



电子战——



上图:欧洲“台风”战斗机的 DASS 电子战系统。

左图:美国海军 E/A-18G“咆哮者”电子战机挂载的 AN/ALQ-249 下一代干扰器。

无形战场的攻防博弈

■王小军

电子防护技术高

面对日益复杂的电子攻击威胁,各国军队持续发展多层次、多手段的电子防护能力。

针对导航信号欺骗,抗欺骗天线是有效的物理层防护手段。这类天线采用阵列设计,能够判断信号到达的方向。由于真实导航卫星信号来自天顶方向,而地面伪造的欺骗信号则来自侧面或下方,因此通过信号的空间来向鉴别,可以滤除绝大多数欺骗信号。

在信号层面,军用导航信号普遍采用加密密码,这些信号由无法预测的伪随机序列构成,是敌方难以伪造的。同时,通过不断更新密钥和引入“导航电文认证”机制,接收机可验证导航数据的真实性。这些加密和认证措施显著提高了欺骗难度。

考虑到任何单一导航手段都存在被干扰或欺骗的风险,现代精确制导武器和作战平台普遍采用多种导航源相互校验的策略。其中,惯性导航系统提供短时高精度的自主定位,卫星导航提供绝对位置参考,地形匹配、景象匹配或地磁导航则作为独立的定位校验手段。当多种导航方式提供的数据出现不一致时,系统可自动识别并排除异常信号,有效抵御单一制式的欺骗攻击。

在通信和雷达领域,跳频、扩频和自适应波束形成等技术被广泛用于抗干扰。跳频技术指通信频率按预定序列快速变化,使敌方难以追踪和阻塞;自适应阵列天线能自动识别干扰方向,大幅提升信号接收的信干噪比。此外,新一代电子战系统越来越多地引入人工智能技术,能够实时感知电磁环境变化,自动识别未知威胁信号并生成最优对抗策略,从被动防御转向主动适应。

人工智能赋能未来发展

传统电子战平台以大型专用飞机为主,成本高昂且数量有限。近年来,利用小型无人机蜂群搭载电子战载荷的思路受到广泛关注。从原理上看,由于干扰

效果与距离的平方成反比,小型干扰源若足够接近目标,只需极小的发射功率即可达到与大平台远程干扰相同的效果。这为电子战力量的分散化、低成本化提供了支持。因此,蜂群中的各无人机可分别承担侦察、干扰、欺骗和打击等不同任务,协同配合,形成分布式电子攻击能力。

人工智能正在深度改变电子战形态。2025年3月,美国空军为 F-15E 和 F-15EX 战斗机的“鹰式被动告警生存系统(EPAWSS)”集成人工智能算法,可对未知雷达信号进行快速捕捉和分析,迅速生成针对性对抗措施。美国雷神公司将“网络分析与数据系统(CADS)”与 AN/ALR-69 数字化雷达告警接收系统结合,使 F-16 战斗机能够实时监测雷达信号、自动识别新型威胁并启动应对机制。

不仅如此,人工智能在电子攻击与电子防护方面均有应用。在攻击端,人工智能算法可辅助实时分析海量电磁信号,自动识别高价值目标并生成干扰计划。在防御端,人工智能赋能的认知电子战系统能够“学习”敌方干扰模式,动态调整抗干扰策略,甚至预测敌方下一步行动。传统电子战系统识别新型雷达信号往往需要数小时甚至更长时间,而人工智能可将这一过程压缩至秒级。可以预见,未来电子战的胜负将在很大程度上取决于谁的人工智能系统学习更快、决策更准。

移动通信技术的飞速发展,也为电子战发展带来新变量。借助成熟的蜂窝网络,无人机可将战场上采集的高质量图像、视频实时回传至后方指挥中心,传输速率高、延迟低,无需依赖卫星通信链路。这种技术路径使得电子战装备的获取和更新的成本大幅降低,也意味着更多装备将具备电子战能力,电磁频谱斗争将更加复杂和激烈。

电子战是电磁空间的无声较量,虽不像炮火轰鸣那样直观,却深刻影响着现代战争的进程与结局。从压制干扰到精确欺骗,从单一平台到分布式蜂群,从人工操作到人工智能自主对抗,电子战的手段在不断演进,攻防博弈永无止境。

卫星在轨识图——

地球观测迈向『边缘智能』

■曲卫

目前正在用的地球观测卫星,本质上就是一台在轨运行的高性能相机,把飞过区域的图像拍下存储,并定期将图像数据传回地面,由相关人员或设备进行图像筛选与判读。近日,国外一家公司完成一项在轨测试:其研制的 YAM-9 卫星搭载特殊软件包,通过运行谷歌 DeepMind Gemma 3“视觉—语言”模型,能够根据用户的自然语言指令,在轨实现图像识别筛选。

所谓“视觉—语言”模型,可以理解作为一种“既能看图,又能理解文字提示”的人工智能模型。它不同于一些目标检测模型,不只是寻找某一类固定目标,而是可以根据文字要求,对图像内容进行语义层面的筛选。例如,研究人员需要“铁路枢纽周边基础设施”图像,模型就可以在卫星获取的图像数据中进行初步筛选和判断。

这项在轨测试证明了这款“视觉—语言”模型可以在卫星上正常运行,并承担数据预处理任务。地球观测卫星每天能拍摄大量图像,但其中真正需要立即关注的只有很小一部分。如果卫星能在轨完成数据初筛,就可以减少无效数据下传,缓解地面的数据分析压力,提高灾害监测、基础设施巡查、农业观测、海洋监视等任务的响应效率。

从技术角度看,这属于典型的“边缘计算”进入太空。边缘计算强调数据在哪里产生,就在哪里进行初步处理,但这对卫星而言并不容易。由于卫星的功耗、散热、存储、算力等受到严格限制,因此不能简单照搬地面数据中心的做法。YAM-9 卫星的软件包经过简化处理,降低了功耗、存储等要求。而这也表明,太空人工智能不仅是算法问题,还是工程、软硬件优化下共同作用的结果。这项技术还展示了地球遥感观测模式的变化。过去,卫星公司的主要价值是提供影像;未来,卫星公司或将直接提供经过筛选的信息。换句话说,卫星服务可能从过去“提供数据”逐步转向“提供信息”。

此次在轨测试尚处于概念验证和工程试验阶段,距离大规模、稳定、实时的在轨应用还有较大差距。其真正的价值在于将地球观测模式向前推进了一步。未来的地球观测系统能越来越多地在太空中完成初步识别和筛选,把更有价值的信息交给地面人员判断,而卫星也将从数据采集平台发展为空间边缘智能节点。



参与此次在轨测试的 YAM-9 卫星。

声波灭火器可抑制火焰生成

美国一家初创公司的工程师利用极低频声波传播距离远、干扰作用稳定等特性,开发出一套全新的声波灭火器,能有效阻断化学燃烧反应。

不同于传统灭火设备多用水或化学药剂达到灭火或隔离目的,声波灭火系统通过极低频次声波产生强烈空气震动,使“氧气分子的震动速度快到燃料来不及充分反应”,进而在短时间内中断燃烧过程。据悉,这套灭火系统目前能在 8 米左右的距离精准压制火势。

声波灭火器主要用于在燃烧反应初期抑制火焰生成,可应对火势较大的山林野火。该系统采用便携式设



声波灭火器的灭火测试。

计,不仅可装进消防员背包,还能安装在房屋屋檐下,在森林野火的火灾余烬接触到房屋的瞬间触发声波灭火系统,从而将其快速熄灭。

“昆虫潜水衣”助蟑螂水下漫步



试验中的蟑螂。

由新加坡南洋理工大学与日本早稻田大学联合团队研发的“昆虫潜水衣”,让蟑螂实现水下漫步。

这套“昆虫潜水衣”是专为马达加斯加蟑螂设计的潜水套件,利用二氧化锰催化剂分解过氧化氢(双氧水),可缓慢释放氧气,同时用微型导管连接蟑螂体侧的呼吸器官,在密封外壳保护下持续供氧,使蟑螂在水下能正常“呼吸”。

(子渊)



前沿技术