



中国气象新闻网

科技

责任编辑：卢健  
电话：010-68407944  
2019年10月11日 星期五

3

中国气象报  
China Meteorological News

# AI 追捕强对流“猫鼠战”胜算几何



## 监测求精 计算求速 预报求准

武汉市局提升军运会气象科技服务能力

本报通讯员 闫莉杰 涂文娟 陈声超

从9月18日开始，武汉军运会气象中心为军运会开幕式提供第一份真正意义上的服务产品——月趋势预测产品。以此为标志，军运会气象保障服务从临战状态转入战时状态。与此同时，武汉军运会气象中心组织开展距离军运会开幕30天之际军运会气象保障服务综合演练，在接受大检验中展现武汉气象工作者对提升第七届世界军人运动会气象服务科技能力的不懈追求。

监测求精度。场馆地面固定观测系统建设完成，新建30个场馆地面自动气象站，新建暑热压力、水温、沙温、云量、湖面风、高空风等特殊赛事专项观测站，与现有站点融合，建成地面观测比赛场馆全覆盖、特殊要素观测比赛项目全覆盖的气象监测站网。特殊赛事移动观测设备到位，购置1部移动边界层廓线雷达，租用1部X波段双偏振雷达和1部激光测风雷达，保障跳伞、低空飞行、开幕式等赛事活动特种观测需要。协同观测保障准备工作稳步推进，能见度仪、移动气象站、北斗通信终端等第一批气象装备调拨完成，新一代天气雷达备件已开始组织生产，天衍系统、天衡系统引进部署工作基本完成。

计算求速度。高性能计算机系统建成运行，新建曙光高性能计算机系统浮点运算速度峰值为120万亿次/秒，配套存储资源为500TB；已经部署运行军运会高分辨率数值预报模式系统，为提高武汉市大城市精细化预报能力提供计算支撑，同时为华中区域高性能计算机提供备份。

预报求准度。军运会预报预警服务系统投入试运行。依托全省气象预报预警服务系统，分为综合观测、临近预警、模式产品、智能预报、赛事服务、产品发布、预报检验、运维监控、系统管理等模块，实现了观测数据和模式产品的可视化显示、赛事高影响天气的自动识别与分类预警、精细化到场馆(场地)的气象预报服务产品自动制作分发、服务决策调度指挥等功能。依托武汉暴雨研究所建成武汉市1公里分辨率实时更新的多源资料融合分析系统和逐15分钟快速更新循环同化预报系统，实现了雷达资料与伪水汽观测资料同化，预报时效12小时、预报产品逐15分钟输出。按照军运会保障需求特点构建短时临近预报平台，改进了多项技术，着力提升0-12小时的强对流天气天气预报能力。针对特殊赛事服务需要，完成了沙温、水温、云底高度、湖面风及暑热压力指数等要素预报方法研究，利用高分辨率多源资料融合分析系统和快速循环同化预报系统输出云量、高空风向风速等要素结果。

## 风云四号卫星云图在蒙古国天气会商中应用

本报讯 记者卢健报道 9月19日10时，在蒙古国国家气象与环境监测局全国天气会商室，当地预报员利用卫星天气应用平台(SWAP)，顺利完成了最新时次“风云四号”卫星云图的快速调用和分析。这是中国新一代静止轨道气象卫星“风云四号”卫星云图在蒙古国全国天气会商中首次亮相。

“风云四号”卫星产品在蒙古国应用，是对今年8月中国气象局与蒙古国国家气象与环境监测局签署中蒙气象科技合作联合工作组第十六次会议会谈纪要的快速落地。9月16日至20日，国家卫星气象中心、国家气象信息中心派出工作人员赴蒙古国国家气象与环境监测局，完成了中国气象局卫星广播系统(CMACast)集成系统的维护和风云卫星数据接收本地化配置，保障了CMACast对风云卫星数据的稳定广播，并围绕CMACast接收流程和数据共享进行了培训，完成了SWAP平台网络版和电脑版的安装和部署，围绕蒙古国气象灾害对SWAP的应用进行了培训；完成了CMA云视频会商系统安装等。

(上接第一版)

### 扎根藏北，做身体力行的带头人

今年37岁的梁科，在那曲气象部门，已经是“老”同志了。由于西藏高寒缺氧、气候恶劣，很多同事工作满20年后，申请了提前病退。眼下，局里多是近几年新进的年轻同志，带好这支队伍，是他重要的责任。

年轻人不会做饭，他就自己当厨师；对业务不熟悉，他手把手地教；照顾女同志，他总是把自己排上夜班；为了让更多人节假日能回家团圆，他就随时顶上值班岗。如今，他已有6个年头没有跟家人一起过年了，平常的日子也是聚少离多。“等退休了再好好陪家人。”每次他都这么安慰自己。

“梁局长更多的时候是身教，而不是言传。他用行动向我们展示了一名优秀气象人该有的样子。”2017年入职的扎白说，自己从梁科身上学到了很多，而他和许多年轻人一样下定决心：我们也会努力做好。

用脚步丈量藏北大地，在平凡的岗位上履行好一名党员、一个气象人应尽之责，梁科做到了。“高原气象人精神给了我无限动力，扎根藏北，践行初心使命，做好气象保障服务，守护好农牧民群众冷暖。”他坚定地说。

与浅层神经网络、支持向量机等传统的机器学习算法相比，深度学习具有强大的特征提取能力，能够提取对流系统在雷达回波上的生消演变特征。2015年，香港天文台和香港科技大学的研发团队将深度学习中最主流的卷积神经网络和长时间记忆网络结合起来，提出了卷积-长时间记忆网络(ConvLSTM)，开创性地将深度学习技术应用于短时临近强降水预报。该方法现已在香港天文台应用于雷达回波外推。

今年8月，美国国家大气研究中心(NCAR)的科学家利用分析视觉图像的机器学习模式和人工智能技术来改进雷暴和冰雹预报。研究者利用卷积神经网络对暴雨最为重要的特征进行观察分析后发现，在近地面气压低于平均水平且暴雨顶部气压高于平均水平情况下，暴雨雨顶更可能产生强冰雹；形状近圆的暴雨雨顶更可能产生冰雹。

郑昕焯所在的研究团队在分析了5万多张美国历史卫星图像后发现，中纬度地区的雷暴、冰雹、大风等强天气的生成往往与一种逗点状云有关，因此可将其作为指示物。“我们利用计算机视觉和机器学习技术来训练计算机自动识别和探测卫星图像中的逗点状云系，最后可以探测到99%的逗点状云，对这些强天气事件的预测准确率可达64%，填补了利用高层次卫星图像探测强天气的空白。”郑昕焯说。

### “猫”的挑战

值得注意的是，当前利用人工智能来“追捕”强对流天气依然面临诸多挑战。人工智能的本质是用计算机算法、机器学习和模式识别等方法来模拟人对数据的理解，从而发现大数据中的微弱信号。因此，人工智能需要在大数据的“喂养”下才能逐渐成长起来。而强对流天气较一般天气过程而言少很多，可用来训练机器学习的数据十分有限。

目前机器学习中处理此类问题的常见方法是“上采样”，也就是把“正样本”(强对流天气的发生为“正样本”，未发生为“负样本”)复制多次。此外还有“下采样”、“给“正样本”赋予更高权重、迁移学习等方法。

雷达、卫星等观测数据对不同强对流天气的描述各有侧重，比如卫星云图能很好地反映对流层高层的水汽和环流特征，而雷达主要观测对流风暴的内部特征。因此，如何将不同数据的优势结合起来，再利用机器学习对多源数据进行有效融合，成为当前强对流天气监测预报的一项重大挑战。

虽然人工智能善于识别预报员难以发现的潜在信号，但其大部分算法过程对于人类来说犹如“黑箱”，预报员难以对其给出的结果做出量化的解释。科学家们目前正在致力于改进人工智能模式的可解释性，从而帮助预报员更好地理解模式。

此外，不同算法有其各自擅长的领域，没有一种算法可以在所有强对流天气监测预报中都取得最好的成绩。因此，我们需要全面了解各种机器学习算法的优缺点，根据使用场景，选择最合适的算法。“尽管人工智能在多个细分的应用领域已经取得了一定的突破，但目前还没有形成一个统一的能够适用于各种强天气条件下，取代数值天气预报模式的框架。”叶剑波说。

因此，就当前人工智能的发展水平而言，将传统的数值天气预报模式与人工智能结合起来将成为可预见的一个发展趋势。数值天气预报模式往往随着环境初始条件的改变而带有一定的不确定性，而人工智能可以帮助分析其中的不确定性从而改进模式。美国国家飓风中心利用人工智能对多种飓风预报模式进行集成，最后可以较好地预测出飓风运动的轨迹和强度。

“依托数值天气预报模式，利用机器学习进行数值模式后释用，可以极大提升模式的预报水平。”周康辉说，“但需要指出的是，人工智能并不是万能的，其应用基础仍然依赖于高质量的观测数据，可靠的数值模式预报结果以及人类对大气物理的深刻认识，大气科学基础理论才是强对流天气预报突破的基础和土壤。”

本期嘉宾：

- 国家气象中心强天气预报中心预报员 周康辉
- 中国气象局气象干部培训学院教授 俞小鼎
- 美国宾夕法尼亚州立大学博士研究生 郑昕焯
- 美国宾夕法尼亚州立大学博士 叶剑波
- 美国宾夕法尼亚州立大学教授 詹姆斯·王

采访人：本报记者 吴鹏

本期观点：

■气象数据的爆发式增长使得利用人工智能来进行强对流天气监测预报成为必然。人工智能能够有效提取高时空分辨率中小尺度观测数据的强对流特征，为强对流监测提供更全面、更强大的自动化识别和追踪能力。

■强对流天气生成条件的特征和差异是识别的“指纹”。不同算法对于不同类型的天气数据偏好不同，提取特征的能力也因此有强弱之分。与传统的机器学习算法相比，深度学习具有强大的特征提取能力。

■强对流天气数据样本的限制、如何利用机器学习对多源数据进行有效融合、人工智能模式的可解释性差等问题，是当前人工智能面临的挑战。就当前机器学习的发展水平而言，将传统的数值天气预报模式与人工智能结合起来将成为可预见的一个发展趋势。

■人工智能并不是万能的，其应用基础仍然依赖于高质量的观测数据、可靠的数值模式预报结果以及人类对大气物理的深刻认识，大气科学基础理论才是强对流天气预报突破的基础和土壤。



摄影：randy milanovic

### “猫”的现身

无论如何，只要这只“老鼠”现身，不管其隐藏得多么天衣无缝，总会留下蛛丝马迹。在雷达和气象卫星获取的数据中，我们都可以发现强天气留下的痕迹。一般传统做法是预报员根据经验，通过对观测数据设置一定阈值，用肉眼来识别和监测强对流天气，但是需要长时间监视，过于耗费精力。

然而，爆发式增长的气象大数据已经远远超出了预报员主观监测识别的能力和范围，数据中隐藏的有价值细节信息很容易被漏掉。此外，强对流天气复杂多变，如果预报员对于其发生发展规律的认识不够深刻、全面，也很难抓取到一些有效的细节特征来帮助自己识别强天气。

于是，人类训练出了一只“猫”——人工智能，来捕捉“老鼠”。人工智能的最大优势是识别完全自动化、速度快，可以在海量的气象数据中快速抓到这只“老鼠”。

事实上，在天气预报领域，人工智能最早就是用于强对流天气预报。例如，1984年美国国家天气局研发出一种主要用于预测美国中部灾害性雷暴的WILLARD系统；而同期加拿大环境局也开发出一种强天气智能预报终端系统SWIFT，利用人工智能技术来提高数值预报模式的效果。

近20年来，随着人工智能的不断发展，科学家开始探索利用机器学习方法来改进强天气预报模式。事实证明，人工智能在发掘强天气信号方面具有很大的潜力，特别是随着气象探测设备的更新换代，预报员能获得更高精度和频率的数据，这些数据为发现微弱的强天气信号提供了前所未有的可能。此外，近年来以深度学习为代表的算法兴起，在气象大数据的支持下，已经成为强天气

预报的有效手段。

“考虑到人工智能算法在一些模式识别领域(比如图像识别)已经表现出与人类不分伯仲的能力，我们相信人工智能也可以在强天气预测上发现有价值信号，提高大数据处理的效率和精确性，从而提供更加准确、及时的强天气预报。”郑昕焯说。

总之，人工智能能够有效提取高时空分辨率中小尺度观测数据的强对流特征，为强对流监测提供更全面、更强大的自动化识别和追踪能力。

### 人工智能“捕鼠记”

强对流天气生成的四大条件是大气静力不稳定、水汽、抬升触发和垂直风切变。在不同的大尺度环流背景下，这些条件不同的强弱组合就会生成不同的强对流天气。“除了这4个条件外，雷暴大风还需要很强的下沉气流，而强冰雹的产生需要有强而相对持久的上升气流。”俞小鼎说。

强天气生成条件的特征和差异就成为识别的“指纹”，捕捉这只狡猾“老鼠”最为关键的一步就是提前识别出其不同发展阶段的特征，包括对流发生前的大气稳定度状态、对流初生阶段的积云对流状态、对流成熟阶段的纹理特征、上冲云顶特征和微物理特征等。

具体而言，中层径向辐合和弓形回波一般可作为判别雷暴大风的特征；强冰雹最基本的雷达回波特征是“高悬的强回波”；而龙卷风的指示物是中气旋，中气旋的底部越靠近地面，龙卷发生的概率越高。

有了这些“指纹”之后，下一步就是要训练计算机来自动识别这些特征。不同算法对于不同类型的天气数据偏好不同，提取特征的能力也因此有强弱之分。

## 名士观点

如果说，强对流天气像隐藏在阴暗角落里的“老鼠”，它们行动时风驰电掣、异常隐秘，那么人工智能就是人类训练出的一只“猫”，它的最大优势是识别完全自动化、速度快，可以在海量的气象数据中快速发现目标。

### 前情回放

“你完全不知所措。”金姆·麦克威廉斯事后回忆说，“太可怕了，龙卷风呼啸而过，就像在咆哮一般，杂物碎片到处乱飞。”

今年4月15日，一次强度为EF2级的龙卷风袭击美国特拉华州劳雷尔镇，当快速移动的龙卷风撕裂卧室的屋顶时，麦克威廉斯正在熟睡中。“我迅速起身，在客厅的一把躺椅上躲起来，太吓人了。”她说。

龙卷风是强对流天气中最剧烈的一种天气，来势凶猛、破坏性极强。除龙卷风外，雷暴大风、冰雹、短时强降水等强对流天气均具有突发性强、生命史短、局地性强、破坏力大等特点。它们就像是隐藏在阴暗角落里的“老鼠”，行动时风驰电掣、异常隐秘，因此很难捕捉。

全球规模最大的再保险经纪公司之一——怡安集团今年发布的《2018年天气气候灾害年度报告》指出，2018年全球共计发生394起重大自然灾害事件，造成经济损失达2250亿美元。其中，强天气造成的经济损失达360亿美元，占天气相关自然灾害造成经济损失总量(2150亿美元)的近17%。统计结果显示，2000-2017年，强天气平均每年造成的经济损失达260亿美元，仅次于热带气旋(660亿美元)、洪水(490亿美元)和地震(410亿美元)。



4月15日，一次强度为EF2级的龙卷风袭击美国特拉华州劳雷尔镇。

图片来源：美国ABC新闻