

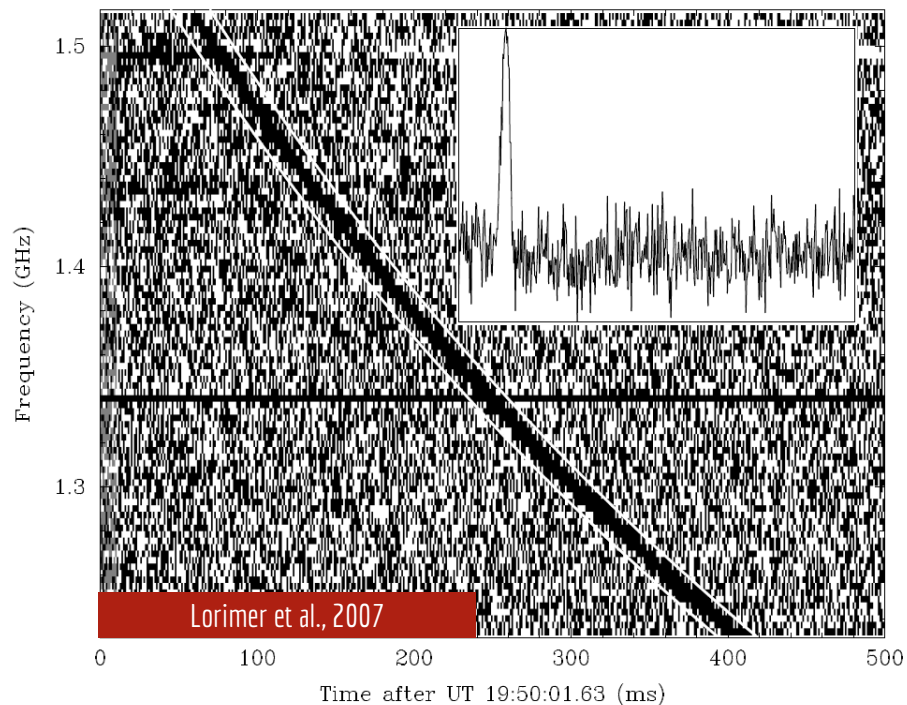
DRAFTS / FRB 搜索

Deep learning-based RAdio Fast Transient Search pipeline

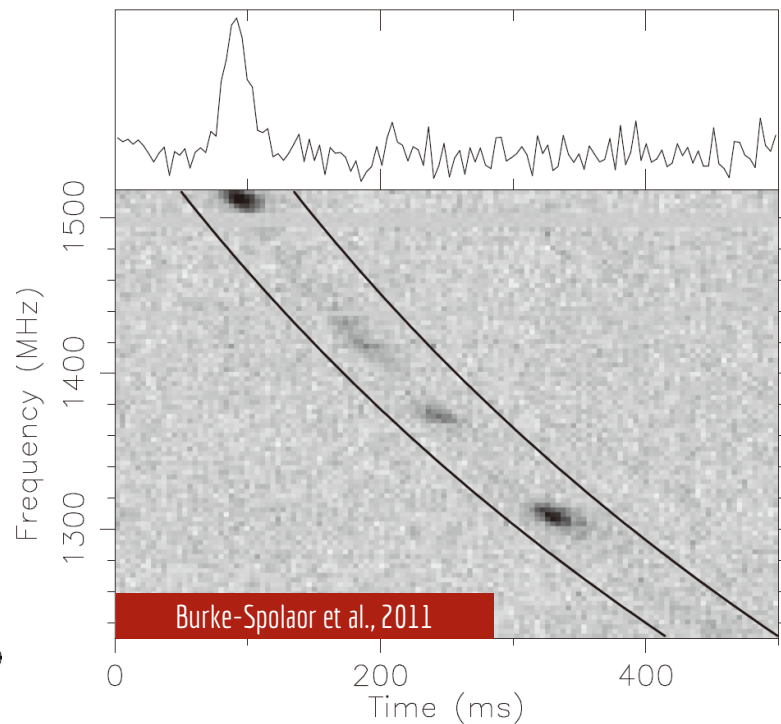
张永坤 / 2025-06-05

快速射电暴 Fast Radio Burst

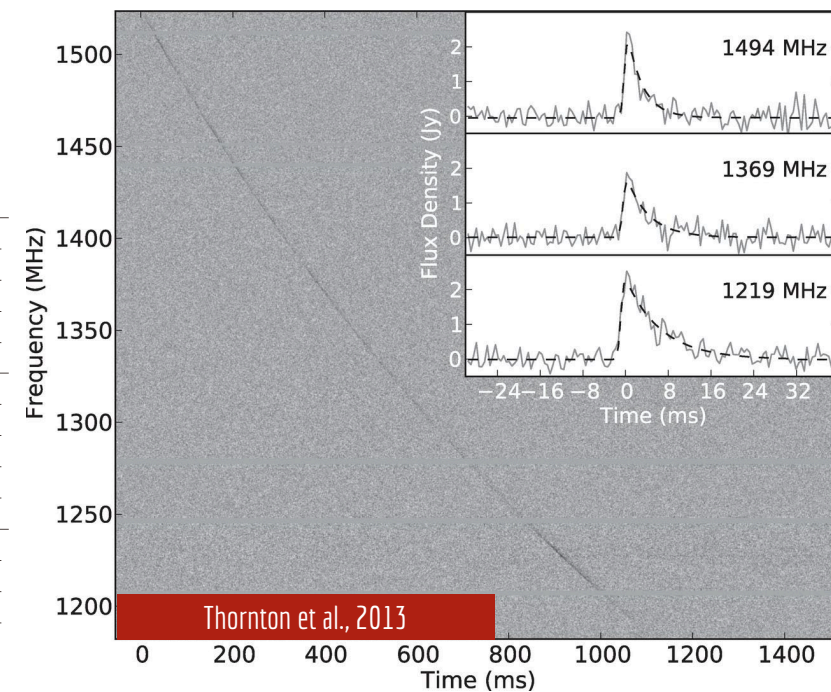
第一个 FRB



假 FRB / Perytons



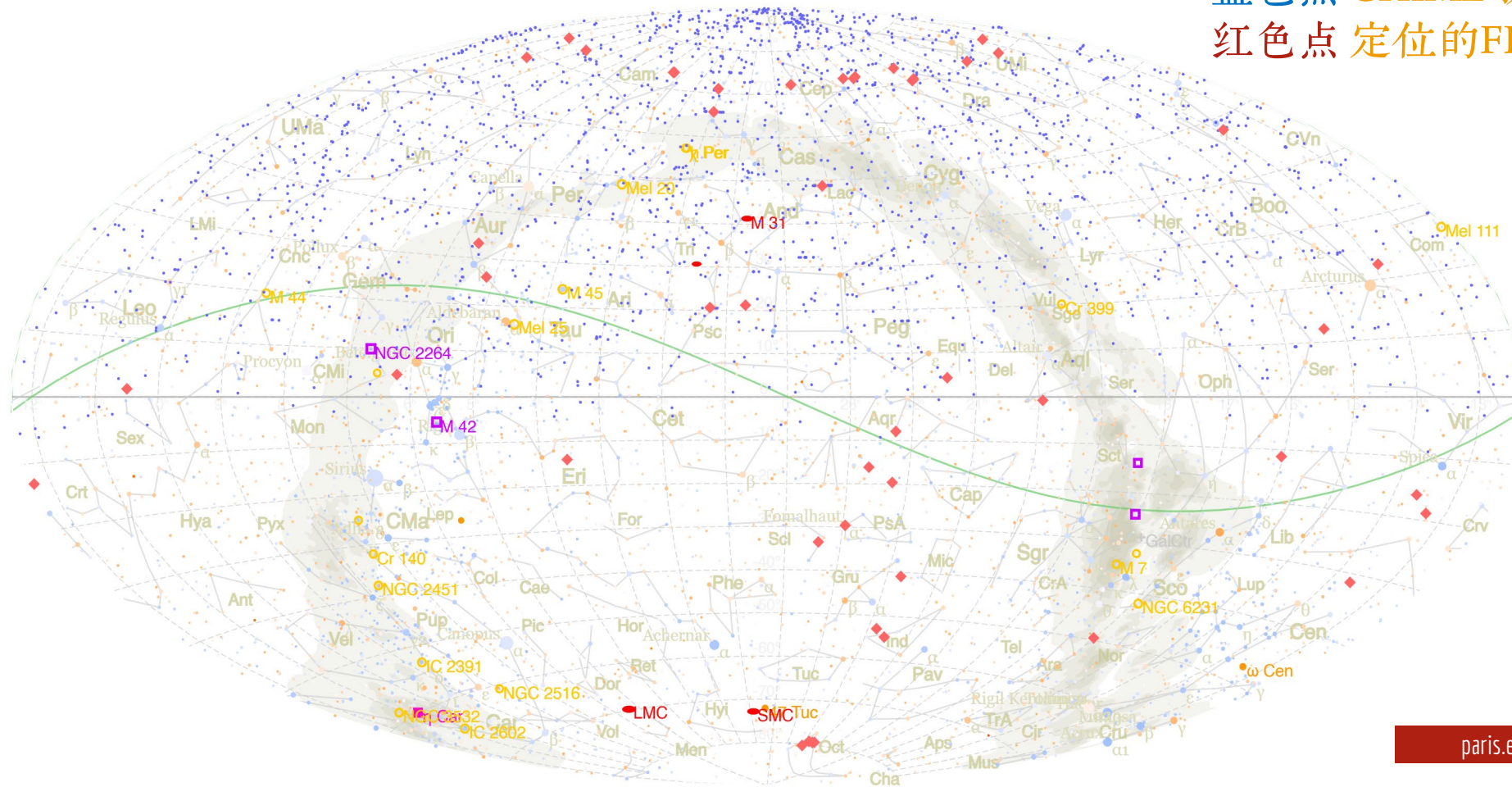
确认 population 存在



射电波段短时标的超亮爆发

快速射电暴探测进展

蓝色点 CHIME 探测到的FRB
红色点 定位的FRB



paris.escape.ac.cn/frb

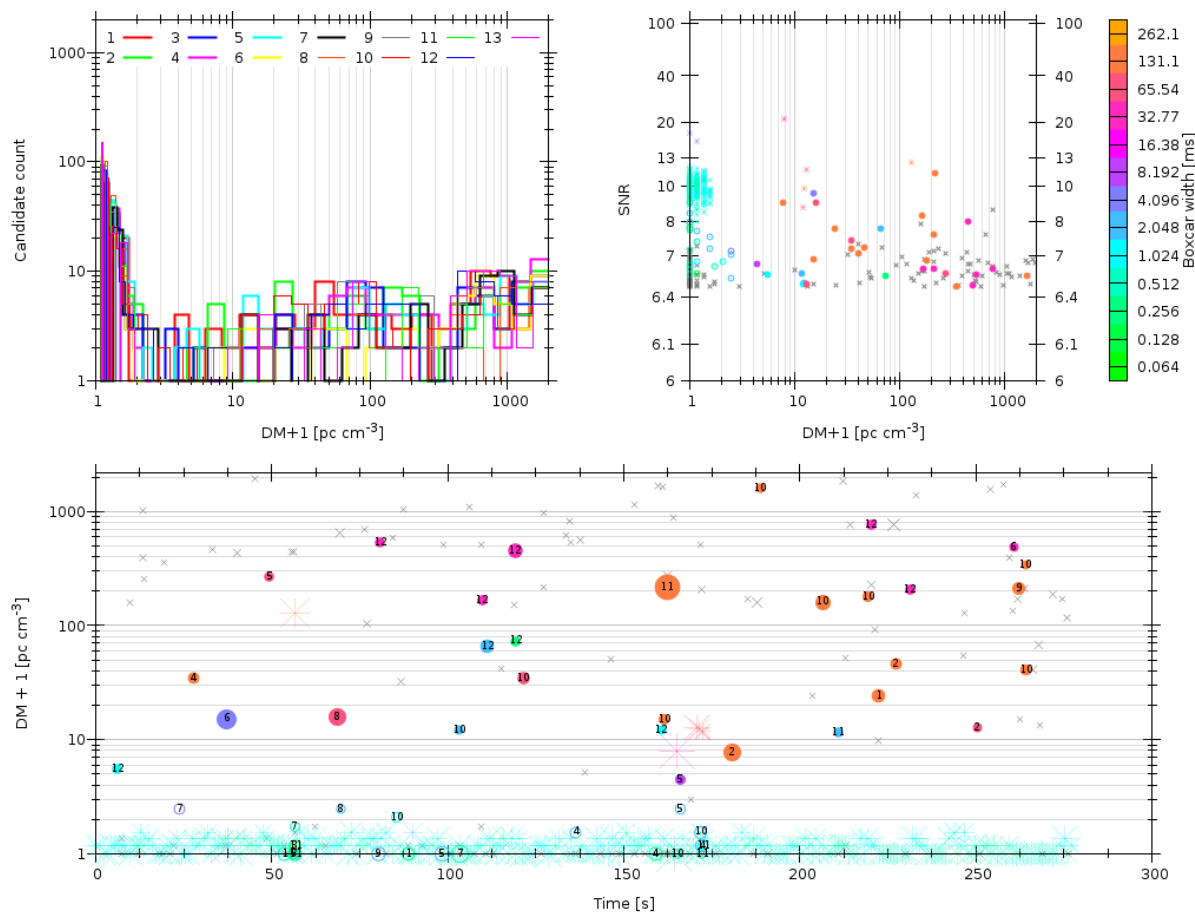
~100个定位的FRB，几千个FRB源，几万个爆发

搜索快速射电暴



在**噪声**与**干扰**中提取微弱信号的**到达时间**与**色散值**

常用搜索方法 E.g. Presto / Heimdall



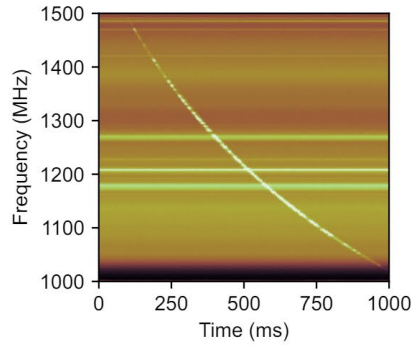
1. 去除 RFI、减基线
2. 划分DM网格、消色散
3. 在时间序列上做 Boxcar
4. 按信噪比阈值提取信号

不完备、假信号多、运行效率低下

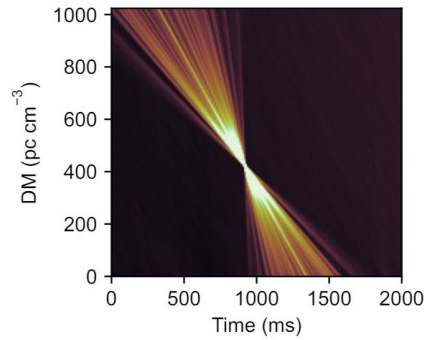
快速射电暴数据展示

强信号

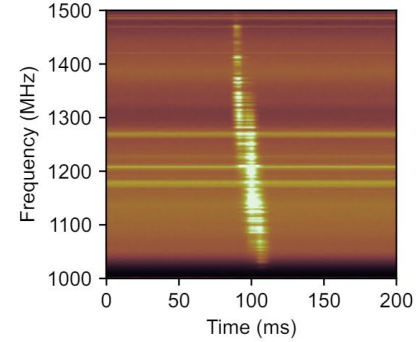
原始时间-频率数据



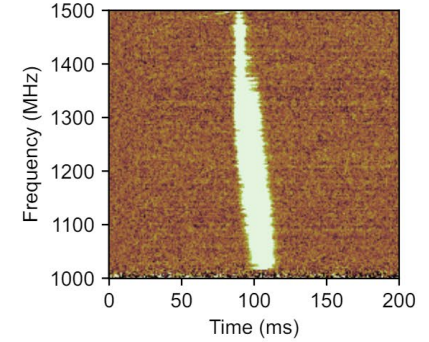
时间-色散数据



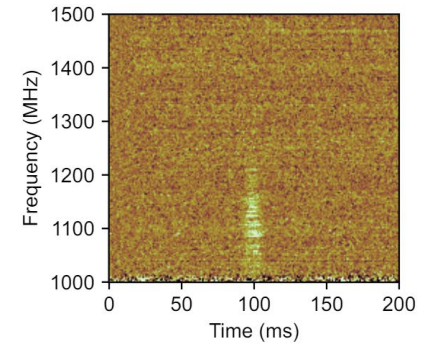
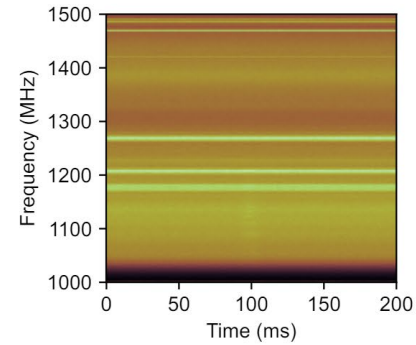
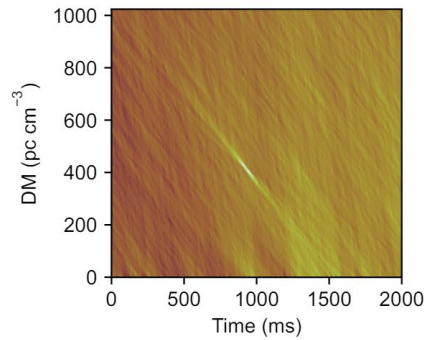
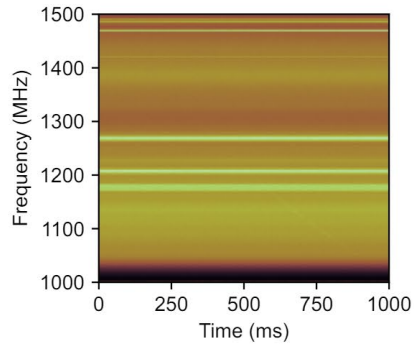
消色散后信号



信号增强

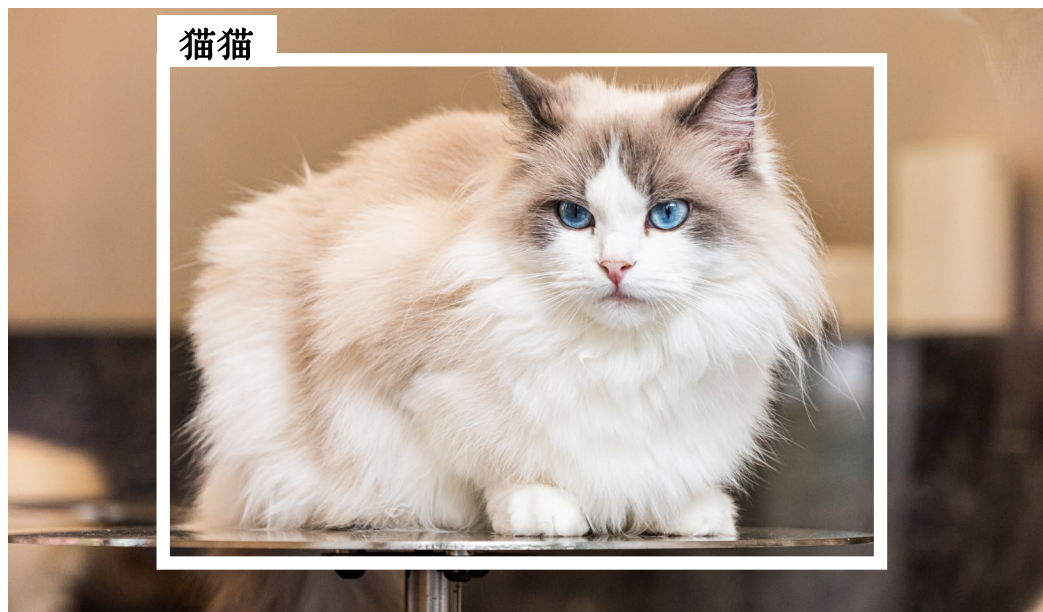


中等强度强信号



搜索快速射电暴 => 在**噪声与干扰**中提取微弱信号的**到达时间**与**色散值**

目标检测 Object Detection



识别 定位

Classification



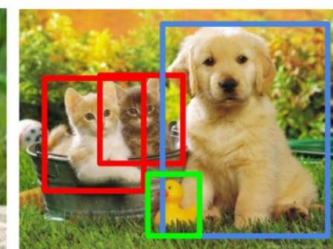
CAT

Classification + Localization



CAT

Object Detection



CAT, DOG, DUCK

Instance Segmentation



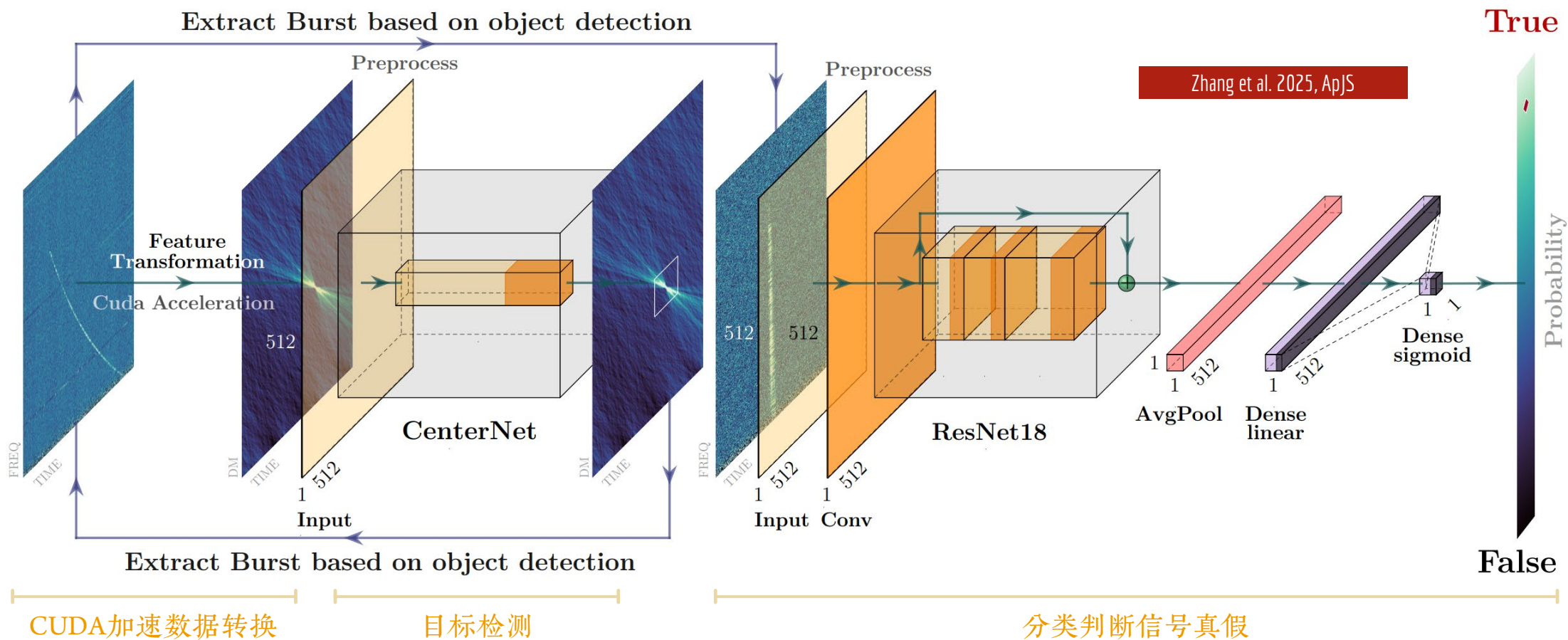
CAT, DOG, DUCK

Single object

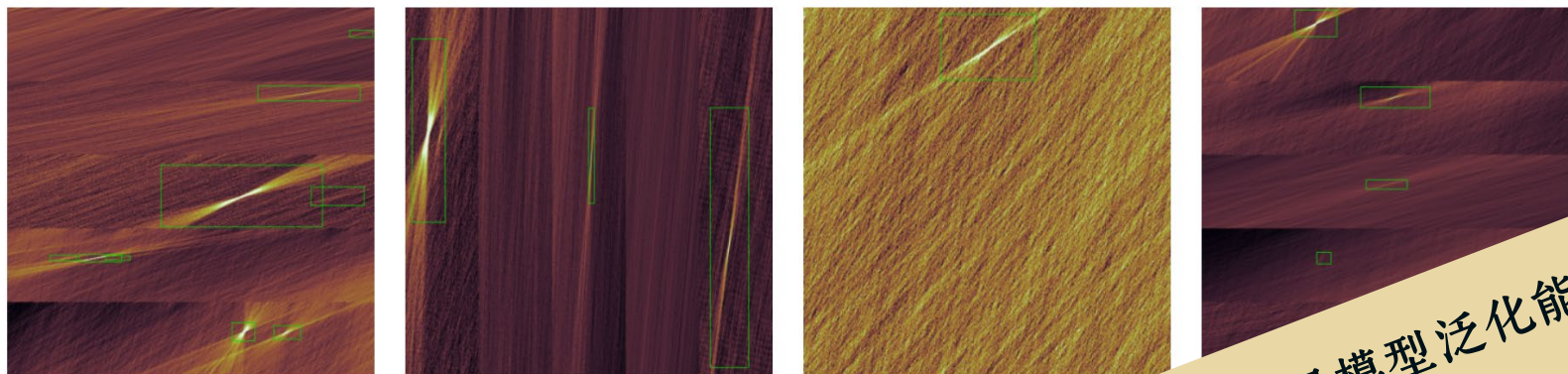
Multiple objects

目标检测是计算机视觉领域最重要的分支之一
在日常生活中有着广泛的应用（视频监控、无人驾驶等）
旨在理解数字图像，**识别并定位**目标在图像中的位置

基于深度学习的快速射电暴搜索方法 DRAFTS



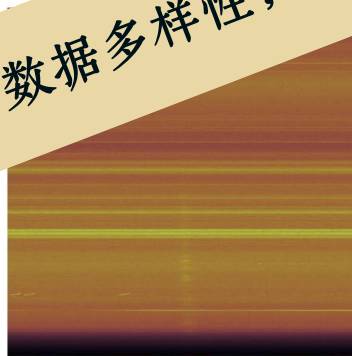
数据增强与模型训练 Data Augmentation



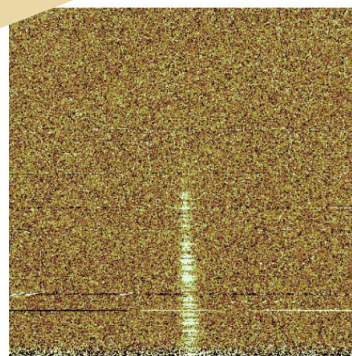
目标检测模型数据增强

1. 数据随机裁剪
2. 1-6个数据切片随机组合

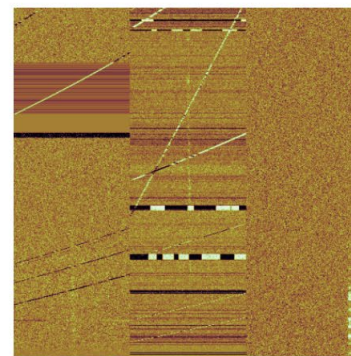
增加数据多样性，拓展模型泛化能力



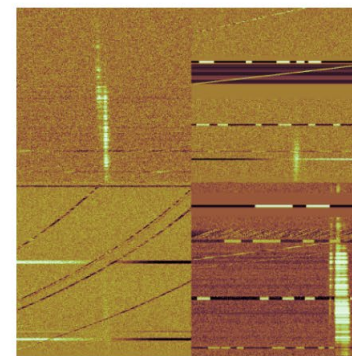
Raw Data



Enhanced Data



3-Combine + RFI



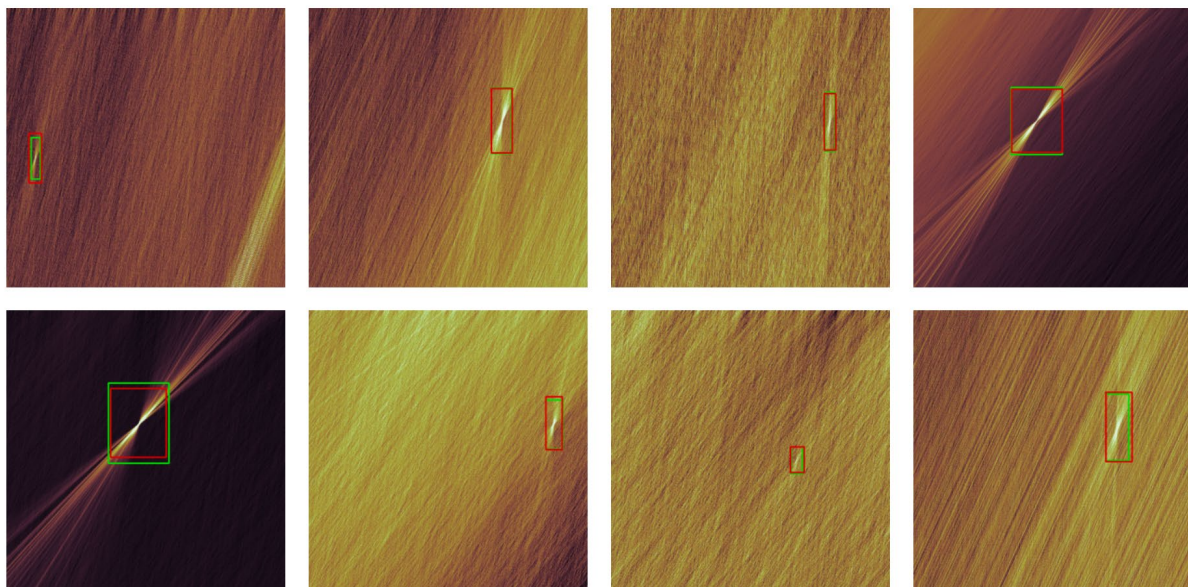
4-Combine + RFI

分类模型数据增强

1. 1-6个数据切片随机组合
2. 随机数生成 RFI
3. 动态范围裁切

使用FAST探测到的真实爆发进行训练 => **CenterNet**目标检测，**ResNet**分类模型

在真实数据上进行测试 FRB-FREX

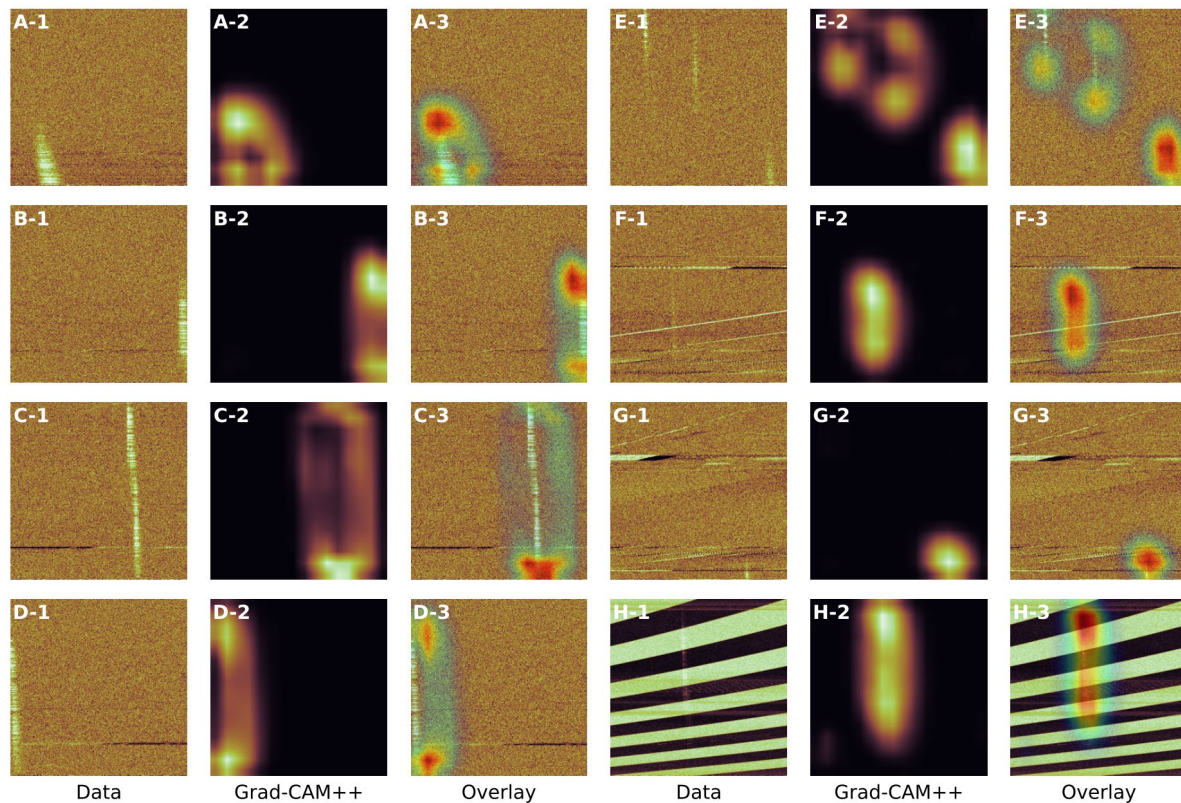


目标检测模型可以探测到不同大小的信号

绿色是人工标记，红色是模型预测

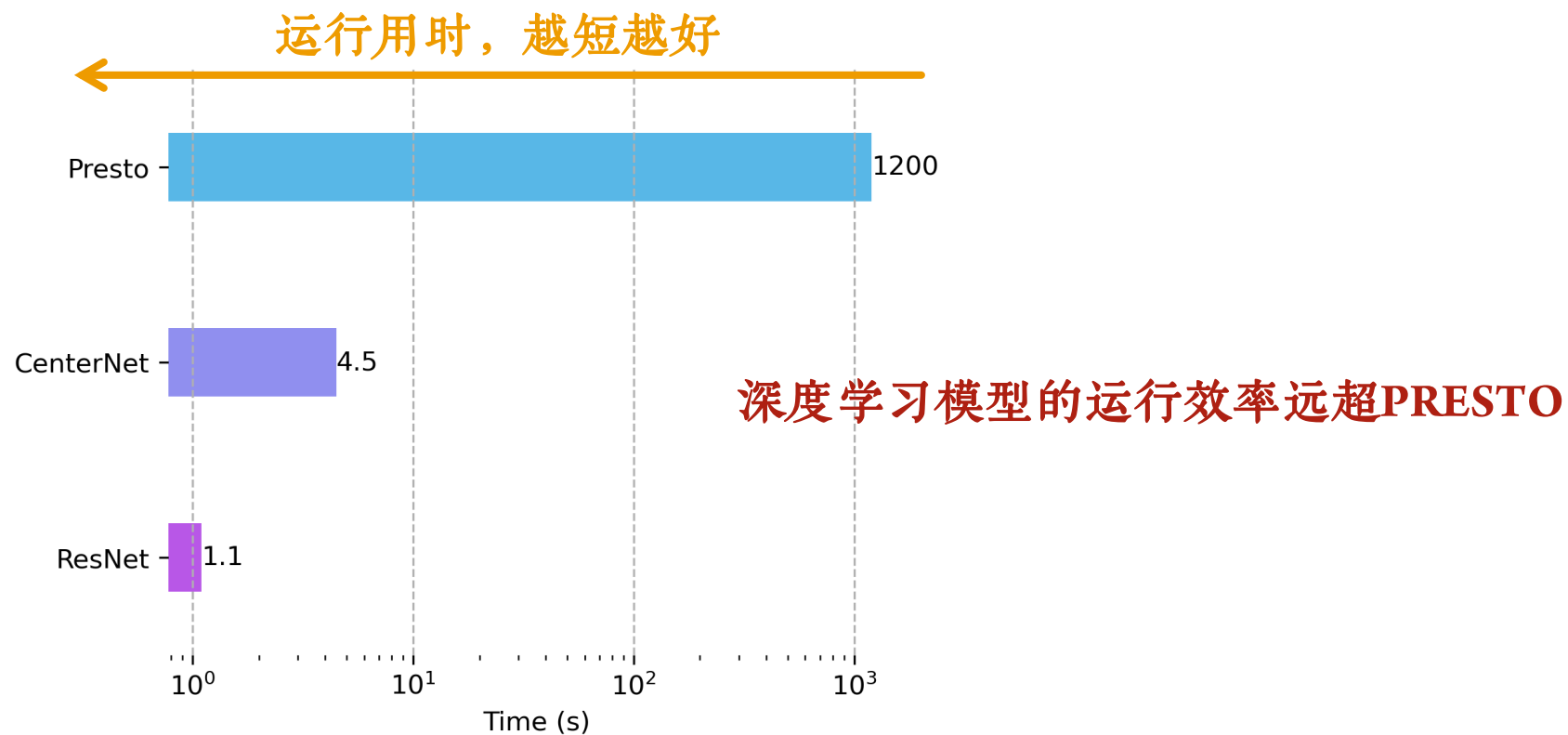
Grad-Cam++展示对模型预测权重高的位置

分类模型学到了正确的特征



FRB-FREX 中包含了 **600**个 FAST探测到的真实爆发的原始数据片段

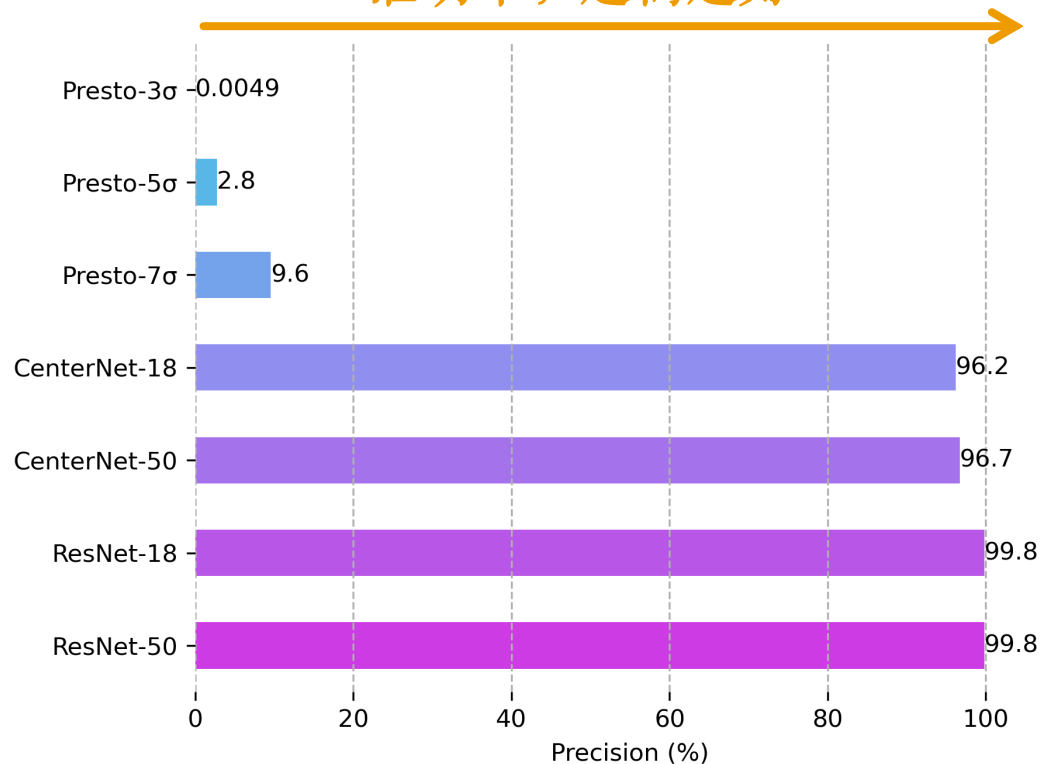
与常用方法进行比较 E.g. PRESTO



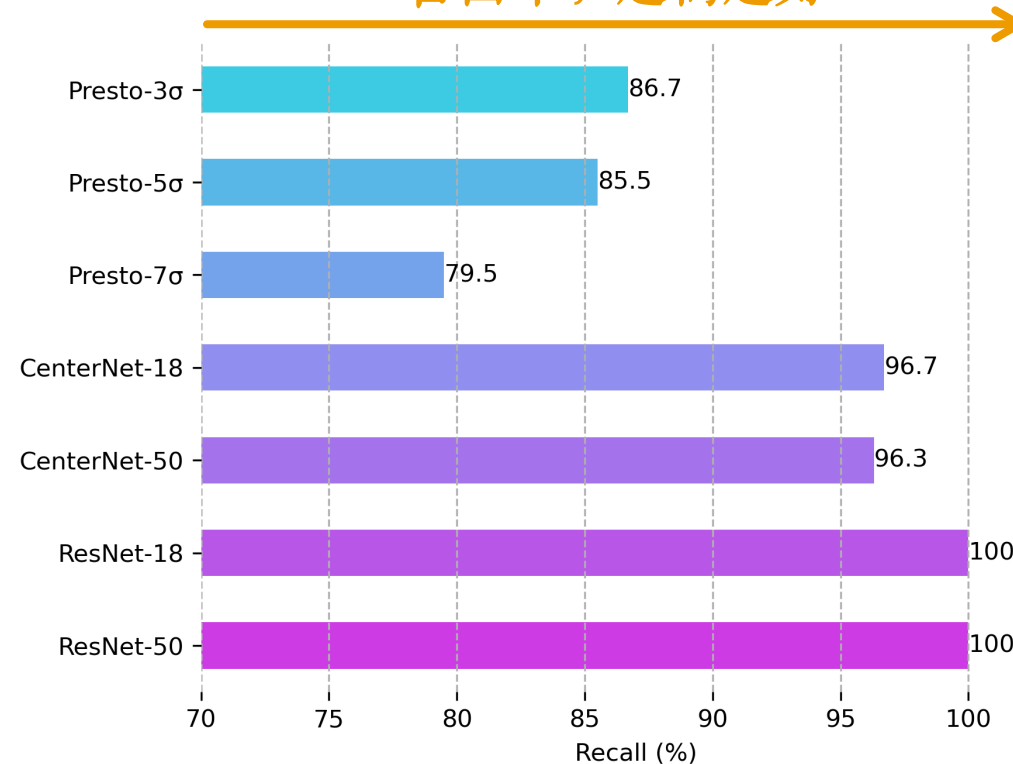
使用三种工具分别处理同一个6秒的文件，运行用时都包含了IO时间

与常用方法进行比较 E.g. PRESTO

准确率，越高越好



召回率，越高越好



深度学习模型的准确率和召回率都优于PRESTO

使用三种工具分别处理同一个6秒的文件，运行用时都包含了IO时间

与常用方法进行比较 E.g. PRESTO

PRESTO的探测结果

随着信噪比阈值降低，召回率上升，准确率快速下降

Method	Threshold	TP	FP	Missed	Duplicates	Precision	Recall	Time (s)
Presto	S/N = 3	520	10663950	80	43044	0.0049%	86.7%	~ 120
Presto	S/N = 5	513	17406	87	40818	2.8%	85.5%	-
Presto	S/N = 7	477	4488	123	25402	9.6%	79.5%	-
CenterNet-18	0.5	580	23	20	-	96.2%	96.7%	4.51
CenterNet-50	0.5	578	20	22	-	96.7%	96.3%	4.67
ResNet-18	0.5	600	1	0	-	99.8%	100%	1.16
ResNet-50	0.5	600	1	0	-	99.8%	100%	1.23

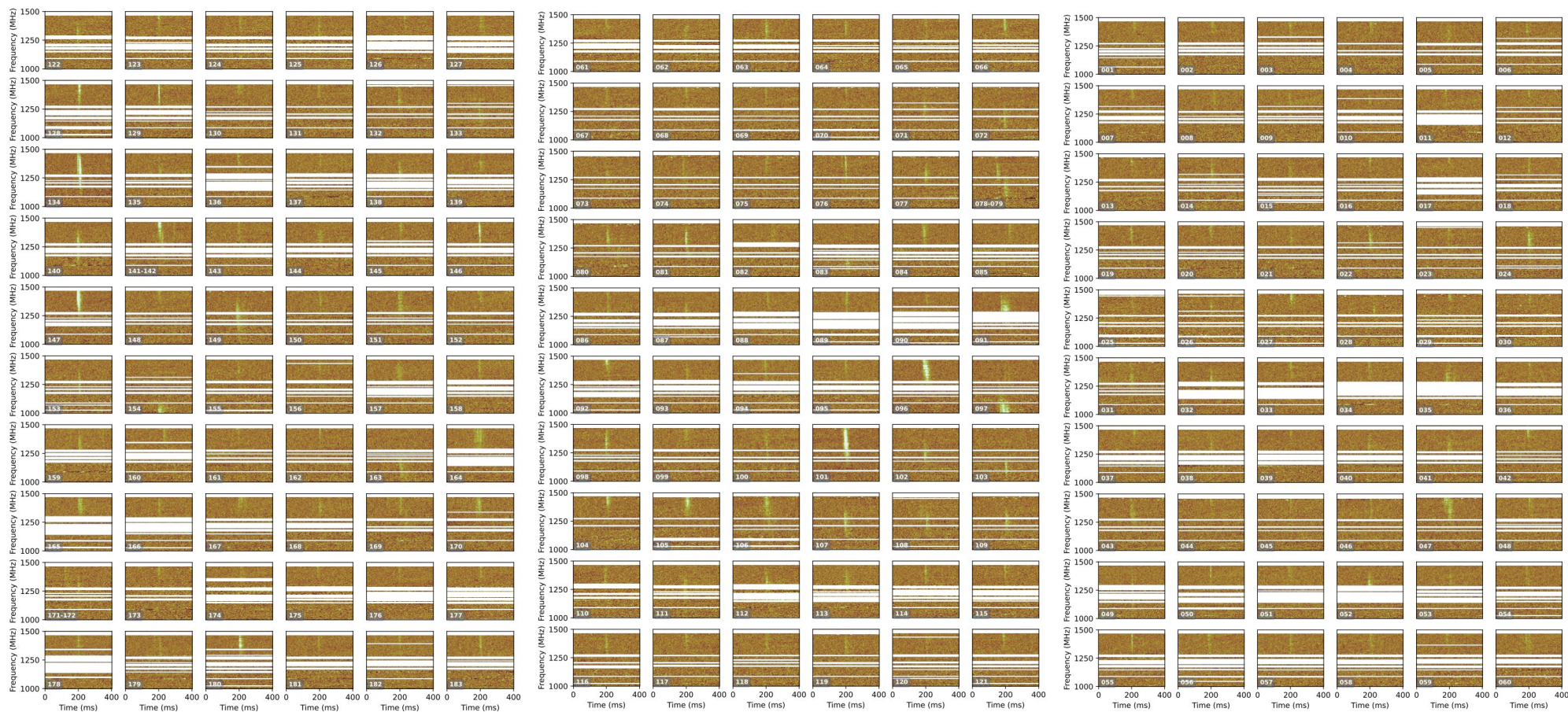
PRESTO 使用 100个 DM值消色散

CenterNet 使用1024个 DM值消色散

目标检测模型 和 分类模型都能做到 极高的召回率 同时 保持高准确率

重新搜索观测数据 FRB190520

DRAFTS 新探测到的 FRB190520 的爆发



18.3小时的数据，Heimdall 探测到75个爆发，DRAFTS探测到这75个+新的183个

Niu et al. 2022

Zhang et al. 2025, ApJS

总结 Summary

DRAFTS在**搜索效率**、**准确率**和**完备性**等方面，表现出**优于**传统暂现源搜索方法的**性能**，以应对未来的海量数据挑战



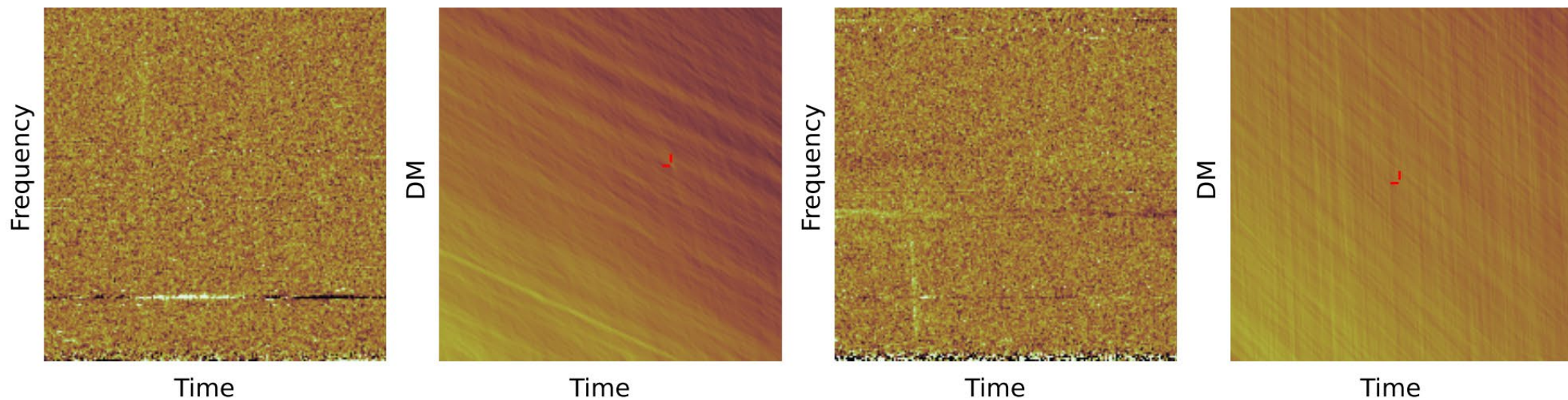
THANKS

<https://github.com/SukiYume/DRAFTS>

张永坤 / 2025-06-05



仍需优化的地方 Limitations



时间-频率数据 转换为 时间-色散数据 时，需要进一步提高信号的可见度