



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118628479 A

(43) 申请公布日 2024.09.10

(21) 申请号 202411089789.2

G06T 5/80 (2024.01)

(22) 申请日 2024.08.09

G06T 7/11 (2017.01)

(71) 申请人 湖南大学

G06T 7/13 (2017.01)

地址 410082 湖南省长沙市岳麓区麓山南路1号

G06V 10/764 (2022.01)

(72) 发明人 邓露 张程 郭晶晶 曹然

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理人 李伟

(51) Int.Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06N 3/045 (2023.01)

G06N 3/0464 (2023.01)

G06N 3/0475 (2023.01)

G06N 3/094 (2023.01)

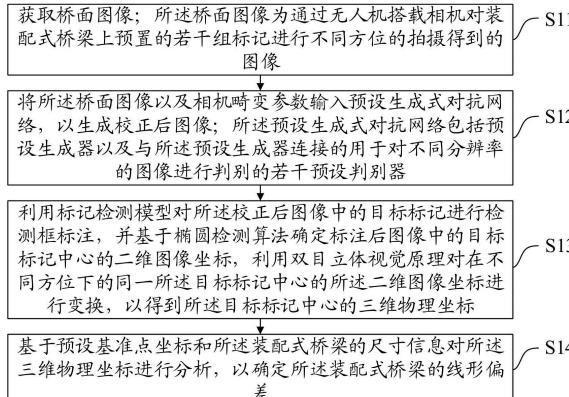
权利要求书3页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

一种智能桥梁线形检测方法、装置、设备及介质

(57) 摘要

本申请公开了一种智能桥梁线形检测方法、装置、设备及介质，涉及桥梁检测领域，包括：获取无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的桥面图像；将桥面图像和相机畸变参数输入预设生成式对抗网络以生成校正后图像；利用标记检测模型对校正后图像中的目标标记进行检测框标注，基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标，利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一目标标记中心的二维图像坐标进行变换得到目标标记中心的三维物理坐标；基于预设基准点坐标和装配式桥梁的尺寸信息对三维物理坐标进行分析以确定装配式桥梁的线形偏差。本申请实现对装配式桥梁的智能线形检测，检测效率高且准确性高。



1.一种智能桥梁线形检测方法,其特征在于,包括:

获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;

将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;

利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;

基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

2.根据权利要求1所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,所述将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像,包括:

将所述桥面图像以及相机畸变参数输入所述预设生成器,以将所述相机畸变参数转换为畸变特征向量,并对所述畸变特征向量与所述桥面图像的特征图进行融合,以基于融合后特征图生成校正后图像;

利用与所述校正后图像的分辨率对应的预设判别器对所述校正后图像进行判别,以及在判别率不小于预设判别阈值时,触发所述利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注的步骤。

3.根据权利要求1所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,所述将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络之前,还包括:

获取若干畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,以构建训练数据集;

将所述训练数据集输入初始生成式对抗网络,以利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数,对所述初始生成式对抗网络进行训练,得到训练好的预设生成式对抗网络。

4.根据权利要求3所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,所述利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数,对所述初始生成式对抗网络进行训练之前,还包括:

基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、所述初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数构建目标损失函数;

其中,所述预设边缘损失函数为用于计算所述正常图像与对抗图像的边缘信息之间的差异的函数;所述预设结构相似性损失函数为用于计算所述正常图像与所述对抗图像之间的相似性的函数;所述对抗图像为所述初始生成式对抗网络基于所述畸变图像以及对应的畸变参数生成的图像。

5.根据权利要求4所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,所述预设边缘损失函数表示为:

$$L_{edge} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{orig}^i - E_{gen}^i|;$$

其中, L_{edge} 表示边缘损失;N表示图像像素总数; E_{orig}^i 表示正常图像在第i个像素处的边

缘值; E_{gen}^i 表示对抗图像在第 i 个像素处的边缘值;

相应的,所述预设结构相似性损失函数表示为:

$$L_{SSIM}^{local}(x, y) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M SSIM(x_i, y_i);$$

其中, $L_{SSIM}^{local}(x, y)$ 表示结构相似性损失; M 表示对正常图像 x 或对抗图像 y 进行窗口分割后得到的图像窗口总数; x_i 表示正常图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; y_i 表示对抗图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; $SSIM$ 表示结构相似性损失函数。

6. 根据权利要求1所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,一组标记包括一个第一类标记和若干第二类标记;其中,所述第一类标记的尺寸大于所述第二类标记的尺寸;

相应的,所述利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,包括:

利用标记检测模型对所述校正后图像中的所有标记进行识别,以将所述校正后图像中的第一类标记作为目标标记进行检测框标注,并利用所述校正后图像中的与所述目标标记对应的第二类标记的个数对所述目标标记进行分类,以得到标注检测框和所述目标标记的类别的标注后图像;

基于椭圆检测算法对所述标注后图像中的位于所述检测框中的所述目标标记进行边缘检测,以得到二值化的椭圆轮廓图,并将所述椭圆轮廓图中的边缘点分组为不同象限的圆弧,以基于所述不同象限的圆弧确定目标标记中心的二维图像坐标。

7. 根据权利要求1至6任一项所述的智能桥梁线形检测方法,其特征在于,所述基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差,包括:

基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息确定所述目标标记中心的预期物理坐标,并利用所述预期物理坐标对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的平面线形偏差和高程偏差。

8. 一种智能桥梁线形检测装置,其特征在于,包括:

图像获取模块,用于获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;

图像畸变校正模块,用于将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;

坐标确定模块,用于利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;

偏差确定模块,用于基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括:

存储器,用于保存计算机程序;

处理器，用于执行所述计算机程序以实现如权利要求1至7任一项所述的智能桥梁线形检测方法。

10.一种计算机可读存储介质，其特征在于，用于保存计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至7任一项所述的智能桥梁线形检测方法。

一种智能桥梁线形检测方法、装置、设备及介质

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁检测领域,特别涉及一种智能桥梁线形检测方法、装置、设备及介质。

背景技术

[0002] 装配式桥梁是一种采用预制构件进行组装的桥梁建造方法,通过预制构件的精确制造和现场迅速组装,提高了施工效率、质量控制,并降低了总体成本,这已经成为现代桥梁工程中备受关注的创新方向。而桥梁线形作为装配式桥梁验收的重要质量指标,直接影响桥梁结构的稳定性、运行安全,是桥梁施工控制中关键的结构参数。

[0003] 传统的桥梁线形检测主要通过水准仪、全站仪完成,而水准仪和全站仪的操作相对繁琐,需要搬站、设站等操作,测量过程麻烦,测量时间长;另外水准仪和全站仪的购置和维护成本相对较高,需要昂贵的仪器设备以及专业维护人员;而且在复杂的施工现场,操作人员可能需要进行高空、悬崖等危险环境中的测量工作,增加了操作的安全风险。鉴于此,基于激光点云的结构信息提取技术,虽然可以实现高精度的数据收集,但设备昂贵,需要强大的计算资源。地面固定式检测虽然可以提供稳定的测量和监测数据,但受限于视角,难以满足桥梁大尺度构件和整体线形的检测需求。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种智能桥梁线形检测方法、装置、设备及介质,能够通过生成式对抗网络对图像进行畸变校正,使得校正后的图像更接近于真实图像,后续通过对校正后图像进行检测,可以实现对装配式桥梁的线形检测,提高智能桥梁线形检测的效率和准确率。其具体方案如下:

[0005] 第一方面,本申请提供了一种智能桥梁线形检测方法,包括:

[0006] 获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;

[0007] 将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;

[0008] 利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;

[0009] 基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

[0010] 可选的,所述将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像,包括:

[0011] 将所述桥面图像以及相机畸变参数输入所述预设生成器,以将所述相机畸变参数转换为畸变特征向量,并对所述畸变特征向量与所述桥面图像的特征图进行融合,以基于融合后特征图生成校正后图像;

[0012] 利用与所述校正后图像的分辨率对应的预设判别器对所述校正后图像进行判别,以及在判别率不小于预设判别阈值时,触发所述利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注的步骤。

[0013] 可选的,所述将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络之前,还包括:

[0014] 获取若干畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,以构建训练数据集;

[0015] 将所述训练数据集输入初始生成式对抗网络,以利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数,对所述初始生成式对抗网络进行训练,得到训练好的预设生成式对抗网络。

[0016] 可选的,所述利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数,对所述初始生成式对抗网络进行训练之前,还包括:

[0017] 基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、所述初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数构建目标损失函数;

[0018] 其中,所述预设边缘损失函数为用于计算所述正常图像与对抗图像的边缘信息之间的差异的函数;所述预设结构相似性损失函数为用于计算所述正常图像与所述对抗图像之间的相似性的函数;所述对抗图像为所述初始生成式对抗网络基于所述畸变图像以及对应的畸变参数生成的图像。

[0019] 可选的,所述预设边缘损失函数表示为:

$$[0020] L_{\text{edge}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{\text{orig}}^i - E_{\text{gen}}^i|;$$

[0021] 其中, L_{edge} 表示边缘损失; N 表示图像像素总数; E_{orig}^i 表示正常图像在第 i 个像素处的边缘值; E_{gen}^i 表示对抗图像在第 i 个像素处的边缘值;

[0022] 相应的,所述预设结构相似性损失函数表示为:

$$[0023] L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \text{SSIM}(x_i, y_i);$$

[0024] 其中, $L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y)$ 表示结构相似性损失; M 表示对正常图像 x 或对抗图像 y 进行窗口分割后得到的图像窗口总数; x_i 表示正常图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; y_i 表示对抗图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; SSIM 表示结构相似性损失函数。

[0025] 可选的,一组标记包括一个第一类标记和若干第二类标记;其中,所述第一类标记的尺寸大于所述第二类标记的尺寸;

[0026] 相应的,所述利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,包括:

[0027] 利用标记检测模型对所述校正后图像中的所有标记进行识别,以将所述校正后图像中的第一类标记作为目标标记进行检测框标注,并利用所述校正后图像中的与所述目标标记对应的第二类标记的个数对所述目标标记进行分类,以得到标注检测框和所述目标标

记的类别的标注后图像；

[0028] 基于椭圆检测算法对所述标注后图像中的位于所述检测框中的所述目标标记进行边缘检测,以得到二值化的椭圆轮廓图,并将所述椭圆轮廓图中的边缘点分组为不同象限的圆弧,以基于所述不同象限的圆弧确定目标标记中心的二维图像坐标。

[0029] 可选的,所述基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差,包括:

[0030] 基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息确定所述目标标记中心的预期物理坐标,并利用所述预期物理坐标对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的平面线形偏差和高程偏差。

[0031] 第二方面,本申请提供了一种智能桥梁线形检测装置,包括:

[0032] 图像获取模块,用于获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;

[0033] 图像畸变校正模块,用于将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;

[0034] 坐标确定模块,用于利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;

[0035] 偏差确定模块,用于基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

[0036] 第三方面,本申请提供了一种电子设备,包括:

[0037] 存储器,用于保存计算机程序;

[0038] 处理器,用于执行所述计算机程序以实现前述的智能桥梁线形检测方法。

[0039] 第四方面,本申请提供了一种计算机可读存储介质,用于保存计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现前述的智能桥梁线形检测方法。

[0040] 本申请中,获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。由此可见,本申请通过无人机搭载相机对装配式桥梁进行拍摄,相对于激光雷达等传感器来说摄像头成本较低,并且对图像处理技术的硬件要求也相对较低,从而降低了系统的总体成本,同时通过无人机搭载相机进行桥梁拍摄还具有高灵活性、高机动性和高安全性等优势,可以满足桥梁大尺度构件和整体线形的检测需求。进一步的,本申请利用生成式对抗网络对无人机搭载相机拍摄的桥面图像进行畸变校

正,以使校正后的图像更接近于真实图像;其中,生成式对抗网络中采用对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器,以根据校正后图像的分辨率选用合适的判别器,从而更全面地评估校正后图像的真实性。此外,本申请通过自动对更接近于真实图像的校正后图像进行检测,以实现对装配式桥梁的智能线形检测,在保证桥梁线形检测的效率的同时提高了桥梁线形检测的准确率。

附图说明

[0041] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术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,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

- [0042] 图1为本申请公开的一种智能桥梁线形检测方法流程图;
- [0043] 图2为本申请公开的一种桥梁标记示意图;
- [0044] 图3为本申请公开的一种无人机搭载相机的拍摄方位示意图;
- [0045] 图4为本申请公开的一种不同象限的圆弧示意图;
- [0046] 图5为本申请公开的一种生成式对抗网络训练流程图;
- [0047] 图6为本申请公开的一种智能桥梁线形检测装置结构示意图;
- [0048] 图7为本申请公开的一种电子设备结构图。

具体实施方式

[0049] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,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他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0050] 装配式桥梁是一种采用预制构件进行组装的桥梁建造方法,通过预制构件的精确制造和现场迅速组装,完成桥梁建造。而桥梁线形作为装配式桥梁验收的重要质量指标,直接影响桥梁结构的稳定性、运行安全,是桥梁施工控制中关键的结构参数。为此,本申请提供了一种智能桥梁线形检测方法,通过生成式对抗网络对图像进行畸变校正,使得校正后的图像更接近于真实图像,后续通过对校正后图像进行检测,可以实现对装配式桥梁的线形检测,提高桥梁线形检测的效率和准确率。

- [0051] 参见图1所示,本发明实施例公开了一种智能桥梁线形检测方法,包括:
- [0052] 步骤S11、获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像。

[0053] 本实施例中,如图2所示,在装配式桥梁上表面预先设置若干组标记,其中,一组标记可以包括一个第一类标记和若干第二类标记,第一类标记的尺寸大于第二类标记的尺寸;标记可以为圆形标记;第一类标记用于后续测量标记中心的精确坐标,第二类标记用于对第一类标记进行分类编号。需要说明的是,一组标记中第二类标记的数量可以随意设置,一组标记中第二类标记的数量最少为1个最多为6个。进一步的,对于装配式桥梁上表面若干组标记的具体设置可以为:在装配式桥梁的一端沿横向设置两组标记,两组标记相距第

一预设距离,例如1m,以此为起点,沿纵向间隔第二预设距离继续设置标记,第二预设距离可以为1.5m,从而形成一系列 $1m \times 1.5m$ 的标记矩形,另外在每个标记矩形的中间设置3组辅助标记。

[0054] 本实施例中,通过无人机搭载高精度相机对装配式桥梁上预先设置的若干组标记进行不同方位的拍摄,以得到桥面图像,并将桥面图像实时传输至地面控制台,以便地面控制台对桥面图像进行检测,以确定装配式桥梁的线形偏差。需要说明的是,如图3所示,无人机搭载高精度相机既可以对装配式桥梁上的每组标记进行四个方位的拍摄,也可以对装配式桥梁上的每个 $1m \times 1.5m$ 的标记矩形进行四个方位的拍摄。

[0055] 其中,无人机搭载高精度相机可以通过巡航技术对装配式桥梁上预先设置的若干组标记进行不同方位的拍摄。也即,无人机按照预先设定的航线进行自主飞行,在到达设定的路径点后,对装配式桥梁上的标记进行拍摄,拍摄高度可以为3.5m,相机云台倾角可以为65度,对每组标记或每个标记矩形的拍摄机位可以为4个,每个机位连续拍摄4张照片。

[0056] 步骤S12、将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器。

[0057] 本实施例中,将桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成器,以将相机畸变参数转换为畸变特征向量,并对畸变特征向量与桥面图像的特征图进行融合,以得到融合后特征图,然后基于融合后特征图生成校正后图像。其中,相机畸变参数包括径向畸变参数、切向畸变参数等。

[0058] 在利用预设生成器生成校正后图像之后,将校正后图像输入与校正后图像的分辨率对应的预设判别器,以利用与校正后图像的分辨率对应的预设判别器对校正后图像进行判别,以得到判别率;其中,判别率为用于表征校正后图像是真实图像的概率。若判别率不小于预设判别阈值,则表明预设生成器生成的校正后图像接近于真实图像,并触发步骤S13中利用标记检测模型对校正后图像中的目标标记进行检测框标注的步骤。若判别率小于预设判别阈值,则重新利用预设生成器基于桥面图像以及相机畸变参数生成校正后图像,并重新利用与校正后图像的分辨率对应的预设判别器对校正后图像进行判别以得到判别率,然后重新对判别率与预设判别阈值进行对比。需要说明的是,如果对于同一桥面图像出现多次对校正后图像的判别率小于预设判别阈值的情况,则表明预设生成式对抗网络可能存在一定问题,可以通过调整预设生成式对抗网络的模型参数和/或重新采集训练数据,以对预设生成式对抗网络进行优化训练,提高生成式对抗网络的性能。

[0059] 步骤S13、利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标。

[0060] 本实施例中,利用标记检测模型对校正后图像中的所有标记进行识别,以将校正后图像中的第一类标记作为目标标记进行检测框的标注,并利用校正后图像中的与目标标记对应的第二类标记的个数对目标标记进行分类编号,以得到标注了检测框以及目标标记的类别的标注后图像。其中,若与目标标记对应的第二类标记的个数为5,则确定目标标记的类别为5。

[0061] 本实施例中,在得到标注后图像之后,基于椭圆检测算法对标注后图像中的位于检测框中的目标标记进行边缘检测,以得到二值化的椭圆轮廓图,通过将椭圆轮廓图中的边缘点分组为不同象限的圆弧,以基于不同象限的圆弧确定目标标记中心的二维图像坐标。具体的,如图4所示,基于椭圆检测算法对标注后图像中的位于检测框中的目标标记进行边缘检测,以得到二值化的椭圆轮廓图,然后将椭圆轮廓图中的边缘点分组为多个圆弧,并通过索贝尔算子计算各个圆弧的梯度相位 θ_i ,以及通过比较圆弧下方和上方的面积得到凸度 δ ,基于各个圆弧分别对应的梯度相位和凸度将各个圆弧分类到不同的象限,从而得到不同象限的圆弧。例如,若某圆弧的梯度相位小于0且凸度小于0,则该圆弧属于第一象限。进一步的,在得到不同象限的圆弧之后,利用椭圆的几何性质并基于不同象限的圆弧来估计椭圆中心的二维图像坐标,也即目标标记中心的二维图像坐标。

[0062] 以椭圆的几何性质为平行弦的中点是共线的为例,考虑到在将椭圆轮廓图中的边缘点分组为不同象限的圆弧时可能存在圆弧分组不是很精确的问题,如果只选取不同象限的两个圆弧来估计目标标记中心的二维图像坐标,可能存在较大误差。因此,通过选取不同象限的三个圆弧,以绘制至少三组平行弦,并绘制每组平行弦中点的连线,通过计算多条连线的交点的二维图像坐标,以结合多条连线的交点的二维图像坐标得到椭圆中心的二维图像坐标,也即目标标记中心的二维图像坐标。

[0063] 进一步的,在得到目标标记中心的二维图像坐标之后,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一目标标记中心的二维图像坐标进行变换,以得到目标标记中心的三维物理坐标。具体的,对于同一目标标记,获取在第一方位下的目标标记中心的二维图像坐标以及在第二方位下的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在第一方位下的目标标记中心的二维图像坐标以及在第二方位下的目标标记中心的二维图像坐标进行变换,以得到目标标记中心的三维物理坐标。其中,利用双目立体视觉原理进行坐标变换包括了世界坐标系与相机坐标系之间的变换、相机坐标系与图像坐标系之间的变换、图像坐标系与像素坐标系之间的变换。

[0064] 步骤S14、基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

[0065] 本实施例中,在确定出目标标记中心的三维物理坐标之后,基于预设基准点坐标和装配式桥梁的尺寸信息确定目标标记中心的预期物理坐标;其中,预设基准点坐标可以为通过全站仪或水准仪或其他方式测量的装配式桥梁一端的两组标记中第一类标记的中心坐标。然后利用目标标记中心的预期物理坐标对目标标记中心的三维物理坐标进行分析,以确定装配式桥梁的平面线形偏差和高程偏差。

[0066] 由此可见,本申请通过无人机搭载相机对装配式桥梁进行拍摄,相对于激光雷达等传感器来说摄像头成本较低,并且对图像处理技术的硬件要求也相对较低,从而降低了系统的总体成本,同时通过无人机搭载相机进行桥梁拍摄还具有高灵活性、高机动性和高安全性等优势,可以满足桥梁大尺度构件和整体线形的检测需求。进一步的,本申请利用生成式对抗网络对无人机搭载相机拍摄的桥面图像进行畸变校正,以使校正后的图像更接近于真实图像;其中,生成式对抗网络中采用对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器,以根据校正后图像的分辨率选用合适的判别器,从而更全面地评估校正后图像的真实性。此外,本申请通过自动对更接近于真实图像的校正后图像进行检测,以实现对装配式桥

梁的智能线形检测,在保证桥梁线形检测的效率的同时提高了桥梁线形检测的准确率。

[0067] 基于前一实施例可知,本申请需要通过预设生成式对抗网络基于桥面图像生成校正后图像,接下来,本申请将对如何训练预设生成式对抗网络进行详细阐述。参见图5所示,本发明实施例公开了一种生成式对抗网络训练的过程,包括:

[0068] 步骤S21、获取若干畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,以构建训练数据集。

[0069] 本实施例中,收集若干畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,以得到若干组训练数据,并对每组训练数据进行数据预处理,例如裁剪、缩放等,以得到具有统一尺寸和分辨率的若干组处理后数据,从而基于若干组处理后数据构建训练数据集。其中,对于畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,既可以使用摄像头拍摄同一场景下的畸变图像以及正常图像,并获取相机的畸变参数;也可以通过模拟软件对正常图像进行畸变,以生成相应的畸变图像,同时获取相应的畸变参数;在此不作限定。

[0070] 步骤S22、基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数构建目标损失函数。

[0071] 本实施例中,预设边缘损失函数为用于计算正常图像与对抗图像的边缘信息之间的差异的函数,通过采用预设边缘损失函数可以保持图像边缘的清晰度;其中,对抗图像为初始生成式对抗网络基于畸变图像以及对应的畸变参数生成的图像。预设结构相似性损失函数为用于计算正常图像与对抗图像之间的相似性的函数,通过采用预设结构相似性损失函数可以确保生成式对抗网络生成的图像在结构上与真实图像的相似性。对抗损失函数可以选用交叉熵损失函数,用于训练生成式对抗网络中生成器和判别器的对抗性;重构损失函数可以选用L1或L2损失函数,用于确保生成式对抗网络生成的图像在像素级别上与真实图像的相似性。

[0072] 本实施例中,预设边缘损失函数表示为:

$$[0073] L_{\text{edge}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{\text{orig}}^i - E_{\text{gen}}^i|;$$

[0074] 其中, L_{edge} 表示边缘损失; N 表示图像像素总数; E_{orig}^i 表示正常图像在第*i*个像素处的边缘值; E_{gen}^i 表示对抗图像在第*i*个像素处的边缘值;需要说明的是,边缘值可以通过边缘提取算法基于边缘提取算子对图像进行提取得到;边缘提取算子包括索贝尔算子、Canny算子、罗伯茨算子等。

[0075] 本实施例中,预设结构相似性损失函数表示为:

$$[0076] L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \text{SSIM}(x_i, y_i);$$

[0077] 其中, $L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y)$ 表示结构相似性损失; M 表示对正常图像x或对抗图像y进行窗口分割后得到的图像窗口总数; x_i 表示正常图像在第*i*个图像窗口上的图像区域; y_i 表示对抗图像在第*i*个图像窗口上的图像区域;SSIM(Structural Similarity)表示结构相似性损失函数,用于计算 x_i 与 y_i 之间的结构相似性。需要说明的是,为了更细致地评估正常图像与对抗图像之间的结构相似性,本实施例通过对正常图像和对抗图像进行窗口分割,以在局

部的图像窗口上计算图像区域之间的结构相似性，并对所有图像窗口的结构相似性取平均值，以得到最终的结构相似性损失。并且，结构相似性损失越接近1，则表明正常图像和对抗图像越相似；反之，结构相似性损失越接近0，则表明正常图像和对抗图像差异越大。

[0078] 本实施例中，基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数、以及各个损失函数分别对应的权重参数构建目标损失函数。通过这种设计，不仅可以更好地训练生成式对抗网络，而且可以促使生成式对抗网络生成的图像在边缘和纹理细节上更接近于真实图像，同时促使生成式对抗网络生成的图像在结构上更接近于真实图像，从而提高生成式对抗网络对畸变图像进行畸变校正的效果。

[0079] 步骤S23、将训练数据集输入初始生成式对抗网络，以利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数，对初始生成式对抗网络进行训练，得到训练好的预设生成式对抗网络。

[0080] 本实施例中，将训练数据集输入初始生成式对抗网络，其中，初始生成式对抗网络包括一个生成器和多个判别器，不同的判别器用于对不同分辨率的图像进行判别，以更准确地评估生成器生成的图像的真实性。然后利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数，对初始生成式对抗网络进行训练，也即通过目标损失函数计算真实图像与生成器生成的图像之间的损失值，以对初始生成式对抗网络的模型参数进行调整，从而得到训练好的预设生成式对抗网络。需要说明的是，对于生成式对抗网络的训练结束条件，既可以为生成式对抗网络的当前训练轮次达到预设训练轮次，也可以为生成式对抗网络的模型精度大于预设精度阈值。这样一来，通过采用对抗训练方法，使得生成器可以生成越来越逼真的畸变校正后图像，并且使得判别器可以更好的区分真假图像。

[0081] 需要说明的是，生成器包括输入层、条件编码器、特征提取层、中间层、解码器和输出层。具体的，输入层用于接收无人机搭载相机拍摄的桥面图像。条件编码器包括畸变参数编码层、特征融合层、特征提取层和池化层；其中，畸变参数编码层用于将畸变参数转换为一个固定长度的畸变特征向量；特征融合层用于将桥面图像的特征图与畸变特征向量在通道维度上进行融合，以得到融合后特征图，例如，融合可以采用拼接操作；特征提取层包含多个卷积层，用于提取融合后特征图中的特征，并且，每个卷积层后通常跟有批归一化(BN, Batch Normalization)和激活函数，例如ReLU(Rectified Linear Unit, 修正线性单元)激活函数；池化层用于降低特征图的空间维度，增加感受野。特征提取层包含多个卷积层，用于提取图像特征，并且，每个卷积层后通常跟有批归一化和ReLU激活函数。中间层包括若干个残差块和注意力模块；其中，若干个残差块用于加深网络而不引起梯度消失问题，每个残差块包含两个卷积层，并且两个卷积层中间有跳跃连接；注意力模块用于突出畸变区域的特征。解码器包括上采样层和卷积层；其中，上采样层(例如转置卷积)用于逐渐增加特征图的空间维度，恢复图像大小；卷积层用于重构畸变校正后的图像，最后一层卷积通常使用线性激活函数或tanh激活函数。输出层用于输出畸变校正后的图像。

[0082] 需要说明的是，判别器包括输入层、特征提取层、全连接层和输出层。具体的，输入层用于接收真实图像和/或生成器生成的校正后图像。特征提取层包括多个卷积层，用于提取图像特征，并且，每个卷积层后通常跟有批归一化和Leaky ReLU激活函数。全连接层用于将特征图展平并输出一个判别率。输出层用于输出一个标量，也即判别率，表示输入图像是

真实图像的概率。

[0083] 由此可见,本申请通过基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数构建目标损失函数,不仅可以更好地训练生成式对抗网络,而且可以促使生成式对抗网络生成的图像在边缘和纹理细节上更接近于真实图像,同时促使生成式对抗网络生成的图像在结构上更接近于真实图像,从而提高生成式对抗网络对畸变图像进行畸变校正的效果。并且,本申请通过在生成式对抗网络中采用一个生成器和多个判别器,其中,不同的判别器用于对不同分辨率的图像进行判别,从而可以更准确更全面地评估生成器生成的图像的真实性。

[0084] 参见图6所示,本发明实施例公开了一种智能桥梁线形检测装置,包括:

[0085] 图像获取模块11,用于获取桥面图像;所述桥面图像为通过无人机搭载相机对装配式桥梁上预置的若干组标记进行不同方位的拍摄得到的图像;

[0086] 图像畸变校正模块12,用于将所述桥面图像以及相机畸变参数输入预设生成式对抗网络,以生成校正后图像;所述预设生成式对抗网络包括预设生成器以及与所述预设生成器连接的用于对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器;

[0087] 坐标确定模块13,用于利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注,并基于椭圆检测算法确定标注后图像中的目标标记中心的二维图像坐标,利用双目立体视觉原理对在不同方位下的同一所述目标标记中心的所述二维图像坐标进行变换,以得到所述目标标记中心的三维物理坐标;

[0088] 偏差确定模块14,用于基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的线形偏差。

[0089] 由此可见,本申请通过无人机搭载相机对装配式桥梁进行拍摄,相对于激光雷达等传感器来说摄像头成本较低,并且对图像处理技术的硬件要求也相对较低,从而降低了系统的总体成本,同时通过无人机搭载相机进行桥梁拍摄还具有高灵活性、高机动性和高安全性等优势,可以满足桥梁大尺度构件和整体线形的检测需求。进一步的,本申请利用生成式对抗网络对无人机搭载相机拍摄的桥面图像进行畸变校正,以使校正后的图像更接近于真实图像;其中,生成式对抗网络中采用对不同分辨率的图像进行判别的若干预设判别器,以根据校正后图像的分辨率选用合适的判别器,从而更全面地评估校正后图像的真实性。此外,本申请通过自动对更接近于真实图像的校正后图像进行检测,以实现对装配式桥梁的智能线形检测,在保证桥梁线形检测的效率的同时提高了桥梁线形检测的准确率。

[0090] 在一些具体实施例中,所述图像畸变校正模块12,包括:

[0091] 图像生成单元,用于将所述桥面图像以及相机畸变参数输入所述预设生成器,以将所述相机畸变参数转换为畸变特征向量,并对所述畸变特征向量与所述桥面图像的特征图进行融合,以基于融合后特征图生成校正后图像;

[0092] 图像判别单元,用于利用与所述校正后图像的分辨率对应的预设判别器对所述校正后图像进行判别,以及在判别率不小于预设判别阈值时,触发所述利用标记检测模型对所述校正后图像中的目标标记进行检测框标注的步骤。

[0093] 在一些具体实施例中,所述智能桥梁线形检测装置,还包括:

[0094] 数据集构建单元,用于获取若干畸变图像以及对应的畸变参数和正常图像,以构建训练数据集;

[0095] 网络训练单元,用于将所述训练数据集输入初始生成式对抗网络,以利用对抗训练方法并基于预先构建的目标损失函数,对所述初始生成式对抗网络进行训练,得到训练好的预设生成式对抗网络。

[0096] 在一些具体实施例中,所述智能桥梁线形检测装置,还包括:

[0097] 损失函数构建单元,用于基于预设边缘损失函数、预设结构相似性损失函数、所述初始生成式对抗网络对应的对抗损失函数以及重构损失函数构建目标损失函数;

[0098] 其中,所述预设边缘损失函数为用于计算所述正常图像与对抗图像的边缘信息之间的差异的函数;所述预设结构相似性损失函数为用于计算所述正常图像与所述对抗图像之间的相似性的函数;所述对抗图像为所述初始生成式对抗网络基于所述畸变图像以及对应的畸变参数生成的图像。

[0099] 在一些具体实施例中,所述预设边缘损失函数表示为:

$$[0100] L_{\text{edge}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{\text{orig}}^i - E_{\text{gen}}^i|;$$

[0101] 其中, L_{edge} 表示边缘损失; N 表示图像像素总数; E_{orig}^i 表示正常图像在第 i 个像素处的边缘值; E_{gen}^i 表示对抗图像在第 i 个像素处的边缘值;

[0102] 相应的,所述预设结构相似性损失函数表示为:

$$[0103] L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y) = 1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \text{SSIM}(x_i, y_i);$$

[0104] 其中, $L_{\text{SSIM}}^{\text{local}}(x, y)$ 表示结构相似性损失; M 表示对正常图像 x 或对抗图像 y 进行窗口分割后得到的图像窗口总数; x_i 表示正常图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; y_i 表示对抗图像在第 i 个图像窗口上的图像区域; SSIM 表示结构相似性损失函数。

[0105] 在一些具体实施例中,一组标记包括一个第一类标记和若干第二类标记;其中,所述第一类标记的尺寸大于所述第二类标记的尺寸;

[0106] 相应的,所述坐标确定模块13,包括:

[0107] 标记识别单元,用于利用标记检测模型对所述校正后图像中的所有标记进行识别,以将所述校正后图像中的第一类标记作为目标标记进行检测框标注,并利用所述校正后图像中的与所述目标标记对应的第二类标记的个数对所述目标标记进行分类,以得到标注检测框和所述目标标记的类别的标注后图像;

[0108] 二维坐标确定单元,用于基于椭圆检测算法对所述标注后图像中的位于所述检测框中的所述目标标记进行边缘检测,以得到二值化的椭圆轮廓图,并将所述椭圆轮廓图中的边缘点分组为不同象限的圆弧,以基于所述不同象限的圆弧确定目标标记中心的二维图像坐标。

[0109] 在一些具体实施例中,所述偏差确定模块14,包括:

[0110] 偏差确定单元,用于基于预设基准点坐标和所述装配式桥梁的尺寸信息确定所述目标标记中心的预期物理坐标,并利用所述预期物理坐标对所述三维物理坐标进行分析,以确定所述装配式桥梁的平面线形偏差和高程偏差。

[0111] 进一步的,本申请实施例还公开了一种电子设备,图7是根据一示例性实施例示出

的电子设备20结构图,图中的内容不能认为是对本申请的使用范围的任何限制。

[0112] 图7为本申请实施例提供的一种电子设备20的结构示意图。该电子设备20,具体可以包括:至少一个处理器21、至少一个存储器22、电源23、通信接口24、输入输出接口25和通信总线26。其中,所述存储器22用于存储计算机程序,所述计算机程序由所述处理器21加载并执行,以实现前述任一实施例公开的智能桥梁线形检测方法中的相关步骤。另外,本实施例中的电子设备20具体可以为电子计算机。

[0113] 本实施例中,电源23用于为电子设备20上的各硬件设备提供工作电压;通信接口24能够为电子设备20创建与外界设备之间的数据传输通道,其所遵循的通信协议是能够适用于本申请技术方案的任意通信协议,在此不对其进行具体限定;输入输出接口25,用于获取外界输入数据或向外界输出数据,其具体的接口类型可以根据具体应用需要进行选取,在此不进行具体限定。

[0114] 另外,存储器22作为资源存储的载体,可以是只读存储器、随机存储器、磁盘或者光盘等,其上所存储的资源可以包括操作系统221、计算机程序222等,存储方式可以是短暂存储或者永久存储。

[0115] 其中,操作系统221用于管理与控制电子设备20上的各硬件设备以及计算机程序222,其可以是Windows Server、Netware、Unix、Linux等。计算机程序222除了包括能够用于完成前述任一实施例公开的由电子设备20执行的智能桥梁线形检测方法的计算机程序之外,还可以进一步包括能够用于完成其他特定工作的计算机程序。

[0116] 进一步的,本申请还公开了一种计算机可读存储介质,用于存储计算机程序;其中,所述计算机程序被处理器执行时实现前述公开的智能桥梁线形检测方法。关于该方法的具体步骤可以参考前述实施例中公开的相应内容,在此不再进行赘述。

[0117] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其它实施例的不同之处,各个实施例之间相同或相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0118] 专业人员还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0119] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0120] 最后,还需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那

些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0121] 以上对本申请所提供的技术方案进行了详细介绍,本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

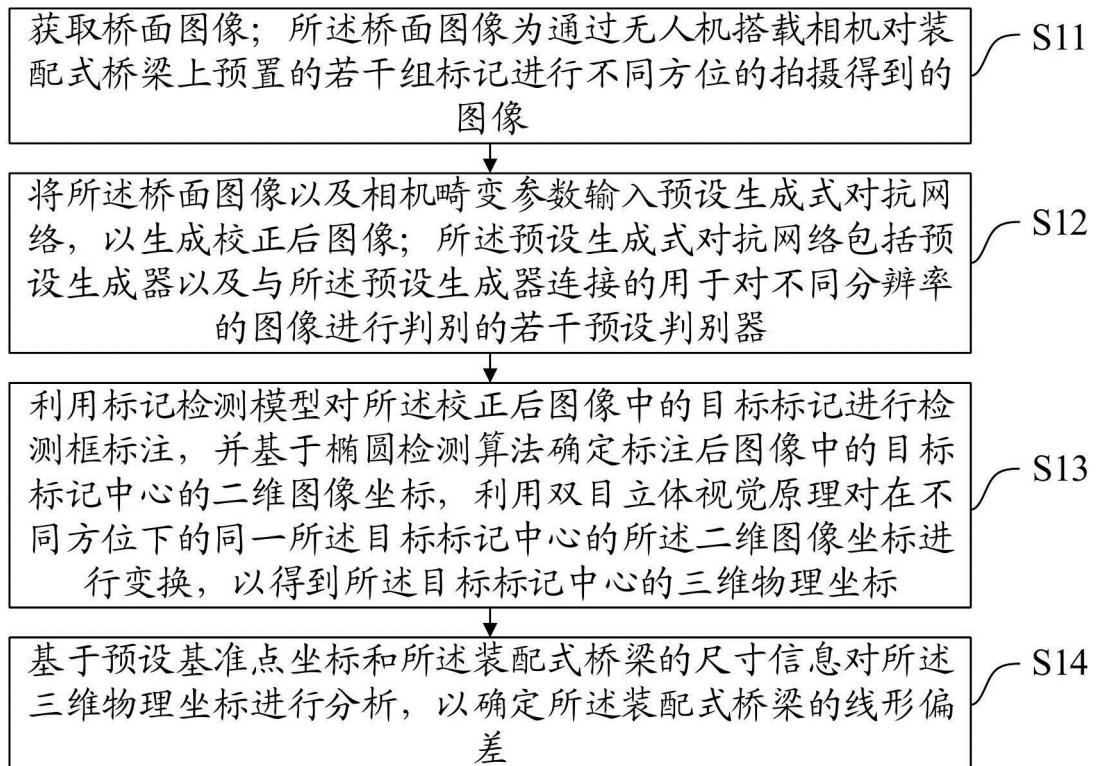


图 1

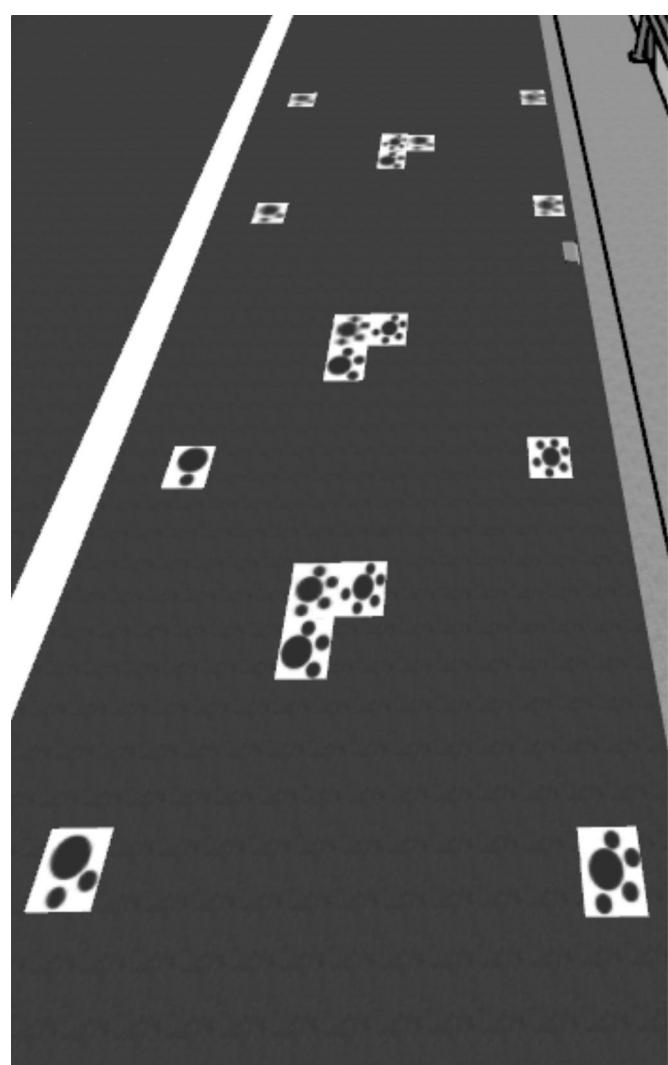


图 2

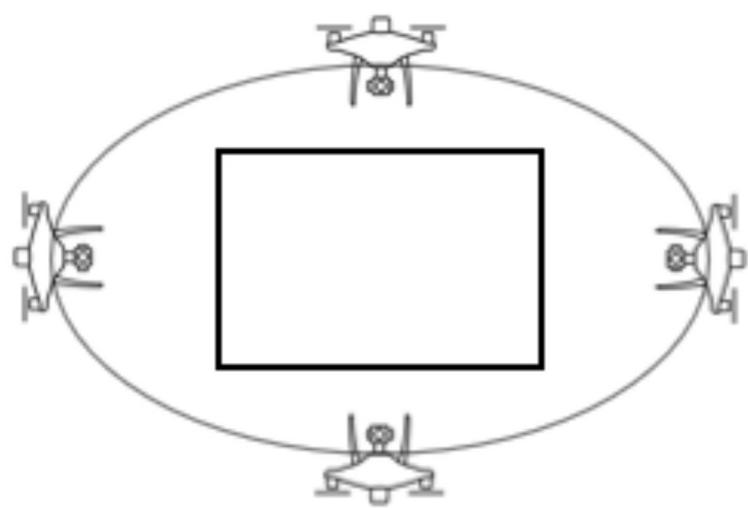


图 3

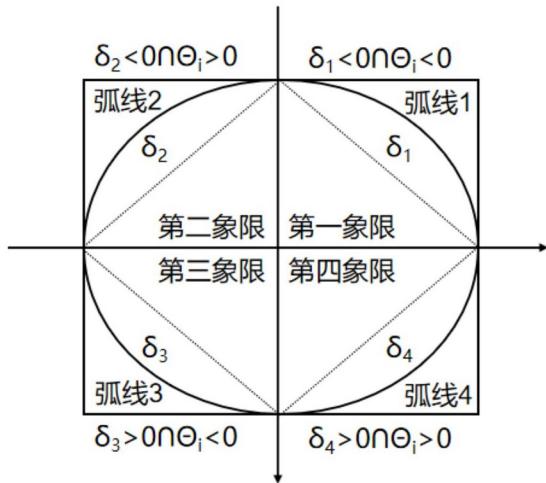


图 4

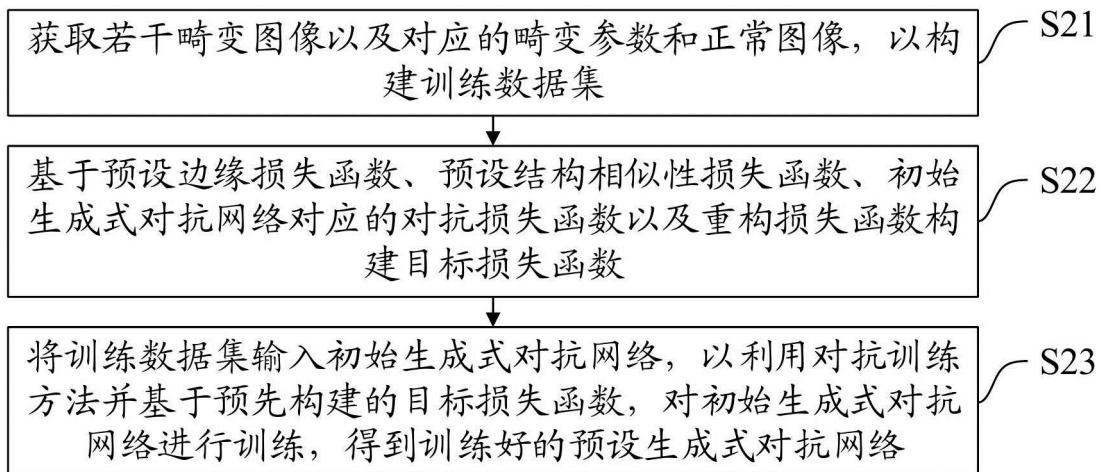


图 5

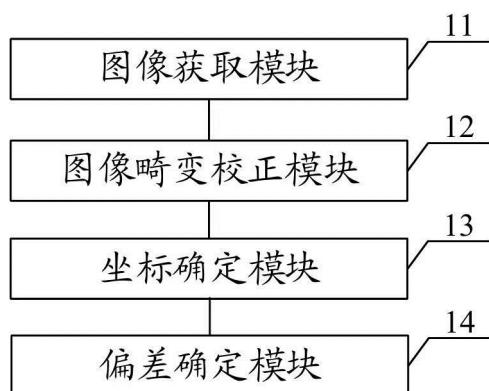


图 6

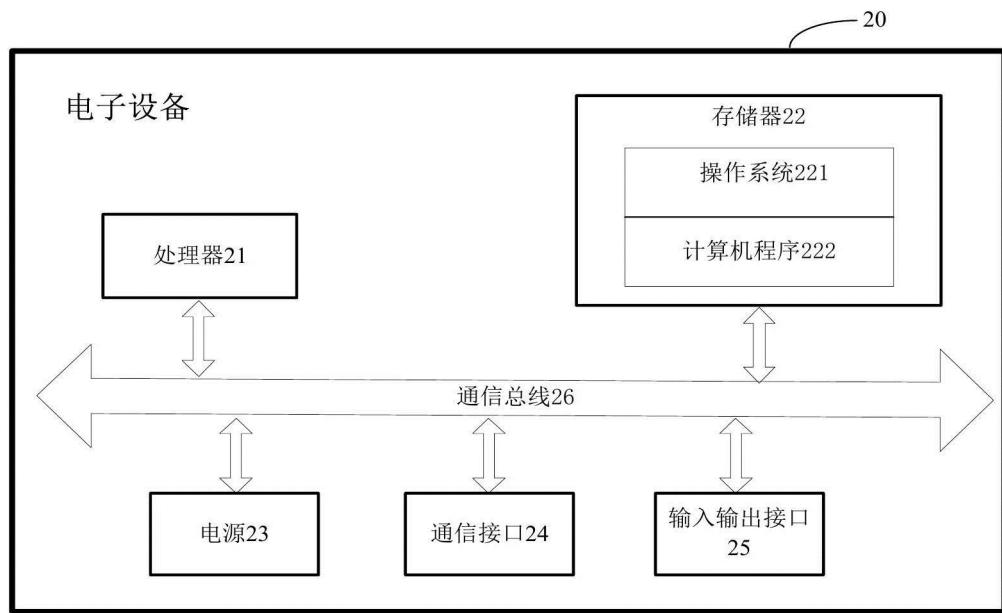


图 7