



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111580098 B

(45) 授权公告日 2021.07.06

(21) 申请号 202010357101.X CN 109255180 A, 2019.01.22

(22) 申请日 2020.04.29 CN 109508353 A, 2019.03.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111580098 A CN 106772342 A, 2017.05.31

(43) 申请公布日 2020.08.25 CN 110992197 A, 2020.04.10

(73) 专利权人 深圳大学 CN 109991601 A, 2019.07.09

地址 518060 广东省深圳市南山区南海大道3688号 CN 106205061 A, 2016.12.07

CN 106251249 A, 2016.12.21

(72) 发明人 汪驰升 熊思婷 朱武 胡忠文 CN 209055105 U, 2019.07.02

张德津 涂伟 周宝定 张勤 CN 109541592 A, 2019.03.29

李清泉 CN 106767613 A, 2017.05.31

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事 CN 104111457 A, 2014.10.22

务所(普通合伙) 44268 xiaoqiong qin etc.. "A bridge-tailored

代理人 陈专 朱阳波 multi-temporal DInSAR approach for remote

(51) Int. Cl. exploration of deformation

G01S 13/89 (2006.01) characteristics and mechanisms of

(56) 对比文件 complexly structured bridges".《ISPRS》

CN 110188126 A, 2019.08.30 .2019,

CN 108919266 A, 2018.11.30 xiaoqiong qin etc.. "A bridge-tailored

CN 106767613 A, 2017.05.31 multi-temporal DInSAR approach for remote

CN 109100720 A, 2018.12.28 exploration of deformation

CN 107665570 A, 2018.02.06 characteristics and mechanisms of

complexly structured bridges".《ISPRS》

.2019,

审查员 白璇

权利要求书2页 说明书10页 附图2页

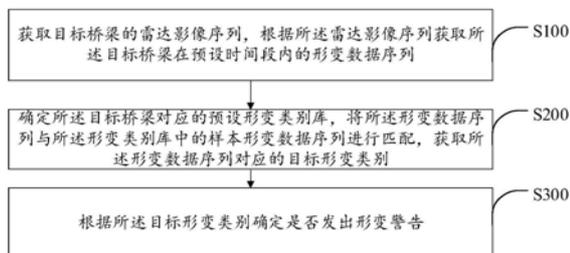
(54) 发明名称

一种桥梁形变监测方法、终端以及存储介质

(57) 摘要

本发明公开了一种桥梁形变监测方法、终端及存储介质。所述桥梁形变监测方法包括：获取目标桥梁的雷达影像序列，根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列；确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库，将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配，获取所述形变数据序列对应的目标形变类别；根据所述目标形变类别确定是否发出形变警告。本发明可以实现低成本地对桥梁进行形变监测的效果。

CN 111580098 B



1. 一种桥梁形变监测方法,其特征在于,所述桥梁形变监测方法包括:

获取目标桥梁的雷达影像序列,根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列;

确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库,将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,获取所述形变数据序列对应的目标形变类别;

根据所述目标形变类别确定是否发出形变警告;

所述将所述形变数据序列与所述预设形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配之前包括:

获取样本桥梁的样本雷达影像序列,根据所述样本雷达影像序列获取所述样本形变数据序列;

对所述样本形变数据序列进行分类,确定所述样本形变数据序列的形变类别,将所述样本形变数据序列与形变类别的对应关系存储至所述预设形变类别库中;

所述预设形变类别库中的样本形变数据序列对应的样本桥梁与所述目标桥梁的类别一致;

所述将所述形变数据序列与预设的形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,获取所述形变数据序列对应的目标形变类别包括:

获取所述形变数据序列分别与各个样本形变数据序列的相关系数;

获取相关系数最高的样本形变数据序列对应的形变类别作为所述目标形变类别;

所述相关系数的计算公式为:

$$r(D, S^k) = \frac{\text{Cov}(D, S^k)}{\sqrt{\text{Var}[D]\text{Var}[S^k]}};$$

其中,D为所述目标桥梁的所述形变数据序列, S^k 为索引为k的形变类别中的样本形变数据序列, $r(D, S^k)$ 为D和 S^k 的相关系数, $\text{Cov}(D, S^k)$ 为D和 S^k 的协方差, $\text{Var}[D]$ 为D的方差, $\text{Var}[S^k]$ 为 S^k 的方差。

2. 根据权利要求1所述的桥梁形变监测方法,其特征在于,所述形变数据序列包括按照时间顺序排列的多个形变数据,每个形变数据为所述目标桥梁在所述预设时间段内的相邻两个影像的时间间隔中产生的形变数据;所述根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在所述预设时间段内的形变数据序列包括:

对于所述预设时间段内的每个目标影像,分别获取所述目标影像与第一影像的总干涉相位;

根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据;

其中,所述第一影像为所述雷达影像序列中与所述目标影像相邻且早于所述目标影像的雷达影像。

3. 根据权利要求2所述的桥梁形变监测方法,其特征在于,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据包括:

根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位;

根据所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位获取所述形变数据。

4. 根据权利要求3所述的桥梁形变监测方法,其特征在于,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位包括:

获取所述目标影像与所述第一影像对应的高程数据,并根据所述高程数据获取高程相位,将所述总干涉相位减去所述高程相位,获取第一相位;

在所述第一相位中提取大气相位和温度相位;

根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位。

5. 根据权利要求4所述的桥梁形变监测方法,其特征在于,所述在所述第一相位中提取大气相位和温度相位包括:

通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位;

所述通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位包括:

在第N次提取大气相位和温度相位时:将所述第一相位减去第1次至第N-1次提取的大气相位和温度相位的总和,获取第二相位;

从所述第二相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位并剔除,获取第三相位;

在所述第三相位中提取大气相位和温度相位;

当在所述第三相位中提取的大气相位和温度相位低于预设阈值时,停止提取大气相位和温度相位。

6. 根据权利要求5所述的桥梁形变监测方法,其特征在于,所述根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变和所述非线性形变包括:

将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的中间时间线性形变相位作为所述时间线性形变相位;

将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的第三相位中减去最后一次提取的大气相位和温度相位,获取所述非线性形变相位。

7. 一种终端,其特征在于,所述终端包括:处理器、与处理器通信连接的存储介质,所述存储介质适于存储多条指令,所述处理器适于调用所述存储介质中的指令,以执行实现如权利要求1-6任一项所述的桥梁形变监测方法的步骤。

8. 一种存储介质,其特征在于,所述存储介质存储有一个或者多个程序,所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现如权利要求1-6任一项所述的桥梁形变监测方法的步骤。

一种桥梁形变监测方法、终端以及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁监测技术领域，特别涉及一种桥梁形变监测方法、终端以及存储介质。

背景技术

[0002] 桥梁作为重要的交通设施，其长期安全运行具有重大的意义，在桥梁建成之后需要对桥梁的形变状态进行监测，在此基础上对其安全性进行评估并进行桥梁养护。目前桥梁的形变监测方法主要有传统的人工检视法和基于传感器的监测法等，人工检视法通常需要大量的人力，并且在检视作业时需要暂停桥梁使用，监测成本高、效率低，而基于传感器的监测法只能获取安装了传感器的采样点的信息，对于跨径大的桥梁而言需要安装很多的传感器，成本也很高。

[0003] 因此，现有技术还有待改进和提高。

发明内容

[0004] 本发明提供一种桥梁形变监测方法、终端及存储介质，旨在解决现有技术中桥梁形变监测成本高的问题。

[0005] 为了解决上述技术问题，本发明所采用的技术方案如下：

[0006] 一种桥梁形变监测方法，其中，所述桥梁形变监测方法包括：

[0007] 获取目标桥梁的雷达影像序列，根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列；

[0008] 确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库，将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配，获取所述形变数据序列对应的目标形变类别；

[0009] 根据所述目标形变类别确定是否发出形变警告。

[0010] 所述的桥梁形变监测方法，其中，所述形变数据序列包括按照时间顺序排列的多个形变数据，每个形变数据为所述目标桥梁在所述预设时间段内的相邻两个影像的时间间隔中产生的形变数据；所述根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在所述预设时间段内的形变数据序列包括：

[0011] 对于所述预设时间段内的每个目标影像，分别获取所述目标影像与第一影像的总干涉相位；

[0012] 根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据；

[0013] 其中，所述第一影像为所述雷达影像序列中与所述目标影像相邻且早于所述目标影像的雷达影像。

[0014] 所述的桥梁形变监测方法，其中，所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据包括：

[0015] 根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间

间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位；

[0016] 根据所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位获取所述形变数据。

[0017] 所述的桥梁形变监测方法,其中,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位包括:

[0018] 获取所述目标影像与所述第一影像对应的高程数据,并根据所述高程数据获取高程相位,将所述总干涉相位减去所述高程相位,获取第一相位;

[0019] 在所述第一相位中提取大气相位和温度相位;

[0020] 根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位。

[0021] 所述的桥梁形变监测方法,其中,所述在所述第一相位中提取大气相位和温度相位包括:

[0022] 通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位;

[0023] 所述通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位包括:

[0024] 在第N次提取大气相位和温度相位时:将所述第一相位减去第1次至第N-1次提取的大气相位和温度相位的总和,获取第二相位;

[0025] 从所述第二相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位并剔除,获取第三相位;

[0026] 在所述第三相位中提取大气相位和温度相位;

[0027] 当在所述第三相位中提取的大气相位和温度相位低于预设阈值时,停止提取大气相位和温度相位。

[0028] 所述的桥梁形变监测方法,其中,所述根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变和所述非线性形变包括:

[0029] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的中间时间线性形变相位作为所述时间线性形变相位;

[0030] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的第三相位中减去最后一次提取的大气相位和温度相位,获取所述非线性形变相位。

[0031] 所述的桥梁形变监测方法,其中,所述将所述形变数据序列与所述预设形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配之前包括:

[0032] 获取样本桥梁的样本雷达影像序列,根据所述样本雷达影像序列获取所述样本形变数据序列;

[0033] 对所述样本形变数据序列进行分类,确定所述样本形变数据序列的形变类别,将所述样本形变数据序列与形变类别的对应关系存储至所述预设形变类别库中。

[0034] 所述的桥梁形变监测方法,其中,所述将所述形变数据序列与预设的形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,获取所述形变数据序列对应的目标形变类别包括:

[0035] 获取所述形变数据序列分别与各个样本形变数据序列的相关系数;

[0036] 获取相关系数最高的样本形变数据序列对应的形变类别作为所述目标形变类别。

[0037] 一种终端,其中,所述终端包括:处理器、与处理器通信连接的存储介质,所述存储介质适于存储多条指令,所述处理器适于调用所述存储介质中的指令,以执行实现上述桥

梁形变监测方法的步骤。

[0038] 一种存储介质,其中,所述存储介质存储有一个或者多个程序,所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现上述桥梁形变监测方法的步骤。

[0039] 有益效果:与现有技术相比,本发明提供了一种桥梁形变监测方法、终端及存储介质,所述桥梁形变监测方法通过桥梁的雷达影像序列来获取桥梁的形变数据,与形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,确定桥梁的形变类别,并根据形变类别确定是否发出形变警告,雷达影像的成本低,因此本发明可以实现低成本地对桥梁进行形变监测的效果。

附图说明

[0040] 图1为本发明提供的桥梁形变监测方法的实施例的流程图;

[0041] 图2为本发明提供的桥梁形变监测方法的实施例子步骤流程图一;

[0042] 图3为本发明提供的桥梁形变监测方法的实施例子步骤流程图二;

[0043] 图4为本发明提供的桥梁形变监测方法的实施例子步骤流程图三;

[0044] 图5为本发明提供的终端的实施例的结构原理图。

具体实施方式

[0045] 为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0046] 本发明提供了一种桥梁形变监测方法,是可以应用在终端中,所述终端包括但不限于各种高性能计算机、个人计算机、移动终端等。

[0047] 实施例一

[0048] 请参照图1,图1为本发明提供的桥梁形变监测方法的一个实施例的流程图。所述桥梁形变监测方法包括步骤:

[0049] S100、获取目标桥梁的雷达影像序列,根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列。

[0050] 所述目标桥梁即为需要进行监测的桥梁,所述目标桥梁的雷达影像序列可以是下载得到的原始雷达影像数据中的各个原始雷达影像进行处理得到,具体地,在本实施例中,可以通过Python、Bash等脚本语言实现雷达影像的全自动下载,对所述原始雷达影像序列中的各个雷达影像进行处理可以通过GAMMA软件(瑞士的一种干涉雷达影像处理软件)实现,具体地,在下载得到原始雷达影像数据后,可通过GAMMA软件进行解压缩,并根据所述目标桥梁的所在区域对原始雷达影像进行剪裁,生成保留所述目标桥梁的部分的子影像,从而获取所述目标桥梁的所述雷达影像序列,所述雷达影像序列中是时序序列,也就是说,所述雷达影像序列中的影像是按时间顺序排列的。

[0051] 所述预设时间段是从当前时间开始往前一定时长的时间段,所述预设时间段可以根据实际情况自行设定,例如,所述预设时间段可以是当前时间往前1个月,或者从当前时间往前3个月等。所述形变数据序列包括按照时间顺序排列的多个形变数据,每个形变数据为所述目标桥梁在所述预设时间段内的向量两个影像的时间间隔中产生的形变数据。具体地,由于雷达影像是间隔一定的时间生成的,那么,根据两张雷达影像的区别可以获取到

所述目标桥梁在两张雷达影像的时间间隔中产生的形变。那么,在获取到所述目标桥梁的所述雷达影像序列之后,根据所述雷达影像序列中的每两个相邻的图像就可以得到一个形变数据;而所述雷达影像序列是按时间排序的,那么,就可以获取到所述预设时间段内对应的雷达影像,根据所述预设时间段内的雷达影像获取到形变数据组成所述形变数据序列,所述形变数据序列中的形变数据也是按照时间顺序排列的。

[0052] 所述根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列包括:

[0053] S110、对于所述预设时间段内的每个目标影像,分别获取所述目标影像与第一影像的总干涉相位。

[0054] 所述目标影像是所述雷达影像序列中所述预设时间段对应的各个雷达影像。所述第一影像是所述雷达影像序列中与所述目标影像相邻且早于所述目标影像的影像,前面已经说明,所述目标影像与所述第一影像的总干涉相位是根据永久散射点获取的,具体地,提取雷达影像中的永久散射点已经在现有的GAMMA软件中实现,包括基于时序影像强度的提取方法和基于单影影像谱的提取方法等。在提取到永久散射点之后,可以根据永久散射点生成所述目标影像与所述第一影像的总干涉相位,此为现有技术,在此不再赘述。

[0055] S120、根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据。

[0056] 具体地,所述总干涉相位反映了所述目标影像与所述第一影像之间的差别,而桥梁的形变是导致差别产生的原因之一,因此,可以根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据。

[0057] 请参阅图2,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据包括:

[0058] S121、根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位。

[0059] 具体地,时间线性形变是与时间呈线性关系的形变,也就是说,时间线性形变只与时间有关,非线性形变是桥梁产生的突然形变,非线性形变与时间、温度等变量不存在线性关系。

[0060] 而桥梁的形变还与温度有关,雷达影像之间的变化除了桥梁形变之外,还与地形、大气等因素相关,而对于桥梁监测,需要关心的是时间线性形变和非线性形变,因此,需要从所述总干涉相位中提取时间线性形变对应的相位和非线性形变对应的相位。

[0061] 具体地,请参阅图3,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位包括:

[0062] S121a、获取所述目标影像与所述第一影像对应的高程数据,并根据所述高程数据获取高程相位,将所述总干涉相位减去所述高程相位,获取第一相位。

[0063] 具体地,高程数据是反映了地形的数据,根据所述目标桥梁的所在区域可以获取所述目标桥梁所在区域的高程数据,高程数据可以根据现有资源下载得到,根据所述高程数据获取高程相位,将所述总干涉相位减去所述高程相位,就去除了所述总干涉相位中由地形影像产生的相位。

[0064] S121b、在所述第一相位中提取大气相位和温度相位。

[0065] 大气相位反映了大气对雷达影像产生的影像,温度相位反映了温度导致的形变对雷达影像产生的影像。具体地,大气相位在时间上为高频,在空间上为低频信号,采用时间和空间域的高低频滤波可以提取大气相位。由于温度导致的形变与温度可以看做是线性的关系,因此,可以搜集所述目标桥梁的温度信息并通过二维线性回归的方法分析出温度与形变的关系,这通常是一个膨胀系数,进而根据温度与形变的关系获取所述目标桥梁在所述目标影像和所述第一影像的时间间隔中产生的温度形变,并得到温度相位。

[0066] 由于大气相位和温度相位的存在误差,因此,在本实施例中,所述在所述第一相位中提取大气相位和温度相位是通过迭代的方式在所述第一相位中提取大气相位和温度相位。

[0067] 具体地,迭代是一种不断用变量的旧值递推新值的过程,也就是说,通过多次提取大气相位和温度相位来确定准确度更高的大气相位和温度相位,所述通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位包括:

[0068] 请参阅图4,在第N次提取大气相位和温度相位时,进行如下步骤:

[0069] S10、将所述第一相位减去第1次至第N-1次提取的大气相位和温度相位的总和,获取第二相位;

[0070] S20、从所述第二相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位并剔除,获取第三相位;

[0071] S30、在所述第三相位中提取大气相位和温度相位;

[0072] 重复上述步骤多次提取大气相位和温度相位,当在所述第三相位中提取的大气相位和温度相位低于预设阈值时,停止提取大气相位和温度相位。

[0073] 为了便于理解,下面详细说明第1次到第3次提取大气相位和温度相位的方法。

[0074] 在第1次提取大气相位和温度相位时,不存在前一次提取的大气相位和温度相位,此时直接将所述第一相位作为所述第二相位并执行步骤S20,直接从所述第一相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位,并在所述第一相位中减去所述中间时间线性形变相位和中间高程误差相位,获取所述第三相位。

[0075] 中间时间线性形变相位是根据当前的第一相位提取出的与时间成线性关系的形变带来的相位,中间线性形变相位可以通过二维线性回归的方法获取形变与时间的线性关系,进而根据时间间隔获取线性形变,得到中间线性形变相位。高程误差相位是由于高程数据的误差产生的相位,具体地,由于空间基线的影像,高程数据存在误差,因此,在本实施例中还提取高程误差相位,更准确地在所述总干涉相位中去除地形导致的相位部分。

[0076] 在获取所述第三相位后,执行步骤S30,从所述第三相位中提取大气相位和温度相位。而此时提取出的大气相位和温度相位存在误差,为了进一步接近大气相位和温度相位的准确值,继续进行提取大气相位和温度相位的过程。

[0077] 在第2次提取大气相位和温度相位时,首先执行步骤S10,在所述第一相位中减去第1次提取的大气相位和温度相位,即,第1次提取大气相位和温度相位时,在步骤S30提取出的大气相位和温度相位,得到所述第二相位。再执行步骤S20,从所述第二相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位,并剔除,得到所述第三相位。再执行步骤S30,从所述第三相位中提取大气相位和温度相位,不难看出,此时在步骤S30中是在所述第一相位中去除前一次提取的大气相位和温度相位之后再提取的大气相位和温度相位,也就是说,

是提取去除前一次提取的大气相位和温度相位之后的相位中的残留大气相位和温度相位。

[0078] 在第3次提取大气相位和温度相位时,在步骤S10中,在所述第一相位中减去第1次和第2次提取的大气相位和温度相位的总和,即,两次的步骤S30中提取到的大气相位和温度相位的和,得到所述第二相位后,执行步骤S20和步骤S30,在所述第二相位中分离出中间时间线性形变相位和中间高程误差相位,得到所述第三相位,再从所述第三相位提取大气相位和温度相位。

[0079] 以此类推,直到从所述第三相位中提取的大气相位和温度相位小于预设阈值,则不再进行大气相位和温度相位的提取。从前面的说明不难看出,每次在步骤S30中是在所述第一相位中去除之前每次提取的大气相位和温度相位的和之后的相位中提取残留大气相位和温度相位,当在步骤S30中提取的大气相位和温度相位足够小,则说明残留的大气相位和温度相位很小,此时可以认为大气相位和温度相位已经被充分提取。在本实施例中,当残留的大气相位和温度相位小于预设阈值时,不再进一步提取大气相位和温度相位。所述预设阈值可以根据终端的计算能力、监测精确度等因素进行设置。

[0080] 值得说明的是,在每次提取大气相位和温度相位时,所述第一相位是维持不变的,而每次获取的所述第二相位和所述第三相位会相应改变。

[0081] 请再次参阅图3,所述在所述第一相位中提取大气相位和温度相位之后包括:

[0082] S121c、根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位。

[0083] 具体地,所述根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位包括:

[0084] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的中间时间线性形变相位作为所述时间线性形变相位;

[0085] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的第三相位中减去最后一次提取的大气相位和温度相位,获取所述非线性形变相位。

[0086] 具体地,最后一次提取的大气相位和温度相位已经小于预设阈值,说明在此之前已经将大气相位和温度相位提取充分,而最后一次提取大气相位和温度相位时获取的中间时间线性形变相位是在所述第一相位中分离出之前每次提取的大气相位和温度相位的总和之后得到的,也就是说,是在所述第一相位中分离出准确的大气相位和温度相位之后得到的,那么直接获取该中间时间线性形变相位作为所述时间线性形变相位。

[0087] 将最后一次提取大气相位和温度相位获取的第三相位减去最后一次提取的大气相位和温度相位后就去除了地形、大气、温度以及时间线性形变对应的相位,得到的结果即为所述非线性形变相位。

[0088] 请再次参阅图2,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据还包括:

[0089] S122、根据所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位获取所述形变数据。

[0090] 在获取到所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位后,将所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位转化为形变,可以得到时间线性形变和非线性形变,将所述时间线性形变和所述非线性形变相加,得到所述形变数据。

[0091] 请参阅图1,所述桥梁形变监测方法还包括:

[0092] S200、确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库，将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配，获取所述形变数据序列对应的形变类别。

[0093] 具体地，在本实施例中，可以是预先设置至少一个形变类别库，各个形变类别库分别对应不同类别的桥梁，形变类别库和桥梁的对应关系可以是根据桥梁的跨径、材料、用途等分类标准进行确定，例如，形变类别库一对应的是钢筋混凝土、跨径在1000m以上的桥，形变类别库二对应的是预应力混凝土、跨径在1000m以下的桥等。根据所述目标桥梁的种类，可以确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库。

[0094] 所述预设形变类别库中存储有多个样本形变数据序列，所述将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配之前包括：

[0095] 获取样本桥梁的样本雷达影像序列，根据所述样本雷达影像序列获取所述样本形变数据序列；

[0096] 对所述样本形变数据序列进行分类，确定所述样本形变数据序列的形变类别，将所述样本形变数据序列与形变类别的对应关系存储至所述预设形变类别库中。

[0097] 具体地，所述样本桥梁可以为所述目标桥梁，也可以为其他的桥梁，由于所述预设形变类别库是与所述目标桥梁的类别对应的形变类别库，那么，所述预设形变类别库中的样本形变数据序列对应的样本桥梁应与所述目标桥梁的类别一致。

[0098] 获取所述样本桥梁的样本雷达影像序列的方法与获取所述目标桥梁的雷达影像序列的方法一致，在此不再赘述。而根据所述样本雷达影像序列获取所述样本形变数据序列的方法与获取所述目标桥梁的形变数据序列的方法类似，只是所述样本形变数据序列中包括的样本形变数据并不局限于所述预设时间段内，而可以是多个其他的时间段。

[0099] 在获取到所述样本形变数据序列之后，对所述样本形变数据序列进行分类，具体地，所述样本形变数据序列有多个，将具有同样的特性的样本形变数据序列归为一类。对所述样本形变数据序列进行分类可以是采用聚类分析方法，在本实施例中，采用层次聚类和K均值分析法的结合来进行分类。具体地，首先，不设置类别数量，由层次分类自动聚集相似的类别，其结果再输入K均值分类器中进行分类，K均值分类器中设置形变类别数量，最终输出分类结果。所述类别数量可以自行设置，例如，3个、4个等。在将具有同样的特性的样本形变数据序列分为一类后，可以对各个形变类别进行标记，例如，根据某个类别中样本形变数据序列的特性，标记为长期危险形变、短期危险形变、长期微小形变、短期突然形变等。

[0100] 在对各个类别的样本形变数据序列进行标记后，就建立了所述样本形变数据序列与形变类别的对应关系，将所述对应关系存储至所述预设形变类别库中，这样，当所述目标桥梁的所述形变数据序列与其中的某个样本形变数据序列匹配时，就可以确定所述形变数据序列对应的形变类别。

[0101] 具体地，所述将所述形变数据序列与预设的形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配，获取所述形变数据序列对应的目标形变类别包括：

[0102] S210、获取所述形变数据序列分别与各个样本形变数据序列的相关系数；

[0103] S220、获取相关系数最高的样本形变数据序列对应的形变类别作为所述目标形变类别。

[0104] 在获取到所述目标桥梁的所述形变数据序列后，确定与所述形变数据序列的特性相符的样本形变数据序列，在本实施例中，通过计算所述形变数据序列分别与各个样本形

变数据序列的相关系数来确定与所述形变数据序列特性最一致的样本形变数据序列。在本实施例中,是获取所述目标桥梁的所述形变数据序列与样本形变数据序列的线性相关系数

作为所述相关系数,所述相关系数的计算公式可以为: $r(D, S^k) = \frac{Cov(D, S^k)}{\sqrt{Var[D]Var[S^k]}}$,其中,D

为所述目标桥梁的所述形变数据序列, S^k 为索引为k的形变类别中的样本形变数据序列, $r(D, S^k)$ 为D和 S^k 的相关系数, $Cov(D, S^k)$ 为D和 S^k 的协方差, $Var[D]$ 为D的方差, $Var[S^k]$ 为 S^k 的方差。

[0105] 与所述形变数据序列的相关系数最高的样本形变数据序列是与所述形变数据序列的特性最相似的,在获取所述形变数据序列分别与各个样本形变数据序列的相关系数后,获取相关系数最高的样本形变数据序列对应的形变类别作为所述目标桥梁对应的目标形变类别。

[0106] 如图1所示,所述桥梁形变监测方法还包括:

[0107] S300、根据所述目标形变类别确定是否发出形变警告。

[0108] 具体地,可以预先为各个形变类别设置相应的警告标识,例如,将形变类别一设置为不需警告,形变类别二设置为需要一般警告,形变类别三设置为紧急警告等,在获取所述目标桥梁对应的所述目标形变类别后,根据所述目标形变类别对应的警告标识确定是否发出形变警告以及发出什么样的警告,从而实现在所述目标桥梁存在形变安全风险时及时预警的效果。

[0109] 综上所述,本发明提供一种桥梁形变监测方法,所述桥梁形变监测方法通过桥梁的雷达影像序列来获取桥梁的形变数据,与形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,确定桥梁的形变类别,并根据形变类别确定是否发出形变警告,雷达影像的成本低,因此本发明可以实现低成本地对桥梁进行形变监测的效果。

[0110] 应该理解的是,虽然本发明说明书附图中给出的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,流程图中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段,这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些子步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0111] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(DDRSDRAM)、增强型SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink)DRAM(SLDRAM)、存储器总线(Rambus)直接RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM(RDRAM)等。

[0112] 实施例二

[0113] 基于上述实施例,本发明还提供了一种终端,其原理框图可以如图5所示。该终端包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏、温度传感器。其中,该终端的处理器用于提供计算和控制能力。该终端的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该终端的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种桥梁形变监测方法。该终端的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏,该终端的温度传感器是预先在终端内部设置,用于监测内部设备的当前运行温度。

[0114] 本领域技术人员可以理解,图5中示出的原理框图,仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图,并不构成对本发明方案所应用于其上的终端的限定,具体的终端可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0115] 在一个实施例中,提供了一种终端,包括存储器和处理器,存储器中存储有计算机程序,该处理器执行计算机程序时至少可以实现以下步骤:

[0116] 获取目标桥梁的雷达影像序列,根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在预设时间段内的形变数据序列;

[0117] 确定所述目标桥梁对应的预设形变类别库,将所述形变数据序列与所述形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,获取所述形变数据序列对应的目标形变类别;

[0118] 根据所述目标形变类别确定是否发出形变警告。

[0119] 其中,所述形变数据序列包括按照时间顺序排列的多个形变数据,每个形变数据为所述目标桥梁在所述预设时间段内的相邻两个影像的时间间隔中产生的形变数据;所述根据所述雷达影像序列获取所述目标桥梁在所述预设时间段内的形变数据序列包括:

[0120] 对于所述预设时间段内的每个目标影像,分别获取所述目标影像与第一影像的总干涉相位;

[0121] 根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据;

[0122] 其中,所述第一影像为所述雷达影像序列中与所述目标影像相邻且早于所述目标影像的雷达影像。

[0123] 其中,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的形变数据包括:

[0124] 根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位;

[0125] 根据所述时间线性形变相位和所述非线性形变相位获取所述形变数据。

[0126] 其中,所述根据所述总干涉相位获取所述目标桥梁在所述目标影像与所述第一影像的时间间隔中产生的时间线性形变相位和非线性形变相位包括:

[0127] 获取所述目标影像与所述第一影像对应的高程数据,并根据所述高程数据获取高程相位,将所述总干涉相位减去所述高程相位,获取第一相位;

[0128] 在所述第一相位中提取大气相位和温度相位;

[0129] 根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变相位和

所述非线性形变相位。

[0130] 其中,所述在所述第一相位中提取大气相位和温度相位包括:

[0131] 通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位;

[0132] 所述通过迭代的方式在所述第一相位提取大气相位和温度相位包括:

[0133] 在第N次提取大气相位和温度相位时:将所述第一相位减去第1次至第N-1次提取的大气相位和温度相位的总和,获取第二相位;

[0134] 从所述第二相位中提取中间时间线性形变相位和中间高程误差相位并剔除,获取第三相位;

[0135] 在所述第三相位中提取大气相位和温度相位;

[0136] 当在所述第三相位中提取的大气相位和温度相位低于预设阈值时,停止提取大气相位和温度相位。

[0137] 其中,所述根据所述第一相位、所述大气相位和所述温度相位获取所述时间线性形变和所述非线性形变包括:

[0138] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的中间时间线性形变相位作为所述时间线性形变相位;

[0139] 将最后一次提取大气相位和温度相位时获取的第三相位中减去最后一次提取的大气相位和温度相位,获取所述非线性形变相位。

[0140] 其中,所述将所述形变数据序列与所述预设形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配之前包括:

[0141] 获取样本桥梁的样本雷达影像序列,根据所述样本雷达影像序列获取所述样本形变数据序列;

[0142] 对所述样本形变数据序列进行分类,确定所述样本形变数据序列的形变类别,将所述样本形变数据序列与形变类别的对应关系存储至所述预设形变类别库中。

[0143] 其中,所述将所述形变数据序列与预设的形变类别库中的样本形变数据序列进行匹配,获取所述形变数据序列对应的目标形变类别包括:

[0144] 获取所述形变数据序列分别与各个样本形变数据序列的相关系数;

[0145] 获取相关系数最高的样本形变数据序列对应的形变类别作为所述目标形变类别。

[0146] 实施例三

[0147] 本发明还提供了一种存储介质,所述存储介质存储有一个或者多个程序,所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行,以实现上述实施例一所述的桥梁形变监测方法的步骤。

[0148] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

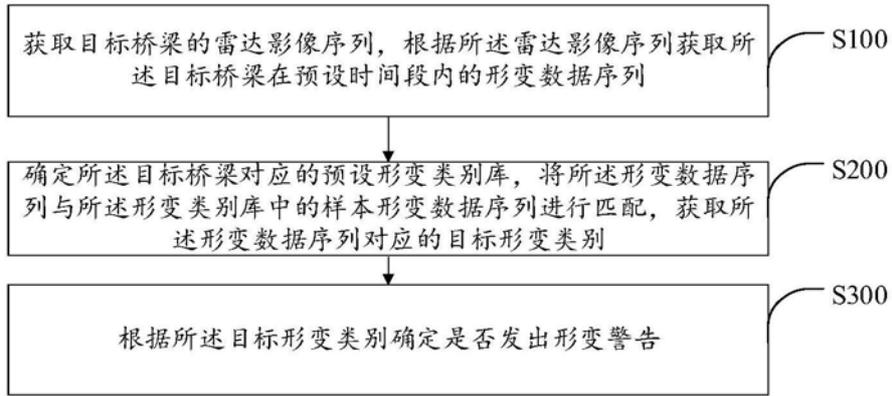


图1

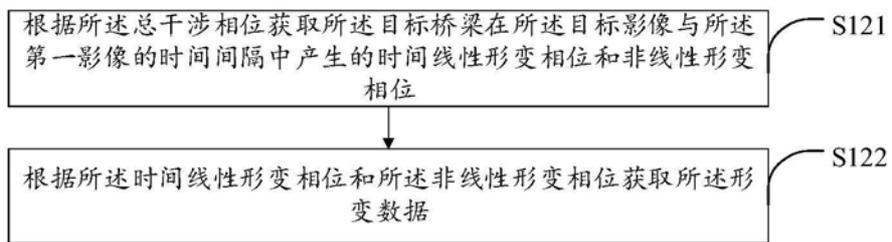


图2

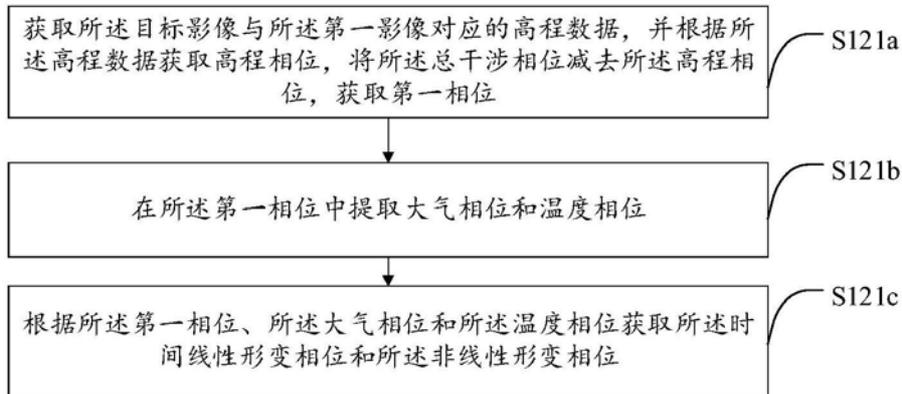


图3

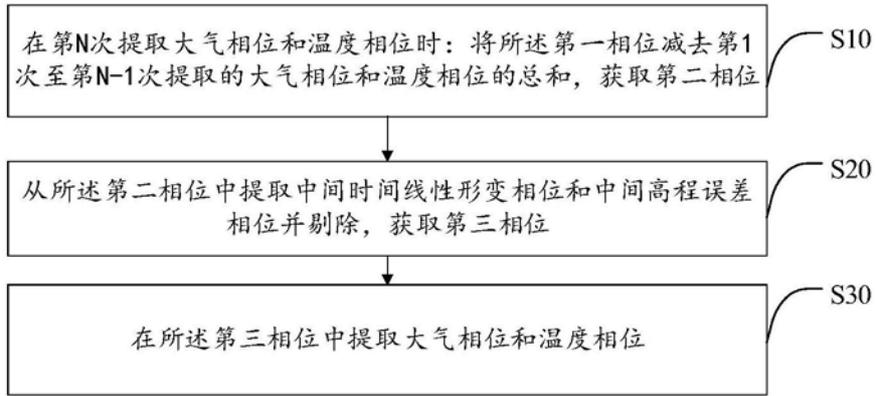


图4

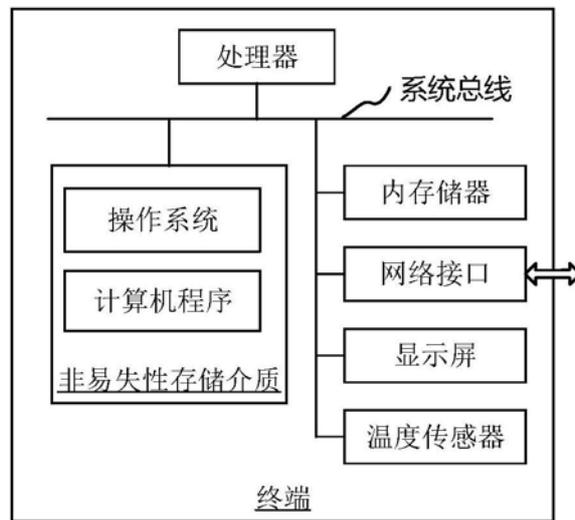


图5