

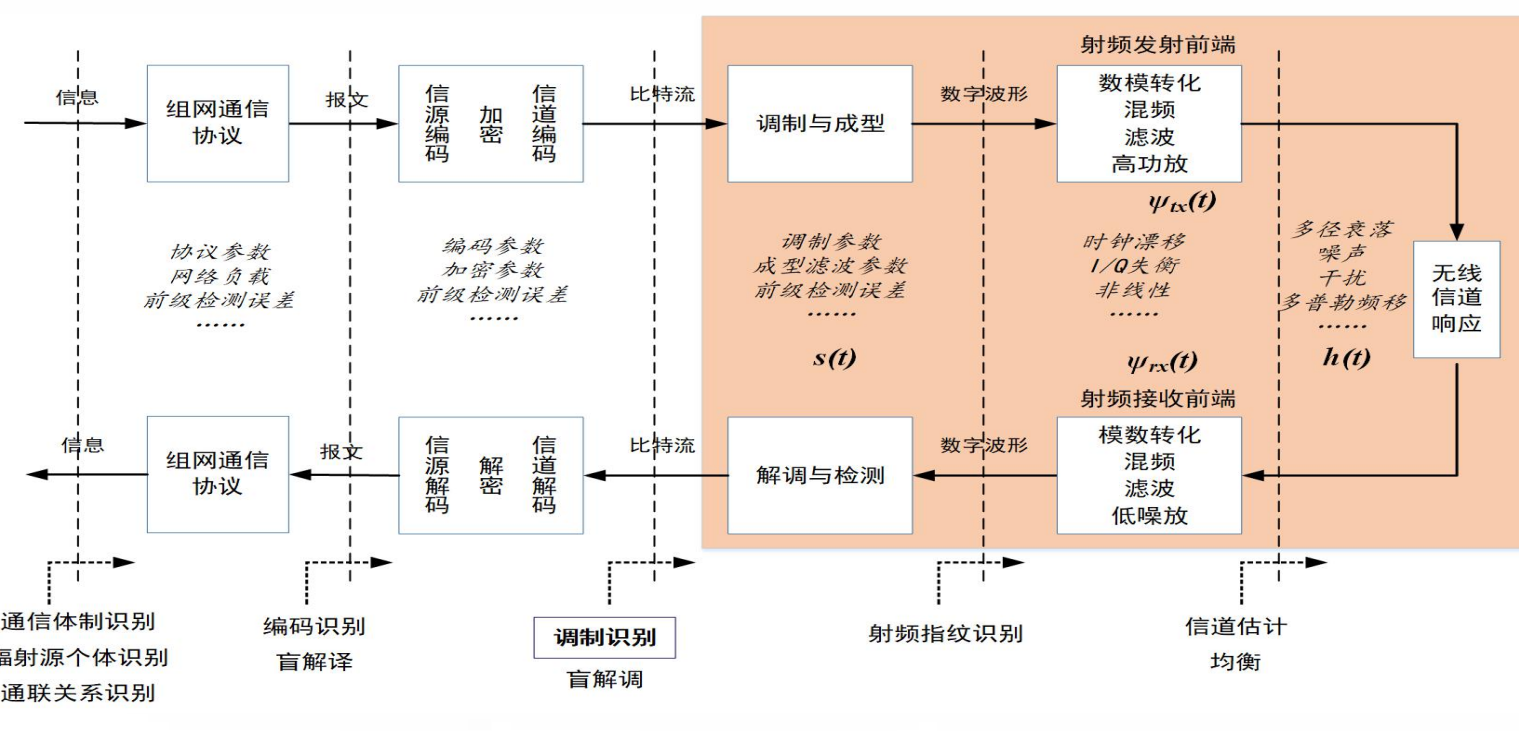
面向射频深度学习的无线信号数据增强技术

周鑫, 肖祎晨, 恽星彤

联系方式: 周鑫 13269206656 zhouxin@iscas.ac.cn

1. 技术背景

近几年, 射频深度学习在很多传统通信领域展现出令人期待的潜力, 如调制识别、通信体制识别、射频指纹识别等。



射频深度学习的研究视角与影响因素

但是, 深度学习的成功离不开“三算”条件, 即算法(软件)、算力(硬件)、算据(数据)。其中, 优良的数据最为重要, 其充足性、完备性和准确性直接决定了深度学习模型的实用范围和性能表现。在计算机视觉领域, 拥有2万余种类型、1400多万样本的大型数据集ImageNet, 为该领域的发展奠定了坚实的基础; 而在无线电领域, 缺乏充足完备的数据集以及高质量数据集的构建方法, 已成为限制其进一步发展的重要因素。

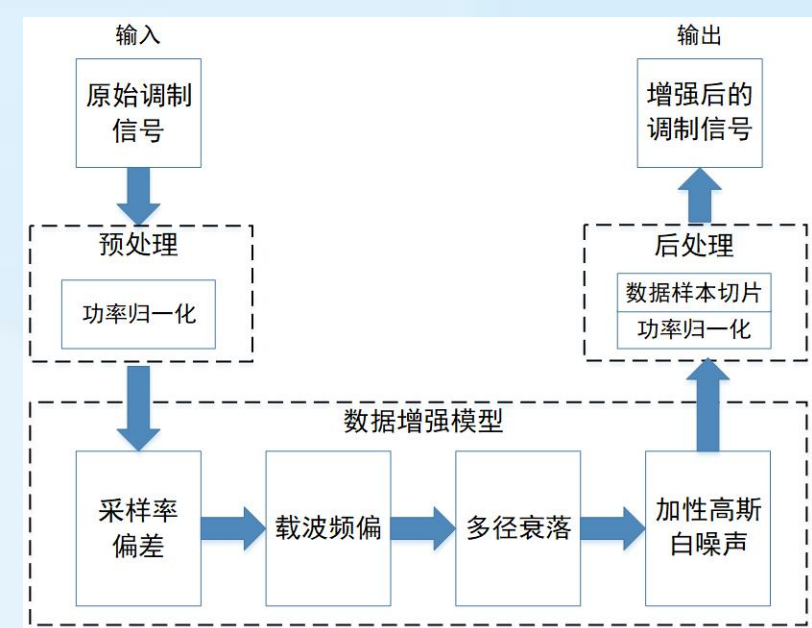
不幸的是, 现有的绝大多数文献都专注于识别算法, 鲜有以数据集构建为主题的研究。本技术跳出常规研究视角, 专注于更加基础的数据集构建方法研究, 基于无线信号的传输过程及其影响因素, 提出一种无线信号数据增强模型, 通过对仿真或实采信号的数据增强扩展, 以较小成本提高无线信号数据集的完备性和充足性, 进而提高预训练模型的实用性。

2. 研究内容与创新

本技术以调制识别任务作为切入点, 提出了一种无线信号数据增强模型, 并基于此模型及其工具软件RadioBank, 构造了200余个不同信道条件下的调制信号数据集, 通过大量对比试验, 深入研究了多径衰落信道对调制识别神经网络的影响, 以及在该信道条件下的数据集构建方法。本研究对于数据样本较少的任务领域具有重要应用价值。



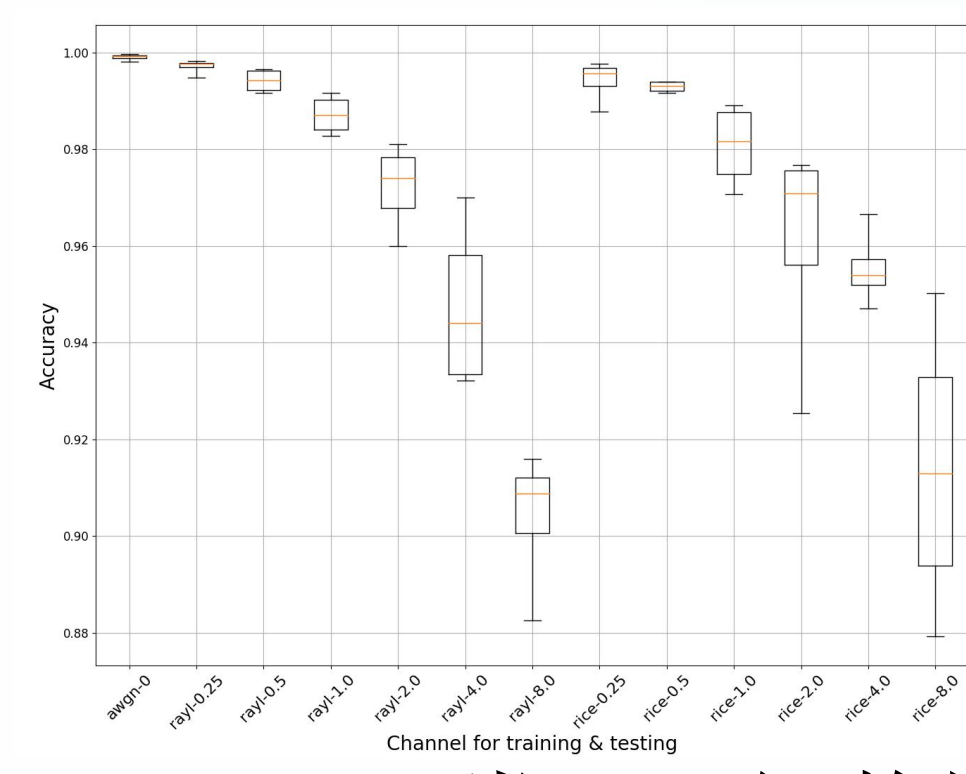
RadioBank数据集构建软件



无线数据增强模型

3. 试验与结论

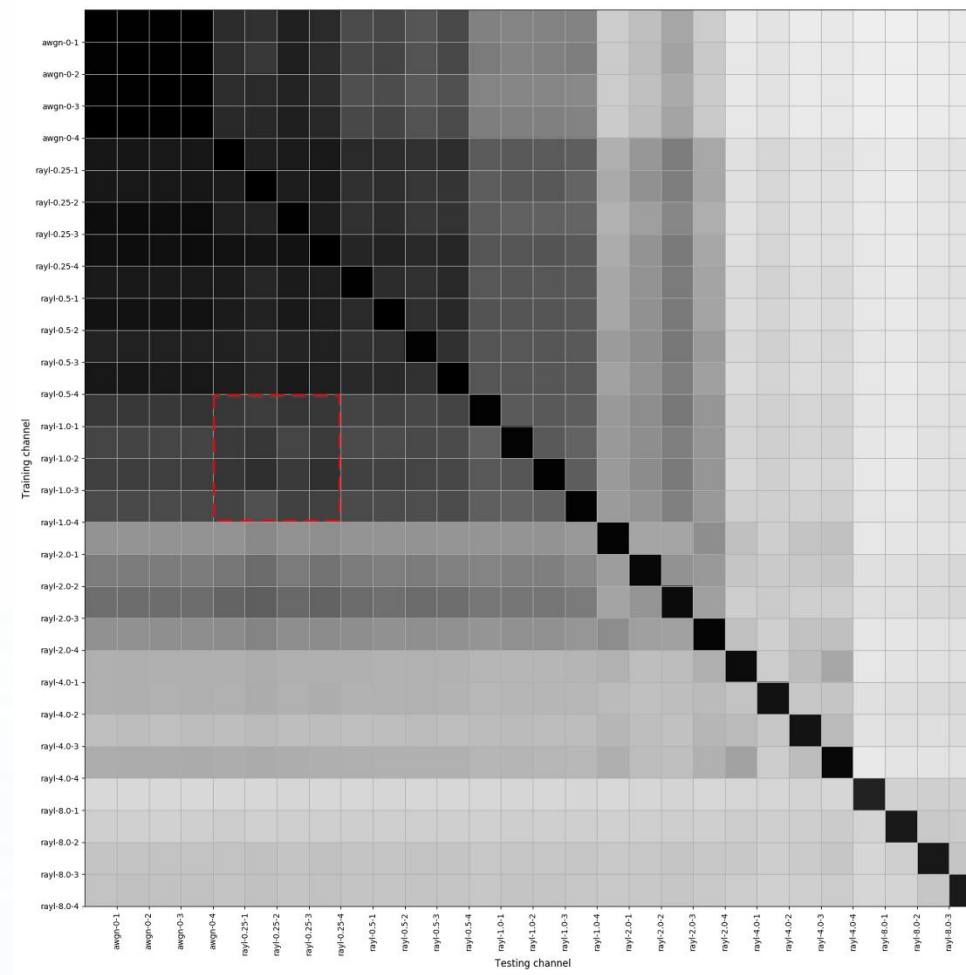
(1) 同质数据集验证



(13类、52组数据集测试结果)

结论: 信道衰落越严重, 识别准确率越低, 但总体来看, 在同质数据集中都可以取得不错的效果, 识别准确率的中位数一般可达到90%以上

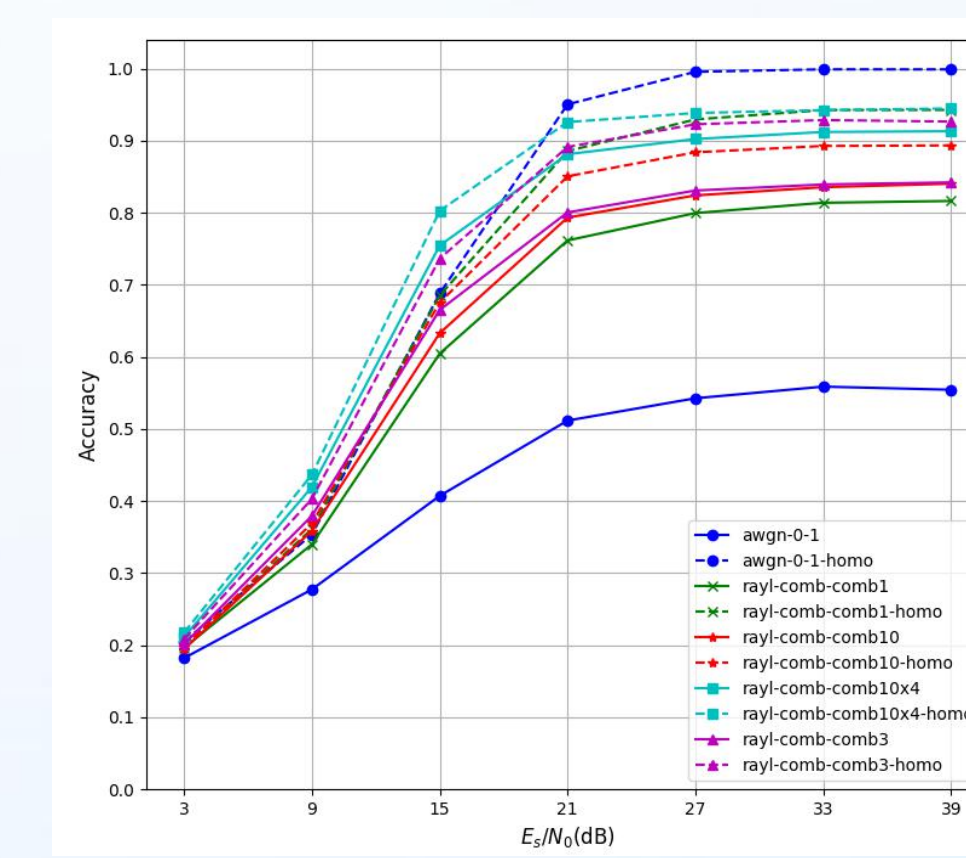
(2) 异质数据集交叉验证



(28组数据集下的交叉验证性能矩阵)

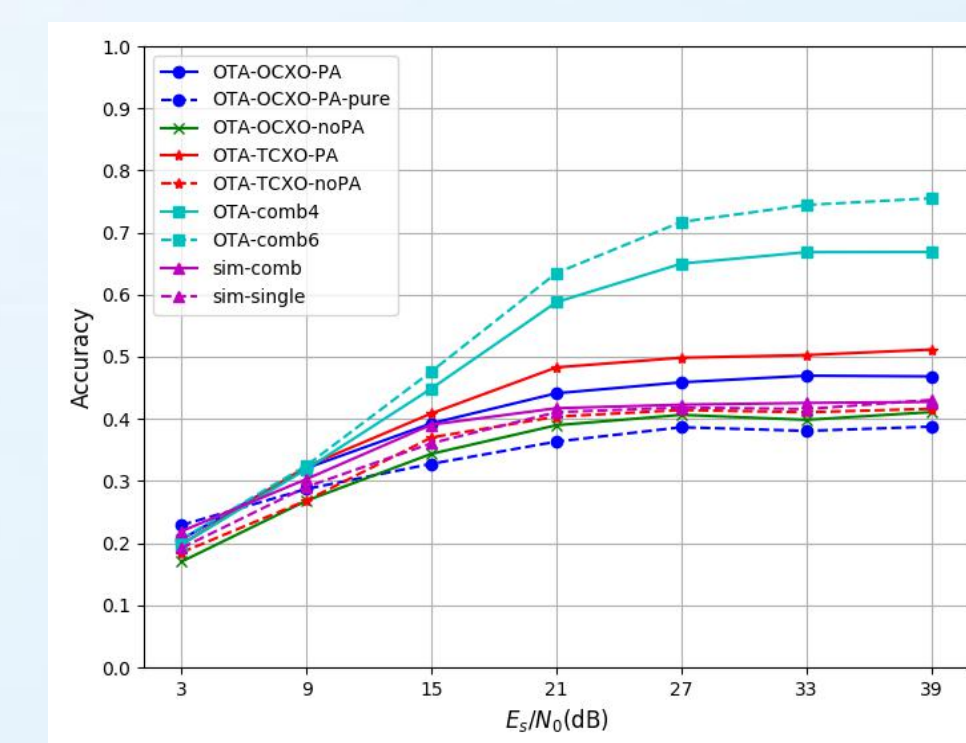
结论: 对角线的颜色明显深于周围元素, 表示同质数据集下的验证性能明显优于异质数据集, 即单一信道条件下的预训练模型存在严重的信道过拟合问题, 模型的信道泛化能力较差

(3) 混合数据集验证

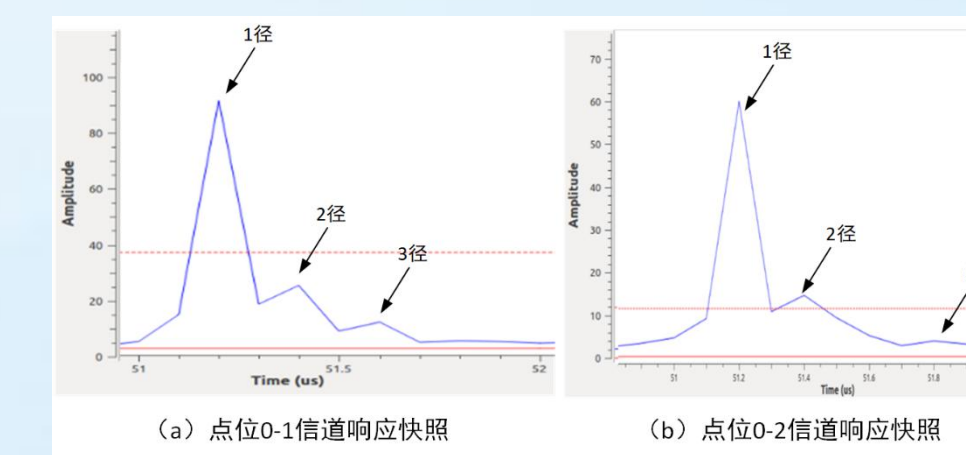


结论: 提高训练数据完备性, 使数据样本体现出更多客观因素的影响效果, 是解决过拟合问题的有效途径。当信道条件比较复杂时, 适当增加数据集规模, 可以显著提高同质和异质数据集中的性能峰值。

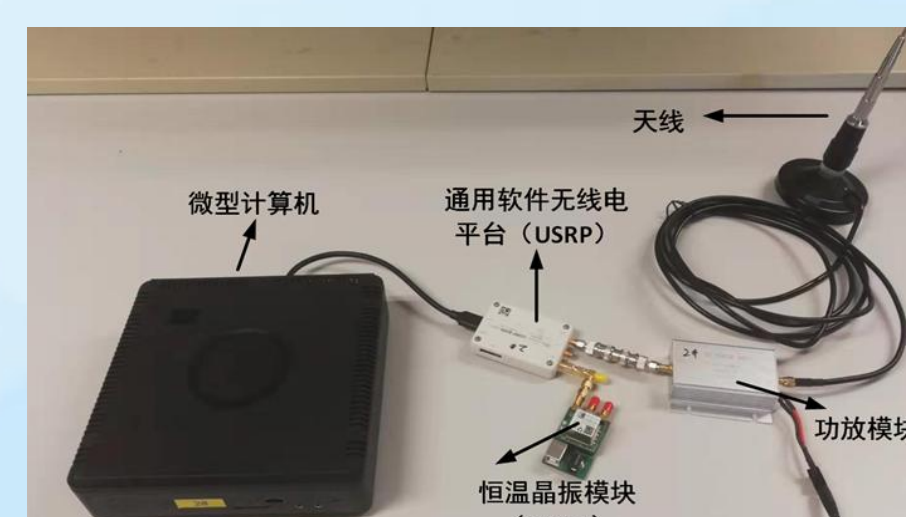
(4) 实采数据集验证



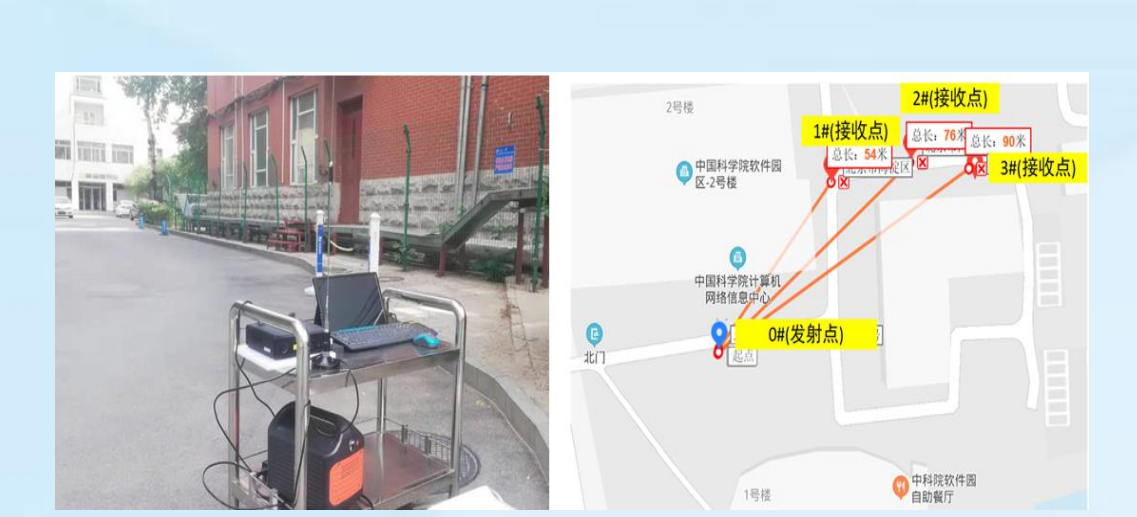
结论: 仿真增强和单一实采增强数据集的预训练模型性能都不理想, 即使硬件配置完全匹配, 最高识别准确率也刚刚达到50%。症结在于收发机硬件参数的差异与时变性导致的硬件过拟合。解决办法与信道过拟合一样, 也从提高数据完备性、多样性上着手, 通过多机、多次实采数据间的融合, 识别准确率可提高30%左右。



实测信道响应快照



高速频谱采集与发射系统



实采试验现场