

〔输电线路〕

# 输电线路直升机/无人机机载摄像机巡检视频电子稳像方法研究

文/天津航天中为数据系统科技有限公司 天津市智能遥感信息处理技术企业重点实验室 徐瑞

机载摄像机拍摄巡检视频存在一定的拍摄模式，不同拍摄模式对应不同的摄像机抖动模式，包括沿航线抖动、悬停抖动和模式切换抖动。提出一种基于机载摄像机抖动模式分析的电子稳像方法，结合直升机/无人机运动状态和机载摄像机的不同抖动模式提出相应稳像策略。

在直升机/无人机输电线路巡检过程中，机载摄像机容易因飞机的随机振动和抖动而造成采集视频的模糊和失真，进而影响后续的缺陷及隐患的判定识别等重要应用，因此，采用电子稳像方法对巡检视频进行稳像非常必要和关键。

电子稳像通过运动估计参数进行运动补偿而实现，运动补偿的研究通常侧重于利用改进的Kalman滤波法、均值法等方法，将抖动量简化为标量，通过平滑运动参数而获取电子稳像的运动补偿参数。实际上，视频抖动为运动矢量，具有大小和方向，从文献可以得出，目前的研究大多集中于对抖动矢量大小的处理，而缺少对于抖动矢量方向以及直升机/无人机拍摄模式的研究。针对在巡检过程中机载摄像机存在的拍摄模式和抖动模式，本文提出了一种基于机载摄像机抖动模式分析的巡检视频稳像方法，通过对视频抖动原因进行分析，根据抖动的大小和方向定义抖动模式，提出了基于摄像机抖动模式分析的视频稳像方法。

## 基于摄像机抖动模式分析的机载视频稳像方法

### 1. 技术路线

基于摄像机抖动模式分析的机载视频稳像方法流程如图1所示，具体的实现步骤如下：首先输入原始机载视频，进行直升机/无人机运动初始化；然后通过不断输入连续视频帧的运动估计参数，对机载摄像机拍摄模式进行识别，并进行抖动模式判断，若判断为抖动则进行运动补偿；最后对连续帧进行不断循环，直到得到稳定的机载视频为止。

#### (1) 直升机/无人机运动初始化

为防止初始化的单一性，利用机载视频的初始连续若干帧的运动矢量对直升机/无人机的运动状态进行初始判定，若方向一致的运动矢量帧数达到一定阈值，则以运动矢量一致性方向为直升机/无人机运动初始方向。

#### (2) 运动参数估计

在进行直升机/无人机运动初始化后，在电子

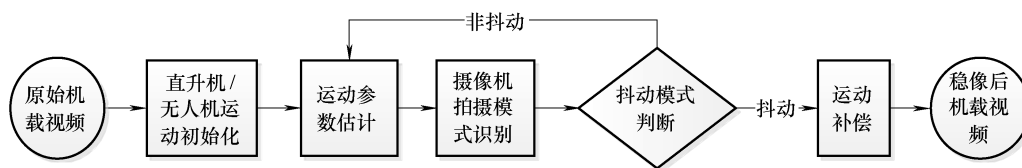


图1 基于机载摄像机抖动模式分析的巡检视频稳像实现流程

稳像过程中持续输入视频的帧间运动估计参数，进而进行机载摄像机拍摄模式识别。

### (3) 机载摄像机拍摄模式识别

利用直升机/无人机运动方向和输入的运动估计参数，对机载摄像机拍摄模式进行识别。如图2所示，若直升机/无人机运动方向与运动矢量的方向一致性持续达一定阈值（如10帧），则判定当前拍摄模式为沿航线拍摄；若直升机/无人机运动方向与运动矢量的方向持续达一定阈值仍无一致性，则判定当前拍摄模式为悬停拍摄（如5帧）；若直升机/无人机运动方向与运动矢量的方向相反持续达一定阈值（如10帧），则判定为模式切换拍摄。

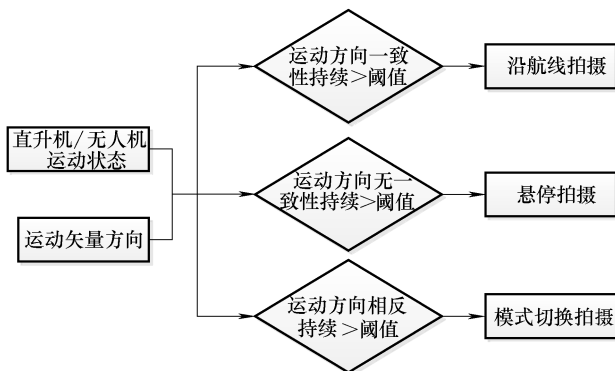


图2 机载摄像机拍摄模式识别

### (4) 摄像机抖动模式判断

针对每两帧之间的运动矢量，如果当前拍摄状态为悬停拍摄，对当前运动矢量大小进行判定，若大于一定阈值（如0.5像素）则判定为悬停抖动，需要进行运动补偿处理，否则判定为非抖动，无须处理。若当前拍摄状态为沿航线拍摄，当前运动矢量与飞机运动方向不一致，则判定为沿航线抖动，需要进行运动补偿处理；若当前运动量与飞机运动方向一致，则判定为非抖动，无须处理。

### (5) 运动补偿

若判定为悬停抖动，则以当前帧间运动矢量为

补偿参数，并以当前帧为参考帧进行运动补偿；若判定为沿航线抖动，采用高斯滤波对得到的运动矢量进行平滑，式（1）中， $v_i$ 为视频第 $i-1$ 帧与第 $i$ 帧的帧间运动矢量

$$v_i = \frac{\sum_{j=i-k}^{i+k} v_j \cdot G(j)}{\sum_{j=i-k}^{i+k} G(j)} \quad (1)$$

$$G(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp(-k^2/2\sigma^2), \sigma = \sqrt{k} \quad (2)$$

利用滤波平滑处理后的运动矢量对第 $i$ 帧进行仿射变换，得到稳像后的视频。

## 试验分析

采用无人机拍摄的真实视频进行实验验证。实验视频为无人机机载摄像机沿某电力线进行巡检所拍摄的视频。

实验视频的两帧原始视频（左）和稳像处理后的视频帧（右）对比情况如图3所示。



图3 实验视频的两帧原视频帧（左）和稳像处理后的视频帧（右）

将本文提出的方法与 Kalman 滤波和均值滤波的稳像方法进行对比。视频前 135 帧中，无人机的飞行姿态包括沿航线飞行和悬停两种模式，如图 4 所示，橙色线为估计出的帧间  $x$  方向运动矢量曲线，通过初始 30 帧的拍摄模式初始化，判断出初始拍摄模式为无人机沿航线进行  $x$  正向飞行，可得出第 31~84 帧为无人机沿航线进行正向飞行的抖动，本文方法运动补偿后得到补偿后的运动曲线（绿色）显示，运动补偿后运动矢量都为正方向，而 Kalman 滤波（蓝色）和均值滤波（红色）由于不具有方向性，虽然对运动矢量进行了平滑，但没有对运动矢量的方向进行补偿。第 85~135 帧判断为无人机悬停拍摄的悬停抖动，Kalman 滤波（蓝色）和均值滤波（红色）没有考虑到静态稳定性，在补偿后视频仍然存在偏差，没有完全去除视频中的抖动，而本文运动补偿算法以第 85 帧为参考帧进行补偿，使补偿后的视频具有较好的稳定性。如图 4 所示。

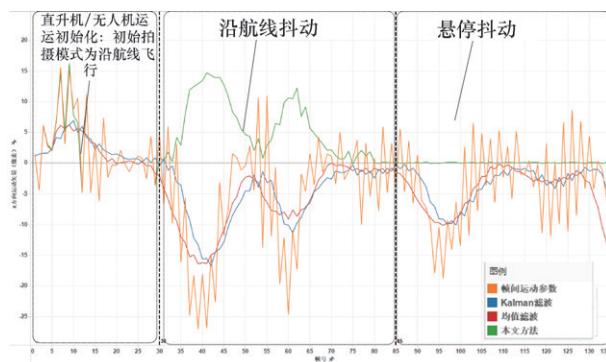


图 4 无人机视频稳像处理后  $x$  方向运动矢量曲线

### 结束语

基于摄像机抖动模式分析的视频稳像方法，采用直升机/无人机运动、摄像机拍摄模式识别结合帧间运动方向识别的方法，对抖动模式进行了智能判定，同时，通过摄像机拍摄模式和抖动模式判定辅助确定运动补偿参数，进而提高了输电线路机载巡检视频电子稳像的准确性。EA

（收稿日期：2021.02.08）

## 中南建筑设计院-达索系统赋能创新中心正式挂牌

近日，达索系统与中南建筑设计院共同创建的“中南建筑设计院-达索系统赋能创新中心”（以下简称“创新中心”）在武汉市正式挂牌，双方高层与省领导共同出席并见证了挂牌仪式。此次携手是双方进一步深化合作的里程碑，中南建筑设计院与达索系统将融合各自优势，共同构建下一代建筑行业虚拟孪生的本地化解决方案，推动自身与行业市场的数字化转型。



此次成立“中南建筑设计院-达索系统赋能创新中心”，一方面，达索系统将赋能中南建筑设计院工作人员全面利用 3DEXPERIENCE 平台进行技术创新和研发，以创造业务价值为导向组建一支先锋团队，成为中南建筑设计院数字化转型的生力军；另一方面，由中南建筑设计院投资研发团队、达索系统提供技术支持，双方将基于 3DEXPERIENCE 平台持续构建面向建筑行业的新知识型应用，力争数字化转型、行业创新和解决方案本地化三线并行，为建筑市场提供优质的项目服务，从而助力整个建筑行业的数字化转型。

达索系统大中华区总裁张鹰表示：“中南建筑设计院-达索系统赋能创新中心的成立，是两个业内领军企业强强联合的成果，更意味着双方在城市建筑与地域开发细分领域的进一步携手深耕。我们期待创新中心能够赋能中南建筑设计院的数字化转型进程，并推出更多建筑领域的本地化应用，为整个行业的数字化转型提供新的范式。”（来源：达索系统）