



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114842364 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202210776563.4

(22) 申请日 2022.07.04

(71) 申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

(72) 发明人 黄哲航 赵怡晴 金爱兵 李海

刘洋

(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务所有限

责任公司 11237

专利代理师 张仲波

(51) Int. Cl.

G06V 20/17 (2022.01)

G06V 10/44 (2022.01)

G06N 3/04 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法及装置

(57) 摘要

本发明提出一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法,涉及图像识别和矿业地质建模技术领域。通过无人机对露天矿山边坡进行航拍,建立边坡图像数据集,将图像中的裂隙预处理形成标签图,建立裂隙图像训练集,采用改进U-net网络对裂隙图像训练集进行训练至网络收敛,并将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型,使用裂隙识别模型对露天边坡裂隙图像进行识别,将提取的裂隙的相关像素信息通过三点法转换为倾向、倾角、迹长等几何参数。本发明将深度学习技术引入露天矿山边坡图像数据解析过程,通过卷积神经网络将边坡中的裂隙像素信息提取,将其转化为几何参数信息,从而实现了裂隙参数信息的提取。

CN 114842364 A



1. 一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充;

S2:对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

S3:选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

S4:通过所述裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对所述裂隙像素的信息与所述边坡图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤S1中,对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充,包括:

S11:通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;

S12:提取边坡图像数据,所述边坡图像数据包括:GPS坐标参数和航拍相机姿态参数;

S13:将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

3.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤S11中,通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,包括:

对小型无人机航拍的航线进行规划,使用无人机倾斜摄影方法对露天矿山边坡进行航拍;其中,航线规划参数包括:航向重叠率、旁向重叠率、飞行相对高度和航线长度;航拍覆盖整个待测的露天矿山边坡。

4.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述步骤S13中,将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充,包括:

将采集到的边坡图像统一处理为 512×512 像素大小的图像,通过随机图像旋转、变形、缩放以及生成噪声的数据增强操作,将图像数量扩充至采集数量的N倍,其中 $N \geq 10$ 。

5.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤S2中,对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图,根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集,包括:

S21:对扩充后的边坡图像进行图像灰度化、高斯滤波、二值化处理以及边缘检测处理,得到裂隙标签图;

S22:根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集。

6.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤S3中,选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型,包括:

S31:采用改进U-net网络,通过归一化处理对裂隙图像训练集进行处理并输入至改进U-net网络;

S32:提取裂隙图像的多尺度裂隙特征;

S33:采用sigmoid函数作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,输出裂隙图像特征;

S34:采用二元交叉损失熵BCE判断改进U-net网络是否收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述步骤S4中,对所述裂隙像素的信息与所述图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取,包括:

对边坡图像中裂隙像素的相关信息,与图像数据包含的GPS坐标信息和航拍相机姿态参数进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取;

其中边坡图像中裂隙像素的相关信息包括:裂隙像素点在裂隙图像上的坐标、无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

8.根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述裂隙迹的几何参数包括:裂隙在露天矿山边坡上的迹长、宽度、倾斜、倾角信息。

9.一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取装置,其特征在于,所述装置适用于权利要求1-8中任意一项所述的方法,装置包括:

图像获取模块,用于对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充;

训练集构建模块,用于对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

模型训练模块,用于选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

图像裂隙参数提取模块,用于通过所述裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对所述裂隙像素的信息与所述边坡图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取。

10.根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述图像获取模块,用于通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;提取边坡图像数据,所述边坡图像数据包括:GPS坐标参数和航拍相机姿态参数;将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及图像识别和矿业地质建模技术领域,特别是指一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法及装置。

背景技术

[0002] 露天矿山边坡岩体上的裂隙分布情况是影响边坡稳定性的主要因素之一,因此如何精准、快捷的对岩体裂隙参数进行测量至关重要。目前矿山主要利用的方法是工人通过曲线板、皮尺和罗盘等测量仪器对露天边坡裸露的岩体裂隙进行测量,此方法工作量大且存在一定的局限性,如某些高陡边坡人工无法测量、测量范围和精度受限、获取信息不够全面等,影响边坡稳定性分析的准确性。

[0003] 随着无人机倾斜摄影技术的成熟,可以不受地形限制采集边坡图像照片,再基于人工智能和图像处理技术如边缘检测,自适应阈值,卷积神经网络等对裂隙进行识别,但此类方法需要人工设置经验参数,鲁棒性较差,难以排除边坡图像中复杂的岩体结构、存在阴影遮挡的结构面、颜色暗淡的岩石土体等干扰,不具备泛化性。

发明内容

[0004] 针对现有技术中矿山地质人工测量裂隙方法受地形限制工作量大,精度不高的问题,本发明提出了一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法及装置。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供如下技术方案:

一方面,提供了一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法,该方法应用于电子设备,包括以下步骤:

S1:对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对边坡图像进行图像数量扩充;

S2:对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

S3:选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

S4:通过裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与边坡图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取。

[0006] 可选地,步骤S1包括,对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对边坡图像进行图像数量扩充,包括:

S11:通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;

S12:提取边坡图像数据,边坡图像数据包括:GPS坐标参数和航拍相机姿态参数;

S13:将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

[0007] 可选地,步骤S11中,通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,包括:

对小型无人机航拍的航线进行规划,使用无人机倾斜摄影方法对露天矿山边坡进行航拍;航线规划参数包括:航向重叠率,旁向重叠率,飞行相对高度,航线长度等,航拍覆盖整个待测的露天矿山边坡。

[0008] 可选地,步骤S13中,将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充,包括:

将采集到的边坡图像统一处理为 512×512 像素大小的图像,通过随机图像旋转、变形、缩放以及生成噪声的数据增强操作,将图像数量扩充至原来数量 N 倍,其中 $N \geq 10$ 。

[0009] 可选地,步骤S2中,对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图,根据裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集,包括:

S21:对扩充后的边坡图像进行图像灰度化、高斯滤波、二值化处理以及边缘检测,得到裂隙标签图;

S22:根据裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集。

[0010] 可选地,步骤S3中,选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至改进U-net网络收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型,包括:

S31:采用改进U-net网络,通过归一化处理对裂隙图像训练集进行处理并输入至改进U-net网络;

S32:提取裂隙图像的多尺度裂隙特征;

S33:采用sigmoid函数作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,输出裂隙图像特征;

S34:采用二元交叉损失熵BCE判断模型改进U-net网络是否收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

[0011] 可选地,步骤S4中,对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取,包括:

对边坡图像中裂隙像素的相关信息,与图像数据包含的GPS坐标信息和航拍相机姿态参数进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取;

其中边坡图像中裂隙像素的相关信息包括:裂隙像素点在裂隙图像上的坐标、无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

[0012] 可选地,裂隙迹的几何参数包括:裂隙在露天矿山边坡上的迹长、宽度、倾斜、倾角信息。

[0013] 一方面,提供了一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取装置,该装置应用于电子设备,该装置包括:

图像获取模块,用于对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对边坡图像进行图像数量扩充;

训练集构建模块,用于对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

模型训练模块,用于选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参

数,获得裂隙识别模型;

图像裂隙参数提取模块,用于通过裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取。

[0014] 可选地,图像获取模块,用于通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;提取边坡图像数据,边坡图像数据包括:GPS坐标参数和相机姿态;将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

[0015] 一方面,提供了一种电子设备,所述电子设备包括处理器和存储器,所述存储器中存储有至少一条指令,所述至少一条指令由所述处理器加载并执行以实现上述一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法。

[0016] 一方面,提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质中存储有至少一条指令,所述至少一条指令由处理器加载并执行以实现上述一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法。

[0017] 本发明实施例的上述技术方案至少具有如下有益效果:

上述方案中,本发明基于深度学习的裂隙图像识别可高效快速地识别并提取露天矿山边坡上的裂隙参数,克服了由于露天矿山边坡地形因素导致的人工测量不准确等问题,改进了边坡地质信息采集的流过程,提升了边坡地质建模的精确度。

附图说明

[0018] 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他的附图。

[0019] 图1是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的流程图;

图2是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的流程图;

图3是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的改进U-net网络的结构示意图;

图4是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的基于改进U-net网络裂隙识别模型对露天矿山边坡图像进行识别的效果图;

图5是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的解算裂隙迹长的示意图;

图6是本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的解算裂隙倾向和倾角的示意图;

图7本发明实施例提供的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取装置框图;

图8本发明实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0020] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0021] 本发明实施例提供了一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法,该方法可以由电子设备实现,该电子设备可以是终端或服务器。如图1所示的露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法流程图,该方法的处理流程可以包括如下的步骤:

S101:对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充;

S102:对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

S103: 选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

S104:通过所述裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取。

[0022] 可选地,步骤S101包括,对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充,包括:

S111:通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;

S112:提取边坡图像数据,所述边坡图像数据包括:全球定位系统(Global Positioning System, GPS)坐标参数和航拍相机姿态参数;

S113:将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

[0023] 可选地,步骤S111中,通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,包括:

对小型无人机航拍的航线进行规划,使用无人机倾斜摄影方法对露天矿山边坡进行航拍;航线规划参数包括:航向重叠率,旁向重叠率,飞行相对高度,航线长度等,航拍覆盖整个待测的露天矿山边坡。

[0024] 可选地,步骤S113中,将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充,包括:

将采集到的边坡图像统一处理为 512×512 像素大小的图像,通过随机图像旋转、变形、缩放以及生成噪声的数据增强操作,将图像数量扩充至原来数量N倍,其中 $N \geq 10$ 。

[0025] 可选地,步骤S102中,对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图,根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集,包括:

S121:对扩充后的边坡图像进行图像灰度化、高斯滤波、二值化处理以及边缘检测,得到裂隙标签图;

S122根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集。

[0026] 可选地,步骤S103中,选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型,包括:

S131:采用改进U-net网络,通过归一化处理对裂隙图像训练集进行处理并输入至改进U-net网络;

S132:提取裂隙图像的多尺度裂隙特征;

S133:采用sigmoid函数作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,

输出裂隙图像特征；

S134:采用二元交叉损失熵BCE判断改进U-net网络是否收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

[0027] 可选地,步骤S104中,对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取,包括:

对边坡图像中裂隙像素的相关信息,与图像数据包含的GPS坐标信息和航拍相机姿态参数进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取;

其中边坡图像中裂隙像素的相关信息包括:裂隙像素点在裂隙图像上的坐标、无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

[0028] 可选地,裂隙迹的几何参数包括:裂隙在露天矿山边坡上的迹长、宽度、倾斜、倾角信息。

[0029] 本发明实施例中,基于深度学习的裂隙图像识别可高效快速地识别并提取露天矿山边坡上的裂隙参数,克服了由于露天矿山边坡地形因素导致的人工测量不准确等问题,改进了边坡地质信息采集的流过程,提升了边坡地质建模的精确度。

[0030] 本发明实施例提供了一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法,该方法可以由电子设备实现,该电子设备可以是终端或服务器。如图2所示的露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法流程图,该方法的处理流程可以包括如下的步骤:

S201:通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;

一种可行的实施方式中,使用无人机倾斜摄影方法对露天矿山边坡进行航拍;航线规划参数包括:航向重叠率,旁向重叠率,飞行相对高度,航线长度等,航拍覆盖整个待测的露天矿山边坡。

[0031] S202:提取边坡图像数据,所述边坡图像数据包括:GPS坐标参数和航拍相机姿态参数。

[0032] S203:将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

[0033] 一种可行的实施方式中,将采集到的边坡图像统一处理为 512×512 像素大小的图像,通过随机图像旋转、变形、缩放以及生成噪声的数据增强操作,将图像数量扩充至原来数量N倍,其中 $N \geq 10$ 。增加模型训练的鲁棒性。

[0034] S204:对扩充后的边坡图像进行图像灰度化、高斯滤波、二值化处理以及边缘检测,得到裂隙标签图。

[0035] 一种可行的实施方式中,边坡图像进行预处理操作获得裂隙标签图过程包括图像灰度化,高斯滤波,二值化处理,边缘检测,之后得到裂隙图像标签图。

[0036] 一种可行的实施方式中,将边坡图像进行灰度化处理,使图像变成只有3通道的灰度图像。

[0037] S205:根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集。

[0038] S206:采用改进U-net网络,通过归一化处理对裂隙图像训练集进行处理并输入至改进U-net网络。

[0039] 一种可行的实施方式中,改进U-net网络包括如附图3所示,图像输入模块采用归一化处理对裂隙图像数据集进行处理并输入至网络;特征提取网络,采用ResNet18 (Residual Net 18, 残差网络18)为网络骨架,下采样过程为4层,将每层设置两个残差模

块进行连接,用于保证图像特征提取时保留最多的信息,每个残差块之间都由Batch Normalization、Zero padding、ReLU以及 3×3 卷积核进行连接,在下采样时采用 2×2 最大池化都缩小一倍图像维数,翻倍图像通道数,提取多尺度裂隙特征;上采样过程为四层,每一层设置一个残差模块,通过 2×2 反卷积翻倍图像维数,缩小一倍图像通道,并融合多尺度下的裂隙特征,提取裂隙图像特征;网络输出层,采用sigmoid函数将作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,用于输出裂隙图像特征;损失函数,采用BCE : $Loss = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \log(1 - \hat{y}_i)$ 用于判断模型训练是否收敛。

[0040] S207:提取裂隙图像的多尺度裂隙特征;

S208:采用sigmoid函数作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,输出裂隙图像特征;

S209:采用BCE(Binary CrossEntropy,二元交叉损失熵)判断改进U-net网络是否收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

[0041] 一种可行的实施方式中,训练集进行训练直至网络收敛过程包括:

将裂隙图像数据集通过图像输入模块加载到所述的网络中,在特征提取网络以ResNet18网络为骨架,下采样过程中多层采集裂隙多尺度裂隙特征,之后在上采样过程中将采集到的裂隙特征与还原的图像进行拼接,通过双线性插值使得特征图与原始图像尺寸相同,最后将特征图映射到网络的输出层。

[0042] 通过损失函数得到裂隙特征识别误差,之后误差进行反向传播,所述改进U-net网络基于梯度下降法调整网络结构参数,再循环之前步骤直至误差收敛,完成网络训练,并将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

[0043] S210:通过裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿边坡图像裂隙参数提取。

[0044] 一种可行的实施方式中,如图4所示,为基于改进U-net网络裂隙识别模型对露天矿山边坡图像进行识别的效果图。

[0045] 对边坡图像中裂隙像素的相关信息与图像包含的GPS坐标信息和相机姿态进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取;

其中边坡图像中裂隙像素的相关信息包括:裂隙像素点在裂隙图像上的坐标、无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

[0046] 一种可行的实施方式中,裂隙迹的几何参数包括:裂隙在露天矿山边坡上的迹长、宽度、倾斜、倾角信息。

[0047] 一种可行的实施方式中,裂隙像素的相关信息与图像包含的GPS坐标信息和相机姿态包括裂隙像素点在裂隙图像上的坐标以及无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

[0048] 通过裂隙像素点在裂隙图像上的坐标以及无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角计算裂隙图像的裂隙在露天矿山边坡上的迹长、倾向、倾角。如图5所示,裂隙二维图像的像素点坐标为 (x,y) ,连接形成闭合多线段的有 n 条线段,形成线段两端的第 k 个像素点和第 $k+1$ 个像素点坐标为 (x_k,y_k) 和 (x_{k+1},y_{k+1}) ,根据下述公式(1)计算线段的

距离 d_k :

$$d_k = \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2} \quad (1)$$

则根据下述公式(2)计算裂隙迹长

$$l_d = \sum d_k \quad (2)$$

倾向倾角计算如附图6所示,无人机坐标系为xyz,边坡空间坐标系为XYZ,则边坡图像的三维坐标为(x, y, z),取边坡图像中裂隙的三点坐标 $P_1(x_1, y_1, z_1)$, $P_2(x_2, y_2, z_2)$ 和 $P_3(x_3, y_3, z_3)$, A, B, C, D为平面方程参数,平面法向量为 $n(A, B, C)$,裂隙的倾向 α_0 、倾角 β_0 计算公式如下述公式(3) - (10):

$$n(A, B, C) = \vec{P_1 P_2} \times \vec{P_1 P_3} \quad (3)$$

$$\vec{P_1 P_2} = (X_2 - X_1, Y_2 - Y_1, Z_2 - Z_1) \quad (4)$$

$$\vec{P_1 P_3} = (X_3 - X_1, Y_3 - Y_1, Z_3 - Z_1) \quad (5)$$

$$A = (Y_2 - Y_1) \times (Z_3 - Z_1) - (Z_2 - Z_1) \times (Y_3 - Y_1) \quad (6)$$

$$B = (Z_2 - Z_1) \times (X_3 - X_1) - (X_2 - X_1) \times (Z_3 - Z_1) \quad (7)$$

$$C = (X_2 - X_1) \times (Y_3 - Y_1) - (Y_2 - Y_1) \times (X_3 - X_1) \quad (8)$$

$$\alpha_0 = \left| \arctg(\sqrt{A^2 + B^2} / C) \right| \quad (9)$$

$$\beta_0 = \left| \arctg \frac{A}{B} \right| \quad (10)$$

拍摄时相机投影坐标为 (X_0, Y_0, Z_0) ,无人机拍摄照片时的XYZ三轴的空间角为 φ 、 κ 、 ω ,无人机图片的单位标尺长度为b,标尺在边坡上的长度为a,裂隙的实际空间三维坐标(X, Y, Z)以及倾向 α_1 、倾角 β_1 和长度L的计算公式如下述公式(11) - (14):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \frac{a}{b} R_\varphi R_\kappa R_\omega \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \beta_1 \end{bmatrix} = R_\varphi R_\kappa R_\omega \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \beta_0 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$L = \frac{a}{b} l_d \quad (13)$$

$R_\varphi R_\kappa R_\omega$

$$= \begin{bmatrix} \cos\varphi\cos\kappa & -\cos\varphi\sin\kappa & \sin\varphi \\ \cos\omega\sin\kappa + \sin\omega\sin\varphi\cos\kappa & \cos\omega\cos\kappa - \sin\omega\sin\varphi\sin\kappa & -\sin\omega\cos\varphi \\ \sin\omega\sin\kappa - \cos\omega\sin\varphi\cos\kappa & \sin\omega\cos\kappa + \cos\omega\sin\varphi\sin\kappa & \cos\omega\cos\varphi \end{bmatrix} \quad (14)$$

本发明实施例中,基于深度学习的裂隙图像识别可高效快速地识别并提取露天矿山边坡上的裂隙参数,克服了由于露天矿山边坡地形因素导致的人工测量不准确等问题,改进了边坡地质信息采集的流过程,提升了边坡地质建模的精确度。

[0049] 图7据一示例性实施例示出的一种露天矿山边坡图像裂隙参数提取装置框图。参照图7该装置300包括：

图像获取模块310,用于对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充;

训练集构建模块320,用于对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

模型训练模块330,用于选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

图像裂隙参数提取模块340,用于通过所述裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取。

[0050] 可选地,图像获取模块310,用于通过小型无人机对露天矿山边坡进行航拍,采集边坡图像;提取边坡图像数据,所述边坡图像数据包括:GPS坐标参数和航拍相机姿态参数;将采集到的边坡图像通过数据强化的方式进行图像数量扩充。

[0051] 可选地,图像获取模块310,用于使用无人机倾斜摄影方法对露天矿山边坡进行航拍;航线规划参数包括:航向重叠率,旁向重叠率,飞行相对高度,航线长度等,航拍覆盖整个待测的露天矿山边坡。

[0052] 可选地,图像获取模块310,用于将采集到的边坡图像统一处理为 512×512 像素大小的图像,通过随机图像旋转、变形、缩放以及生成噪声数据增强操作,将图像数量扩充至原来数量N倍,其中 $N \geq 10$ 。

[0053] 可选地,训练集构建模块320,用于对扩充后的边坡图像进行图像灰度化、高斯滤波、二值化处理以及边缘检测,得到裂隙标签图;

将所述边坡图像进行灰度化处理,使所述图像变成只有3通道的灰度图像;

根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集。

[0054] 可选地,模型训练模块330,用于采用改进U-net网络,通过归一化处理对裂隙图像训练集进行处理并输入至改进U-net网络;

提取裂隙图像的多尺度裂隙特征;

采用sigmoid函数作为输出端的激活函数,将线性输入转化为非线性输出,输出裂隙图像特征;

采用二元交叉损失熵BCE判断改进U-net网络是否收敛,将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型。

[0055] 可选地,图像裂隙参数提取模块340,用于对边坡图像中裂隙像素的信息,与图像数据包含的GPS坐标信息和航拍相机姿态参数进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取;

其中边坡图像中裂隙像素的相关信息包括:裂隙像素点在裂隙图像上的坐标、无人机拍摄时相机在大地坐标系下的空间位置以及空间角。

[0056] 可选地,裂隙迹的几何参数包括:裂隙在露天矿山边坡上的迹长、宽度、倾斜、倾角信息。

[0057] 本发明实施例中,基于深度学习的裂隙图像识别可高效快速地识别并提取露天矿山边坡上的裂隙参数,克服了由于露天矿山边坡地形因素导致的人工测量不准确等问题,改进了边坡地质信息采集的流过程,提升了边坡地质建模的精确度。

[0058] 图8本发明实施例提供的一种电子设备400的结构示意图,该电子设备400可因配置或性能不同而产生比较大的差异,可以包括一个或一个以上处理器(central processing units,CPU)401和一个或一个以上的存储器402,其中,存储器402中存储有至少一条指令,至少一条指令由处理器401加载并执行以实现下述露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法的步骤:

S1:对露天矿山边坡进行边坡图像采集并提取边坡图像数据;对所述边坡图像进行图像数量扩充;

S2:对扩充后的边坡图像进行预处理,获得裂隙标签图;根据所述裂隙标签图和扩充后的边坡图像建立裂隙图像训练集;

S3:选取改进U-net网络,通过所述裂隙图像训练集对改进U-net网络进行训练,直至所述改进U-net网络收敛;将收敛后的网络参数保存为裂隙识别模型的参数,获得裂隙识别模型;

S4:通过所述裂隙识别模型对待识别的边坡图像进行识别,提取待识别的边坡图像中裂隙像素的信息;对裂隙像素的信息与图像数据进行解算,获得裂隙迹的几何参数,完成露天矿山边坡图像裂隙参数提取。

[0059] 在示例性实施例中,还提供了一种计算机可读存储介质,例如包括指令的存储器,上述指令可由终端中的处理器执行以完成上述露天矿山边坡图像裂隙参数提取方法。例如,所述计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。

[0060] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0061] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

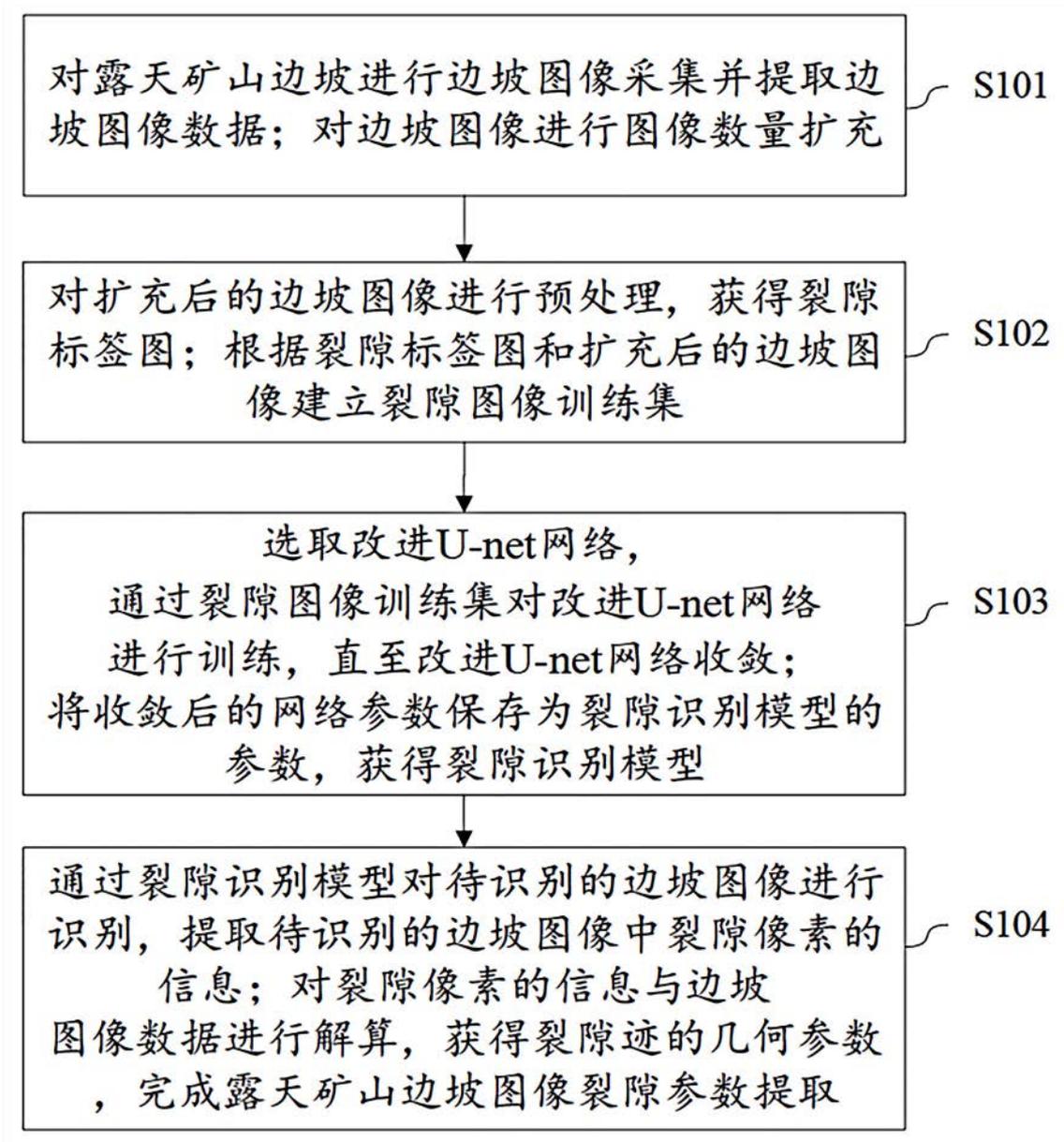


图1

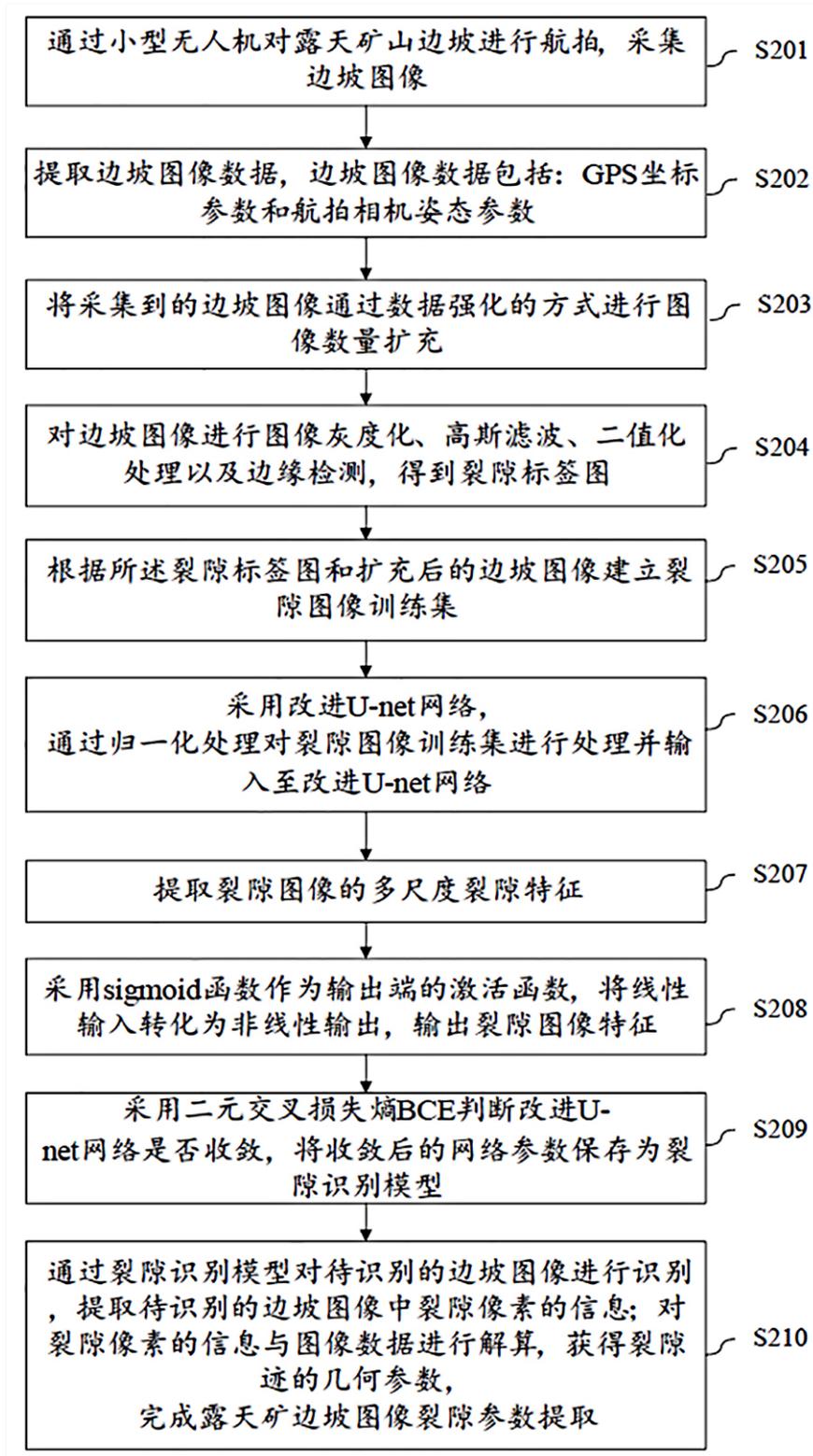


图2

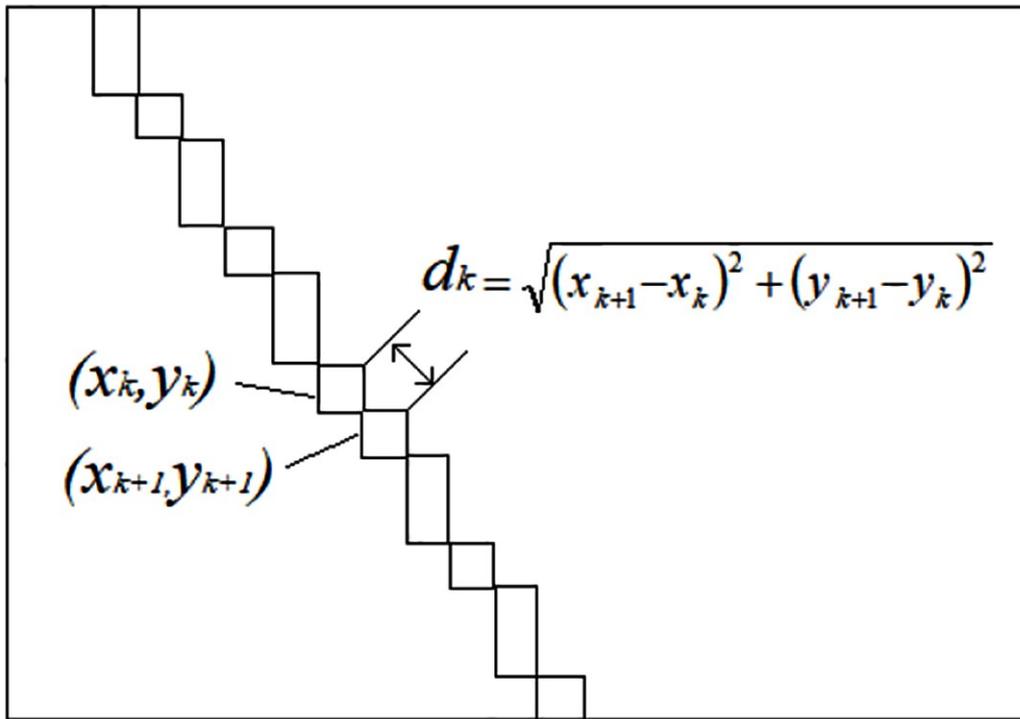


图5

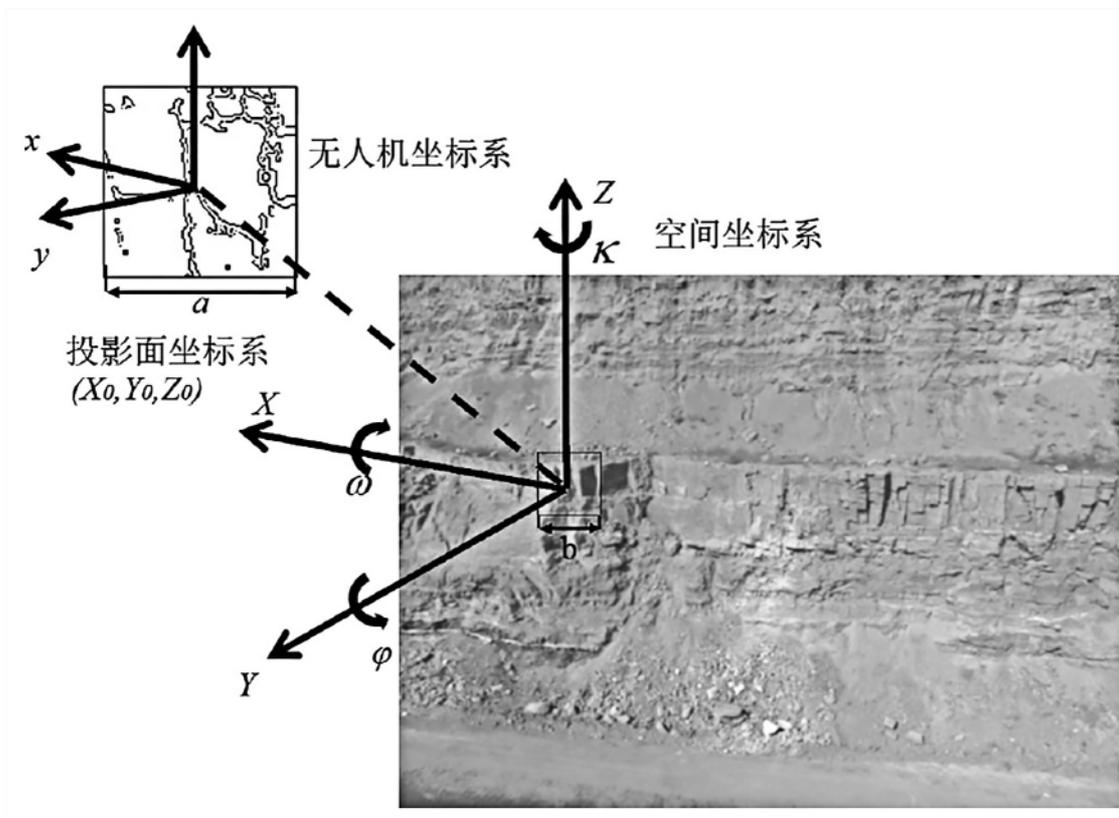


图6

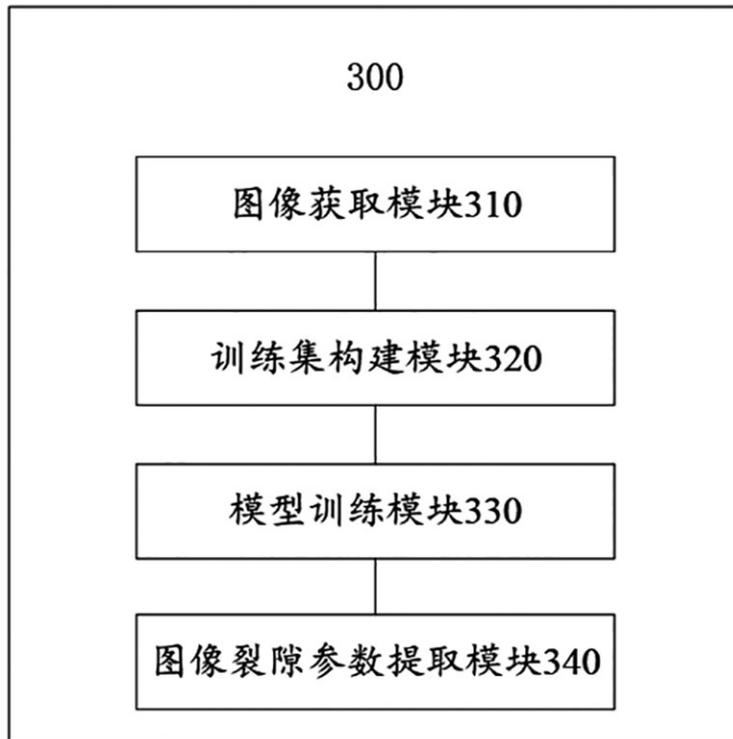


图7

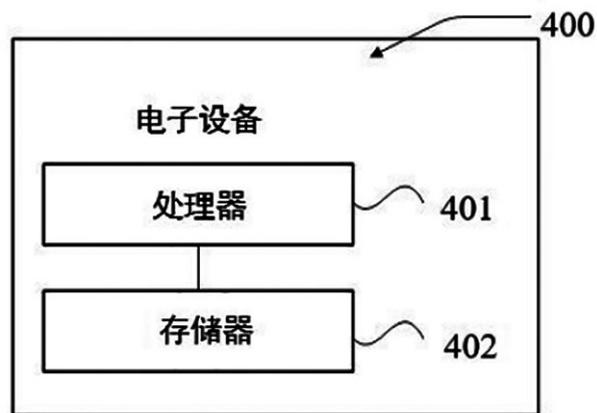


图8