



天上的“眼睛” 这样看清地面物体的“指纹”

◎ 实习记者 孙明源

9月7日11时01分,我国在太原卫星发射中心用长征四号丙遥四十四运载火箭成功发射高光谱观测卫星。该卫星的使命是对我国大气、水体、陆地环境进行高光谱观测。

作为遥感技术的前沿领域,高光谱遥感对于很多人来说仍然是个比较“遥远”的专业名词。

其实,高光谱的含义并不神秘。在接受科技日报记者专访时,高光谱观测卫星副总设计师李云端和江苏省农业科学院信息中心遥感大数据方向负责人毛星做出了相关的科普。

原来,高光谱遥感就像一只“眼睛”,只是它探测的光谱范围比人眼宽得多,也精细得多。而地面上的每种物体都有自己独特的光谱特征,就像“指纹”一样,专家通过高光谱观测卫星获得的光谱信息就能识别出地物成分。

可以识别“指纹”的“天眼”

在高光谱观测卫星上,一共装载着七台遥感仪器,包含两台陆表成像仪与五台大气成分探测仪,探测波段覆盖了从紫外到长波红外波段,采用高光谱及高精度偏振等多种手段,获取大气和地表的几何、辐射、光谱和偏振等多种信息。

之所以说高光谱观测卫星就像“眼睛”,是因为卫星和人眼一样,都是通过获取光谱来采集信息的。但是,人眼的观测范围十分有限,仅限于对可见光频率范围内的观测,而高光谱观测卫星的“可见”范围要广得多。毛星介绍说,遥感仪器除了探测可见光到短波红外,还可以探测紫外、中红外和热红外等波段。如果把高光谱设备比作一台相机,它的功能就是可以在每个光谱波段拍一张照片,比如有的传感器在400—2500纳米范围内有330个光谱通道,就意味着,它一次能拍摄同一个区域的330张照片。

李云端以卫星上搭载的七台遥感仪器为例进行了深入解读:“卫星上搭载的可见短波红外高光谱相机可以在可见光到短波红外范围内连续光

谱成像,它探测的光谱范围比人眼宽得多,也精细得多。它可精细识别各种地物,可以应用于生态环境监测、水体环境监测、地质找矿等领域。卫星上的另外六台载荷也很有特点,如全谱段光谱成像仪能获取中波红外波段的地物辐射信息,精确探测地物温度和干旱等情况。大气痕量气体差分吸收光谱仪可以获取紫外到可见光的高光谱信息,探测大气中二氧化氮等污染气体,这种大气中二氧化氮的浓度大概为10ppb量级(ppb为十亿分之一),探测精度必须要求很高。多角度偏振成像仪和高精度偏振成像仪两台仪器对大气联合探测,可以监测全球大气细颗粒物污染(PM_{2.5}/PM₁₀)情况。温室气体监测仪可以同时探测大气中的二氧化碳和甲烷。吸收性气溶胶探测仪可以在有薄云的情况下高分辨率探测雾霾分布。”

卫星收集到大气和地表的光谱信息,包含了各种目标地物的光谱特征,这些地物都有自己独特的光谱特征,就像人的指纹一样,而科学家就可以利用这些光谱信息识别出地物成分。

遥感仪器除了探测可见光到短波红外,还可以探测紫外、中红外和热红外等波段。如果把高光谱设备比作一台相机,它的功能就是可以在每个光谱波段拍一张照片,比如有的传感器在400—2500纳米范围内有330个光谱通道,就意味着,它一次能拍摄同一个区域的330张照片。

先进技术解决遮挡、混叠问题

我们可以将地物的光谱特征比作指纹,但现实当中的指纹识别是存在模糊、混淆等问题的,高光谱观测卫星会不会遇到这个问题呢?毛星表示,在高光谱观测的实际应用中很容易存在异物同谱和同物异谱的现象,例如树和草地的光谱曲线有时看起来就是差不多的,同一棵树从两个位置观测得出的光谱曲线也可能存在差异。实际应用当中,为避免以上这两种情况,科学家不仅会利用物体的光谱信息,还要结合物体的空间位置信息来进行区分。

除了异物同谱和同物异谱等问题,李云端介绍说,当高光谱仪器的一个像元中观测到多种物质时,会出现光谱混叠的现象。科学家依靠成熟的算法解开混叠,该算法可以根据不同成分对光谱的影响程度,计算出不同成分的含量。此外,科学家们还在研发新一代高光谱成像仪,以进一步提高成像仪的空间分辨率,使获取的光谱“更纯”,一定程度上减少光谱混叠。

用好数据是最后一关

今年7月,国家国防科技工业局重大专项工程中心的工作人员曾向科技日报记者解读高分专项和具体应用之间的关系:“打个比方来说,我们提供的高分数据就像是食材,各个机构开发出的具体应用就像是菜肴。我们的期望就是政府部门和社会力量能把数据用好,把这道菜做好。”在得到“生食材”观测数据之后,科学家和技术人员还需将其进行处理、分析,才能形成有价值的“佳肴”研究成果。

李云端解读说,获取数据后还有很多工作,不同类型遥感仪器的处理也不一样。总的来说,分析流程可以分为数据处理和生成产品两大部分,地面系统负责进行数据处理,各用户完成产品生成工作。而地面处理主要包括辐射定标、光谱定标、几何定位等工作,有的干涉型载荷还需要进行谱复原等处理。在这个基础上,用户可以利用卫星数据生成七十多种产品。

光谱识别的困难可以依靠算法解决,听起来同样难办的“物理遮挡”也有先进仪器和算法来专门对付。对于云层造成的阻碍,李云端解读说,云层确实会阻挡可见光和红外观测地表,但高光谱观测卫星上的吸收性气溶胶探测仪可以通过紫外线透过薄云观测雾霾和吸收性气溶胶的分布情况。毛星补充说,高光谱观测除了传统的去云技术,也有研究在用一些深度学习技术去还原云层遮挡部分。

而对植被,作为农业科学院的研究人员,毛星表示,植被一般是研究目标或者背景地物,不是干扰项。李云端提醒,生态环境、农业和林业等用户都需要直接观测植物,因此它本身就是重要的观测目标。在需要观测地表时,植被确实会造成阻碍,但植物会吸收土壤中的成分,不同成分的土壤会改变植物叶子的光谱曲线。比如,已有文献表明植物叶子的光谱曲线与地下的油气资源有较强的相关性。

作为高分数据的用户之一,毛星表示,高光谱遥感在农业应用中十分广泛,可以用于农作物估产、长势监测、病虫害识别、农作物精细分类、杂草识别等工作。李云端介绍说,除农业领域以外,卫星也将为国内各行业用户提供更精准的高精度、高光谱遥感数据,包括我国环境的综合监测和监管,以及自然资源勘查、防灾减灾、林业资源清查、气候变化研究等领域。

此外,高光谱观测卫星还有个值得一提的功能——它是我国目前唯一可用于大气污染气体探测的有效载荷,可单日覆盖全球污染气体监测,服务于我国“大气污染防治”及“臭氧和PM_{2.5}协同探测”等国家战略。大气主要温室气体监测仪(GMI)可实现1—4ppm的二氧化碳探测和30ppb的甲烷探测,让碳排放无所遁形,为我国“碳达峰与碳中和”战略提供重要支撑。

新知

2000万年前短面獾化石现身 这种动物或有强扩散能力

据新华社(记者金地 董瑞丰)记者从中科院古脊椎动物与古人类研究所获悉,科学家在内蒙古中部发现了一批约2000万年前的短面獾化石。经研究发现,这种在地质历史上只“短暂”存在过的獾科动物,可能与现生的多种刺猬一样有着非凡的扩散能力。相关研究成果近日已在线发表在国际期刊《历史生物学》上。

论文第一作者、中科院古脊椎所李录博士介绍,短面獾的化石十分稀少,这批化石主要包括准噶尔合短面獾较为完整的头骨及其他两种短面獾的下颌、牙齿等。

短面獾,顾名思义,具有奇特的面部短缩的特征。“短面獾头骨尤其是面部按照长宽比例相较于其他獾科动物短了四分之一至三分之一,牙齿数量也更少。这种特殊的形态可能是为了改变食性,从而减少和其他獾科动物及习性相似动物的竞争。”李录说,比如短面獾具有和食肉类动物相似的裂齿,这可能意味着高度的食肉性。獾科动物是机会主义者,捕食对象以无脊椎动物为主,但短面獾可能更偏向于捕食脊椎动物。

据介绍,短面獾亚科在约3000万年前出现在蒙古国,在约2100万年前的早中新世开始在北美洲西部出现,而已知的最晚纪录是在约900万年前晚中新世的美国。相比亚洲其他短面獾,准噶尔合短面獾与北美洲短面獾的亲缘关系更加密切。据此推测,与准噶尔合短面獾关系密切的一支短面獾,可能在早中新世早期和若干食肉类动物一起扩散至北美洲。

而化石的发现地与首次发现准噶尔合短面獾的新疆富蕴距离超过2000公里,也证实了短面獾和现生的多种刺猬一样具有非凡的扩散能力。3种短面獾化石的发现表明短面獾在适宜的环境中具有相当高的分化和多样性。

尽管有着很强的扩散能力,但相比其它獾科动物,短面獾的存在时间却很“短暂”。李录解释,扩散能力不能作为衡量动物生存适应性的唯一指标,灭绝可能是多种因素造成的:短面獾可能以食肉为主,这导致其食性与其它獾科动物相比过于单一;非常特化的形态特征给短面獾预留的形态变化余地非常少,这使其很难在短时间内进行调整;而气候环境变化导致包括短面獾在内的北美洲所有獾科动物在晚中新世全部灭绝。

前沿生物技术结合算法 揭示人类植入前胚胎的“秘密”

科技日报(记者张景阳 通讯员胡红波)记者9月14日从内蒙古大学省部共建草原家畜生殖调控与繁育国家重点实验室获悉,基于人工智能的算法,我科研团队研发了首个人类植入前胚胎谱系机器学习预测分析平台(以下简称分析平台),通过增量特征选择算法来预测人类植入前胚胎的“秘密”。与此同时,科研团队还研发出造血干细胞(HSC)分化发育阶段预测器,可帮助临床医学人员更好地理解HSC在发育过程中的分化命运。

了解人类早期发育的遗传基础不仅对哺乳动物胚胎发育机理和干细胞生物学研究具有重要意义,而且对再生医学、不孕症治疗以及更好地了解先天性疾病的原因也具有指导作用。

近年来,高通量测序、单细胞组学和基因组编辑等前沿生物技术的快速发展以及早期人类胚胎新型干细胞模型的构建,使得利用人工智能和机器学习等数据科学方法,直接在人类细胞和胚胎中进行功能基因组相关的生物信息学研究变得可行。

内蒙古大学该科研团队负责人左永春教授介绍,他们创建的分析平台将前沿生物技术与人工智能技术相结合,集成了三种特征选择方法,即主成分分析、F-score算法和方差平方系数;以及四种不同组合的经典人工智能算法,并通过增量特征选择算法来预测人类植入前胚胎谱系细胞。使用该平台预测的因子能够分类不同的胚胎谱系及其发育轨迹,并对候选谱系特异性基因进行详细讨论,以探索胚胎异质性的转变。因此,该工具可以快速有效地揭示潜在的谱系特异性和阶段依赖性生物标志物,并为发育生物学研究提供新的见解。

加工精度达14纳米 蛛丝机器人可在人体内游动

据新华社(记者董雪 周琳)形似长着须子的小鱼,可以在人体血糖环境中游动,当环境达到设定条件就能自动降解,释放出药物……近期,中国科学院上海微系统与信息技术研究所陶虎团队与上海交通大学夏小霞、钱志刚合作,用基因重组的蜘蛛丝蛋白3D打印出纳米机器人,加工精度达到14纳米,这一技术有望用于智能仿生感知、药物递送纳米机器人等领域。相关研究成果日前发表在国际知名学术期刊《自然·通讯》上。

人们生活中毫不起眼的蜘蛛丝,其实是自然界中的一种高强度纤维,它的硬度和韧性甚至要比同尺寸的钢丝强上一倍,但缺点是产量小且非标准化。

为了批量获得“升级版”蜘蛛丝蛋白,研究人员从天然蜘蛛丝中提取出一段强度表现好且重复性好的基因序列,转入大肠杆菌中培养,进而生成3D打印所需的蜘蛛丝蛋白。

用电子束进行三维光刻可以进一步提高加工精度,但此前由于各类材料强度不够,电子束三维光刻容易坍塌。因为经常与蚕丝、蜘蛛丝打交道,陶虎想到了蜘蛛丝蛋白。“太不可思议了!蜘蛛丝蛋白天然抗菌,力度好,可降解,成功实现三维光刻,并将3D打印的加工精度从百纳米级提升到了14纳米。”陶虎说,“14纳米相当于蜘蛛丝蛋白单个分子尺寸,已经逼近了精度极限。”

因为要在血液等环境中游动,纳米机器人被设计成了鱼的形状,“小鱼”身上最精细的部位是它的须子,只有50纳米粗细,约为头发丝直径的千分之一。

有趣的是,这样3D打印出来的“小鱼”虽然没有动力系统,但却可以在人体血液中自由游动。研究人员从基因层面对蜘蛛丝蛋白做功能化修饰,使“小鱼”可以将人体内普遍存在的葡萄糖作为生物燃料,发生化学反应生成氧气,一个个包裹着氧气的小气泡围绕在“小鱼”周围,当气泡破裂便可驱动“小鱼”向特定方向游动。

保护旱区生态 目光别只停留在植物上



◎ 本报记者 颜满斌

在生态系统中,旱区生态系统由于其脆弱性和低稳定性,成为对气候变化和人类活动最敏感的地球陆地生态系统之一。

近几十年来,在全球变化的背景下,旱区的干旱程度加剧,旱区生态系统正面临着严重退化的风险。因此,生物多样性与生态系统功能,尤其是多功能性之间的内在关系及其调控机制,以及旱区生态系统如何长期有效维持功能多样性并为人类社会服务,一直是生态学研究的核心和热点问题之一,也是国内外生态学者的核心和热点科学问题。近日,一项新的研究成果在线发表在《自然·通讯》上,为这一科学问题提供了新的观点。

干旱对土壤功能的负效应可能低估

自2013年以来,兰州大学邓建明团队通过在我国北方旱区建立东西横跨近5000公里直线距离的自然样带,连续进行多年野外大规模调查取样。他们收集了2万余份样品/数据,结合室内控制实验,联合英国曼彻斯特大学和瑞士苏黎世大学,利用二代高通量测序等技术,揭示了植物和土壤微生物多样性对生态系统多功能性的影响与调控模式,将随着气候与环境条件

的改变而变化,而非遵循某一具有普适性的调控模式。

相比于单个土壤功能,土壤多功能性对干旱的响应更敏感。因此,对单个功能或过程分析的结果往往低估干旱对土壤功能的负效应。细菌、真菌和古菌等土壤微生物多样性及土壤功能与多功能性,沿干旱梯度呈非线性变化趋势,且植物和土壤微生物多样性与多功能性关系的相对强度沿干旱梯度发生了转变。

针对研究中发现的转变机制,研究者提出,生态系统多功能性的动态变化主要由植物多样性及其生产力和土壤微生物多样性进行联合调控;在半干旱与干旱半湿润区等低于干旱水平下,随着干旱程度的增加,植物多样性及其生产力快速下降成为土壤多功能性的关键限制性因素,土壤微生物多样性及其功能服务则相对冗余,土壤多功能性遵循自上而下的调控原理,因此可预测植物多样性与多功能性将呈现较强的正相关。相反,在高于干旱水平下,如在干旱与极旱区,随着干旱程度的增加,土壤微生物多样性及其生物量的急剧下降,以及生物残体分解难度大幅增加和分解速率的下降,致使土壤微生物多样性成为土壤多功能性的关键限制性因素,即土壤多功能性遵循自上而下的调控原理,因此可预测土壤微生物多样性与多功能性将呈现较强的正相关。

上述科学假说在本研究中得到了很好的野外调查实验与室内控制实验验证。

更重要的是,研究团队还发现,随着干旱胁迫的增加,植物与土壤微生物多样性对多功能性的调控机制在约0.8的干旱水平(即干旱与半干旱气候的分界线),将由自下而上的调控模式转变为自上而下的调控模式。

高排放情景下我国旱区或将大幅扩张

研究者对在未来中等排放情景(RCP4.5)和高排放情景(RCP8.5)下,我国北方干旱与极旱区(干旱水平高于0.8)的面积变化特征也进行了进一步的预测。

他们提出,在高排放情景下,21世纪末该区域面积相比1970—2000年,将扩张高达28%,扩张将主要发生在内蒙古自治区的中部和东部。

该研究结果对在全球气候变化背景下因地制宜地制定我国旱区的生态管理与保护政策等方面具有十分重要的科学指导意义。如在低于干旱水平区域,植物多样性及其生产力是影响生态系统功能与稳定性关键限制性因素,这意味着该区域的生态保护更应优先保护植物多样性;而在高于干旱水平区域,土壤微生物多样性作为影响生态系统功能与稳定性关键限制性因素,因此,更优先保护该区域的土壤微生物多样性如土壤结皮则极为重要。

视觉中国供图