

# 基于改进 FAST 特征匹配的电子稳像算法\*

聂婷 郝贤鹏 付天骄 赵文才

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

**摘要:** 针对机载摄像机视频抖动问题,提出了基于改进 FAST 的特征匹配方法,去除视频序列的帧间抖动,实现视频序列的电子稳像。提出了尺度空间的 FAST 特征提取方法,结合了优化的 SURF 描述算子,利用相邻帧的特征点进行匹配,消除视频的帧间旋转量,得到帧间的局部运动矢量,然后通过 RANSAC 算法求解出全局运动矢量,最后利用二次线性插值算法逐帧补偿。实验结果表明,稳像后的视频帧间 PSNR 提高 5 dB,提出的稳像算法去除了视频帧间复杂抖动,且快速准确并具有一定的鲁棒性。

**关键词:** FAST ;RANSAC;全局运动估计;电子稳像

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.60

## Electronic image stabilization based on improved FAST feature matching

Nie Ting Hao Xianpeng Fu Tianjiao Zhao Wencai

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract:** In order to overcome image shakes in the video of the camera mounted on the aerial platform, an improved feature estimation was proposed to remove effectively the inter frame jitter of the video sequences and to realize the electronic image stability. An algorithm combining scale-space FAST corner detector and improved SURF descriptor, is proposed in this paper. The video rotation is removed, and the stable feature points of neighbor frames was extracted and the estimation of inter frame motion vectors was implemented. RANSAC was employed to solve the global motion vectors. Quadratic interpolation algorithm is adopted to get the stable video. The experimental result indicates that the PSNR of video sequence has improved about 5 db, which verifies that the proposed stabilized algorithm removes inter-frame jitter under complicated movement, higher accuracy and stronger robustness.

**Keywords:** FAST ; RANSAC; global motion estimation ; electronic image stabilization

## 1 引言

机载摄像机主要安装在无人机或者直升机上,利用在飞行器上转载摄像机,可以针对军事感兴趣区域进行检测,在民用领域,可以进行灾害救援和电力巡查等。风力等外界因素及飞行器自身的晃动都会导致输出的视频序列不稳定,带有抖动,从而导致误判或漏判,故有必要提出切实可行的电子稳像方法。

现有的视频稳像方法分 3 类:基于块匹配方法、基于灰度投影法和基于特征匹配方法。块匹配法<sup>[1]</sup>是最常见的运动矢量估计方法,近几年许多研究者对块匹配方法不断改进,但是块匹配不能解决摄像机存在旋转和变焦的情况;灰度投影法计算速度快,缺点是当图像灰度存在相似性较大时候,很难得到精确的运动矢量<sup>[3]</sup>;基于特征匹配方法是提取物体边缘、角点等进行匹配的稳像方法,该方法关键

就是研究如何选择特征点和匹配策略,来快速地检测帧间的全局运动矢量。

本文针对于飞行器处于旋停状态下进行视频电子稳像,采用基于改进的 FAST ( features from accelerated segment test) 提取特征点,结合优化 SURF (speeded up robust features) 特征描述算子,进行帧间配准求出帧间的局部运动,然后通过随机一致性(RANSAC)算法消除由于前景物体局部运动带来的全局矢量误差,以获得准确的运动估计矢量,最后插值计算未定义区域的像素值,输出稳定的视频序列。实验证明,提出的算法有效且有一定的鲁棒性。

## 2 特征点检测和描述算法

在基于特征匹配的电子稳像技术中,图像匹配是非常关键的,本文采用改进的 FAST 检测算子<sup>[5]</sup>进行特征点检

测,该算子是由 Rosten 和 Drummond 于 2006 年提出的一种简单、快速的角点检测算法,比 SIFT (scale invariant feature transform)、和 SURF 方法都要快很多倍<sup>[4]</sup>,但是针对原 FAST 算子不具备旋转和尺度不变性,本文提出了改进的 FAST 算法并采用优化的 SURF 特征描述算子,增强了算法的适用性。如图 1 所示,为本文电子稳像的流程图。

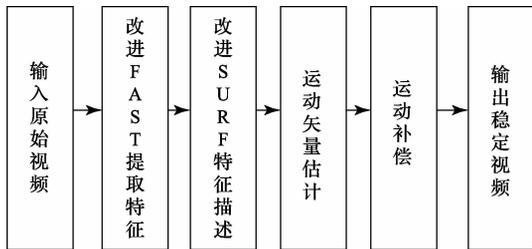


图 1 本文算法流程图

2.1 改进 FSAT 特征点检测

FAST 算法特征检测原理:在像元点圆周邻域 16 个点内,按顺时针方向从 1 到 16 的顺序对圆周像素点进行编号。如果在圆周上有  $N$  个连续的像素的亮度都比圆心像素的亮度加上阈值  $t$  还要亮,或者比圆心像素的亮度减去阈值  $t$  还要暗,则圆心像素被称为角点。通常情况下,阈值  $t$  取 12。

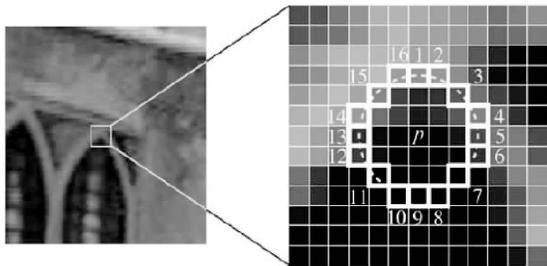


图 2 FAST 特征检测示意图

本文采用高效的测试对算法进行优化<sup>[5]</sup>,排除一些非角点。如图 2 所示,先判断 1、5、9 和 13 这 4 个像元的灰度值是否满足条件,如果满足再进行后续判断,如果不满足,直接剔除该点,这样该算法经过优化后,平均只需检测角点周围 3.8 个点就能判断是否为角点。图 3 给出是 FAST 算子提取到的特征点示意图。



图 3 FAST 算子提取特征点示意图

表 1 特征点提取算子对比

特征点提取算子	特征点个数	所需时间
FAST	500	0.04
SIFT	1475	1.220
SURF	785	0.181

从表 1 中可以看出,SIFT 和 SURF 特征提取算子和 FAST 算子相比,计算量太大,耗时长。单从算法的效率角度考虑,FAST 最具优势;但是 FAST 算子本身不产生多尺度特征,提取到的角点不具备方向,因此原始的 FAST 不具备旋转,为此,本文将 FAST 进行改进,参考 SIFT 算法<sup>[7]</sup>通过图像的降采样,建立尺度空间,类似于 SIFT 在图像每层中进行 FSAT 提取,通过亚像素插值得到精确的位置和尺度,同时采用改进的 SURF 特征描述,使得本文算法可以解决具有旋转和尺度变换的帧间图像匹配。

2.2 改进的 SURF 特征描述算子

SURF 是一种具有鲁棒性的局部特征检测算法,SURF 描述子主要是根据特征点邻域范围内的灰度统计信息,通过计算主方向和特征向量来得到的。具体过程如下:在为特征点分配方向时,为了求取特征点的方向,需要在该梯度坐标系内设计一个以原点为中心,张角为 60°的扇形滑动窗口,如图 4 所示,要以一定的步长旋转这个滑动窗口,并对该滑动窗口内的所有点累计其  $x$  轴坐标和  $y$  轴坐标值,计算累计和的模和幅角。其中的  $x$ 、 $y$  轴的值代表是 Harr 小波响应值,步长通常为 5°。

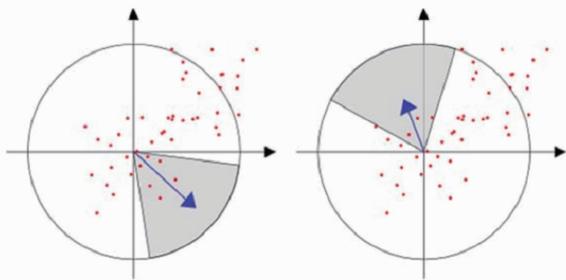


图 4 SURF 算法特征点方向示意图

在原算法中,每一次旋转扫描,都会对 Harr 小波值重复计算,故本文提出一个算法对原始算法进行优化处理,具体步骤如下:

将圆形区域分为 360 等份,计算每一份内累计的  $x$  值和  $y$  值,分别保存到  $Histx(i), Histy(i), 0 \leq i < 360, i$  为整数;计算累计直方图:

$$D_x(i) = \sum_{\theta=0}^i Histx(\theta) = \begin{cases} Histx(0), & i = 0 \\ D_x(i-1) + Histx(i), & 0 < i < 360 \end{cases} \quad (1)$$

依照原始算法,计算每 60°内扇形区域包含的 Harr 小波响应值。

$$\text{sum}X(i) = D_x(i + 60) - D_x(i) \quad (2)$$

式中:  $0 \leq i < 360, 0 \leq i + 60 < 360, i = i + 5$ , 由于上诉约定, 导致计算区域  $i$  的取值范围为 0 到 300, 为了将含 300 到 359 包含在内, 定义  $D_x(i) = D_x(i - 360), 360 \leq i < 420$ 。同理, 可以得到  $\text{sum}Y(i), 0 \leq i < 360$ 。

按照下公式计算各扫描区域的响应值, 将  $s(i)$  最大值所对应的方向作为特征点的主方向。

$$s(i) = \text{sum}X(i) + \text{sum}Y(i), 0 \leq i \leq 72 \quad (3)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{sum}X(\max)}{\text{sum}Y(\max)}\right) \quad (4)$$

### 2.3 匹配算法实验

为了验证本文提取的算法的适用性和高效性, 在 PC 机(Intel Core i7 CPU 3.400 GHz, 32GB 内存)机上做几组实验, 下面给出是实验结果。

实验一: 如图 5 具有旋转关系的两幅遥感图像, 其中左图为  $648 \times 678$ , 右图为  $920 \times 928$ , 图 6 给出两幅图像拼合之后的结果图。表 2 给出是经典匹配算法和本文算法的求得角度精度和所需时间对比。

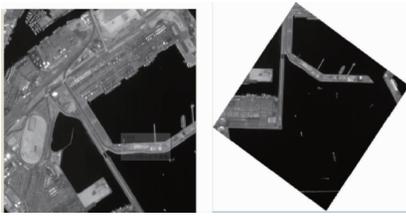


图 5 具有旋转关系原图像

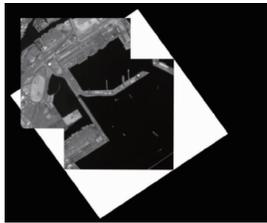


图 6 配准结果图

表 2 各算法对比(实验一)

算法	计算旋转角(°)	算法所需时间/s
本文算法	44.50	0.73
SIFT	44.99	6.424
SURF	45.16	0.89
FAST	不具备	不具备

从表 2 中可以看出, 本文算法从计算结果精度上和经典算法相比, 相差不大, 但是本文算法计算效率相对高。实验二: 原始图像存在缩放的两幅图像, 大小为  $740 \times 740$  和

$1738 \times 1992$ , 将本文算法和 SIFT 和 SURF 及原始 FAST 算法进行对比, 从表 3 可以看到, 从求得平移量来说, 精度相差不大, 但从占用时间角度来说, 本文算法具有一定优势。

表 3 各种算法对比(实验二)

算法	水平平移量 / 像素	垂直平移量 / 像素	算法所需时/s
本文算法	253.544	168.566	0.86
SIFT	254.080	169.106	28.38
SURF	253.888	168.910	4.25
FAST	不具备	不具备	不具备

### 3 运动估计和运动补偿

本文针对的飞行器处于悬停情形下, 进行运动估计和补偿。在该模式下, 摄像机基本保持不动, 但是场景中可能会有运动的物体, 为此本文先通过上文介绍配准的方法, 求出局部运动矢量, 然后采用 RANSAC 的方法剔除运动目标的干扰, 得到全局运动矢量, 最后, 进行运行补偿。本文采用的每相邻两帧的前一帧为参考帧的方式进行补偿。

#### 3.1 RANSAC 算法全局运动估计

RANSAC, 即随机采样一致算法, 它在剔除错误匹配点的同时, 提高了变换矩阵的精度, 算法基本思想<sup>[6]</sup>: 首先, 从原特征点匹配点集中随机抽取几对, 计算得到图像变换矩阵, 在剩余的点集中找符合这个矩阵的其他点, 不断的将这些点添加到“内点”中。利用容限误差将其余匹配点对分为内点和外点, 从而剔除外点, 当内点中的点对数大于设定阈值时, 则判定此矩阵为图像精确的变换矩阵。

图 7 中左面图像是没有经过 RANSAC 算法处理, 直接通过本文算法进行匹配求得的匹配点对连线图, 此时求出的运动矢量是局部运动矢量; 图 7 中右面图像是首先经过本文算法进行粗匹配, 然后通过 RANSAC 算法进行精匹配, 进而剔除前景运动得到的匹配点对连线图, 从图 7 中可以看出, 经过 RANSAC 算法, 去除了由于前景运动目标的干扰, 人的移动都作为干扰剔除, 剩下的都是不动的物体, 这样求得的运动变量就是全局运动矢量。



图 7 RANSAC 算法前后对比

#### 3.2 双线性插值运动补偿

在全局运动估计完后, 本文采用双线性插值算法进行运动补偿, 补偿图像运动矢量造成的抖动, 输出稳定

的视频序列。双线性插值算法原理如图 8 所示:某一像素值可以通过其周围的四个像素值与相应的贡献系数相乘得到。

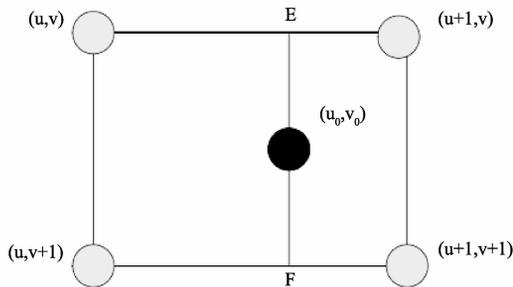


图 8 双线性插值的基本原理

### 4 稳像实验验证

PSNR(peak signal to noise ratio) 作为评价稳定算法标准度的指标,用来衡量两幅图像重合的情况,PSNR 值越大,图像稳定效果越好<sup>[9-10]</sup>。其计算公式如下:

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left( \frac{(2^n - 1)^2}{MSE} \right) \quad (5)$$

$$MSE(s1, s0) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (s1(i, j) - s0(i, j))^2 \quad (6)$$

MSE 为相邻帧之间像素值的均方误差, M 和 N 分别为图像的长和宽, s1(i, j) 和 s0(i, j) 分别表示处理后当前帧的图像和参考帧图像的像素灰度值。由于图像灰度范围为 0 ~ 255, 故本文中 n 为 8。

下图 9 给出是实验所用的视频前 250 帧为例, 稳像前后 PSNR 对比值, 图 9 中纵坐标代表 PSNR 值, 横坐标表示是帧数, 从图中可以看出, 稳像后的 PSNR 值远大于稳像前的, 说明稳像后, 帧间的差别很小, 稳像效果较好。

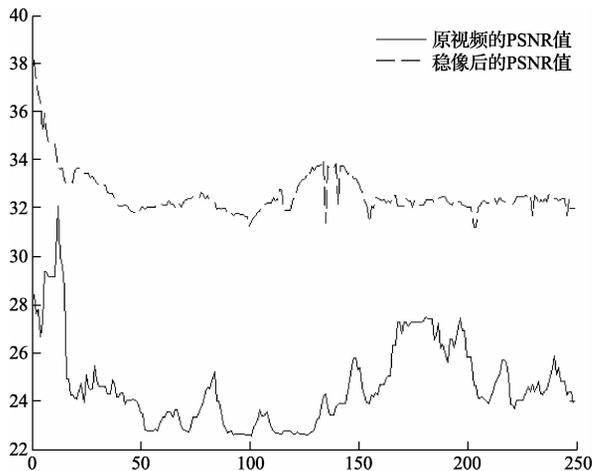


图 9 稳像前后 PSNR 对比

### 5 结 论

本文采用改进的 FAST 特征匹配方法, 通过 RANSAC 算法剔除误匹配对, 对复杂情形下抖动视频进行全局运动矢量估计和补偿, 实现了电子稳像过程。实验表明, 本文的算法有效的改善视频质量, 具有较强的鲁棒性。

### 参考文献

- [1] TIAN S Q, ZHAO P, WANG N H, et al. Aims at moving objects' improvement based on gray projection of algorithm of the electronic image stabilization[C]// Proceedings of 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing, 2010: 2483-2487.
- [2] 李迪. 微型飞行器电子稳像技术研究[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 2012.
- [3] 罗自才. 快速特征匹配的电子稳像算法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
- [4] WANG ZH M, XU X G. A survey on electronic image stabilization[J]. Journal of Image and Graphics, 2010, 15(3): 470-480.
- [5] 李慧, 蔺启忠, 刘庆杰. 基于 FSAT 和 SURF 的遥感图像自动配准方法[J]. 国土资源遥感, 2012, 2(93): 28-33.
- [6] 周美丽, 白宗文, 延小进. 基于相位相关法的图像拼接系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(5): 31-33.
- [7] 傅卫平, 秦川, 刘佳, 等. 基于 SIFT 算法的图像目标匹配与定位[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(1): 163-169.
- [8] 许佳佳, 张叶, 张赫. 基于改进 Harris-SIFT 算子的快速图像配准算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 1(29): 48-54.
- [9] 蒋建国, 牛杰杰, 齐美彬. 基于 SURF 和轨迹滤波的旋转视频稳像算法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 3(35): 550-557.
- [10] 李刚, 程志峰. 基于 FPGA 的实时电子稳像[J]. 仪器仪表学报, 2013, 12(34): 8-13.

### 作者简介

聂婷, 1989 年出生, 硕士研究生, 研究实习员, 主要研究方向为遥感图像处理。

E-mail: nieting106@yeah.net

郝贤鹏, 1979 年出生, 工学博士, 副研究员, 主要从事光电成像与图像处理技术、精密光学仪器等方面的研究。

付天骄, 1986 年出生, 博士, 助理研究员, 主要从事空间光学遥感器研制与数字图像处理方面的研究。

赵文才, 1963 年出生, 研究员, 主要研究领域为光学系统设计、加工和检验

路小明, 工学博士, 教授, 主要研究方向为仪器与测试技术、道路交通图像处理与识别、视频交通信息检测技术等。