

从模型控制到智能学习 从赛场炫技到产业运用

机器人“运动员”是怎样炼成的

张时毓

如今,硬件与算法的升级让机器人从实验室走向更广阔的舞台。2017年,波士顿动力Atlas的跑酷和后空翻展示了高动态、高爆发动作的潜力。2026年,中国宇树机器人在春晚舞台上完成连续花式翻桌跑酷、弹射空翻等高难度动作,实现了全球首次全自主人形机器人集群武术表演。今年4月,索尼开发的乒乓球机器人系统在正式比赛规则下首次击败专业运动员。在2026北京亦庄半程马拉松暨人形机器人半程马拉松比赛中,机器人“运动员”冠军成绩已提升至50分26秒,超越了人类顶尖选手的水平,实现了从能赛到能赢的跨越。

随着基础模型不断发展和运用,运动机器人更加自主和智能

如何驱动机器人完成复杂运动?目前主要有两类主流方法:传统基于模型的控制方法和基于智能学习的方法。

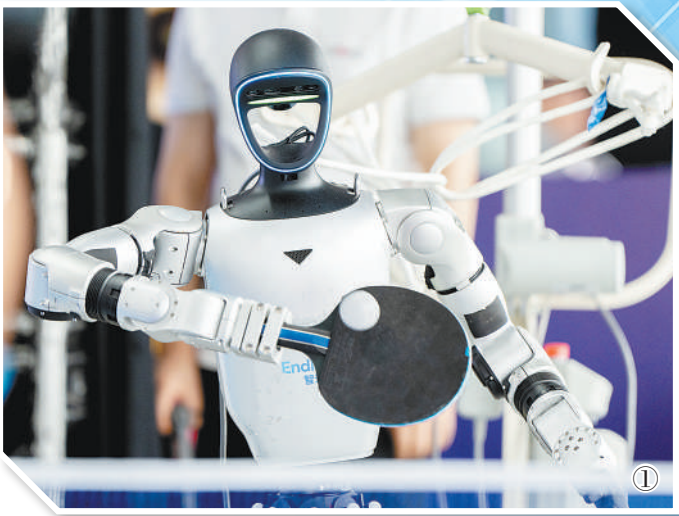
传统基于模型的控制方法高度依赖精确的物理与数学模型,通过精确限制关节位置、力矩等,得以让机器人在确保安全的前提下发挥最大能力。波士顿动力Atlas系列早期采用此类方法,在跳跃等动作中取得了较好效果。然而,这类方法计算量较大,生成的动作有时显得僵硬,难以推广至高度动态的复杂场景。

近年来,基于智能学习的方法逐渐成为主流,包括强化学习和模仿学习。强化学习是让机器人通过不断交互试错探索新的行为模式,并通过“奖励”机制优化策略。比如,在乒乓球运动中“奖励”成功接球并击回的策略,同时“惩罚”失误。谷歌DeepMind通过自主学习训练出竞技乒乓球机器人,在仿真训练与真实对战的迭代循环中持续提升水平。然而,强化学习依赖“奖励”函数的精巧设计,若设计不当可能产生非预期行为。此外,将非精确仿真环境中习得的策略迁移至真实场景也是其面临的一大挑战。

模仿学习则让机器人通过学习经验数据或专家演示,高效掌握多样化的运动技能,合成更自然的动作,甚至保持特定的运动风格。这条路径的核心瓶颈在于示教数据的获取。一种解决思路是利用机器人自身的运动经验,虽然数据可靠,但大规模采集成本高昂;另一种思路是从互联网上丰富的人类运动视频中学习,但必须解决人机形态差异、数据质量参差不齐等问题。针对这一难题,中国银河通用公司的网球对抗控制算法LATENT提供了一种创新方案:从大量人类击球、侧向滑步等运动片段中提取基础动作技能单元,再通过修正与组合,使机器人逐步掌握完整的网球竞技技能。

基于模型的方法和基于学习的方法并非对立,而是相辅相成的。索尼AI的Ace项目就尝试集合两种优势:利用人类比赛数据合成训练集,通过深度强化学习训练策略,再输入优化模型生成安全准确的运动,使其兼具战术多变性与动作安全性。

未来,随着大语言模型、视觉—语言—动作模型等基础模型不断发展和运用,进一步赋予机器人理解世界的能力,机器人的“躯体”“大脑”和“小脑”将更紧密地融合,推动其更加自主和智能。



帮助人类极大拓展探索疆域的能力和边界,推动对自身认知的深化

人类投入大量资源发展运动机器人,其意义不止于观赏或陪练,更多的是对技术高峰的极致追求。1997年,当“深蓝”战胜国际象棋世界冠军时,首届RoboCup赛事也于同年拉开帷幕。当人工智能已在棋盘上超越人类,它将融入躯体,走入物理世界。具身智能,成为下一位登场的选手。

机器人最初的使命,是帮助人类从事危险、辛苦、枯燥的工作。如今,形态各异的机器人已进入工厂、野外甚至太空,帮助人类极大拓展探索疆域的能力和边界。运动能力的突破,使得机器人能在更复杂的环境下执行更艰巨的任务。例如在未来月球科研站建设中,具备灵敏运动能力、持久耐力等特性的机器人将成为不可或缺的助手,它们能够在险峻地形中穿梭,执行重物搬运、设施装配等艰巨任务,支撑大范围巡视探测以及能源站、通信站等基础设施的大规模建造。此外,精准的感知和行动协调能力,也为装配制造、医疗手术等更广泛的应用场景提供基础。

机器人更是一面镜子,映照出人类对自身的想象与追问。仿人躯体设计、感知—决策—执行闭环、神经网络等,均以人类自身作为蓝图。当机器人越来越擅长模仿游戏,分辨人机的图灵测试对它们来说已不再是挑战,我们的问题却并未减少:机器人能否真正理解比赛的意义?是否会因紧张情绪而影响发挥?取得胜利后是否会感到



图①:在杭州机器人学校,机器人进行乒乓球运动训练。方建飞摄(影像中国)

图②:韩国仁川举行的2026年RoboCup机器人世界杯上,足球机器人正在进行比赛。韩联社发(影像中国)

图③:2026北京亦庄半程马拉松暨人形机器人半程马拉松比赛,机器人和人类运动员同台竞技。黄润祺摄(影像中国)

骄傲欣慰?这些问题延伸至那些历久弥新的追问——机器人是否能拥有意识、感觉和自我认知?思考和运动是否能完全由算法模拟?心智与躯体是分离还是统一?回答这些问题,需要数学、物理学、计算机科学、生物学等多个科学领域的共同求索,这将不断推动人类对自身认知的深化。

机器人是迅速成长的学徒,人类则是教学相长的教师。人类培育出自己的伙伴和助手,也在此过程中完成一次次自我审视与拷问,从而更深刻地理解自己、提升自己。

(作者为北京邮电大学智能工程与自动化学院副教授)

科技大观

水是生命之源。地球上的水从何而来?答案可能藏在银河系最寒冷、最黑暗的地方——那些被气体和尘埃笼罩的恒星摇篮里。近期,美国国家航空航天局的SPHEREx空间望远镜项目团队在《天体物理学杂志》上发表一项成果:在天鹅座X等恒星形成区,探测到延展超600光年的广阔冰区。这是人类首次绘制出银河系规模空前的星际冰分布图,为回答“行星上的水最初从哪里来”提供了关键线索——水可能早已以冰的形式存在于星际空间,并随着恒星和行星的诞生,被带入新生的行星系统。

SPHEREx全称为“宇宙历史、宇宙再电离与冰探测分光光度计”,是一台专门进行红外巡天的空间望远镜。简单来说,它是一台能给宇宙“分色”的太空相机。普通相机主要通过红、绿、蓝三原色记录色彩,而SPHEREx能同时记录102种红外“颜色”。它于2025年3月发射,运行在太阳同步极地轨道上,每天拍摄约3600张图像。很多人会把它与詹姆斯·韦布空间望远镜相比较。韦布像一台“超高清显微镜”,能对某个小天区进行极深度、极精细的观测;SPHEREx则更像一台“广角相机”,可以系统性扫描整个太空,效率极高。可以说,韦布负责看清细节,SPHEREx负责看清大局。

星际空间的水绝大多数以固态冰的形式存在。恒星形成区的分子云温度极低,通常只有零下260摄氏度左右。水分子会像冬天窗户上的霜花一样,冻结在微小星际尘埃表面,形成一层层薄薄的“冰衣”。星际冰的探测依赖红外光谱技术,可以理解作为一种“化学指纹识别”:不同冰分子会吸收特定波长的红外光,比如水冰在3.0微米处留下吸收痕迹,二氧化碳冰在4.27微米处,一氧化碳冰在4.67微米处。SPHEREx的102个红外波段正好完整覆盖了这些关键波长。研究团队最初以为只能依靠遥远的背景恒星作为“手电筒”——恒星的光穿过分子云,冰吸收一部分光,从而留下信号。但观测发现,连星际空间弥漫的背景辐射也携带着冰的信息。这一突破使SPHEREx能够以前所未有的广度绘制出冰的分布图。

在天鹅座X区域,科学家发现了一个规律:哪里尘埃最密集,哪里冰就最多。最高的冰浓度出现在分子云最致密的核心区——科学家将这类绵延数百光年的结构称为“星际冰川”。为什么会这样?在极度寒冷的分子云中,气体分子会像雪花一样凝结在尘埃颗粒表面形成冰膜。而最致密的云核就像厚实的“棉被”,能遮挡来自新生恒星的强烈紫外线。没有这层遮挡,紫外线就会像太阳晒化冰块一样,把这些冰分解掉。所以,致密的尘埃环境既是冰的“加工厂”,也是它的“保护伞”。SPHEREx的广域视角还使得不同环境条件下的比较成为可能:水冰、二氧化碳冰和一氧化碳冰的相对丰度会随尘埃温度和紫外辐射强度而变化,这为研究不同冰的形成路径提供了线索。

这张冰的分布图的意义直接关系到行星上水的来源。当一团分子云在自身引力作用下坍缩时,中心会形成新恒星,周围剩余的物质则在收缩过程中越转越快,最终形成一个旋转的圆盘——原行星盘。盘里那些裹着冰膜的尘埃颗粒,携带着氢、氧、碳等生命必需元素,构成了彗星、小行星和行星的原始原料。没有水,就没有海洋;没有碳,就没有有机分子,也就没有生命的基础。SPHEREx绘制的冰图谱,正是在测量银河系中这些原料的储量,表明地球上浩瀚的海洋、彗星上冰封的物质,很可能就来自这类星际冰区。

SPHEREx的任务仍在继续。它每6个月完成一次全天扫描,预计两年内完成4次巡天。随着多次扫描数据的叠加,信号将愈发清晰,科学家能够探测到更遥远、更微弱的冰信号。SPHEREx的全天光谱图将努力帮助回答一系列问题:银河系中,形成宜居行星所需的水和生命起源所需的有机分子分布在哪里?储量有多少?又是如何被输送到新生行星系统中的?我们或许正在一步步接近答案。

(作者为中国科学院大学天文与空间科学学院、国家天文台副教授)

新研究绘制出急性髓系白血病的表观遗传图谱

据新华社赫尔辛基电 (记者朱昊晨、徐谦)斯德哥尔摩消息:瑞典卡罗琳医学院参与的一项新研究通过绘制表观遗传图谱,将急性髓系白血病划分为16个亚型。这一成果有望为未来开展个体化治疗提供研究依据。相关研究成果近期已发表在英国《自然》杂志上。

卡罗琳医学院日前发布的新闻公报说,急性髓系白血病是一种进展较快的血癌。医学界目前主要依据基因突变、基因融合和染色体异常等遗传学特征对患者进行分类和风险评估,但遗传学特征仍不能完全解释患者在病情发展进程和治疗效果方面的差异。

研究人员此次将重点放在表观遗传变化上。通过比较不同患者的测量结果,研究团队将急性髓系白血病划分为16个具有不同的分子和生物学特征的亚型。研究人员表示,表观遗传分型还不能取代现有遗传学分类,但可作为补充,帮助医生更全面地认识患者之间的差异,并为今后制定更加个体化的治疗方案提供依据。

研究发现适当加压即可延长锂电池寿命

据新华社伦敦电 (记者张家伟)英国剑桥大学近日发布公报说,通过对锂电池施加适当且稳定的物理压力,即可让其使用寿命提高1倍。

剑桥大学领衔的研究团队利用充气式气囊持续对软包电池施加稳定压力,并实时监测电池体积变化,以研究压力对电池寿命的影响。实验结果显示,当压力保持在约12.5巴时电池性能最佳。压力过高会导致负极表面析出金属锂,压力不足则容易造成正极材料开裂,都会加快电池衰减。

研究人员认为,这项技术未来有望降低电动汽车电池更换频率,减少废旧电池回收处理压力,并降低锂、钴等矿产资源的需求,从而减轻相关矿产开采带来的环境和社会影响,对快速发展的电动汽车市场尤其是二手车市场具有重要意义。

本版责编:王 慧 黄发红
版式设计:张芳曼

地球之水哪里来? 星际冰图告诉你

王 鑫

创新汇 解读恐龙足迹“无字天书”

本报记者 黄发红 郭梓云

跨越亿年的恐龙足迹常被喻为“无字天书”,蕴含着史前生物的行为密码。如何准确解读这些遗迹化石,一直是困扰古生物学家中的一个难题。近期,德国赫尔姆霍茨研究中心与英国爱丁堡大学的研究团队研发出一款名为“DinoTracker”(恐龙追踪器)的人工智能识别系统。该系统为恐龙足迹形态的量化分析和对比研究提供了一种新方法,意味着该领域研究正从主观经验判断迈向客观数据支撑的新阶段。

“这款由人工智能驱动的系统,使我们不再单纯依赖人类的主观判断。”德国赫尔姆霍茨研究中心人类研究员格雷戈尔·哈特曼博士在接受本报记者采访时表示。

恐龙足迹作为化石遗迹的重要组成部分,是极为珍贵的行为记录。与骨骼化石不同,清晰的足迹能精准揭示恐龙的移动方式、奔跑速度、身体重心分布,甚至能判断其是独自行走还是群体迁徙,以及当

时的环境特征。然而,一枚足迹的最终形态受足部结构、行为状态、地层质地及后期埋藏侵蚀等多种因素影响。过去,古生物学家主要依靠人工标注和经验判断进行分类,这种方式容易产生偏差,成为研究瓶颈。

为突破这一瓶颈,研究团队收集了约2000张涵盖兽脚类、鸟脚类、四足行走类恐龙及鸟类等主要类群的足迹轮廓图像,输入无监督机器学习模型进行训练。系统最终自主识别并分类出脚趾展开程度、脚跟受力位置、足迹左右不对称性等8个独立的形态特征。

哈特曼介绍,这种无监督学习模式的独特之处在于,模型未接受任何人类经验的预先灌输,能够不带偏见地“独立思考”,以量化方式判断足迹间的异同,甚至能发现人眼难以察觉的细微规律。研究显示,该系统能稳定提取足迹形态特征,其分析结果与古生物学专家的分

类结果高度吻合,匹配度高达90%。此外,系统还能生成可视化图像,直观呈现形态特征对足迹的影响,为科学家在考古学和古生物学领域解开更多谜团提供帮助。

通过这一模型,研究团队发现部分形成于2亿多年前的恐龙足迹,与现代及已灭绝鸟类的脚印具有惊人的相似性。基于这一发现可推出两种可能性:一是鸟类的起源可能比此前认知早数千万年;二是某些早期恐龙虽未与鸟类产生直接演化关联,但其足部结构因趋同进化而与鸟类高度相似。此外,该模型还发现,苏格兰斯凯岛一处形成于约1.7亿年前的潟湖岸边神秘足迹,很可能属于全球已知最古老的鸭嘴龙类近亲。这项研究为理解史前生物如何生活和迁徙提供了新思路。

不过,目前该系统也面临着数据量偏小的挑战。“对于深度学习而言,2000张图像的数据量有限,可能导致模型”死记硬