



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105844600 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201610270283.0

(22)申请日 2016.04.27

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 张浩鹏 姜志国 魏全茂 赵丹培

谢凤英 罗晓燕 史振威 尹继豪

(74)专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11465

代理人 陈芳

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种空间目标三维点云光顺去噪方法

(57)摘要

本发明属于数字几何处理领域,具体公开了一种针对空间目标三维点云的光顺去噪方法,应用于空间目标图像三维重建所得到的重建点云,所述方法包括:确定典型几何结构的空間位置;判断点云是否属于所确定的典型几何结构;调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点。本发明充分利用空间目标存在大量规则几何结构的结构先验,对点云的位置和方向施加约束,从而滤除点云中的噪声和异常点,对于改善空间目标三维点云模型具有重要意义。

确定典型几何结构的空間位置

判断点云是否属于步骤一所确定的典型几何结构

调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点

1. 一种空间目标三维点云光顺去噪方法,其特征包括以下步骤:

S1、确定典型几何结构的平面位置;

S2、判断点云是否属于步骤S1所确定的典型几何结构;

S3、调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征是:所述步骤S1中通过三维空间的Hough变换以确定点云中的平面结构位置,其方法采用公式:

$$x_i + by_i + cz_i + d = 0$$

$$ax_i + y_i + cz_i + d = 0 \quad a, b, c \in [-1, 1]$$

$$ax_i + by_i + z_i + d = 0$$

其中 $[x_i \ y_i \ z_i]^T$ 为点云中点 P_i 的空间位置, $i=1, 2, \dots, N$, N 为点云个数; a, b, c, d 对应参数空间 $abcd$ 中的变量;

通过柱状结构上点法线交点的主成分分析PCA主方向及交点的平均位置确定点云中柱状结构的对称轴。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征是:所述步骤S2通过距离阈值 d_r 和方向夹角阈值 θ_r 判断点云中的点是否属于步骤S1中所确定的平面结构;通过直线距离阈值 d_l 判断点云中的点是否属于步骤S1中所确定的柱状结构。

4. 根据权利要求1或2或3所述的方法,其特征是:所述步骤S3对步骤S2中确定的属于典型结构中的点进行调整:调整平面结构中各点的方向向量,使其与平面的法向量平行,将点的位置沿平面的法向量方向移动到点在平面上对应的投影点位置;沿柱状结构轴线方向做垂直于柱状结构轴线的切层,计算切层内属于柱状结构的点到轴线的向量及其方向向量与轴线的交点位置,再计算方向向量与轴线的交点的截尾均值,沿切层内属于柱状结构的点到轴线的向量方向调节切层内点的位置使调整后的向量长度为截尾均值,调整切层内点的法向量为由轴线上截尾均值处指向点调整后的位置。

一种空间目标三维点云光顺去噪方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字几何处理领域,尤其涉及一种空间目标三维点云光顺去噪方法。

背景技术

[0002] 对目标进行图像三维重建,可以获取目标的空间三维点云模型,然而由于图像噪声、图像畸变及图像重建过程中的误差等多方面因素的影响,重建点云模型中的空间点在位置和方向上将存在不同程度的偏差,甚至出现异常点(位置或方向严重偏离理想值)。这些误差及异常点的存在将直接影响到重建点云模型的观看效果,影响模型对目标整体空间结构的表达。

发明内容

[0003] (一)要解决的技术问题

[0004] 有鉴于此,本发明期望提供一种针对空间目标三维点云的光顺去噪方法,以滤除点云中的噪声和异常点,改善空间目标三维点云模型。

[0005] (二)技术方案

[0006] 本发明提供了一种空间目标三维点云光顺去噪方法,应用于具有平面、柱状体等典型结构的空間目标三维点云模型,所述方法包括以下步骤:

[0007] 步骤一、确定典型几何结构的空間位置;

[0008] 步骤二、判断点云是否属于步骤一所确定的典型几何结构;

[0009] 步骤三、调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点。

[0010] (三)有益效果

[0011] 本发明所提供的空間目标点云光顺去噪方法,利用空間目标存在大量规则几何结构的结构先验,对点云的位置和方向施加约束,从而滤除点云中的噪声和异常点,改善空間目标三维点云模型,增强点云模型的可观看效果和对目标整体空間结构的表达。该方法可用于空間目标重建点云,同时也能推广应用于具有平面、柱状结构等典型几何结构的其他目标重建点云,具有广阔的应用。

附图说明

[0012] 图1为本发明实施例的光顺去噪方法的流程图;

[0013] 图2为本发明实施例的平面结构光顺去噪方法的算法伪代码图;

[0014] 图3为本发明实施例的柱状结构光顺去噪方法的算法伪代码图;

[0015] 图4为本发明实施例的光顺去噪效果对比图一;

[0016] 图5为本发明实施例的光顺去噪效果对比图二。

具体实施方式

[0017] 为了更好地理解本发明的技术方案,下面结合附图及具体实施方式详细介绍本发

明。

[0018] 在以下的描述中,将描述本发明的多个不同的方面,然而,对于本领域内的普通技术人员而言,可以仅仅利用本发明的一些或者全部结构或者流程来实施本发明。为了解释的明确性而言,阐述了特定的数目、配置和顺序,但是很明显,在没有这些特定细节的情况下也可以实施本发明。在其他情况下,为了不混淆本发明,对于一些众所周知的特征将不再进行详细阐述。

[0019] 实施例

[0020] 空间目标,如卫星,存在大量规则几何结构,如面状的太阳帆板、圆形的天线和方形、球形或柱状的卫星主体。这些结构先验可作为对空间目标重建点云的空间约束,是对点云模型进行光顺去噪有效、可靠的依据。

[0021] 针对空间目标三维点云中的误差和异常点,本发明实施例提供了一种光顺去噪方法通过调整和剔除等手段抑制点云中的误差同时移除误差较大的异常点,以滤除点云中的噪声和异常点,改善空间目标三维点云模型,让处理后的点云模型更清晰地体现目标整体空间结构,所述方法包括以下步骤:

[0022] 步骤一、确定典型几何结构的空間位置;

[0023] 步骤二、判断点云是否属于步骤一所确定的典型几何结构;

[0024] 步骤三、调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点。

[0025] 本发明的具体实现流程如图1所示,具体实现算法如图2、图3所示,各部分具体实施细节如下:

[0026] 1. 确定典型几何结构的空間位置

[0027] 本实施例所述的重建点云为通过图像恢复得到的目标外观表面的点数据集合。在本实施例中,点云中的点应至少具备三维空间位置和法向信息。

[0028] (1)对于点云中的平面结构,利用三维空间的Hough变换进行检测,分两步骤实现:

[0029] a)遍历点云中的所有N个点 $P_i = (x_i, y_i, z_i, n_{ix}, n_{iy}, n_{iz})$,在参数空间abcd作对应的3N个超平面:

$$x_i + by_i + cz_i + d = 0$$

[0030] $ax_i + y_i + cz_i + d = 0 \quad a, b, c \in [-1, 1]$

$$ax_i + by_i + z_i + d = 0$$

[0031] 其中 $[x_i \ y_i \ z_i]^T$ 为点 P_i 的空间位置; $n_i = [n_{ix} \ n_{iy} \ n_{iz}]^T$ 且 $\sqrt{n_{ix}^2 + n_{iy}^2 + n_{iz}^2} = 1$ 为 P_i 的单位方向向量; $i = 1, 2, \dots, N$, a、b、c、d对应参数空间abcd中的变量。

[0032] b)对于参数空间abcd中的任意点 $M = (a, b, c, d)$,若超平面 $\pi_k (k = 1, 2, \dots, 3N)$ 与该点M间的距离小于 Δr_r 则认为超平面 π_k 过点M。若参数空间abcd中过点 $\hat{M} = (\hat{a}, \hat{b}, \hat{a}, \hat{d})$ 的超平面数最多且大于阈值 $3rN (0 < r < 1)$,则认为存在平面结构:

$$[0033] \quad \hat{\pi}: \hat{a}x + \hat{b}y + \hat{c}y + \hat{d} = 0$$

[0034] 否则认为点云中不存在平面结构。 $\hat{M} = (\hat{a}, \hat{b}, \hat{a}, \hat{d})$ 表示最终需要确定的平面参

数点。

[0035] (2)对于柱状结构,通过检测其柱面轴线以确定柱状结构的空位位置,分三步骤实现:

[0036] a)遍历点云中的所有点 P_i ,作点 P_i 的法线 l_i 。空间中法线相交次数大于 m 的交点被认为是柱面上点的法线在柱面轴线上的交点 C_i 。

[0037] b)利用主成分分析(PCA,Principal Components Analysis)提取交点集 $\{C_i\}$ 分布的主方向 \hat{n} ,则方向 \hat{n} 即为柱面轴线的方向。

[0038] c)计算交点集 $\{C_i\}$ 坐标均值以确定柱面轴线的位置:

$$[0039] \quad \hat{u} = (\hat{u}_x, \hat{u}_y, \hat{u}_z) = \sum_{i=1}^{i=n} (c_{ix}, c_{iy}, c_{iz}) / n$$

[0040] 其中 n 为交点集 $\{C_i\}$ 中交点数量, (c_{ix}, c_{iy}, c_{iz}) 为点 C_i 的坐标。

[0041] 最终确定柱状结构的柱面轴线为过点 \hat{u} 的方向为 \hat{n} 的直线 \hat{j} 。

[0042] 2.判断点云是否属于步骤一所确定的典型几何结构

[0043] (1)确定平面结构上点:

[0044] 若点云中点 P_i 到检测平面 $\hat{\pi}$ 的距离小于预设阈值 d_n 且点 P_i 的法向量 n_i 与平面 $\hat{\pi}$ 的法向量 $[\hat{a} \ \hat{b} \ \hat{c}]^T$ 间的夹角小于预设阈值 θ_n ,则认为点 P_i 属于平面结构 $\hat{\pi}$ 。

[0045] (2)确定柱面结构上点:

[0046] 若点云中点 P_i 法线 l_i 到轴线 \hat{j} 的距离(法线与轴线间公垂线段的长度)小于预设阈值 d_l 则认为点 P_i 属于轴线 \hat{j} 对应的柱状结构。

[0047] 3.调整典型几何结构上点的位置和方向并剔除误差大的点

[0048] (1)分别对属于平面结构的点的位置和方向作调整:

[0049] 对于属于平面结构 $\hat{\pi}: \hat{a}x + \hat{b}y + \hat{c}z + \hat{d} = 0$ 上的点 $P_i = (x_i, y_i, z_i, n_{ix}, n_{iy}, n_{iz})$,首先调整点 P_i 的方向向量使其与平面 $\hat{\pi}$ 的法向量 $[\hat{a} \ \hat{b} \ \hat{c}]^T$ 平行;然后再对点 P_i 的位置进行调整,将点 P_i 的位置沿平面 $\hat{\pi}$ 的法向量方向移动到 P_i 在平面 $\hat{\pi}$ 上对应的投影点位置。从而得到最终调整结果 $P_i' = (x'_i, y'_i, z'_i, n'_{ix}, n'_{iy}, n'_{iz})$:

$$[0050] \quad \begin{cases} [n'_{ix} \ n'_{iy} \ n'_{iz}]^T = [\hat{a} \ \hat{b} \ \hat{c}]^T / \sqrt{\hat{a}^2 + \hat{b}^2 + \hat{c}^2} \\ [x'_i \ y'_i \ z'_i]^T = [x_i \ y_i \ z_i]^T - \frac{(\hat{a}x_i + \hat{b}y_i + \hat{c}z_i + \hat{d})[\hat{a} \ \hat{b} \ \hat{c}]^T}{\hat{a}^2 + \hat{b}^2 + \hat{c}^2} \end{cases}$$

[0051] (2)柱面结构上点的光顺去噪分以下步骤:

[0052] a)沿轴线方向做垂直于轴线的厚度为 Δd 的切层 π_i ,求取切层 π_i 内属于柱状结构的点 $P_{ij} = (x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}, n_{ijx}, n_{ijy}, n_{ijz})$ 到轴线的向量 r_{ij} 及其方向向量与轴线 \hat{j} 的交点(公垂线垂足) l_{ij} 位置。

[0053] b)对切层 π_i 内点 P_{ij} 的位置进行调整:计算 $|r_{ij}|$ 的截尾均值 R_i 作为平均长度,沿 r_{ij} 方向调节点 P_{ij} 位置使得调整后 r_{ij} 的长度为 R_i ,调整后点 P_{ij} 位置的为:

$$[0054] \quad r'_{ij} = \frac{R_i}{|r_{ij}|} r_{ij}$$

[0055] c)调整切层 π_i 内点 P_{ij} 的法向量:求取 l_{ij} 的截尾均值 L_i ,将点 P_{ij} 的单位法线方向调整为 n'_{ij} , n'_{ij} 由轴线上 L_i 处指向 P_{ij} 调整后的位置。

[0056] 通过本实施例方法对“神舟飞船”模型和“天宫一号”模型重建点云进行光顺去噪处理的效果对比图分别如图4、图5所示。其中,图4a、图5a为光顺去噪之前的点云,图4b、图5b为光顺去噪之后的点云。从对比图中可以明显看出,本实施例方法,光顺去噪后的点云舍弃了大量异常点,表面更加光滑清晰,极大地提高了结果的可视效果。

[0057] 本发明充分利用空间目标中规则几何结构的结构先验,在提取出典型结构后,进一步区分属于典型结构的点不属于典型结构的点,最后对点云模型中属于典型结构的点进行相应的位置和方向调整并舍弃不属于典型结构的点。经过本方法处理后的点云模型,表面更加光滑清晰,点云模型的可观看效果和对目标整体空间结构的表达得到增强;方法原理简单直观,计算复杂度较小,执行过程稳定,结果可靠。本发明方法可用于空间目标重建点云,同时也能推广应用于具有平面、柱状结构等典型结构的其他目标重建点云,具有广阔的应用。

[0058] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的设备和方法,可以通过其它的方式实现。以上所描述的设备实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,如:多个单元或组件可以结合,或可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另外,所显示或讨论的各组成部分相互之间的耦合、或直接耦合、或通信连接可以通过一些接口,设备或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性的、机械的或其它形式的。

[0059] 上述作为分离部件说明的单元可以是、或也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是、或也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,也可以分布到多个网络单元上;可以根据实际的需要选择其中的部分或全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0060] 另外,在本发明各实施例中的各功能单元可以全部集成在一个处理模块中,也可以是各单元分别单独作为一个单元,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中;上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

[0061] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:移动存储设备、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0062] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

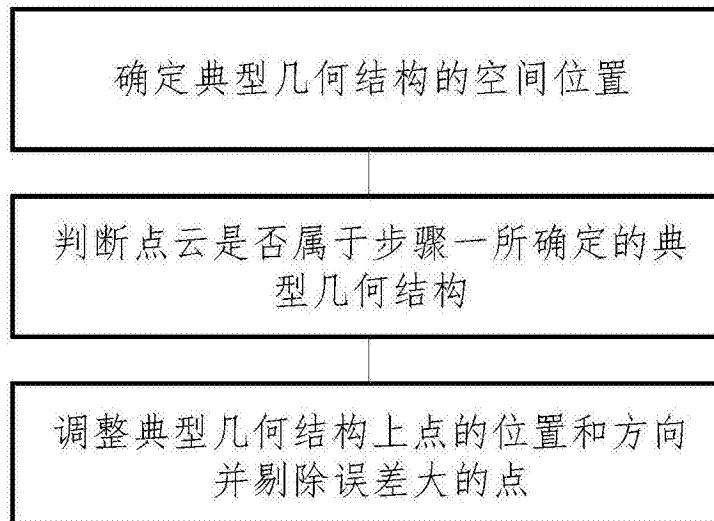


图1

输入：空间点云 X_0 ，点云数目为 N_0 。
 输出：光顺去噪后点云 X' 。

设：当前提取到平面数 k ；
 $k \leftarrow 0$ ， $X' \leftarrow \emptyset$ ；
 While
 For X_k 中各点
 $x_i + by_i + cz_i + d = 0$
 作超平面： $ax_i + y_i + cz_i + d = 0$ $a, b, c \in [-1, 1]$
 $ax_i + by_i + z_i + d = 0$
 end
 选取相交次数最大为 V 处 $(\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}, \hat{d})$ ；
 If $V/3N_k < r$
 退出 While 循环；
 else
 $\pi_k \leftarrow \hat{\pi} : \hat{a}x + \hat{b}y + \hat{c}z + \hat{d} = 0$ ；
 end
 For X_k 中各点
 $d_i \leftarrow$ 点 P_i 到平面 π_k 的距离；
 $\theta_i \leftarrow$ 点 P_i 方向 n_i 与平面 π_k 法方向 $[\hat{a} \ \hat{b} \ \hat{c}]^T$ 之间的夹角；
 If $d_i \leq d_\pi$ 并且 $\theta_i \leq \theta_\pi$
 接受第 i 点作为平面 π_k 上的点；
 end
 end
 $X_{k+1} \leftarrow$ 从 X_k 中去除属于平面 π_k 的点；
 $N_{k+i} \leftarrow X_{k+1}$ 中点的数目；
 $k \leftarrow k+1$ ；
 end

```

For 每个提取出的平面  $\pi_k$ 
  For 属于平面  $\pi_k$  的点  $P_{ij}$ 
     $[n'_{kix} \quad n'_{kpy} \quad n'_{kiz}]^T \leftarrow [\hat{a}_k \quad \hat{b}_k \quad \hat{c}_k]^T / \sqrt{\hat{a}_k^2 + \hat{b}_k^2 + \hat{c}_k^2}$ ;
     $[x'_{ij} \quad y'_{ij} \quad z'_{ij}]^T \leftarrow [x_{ij} \quad y_{ij} \quad z_{ij}]^T - \frac{(\hat{a}_k x_{ij} + \hat{b}_k y_{ij} + \hat{c}_k z_{ij} + \hat{d}_k) [\hat{a}_k \quad \hat{b}_k \quad \hat{c}_k]^T}{\hat{a}_k^2 + \hat{b}_k^2 + \hat{c}_k^2}$ ;
     $P'_{ij} \leftarrow (x'_{ij}, y'_{ij}, z'_{ij}, n'_{kix}, n'_{kpy}, n'_{kiz})$ ;
    包含  $P'_{ij}$  到  $X'$  中;
  end
end
输出  $X'$ ;

```

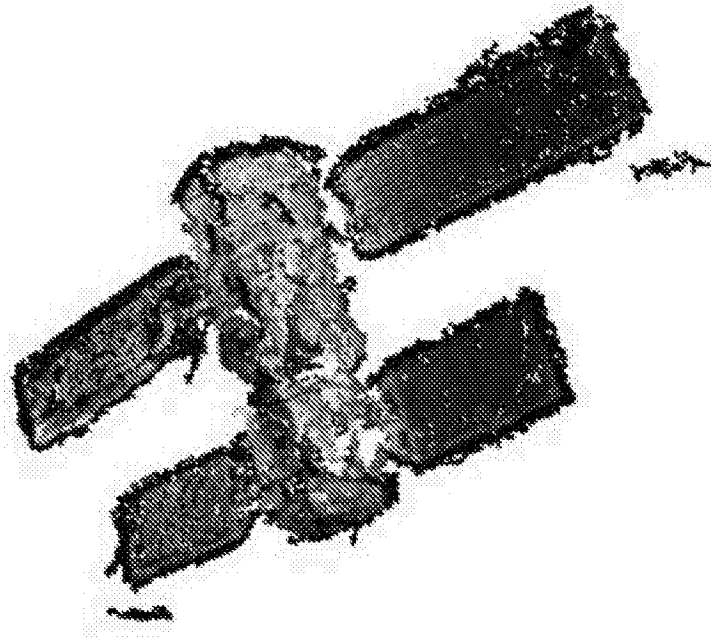
图2

```

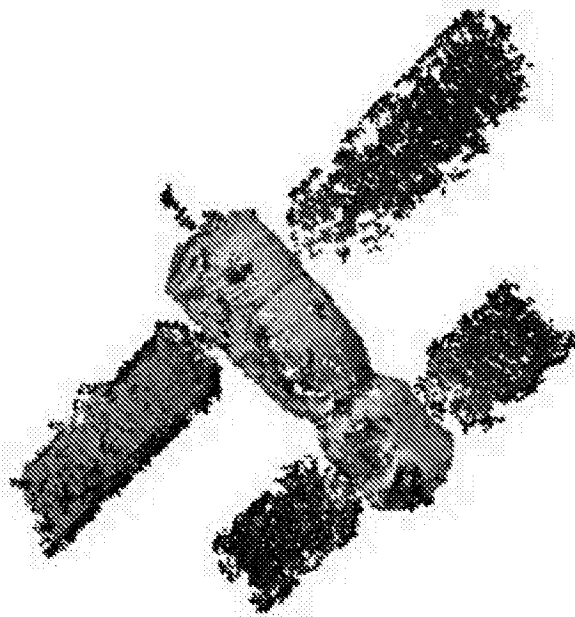
输入：空间点云  $X_0$  .
输出：光顺去噪后点云  $X'$  .
 $X' \leftarrow \emptyset$  ;
For  $X_0$  中各点
    作  $P_i$  的空间法线  $l_i$  ;
end
 $\{C_i\} \leftarrow$  空间法线相交次数大于  $m$  的交点 ;
 $\hat{n} \leftarrow \{C_i\}$  中点分布的 PCA 主方向 ;
 $\hat{u} \leftarrow \{C_i\}$  中点的平均位置 ;
柱状结构对称轴  $\hat{l} \leftarrow$  方向为  $\hat{n}$  的过  $\hat{u}$  的直线 ;
For  $X_0$  中各点
     $d_i \leftarrow$  点  $P_i$  法线  $l_i$  到轴线  $\hat{l}$  的公垂线段长度 ;
    If  $d_i \leq d_i$  点  $P_i$  为柱面上的点 end ;
end
沿  $\hat{l}$  方向做厚度为  $\Delta d$  的垂直于  $\hat{l}$  的切层  $\pi_i$  ;
For 每个切层
    For 切层内的每个柱面点
         $r_{ij} \leftarrow$  切层  $\pi_i$  上柱面点  $P_{ij}$  到轴线  $\hat{l}$  半径 ;
         $l_{ij} \leftarrow$  切层  $\pi_i$  上柱面点  $P_{ij}$  法线与轴线  $\hat{l}$  的公垂线的垂足位置 ;
    end
     $R_i \leftarrow |r_{ij}|$  截尾均值 ;  $L_i \leftarrow l_{ij}$  截尾均值 ;
    For 切层内的每个柱面点
         $r'_{ij} \leftarrow \frac{R_i}{|r_{ij}|} r_{ij}$  ;  $n'_{ij} \leftarrow L_i$  指向  $r'_{ij}$  的单位向量 ;
         $P'_{ij} \leftarrow (r'_{ij}, n'_{ij})$  ;
        包含点  $P'_{ij}$  到  $X'$  中 ;
    end
end
输出  $X'$  ;

```

图3

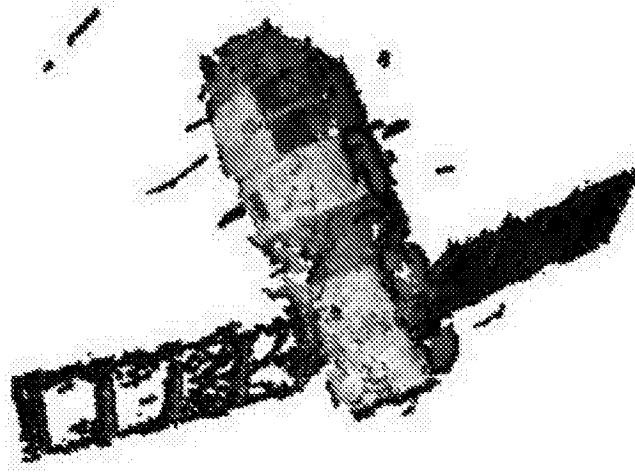


a

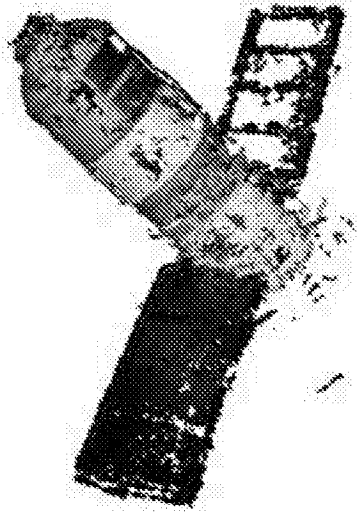


b

图4



a



b

图5