

引用格式:Chen Benqing, Yang Yanming, Zheng Linghong, *et al.* Automatic Registration of Quad-Rotor UAV Imagery based on SIFT and TPS Algorithm[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(4): 604-609.
[陈本清, 杨燕明, 郑凌虹, 等. 基于 SIFT 和 TPS 算法的四旋翼无人机图像自动配准[J]. 遥感技术与应用, 2013, 28(4): 604-609.]

基于 SIFT 和 TPS 算法的四旋翼无人机 图像自动配准

陈本清, 杨燕明, 郑凌虹, 文洪涛

(国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要:针对四旋翼无人机图像姿态倾角大、图像变形明显等特点,采用尺度不变特征变换(SIFT)算法和薄板样条模型(TPS)对四旋翼无人机图像进行特征点匹配和配准实验研究,从拼接图像的目视效果和配准均方差方面比较分析了 TPS 模型与常用的仿射变换及多项式变换模型的图像配准效果。结果表明:在 SIFT 算法精确的同名点匹配下,TPS 变换模型能够兼顾四旋翼无人机图像的整体刚性变形及局部的非刚性变形,无论是目视效果还是均方差定量分析,TPS 变换的图像配准精度最高、效果最好,能够满足四旋翼无人机图像的快速配准、拼接要求。

关 键 词:SIFT 特征匹配;图像配准;TPS 模型;四旋翼无人机

中图分类号:TP 75 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2013)04-0604-06

1 引 言

无人机遥感是近年发展起来的低空遥感数据获取与处理技术。该技术利用先进的无人驾驶飞行器搭载轻便遥感传感器,应用数字遥测遥控技术、通讯技术、GPS 差分定位技术和数字摄影测量技术,从而完成遥感数据的获取与处理、三维建模和应用分析^[1]。与传统的航空摄影相比,无人机遥感具有机动灵活、快速高效、精细准确、获取信息量大、作业成本低、适用范围广等重要特点,在小区域范和常规飞行困难地区快速获取高分辨率影像方面具有明显优势,是卫星和航空遥感的重要补充手段,在灾害应急管理、国土资源调查、海岛与海岸带管理等方面逐渐得到应用^[1-5]。

与无人机图像的摄影测量处理不同,无人机图像的配准是直接基于原始图像,通过图像同名点匹配和变换模型,快速实现无人机图像全景拼接的一种技术,主要用于快速满足研究区整体现状评估、自然灾害应急响应等方面需求^[6],是无人机遥感图像处理与应用的一个重要步骤。基于点特征的匹配方法是图

像匹配的最基本和最重要的方法,与传统的基于区域灰度信息的匹配方法相比,点特征匹配具有旋转不变性和不受光照影响等特点,对图像噪声、几何与光照变化鲁棒性强等优势^[7]。目前,比较常用的点特征提取算子有 Moravec、Harris、SUSAN、MIC、SURF 以及 SIFT 算子等^[8-10]。Mikolajczyk 等^[11]对 11 种最具代表性的算子(如不变矩、互相关、SIFT 等)进行了实验和性能比较,结果表明,在对光照变化、图像旋转、尺度变化、几何变形、模糊和图像压缩等 6 种情况下, SIFT 特征描述的性能最好。李晓明^[12]首次将 SIFT 算法应用于遥感影像的自动配准,并采用 RANSAC 算法完成对应点的匹配。

无人机遥感系统使用非量测、普通数码相机,图像畸变大。受操控特性及风力影响,无人机平台稳定性较差,图像姿态变化大,相邻图像间可能存在较大的旋偏角和上下错动。四旋翼无人机是一种电动的、能够垂直起降(VTOL)的多旋翼飞行器,可用于资料收集、协调指挥、搜索、测量、通讯、检测和侦查等多种

收稿日期:2012-05-22;修订日期:2013-01-21

基金项目:国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金(2010019),海洋公益性行业科研专项经费资助(201005010),国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务费专项资金(2010013)。

作者简介:陈本清(1977—),男,福建长乐人,副研究员,主要从事环境遥感及无人机遥感应用研究。E-mail:benqing_chen@163.com。

空中任务。相对于其他类型无人机,如固定翼无人机,四旋翼无人机由于体积小、重量轻,飞行高度低,其受风力影响更为明显,图像姿态角变化及内部变形更加明显。因此,常用的一些图像刚性变换模型,如仿射变换,可能无法取得较好的图像配准效果,在图像拼接处,特别是线性地物,如道路、河流与房子边缘等,可能存在明显的几何拼接误差。为此,研究采用尺度不变特征(SIFT)算法进行无人机图像特征点提取与精确匹配,在此基础上,应用考虑图像局部变形的非线性变换模型——薄板样条(Thin Plate Spline, TPS)变换模型,进行四旋翼无人机遥感图像的图像配准,并与常用的仿射投影模型、多项式模型进行比较。

2 算法描述

2.1 SIFT 算法

SIFT 算法是 Lowe^[10]在 2004 年总结了现有的基于不变量技术的特征检测方法的基础上,提出的一种基于尺度空间的、对图像缩放、旋转甚至仿射变换保持不变性的特征匹配算法,主要包括 SIFT 特征提取和特征匹配两部分。

2.1.1 SIFT 特征提取

SIFT 特征提取方法是将输入图像通过不同尺

度(σ)的二维高斯核函数(式 1)连续平滑和降采样(金字塔),然后将每一阶(同采样分辨率下的高斯图像组成一阶)相邻尺度的两个高斯图像相减,得到高斯差分(DoG)尺度空间表示。对 DoG 尺度空间每个像元与包括同一尺度的周围邻域 8 个像元以及相邻尺度对应位置的周围邻域 9×2 个像元总共 26 个像元逐个进行比较,得到的局部极值(灰度极大或极小值)位置即为关键点所在位置和对应的尺度(图 1)。再将低对比度和边缘候选特征点去掉,得到稳定的特征点。通过曲面拟合方法对特征点进行亚像元精确定位,同时利用关键点所在 16×16 邻域像元内各点的梯度幅度和方向(式 2、3),并将梯度方向的直方图最大值所对应的方向作为每个特征点的方向。至此每个 SIFT 特征点有 3 个维度:位置、尺度和方向。在此基础上,将邻域划分为 4×4 共 16 个子区域,分别对每个子区域统计 8 个梯度方向(每个间隔 45°)信息,生成具有 $4 \times 4 \times 8 = 128$ 维特征向量的 SIFT 描述子(图 2)。

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (1)$$

其中: (x, y) 为图像的像素空间坐标, σ 为高斯正态分布的方差。

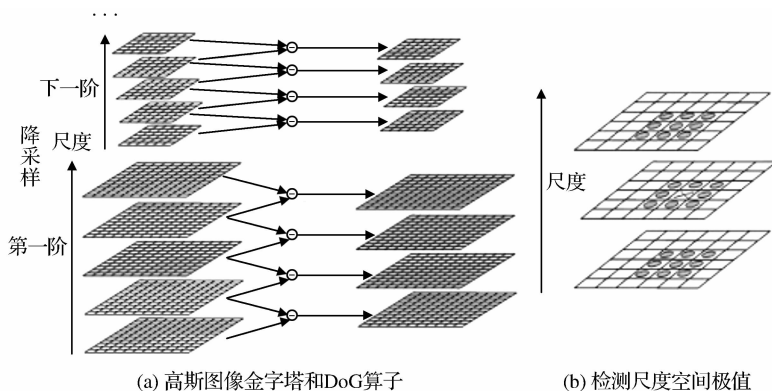


图 1 尺度空间建立及检测关键点示意图^[9]

Fig. 1 Building scale space and detecting keypoints

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (2)$$

$$\theta(x, y) = \arctan \left[\frac{(L(x+1, y) - L(x-1, y))}{(L(x, y+1) - L(x, y-1))} \right] \quad (3)$$

2.1.2 SIFT 特征向量匹配

生成 SIFT 特征向量后,再进行特征匹配。SIFT 特征匹配采用特征向量的欧式距离作为相似性度量。取图像 A 中的某个关键点,在图像 B 中找出与其欧式距离最近的两个关键点,如果最近距离除以次近距离小于某个比例阈值,则认为是一对匹配点。一般情

况下,一幅图像可以提取上千个 SIFT 特征向量,对于这 128 维特征向量,要遍历图像中所有特征点,按照欧式距离,搜寻匹配特征点对,其计算量非常庞大。为了解决高维空间搜索问题,SIFT 算法采用 BBF (Best Bin First) 算法来对传统的 k-d 树算法做逼近,考虑那些在最近点距离 0.8 倍以内的最邻近点,实现

目标特征向量的快速粗匹配。

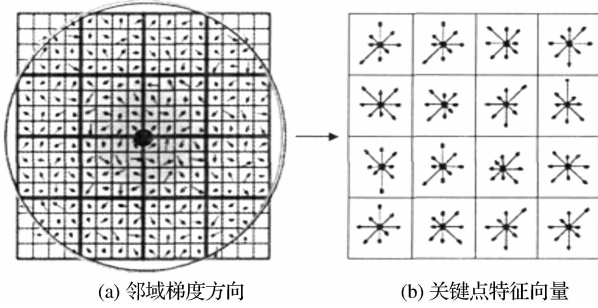


图 2 SIFT 描述子示意图
Fig. 2 SIFT keypoint descriptor

由于粗匹配中难免存在误匹配,若不消除误匹配,将对后续变换矩阵的计算产生严重干扰。因此,算法采用鲁棒性的随机采样一致性算法(RANSAC)对粗匹配点对进行更加精确匹配。RANSAC 是一种稳健的参数估计方法,对错误率超过 50%的数据仍然能够有效地估计参数,在计算机视觉领域得到了广泛应用^[13]。RANSAC 在输入数据中不断随机采样最小点集,每次采样最小点集后估计所要确定的模型参数,同时把输入参数中和模型参数一致的点称为内点,不一致划分为外点。完成 N 次迭代后,选择输入数据中内点比例最高的匹配点为最终特征匹配点对。具体步骤如下:

(1)随机抽取 4 组匹配点对计算对应矩阵 M ,根据 M 计算剩余每个匹配对的欧式距离 D_i ,若 D_i 在事先设定的误差阈值范围内,则接受此匹配对作为内点,并记录内点个数。

(2)确定恰当的采样次数 N ,并重复 N 次上述步骤。

(3)选择包含内点数目最多的一个点集,并根据此内点集,重新计算对应矩阵 M 。

2.2 薄板样条(TPS)变换

薄板样条(TPS)变换是目前图像配准中应用最为广泛的非线性变换函数,其包含了一个全局仿射变换和一个结合权重的局部非线性项^[14]。Gosh-tasby^[15]最早将薄板样条变换应用于遥感图像配准。研究表明当图像地面控制点较少时,薄板样条变换是最适合的方法^[16]。Qian 等^[14]比较了仿射变换、8 参数模型和薄板样条变换模型对无人机图像自动配准和镶嵌的效果,认为 TPS 配准效果最好。薄板样条函数的定义如下:

$$\begin{cases} X = f(x, y) = a_3 + a_1x + a_2y + \sum_{i=1}^n F_i r_i^2 \ln r_i^2 \\ Y = g(x, y) = b_3 + b_1x + b_2y + \sum_{i=1}^n G_i r_i^2 \ln r_i^2 \end{cases} \quad (4)$$

式(4) 每一个公式均包含了一个表征刚性映射的仿射变换函数(等式右边前 3 项)和一个表征非线性映射的径向基函数(等式右边最后 1 项)。式中, $r_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2$, (x, y) 和 (x_i, y_i) 分别为待配准和参考图像的第 i 个匹配点坐标; a_0, a_1, a_2 和 b_0, b_1, b_2 为未知的仿射变换系数; F_i 和 G_i 为第 i 个匹配点对的径向基函数权系数; n 为图像匹配点的数量。方程 4 的每个公式均包含了 $n + 3$ 未知系数。其中 $n(n \geq 3)$ 个匹配点可获取 n 个方程,因此,需要构建额外 3 个方程(式 5),具体形式如下:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_i = 0, \sum_{i=1}^n F_i X_i = 0, \sum_{i=1}^n F_i Y_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n G_i = 0, \sum_{i=1}^n G_i X_i = 0, \sum_{i=1}^n G_i Y_i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

根据式(4) 和(5),未知系数($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2, F_i$ 和 G_i) 可利用待配准图像和参考图像的匹配点坐标值,根据最小二乘法求出。如果图像的非线性变形很小,则所求的非线性径向基函数的权系数(F_i, G_i) 很小,此时图像变换为刚性仿射变换。

薄板样条函数是样条函数在二维空间上的推广,是唯一能够清楚地将映射分解为刚性映射和非刚性映射的样条函数。在保证配准点集一一对应约束的条件下,薄板样条模型通过最小化 TPS 弯曲能,联合求解配准点集之间的匹配矩阵和映射参数,有效地解决了控制点精确吻合的问题,而其他点在精确控制点的约束下通过插值也可获得较好的纠正^[17]。

3 图像配准实验与结果分析

3.1 图像配准实验

实验选取福建省古雷半岛沙滩相邻两幅的四旋翼无人机图像(图 3),飞行高度约 100 m,航向重叠率约为 60%,采用的相机为 PENTAX Optio A40 商用普通数码相机,图像尺寸为 4 000×3 000 像素,像素地面分辨率约 2.5 cm。

无人机图像配准处理程序采用 ENVI/IDL 语言编写。实验首先对两幅原始无人机图像进行 SIFT 特征点匹配(包括 SIFT 特征点提取与 RANSAC 精确匹配处理),RANSAC 最大允许误差设置为 5 像元。对于纹理丰富、对比度明显的图像, SIFT 特征匹配往往产生大量的匹配点,而过多的匹配点不但不会提高配准精度而且会影响 TPS 算法运算效率,为此,实验设置 SIFT 特征点最大匹配点数设为 50,并以最小像素距离 200 个像素为约束条件对获取的匹配点进行均匀抽稀处理,最终共获取

27 个精确匹配点(图 3)。在获取精确匹配点的基础上,选择其中一幅为参考图像,运用 TPS 算法对待配准图像进行图像变换处理,并将 TPS 变换的配准

图像通过目视与检查点两种方式,与仿射变换(式 6)以及一次和二次多项式变换模型(式 7)的配准结果进行比较分析。具体技术见流程见图 4。

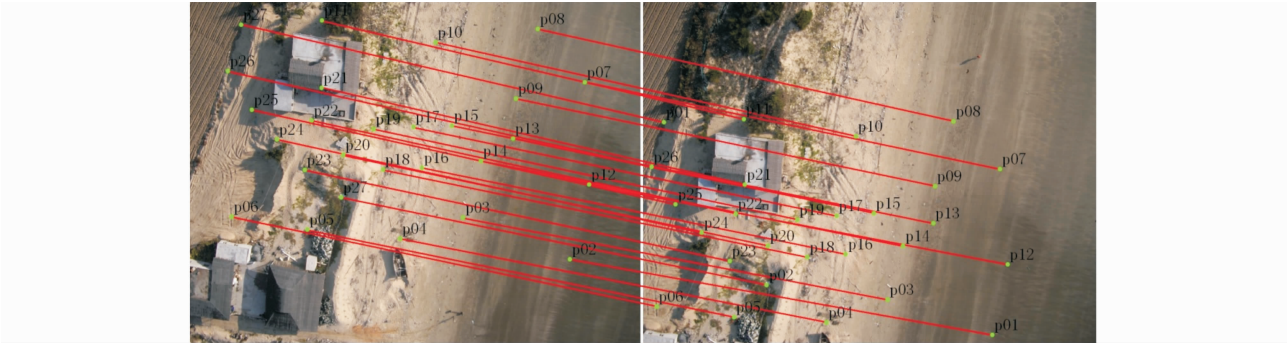


图 3 福建省古雷半岛沙滩相邻两幅的四旋翼无人机图像及匹配点分布

Fig. 3 Two neighboring Micro Quad-Rotor UAV images of Gulei Peninsula in Fujian Province and matching-points distribution

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \tag{6}$$

其中: a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 、 b_1 、 b_2 为仿射变换参数, (x',y') 和 (x,y) 分别为待配准图像和参考图像的像素坐标。仿射变换为刚性变换,仅对图像进行平移、旋转与放大缩小等变换。

$$\begin{cases} x' = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} a_{ij} x^i y^j \\ y' = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} b_{ij} x^i y^j \end{cases} \tag{7}$$

其中: a_{ij} 、 b_{ij} 为多项式系数, N 为多项式次数。多项式变换模型适用于图像之间存在着非线性变形。

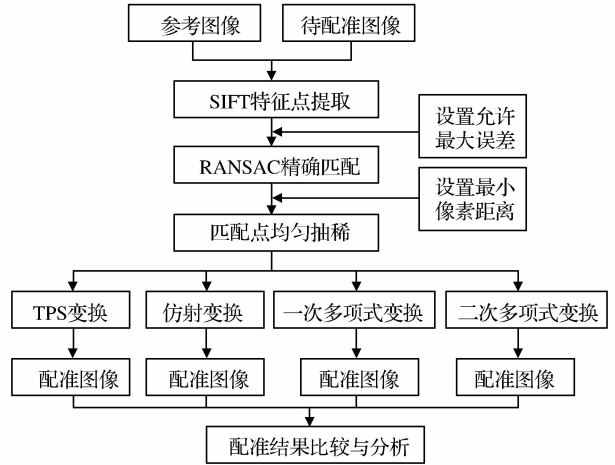


图 4 四旋翼无人机图像配准实验的主要技术流程

Fig. 4 Main technique flow diagram of micro quad-rotor UAV images registration

3.2 结果分析

图 5~6 分别为仿射变换、一次多项式、二次多项式以及 TPS 变换的配准图像与参考图像的拼接

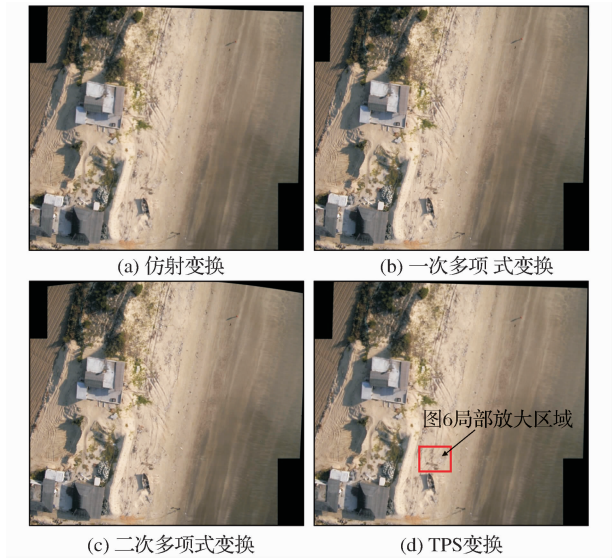


图 5 配准结果图与参考图像的拼接图

Fig. 5 Mosaick image of registered image and reference image (red frame: region of partial enlargement)

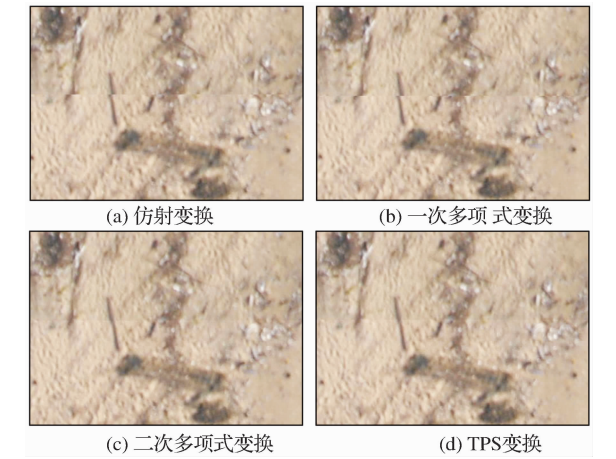


图 6 拼接图红框部分的局部放大图

Fig. 6 Enlarged image of red frame in Fig. 5

图及其拼接线附近的局部放大图。就配准图像的变形而言,一次多项式配准图像边缘的变形最小,有利于多幅无人机图像拼接时减少累积变形误差;二次多项式配准图像边缘的二次非线性变形很明显,不适合多幅无人机图像拼接;TPS 变换的图像边缘变形基本与仿射变换一致。从拼接缝附近的局部放大图(图 6)可以看出,TPS 变换和二次多项式变换的配准图像与参考图像的拼接效果最好,地物几乎完整拼接在一块,而仿射变换与一次多项式变换的配准图像与参考图像的拼接则明显产生了错位,效果不佳。综合考虑图像拼接和边缘变形,TPS 变换的图像匹配效果最佳。但由于配准过程误差累积的影响,随着无人机图像数量的增加,图像变形越来越明显。与其他图像变换一样,TPS 变换的图像匹配到十余幅,变形较为明显。因此,下一步需考虑全局误差整体平差与控制,以优化多幅图像拼接效果。

为了更加定量地比较 TPS 变换与其他变换的配准精度,应用遥感专业软件,在参考图像和配准图像上,采用手工随机、均匀地在重叠区选取了 10 个同名特征点,并对 X 方向、Y 方向以及总体的均方差进行分析。均方差定义如式(8)~(10):

$$RMS_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_i'')^2}{n}}$$

(8)

$$RMS_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i'')^2}{n}}$$

(9)

$$RMS_{total} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - x_i'')^2 + (y_i - y_i'')^2]}{n}}$$

(10)

其中: RMS_x 、 RMS_y 和 RMS_{total} 分别为 X、Y 方向以及总体的均方差, (x_i'', y_i'') 和 (x, y) 分别为配准图像和参考图像的第 i 点坐标, n 为检查点个数。

表 1 为各变换配准图像的 X、Y 及总体的均方差统计,可以看出,除二次多项式在 X 方向的误差小外,TPS 变换配准图像的 X、Y 及总体均方差都最小,分别为 1.59、2.77 和 3.20 个像素,明显优于其他变换模型。

表 1 各变换配准图像的 X、Y 及总体的均方差统计 (单位:像元)

Table 1 X,Y and Total RMS error statistics of different registered images (Unit:Pixels)			
变换模型	X 向均方差	Y 向均方差	总体均方差
TPS 变换	1.59	2.77	3.20
仿射变换	9.06	7.14	11.54
一次多项式	8.47	6.45	10.65
二次多项式	0.38	5.99	6.01

4 结 语

研究针对四旋翼无人机平台不稳定、易受风影响、所获取的图像姿态倾角大、图像内部变形明显等特点,采用 SIFT 特征匹配算法和 TPS 变换模型对四旋翼无人机图像进行快速配准实验研究,并通过对接拼图像的目视效果和均方差定量统计分析,与常用的仿射变换及多项式变换模型进行比较。

结果表明,TPS 变换模型能够兼顾四旋翼无人机图像的整体刚性变形及局部的非刚性变形,在 SIFT 算法精确的同名点匹配下,通过最小化薄板样条(TPS)弯曲能,求解配准点集之间的匹配矩阵和映射参数,有效地解决了控制点精确吻合的问题。无论从目视效果还是从均方差定量统计,TPS 变换的图像匹配精度最高,效果最好,能够满足四旋翼无人机图像的快速配准、拼接要求。但由于配准过程误差累积的影响,随着无人机图像数量的增加,图像变形越来越明显,因此,下一步将加强全局误差整体平差与控制,优化多幅图像拼接效果。

参考文献(References):

[1] Ma Zezhong, Wang Fuhai, Liu Zhihua, *et al.* Research of Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing Technique Applied to Monitor Landslide and Barrier Lake Hazard in Chengkou County of Chongqing[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2011, 25(1): 253-256. [马泽忠, 王福海, 刘智华, 等. 低空无人飞行器遥感技术在重庆城口滑坡堰塞湖灾害监测中的应用研究[J]. 水土保持学报, 2011, 25(1): 253-256.]

[2] Gao Jiaojiao. Application of High Precision UAV Remote Sensing in Geological Disaster Investigation[D]. Beijing : Beijing Jiaotong University, 2010. [高姣姣. 高精度无人机遥感地质灾害调查应用研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.]

[3] Han Jie, Wang Zheng. On the Key Technique of Fast Monitoring System for Resources Unmanned Plane Remote Sensing [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2008, (2): 4-7. [韩杰, 王争. 无人机遥感国土资源快速监控系统关键技术研究[J]. 测绘通报, 2008, (2): 4-7.]

[4] Yang Yanming, Zheng Linghong, Wen Hongtao, *et al.* Application of UAV Remote Sensing Technology in the Management of Island [J]. Ocean Development and Management, 2011, (1): 6-10. [杨燕明, 郑凌虹, 文洪涛, 等. 无人机遥感技术在海岛管理中的应用研究[J]. 海洋开发与管理, 2011, (1): 6-10.]

[5] Delacourt C, Allemand P, Jaud M, *et al.* DRELIO: An Unmanned Helicopter for Imaging Coastal Areas[J]. Journal of Coastal Research, SI 56: 1489-1493.

[6] Zhang Yongjun. Geometric Processing of Low Altitude Remote Sensing Images Captured by Unmanned Airship[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(3): 284-288. [张永军. 无人驾驶飞艇低空遥感影像的几何处理[J]. 武

- 汉大学学报:信息科学版,2009,34(3):284-288.]
- [7] He Jing, Li Yongshu. A Mosaic Method in Unmanned Aerial Vehicle Images based on Feature Points and Optimal Path[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(2): 173-176. [何敬, 李永树. 基于特征点和最优路径的无人机影像拼接方法[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(2): 173-176.]
- [8] Chen Yu. The Unmanned Aerial Vehicles Remote Sensing Image Registration based on SIFT Algorithm[D]. Changsha: Central South University, 2009. [陈裕. 基于 SIFT 算法的无人机遥感图像配准[D]. 长沙:中南大学, 2009.]
- [9] Zhang Ruijuan, Zhang Jianqi, Yang Cui. Image Registration approach based on SURF[J]. Infrared and Laser Engineering, 2009, 38(1): 160-165. [张锐娟, 张建奇, 杨翠. 基于 SURF 的图像配准方法研究[J]. 红外与激光工程, 2009, 38(1): 160-165.]
- [10] Lowe D G. Distinctive Image Features from Scale-invariant Keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [11] Mikolajczyk K, Schmid C. A Performance Evaluation of Local Descriptors[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(10): 1615-1630.
- [12] Li Xiaoming. SIFT based Automatic Registration of Remotely Sensed Imagery[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(6): 885-892. [李晓明. 基于 SIFT 特征的遥感影响自动配准[J]. 遥感学报, 2006, 10(6): 885-892.]
- [13] Cheng Yan, Zhou Yan, Lin Hongtao, *et al.* Automatic Registration and Mosaic of Remote Sensed Imagery based on SIFT Feature[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(6): 721-728. [程焱, 周焰, 林洪涛等. 基于 SIFT 特征遥感影像自动配准与拼接[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(6): 721-728.]
- [14] Qian D, Nareenart R, Adnan O. *et al.* Automatic Registration and Mosaicking for Airborne Multispectral Image Sequences[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2008, 74(2): 169-181.
- [15] Goshtasby A. Registration of Images with Geometric Distortions[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1988, 26(1): 60-64.
- [16] Zagorchev L, Goshtasby A. A Comparative Study of Transformation Functions for Nonrigid Image Registration[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(3): 529-538.
- [17] Li Yuling. Study of Mosaicing Method in High Resolution Remote Sensing Images without Geography Coordinate[D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, 2005. [李豫玲. 无地理坐标高分辨率遥感影像镶嵌方法的研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所, 2005.]

Automatic Registration of Quad-Rotor UAV Imagery based on SIFT and TPS Algorithm

Chen Benqing, Yang Yanming, Zheng Linghong, Wen Hongtao

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Abstract: As an important complementarity of remote sensing technique, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is attractive to various applications such as target searching, island management, disaster monitoring and low-altitude photogrammetry. The quad-rotor UAV, Compared to fixed-wing UAV, has the advantages of Vertical-Taking-of-Landing (VTOL) and low-altitude flexible flight. However, the quad-rotor UAV has small-volume and light-weight and is more easily influenced by the wind, the acquired imagery maybe have bigger tile angle and more obvious geometry distortion will would result in more difficulty on the image feature matching and image mosaic. For this question, we apply the Scale Invariant Feature Transformation (SIFT) to image feature matching and Thin Plate Spline (TPS) transformation to automatic registration of the micro quad-rotor UAV imageries in this paper. The registration imagery based on TPS transformation is then compared to that based on the affine transformation and the polynomial transformation by evaluating the visual effect of the mosaic imagery and Root Mean Square (RMS) statistic, which shows that after precise SIFT feature matching, the registration RMS accuracy and the visual effect of mosaic imagery of TPS transformation are best, and satisfies the demand of rapid registration and mosaic of micro quad-rotor UVA imagery, since TPS transformation considered both rigid transformation and partial non-linear distortion of the micro quad-rotor UAV imagery.

Key words: SIFT feature matching; Image registration; TPS transformation; Quad-Rotor UAV