



大模型驱动的空天微波成像专题简介

吴一戎¹, 金亚秋², 仇晓兰^{1*}, 孙显¹, 徐丰², Laurent FERRO-FAMIL³

1. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094, 中国

2. 复旦大学, 上海 200438, 中国

3. Université Grenoble Alpes, Grenoble 38400, France

* 通信作者. E-mail: qiuxl@aircas.ac.cn

空天微波成像技术是深空探测、对地观测和国防安全等领域不可或缺的支撑手段, 其发展水平直接影响国家空间信息感知能力和战略安全保障能力. 传统成像技术正面临物理模型与数据驱动方法相互割裂、复杂场景解译过度依赖人工经验、海量数据的处理复杂度高、瓶颈难题, 制约了技术突破和应用效能. 近年来, 大模型凭借其强大的跨模态关联能力、特征学习能力和通用推理能力, 结合物理先验约束, 推动空天微波成像技术的智能化发展.

为了展示大模型与空天微波成像技术的最新研究进展, *SCIENCE CHINA Information Sciences* 在 2026 年 69 卷第 8 期出版了“大模型驱动的空天微波成像专题” (Special Topic: Large Model-Driven Aerospace Microwave Imaging). 专题紧扣大模型与空天微波成像技术的深度融合发展这一前沿领域, 共收录了 7 篇文章, 内容涵盖大模型驱动的空天微波成像方法与应用, 充分展现了大模型驱动的空天微波成像技术的最新成果与发展趋势.

在 SAR 图像智能解译领域, 综述论文 “SAR foundation models: a comprehensive review of data, models, and applications” 首次提出了一种合成孔径雷达 (synthetic aperture radar, SAR) 基础模型的分类体系, 深入分析了 SAR 特有学习机制, 梳理了基于 SAR 相干斑噪声、模态差异等掩码图像建模和对比学习等预训练策略, 探讨了涵盖 SAR – 光学协同与视觉 – 语

言交互的多模态基础模型. 综述了现有的数据集和评估基准, 并比较了下游适应策略, 包括全参数微调、参数高效方法及基于提示的迁移等. 指出了 SAR 基础模型面临的主要瓶颈与未来研究方向, 包括大规模数据集构建、多模态 SAR 智能体开发、基于物理机制的可解释性, 以及复杂成像条件下的鲁棒性等.

在大模型驱动的多模态遥感任务领域, 论文 “RS-Agent: automating remote sensing tasks through intelligent agent” 提出了一个自适应智能体. 该智能体通过结构化任务规划和工具编排来衔接用户意图与专业遥感工作流程, 引入任务感知检索机制与加权双路径检索增强生成方法, 改进任务规划并增强检索领域知识的相关性、完整性, 支持包括光学影像和 SAR 影像在内的多种成像模态. 该智能体将专用的 SAR 处理与分析工具编排为可执行工作流, 在请求信息不明确的情况下提高任务规划可靠性和自动化程度.

为推动大模型与微波成像物理先验模块融合技术的发展, 论文 “A fine imaging method for low SNR moving aircraft in spaceborne SAR” 建立了星载 SAR 与飞机之间的高速双分量运动模型, 开发了一种基于自适应盲速旁瓣引导的均衡优化器, 利用智能优化技术实现高效运动参数估计, 补偿空变相位误差, 实现低信噪比条件下的空中运动飞机精细成像.

为推动深度学习与结构化低秩模型融合技术的发展, 论文 “Multi-channel Hankel-lift embedded super-

引用格式: 吴一戎, 金亚秋, 仇晓兰, 等. 大模型驱动的空天微波成像专题简介. 中国科学: 信息科学, 2026, 56: 2199–2200, doi: 10.1360/SSI-2026-0429

Wu Y R, Jin Y Q, Qiu X L, et al. Special Topic: Large Model-Driven Aerospace Microwave Imaging. *Sci Sin Inform*, 2026, 56: 2199–2200, doi: 10.1360/SSI-2026-0429

resolution ISAR imaging and interferometric 3-D target geometry reconstruction”提出了一种基于无网格 Hankel-lift 框架的干涉逆合成孔径雷达多通道联合超分辨算法,利用多通道 Hankel 矩阵的内在低秩性质作为高阶表示,具有明确的数学内涵和物理可解释性,实现对散射特征更稳健的表征,实现更具可解释性的高精度三维重建结果.

通过将贝叶斯准则与深度网络相结合,论文“CSWin-WNet: a W-shaped network based on CSWin Transformer for noise-robust ISAR imaging”构建了一种基于 CSWin Transformer 的深度网络,通过联合估计重建图像的后验分布和噪声方差,将稀疏贝叶斯学习嵌入深度网络中,采用负变分下界作为损失函数,使网络能够在不同噪声水平的模拟数据上进行端到端训练,以获取最优网络参数,实现具有鲁棒性的逆合成孔径雷达成像.

通过将自适应正则项与深度展开网络相结合,论文“Adaptively regularized SAR imaging network with efficient unfolding”提出了一种具有高计算效率的自适应正则化 SAR 成像网络,基于网络构建可学习正则化项,获得不同稀疏度场景条件下的泛化能力.该方法依据交替方向乘子法构建深度展开网络,为高效灵活的 SAR 成像系统建立了一种新途径.

应用扩散模型对观测几何的学习能力,论文“GeoDiff-SAR: a geometric prior guided diffusion model for SAR image generation”针对飞机目标因方位角带来的叠掩、阴影和散射中心变化的问题,提出了基于三维模型几何先验的 SAR 图像生成方法,建立多重反弹射线追踪过程,提升稀疏方位角 SAR 图像集的完整性.

以上是本专题收录的全部文章,衷心感谢所有撰稿作者,并诚挚感谢所有审稿人对稿件及时且细致的评审工作.