



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115358979 B

(45) 授权公告日 2023.06.16

(21) 申请号 202210972604.7

(22) 申请日 2022.08.12

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115358979 A

(43) 申请公布日 2022.11.18

(73) 专利权人 武汉大学
地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
街道八一路299号

(72) 发明人 艾明耀 孙思涵 胡庆武 段龙梅
常远 刘伟 郭春阳 赵先洋
赵鹏程 李加元 毛庆洲

(74) 专利代理机构 武汉智嘉联合知识产权代理
事务所(普通合伙) 42231
专利代理师 张璐

(51) Int.Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/13 (2017.01)

G06T 7/40 (2017.01)

G06T 7/90 (2017.01)

(56) 对比文件

CN 107464286 A, 2017.12.12

CN 109064542 A, 2018.12.21

审查员 崔芳婷

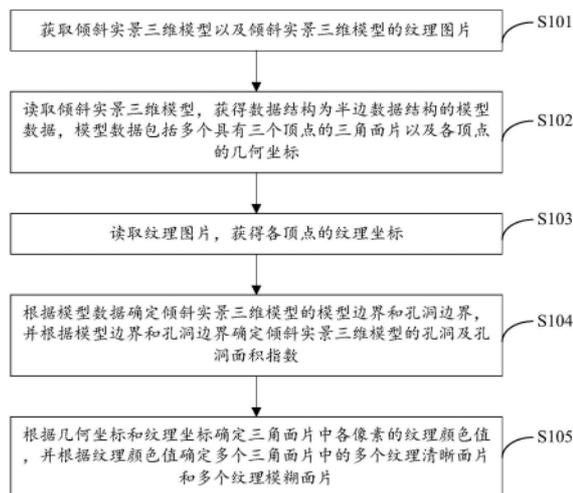
权利要求书5页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置,其方法包括:获取倾斜实景三维模型以及倾斜实景三维模型的纹理图片;读取倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各顶点的几何坐标;读取纹理图片,获得各顶点的纹理坐标;根据模型数据确定倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据模型边界和孔洞边界确定倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;根据几何坐标和纹理坐标确定三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据纹理颜色值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。本发明提高了对倾斜实景三维模型质量检查的检查效率和检查准确率。



1. 一种倾斜实景三维模型质量检查方法,其特征在于,包括:

获取倾斜实景三维模型以及所述倾斜实景三维模型的纹理图片;

读取所述倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,所述模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各所述顶点的几何坐标;

读取所述纹理图片,获得各所述顶点的纹理坐标;

根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;

根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片;

所述孔洞面积指数为:

$$index_{area} = \frac{hole_{area}}{model_{area}} \times 100\%$$

$$hole_{area} = \sum_{i=1}^m hole_i$$

$$hole_i = \frac{1}{2} \left| \overrightarrow{A_1 A_2} \times \overrightarrow{A_1 A_3} + \overrightarrow{A_1 A_3} \times \overrightarrow{A_1 A_4} + \dots + \overrightarrow{A_1 A_{n-1}} \times \overrightarrow{A_1 A_n} \right|$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix}^2}$$

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} x_t & x_{t+1} \\ y_t & y_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} y_t & y_{t+1} \\ z_t & z_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_n & y_1 \\ z_n & z_1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} z_t & z_{t+1} \\ x_t & x_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_n & z_1 \\ x_n & x_1 \end{vmatrix}$$

式中, $index_{area}$ 为孔洞面积指数; $hole_{area}$ 为孔洞总面积; $model_{area}$ 为表面积; $hole_i$ 为第 i 个孔洞的孔洞面积; m 为孔洞的总个数; A_t ($t=1, 2, 3, \dots, n$) 为第 i 个孔洞的第 t 个顶点; x_t , y_t , z_t 为第 t 个顶点的三维坐标值; $| \cdot |$ 为预设运算规则符号;

所述几何坐标为所述三角面片的各顶点在世界坐标系下的坐标; 所述根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值, 包括:

将所述几何坐标由所述世界坐标系变换至相机坐标系, 获得顶点在所述相机坐标系下的相机坐标;

将所述相机坐标由所述相机坐标系变换至投影坐标系, 获得各顶点在所述投影坐标系下的投影坐标;

将所述投影坐标由所述投影坐标系变换至屏幕坐标系, 获得各顶点在所述屏幕坐标系

下的屏幕坐标；

根据所述屏幕坐标对所述三角面片进行像素栅格化,获得多个边界像素和多个内部像素；

根据所述纹理坐标对所述多个边界像素进行双线性插值处理,获得各所述边界像素的边界纹理坐标,并根据所述边界纹理坐标获得所述多个内部像素的内部纹理坐标；

根据所述纹理图片的尺寸,分别将所述边界纹理坐标和所述内部纹理坐标还原至纹理图像坐标,并根据所述纹理图像坐标确定各所述像素的纹理颜色值；

所述根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,包括：

将所述纹理颜色值转换为灰度值,并根据所述灰度值确定各所述三角面片中所有像素的梯度值；

根据所述三角面片中所有像素的梯度值确定所述三角面片的整体梯度值；

根据所述整体梯度值和预设的梯度阈值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

2. 根据权利要求1所述的倾斜实景三维模型质量检查方法,其特征在于,所述根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,包括：

遍历所述模型数据,提取所述模型数据中的多个边界点以及所述多个边界点的提取顺序,并根据所述多个边界点以及所述多个边界点的提取数据构建多个边界线；

根据所述多个边界线确定多个边界多边形,并确定各所述边界多边形的形心和最小二乘平面；

将所述多个边界点投影至与所述边界多边形对应的所述最小二乘平面获得多个投影点,根据所述形心和所述多个投影点的位置关系确定所述模型边界和孔洞边界。

3. 根据权利要求2所述的倾斜实景三维模型质量检查方法,其特征在于,所述根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数,包括：

确定所述多个三角面片中各三角面片的面片面积,并根据所述面片面积确定所述倾斜实景三维模型的表面积；

根据所述孔洞边界确定多个孔洞以及各孔洞的多个孔洞边界点,并确定所述多个孔洞边界点在所述最小二乘平面上的多个孔洞投影点；

根据所述多个孔洞投影点确定各孔洞的孔洞面积,根据各孔洞的孔洞面积确定所述多个孔洞的孔洞总面积；

根据所述孔洞总面积和所述表面积确定所述孔洞面积指数。

4. 根据权利要求1所述的倾斜实景三维模型质量检查方法,其特征在于,所述屏幕坐标为：

$$(x^w, y^w, z^w) = (x^0, y^0, z^0) \cdot M_{wc,vc} \cdot M_L \cdot M_{norm,screen}$$

$$M_{wc,vc} = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & -u \cdot V_0 \\ v_x & v_y & v_z & -v \cdot V_0 \\ n_x & n_y & n_z & -n \cdot V_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{norm,screen} = \begin{bmatrix} \frac{xd_{max} - xd_{min}}{2} & 0 & 0 & \frac{xd_{max} + xd_{min}}{2} \\ 0 & \frac{yd_{max} - yd_{min}}{2} & 0 & \frac{yd_{max} + yd_{min}}{2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式中, x^w, y^w, z^w 为屏幕坐标; x^0, y^0, z^0 为几何坐标; $M_{wc,vc}$ 为世界坐标系与相机坐标系之间的平移变换矩阵; M_L 为相机坐标系与投影坐标系之间的投影变换矩阵; $M_{norm,screen}$ 为投影坐标系与屏幕坐标系之间的归一化变换矩阵; V_0 为世界坐标系的原点到相机坐标系的原点的平移向量; u, v, n 为相机坐标系三个坐标轴的旋转向量; u_x, u_y, u_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 u 坐标轴的旋转分量; v_x, v_y, v_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 v 坐标轴的旋转分量; n_x, n_y, n_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 n 坐标轴的旋转分量; $xd_{min}, yd_{min}, 0$ 为屏幕左下角坐标; $xd_{max}, yd_{max}, 0$ 为屏幕右上角坐标。

5. 根据权利要求1所述的倾斜实景三维模型质量检查方法, 其特征在于, 所述整体梯度值为:

$$D(f) = \frac{\sum_y \sum_x abs(G(x, y))}{P}$$

$$G(x, y) = \sqrt{(f(x, y) \otimes g_x)^2 + (f(x, y) \otimes g_y)^2}$$

式中, $D(f)$ 为整体梯度值; $G(x, y)$ 为各像素的梯度值; x, y 为像素坐标; P 为三角面片中的像素数量; $abs()$ 为绝对值运算符号; g_x 为水平梯度算子; g_y 为垂直梯度算子; $f(x, y)$ 为梯度函数; \otimes 为卷积运算符号。

6. 根据权利要求1所述的倾斜实景三维模型质量检查方法, 其特征在于, 所述倾斜实景三维模型质量检测方法还包括:

加载所述倾斜实景三维模型, 所述倾斜实景三维模型包括模型实体和孔洞, 所述模型实体包括多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片;

将所述孔洞以第一颜色显示,将所述多个纹理清晰面片以第二颜色显示,将所述多个纹理模糊面片以第三颜色显示。

7. 一种倾斜实景三维模型质量检查装置,其特征在于,包括:

模型获取单元,用于获取倾斜实景三维模型以及所述倾斜实景三维模型的纹理图片;

模型读取单元,用于读取所述倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,所述模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各所述顶点的几何坐标;

纹理图片读取单元,用于读取所述纹理图片,获得各所述顶点纹理坐标;

孔洞检查单元,用于根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;

纹理模糊检查单元,用于根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片;

所述孔洞面积指数为:

$$index_{area} = \frac{hole_{area}}{model_{area}} \times 100\%$$

$$hole_{area} = \sum_{i=1}^m hole_i$$

$$hole_i = \frac{1}{2} \left| \overrightarrow{A_1 A_2} \times \overrightarrow{A_1 A_3} + \overrightarrow{A_1 A_3} \times \overrightarrow{A_1 A_4} + \dots + \overrightarrow{A_1 A_{n-1}} \times \overrightarrow{A_1 A_n} \right|$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix}}$$

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} x_t & x_{t+1} \\ y_t & y_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} y_t & y_{t+1} \\ z_t & z_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_n & y_1 \\ z_n & z_1 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} z_t & z_{t+1} \\ x_t & x_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_n & z_1 \\ x_n & x_1 \end{vmatrix}$$

式中, $index_{area}$ 为孔洞面积指数; $hole_{area}$ 为孔洞总面积; $model_{area}$ 为表面积; $hole_i$ 为第 i 个孔洞的孔洞面积; m 为孔洞的总个数; A_t ($t=1, 2, 3, \dots, n$) 为第 i 个孔洞的第 t 个顶点; x_t , y_t , z_t 为第 t 个顶点的三维坐标值; $| \quad |$ 为预设运算规则符号;

所述几何坐标为所述三角面片的各顶点在世界坐标系下的坐标;所述根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值,包括:

将所述几何坐标由所述世界坐标系变换至相机坐标系,获得顶点在所述相机坐标系下

的相机坐标；

将所述相机坐标由所述相机坐标系变换至投影坐标系,获得各顶点在所述投影坐标系下的投影坐标；

将所述投影坐标由所述投影坐标系变换至屏幕坐标系,获得各顶点在所述屏幕坐标系下的屏幕坐标；

根据所述屏幕坐标对所述三角面片进行像素栅格化,获得多个边界像素和多个内部像素；

根据所述纹理坐标对所述多个边界像素进行双线性插值处理,获得各所述边界像素的边界纹理坐标,并根据所述边界纹理坐标获得所述多个内部像素的内部纹理坐标；

根据所述纹理图片的尺寸,分别将所述边界纹理坐标和所述内部纹理坐标还原至纹理图像坐标,并根据所述纹理图像坐标确定各所述像素的纹理颜色值；

所述根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,包括：

将所述纹理颜色值转换为灰度值,并根据所述灰度值确定各所述三角面片中所有像素的梯度值；

根据所述三角面片中所有像素的梯度值确定所述三角面片的整体梯度值；

根据所述整体梯度值和预设的梯度阈值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及倾斜摄影测量处理技术领域,具体涉及一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置。

背景技术

[0002] 伴随着我国城市智慧化建设的推动,倾斜摄影实景三维模型成果需求和应用也不断上升,实景三维模型的质量问题也越来越值得关注。相较于传统的三维建模,倾斜摄影能够较为完整的表达城市空间信息,但在模型的局部细节中存在以下几个方面的质量问题:1)模型缝隙和孔洞。在城市空间中,高层建筑林立,地物之间互相遮掩现象尤为常见,近地面部分模型由于遮挡严重,存在粘连、孔洞的问题,影响了场景的完整性。2)纹理模糊。在倾斜摄影过程中,航摄影像的质量对模型的纹理贴图的质量影响较大,而航高的设置、设备分辨率、拍摄的角度、影像重叠度的大小等因素都是影响影像质量的重要因素,此外,拍摄的时间、天气条件也会对影像质量有一定影响。因此在使用倾斜三维重建软件构建模型后,模型的纹理会出现模糊、拉花、失真等问题。因此,对构建的倾斜实景三维模型质量进行检查后续对倾斜实景三维模型进行修复和重建的重要参考依据。

[0003] 现有技术中对构建的倾斜实景三维模型质量进行检查的方式为人工交互,即:通过人工查看倾斜实景三维模型以实现对其质量的检查,但由于倾斜实景三维模型的模型量大,通过人工交互方式会导致对倾斜实景三维模型质量进行检查的检查效率较低及检查准确率较低的技术问题。

[0004] 因此,急需提出一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置,提高对倾斜实景三维模型质量检查的检查效率和检查准确率。

发明内容

[0005] 有鉴于此,有必要提供一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置,用以解决现有技术中存在的通过人工交互方式导致对倾斜实景三维模型质量进行检查的检查效率较低及检查准确率较低的技术问题。

[0006] 一方面,本发明提供了一种倾斜实景三维模型质量检查方法,包括:

[0007] 获取倾斜实景三维模型以及所述倾斜实景三维模型的纹理图片;

[0008] 读取所述倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,所述模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各所述顶点的几何坐标;

[0009] 读取所述纹理图片,获得各所述顶点的纹理坐标;

[0010] 根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;

[0011] 根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0012] 在一些可能的实现方式中,所述根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的

模型边界和孔洞边界,包括:

[0013] 遍历所述模型数据,提取所述模型数据中的多个边界点以及所述多个边界点的提取顺序,并根据所述多个边界点以及所述多个边界点的提取数据构建多个边界线;

[0014] 根据所述多个边界线确定多个边界多边形,并确定各所述边界多边形的形心和最小二乘平面;

[0015] 将所述多个边界点投影至与所述边界多边形对应的所述最小二乘平面获得多个投影点,根据所述形心和所述多个投影点的位置关系确定所述模型边界和孔洞边界。

[0016] 在一些可能的实现方式中,所述根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数,包括:

[0017] 确定所述多个三角面片中各三角面片的面片面积,并根据所述面片面积确定所述倾斜实景三维模型的表面积;

[0018] 根据所述孔洞边界确定多个孔洞以及各孔洞的多个孔洞边界点,并确定所述多个孔洞边界点在所述最小二乘平面上的多个孔洞投影点;

[0019] 根据所述多个孔洞投影点确定各孔洞的孔洞面积,根据各孔洞的孔洞面积确定所述多个孔洞的孔洞总面积;

[0020] 根据所述孔洞总面积和所述表面积确定所述孔洞面积指数。

[0021] 在一些可能的实现方式中,所述孔洞面积指数为:

$$[0022] \quad index_{area} = \frac{hole_{area}}{model_{area}} \times 100\%$$

$$[0023] \quad hole_{area} = \sum_{i=1}^m hole_i$$

$$hole_i = \frac{1}{2} \left| \overrightarrow{A_1 A_2} \times \overrightarrow{A_1 A_3} + \overrightarrow{A_1 A_3} \times \overrightarrow{A_1 A_4} + \dots + \overrightarrow{A_1 A_{n-1}} \times \overrightarrow{A_1 A_n} \right|$$

$$[0024] \quad = \frac{1}{2} \sqrt{\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix}}$$

$$[0025] \quad \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} x_t & x_{t+1} \\ y_t & y_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix}$$

$$= x_1 y_1 + x_2 y_3 + \dots + x_{n-1} y_n + x_n y_1 - x_2 y_1 - x_3 y_2 - \dots - x_n y_{n-1} - x_1 y_n$$

$$[0026] \quad \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} y_t & y_{t+1} \\ z_t & z_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_n & y_1 \\ z_n & z_1 \end{vmatrix}$$

$$= y_1 z_1 + y_2 z_3 + \dots + y_{n-1} z_n + y_n z_1 - y_2 z_1 - y_3 z_2 - \dots - y_n z_{n-1} - y_1 z_n$$

$$[0027] \quad \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} z_t & z_{t+1} \\ x_t & x_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_n & z_1 \\ x_n & x_1 \end{vmatrix}$$

$$= z_1 x_1 + z_2 x_3 + \dots + z_{n-1} x_n + z_n x_1 - z_2 x_1 - z_3 x_2 - \dots - z_n x_{n-1} - z_1 x_n$$

[0028] 式中, $index_{area}$ 为孔洞面积指数; $hole_{area}$ 为孔洞总面积; $model_{area}$ 为表面积; $hole_i$ 为第 i 个孔洞的孔洞面积; m 为孔洞的总个数; A_t ($t=1, 2, 3, \dots, n$) 为第 i 个孔洞的第 t 个顶点; x_t, y_t, z_t 为第 t 个顶点的三维坐标值; $||$ 为预设运算规则符号。

[0029] 在一些可能的实现方式中, 所述几何坐标为所述三角面片的各顶点在世界坐标系下的坐标; 所述根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值, 包括:

[0030] 将所述几何坐标由所述世界坐标系变换至相机坐标系, 获得顶点在所述相机坐标系下的相机坐标;

[0031] 将所述相机坐标由所述相机坐标系变换至投影坐标系, 获得各顶点在所述投影坐标系下的投影坐标;

[0032] 将所述投影坐标由所述投影坐标系变换至屏幕坐标系, 获得各顶点在所述屏幕坐标系下的屏幕坐标;

[0033] 根据所述屏幕坐标对所述三角面片进行像素栅格化, 获得多个边界像素和多个内部像素;

[0034] 根据所述纹理坐标对所述多个边界像素进行双线性插值处理, 获得各所述边界像素的边界纹理坐标, 并根据所述边界纹理坐标获得所述多个内部像素的内部纹理坐标;

[0035] 根据所述纹理图片的尺寸, 分别将所述边界纹理坐标和所述内部纹理坐标还原至纹理图像坐标, 并根据所述纹理图像坐标确定各所述像素的纹理颜色值。

[0036] 在一些可能的实现方式中, 所述屏幕坐标为:

[0037] $(x^w, y^w, z^w) = (x^0, y^0, z^0) \cdot M_{wc,vc} \cdot M_L \cdot M_{norm,screen}$

$$[0038] \quad M_{wc,vc} = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & -u \cdot V_0 \\ v_x & v_y & v_z & -v \cdot V_0 \\ n_x & n_y & n_z & -n \cdot V_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[0039] \quad M_{norm,screen} = \begin{bmatrix} \frac{xd_{max} - xd_{min}}{2} & 0 & 0 & \frac{xd_{max} + xd_{min}}{2} \\ 0 & \frac{yd_{max} - yd_{min}}{2} & 0 & \frac{yd_{max} + yd_{min}}{2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0040] 式中, x^w, y^w, z^w 为屏幕坐标; x^0, y^0, z^0 为几何坐标; $M_{wc,vc}$ 为世界坐标系与相机坐标系之间的平移变换矩阵; M_L 为相机坐标系与投影坐标系之间的投影变换矩阵; $M_{norm,screen}$ 为投影坐标系与屏幕坐标系之间的归一化变换矩阵; V_0 为世界坐标系的原点到相机坐标系的原点的平移向量; u, v, n 为相机坐标系三个坐标轴的旋转向量; u_x, u_y, u_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 u 坐标轴的旋转分量; v_x, v_y, v_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相

机坐标系中v坐标轴的旋转分量; n_x, n_y, n_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中n坐标轴的旋转分量; $xd_{\min}, yd_{\min}, 0$ 为屏幕左下角坐标; $xd_{\max}, yd_{\max}, 0$ 为屏幕右上角坐标。

[0041] 在一些可能的实现方式中,所述根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,包括:

[0042] 将所述纹理颜色值转换为灰度值,并根据所述灰度值确定各所述三角面片中所有像素的梯度值;

[0043] 根据所述三角面片中所有像素的梯度值确定所述三角面片的整体梯度值;

[0044] 根据所述整体梯度值和预设的梯度阈值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0045] 在一些可能的实现方式中,所述整体梯度值为:

$$[0046] \quad D(f) = \frac{\sum_y \sum_x \text{abs}(G(x, y))}{p}$$

$$[0047] \quad G(x, y) = \sqrt{(f(x, y) \otimes g_x)^2 + (f(x, y) \otimes g_y)^2}$$

[0048] 式中, $D(f)$ 为整体梯度值; $G(x, y)$ 为各像素的梯度值; x, y 为像素坐标; p 为三角面片中的像素数量; $\text{abs}()$ 为绝对值运算符; g_x 为水平梯度算子; g_y 为垂直梯度算子; $f(x, y)$ 为梯度函数; \otimes 为卷积运算符。

[0049] 在一些可能的实现方式中,所述倾斜实景三维模型质量检测方法还包括:

[0050] 加载所述倾斜实景三维模型,所述倾斜实景三维模型包括模型实体和孔洞,所述模型实体包括多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片;

[0051] 将所述孔洞以第一颜色显示,将所述多个纹理清晰面片以第二颜色显示,将所述多个纹理模糊面片以第三颜色显示。

[0052] 另一方面,本发明还提供了一种倾斜实景三维模型质量检查装置,包括:

[0053] 模型获取单元,用于获取倾斜实景三维模型以及所述倾斜实景三维模型的纹理图片;

[0054] 模型读取单元,用于读取所述倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,所述模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各所述顶点的几何坐标;

[0055] 纹理图片读取单元,用于读取所述纹理图片,获得各所述顶点的纹理坐标;

[0056] 孔洞检查单元,用于根据所述模型数据确定所述倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据所述模型边界和所述孔洞边界确定所述倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;

[0057] 纹理模糊检查单元,用于根据所述几何坐标和所述纹理坐标确定所述三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据所述纹理颜色值确定多个所述三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0058] 采用上述实施例的有益效果是:本发明提供的倾斜实景三维模型质量检查方法,根据模型数据确定倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据模型边界和孔洞边界确定倾斜实景三维模型孔洞及孔洞面积指数;可通过孔洞面积指数实现定量化评价倾斜实

景三维模型的孔洞的目的,实现对孔洞的自动化检查。进一步地,本发明根据几何坐标和纹理坐标确定三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据纹理颜色值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,可实现对纹理模糊的自动化检查,并可使用户获知三角面片中的纹理清晰面片和纹理模糊面片,实现对纹理模糊的定量化检查。综上所述,本发明可实现对孔洞和纹理模糊的自动化检查,并可提高检查效率和检查准确率,为后续模型的修复和纹理重建提供一定的参考。

附图说明

[0059] 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。

[0060] 图1为本发明提供的倾斜实景三维模型质量检查方法的一个实施例流程示意图;

[0061] 图2为本发明图1中S104中确定模型边界和孔洞边界的一个实施例流程示意图;

[0062] 图3为本发明图1中S104中确定孔洞及孔洞面积指数的一个实施例流程示意图;

[0063] 图4为本发明图1中S105中确定三角面片中各像素的纹理颜色值的一个实施例流程示意图;

[0064] 图5为本发明图1中S105中确定多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片的一个实施例流程示意图;

[0065] 图6为本发明提供的对孔洞、纹理清晰面片和纹理模糊面片进行可视化展示的一个实施例结构示意图;

[0066] 图7为本发明提供的倾斜实景三维模型质量检查装置的一个实施例结构示意图。

具体实施方式

[0067] 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。

[0068] 应当理解,示意性的附图并未按实物比例绘制。本发明中使用的流程图示出了根据本发明的一些实施例实现的操作。应当理解,流程图的操作可以不按顺序实现,没有逻辑的上下文关系的步骤可以反转顺序或者同时实施。此外,本领域技术人员在本发明内容的指引下,可以向流程图添加一个或多个其他操作,也可以从流程图中移除一个或多个操作。

[0069] 附图中所示的一些方框图是功能实体,不一定必须与物理或逻辑上独立的实体相对应。可以采用软件形式来实现这些功能实体,或在一个或多个硬件模块或集成电路中实现这些功能实体,或在不同网络和/或处理器系统和/或微控制器系统中实现这些功能实体。

[0070] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和

隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0071] 本发明实施例提供了一种倾斜实景三维模型质量检查方法及装置,以下分别进行说明。

[0072] 图1为本发明提供的倾斜实景三维模型质量检查方法的一个实施例流程示意图,如图1所示,倾斜实景三维模型质量检查方法包括:

[0073] S101、获取倾斜实景三维模型以及倾斜实景三维模型的纹理图片;

[0074] S102、读取倾斜实景三维模型,获得数据结构为半边数据结构的模型数据,模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各顶点的几何坐标;

[0075] S103、读取纹理图片,获得各顶点的纹理坐标;

[0076] S104、根据模型数据确定倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据模型边界和孔洞边界确定倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数;

[0077] S105、根据几何坐标和纹理坐标确定三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据纹理颜色值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0078] 与现有技术相比,本发明实施例提供的倾斜实景三维模型质量检查方法,根据模型数据确定倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界,并根据模型边界和孔洞边界确定倾斜实景三维模型孔洞及孔洞面积指数;可通过孔洞面积指数实现定量化评价倾斜实景三维模型的孔洞的目的,实现对孔洞的自动化检查。进一步地,本发明实施例根据几何坐标和纹理坐标确定三角面片中各像素的纹理颜色值,并根据纹理颜色值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,可实现对纹理模糊的自动化检查,并可使用户获知三角面片中的纹理清晰面片和纹理模糊面片,实现对纹理模糊的定量化检查。综上所述,本发明实施例可实现对孔洞和纹理模糊的自动化检查,并可提高检查效率和检查准确率,为后续模型的修复和纹理重建提供一定的参考。

[0079] 在本发明的具体实施例中,步骤S102具体为:使用openmesh库,读取模型格式为OBJ的倾斜实景三维模型。步骤S103具体为:使用opencv库,读取纹理图片。

[0080] 其中,半边数据结构具体为:每个边分为两个半边,每个半边都有一个相边,方向相反,如果一个边被两个面片共用(正则边),则每个面片都能各自拥有一个半边。如果一个边仅被一个面片占有(边界边),则这个面片仅拥有该边的其中一个半边,另一个半边为闲置状态。半边数据结构包括顶点、半边和面片。

[0081] 在本发明的一些实施例中,如图2所示,步骤S104中的确定模型边界和孔洞边界包括:

[0082] S201、遍历模型数据,提取模型数据中的多个边界点以及多个边界点的提取顺序,并根据多个边界点以及多个边界点的提取数据构建多个边界线;

[0083] S202、根据多个边界线确定多个边界多边形,并确定各边界多边形的形心和最小二乘平面;

[0084] S203、将多个边界点投影至与边界多边形对应的最小二乘平面获得多个投影点,根据形心和多个投影点的位置关系确定模型边界和孔洞边界。

[0085] 其中,步骤S201具体为:由于在半边数据结构中,位于边界的半边不被任何三角面片共用,并且边界边指向的下一条半边也是边界边,根据这两个特点可识别出边界边,且边界边的起始点和终点为边界点,同时引用点标记和边标记,点标记用于区分提取的边界点,

边标记用于标记半边是否被遍历过。

[0086] 其中,步骤S203具体为:若形心和边界点位于某一边界边的同一侧,则此边界边为模型边界,若形心和边界点位于某一边界边的不同侧,则此边界边为孔洞边界。

[0087] 应当理解的是:根据孔洞边界即可确定孔洞。

[0088] 在本发明的一些实施例中,如图3所示,步骤S401中的确定孔洞及孔洞面积指数,包括:

[0089] S301、确定多个三角面片中各三角面片的面片面积,并根据面片面积确定倾斜实景三维模型的表面积;

[0090] S302、根据孔洞边界确定多个孔洞以及各孔洞的多个孔洞边界点,并确定多个孔洞边界点在最小二乘平面上的多个孔洞投影点;

[0091] S303、根据多个孔洞投影点确定各孔洞的孔洞面积,根据各孔洞的孔洞面积确定多个孔洞的孔洞总面积;

[0092] S304、根据孔洞总面积和表面积确定孔洞面积指数。

[0093] 本发明实施例通过根据孔洞总面积和表面积确定孔洞面积指数,可定量的判断孔洞总面积占表面积的百分比,从而可对孔洞进行评价,例如:当孔洞面积指数大于或等于预设指数时,表明孔洞占比较大,应对模型进行重建,而当孔洞面积指数小于预设指数时,表明孔洞占比较小,应对模型进行修复,无需进行重建,倾斜三维实景模型的后续处理步骤提供参考和指导。

[0094] 应当理解的是:步骤S301中确定多个三角面片中各三角面片的面片面积可为:根据海伦公式计算模型确定多个三角面片中各三角面片的面片面积。

[0095] 在本发明的具体实施例中:孔洞面积指数为:

$$[0096] \quad index_{area} = \frac{hole_{area}}{model_{area}} \times 100\%$$

$$[0097] \quad hole_{area} = \sum_{i=1}^m hole_i$$

$$hole_i = \frac{1}{2} \left| \overline{A_1 A_2} \times \overline{A_1 A_3} + \overline{A_1 A_3} \times \overline{A_1 A_4} + \dots + \overline{A_1 A_{n-1}} \times \overline{A_1 A_n} \right|$$

$$[0098] \quad = \frac{1}{2} \sqrt{\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix}^2}$$

$$[0099] \quad \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \dots x_n \\ y_1 & y_2 \dots y_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} x_t & x_{t+1} \\ y_t & y_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} x_n & x_1 \\ y_n & y_1 \end{vmatrix}$$

$$[0100] \quad \begin{vmatrix} y_1 & y_2 \dots y_n \\ z_1 & z_2 \dots z_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} y_t & y_{t+1} \\ z_t & z_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} y_n & y_1 \\ z_n & z_1 \end{vmatrix}$$

$$[0101] \quad \begin{vmatrix} z_1 & z_2 \dots z_n \\ x_1 & x_2 \dots x_n \end{vmatrix} = \sum_{t=1}^{n-1} \begin{vmatrix} z_t & z_{t+1} \\ x_t & x_{t+1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} z_n & z_1 \\ x_n & x_1 \end{vmatrix}$$

[0102] 式中, $index_{area}$ 为孔洞面积指数; $hole_{area}$ 为孔洞总面积; $model_{area}$ 为表面积; $hole_i$ 为第 i 个孔洞的孔洞面积; m 为孔洞的总个数; A_t ($t=1, 2, 3, \dots, n$) 为第 i 个孔洞的第 t 个顶点; x_t, y_t, z_t 为第 t 个顶点的三维坐标值; $||$ 为预设运算规则符号。

[0103] 需要说明的是: 预设运算规则符号代表的运算规则为: 左上 \times 右下 - 右上 \times 左下。
例如:

$$[0104] \quad \begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = 1 \times 4 - 2 \times 3 = -2$$

[0105] 在本发明的一些实施例中, 如图4所示, 步骤S105中确定三角面片中各像素的纹理颜色值, 包括:

[0106] S401、将几何坐标由世界坐标系变换至相机坐标系, 获得顶点在相机坐标系下的相机坐标;

[0107] S402、将相机坐标由相机坐标系变换至投影坐标系, 获得各顶点在投影坐标系下的投影坐标;

[0108] S403、将投影坐标由投影坐标系变换至屏幕坐标系, 获得各顶点在屏幕坐标系下的屏幕坐标;

[0109] S404、根据屏幕坐标对三角面片进行像素栅格化, 获得多个边界像素和多个内部像素;

[0110] S405、根据纹理坐标对多个边界像素进行双线性插值处理, 获得各边界像素的边界纹理坐标, 并根据边界纹理坐标获得多个内部像素的内部纹理坐标;

[0111] S406、根据纹理图片的尺寸, 分别将边界纹理坐标和内部纹理坐标还原至纹理图像坐标, 并根据纹理图像坐标确定各像素的纹理颜色值。

[0112] 其中, 步骤S404具体为: 将三角面片顶点的屏幕坐标按照 y 坐标大小重新排序, 从屏幕坐标系纵坐标最小值的顶点出发, 沿垂直方向步进到下一个顶点, 步长为一个像素单位, 根据Bresenham算法计算误差项, 根据误差项的正负判断下一个绘制的像素, 重复这个步骤, 完成三角面片的边界线像素栅格化, 获得多个边界像素。从屏幕坐标系纵坐标最小值的顶点开始, 到屏幕坐标系纵坐标最大值的顶点结束, 从下至上、从左至右扫描, 每次计算扫描线与三角面片边界线的两个交点, 填充两个交点之间的像素, 完成三角形内部像素栅格化, 获得多个内部像素。

[0113] 在本发明的具体实施例中, 步骤S406具体为: 将每个像素周围四个最邻近像素的颜色值按照距离加权平均得到该像素的纹理颜色值。

[0114] 在本发明的一些实施例中, 屏幕坐标为:

$$[0115] \quad (x^w, y^w, z^w) = (x^0, y^0, z^0) \cdot M_{wc,vc} \cdot M_L \cdot M_{norm,screen}$$

$$[0116] \quad M_{wc,vc} = \begin{bmatrix} u_x & u_y & u_z & -u \cdot V_0 \\ v_x & v_y & v_z & -v \cdot V_0 \\ n_x & n_y & n_z & -n \cdot V_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$[0117] \quad M_{norm,screen} = \begin{bmatrix} \frac{xd_{max} - xd_{min}}{2} & 0 & 0 & \frac{xd_{max} + xd_{min}}{2} \\ 0 & \frac{yd_{max} - yd_{min}}{2} & 0 & \frac{yd_{max} + yd_{min}}{2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0118] 式中, x^w, y^w, z^w 为屏幕坐标; x^0, y^0, z^0 为几何坐标; $M_{wc,vc}$ 为世界坐标系与相机坐标系之间的平移变换矩阵; M_l 为相机坐标系与投影坐标系之间的投影变换矩阵; $M_{norm,screen}$ 为投影坐标系与屏幕坐标系之间的归一化变换矩阵; V_0 为世界坐标系的原点到相机坐标系的原点的平移向量; u, v, n 为相机坐标系三个坐标轴的旋转向量; u_x, u_y, u_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 u 坐标轴的旋转分量; v_x, v_y, v_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 v 坐标轴的旋转分量; n_x, n_y, n_z 为世界坐标系中的坐标值相对于相机坐标系中 n 坐标轴的旋转分量; $xd_{min}, yd_{min}, 0$ 为屏幕左下角坐标; $xd_{max}, yd_{max}, 0$ 为屏幕右上角坐标。

[0119] 在本发明的一些实施例中,如图5所示,步骤S105中的确定多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片,包括:

[0120] S501、将纹理颜色值转换为灰度值,并根据灰度值确定各三角面片中所有像素的梯度值;

[0121] S502、根据三角面片中所有像素的梯度值确定三角面片的整体梯度值;

[0122] S503、根据整体梯度值和预设的梯度阈值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0123] 本发明实施例通过确定出多个纹理清晰面片和多个模糊纹理面片,可确定模糊纹理面片在所有三角面片中的占比,并可根据占比值评价倾斜实景三维模型的纹理质量。例如:当占比值大于或等于预设占比值时,表示倾斜实景三维模型的纹理质量较差,需要对倾斜实景三维模型进行重建,而当占比值小于预设占比值时,表示倾斜实景三维模型的纹理质量较好,无需对倾斜实景三维模型进行重建,但需对倾斜实景三维模型进行修补,为倾斜实景三维模型的后续处理流程提供参考。

[0124] 在本发明的具体实施例中,整体梯度值为:

$$[0125] \quad D(f) = \frac{\sum_y \sum_x abs(G(x,y))}{p}$$

$$[0126] \quad G(x,y) = \sqrt{(f(x,y) \otimes g_x)^2 + (f(x,y) \otimes g_y)^2}$$

[0127] 式中, $D(f)$ 为整体梯度值; $G(x,y)$ 为各像素的梯度值; x, y 为像素坐标; p 为三角面片中的像素数量; $abs()$ 为绝对值运算符; g_x 为水平梯度算子; g_y 为垂直梯度算子; $f(x,y)$ 为梯度函数; \otimes 为卷积运算符。

[0128] 为了供用户更直观的获知倾斜实景三维模型的质量,在本发明的一些实施例中,如图6所示,倾斜实景三维模型质量检测方法还包括:

[0129] S601、加载倾斜实景三维模型,倾斜实景三维模型包括模型实体和孔洞,模型实体

包括多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片；

[0130] S602、将孔洞以第一颜色显示，将多个纹理清晰面片以第二颜色显示，将多个纹理模糊面片以第三颜色显示。

[0131] 本发明通过设置用不同的颜色在加载的倾斜实景三维模型中对孔洞、纹理清晰面片和纹理模糊面片进行显示，可实现孔洞、纹理清晰面片和纹理模糊面片的可视化展示，供用户更直观的获知倾斜实景三维模型的质量。

[0132] 为了更好地实施本发明实施例中的倾斜实景三维模型质量检查方法，在倾斜实景三维模型质量检查方法基础之上，对应的，本发明实施例还提供了一种倾斜实景三维模型质量检查装置，如图7所示，倾斜实景三维模型质量检查装置700包括：

[0133] 模型获取单元701，用于获取倾斜实景三维模型以及倾斜实景三维模型的纹理图片；

[0134] 模型读取单元702，用于读取倾斜实景三维模型，获得数据结构为半边数据结构的模型数据，模型数据包括多个具有三个顶点的三角面片以及各顶点的几何坐标；

[0135] 纹理图片读取单元703，用于读取纹理图片，获得各顶点的纹理坐标；

[0136] 孔洞检查单元704，用于根据模型数据确定倾斜实景三维模型的模型边界和孔洞边界，并根据模型边界和孔洞边界确定倾斜实景三维模型的孔洞及孔洞面积指数；

[0137] 纹理模糊检查单元705，用于根据几何坐标和纹理坐标确定三角面片中各像素的纹理颜色值，并根据纹理颜色值确定多个三角面片中的多个纹理清晰面片和多个纹理模糊面片。

[0138] 上述实施例提供的倾斜实景三维模型质量检查装置700可实现上述倾斜实景三维模型质量检查方法实施例中描述的技术方案，上述各模块或单元具体实现的原理可参见上述倾斜实景三维模型质量检查方法实施例中的相应内容，此处不再赘述。

[0139] 本领域技术人员可以理解，实现上述实施例方法的全部或部分流程，可以通过计算机程序来指令相关的硬件（如处理器，控制器等）来完成，计算机程序可存储于计算机可读存储介质中。其中，计算机可读存储介质为磁盘、光盘、只读存储记忆体或随机存储记忆体等。

[0140] 以上对本发明所提供的倾斜实景三维模型质量检查方法及装置进行了详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明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发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的技术人员，依据本发明的思想，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发明的限制。

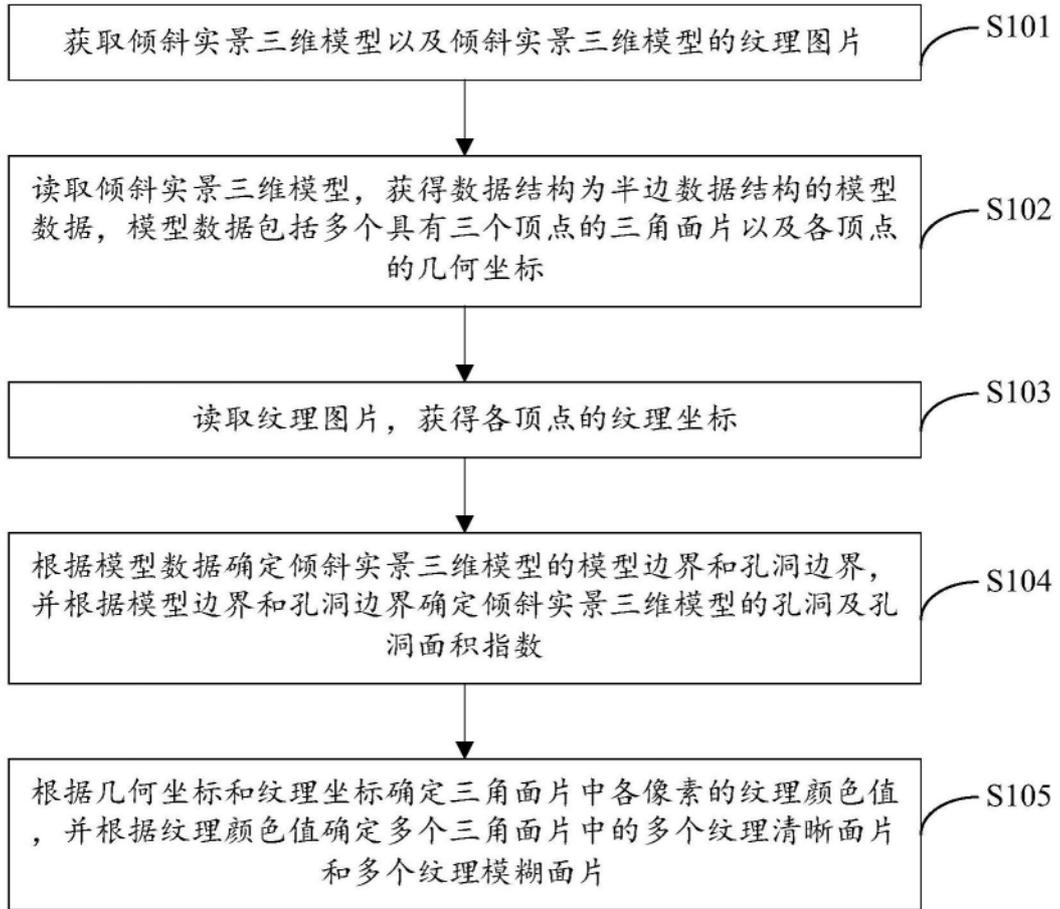


图1

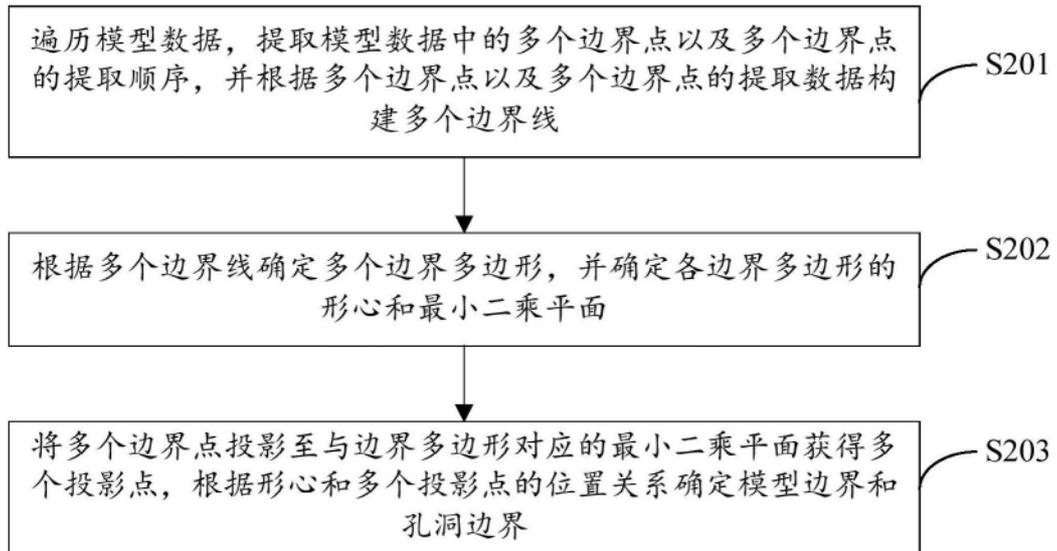


图2

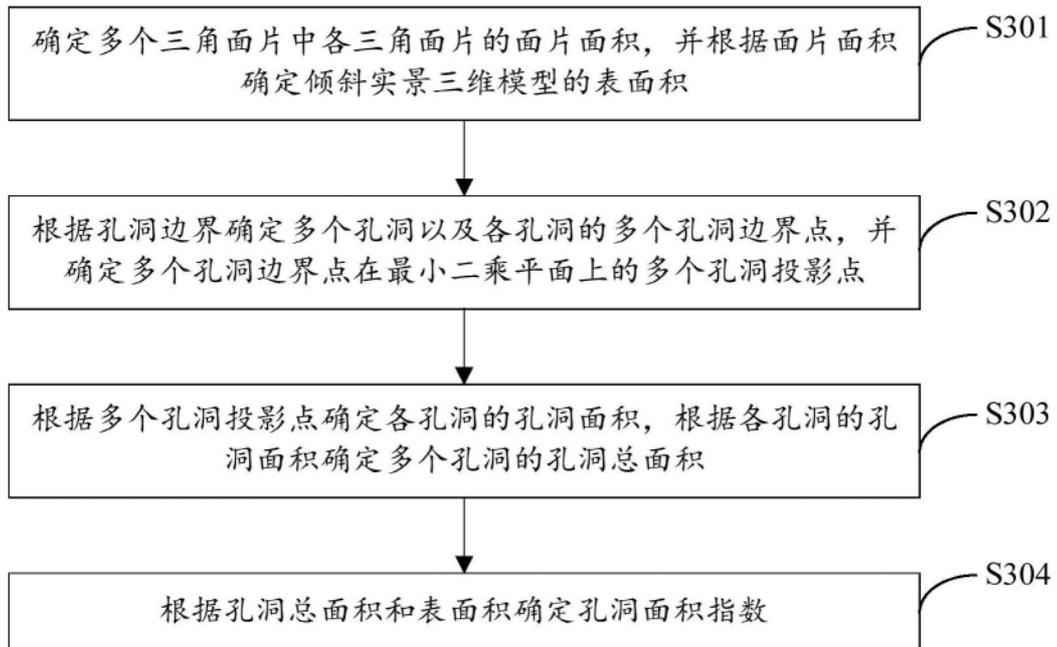


图3

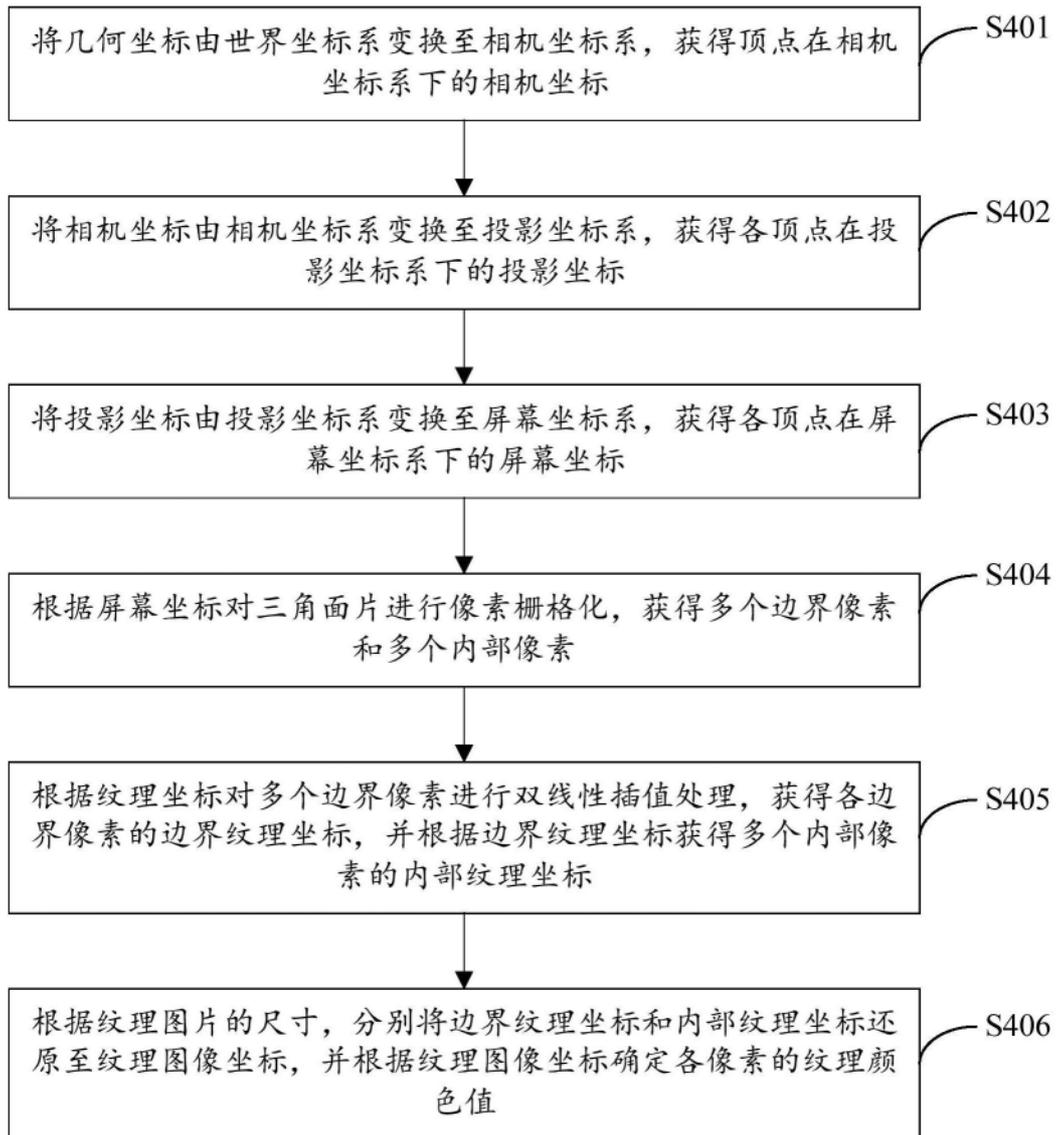


图4

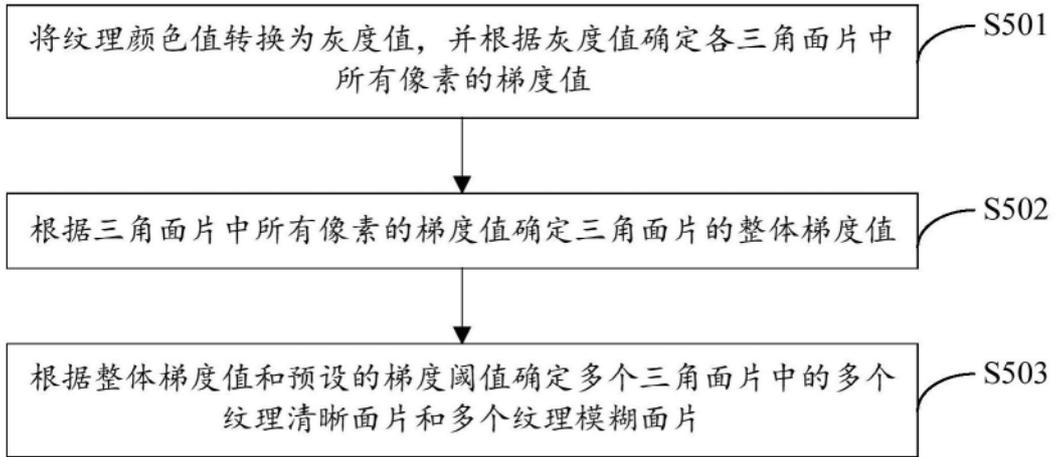


图5

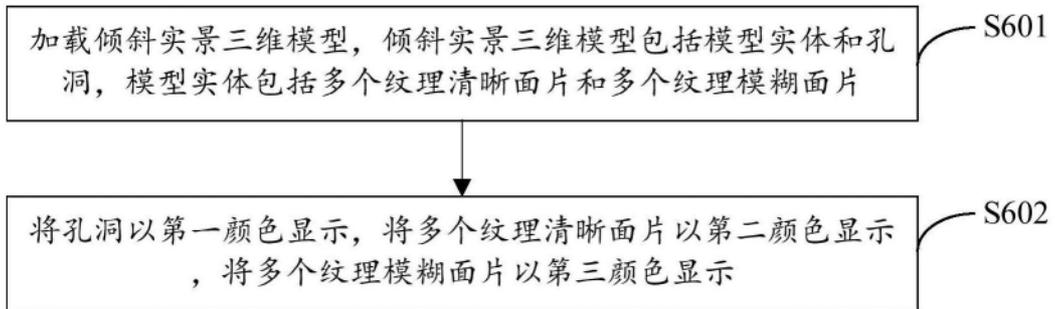


图6

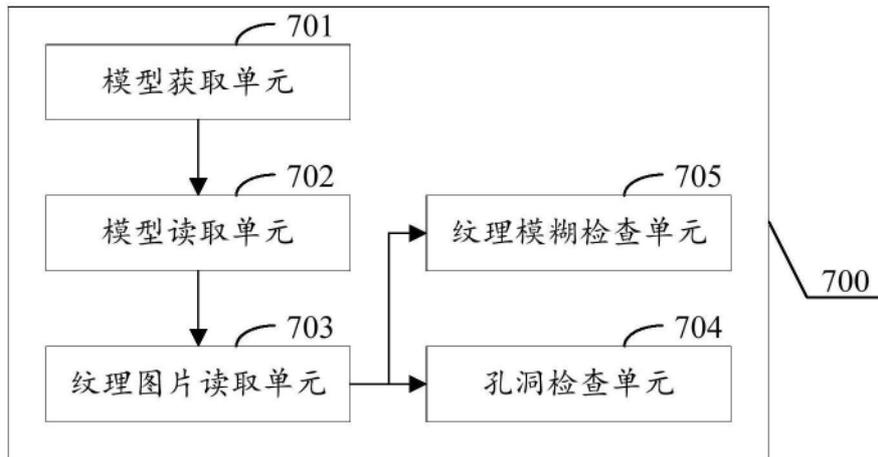


图7