

http://bhxb.buaa.edu.cn jbuua@buaa.edu.cn

DOI: 10.13700/j.bh.1001-5965.2015.0117

基于序列图像的空间目标三维重建

张浩鹏^{1,2,*}, 魏全茂^{1,2}, 张威³, 吴俊峰^{1,2}, 姜志国^{1,2}

(1. 北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100083; 2. 北京航空航天大学 数字媒体北京市重点实验室, 北京 100083;

3. 酒泉卫星发射中心, 酒泉 732750)

摘 要: 空间目标三维重建对空间态势感知和理论研究具有重要意义。针对空间目标图像存在的由纹理重复导致的错误重建问题, 提出了一种新的基于运动信息恢复三维场景结构策略。该策略将序列目标图像的成像时间顺序作为先验信息, 顺序地加入新图像进行迭代, 以避免因目标结构对称、纹理重复所导致的重建错误。同时针对空间目标成像数据匮乏的问题, 进行了空间目标图像仿真, 并开展了空间目标地面模拟成像实验研究。结果表明: 运动分析结果精确, 对噪声有较强的鲁棒性, 恢复出的目标三维点云能在一定程度上表达目标的结构信息。同时给出了进行空间目标三维重建时图像序列应满足的边界条件。

关键词: 空间目标; 三维重建; 运动法; 图像仿真; 序列图像

中图分类号: V19; TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-5965(2016)02-0273-07

空间目标的分类、识别对空间态势感知和空间安全具有重要的实际意义。利用天基监视系统获取的空间目标可见光图像序列, 可以对空间目标进行三维重建, 恢复目标的三维信息, 从而加深对空间目标的认知。同时基于序列图像的三维重建方法也是计算机视觉的经典问题, 其一直是研究的热点。因此, 研究空间目标三维重建问题, 不仅具有理论价值, 还具有重要的实际工程意义。

20世纪90年代初, 关于立体视觉的研究开始趋于成熟。1992年, 卡内基梅隆大学Tomasi和Kanade^[1]在假定相机为正交投影模型的条件下, 利用仿射分解的方法构建了第一个基于图像的三维重构系统。Shum等^[2]、Cipolla等^[3]通过人为确定几何约束的方法分别提出了2种人工交互的三维重建系统。Pritchett和Zisserman^[4]、Faugeras等^[5]分别利用分层重建的思想, 完成了视觉导航系统和对建筑物的三维重建。

21世纪以来, 运动法(Structure From Motion, SFM)成为了基于序列图像三维重建的主流方法。基于SFM方法, Nistér^[6-8]开发了基于未标定视频序列的自动稠密重构系统; Pollefeys等^[9-11]开发并完善了基于连续拍摄的图像序列的三维场景自动建模系统; Snavely等^[12-13]开发了Photo Tourism和Photosynth 2个三维重建系统。在SFM方法中, 集束调整(Bundle Adjustment, BA)技术^[14]是一个重要的优化方法, 而针对集束调整方法运算量大、不适于大规模重建的问题, 又有研究者分别提出了稀疏集束调整(Sparse Bundle Adjustment, SBA)^[15]等改进方法。在稠密重建方法中, Furukawa和Ponce^[16]提出的基于面片的多视几何重建(Path-based Multi-View Stereo, PMVS)算法利用立体匹配技术在目标的表面生成一层稠密的面片, 能够很好地表达目标的三维结构及细节。

针对空间目标三维重建的研究少有公开报

收稿日期: 2015-03-06; 录用日期: 2015-06-05; 网络出版时间: 2015-07-15 11:50

网络出版地址: www.cnki.net/kcms/detail/11.2625.V.20150715.1150.001.html

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(YWF-14-RSC-115); 国家自然科学基金(61371134, 61071137)

* 通讯作者: Tel.: 010-82338061 E-mail: zhanghaopeng@buaa.edu.cn

引用格式: 张浩鹏, 魏全茂, 张威, 等. 基于序列图像的空间目标三维重建[J]. 北京航空航天大学学报, 2016, 42(2): 273-279.
ZHANG H P, WEI Q M, ZHANG W, et al. Sequential-image-based space object 3D reconstruction [J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2016, 42(2): 273-279 (in Chinese).

道,尚处于起步阶段。国内方面,傅丹^[17]针对空间目标中存在的大量直线元素开展了基于直线特征的空间目标三维重建研究;唐永鹤^[18]考虑到卫星发射过程对相机参数的影响,重点开展了在线标定技术的研究,仅重建生成了稀疏点云;曾蔚等^[19]则提出了利用红外图像获取空间目标三维信息的红外-自阴影重建(Infrared-Shape From Shading, IR-SFS)算法。本文则重点研究基于SFM方法重建空间目标的稠密点云,以获得更精细的目标三维数据。

空间目标存在结构对称、纹理重复的特点,使得拍摄角度间隔较大(如接近180°)的2帧图像容易出现较多错匹配点,从而导致重建错误。针对此问题,本文对SFM方法提出改进措施,将序列目标图像的成像时间顺序作为迭代时的先验信息,顺序地加入新图像,直到添加完所有图像,再通过集束调整进行优化;同时针对空间目标成像数据匮乏,进行了空间目标可见光图像的仿真,并开展了地面模拟成像实验,为空间目标三维重建研究提供数据支撑;在空间目标图像仿真数据上进行了实验测试,探讨空间目标三维重建的边界条件,测试方法对噪声的鲁棒性。

1 本文方法

图1为本文空间目标三维重建方法的流程。首先通过特征点检测和匹配建立特征点匹配集合,然后利用SFM方法进行运动分析及稀疏点云重构,求出相机的运动信息后利用基于面片的目标稠密重建方法进行稠密重建,最后获得目标的稠密点云模型。

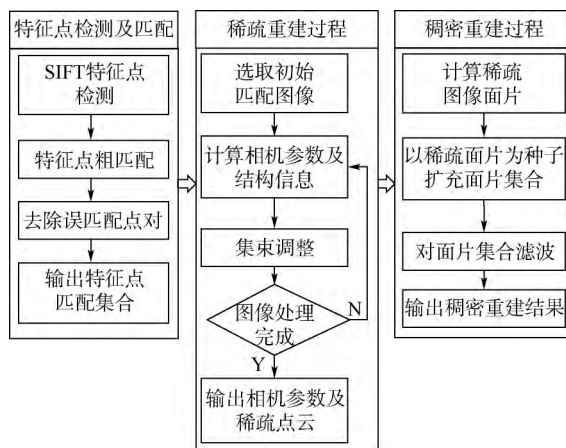


图1 三维重建方法流程

Fig. 1 Flowchart of 3D reconstruction method

1.1 特征点检测与匹配

图像匹配是基于图像序列进行三维重建的

第1步,本文利用Lowe^[20]提出的尺度不变特征变换(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)特征进行图像特征点的检测和匹配。该特征具有局部性、特殊性、多量性和高效性等优点,且具有对图像缩放、旋转甚至仿射变化的不变性。

匹配过程中,先基于图像中各特征点的128维SIFT特征描述之间的欧氏距离进行粗匹配;之后又利用图像间的极线约束,通过随机采样一致(Random Sample Consensus, RANSAC)算法^[21]排除误匹配点,从而得到最终匹配结果。

1.2 稀疏重建方法

1.2.1 SFM方法

SFM方法是一个迭代计算的过程。参考文献[22]的方法,首先,选取匹配点多和内点率高的图像作为初始图像对 I_1, I_2 ,计算得到初始的相机运动信息及目标结构信息;然后,通过 I_1, I_2 之间的匹配点对的三角化过程得到目标的初始三维点云 M_j ;最后,通过最小化三维点云的反投影误差(即式(1)),优化目标的三维结构及相机投影矩阵。

$$\min_{R_i, T_i, M_j} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{N_j} \|m_{ij} - K[R_i | T_i]M_j\| \quad (1)$$

式中: m_{ij}, m_{2j} 为三维点集 M_j 对应应在2帧图像 I_1, I_2 中的匹配点对; N_j 为 M_j 中点云数目; $K[R_i | T_i]$ 为相机参数矩阵; R_i 为第 i 幅图的旋转矩阵; T_i 为第 i 幅图像对应的平移矩阵。

得到初始的相机运动信息及目标的三维结构后,再逐个加入剩余的图像进行SFM迭代。

1.2.2 集束调整优化方法

SFM方法中每加入一帧图像就可以获得该图像所对应的相机的参数及新的目标结构信息,然后可利用集束调整的方法来进行参数优化。集束调整优化方法实际上是通过调整所有的光束与相机的位置,从而使得总误差最小。对于 N 幅图像和 M 个特征点,集束调整的目标函数为

$$\min_{P_i, M_j} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M D(m_{ij}, P_i M_j)^2 \quad (2)$$

式中: P_i 为第 i 帧图像的投影矩阵; D 为欧氏距离。

1.2.3 SFM方法改进

利用文献[22]中的SFM策略对第2.1节中卫星仿真图像序列进行稀疏重建时,出现图2所示的错误结果。原本均匀分布于一个圆周上的成像视点被错误地恢复成了2个半圆周,而重建出的稀疏点云则出现了类似于镜像对称的现象。

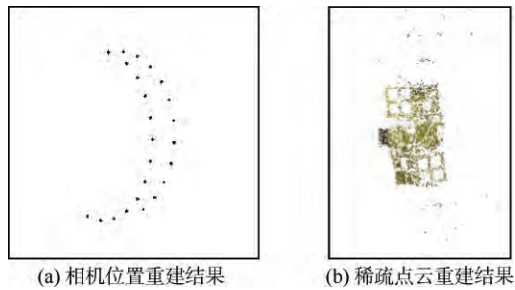
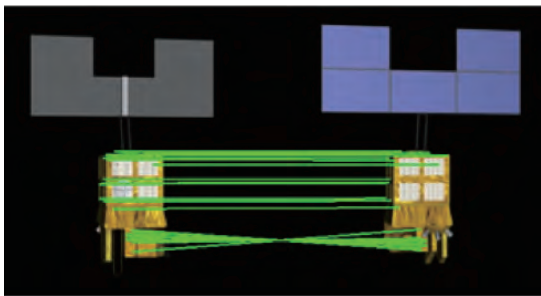


图2 文献[22]中SFM方法的重建结果

Fig. 2 Reconstruction results by SFM method from Ref. [22]

造成以上错误的原因在于该 SFM 方法中添加新图像的策略仅考虑了图像间的特征点匹配的多少,而未考虑相机之间的相对位置关系。由于 Helios 2A 目标结构对称、纹理重复,因此角度间隔较大的 2 帧图像也可能出现较多匹配点对。图 3 为成像角度间隔为 180° 的 2 帧图像之间的匹配信息。从图 3 中可以看出,这 2 帧图像之间存在着较多的匹配点,而在进行 SFM 过程中,这些匹配点对是不应该被考虑的。

图3 成像角度间隔相差 180° 的 2 帧图像匹配结果Fig. 3 Match results of two frames imaged with angle difference of 180°

对此,本文通过将目标成像的先后顺序作为先验信息对 SFM 方法进行改进。设有空间目标图像序列 $I_i (i=1, 2, \dots, N)$, 以及该序列图像对应的成像时刻 $t_i (i=1, 2, \dots, N)$ 。首先选取 t_1, t_2 2 个时刻对应的 2 帧图像作为初始图像帧 I_1, I_2 , 计算初始的相机运动信息及目标结构信息,进行集束调整;然后顺序添加下一时刻 t_3 对应的图像 I_3 , 计算新图像对应的相机参数及新的目标结构,进行集束调整;最后按照成像时间顺序迭代添加新图像,直到添加完所有图像。

图 4 为改进后的 SFM 方法对 Helios 2A 仿真图像序列进行重建获得的相机位置及稀疏点云。从图 4 中可以看出,改进后的 SFM 方法解决了纹理重复问题,获得了正确的重建结果。

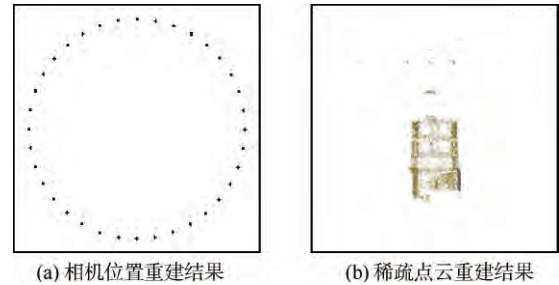


图4 改进 SFM 方法重建结果

Fig. 4 Reconstruction results by improved SFM method

1.3 基于面片的目标稠密重建方法

PMVS 算法^[16]针对已标定的多视图图像,无需深度和包围盒等初始化信息,只需要估计点的深度,然后通过局部光学连续性估计点的法向。空间目标图像序列背景简单,仅包含单个目标,通过 PMVS 算法能取得较好的三维重建效果。

PMVS 算法实质是扩散与滤波的过程。该算法将稀疏重建获得的相机参数信息及稀疏点云作为输入,将初始特征点匹配得到的种子面片投影到对应的图像平面中,在投影的邻域内进行面片扩散,得到新的面片,然后对获取的面片进行优化,并进行滤波以去除错误的面片。迭代地进行扩散与滤波的过程,从而得到最终的目标面片模型。

2 实验与分析

成像角度间隔和噪声等是影响空间目标三维重建效果的主要因素。本文通过实验研究,探讨了空间目标三维重建的边界条件,测试了方法对噪声的鲁棒性,并在此基础上获得了空间目标成像时的相机参数、空间目标稀疏点云以及稠密点云。

2.1 实验数据

参考文献 [23] 中的仿真方法,选取 BUAA-SID1.0 库中的 Helios 2A 卫星模型进行成像仿真。设置成像相机焦距为 24 mm,像元尺寸为 $10 \mu\text{m}$,面阵大小为 1024×1024 。将相机设置在距离目标 200 m 的圆上,从纬度为零的视点开始,设置等间隔的视点组,得到绕卫星一周的可见光图像序列。图 5 给出了角度间隔为 5° 时 Helios 2A 卫星 72 个视点图像中的 4 帧,从左至右旋转角度依次为 $10^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ 和 150° 。

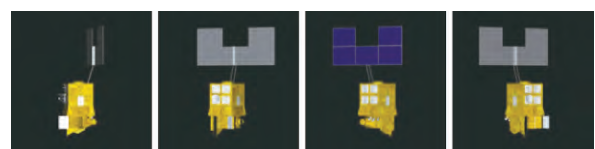


图5 Helios 2A 多视点图像

Fig. 5 Multi-view images of Helios 2A

为了测试方法对噪声的鲁棒性,利用 MATLAB 中的 $\text{imnoise}(I, 'gaussian', m, v)$ 函数对仿真出的图像加高斯白噪声。其中均值 m 设为 0, 方差 v 取值范围为 $0.001 \sim 0.010$, 这里的方差与真实噪声方差 var 之间的关系为 $\text{var} = v \times 255^2$ 。

为了进一步测试三维重建方法的有效性,设计了地面模拟实验方法以获取空间目标可见光图像。采用支架搭建暗室并覆盖吸光布、遮光布以遮挡环境光线,防止反射灯光对目标造成干扰;用平行光源模拟太阳光照;用“神舟”飞船和“天宫一号”的缩比模型模拟空间目标;将目标置于一维转台上,转台以 10° 间隔旋转一周,在固定位置用相机对模型进行拍摄,以模拟获取空间目标图像的过程。另外,对拍摄图像进行预处理,去除背景噪声,分割出目标图像,以避免背景干扰。

图 6 为地面实验获取的“神舟”飞船和“天宫一号”图像序列中的 4 帧,旋转角度依次为 10° 、 40° 、 170° 和 260° 。

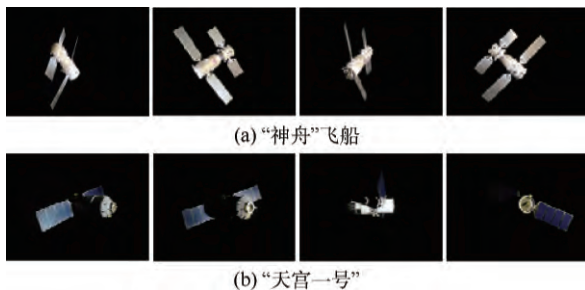


图 6 地面仿真实验获取的图像序列
Fig. 6 Image sequences from ground imaging simulation experiments

2.2 结果与分析

2.2.1 成像角度间隔

由左至右以 5° 、 10° 、 15° 、 20° 和 25° 的成像角度间隔分别获得 72 帧、36 帧、24 帧、18 帧和 15 帧图像序列。对这 5 组不同成像角度间隔的图像序列进行三维重建,获取的相机位置信息及相机旋转角误差分别如图 7 和图 8 所示。

从图 7 可以看出,在成像角度间隔为 25° 的情况下,稀疏重建仅得到了 6 个相机的位置信息,说明成像角度间隔为 25° 时已不能有效地对目标进行稀疏重建;从图 8 中可以看出,随着成像角度间隔的增大,获取的相机旋转角的精度逐渐下降,但是仍然比较精确。

图 9、图 10 则分别给出了不同成像角度间隔(由左至右分别为 5° 、 10° 、 15° 、 20° 和 25°)下三维重建方法获得的目标稀疏点云及稠密点云。从视觉效果上看,随着成像角度间隔的增加,三维重建

方法获取的目标点云数目逐渐降低,但是在成像角度间隔小于 20° 时目标的整体结构均较为清晰,而在成像角度间隔为 25° 时,目标的稀疏点云结构缺失,而稠密重建方法仅恢复出目标的一个表面。

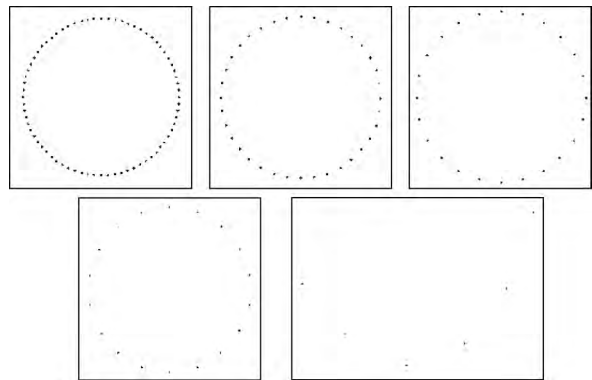


图 7 不同成像角度间隔下稀疏重建的相机位置信息
Fig. 7 Camera position information obtained from sparse reconstruction of images imaged with different angle separation

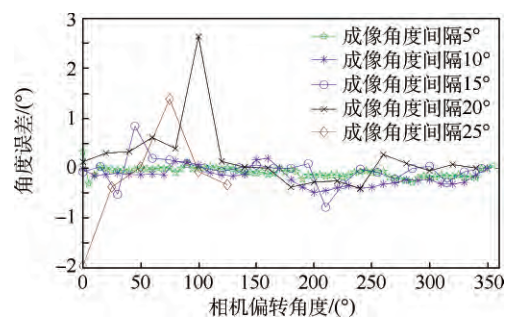


图 8 不同成像角度间隔下稀疏重建的相机旋转角误差
Fig. 8 Errors of camera rotation angle obtained from sparse reconstruction of images imaged with different angle separation



图 9 不同成像角度间隔下重建的目标稀疏点云
Fig. 9 Sparse point cloud reconstructed from images imaged with different angle separation

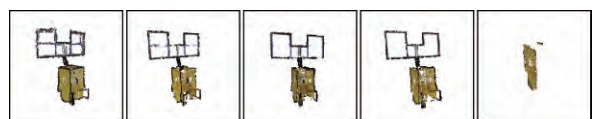


图 10 不同成像角度间隔下重建的目标稠密点云
Fig. 10 Dense point cloud reconstructed from images imaged with different angle separation

表 1 给出了对目标稀疏点云及稠密点云的定量描述。在成像角度间隔为 25° 时,目标的稀疏点云个数及稠密点云个数急剧减少,已不能正确地表达目标的三维结构。

表1 不同成像角度间隔下重建的稀疏点云及稠密点云个数

Table 1 Number of sparse point clouds and dense point clouds reconstructed from images imaged with different angle separation

| 成像角度间隔/(°) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
|------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 稀疏点云个数 | 12007 | 7226 | 4611 | 3861 | 538 |
| 稠密点云个数 | 26899 | 23199 | 16788 | 17155 | 3673 |

综上所述,可以得到如下结论:在对空间目标进行三维重建时,成像角度间隔对最后的重建结果影响较大,当成像角度间隔大于 20° 时,三维重建方法不能有效地恢复目标的三维结构,因此对目标进行绕飞成像时,成像角度间隔应小于 20° 。

2.2.2 鲁棒性

选取成像角度间隔为 10° 的图像序列,分别添加方差为0.002、0.004、0.006、0.008和0.010的高斯白噪声生成噪声图像序列。同时由于太阳能帆板表面纹理匮乏,特征点检测算法将噪声检测为纹理从而影响了特征点匹配的正确性,因此考虑将所有噪声图像序列中的帆板去除,只对目标的本体部分进行三维重建。

图11、图12分别给出了进行稀疏重建得到的相机旋转角信息和角度误差的平均值随噪声的变化情况。可以看出,对于添加噪声的图像,相机旋转角误差值相对于无噪声图像明显增加,最大角度误差在 6° 左右;当噪声方差达到0.006时,恢复出的某些视点的旋转角误差明显增大,但角度

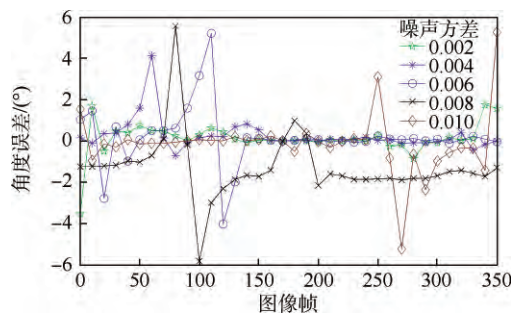


图11 不同噪声水平下的角度误差

Fig. 11 Angle errors under different noise levels

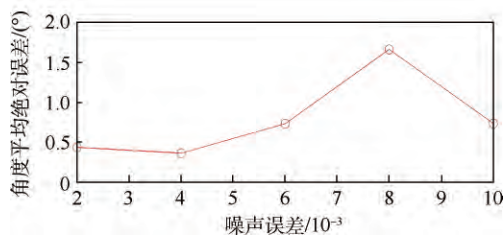


图12 不同噪声水平下的角度平均绝对误差

Fig. 12 Mean absolute errors on angle under different noise levels

误差平均值随噪声的变化较为平稳,说明方法在去除太阳能帆板后的图像序列上对噪声具有一定的鲁棒性。

2.2.3 地面实验图像上的测试结果

图13为对“神舟”飞船和“天宫一号”仿真图像序列进行稠密重建的结果。从图13中可以看出,获取的神舟模型结构完整,细节清晰,而天宫模型则效果较差,这是由于天宫模型表面纹理不丰富,并且在成像时光照反射强烈,出现了过饱和的现象。

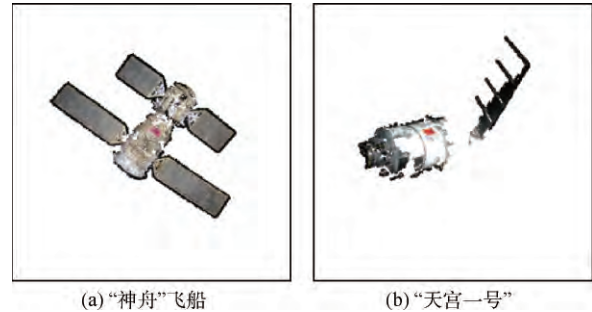


图13 “神舟”飞船和“天宫一号”的稠密重建结果

Fig. 13 Dense reconstruction results of spacecraft

Shenzhou and Tiangong-1

在地面拍摄的图像序列上进行的实验表明:三维重建方法能够有效地获取相机参数信息及目标的结构信息,同时光照条件及目标表面纹理的丰富程度对三维重建方法的影响较大。

3 结 论

1) 在成像距离较近、图像分辨率较高的情况下,成像角度间隔是影响空间目标三维重建结果的主要因素。

2) 对仿真图像序列的实验表明,在成像角度间隔 20° 以下时,三维重建方法能够较好地恢复目标三维结构。

3) 噪声实验结果表明,三维重建方法对噪声有一定的鲁棒性。

4) 在地面实验图像序列上的实验表明,三维重建方法得到的相机参数信息准确,目标的三维模型结构完整、细节清晰。

总的来说,本文针对空间目标图像序列的三维重建问题,结合实验分析,给出了实现空间目标三维重建的边界条件,估计了目标成像时的相机位置信息、目标的稀疏点云及稠密点云,能够为空间目标的识别、测量等任务提供数据支撑,同时对天基监视系统的设计也具有一定的参考意义。

参考文献 (References)

- [1] TOMASI C, KANADE T. Shape and motion from image streams under orthography: A factorization method [J]. International Journal of Computer Vision, 1992, 9(2): 137-154.
- [2] SHUM H Y, HAN M, SZELISKI R. Interactive construction of 3D models from panoramic mosaics [C] // CVPR '98 Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 1998: 427-433.
- [3] CIPOLLA R, ROBERTSON D, BOYER E. Photobuilder-3D models of architectural scenes from uncalibrated images [C] // IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 1999, 1: 25-31.
- [4] PRITCHETT P, ZISSERMAN A. Matching and reconstruction from widely separated views [C] // Proceeding of the European Workshop on 3D Structure from Multiple Images of Large-Scale Environments. Berlin: Springer, 1998: 92.
- [5] FAUGERAS O, ROBERT L, LAVEAU S, et al. 3-D reconstruction of urban scenes from image sequences [J]. Computer & Image Understanding, 1997, 69(3): 292-309.
- [6] NISTÉR D. Reconstruction from uncalibrated sequences with a hierarchy of trifocal tensors [C] // European Conference on Computer Vision 2000. Berlin: Springer, 2000, 1842: 649-663.
- [7] NISTÉR D. Calibration with robust use of cheirality by quasi-affine reconstruction of the set of camera projection centres [C] // 8th IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2001). Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2001: 116-123.
- [8] NISTÉR D. Frame decimation for structure and motion [C] // 2nd European Workshop on 3D Structure from Multiple Images of Large-Scale Environments. Berlin: Springer, 2000: 17-34.
- [9] POLLEFEYS M, KOCH R, VERGAUWEN M, et al. Automated reconstruction of 3D scenes from sequences of images [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000, 55(4): 251-267.
- [10] POLLEFEYS M, GOOL L V, VERGAUWEN M, et al. Visual modeling with a hand-held camera [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 59(3): 207-232.
- [11] POLLEFEYS M, NISTÉR D, FRAHM J M, et al. Detailed real-time urban 3D reconstruction from video [J]. International Journal of Computer Vision, 2008, 78(2-3): 143-167.
- [12] SNAVELY N, SEITZ S M, SZELISKI R. Photo tourism: Exploring photo collections in 3D [J]. ACM Transactions on Graphics, 2006, 25(3): 835-846.
- [13] SNAVELY N, SEITZ S M, SZELISKI R. Modeling the world from internet photo collections [J]. International Journal of Computer Vision, 2008, 80(2): 189-210.
- [14] TRIGGS B, MCLAUCHLAN P F, HARTLEY R I, et al. Bundle adjustment: A modern synthesis [M] // TRIGGS B, ZISSERMAN A, SZELISKI R. Vision algorithms: Theory and practice. Berlin: Springer, 2000: 298-372.
- [15] LOURAKIS M I A, ARGYROS A A. SBA: A software package for generic sparse bundle adjustment [J]. ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS), 2009, 36(1): 1-30.
- [16] FURUKAWA Y, PONCE J. Accurate dense and robust multi-view stereopsis [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 32(8): 1362-1376.
- [17] 傅丹. 基于直线特征的空间目标三维结构重建和位姿测量方法研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008: 17-126.
- [17] FU D. Researches on three-dimensional structure reconstruction and pose measurements based on line feature for space targets [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2008: 17-126 (in Chinese).
- [18] 唐永鹤. 基于序列图像的空间非合作目标三维重建关键技术研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2012: 13-36.
- [18] TANG Y H. Researches on 3D reconstruction technologies for non-cooperative space targets using image sequences [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2012: 13-36 (in Chinese).
- [19] 曾蔚, 王汇源, 刘莹奇, 等. 基于 IR-SFS 算法空间目标红外影像 3D 重建 [J]. 中国光学, 2014, 7(3): 376-388.
- [19] ZENG W, WANG H Y, LIU Y Q, et al. 3D reconstruction of space target IR image based on IR-SFS algorithm [J]. Chinese Optics, 2014, 7(3): 376-388 (in Chinese).
- [20] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [21] FORSYTH D A, PONCE J. Computer vision: A modern approach [M]. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2003: 294-299.
- [22] SNAVELY N. Bundler: Structure from motion (SfM) for unordered image collections [EB/OL]. (2014-11-17) [2015-02-10]. <http://www.cs.cornell.edu/~snave/bundler/>.
- [23] ZHANG W, JIANG Z G, LUO J W, et al. Optical image simulation system for space surveillance [C] // International Conference on Image and Graphics. Piscataway, NJ: IEEE Press, 2013: 721-726.

作者简介:

张浩鹏 男, 博士, 讲师。主要研究方向: 目标检测识别、三维重建及姿态测量。

Tel.: 010-82338061

E-mail: zhanghaopeng@buaa.edu.cn

魏全茂 男, 硕士研究生。主要研究方向: 目标三维重建、三维姿态测量。

Tel.: 010-82338061

E-mail: weiqm@buaa.edu.cn

Sequential-image-based space object 3D reconstruction

ZHANG Haopeng^{1 2,*}, WEI Quanmao^{1 2}, ZHANG Wei³, WU Junfeng^{1 2}, JIANG Zhiguo^{1 2}

(1. School of Astronautics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;

2. Beijing Key Laboratory of Digital Media, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China;

3. Jiuquan Satellite Launch Center, Jiuquan 732750, China)

Abstract: Space object 3D reconstruction is of important significance for both space situational awareness and theoretical study. A new structure from motion method was proposed to avoid the reconstruction error caused by the symmetrical structure and similar texture of space targets. In this method, new images were added sequentially for reconstruction using the imaging time as a priori knowledge. In addition, image simulation of space target and ground imaging simulation experiment were carried out for the lack of space target image data. And experiments on the simulated space target images, in which the motion analysis results are accurate and robust to noise, and the recovery 3D point cloud can express the structural information of the target to a certain extent, have demonstrated the effectiveness of the approach proposed, and the boundary conditions of multi-frame-image for 3D reconstruction are acquired as well.

Key words: space object; 3D reconstruction; structure from motion; image simulation; sequential-image

Received: 2015-03-06; **Accepted:** 2015-06-05; **Published online:** 2015-07-15 11:50

URL: www.cnki.net/kcms/detail/11.2625.V.20150715.1150.001.html

Foundation items: the Fundamental Research Funds for the Central Universities (YWF-14-RSC-115); National Natural Science Foundation of China (61371134, 61071137)

* **Corresponding author.** Tel.: 010-82338061 E-mail: zhanghaopeng@buaa.edu.cn