
跨域模型精准适配：重塑分布式传感系统“大脑”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32325.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！

跨域模型精准适配：重塑分布式传感系统“大脑”

。华中科技大学孙琪真教授团队提出了一种自适应去中心化人工智能(ADAI)方案，用于分布式传感系统的信号识别任务，突破了分布式传感系统对大量标注数据的依赖，展示了人工智能与传感技术融合的新范式。传感器是现代科技的感知器官，能够捕捉环境中的各种物理信息（如温度、振动等）。若将传感器比作人体皮肤，那么分布式传感系统(DSS)则类似于覆盖全身的皮肤网络，能够对大范围内的监测目标进行全面而细致的信息采集。正如指尖皮肤和背部皮肤在触觉感知上存在敏感度的不同，分布式传感系统在不同区域的感知性能也会受到安装差异和环境变化的影响。这种影响表现为：相同类型的事件数据在不同区域中呈现出不一致的分布特征，即区域间的数据分布差异。传统方法通常在某一区域（源域）采集标签数据并训练AI模型，然后将训练好的模型直接应用于其他需要信号识别的区域（目标域）。然而，这种直接应用的AI模型缺乏大脑那样强大的区域特异性识别能力，无法适配与源域间存在显著差异的目标域。尽管可以通过为每个目标域单独采集数据并重新训练模型来缓解这一问题，但成本高昂，且难以覆盖所有潜在的应用场景。无标签数据是一类系统采集后未经标注的数据，它在分布式传感系统布设后将不断自动累积，因此获取成本极低。此外，无标签数据包含对应区域的数据分布特点及作用事件的隐含信息，具备提升模型泛化性能的潜力。传统方法通常使用模型对无标签数据的预测结果作为伪标签，并直接将其用于模型迭代训练。然而，当区域间的数据分布差异较大时，这种方式可能导致伪标签错误率上升，影响模型训练过程的稳定性。近日，华中科技大学下一代纤上智感研发团队提出了一种自适应去中心化人工智能(ADAI)方案，用于分布式传感系统的信号识别任务。在这项研究中，他们以分布式光纤传感系统(DOFS)的入侵信号识别为典型案例，选取多个地质环境存在显著差异的区域进行实验验证，如管廊，隧道，周界安防等（如图1所示）。为了实现不同地质环境区域的针对性识别，ADAI方案对分布式传感系统大脑进行重塑，它利用每个目标域在无标签数据分别微调源域模型（AI-S），生成各目标域的专属跨域模型（AI-T1, AI-T2等）。

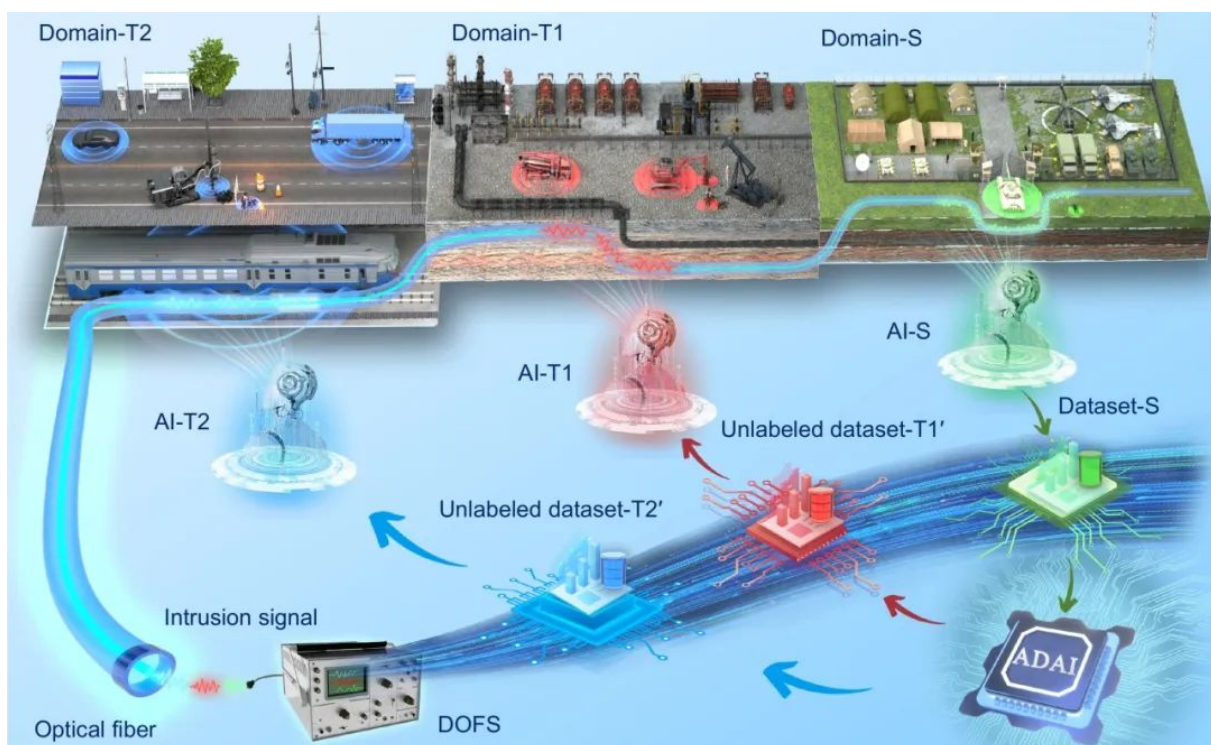


图1

自适应去中心化AI (ADAl) 方案关于分布式光纤传感(DOFS)系统的入侵信号识别典型应用在大脑重塑过程中,需要在保留有效信息的同时,根据现实环境的差异进行同步更新。为此,研究团队一方面使用源域有标签数据训练模型,来确保跨域模型具备稳定的分类能力。另一方面,他们通过衡量模型对两个区域输出特征的距离来建立区域间的数据关联性,并通过缩小特征距离使跨域模型适配目标域(如图2所示)。实验结果表明,相比于基准模型,经过ADAl方案重塑后的跨域模型大脑在两个目标域上分类平均准确率分别提升33.2%和73%。此外,该方案还展现出极低的误报率和漏报率,分别小于4.3%和2.7%,进一步验证了ADAl重塑大脑方案的高容错性与实用价值。

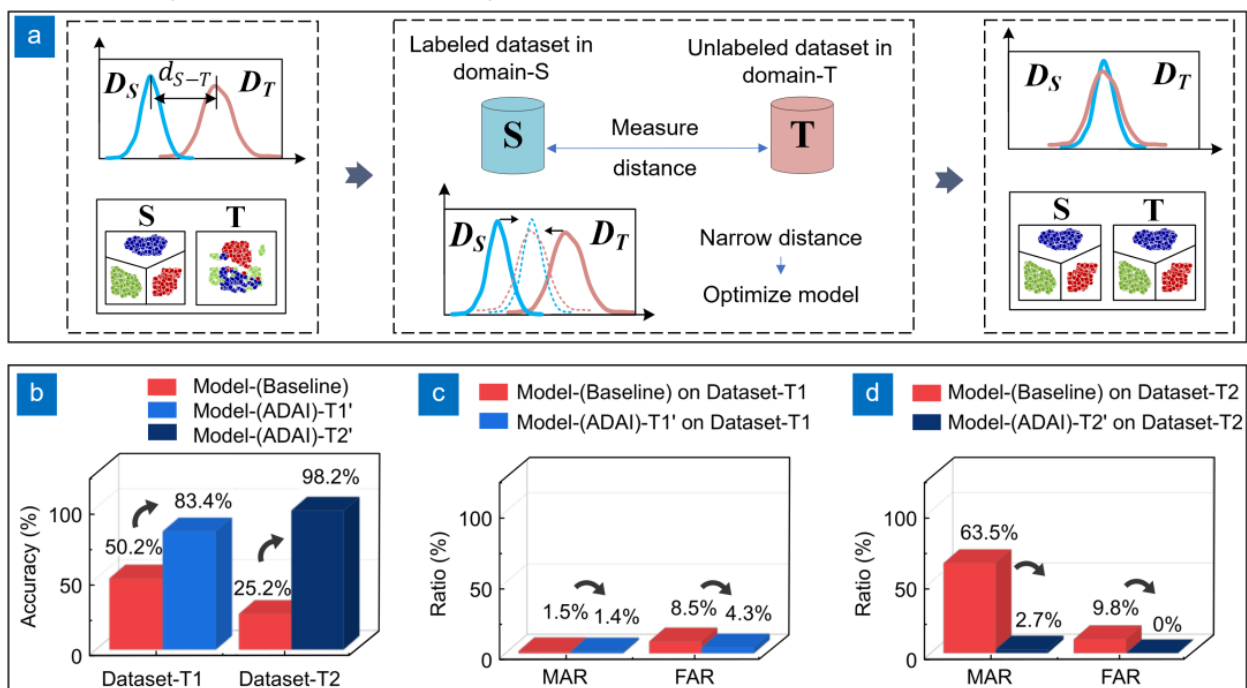



图2 (a) 基于ADAl方案的跨域模型迁移过程示意图; ADAl方案在两个目标域上的模型迁移效果; (b) 在两个区域数据集上的准确率; (c) 在目标域T1上的漏报率(MAR)和误报率(FAR);

(d) 在目标域T2上的漏报率和误报率 该成果突破了分布式传感系统对大量标注数据的依赖，展示了人工智能与传感技术融合的新范式。由于针对的是模型跨域适配这类普遍问题，ADAI方案具有潜在的技术迁移价值，特别是资源受限或标注困难的情况下。未来，研究团队将结合物理仿真和数字孪生技术，构建精准高效的动态监测体系，助力分布式传感系统智能化应用。

该工作以Adaptive decentralized AI scheme for signal recognition of distributed sensor

systems为题发表在Opto-Electronic Advances 2024年第12期，并被选为封面文章。研究团队简介 

华中科技大学下一代纤上智感研究团队(iF-Lab)依托下一代互联网接入系统国家工程研究中心

，致力于微纳结构光纤传感技术及应用研究，研究领域包括微纳结构特种光纤与器件、分布式光纤传感技术、全光纤超声换能与成像技术、超快激光精密测量技术，及其在大工程和大健康监测

中的应用研究（研究团队网站：<http://mnofs.oei.hust.edu.cn/index.htm>）。团队负责人孙琪真教授

入选国家杰青、国家优青、欧盟玛丽·居里学者和湖北省创新群体等。团队承担科技部重点研发

专项和仪器专项、国家自然科学基金杰青/优青/重点/区域联合重点/面上/青年基金等国家级项目

20余项，并与华为、海康、中石油等行业领军企业开展校企合作。在Opto-Electronics Advances,

Light: Science and Applications, Photonix, Optica, Photonics Research, Advanced Science等期刊上发表S

CI论文120余篇，拥有47项授权发明专利，4项软件著作权，光纤声波传感专利技术成果实施转化

应用，参与4项国家标准/国家军用标准和2项团体标准制定；研究成果先后获中国通信学会技术

发明一等奖、中国光学工程学会技术创新一等奖及日内瓦国际发明展金奖等科技奖励7项。

相关论文 Zhang SX, Li H, Fan CZ et al. Adaptive decentralized AI scheme for signal recognition of

distributed sensor systems. Opto-Electron Adv, 240119 (2024). DOI:10.29026/oea.2024.240119

作者：孙琪真等 来源：OEA

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