



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102411779 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201110237834. 0

(22) 申请日 2011. 08. 19

(73) 专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道 17 号

专利权人 中国人民解放军 63921 部队

(72) 发明人 唐慧君 马彩文 胡海滨 杜博军
温佳 冯志远 李寅 朱顺华

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 徐平

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1888814 A, 2007. 01. 03, 全文.

李兴唐等. 基于三维模型的飞机识别与姿态

估计. 《武汉理工大学学报》. 2008, 第 30 卷 (第 08 期), 1-4.

TANG Hui-jun, et al. A comparative study on model-based pose estimation of flying objects. 《International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2011》. 2011, 1-6.

审查员 苏菲

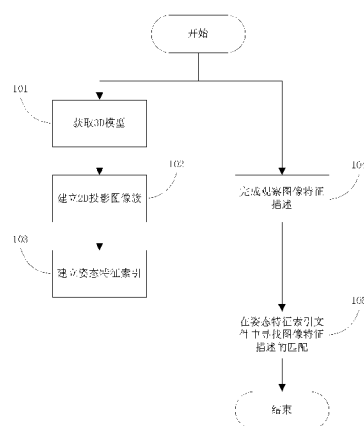
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于图像的物体模型匹配姿态测量方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于图像的物体模型匹配姿态测量方法, 主要解决了现有方法建库量大, 遍历搜索不方便、每次迭代均需对模型进行投影从而导致实时应用效率低的问题。本发明所依据的原理是: 将模型建库与匹配搜索分离开来; 在建库完成后, 对库内投影图像簇中的目标做特征描述并形成姿态特征索引文件; 针对观察图像做目标特征描述; 借助搜索匹配优化和特征归一化方法, 在索引文件中完成目标特征匹配和姿态测量。本发明抽取特征作为图像匹配的内容, 采用优化搜索, 提高姿态测量效率; 可以应用于其它的图像检索和测量任务; 搜索匹配中不涉及模型图像投影过程, 直接做图像特征之间的匹配, 提高姿态测量效率。



1. 一种基于图像的物体模型匹配姿态测量方法,其特殊之处在于,包括以下步骤:

1] 建立模型库

1.1] 建立物体的三维模型的二维投影图像簇,在同一距离下,周期性调整该三维模型的三维姿态角度并投影成像,获取该三维模型的二维图像,并记录该二维图像对应的三维姿态角度;所述的周期性调整是按照固定的角度值范围和步长,来调整三维物体模型的姿态角度,该固定的角度值由图像库的精度确定;所述三维模型是采用直接测量法,立体视觉重建法或设计数据重建法获取;

1.2] 对步骤 1.1 中获取的图像簇中的各帧二维图像进行图像分割后提取轮廓特征,所述轮廓特征包括边缘特征和区域特征;并对边缘特征、区域特征进行描述,对描述结果做归一化处理,将完成归一化处理的描述结果与其对应的三维姿态角度绑定为一个索引单元存入模型索引文件中组成模型库;

所述的步骤 1.2 中,是采用傅立叶描述子对图像簇中各帧图像的轮廓进行特征描述并归一化处理,应用该傅立叶描述子,通过相似性学习,建立合适的神经网络;该神经网络的输入为两个不同形状的描述子,输出量化表述这两个描述子所体现的目标在方位、俯仰、滚转角度上的相似程度;所述相似性学习是应用目标模型投影图像簇中的描述子作为输入进行的;

所述归一化处理,是使得目标观察图像的轮廓特征与目标模型投影图像的轮廓特征相应的描述子对平移和尺度变换具有不变性,同时对旋转变换具有变异性;

所述步骤 1.2 中的特征描述,满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求,同时满足对旋转的变异性要求;在做特征描述时,采用轮廓点到形状中心的距离作为轮廓序列,并对得到的傅立叶描述子做幅度的归一化和采样频度的归一化;

2] 获取目标图像的特征

2.1] 对目标进行图像获取,获取的图像为二维图像;

2.2] 对步骤 2.1 获取的二维图像进行三维姿态角度初估,得到姿态初值;姿态初值是利用目标姿态先验知识所确定;

2.3] 对步骤 2.1 获取的二维图像进行图像分割后提取轮廓特征,并对提取的边缘特征和区域特征进行描述;对描述完成的边缘特征和区域特征进行归一化处理,使边缘特征和区域特征与模型库中边缘特征和区域特征具有可比性;所述轮廓特征包括边缘特征和区域特征;

所述的步骤 2.3 中,是采用傅立叶描述子对步骤 2.1 获取的二维图像的轮廓进行特征描述并归一化处理;

所述步骤 2.3 中的特征描述,满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求,同时满足对旋转的变异性要求;在做特征描述时,采用轮廓点到形状中心的距离作为轮廓序列,并对得到的傅立叶描述子做幅度的归一化和采样频度的归一化;

3] 特征搜索匹配优化

将步骤 2.2 中得到的姿态初值作为搜索起点,在模型索引文件中找到姿态初值所对应的归一化描述,进行迭代运算,最终完成搜索匹配优化;

所述步骤 3 中,其具体是以步骤 2.2 获取的姿态初值作为优化起点,在目标模型投影图像簇中各帧图像的归一化傅立叶描述子中,选取具有姿态初值的描述子,将该描述子和目

标观察图像的归一化傅立叶描述子这一对描述子作为输入放入所述神经网络做姿态状态识别,依据神经网络输出的姿态状态,采用直接优化或者结合姿态状态识别的结果自行设计,进行迭代运算,最后以两次迭代姿态角的差值作为判断迭代终止的条件,如果不满足迭代终止条件,则做姿态角的修正,修正姿态特征索引文件中的数据项,进行下一次迭代,直至完成搜索匹配优化;所述迭代运算的目标函数定义为两个描述子间的距离测度。

基于图像的物体模型匹配姿态测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种物体模型匹配姿态测量方法,具体涉及一种基于图像的物体模型匹配姿态测量方法,该方法不依赖成像方程。

背景技术

[0002] 模型匹配姿态测量用目标观察图像与目标模型投影图像簇中的图像做匹配,得到观察图像中目标的姿态。测量过程中,两个问题影响着测量的效率:一是模型投影图像簇的获得,二是观察图像与投影图像簇的图像搜索匹配。现有的实施方法主要有两种,分别为遍历方法和迭代方法。

[0003] 遍历方法中,要获得目标在各个不同位置姿态时的投影图像所形成的一个投影图像簇,也称为是模型投影图像库,然后将观察图像在库内遍历,寻找最相关的匹配;该方法建库的工作量很大,遍历搜索的工作量也很大,当精度有要求时,实施性不好,必须限定在位置姿态的一个限定范围内实施才具有可行性。

[0004] 迭代方法中,通过建立摄像机成像模型和目标成像误差方程,粗估目标的初始位置姿态,以初始位置姿态为初值,做该初值下目标模型的投影图像,比较观察图像和投影图像中目标成像的差异,代入成像误差方程,求得位置姿态修正量,用该修正量修正姿态值,迭代做目标模型投影,直至观察图像和投影图像的差异在限定的范围内,或者求得的位置姿态修正量小的一定限度,就认为此时的位置姿态为在误差范围内的位置姿态测量真值;该方法需要依赖摄像机成像模型,每做一次迭代都要对模型做投影,在准实时应用时效率不高。

发明内容

[0005] 本发明提供一种基于图像的物体模型匹配姿态测量方法,主要解决了现有方法建库量大,遍历搜索不方便、每次迭代均需对模型进行投影从而导致实时应用效率低的问题。

[0006] 本发明的具体技术解决方案如下:

[0007] 该基于图像的物体模型匹配姿态测量方法,包括以下步骤:

[0008] 1] 建立模型库

[0009] 1.1] 建立物体的三维模型的二维投影图像簇,在同一距离下,周期性调整该三维模型的三维姿态角度并投影成像,获取该三维模型的二维图像,并记录该二维图像对应的三维姿态角度;所述的周期性调整是按照固定的角度值范围和步长,来调整三维物体模型的姿态角度,该固定的角度值由图像库的精度确定;

[0010] 1.2] 对步骤 1.1 中获取的图像簇中的各帧二维图像进行图像分割后提取轮廓特征,所述轮廓特征包括边缘特征和区域特征;并对边缘特征、区域特征进行描述,对描述结果做归一化处理,将完成归一化处理的描述结果与其对应的三维姿态角度绑定为一个索引单元存入模型索引文件中组成模型库;

[0011] 该步骤中可以采用链码描述子、矩描述子或采用傅立叶描述子对图像簇中各帧图

像的轮廓进行特征描述并归一化处理；

[0012] 采用链码描述子或矩描述子进行归一化处理时，是使得目标观察图像的轮廓特征与目标模型投影图像的轮廓特征相应的描述子对平移和尺度变换具有不变性，同时对旋转变换具有变性；特征描述满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求，同时满足对旋转的变异性要求；

[0013] 采用链码描述子时，其归一化处理是对基本链码序列做分量统计归一，统计八方向链码的出现频次，然后对八个统计分量除以总频次做归一；

[0014] 采用矩描述子时，其归一化处理是分析选取归一化中心矩作为矩描述来满足归一化要求，矩的阶数为 2 阶或 2 阶以上；

[0015] 采用傅立叶描述子时，其归一化处理是应用该傅立叶描述子，通过相似性学习，建立合适的神经网络；该神经网络的输入为两个不同形状的描述子，输出量化表述这两个描述子所体现的目标在方位、俯仰、滚转角度上的相似程度；相似性学习是应用目标模型投影图像簇中的描述子作为输入进行的；其特征描述满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求，同时满足对旋转的变异性要求；在做特征描述时，采用轮廓点到形状中心的距离作为轮廓序列，并对得到的傅立叶描述子做幅度的归一化和采样频度的归一化；

[0016] 2] 获取目标图像的特征

[0017] 2.1] 对目标进行图像获取，获取的图像为二维图像；

[0018] 2.2] 对步骤 2.1 获取的二维图像进行三维姿态角度初估，得到姿态初值；

[0019] 2.3] 对步骤 2.1 获取的二维图像进行图像分割后提取轮廓特征，并对提取的边缘特征和区域特征进行描述；所述轮廓特征包括边缘特征和区域特征；

[0020] 该步骤中也可以采用链码描述子、矩描述子或采用傅立叶描述子对图像簇中各帧图像的轮廓进行特征描述并归一化处理；但以与步骤 1.2 中采取的方法一致为佳；

[0021] 2.4] 对描述完成的边缘特征和区域特征进行归一化处理，使边缘特征和区域特征与模型库中边缘特征和区域特征具有可比性；

[0022] 3] 特征搜索匹配优化

[0023] 将步骤 2.2 中得到的姿态初值作为搜索起点，在模型索引文件中找到姿态初值所对应的归一化描述，进行迭代运算，最终完成搜索匹配优化。

[0024] 采用傅立叶描述子时，其具体是以步骤 2.2 获取的姿态初值作为优化起点，在目标模型投影图像簇中各帧图像的归一化傅立叶描述子中，选取具有姿态初值的描述子，将该描述子和目标观察图像的归一化傅立叶描述子这一对描述子作为输入放入所述神经网络做姿态状态识别，依据神经网络输出的姿态状态，采用直接优化或者结合姿态状态识别的结果自行设计（比如基于粒子群方法的简化应用），进行迭代运算，最后以两次迭代姿态角的差值作为判断迭代终止的条件，如果不满足迭代终止条件，则做姿态角的修正，修正姿态特征索引文件中的数据项，进行下一次迭代，直至完成搜索匹配优化。（由于神经网络的输出对于迭代运算具有指向性，因此，大大提高了迭代运算的速度；直接优化的方法可以采用模式搜索法进行迭代运算，但是不囿于模式搜索法，可以选择应用其它公知的直接优化方法。）

[0025] 上述步骤 2.2 中姿态初值是利用目标姿态先验知识所确定。（比如，可以是依据目标实际几何形状的投影分析结果，也可以是基于目标上特征点的姿态测量结果，或者基于

目标轴线的姿态测量结果等；当然，也可以采用其他计算方式进行初步计算以确定姿态初值。姿态初值与特征描述是没有必然关系，提轮廓可以是确定姿态初值的多种方法之一。）

[0026] 上述步骤 3 中迭代运算的目标函数定义为两个描述子间的距离测度。（往往基于特征描述的情况，考虑放大较大误差分量在距离测度中的作用，可以采用 Euclidean 欧氏距离，也可以使用其它阶的 Minkowsky 明氏距离。）

[0027] 上述步骤 1.1 中的三维模型是采用直接测量法，立体视觉重建法或设计数据重建法获取。

[0028] 本发明的优点在于：

[0029] 1、将模型建库和搜索匹配过程分离开来，提前准备库内数据，提高姿态测量效率；建库时降维，以定距离简化成像，使得 6 个参数变为 3 个参数，降低模型库的复杂度；建库时采用工具完成投影，将成像模型封装在一个黑盒子里，建立姿态和 2D 图像的映射。

[0030] 2、抽取特征作为图像匹配的内容，采用优化搜索，提高姿态测量效率；可以应用于其它的图像检索和测量任务。

[0031] 3、搜索匹配中不涉及模型图像投影过程，直接做图像特征之间的匹配，提高姿态测量效率。

具体实施方式

[0032] 图 1 为姿态测量主要流程图；

[0033] 图 2 为投影图像簇的生成流程图；

[0034] 图 3 为姿态特征索引文件生成流程图；

[0035] 图 4 为观察图像的特征描述流程图。

[0036] 具体实施方式

[0037] 本发明提供的基于图像的物体模型匹配姿态测量方法所依据的原理是：

[0038] 将模型建库与匹配搜索分离开来；在建库完成后，对库内投影图像簇中的目标做特征描述并形成姿态特征索引文件；针对观察图像做目标特征描述；借助搜索匹配优化和特征归一化方法，在索引文件中完成目标特征匹配和姿态测量。

[0039] 该基于图像的物体模型匹配姿态测量方法，包括以下步骤：

[0040] 1] 建立模型库：

[0041] 在模型建库时，去除现有结束第一种方法中的位置信息，库内图像取模型在适宜的定值距离下的投影成像，使得库内投影图像的维度从六维降维到三维；依据测量精度确定姿态角度步长；模型建库在姿态测量前独立完成；针对变化的每一个姿态，对库内图像做目标分割、特征提取；以目标边缘作为特征，对边缘特征做特征描述，将姿态和特征绑定形成姿态特征索引文件；

[0042] 模型建库的实现包括获取三维模型（1-101）、建立二维投影图像簇（1-102）和建立姿态特征索引（1-103），这三项工作在姿态测量前完成；姿态测量时的工作包括完成观察图像特征描述（1-104）和在姿态特征索引文件中寻找图像特征描述的匹配（1-105）；

[0043] 1.0] 获取三维模型：获取 3D 模型有三类方法，直接测量，立体视觉重建和设计数据重建；直接测量中采用非接触的激光三维测量仪对被测件整体扫描得到三维数据，或者通过接触式三坐标测量仪测量探头测量三维数据，或者采用全站仪逐点测量外形等；立体

视觉重建中通过多视角摄像模型获取系统获得模型表面三维数据,或者应用双目视觉,两幅图像进行特征点提取、识别、立体匹配,根据三角测量原理恢复空间点三维信息并进行三维重建,或者应用运动重建单目完成三维重建;设计数据重建中应用目标生产厂家设计图纸和设计数据,使用 CAD 类软件(比如 MilkShape3D)对目标做三维重建;

[0044] 1.1] 建立物体的三维模型的二维投影图像簇,在同一距离下,周期性调整该三维模型的三维姿态角度并投影成像,获取该三维模型的二维图像,并记录该二维图像对应的三维姿态角度;周期性调整是按照固定的角度值范围和步长,来调整三维物体模型的姿态角度,该固定的角度值由图像库的精度确定;

[0045] 其具体是:首先建立模型的二投影图像簇需要设置模型投影的距离姿态参数的及其变换范围和增量,完成模型投影的过程;选择 OpenGL 作为模型投影的工具。投影图像簇的生成过程如图 2;

[0046] 模块(1-101)获得物体的三维模型数据后,依据三维模型的获得方式不同会得到不同格式的三维数据,比如(3DMax, AutoCad 等)需要有一个接口转换不同的三维格式到图 2 中模块(2-201)OpenGL 投影所要求的入口三维格式,例如 MilkShape3D 格式;

[0047] 模块(2-201)采用 OpenGL 工具仿真摄像机成像;完成定距离不同姿态参数下目标模型的二维投影成像,生成二维图像文件,格式可以是 Bmp、Jpg 等,可以使用文件较小的 Jpg 格式;在获得二维投影图像簇的同时,标识每一帧图像对应的姿态角度,一种方法是在二维图像命名时记录姿态角度值;

[0048] 1.2] 对步骤 1.1 中获取的图像簇中的各帧二维图像进行图像分割后提取轮廓特征,轮廓特征包括边缘特征和区域特征;并对边缘特征、区域特征进行描述,对描述结果做归一化处理,将完成归一化处理的描述结果与其对应的三维姿态角度绑定为一个索引单元存入模型索引文件中组成模型库;

[0049] 其具体是:首先,在二维投影图像簇中完成每帧图像中目标三维姿态角和二维图像特征的提取,形成一个姿态特征索引文件;该文件用于模块(1-105)搜索匹配优化中,姿态特征索引文件建立流程如图 3;

[0050] 每一个姿态瞬间的目标三维姿态角和二维图像特征是姿态特征索引文件中的核心要素;三维姿态角在模块(2-201)逐帧生成投影图像时已经完成标识,二维图像特征则需要对投影图像做目标处理和特征提取获得;姿态特征索引文件的结构要便于搜索,比如可以采用滚转、俯仰、方位三个姿态角渐增的多层结构。

[0051] 该步骤中可以采用链码描述子、矩描述子或采用傅立叶描述子对图像簇中各帧图像的轮廓进行特征描述并归一化处理;

[0052] 采用链码描述子或矩描述子进行归一化处理时,是使得目标观察图像的轮廓特征与目标模型投影图像的轮廓特征相应的描述子对平移和尺度变换具有不变性,同时对旋转变换具有变性;特征描述满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求,同时满足对旋转的变异性要求;

[0053] 采用链码描述子时,其归一化处理是对基本链码序列做分量统计归一,统计八方向链码的出现频次,然后对八个统计分量除以总频次做归一;

[0054] 采用矩描述子时,其归一化处理是分析选取归一化中心矩作为矩描述来满足归一化要求,矩的阶数为 2 阶或 2 阶以上;

[0055] 采用傅立叶描述子时,其归一化处理是应用该傅立叶描述子,通过相似性学习,建立合适的神经网络;该神经网络的输入为两个不同形状的描述子,输出量化表述这两个描述子所体现的目标在方位、俯仰、滚转角度上的相似程度;相似性学习是应用目标模型投影图像簇中的描述子作为输入进行的;其特征描述满足姿态测量对平移和尺度的不变性要求,同时满足对旋转的变性要求;在做特征描述时,采用轮廓点到形状中心的距离作为轮廓序列,并对得到的傅立叶描述子做幅度的归一化和采样频度的归一化;

[0056] 2] 获取目标图像的特征

[0057] 在姿态测量时,只需要对观察图像做目标分割,边缘提取和特征描述;将观察图像的特征描述,便于其在步骤3中与模型建库时生成的姿态特征索引文件的特征数据项做搜索匹配优化,完成目标姿态测量;观察图像的特征描述,必须与投影图像簇的特征描述采取同样的描述方法,方能在模块(1-105)特征搜索匹配优化中找到匹配;与模型投影图像的不同之处在于,观察图像是通过摄像机成像得到的2D图像,其背景较模型投影图像复杂,还可能多种原因的噪声,分割前必须做必要的图像预处理已保证特征描述的稳定性,其流程如图4;其具体是:

[0058] 2.1] 对目标进行图像获取,获取的图像为二维图像;

[0059] 2.2] 对步骤2.1获取的二维图像进行三维姿态角度初估,得到姿态初值;姿态初值的确定:姿态初值是搜索的起点,较高精度的姿态初值,可以很大提高搜索优化的效率,而且不至于使搜索优化发散;姿态初值可以通过对目标的先验知识,比如,比如目标的基本长宽高尺寸,结合立体几何投影关系得到,也可以是基于目标上特征点的姿态测量结果,或者基于目标轴线的姿态测量结果等;当然,也可以采用其他计算方式进行初步计算以确定姿态初值。姿态初值与特征描述是没有必然关系,提轮廓可以是确定姿态初值的多种方法之一;

[0060] 2.3] 对步骤2.1获取的二维图像进行图像分割后提取轮廓特征,并对提取的边缘特征和区域特征进行描述;所述轮廓特征包括边缘特征和区域特征;

[0061] 该步骤中也可以采用链码描述子、矩描述子或采用傅立叶描述子对图像簇中各帧图像的轮廓进行特征描述并归一化处理;但以与步骤1.2中采取的方法一致为佳;

[0062] 2.4] 对描述完成的边缘特征和区域特征进行归一化处理,使边缘特征和区域特征与模型库中边缘特征和区域特征具有可比性;

[0063] 3] 特征搜索匹配优化

[0064] 搜索匹配优化在观察图像特征描述和姿态特征索引文件间进行;特征搜索匹配优化过程是接续模块(1-103)获得姿态特征索引文件,和模块(1-104)得到观察图像特征描述后,并且当姿态初值确定后,在姿态特征索引文件内,寻找观察图像特征描述的匹配的过程;当寻找到最优匹配时,最优匹配数据项里所包含的姿态角即为姿态测量的结果。

[0065] 其具体是:采用搜索匹配优化方法,脱离摄像机成像误差公式,以姿态初值为迭代起点;针对链码、矩采用描述子间的距离测度做为匹配目标函数,对于傅立叶描述子,采用相似性学习的结果作为目标函数;应用直接优化方法完成搜索匹配优化;具体是将步骤2.2中得到的姿态初值作为搜索起点,在模型索引文件中找到姿态初值所对应的归一化描述,进行迭代运算,最终完成搜索匹配优化。迭代运算的目标函数定义为两个描述子间的距离测度。往往基于特征描述的情况,考虑放大较大误差分量在距离测度中的作用,可以采用

Euclidean 欧氏距离,也可以使用其它阶的 Minkowsky 明氏距离。

[0066] 采用傅立叶描述子时,其具体是以步骤 2.2 获取的姿态初值作为优化起点,在目标模型投影图像簇中各帧图像的归一化傅立叶描述子中,选取具有姿态初值的描述子,将该描述子和目标观察图像的归一化傅立叶描述子这一对描述子作为输入放入所述神经网络做姿态状态识别,依据神经网络输出的姿态状态,采用直接优化或者结合姿态状态识别的结果自行设计(比如基于粒子群方法的简化应用),进行迭代运算,最后以两次迭代姿态角的差值作为判断迭代终止的条件,如果不满足迭代终止条件,则做姿态角的修正,修正姿态特征索引文件中的数据项,进行下一次迭代,直至完成搜索匹配优化。由于神经网络的输出对于迭代运算具有指向性,因此,大大提高了迭代运算的速度;直接优化的方法可以采用模式搜索法进行迭代运算,但是不囿于模式搜索法,可以选择应用其它公知的直接优化方法。

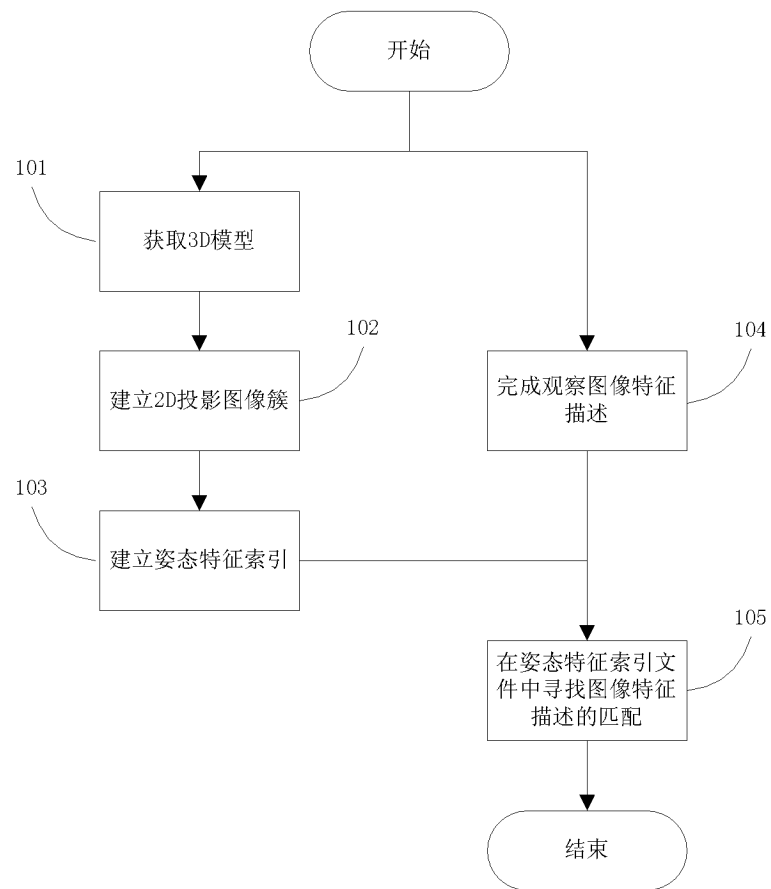


图 1

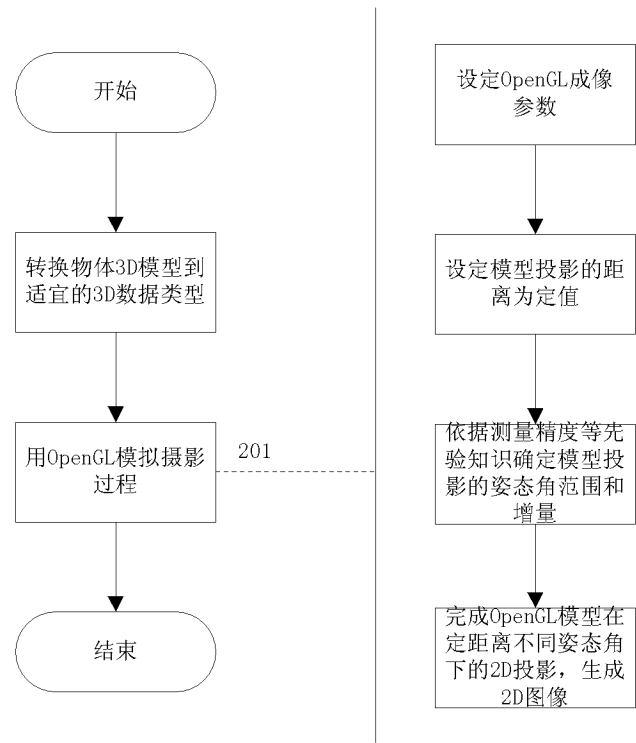


图 2

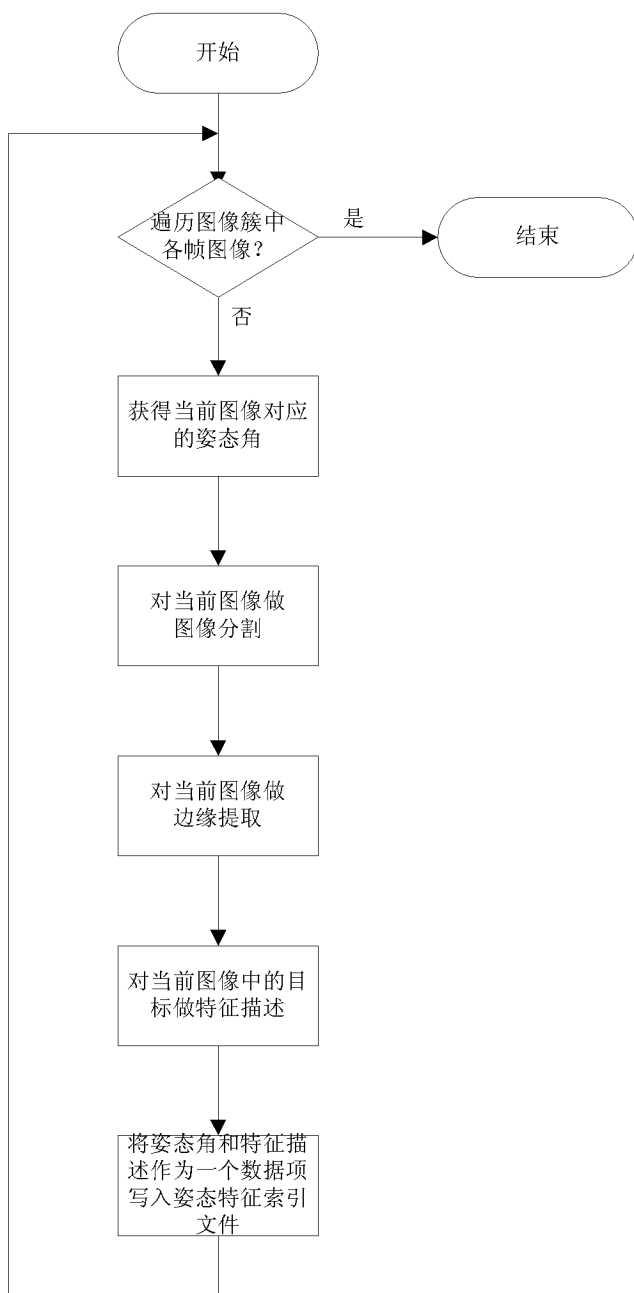


图 3

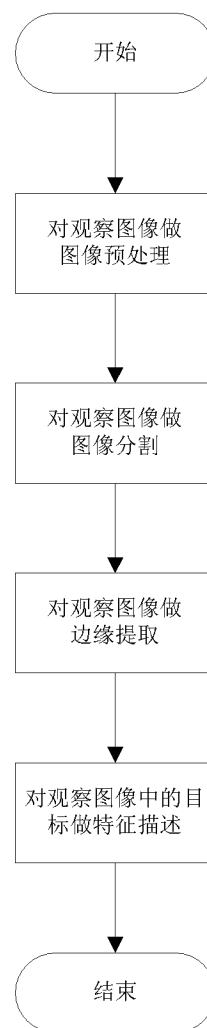


图 4