

面向飞行数据细粒度无人机异常检测的动态趋势感知

殷圆圆，殷永峰，韦岳岑，宿庆冉，李家辉
北京航空航天大学软件学院，中国北京市，100191

摘要：随着无人机（UAV）的广泛应用，确保其安全性和可靠性变得日益重要。数据驱动异常检测方法在UAV健康监测领域表现出色。既有研究虽能从高维飞行数据中提取时空特征，却往往侧重于复杂的多维相关性，忽视了单维数据的内在特性，导致对单变量内在信息的监管不足。因此，单个飞行变量中的细微偏差可能会被主导性的多维特征所掩盖，从而限制模型区分细粒度异常与正常飞行状态的能力。针对这一问题，本文提出一种用于细粒度UAV异常检测的新型动态趋势感知框架——F-UAD。F-UAD旨在协同实现单变量特征保留、多维耦合特征提取与动态趋势感知，从而能够检测UAV飞行数据中的细微偏差并识别细粒度异常。在训练阶段，动态趋势感知模块包含（1）多尺度时空特征重构，以平衡独立的单变量特征保留与全面的多维耦合特征提取以及（2）基于分解飞行趋势的动态趋势预测，以增强对复杂时间演变过程的感知能力。在测试阶段，该框架结合重构一致性与动态趋势一致性来计算异常分数，进而提升正常与异常飞行状态之间的区分度。实验结果表明，在AirLab故障与异常（ALFA）真实飞行数据集的6个子集上，F-UAD框架优于当前最先进的方法，有效提升了UAV的可靠性。

关键词：异常检测；多变量时间序列；无监督异常检测；无人机（UAV）；飞行数据

<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2026.0060>