# doi: 10.6046/gtzyyg.2017.04.03

引用格式: 韩杰,谢勇,吴国玺,等. 顾及多相机拼接成像特征的高分一号卫星影像自适应匹配方法[J]. 国土资源遥感,2017, 29(4):13-19. (Han J,Xie Y,Wu G X, et al. Research on the self – adaptive matching method of GF – 1 satellite imagery considering the features of multi – camera mosaic imaging[J]. Remote Sensing for Land and Resources,2017,29(4):13-19.)

# 顾及多相机拼接成像特征的高分一号卫星 影像自适应匹配方法

韩杰1、谢勇2、吴国玺1、喻铮铮1、钱跃磊1、关小果1

(1. 许昌学院城乡规划与园林学院,许昌 461000; 2. 南京信息工程大学地理与遥感学院,南京 210044)

摘要:卫星影像高精度匹配一直是备受关注的热点问题。以高分一号(GF-1)卫星 PMS 传感器双相机全色影像为研究对象,通过对其同名点间的几何偏移特性进行长时间序列统计分析后,提出了一种顾及多相机拼接成像特征的 GF-1 卫星影像自适应匹配方法。该方法是在传统影像匹配过程中加入自适应算法,利用迭代计算实现对目标搜索窗口、范围和方向的自适应选择。研究结果表明,该方法能够实现 GF-1 卫星同轨全色影像间的高精度自适应匹配,可以为其他类似卫星传感器影像匹配提供参考依据。

关键词: GF-1; 多相机拼接成像; 自适应匹配; 几何偏移统计

中图法分类号: TP 79 文献标志码: A 文章编号: 1001 - 070X(2017)04 - 0013 - 07

0 引言

自 2009 年以来,我国成功发射了多颗自主研发 的高空间分辨率卫星,其获取的海量卫星数据已为 我国资源详查、城市规划和地理测绘等领域提供了 有效的信息服务<sup>[1]</sup>。然而由于受单台高空间分辨 率相机幅宽限制,无法同时获取大范围高空间分辨 率卫星影像。目前我国常采用多相机拼接成像技 术,将多台高空间分辨率相机沿垂轨方向安置,实现 高空间分辨率与宽覆盖范围相结合的研制目标<sup>[2]</sup>。 但是,受多相机安装误差及外界环境的影响,影像重 叠区域内同名点位置并不完全重合,并且会随着卫 星在轨运行时间的变化而有所不同,这会对后续的 数据处理带来极大不便。因此,如何实现多相机拼 接成像传感器影像间的高精度匹配,已经成为衡量 国产高空间分辨率卫星数据应用服务能力的一项重 要指标。

目前,关于卫星影像匹配的算法很多,例如 SIFT(scale invariant feature transform)算法<sup>[3]</sup>、基于 物方几何约束的多影像相关法<sup>[4]</sup>、基于有理函数模型法<sup>[5]</sup>、CCD偏差模型法<sup>[6]</sup>、互信息法<sup>[7]</sup>、梯度结构法<sup>[8]</sup>和最小二乘法<sup>[9]</sup>等。这些方法已经被有效地应用于多种类型的卫星影像匹配处理中。但是利用上述算法对多相机拼接成像传感器影像进行匹配时,由于缺乏对影像重叠区域同名点几何偏移特性的分析,其匹配过程中对目标搜索范围和方向等参数的设置较为盲目,且不具备参数自适应设定功能, 使匹配精度和效率较低。

GF-1卫星作为我国高分对地观测系统的首发 星,该卫星平台搭载的 PMS 多光谱传感器采用双相 机拼接成像技术进行对地观测。本文针对 PMS 传 感器多相机拼接成像特征,首先通过对同轨全色影 像重叠区域内同名点几何偏移特性进行长时间序列 统计,分析其变化规律;其次利用影像特征点提取 方法获取 PMS1 全色影像中重叠区域的特征点集; 然后基于物方几何约束的匹配方法,预测该特征点 集在 PMS2 全色影像上的位置,再根据上述统计分 析结果,设置初始的搜索窗口大小和范围;最后基 于松弛影像匹配方法获取同名点,同时利用迭代计

收稿日期: 2016-03-21;修订日期: 2016-06-26

基金项目:河南省科技攻关项目"基于交叉辐射定标的 GF-1 卫星 WFV 影像无损匀色方法研究"(编号:172102210463)、国家自然科学基金项目"高分辨率光学遥感器辐射定标与归一化技术研究"(编号:41671345)和高分辨率对地观测系统共性指南项目 "GF-4 卫星图像质量评价与产品真实性检验技术"(编号:50-Y20A07-0508-15/16)共同资助。

**第一作者:**韩杰(1987-),男,博士,讲师,主要从事高空间分辨率卫星传感器定标、真实性检验和影像匹配等方面的研究。Email: hanjie@ radi. ac. cn。

通信作者方数据(1977-),男,博士,主要从事定标和真实性检验研究。Email: xieyong@ nuist. edu. cn。

2017 年

算实现对搜索窗口、范围和方向的自适应选择,进而 实现 GF-1 卫星同轨全色影像间的高精度自适应 匹配。

1 GF-1 卫星 PMS 传感器介绍

2013 年 4 月 26 日, GF - 1 卫星于甘肃酒泉卫 星发射中心成功发射。该卫星搭载的 PMS 传感器 是由 2 台垂轨安置的 PMS 相机拼接成像,其参数指 标如表 1 所示<sup>[2,10]</sup>。

> 表1 GF-1卫星 PMS 传感器参数指标 Tab.1 Parameters of GF-1 PMS sensor

参数	参数范围				
PMS 传感器波段/µm	全色	0.45~0.90			
		$0.45 \sim 0.52$			
	多光谱	$0.52 \sim 0.59$			
		$0.63 \sim 0.69$			
		$0.77 \sim 0.89$			
空间分辨率/m	全色	2			
	多光谱	8			
幅宽/km	60(2台相机组合)				
周期/d	重访周期(侧摆)	4			
	覆盖周期(不侧摆)	41			
单台相机视场角/(°)	3.2				

2 原理与方法

### 2.1 同名点几何偏移特性分析

由于相机安装误差的存在,导致 PMS 传感器的 2 台相机影像重叠区域内同名点不能完全重合,这 就是同名点几何偏移量的初始值。在卫星发射时及 发射后受周围环境和运动状态等因素的影响,相机 间相对位置关系会发生一定的变化,进而改变同名 点几何偏移量的初始值。如何全面了解同名点间几 何位置关系是研究的重点。

为了获取大量随机样本用于自适应匹配模型的



万方数据

建模,在2013年6月—2014年11月期间,即卫星发 射后600d内每月随机选取不同轨道内的若干影像 对,共计44对。影像对重叠区域覆盖地形包括平 原、丘陵和山地,在每对影像中人工选取10个同名 点,精度约为1个像素。采用物方几何约束的匹配 方法,研究同名点之间的几何位置关系,分析人工选 点坐标与投影预测坐标的行、列号差异<sup>[4]</sup>。具体过 程如下·

1)在影像重叠区域人工选取一同名点,其像面 坐标在 PMS1 和 PMS2 全色影像上分别为(x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>)和(m<sub>1</sub>,n<sub>1</sub>)。

2)利用 PMS1 全色影像的有理多项式参数(rational polynomial coefficients, RPCs)和 ASTER G – DEM 数据,获取像点 $(x_1, y_1)$ 对应的地面三维坐标(X, Y, Z)。

3)利用 PMS2 全色影像 RPCs 参数,将地面三维 坐标(*X*,*Y*,*Z*)投影到 PMS2 全色影像上,获取其对 应的预测像点坐标(*m*<sub>1</sub><sup>'</sup>,*n*<sub>1</sub><sup>'</sup>)。

4)统计人工选点坐标(m<sub>1</sub>,n<sub>1</sub>)与投影预测坐标
 (m'<sub>1</sub>,n'<sub>1</sub>)之间的偏移方向和偏移量。投影预测过程
 如图1所示。



图1 同名点预测过程示意图

#### Fig. 1 Prediction process of the conjugate points

选取4幅不同时相的影像,其预测结果分别如 图2所示。图中箭头长度为偏移量大小,箭头指向 为偏移方向。

Fig. 2 - 1 Offset distribution of the conjugate points





从图2可以看出,同一景影像对内部偏移量大 小和偏移方向较为一致,取各影像同名点偏移量的 均值进行长时间序列分析,进一步获取真实点位与 预测点位坐标差异随卫星在轨运行时间的变化情 况,如图3所示。



从图 3 可以得出:①对于垂轨方向偏移量而 言,其在发射后第 326 天之前偏移量的绝对值先减 小后增大,但绝对值稳定在 2 个像素以内,而在第 327 至第 396 天之间偏移量较大,约为 3 ~10 个像 素,在第 397 天之后偏移量的绝对值又稳定在 2 个 像素以内;②对于沿轨方向偏移量而言,其在发射 后第 326 天之前偏移量的绝对值逐渐增大,最大可 达到 5 个像素,在第 327 至第 396 天之间的偏移量 方向相反,其绝对值约为 3 个像素,在第 397 天之后 偏移量绝对值稳定在 2 个像素以内;③沿轨与垂轨 偏移量的变化趋势一致;④垂轨方向偏移量最大值 约为 10 个像素,沿轨方向偏移量最大值约为 5 个 像素。

产生该偏移量的原因主要包括匹配算法的误差、地面高程误差、相机安装误差及外界环境的影响等,但是由文献[11]可知,将 ASTER G – DEM 数据 作为物方高程信息,采用物方几何约束的匹配方法 进行同名点匹配时,由地面高程误差及匹配算法导 致的误差**足有效感**略的。出现上述现象可能是由于 卫星在发射过程中以及卫星在轨运行初期阶段,受 其外界环境的影响,导致2台相机安装角度和位置 发生了一定的变化,进而使得影像重叠区域内同名 点位置发生相应的偏移,其中空间分辨率较高的全 色影像对其变化更为敏感,这也给地面数据处理部 门提供了一个监测相机安装参数变化的参考指标。 在2014年5月即发射后第397天左右时,推测可能 是卫星地面系统对相机进行了检校,从而使影像重 叠区域内同名点几何偏移量变小,具体原因还需进 一步作调查分析。

# 2.2 顾及多相机拼接成像特征的 GF - 1 卫星影像 自适应匹配方法

基于上述同轨全色影像间同名点几何偏移特性,建立了顾及多相机拼接成像特征的 GF -1 卫星 影像自适应匹配方法。该方法是在传统的影像匹配 流程中加入了自适应算法,以实现 GF -1 卫星影像 亚像元级的自适应匹配。具体流程如图4 所示。



图4 自适应匹配流程

#### Fig. 4 Flow chart of the self – adaptive matching method

1)利用基于物方几何约束方法,获取同轨全色 影像重叠区域,缩小特征点信息提取范围,降低误匹

2)利用 Harris 特征点提取算法,获取 PMS1 全 色影像重叠区域的特征点集,共 w 个特征点。

3) 对于 PMS1 全色影像重叠区域内的任意一特 征点(*x<sub>i</sub>*,*y<sub>i</sub>*),*i*=1,2,3,…,*w*,以其为中心选取 3 像 元×3 像元的临近窗口 window1 作为基准窗口。

4)根据统计分析,预测点与真实像点位置之间 的最大偏移量约为10个像素,且同一对影像内部偏 移量较为一致,人工选点精度约为1个像素,故以预 测像点位置(m'<sub>i</sub>,n'<sub>i</sub>)为中心,选取31 像元×31 像元 的临近窗口 window2 作为初始搜索窗口。

5)由于初始搜索范围较大,为了降低误匹配概 率,同时实现自适应匹配,随机选取特征点集中的5 个特征点,采用松弛影像匹配方法在每个特征点对 应的初始搜索窗口内获取同名点位置(m<sup>''</sup><sub>i</sub>,n<sup>''</sup><sub>i</sub>)<sup>[12]</sup>。 同时计算(m<sup>''</sup><sub>i</sub>,n<sup>''</sup><sub>i</sub>)与(m<sup>'</sup><sub>i</sub>,n<sup>'</sup><sub>i</sub>)之间的偏移量(Δ<sup>i</sup><sub>沿轨</sub>, Δ<sup>i</sup><sub>垂轨</sub>),统计其均值(Δ<sup>i</sup><sub>沿轨</sub>, Δ<sub>垂轨</sub>)后带入

$$\begin{cases} m_{i}^{'} = m_{i}^{'} + \bar{\Delta}_{\text{HM}} \\ n_{i}^{'} = n_{i}^{'} + \bar{\Delta}_{\text{HM}} \end{cases}^{\circ}$$
(1)

更新 PMS2 影像初始投影预测坐标(m<sub>i</sub>',n<sub>i</sub>'),将 window2 的大小缩小为7 像元×7 像元。该步骤即为本 文方法的自适应过程,不仅优化了搜索范围,而且明 确了搜索方向。

6) 在利用步骤 5 缩小搜索窗口后,采用交叉相 关法确定特征点集中的其他真实同名点位置。

7)采用样条插值方法对上一步获取的相关系 数矩阵(5×5)进行插值计算,形成 30×30 的插值 矩阵以提高曲面拟合精度。基于此矩阵,再采用二 次曲面函数拟合方法获取 PMS2 影像亚像元级匹配 位置<sup>[6]</sup>。

8)利用经典的 RANSAC 算法、距离约束、斜率 约束和双向匹配法剔除误匹配点,最终得到高精度 的同名点信息<sup>[13]</sup>。

## 2.3 匹配精度评价

采用参考文献[14]的精度评价方法进行匹配 精度评价。首先,从匹配结果中人工选取均匀分布 的匹配点作为控制点; 然后,基于控制点信息计算 二次多项式变换模型参数; 最后,计算所有匹配点 的均方根误差(root mean square error, RMSE),其表 达式为

$$\sqrt{\frac{\sum_{p=1}^{q} \{ [x_{r}^{p} - F_{x}(x_{w}^{p}, y_{w}^{p})]^{2} + [y_{r}^{p} - F_{y}(x_{w}^{p}, y_{w}^{p})]^{2} \}}{q}},$$

$$\overline{\text{553}}$$

$$(2)$$

式中:  $(x_r^p, y_r^p)$ 和 $(x_w^p, y_w^p)$ 分别表示第 p 对同名点在 参考影像和待配准影像上的坐标; q 为匹配点对数; F()表示二次多项式变换模型。

# 3 实验结果与分析

为了验证本文方法的可行性和鲁棒性,在实验 硬件环境为 Intel Pentium CPU G3240 @3.10 GHz, 2 G内存的计算机上,选取同名点偏移量较大的影像 (2014 年 5 月 21 日山东省临沂地区)进行实验,影 像覆盖范围如图 5 所示。



图 5 测风影诼復壶氾固 Fig. 5 Coverage range of the test images

### 3.1 重叠区域范围提取

采用基于物方几何约束的方法,获取研究区同 轨全色影像间重叠区域范围。在对不同时相的影像 进行综合统计分析后发现,影像间重叠区域范围较 为稳定。

虽然卫星在轨运行1 a 时(与同名点偏移特性 统计结果中偏移量较大的时段相近),重叠区域范 围有所变化,从初始的574个像素变为583个像素, 据推测可能也是由于地面数据处理部门对相机参数 进行检校所导致的。为了使得本文提出的算法有较 强的适用性,本研究选取了574个像素作为影像重 叠区域。

### 3.2 特征点信息提取

采用经典的 Harris 特征点提取方法进行特征点 提取。由于原始全色影像较大,截取重叠区域周边 典型地区影像进行算法测试(影像大小为2500像 素×1500像素),这将大大提高特征点提取速度, 同时降低后续误匹配概率。

#### 3.3 初始搜索位置预测

选取该地区 ASTER G – DEM 数据作为辅助数据,利用基于物方几何约束的方法获取特征点初始 搜索位置。随机选取2个特征点的预测结果如图6 所示。



(a) PMS1 特征点 1







(b) PMS2 特征点1 图 6 特征点初始搜索预测结果

(d) PMS2 特征点 2

Fig. 6 Initial search results of feature points

图 6 中红色十字为 PMS1 影像中提取的特征点 位置,黄色十字为 PMS1 影像特征点在 PMS2 影像中 的初始搜索位置。从图6中可以看出,预测结果与 真实同名点之间发生了较为明显的偏移,且偏移方 向较为一致。

#### 3.4 自适应优化

针对该测试影像,利用步骤5获取5个特征点 偏移量均值后可以发现,同名点在垂轨方向上向东 偏移约为8个像元.在沿轨方向上向南方向偏移约 为3个像元,从而利用公式(1)对初始预测位置进

行更新。最后采用步骤 6-8 完成影像匹配处理。

#### 匹配结果 3.5

为了比较本文方法的优点,同时利用传统的遥 感图像处理软件 ENVI5.0 中的基于特征的影像匹 配方法和经典的 SIFT 匹配方法对同一数据进行匹 配处理,并采用 RANSAC 算法、距离约束、斜率约束 和双向匹配算法剔除误匹配点。匹配结果如图7所 示。为了综合对比上述匹配方法的优缺点,分别从 正确匹配比例、匹配精度和正确匹配点每点平均耗 时3个方面进行方法定量评价(表2)。



(a) 基于特征的影像匹配方法

(b) SIFT 方法



(c) 本文方法 图 7 影像匹配局部结果 Fig. 7 Partial of matching results

#### 表 2 影像匹配结果精度评价

## Tab. 2 Comparison of image matching results using different methods

方法	总匹配 点数	正确匹 配点数	正确匹配 比例/%	RMSE	正确匹配点 每点平均 耗时/s
基于特征的 匹配方法	243	197	81.1	0.51	0.09
SIFT	539	379	70.3	0.98	0.08
本文方法	259	235	90.7	0.48	0.04
<u> </u>	」力釵掂				

从图 7 和表 2 中可以看出: ①与基于特征的匹 配结果相比,本文方法获取的正确匹配点分布更加 均匀; ②本文方法获取的正确匹配比例明显高于其 他2种方法:③利用本文方法和基于特征的匹配方 法精度相当,均高于 SIFT 的匹配精度: ④虽然本文 方法获得的同名点数比 SIFT 方法少,但是其平均每 点耗时明显低于其他2种方法。本文提出的自适应 匹配方法更加适用于多相机拼接成像传感器影像间 的匹配处理。

# 4 结论

 1)通过对 GF -1 卫星同轨全色影像重叠区域 内同名点几何偏移特性进行长时间序列统计分析, 明确其变化规律。该过程既可为自适应匹配方法提 供理论依据,也可用于监测卫星在轨运行期间相机 安装参数变化情况。

2)提出了一种自适应匹配方法,该方法在传统 匹配方法的基础上,利用迭代计算完成了对搜索窗口、范围及方向的自适应设置,实现了 GF - 1 卫星 PMS 传感器同轨全色影像间的高精度匹配。

3)由于本文提出的自适应匹配算法是针对多 相机拼接成像传感器特点建立的,该算法对于跨平 台、不同时相和不同空间分辨率影像间的几何匹配 效果还需进一步验证,这也将是下一步研究工作的 重点。

志谢:感谢中国资源卫星应用中心为本文研究 提供 GF-1 卫星影像数据。

#### 参考文献(References):

 [1] 韩杰.GF-1卫星影像高精度几何处理方法研究[D].北京: 中国科学院遥感与数字地球研究所,2015.
 Han J. Study on the High Precision Geometric Processing of GF-1 Satellite Images[D]. Beijing: Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences,2015.

 [2] 陆春玲,王 瑞,尹 欢."高分一号"卫星遥感成像特性[J]. 航 天返回与遥感,2014,35(4):67-73.

Lu C L, Wang R, Yin H. GF – 1 satellite remote sensing characters [J]. Spacecraft Recovery and Remote Sensing, 2014, 35(4):67 – 73.

- [3] Lowe D G. Distinctive image features from scale invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60 (2):91-110.
- [4] 张力,张继贤.基于多基线影像匹配的高分辨率遥感影像
   DEM 的自动生成[J].武汉大学学报(信息科学版),2008,33
   (9):943-946.

Zhang L,Zhang J X. Automatic DEM generation from high – resolution satellite imagery based on multiple – baseline image matching[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008,33(9):943–946.

[5] 戴激光,宋伟东,贾永红,等. 一种新的异源高分辨率光学卫星 遥感影像自动匹配算法[J]. 测绘学报,2013,42(1):80-86.
Dai J G,Song W D,Jia Y H, et al. A new automatically matching algorithm for multi - source high resolution optical satellite images
[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2013,42(1):80-86.
[6] 严明,卫智教,把 菲,等. CCD 几何偏差模型的多波段遥感影 像配准[J]. 遥感学报,2012,16(6):1145-1156.

Yan M, Wang Z Y, Wu F, et al. Multi – spectral image registration method based on CCD geometric bias model[J]. Journal of Remote Sensing,2012,16(6):1145 – 1156.

- [7] 马广彬,章文毅,刘定生,等.一种新的卫星多光谱图像自动配准算法[J].遥感技术与应用,2007,22(1):95-100.
  Ma G B,Zhang W Y,Liu D S, et al. A new automatic band registration algorithm for satellite multispectral remote sensing images
  [J]. Remote Sensing Technology and Application,2007,22(1): 95-100.
- [8] 张翰墨,尤红建. 基于梯度结构的星载红外图像和全色图像配 准方法[J]. 红外与毫米波学报,2013,32(3):270-276. Zhang H M,You H J. A gradient structure based registration method for space - borne infrared image and panchromatic image[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves,2013,32(3):270-276.
- [9] 张剑清.基于特征的最小二乘匹配理论精度[J].武汉测绘科技大学学报,1988,13(4):82-90.
  Zhang J Q. On the theoretic precision of least squares matching based on features [J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping,1988,13(4):82-90.
- [10] 黄世存,吴海平,王 奇,等."高分一号"卫星 PMS 图像几何定 位精度验证[J]. 航天返回与遥感,2014,35(5):81-87.
  Huang S C, Wu H P, Wang Q, et al. Validation of positioning accuracy of GF - 1 PMS images [J]. Spacecraft Recovery and Remote Sensing,2014,35(5):81-87.
- [11] 王 密,杨 博,金淑英.一种利用物方定位一致性的多光谱卫 星影像自动精确配准方法[J].武汉大学学报(信息科学版),
   2013,38(7):765-769.

Wang M, Yang B, Jin S Y. A registration method based on object – space positioning consistency for satellite multi – spectral image [J]. Geomatics and information science of Wuhan University, 2013,38(7):765-769.

[12] 简剑锋,林 怡,周利华,等.一种优化的多源遥感影像高精度
 配准方法[J].同济大学学报(自然科学版),2008,36(10):
 1427-1432.

Jian J F, Lin Y, Zhou L H, et al. Optimized high – precision registration method of multi – source remote sensing images [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2008, 36 (10): 1427 – 1432.

[13] 孙义威,刘斌,邸凯昌,等. 基于参考图像的行星遥感图像自动几何精纠正[J]. 国土资源遥感,2015,27(1):23-28. doi: 10.6046/gtzyyg.2015.01.04.

Sun Y W, Liu B, Di K C, et al. Automatic accurate geo – rectification of planetary remote sensing image based on reference image [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(1):23 – 28. doi:10.6046/gtzyg.2015.01.04.

[14] 张 谦, 贾永红, 胡忠文. 多源遥感影像配准中的 SIFT 特征匹配改进[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2013, 38(4): 455 - 459.

Zhang Q, Jia Y H, Hu Z W. An improved SIFT algorithm for multi – source remote sensing image registration [J]. Geomatics and information science of Wuhan University, 2013, 38(4):455–459. HAN Jie<sup>1</sup>, XIE Yong<sup>2</sup>, WU Guoxi<sup>1</sup>, YU Zhengzheng<sup>1</sup>, QIAN Yuelei<sup>1</sup>, GUAN Xiaoguo<sup>1</sup>

(1. School of Urban – rural Planning and Architecture, Xuchang University, Xuchang 461000, China; 2. School of Geography and Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: The high precision matching of satellite images has been a problem of much concern. In this paper, the panchromatic images in the same track of GF - 1 satellite PMS sensor are treated as investigated subjects. Based on the time – series statistical results of the offset property of the conjugate points, a self – adaptive image matching method is proposed considering mosaic imaging characteristics. In this method, the self – adaptive algorithm is added in the traditional image matching process. It can realize the self – adaptive selection of the target search window, search range and search direction using the iterative computation. The experiment results prove that the proposed method can achieve high precision self – adaptive matching of the GF - 1 panchromatic images in the same track, which is useful for other similar satellites in future.

Keywords: GF - 1; multi - camera mosaic imaging; self - adaptive matching; geometric offset statistics

(责任编辑:陈理)