
复旦大学孙刚教授团队——基于可学习核与条件生成对抗网络的民航VHF通信实时异常检测方法 MDPI Aerospace

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39757.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

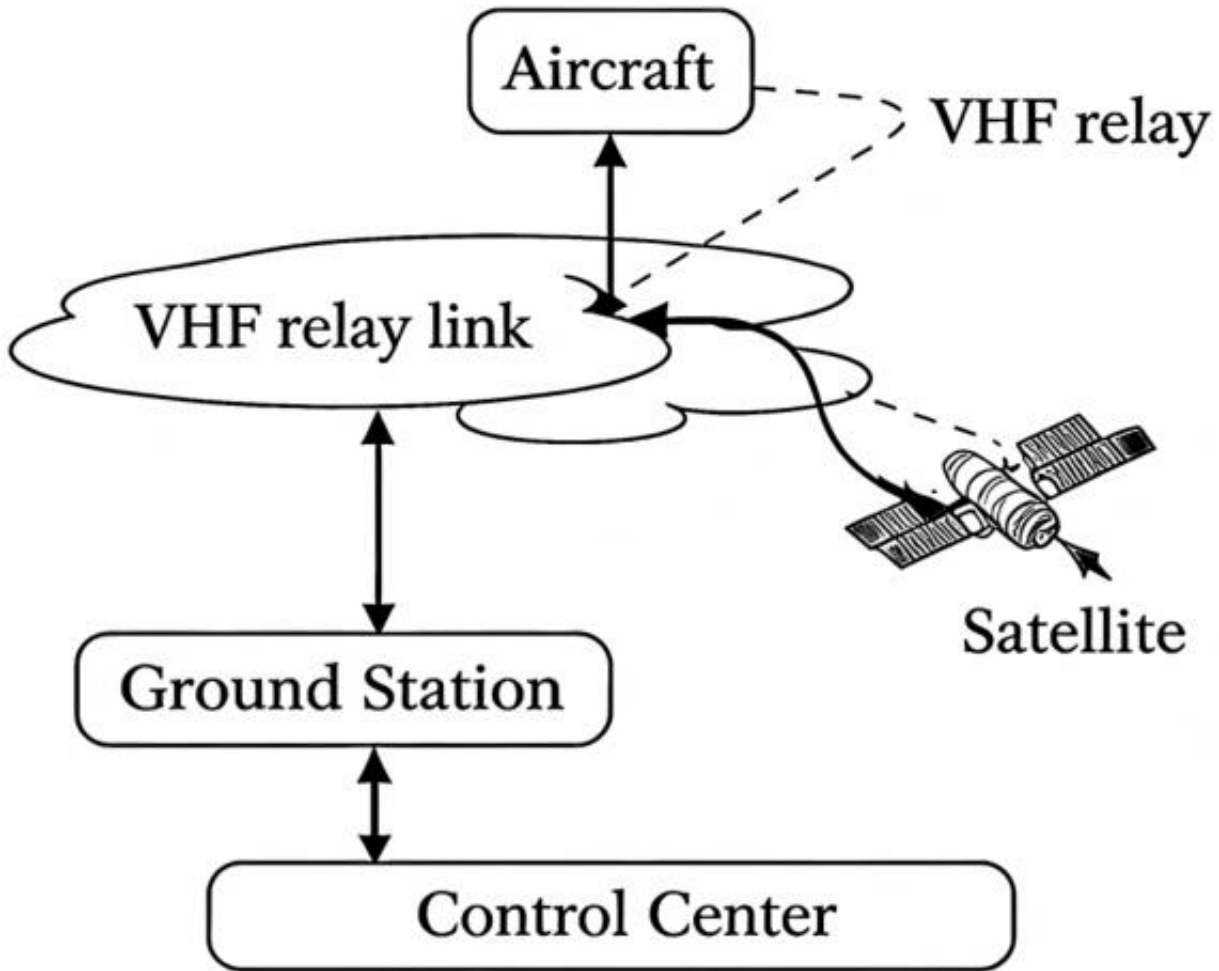
复旦大学孙刚教授团队——基于可学习核与条件生成对抗网络的民航VHF通信实时异常检测方法 MDPI Aerospace。论文标题：Real-Time Anomaly Detection for Civil Aviation VHF Communications Using Learnable Kernels and Conditional GANs

论文链接：<https://www.mdpi.com/2226-4310/13/3/270>

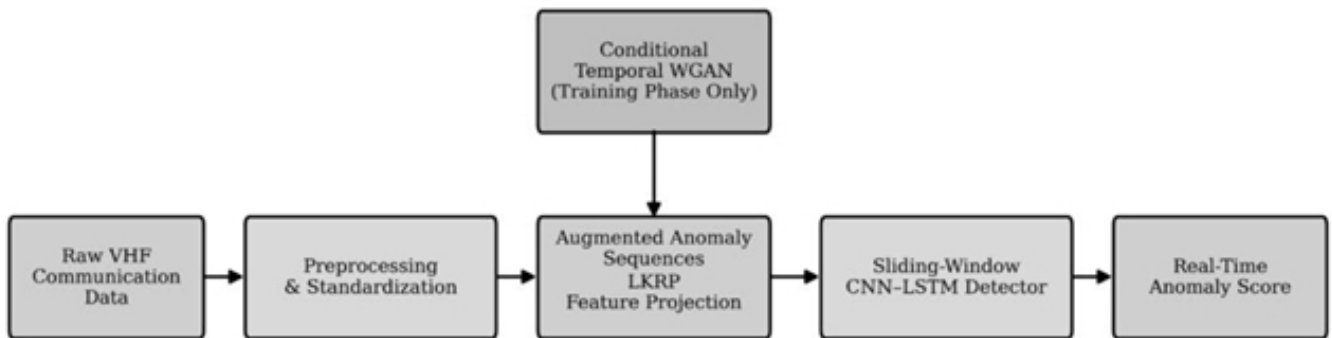
期刊名：Aerospace

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/aerospace>

民航甚高频（VHF）通信是飞行员与空管之间语音和数据交互的核心链路，直接关系到飞行安全与运行效率。受气象变化、电磁干扰、设备老化等因素影响，VHF链路经常出现信号衰减、误码率上升、传输时延波动等弱异常与渐进式退化。来自复旦大学孙刚教授团队的翟君怡博士生、黄宇峰博士及其团队在Aerospace期刊发表了文章，针对VHF异常隐蔽、间歇性强，存在严重类别不平衡等难点，该文章介绍了民航飞机VHF通信实时异常端到端智能检测方法，该项研究为实现民航飞机高精度、智能VHF异常检测提供了理论依据和技术支撑。



民航 VHF 通信系统简化架构

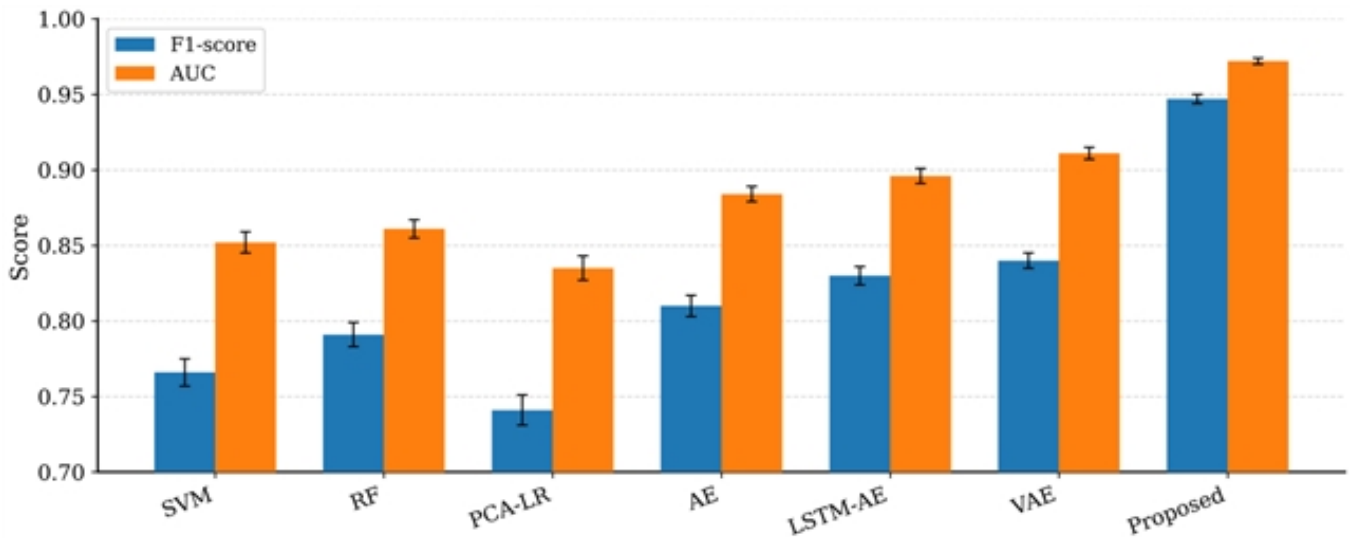


基于LKRP CT WGAN CNN LSTM的民航飞机VHF通信异常检测框架

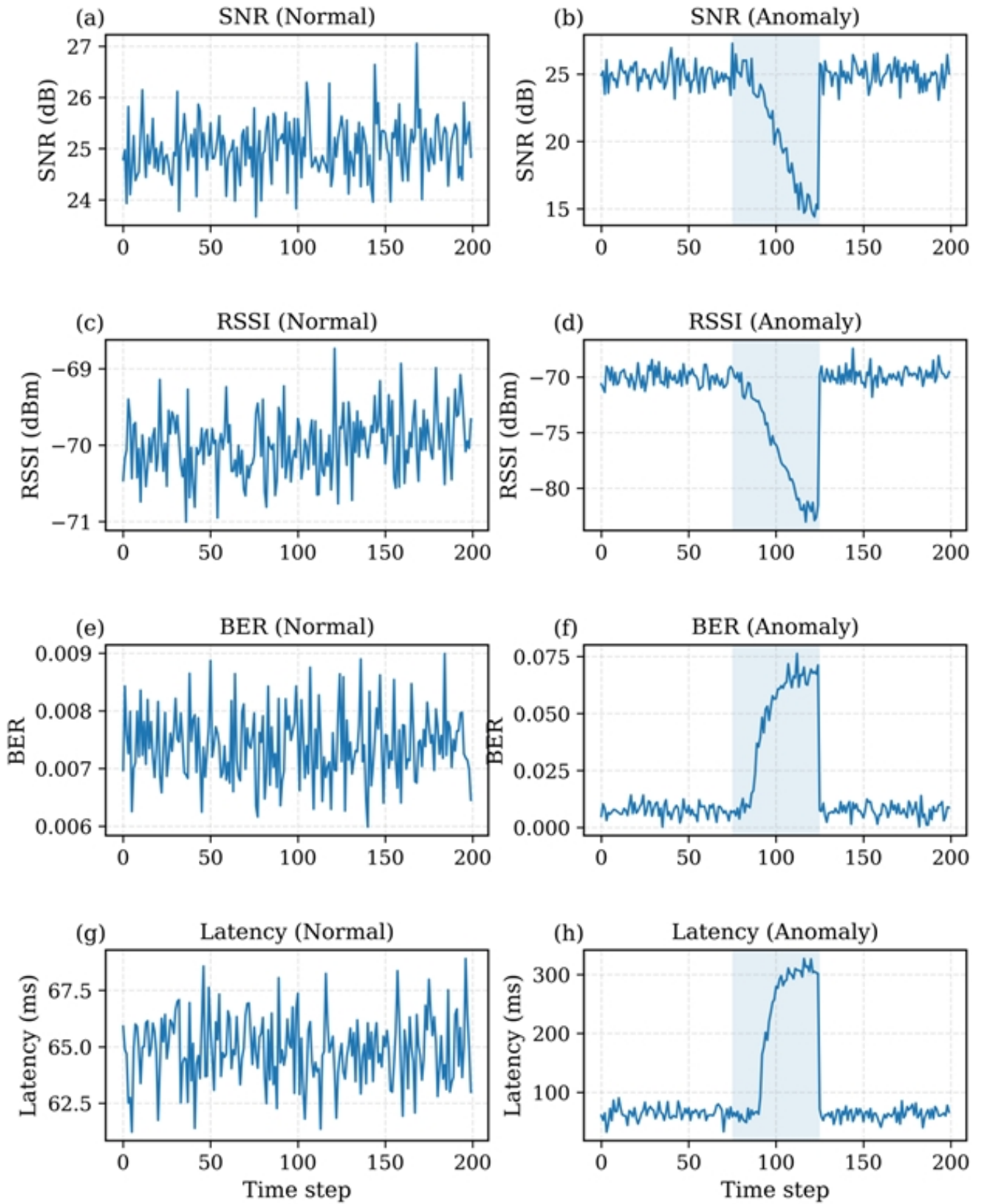
研究过程与结果

作者基于民航实际运行数据与地面监测数据，构建了包含约120万帧通信记录的VHF数据集，并通过信道退化仿真补充典型异常场景，对所提出的LKRP-CT-WGAN-CNN-LSTM模型进行了系统评估。首先，对原始通信特征（包括信噪比SNR、接收信号强度RSSI、误码率BER、分组错误率PER、重传次数及传输时延等）进行标准化处理，并采用滑动窗口方式构建时序样本，以刻

画通信状态的时间演化特性。在此基础上，利用可学习核投影（LGRP）对原始特征进行非线性映射，并结合冗余约束实现特征压缩与表达优化；随后引入条件时序生成对抗网络（CT-WGAN），在通信状态条件约束下生成异常序列，用于补充少数类样本；最后，通过CNN-LSTM结构对时序特征进行建模，实现对通信异常的检测。实验结果表明，在非平稳信道条件及高度类别不平衡（异常占比低于1%）的情况下，该方法能够保持较好的检测性能，F1-score为0.947，ROC-AUC为0.972。与未采用数据增强的模型相比，引入CT-WGAN后，对少数类异常的识别能力有所提升，F1指标提高约5个百分点。在计算效率方面，模型平均推理延迟约为34.7 ms，能够满足实时监测需求。此外，在未见异常类型的测试场景下，模型仍维持较为稳定的检测水平（F1-score约0.92），表明其在一定程度上具备泛化能力。



不同方法在异常检测任务中的性能对比



正常与异常情况下VHF通信关键指标的时序变化

研究总结

本文针对民航VHF通信中异常特征不显著、样本分布高度不平衡以及信道条件非平稳等问题，提出了一种融合可学习核映射与条件生成对抗网络的异常检测方法。通过构建LKRP-CT-WGAN-CNN-LSTM框架，实现了特征表示学习、异常样本增强与时序建模的联合建模。实验结果表明，在大规模实际运行数据条件下，该方法在检测精度与稳定性方面均表现出一定优势，能够较为有效地识别通信退化相关异常，并在未见异常场景下保持相对稳定的检测水平。同时，模型在计算开销方面具备一定可控性，能够满足实时监测的基本需求。该研究从数据驱动与模型融合的角度，对民航通信异常检测问题进行了有益探索，为复杂通信环境下的状态监测提供了一种可行的技术思路。后续工作可结合在线学习与自适应机制，对模型在实际运行环境中的适应性与稳定性进行进一步研究。

Aerospace期刊介绍

主编：Konstantinos Kontis, University of Glasgow, Scotland, UK

Aerospace期刊致力于发表航空航天科学、工程和技术相关的创新研究，涵盖飞行器设计、推进系统、飞行控制、先进材料、空间科学、航空电子、无人机系统（UAS）、城市空中交通（UAM）、可持续航空、航空安全以及前沿技术等。鼓励跨学科研究，推动航空航天科技发展，欢迎实验、仿真与理论研究的原创成果及综述。

来源：Aerospace

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发