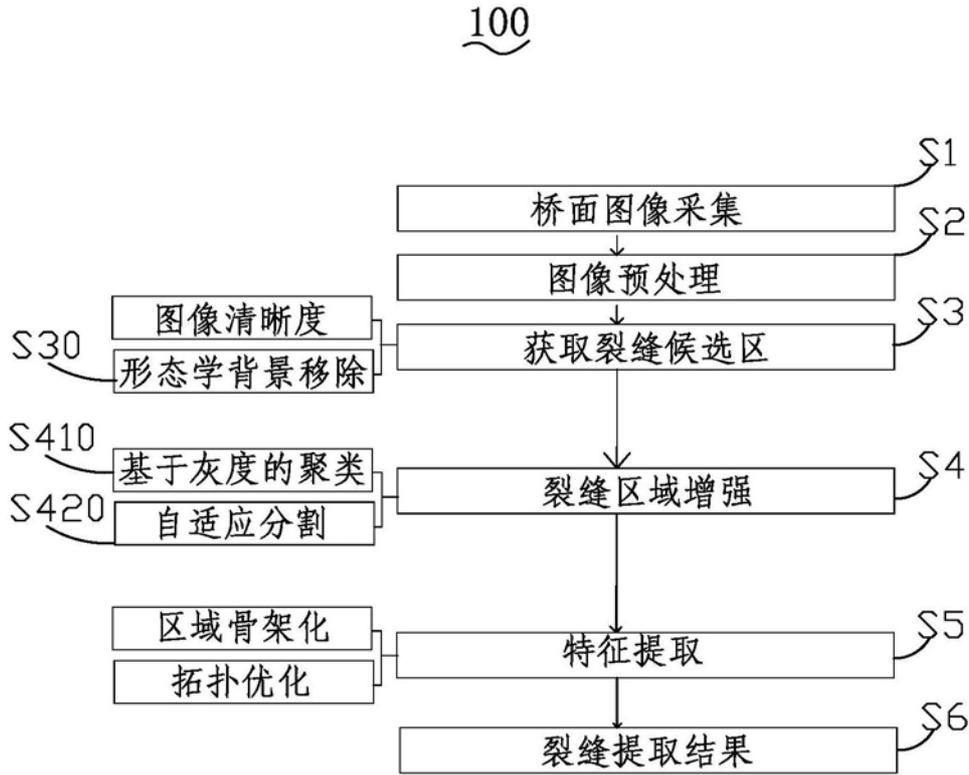


图1

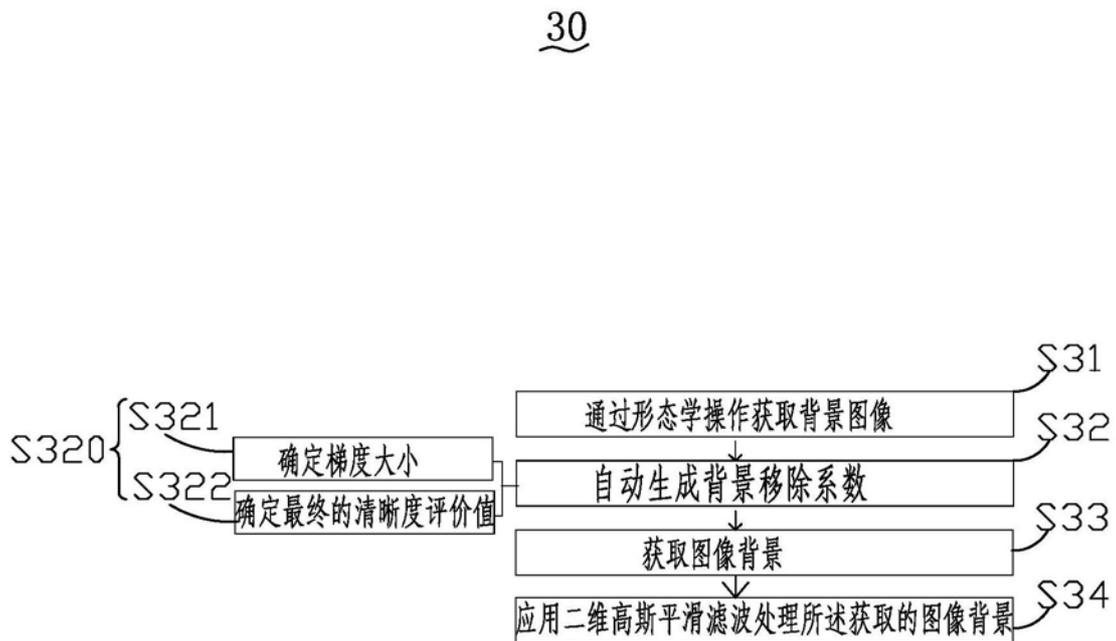


图2

410

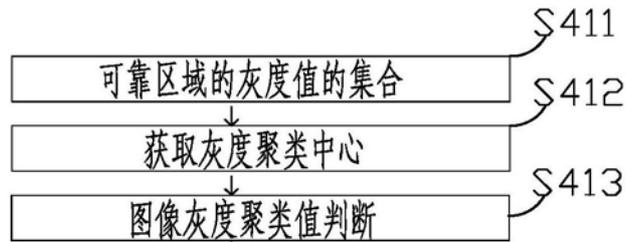


图3

420

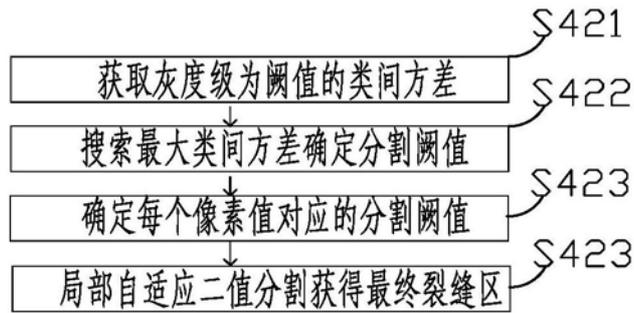


图4