

日前,2025世界人工智能大会气象专会在上海召开,来自26个国家(地区)及8个国际组织的代表齐聚一堂。由国家卫星气象中心牵头,联合南昌大学、华为技术有限公司研发的全球首个空间天气链式人工智能预报模型“风宇”在大会上正式发布。这标志着我国在空间天气监测预警能力取得新的突破性进展,为探索宇宙星空贡献气象智慧。

全球首个空间天气链式人工智能预报模型“风宇”发布

人工智能开辟空间天气监测新路径



中国气象局发布空间天气链式人工智能预报模型“风宇”
图源中国气象局,杨阳 摄影

>>> 空间天气预警的现实需求

太阳活动具有约11年的周期性变化规律,从2019年开始的第25个太阳活动周已进入峰年阶段,2024年和2025年都是太阳活动的高发期。研究发现,本次太阳活动周期比上一个太阳周期更为强烈。

中国科学院国家空间科学中心副主任李晖表示,从2024年到今年,太阳上大概有60余次X级别的大耀斑产生,一次X级别耀斑的能量大概相当于中国30万年用电量的水平。这些X级耀斑会引发日冕物质抛射,传播

到地球以后会引起空间环境的剧烈扰动。2024年5月,多个X级耀斑引发了特大磁暴事件;在2024年10月份也有一个超大磁暴,引起了我国电离层大面积的减弱甚至消失,对我们的通信导航造成了很强的扰动和危害。

随着人类科技的进步,太阳爆发活动导致的空间天气灾害的影响将越发显著,尤其对在轨航天器和地面通信系统的威胁增大。专家提醒,活跃的太阳活动引发的空间天气灾害正使得太空资产安全面临更大挑战。

当前,我国太空资产规模持续壮大,在轨航天器数量已超1000颗,太阳活动进入高活跃状态,空间天气灾害频频发生,给太空资产安全带来了更大挑战。据统计,在轨卫星故障有一半左右是受到空间天气事件的影响。

此外,太阳爆发之后产生大量的高能粒子会穿过卫星的电子器件,影响仪器发出的指令与数据图像,同时也会给航天员舱外作业安全等带来不利影响。

>>> 太阳风源区实时识别: AI赋能预报升级

据了解,人工智能正在助力空间天气监测、预报以及研究的各个环节,比如一次太阳风事件,捕捉到它的迹象、分析它的来源都可以实时进行,以更好地预报它未来的发展和影响。李晖表示,“AI技术赋能空间天气预报,实际上是根据太阳风观测数据,来推断这一段太阳风是从太阳表面哪个源区产生的,也就是太阳风源区的自动识别或者自动分类。”

太阳风是指太阳外层大气向外射出的高速带电粒子流,它与地球磁场及大气相互作用,可能会引发磁暴、产生极光、干扰卫星通信与电网系统等。不过,源于太阳表面不同

位置的太阳风,所造成的空间天气的效应也不一样,有了人工智能的自动识别,可以为空间天气预报提供更有效的信息支撑。

李晖认为,同样的行星际南向磁场,如果它来自日冕物质抛射,接下来大概率会发生比较大的磁暴事件;如果它来源于高速流,那么它产生的磁暴的强度通常不会特别大。以前是通过人工来分类,通常都得是这个事件已经发生完了,才能知道这是一个CME(日冕物质抛射)事件。而现在借助AI技术,就可通过特定的信息去判断它此刻是什么,接下来是什么,每时每刻都是实时的。

>>> “风宇”模型:空间天气预报的核心突破

太阳活动仍处于高发期,因此高效、精准的空间天气预报尤为重要。目前,我国人工智能赋能空间天气预报取得了新的进展。为应对太阳风暴对全球卫星运行、无线电通信、卫星导航定位及其他关键基础设施的影响,“风宇”面向空间天气保障需求,突破了传统数值模型在算力消耗与实时响应方面的技术瓶颈,成为国际首个覆盖太阳风、磁层、电离层全链条的空间天气人工智能预报模型。它能够预报太阳爆发影响地球的全过程,将为复杂空间天气智能预报提供新的技术手段。

针对传统区域模型无法体现从太阳到地球整个因果链的物理关系,“风宇”模型创新研发耦合优化器,通过深度神经网络实现上下游模型的智能耦合,首创空间天气上下游深度神经网络模型耦合技术。国家空间天气监测预警中心主任王劲松介

绍说,耦合优化器把所有大模型装起来,构建了一个可以插拔的、未来可以更新的空间天气链式的人工智能模型“风宇”,使得上下游的模式之间能够相互学习、相互传递,相互提高对方的精度。

“风宇”模型首创链式训练模式和可插拔架构,采用了全新的设计理念,将来自卫星的真实观测数据和自主研发的全链式空间天气数值模式生成的数据相结合,形成相互补充、相互印证的数据基础。在此基础上,聚焦多区域物理约束的耦合建模,将太阳风、磁层和电离层分别建模,再通过智能耦合优化机制实现多区域模型协同优化,既能够更真实地再现太阳风如何影响地球空间环境,又能描绘出磁层和电离层之间复杂的相互作用,提升了各区域预测精度及极端事件预测稳定性,为复杂空间天气智能预

报提供了新的技术手段。在应对不同类型空间天气变化时,“风宇”模型可根据需求灵活调整和优化模型结构。

“风宇”模型应用场景广泛,能有效保障卫星通信与导航系统稳定运行、优化航天器轨道管理与空间任务安全、提高电力与基础设施防护能力、提升航空与极地航行安全水平等。在短临预报与极端事件响应方面,“风宇”模型取得突破性进展。在长达一年的预测性能测试中,“风宇”模型在太阳风、磁层和电离层各区域均表现出卓越的24小时短临预测能力。测试表明,“风宇”模型对近两年大磁暴的预报比已有方法更为准确,在电离层区域的预测性能尤为突出,全球电子密度总含量的预测误差基本控制在10%左右。“风宇”可支持多种应用场景,目前已申请11项国家发明专利。

>>> 天地一体化监测预警: 筑牢卫星防护屏障

针对随机发生的太阳爆发事件,我国正不断完善天地一体化监测预警体系。与此同时,提升卫星系统自身防护能力也同样重要。

我国已建立起天地一体化空间天气监测体系,“风云卫星”“羲和号”和“夸父一号”卫星在空中紧盯太阳的一举一动;在地面,中国气象局布局73个台站,国家重大科技基础设施——子午工程布局了31个台站近300台设备,首次实现了对日地空间环境全圈层多要素的立体式综合探测;空间天气链式数值预报模型和人工智能预报模型的建成,也将为复杂空间天气预报提供新的技术手段。专家建议,在不断加强监

测预警的同时,也需提升卫星系统自身防护能力。

王劲松表示,从航天器的设计开始,一直到它最后的运行,各个环节都必须考虑到空间天气的影响。比如卫星设计的时候,就要根据太阳活动的强弱去判断,在它的寿命期间可能经受到的辐射上下限是多少,做好相关防辐射的设计。另外,卫星在不同的轨道由于空间天气变化而受到阻力也不同,它所带的燃料、飞行的姿态等都必须有不同的考虑。

李晖表示,“我们希望在卫星上引入人工智能,它不再完全依赖地面做预报再传给它一个指令,它能就地采样、分析、决策。”