

物学领域今日迎来了一项被誉为“ChatGPT时刻”的范式突破。由Arc研究所、斯坦福大学、NVIDIA及加州大学伯克利分校等机构联合研发的生物基础模型——Evo2正式对外公布。该模型基于9万亿个DNA碱基对训练而成,不仅能够高精度预测基因突变的致病性,更实现了从头设计长达百万碱基对的复杂基因组序列,标志着生命代码的操纵从“微调编辑”正式跨入“生成式编程”时代。2026年3月4日,相关研究成果发表于《Nature》。

人类基因组的建模一直受困于序列极长且包含大量长程依赖的特征。传统的Transformer架构在处理长序列时计算量呈平方级增长,难以完整“阅读”长达数百万碱基的遗传信息。Evo2凭借创新的StripedHyena2混合架构(结合了卷积和注意力机制),成功将“工作记忆”(上下文窗口)扩展至100万碱基对,并保持单核苷酸级的分辨率。这意味着AI不再只能分析基因片段,而是具备了理解整本“基因组小说”的能力,其处理吞吐量是传统模型的3倍以上。

该模型在一个庞大、经过科学策划的数据集OpenGenome2上训练,该数据集包含约8.8万个来自细菌、古菌、真核生物和噬菌体的核苷酸,同时出于生物安全考虑,有意排除感染真核宿主的病毒。

Evo2的性能主要在2个关键方向上进行评估:一是预测,即判断特定DNA突变或其他遗传变异是否会导致疾病或功能丧失;

二是生成,即在指导条件下进行合成DNA序列的从头设计(denovodesign)。在针对BRCA1和BRCA2等关键致病基因的测试中,模型在无需任何任务特异性微调的情况下,识别致病突变的准确率超过90%。更具突破性的是,研究团队引导Evo2设计了特定的DNA序列,并将包含“EVO2”、“ARC”和“LO”(这是互联网传输的第一条信息)字样的摩斯密码信息成功编码进小鼠细胞的染色质拓扑结构中,并通过评价基因转录性的实验验证。

研究团队利用稀疏自编码器(SAEs)对Evo2的内部表示进行机制可解释性分析,从而识别出与具体生物学功能相关的潜在特征,例如外显子-内含子边界、噬菌体相关基因组区域以及与遗传突变模式相关的编码特征。这表明Evo2在训练过程中自动学习到基因组结构规律,而不仅仅是统计模式。

尽管Evo2生成的线粒体和细菌基因组在计算机预测中显示70%的基因结构“看起来很合理”,但合成生物学家依然保持警惕。瓦赫宁根大学教授Nico-Claassens指出:“生命设计不能只完成70%。只要有一个关键代谢位点存在语法错误,整个合成生命就无法正常运行”。此外,德克萨斯大学奥斯汀分校的独立评估显示,Evo2生成的长序列在处理高重复序列(如异染色质区域)时容易发生“低复杂度崩溃”,表现出明显的同质化偏差。

Evo2标志着生物学研究范式的一次重要转变:从以往针对



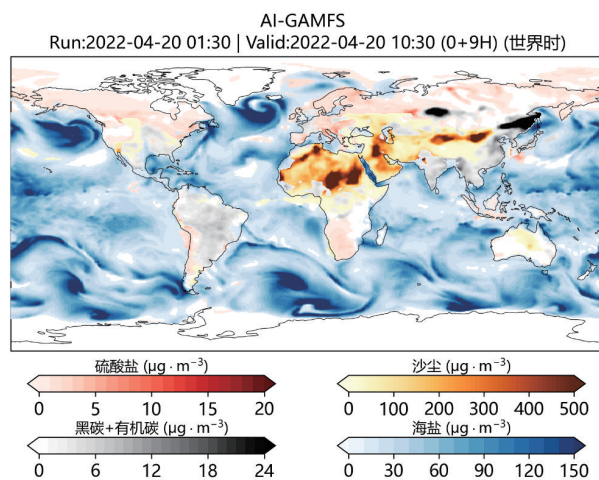
Evo2的工作模式及用途
(图片来源:斯坦福大学官网)

单一生物组分的分析,迈向对整个基因组复杂性的整体建模。凭借超长上下文窗口及机制层面的关键创新,该模型能够识别并解析普遍性的进化规律,并实现从单细胞生物到人类等复杂生命系统的跨尺度泛化。

(综合:《中国科学报》《Nature》、
斯坦福大学官网)

预测沙尘暴只需8台显卡

在沙尘暴、野火烟尘和城市雾霾等环境事件中,预报速度往



全球首个气溶胶—气象耦合预报AI大模型(AI-GAMFS)

(图片来源:中国气象局官网)

往直接关系到预警的提前量和防控的主动性。长期以来,全球气溶胶预报主要依赖复杂的物理数值模式:要同时计算颗粒物的排放、输送、化学转化和沉降过程,既“费算力”,也容易受参数化方案和初始场误差影响。

中国气象科学研究院车慧正、张小曳等联合国内外团队,推出全球首个气溶胶—气象耦合人工智能预报系统AI-GAMFS,标志着气溶胶预报开始从“超算驱动”加速迈向“AI驱动”。2026年3月5日,相关研究成果发表于《Nature》。

传统物理模式的核心逻辑是“还原论”,即将大气过程分解为无数物理方程。而AI-GAMFS体现了“系统论”的思想,利用神经网络将悬浮颗粒物与大气的热力、动力要素作为一个整体进行非线性建模。模型的骨干网络将大气状态视为一个连续的3D时空张量。这种设计允许模型同时处理全球尺度的大气环流规律和局部尺度的污染演变特征。

与传统模式将气溶胶与气象要素分开计算不同,AI-GAMFS实现了气溶胶—气象因子的深度耦合预报。模型分析了包括温度、风速、气压、湿度、降水等在内的42~44种核心气象变量,以及12种气溶胶组分变量。这种动态关联机制能够更精准地模拟气

溶胶的生命周期。例如,模型通过学习发现,特定湿度环境会加速二次硫酸盐的生成,而降水强度的非线性变化直接决定了气溶胶的湿沉降效率。

深度学习模型在进行自回归迭代预报(即用前一时刻的输出作为下一时刻的输入)时,往往会面临严重的误差累积问题,导致预报时效越长,精度下降越快。为解决这一难题,AI-GAMFS团队提出了一种创新的“接力预报策略”(Relay Forecasting Strategy)。团队训练了4个具有不同预报步长(3、6、9、12 h)的基准模型。在进行5天(120 h)的滚动预报时,系统会优先调用大步长模型进行跳跃式计算,从而显著减少了迭代次数。AI-GAMFS的成功,最终建立在“大数据”与“大算力”的深度融合之上。模型的训练采用涵盖1980—2022年共计42年的全球气溶胶再分析资料(主要基于MERRA-2数据集),总计包含超过120000个时次的大气状态。这些数据记录了过去数十年间

全球范围内发生的各类典型环境气象事件,包括大规模火山爆发、超强沙尘暴以及跨洲际的野火烟尘输送过程。

虽然模型的训练过程极其耗能——在8台NVIDIA L40 GPU上连续训练了10天——但其推理效率展示了AI预报的绝对优势。在业务运行阶段,AI-GAMFS在单张显卡(如L40)上仅需39~60 s即可生成一套完整的全球5天预报产品。相比之下,传统的物理模式在同分辨率下通常需要使用数百个计算节点的集群工作数小时。

目前,AI-GAMFS已完成从科研攻关到业务落地的全链条闭环,在中央气象台及陕西、宁夏等10余个省(自治区)气象部门实现落地应用。面对未来气候变化背景下可能出现的新型极端事件,AI模型如何保持物理一致性、避免“统计上合理但物理上失真”的结果,仍是后续发展的重点。

(综合:新华网、《Nature》、中国气象局、《科技日报》)

沙漠游龙传授微型机器人“真功夫”

微型机器人技术作为当代工程学、材料科学与生物医学的交叉前沿,正向着小型化、集成化与无绳化方向演进。然而,随着系统尺寸缩减至毫米乃至微米量级,研究人员面临着一个不可逾越的物理障碍——尺度效应(scaling effect)。尺度效应导致机器人的物理输出,如出力、力矩等,随尺寸减小呈指数级衰减。