

前沿周刊 / 科技

国内首款采用单曝光压缩光谱成像技术的高光谱成像相机面世——“魔法”相机，看见“看不见”

新一轮科技革命蓬勃兴起,学科交叉融合已成为科学突破的重要途径。西湖大学科研人员研发的国内首款采用单曝光压缩光谱成像技术的高光谱成像相机,就是在光学基础上,结合人工智能技术的突破性算法,推动智能成像系统革新,为智慧农业、环保监测、电力巡检等场景应用提供便利。



■ 本报记者 王雨红 通讯员 张弛

天空中,一架普通的无人机缓缓飞过,机腹挂着一台不足1公斤的相机。十几分钟后,它就能为1.5平方公里大地出具一份“体检报告”。

或许有人会说,这样的无人机巡逻不是很常见吗?但你不知道的是,这个家伙能看见“看不见”。

比如,它能精准判断山林间冒出的云团是烟还是雾,也能指着一条清澈的河流说被污染了,甚至能知道哪一片树叶正在缺水“喊渴”——奥秘就在相机里。

这是西湖智能视觉科技(杭州)有限公司最新研发的单曝光高光谱相机,采用单曝光压缩光谱成像技术,通过光学硬件和算法突破塑造了一双会透视的“眼睛”,从而看见更真实的世界,此为国内首款。

如今,这台能看见“看不见”的相机已走出实验室,广泛应用于智慧农业、环保监测、电力巡检等领域。这段时间,研发团队一边迭代升级算法系统,一边根据市场需求,向工业质检、临床医疗等方向拓展。

拥有神奇“魔法”的相机,如何看清世间万物本质,帮我们轻松攻克生活中的难题?不妨一起跟随镜头,开启一趟神秘之旅。

“火眼金睛”妙用广泛

在杭州云创硅谷园一幢办公楼内,记者见到了这台“宝藏”相机。相机就摆放在在公司入门最显眼处,约20厘米长、10厘米高,形似墨盒,通过几根数据线与电脑连接。

如果你对单曝光高光谱相机的感知还不那么真切,先来看看几个它“大显身手”的场景——

几天前,相机研发团队带着装有单曝光高光谱相机的无人机,来到西湖大学云谷校区旁一条河道。他们要在不使用任何化学试剂、不采集水样的情况下,为其拍照,进行“全身体检”。

“开始扫描。”一声令下,操作人员熟练操控着手柄,无人机缓缓升空,沿河道匀速飞行。大约10分钟后,无人机平稳降落,河道的“体检报告”也同步生成。

回到实验室,研发团队通过分析“体检报告”,发现该河道上游和下游区域的氮浓度明显高于中游,磷浓度则呈现“中间高、两端低”的特征。这意味着看似清澈的河道,其实中游水体已经富营养化。

为了验证结果的准确性,水质检测员还采集了11个点位的水体样本进行比对。意料之中,结果一致。

神奇的“魔法”,在森林防护中同步上演。夏日的清晨,吉林某片山林间薄雾缭绕,无人机搭载着单曝光高光谱相机从森林上空飞过。

几分钟后,团队就从照片里发现了异样:氤氲的薄雾中“混入”了山火初期形成的烟雾!护林员根据照片很快找到相应位置扑灭火苗,避免了一场森林火灾。

放在往常,天刚蒙蒙亮,护林员就要准时起床背上一堆装备,穿行于一条条山间小路,对可能发生火灾的每一处细节都进行预判和处置。工作量繁重不说,即便是经验丰富的老员工,也难以快速用肉眼分辨云雾和山火刚形成时的烟雾。另外,24小时应急响应机制对他们的精力也是巨大考验。

在农业领域,单曝光高光谱相机凭借“看得见更看得懂”的专长,几乎能渗透到作物育种、田间管理、收割后品质分选全流程进行“技术指导”,实现长势精准监测、病虫害预警和产量预测,推动农业向智能化、精准化方向深度变革。

工业领域中的产品质量检测、材料分类和污染监测等,也能借助单曝光高光谱相机来完成,尤其在食品、制药等对精度和可靠性要求极高的领域,价值更加凸显。

单曝光高光谱相机之所以能在各个领域游刃有余,是因为自然界中任何微小变化,都逃不过它的“眼睛”。

放眼宇宙,任何会发光、反光、吸光的物体,都会以独特的方式“拆解”或“组合”不同颜色的光线,形成自己独一无二的 spectra,仿佛是自己的“身份证”。牛顿的三棱镜把太阳光折射成七色彩虹,验证的就是这个原理。

“外界的变化,会改变物质本身的光谱形状。”公司创始人,西湖大学工学院感知与计算成像实验室负责人袁鑫打了个比方:世间万物就像一个歌手,每种物质都有属于自己的“歌声”,也就是光谱。当环境变化或自身状态异常时,“歌声”就会走调,光谱也会随之发生变宽、偏移等现象。

利用这样的原理,单曝光高光谱相机如孙悟空的火眼金睛,在生活的方方面面发挥作用。

比如,它能在一堆绿植中,快速帮植物学专家分析哪棵的叶绿素含量在流失,哪棵即将发生病虫害;也能变成考古学家的帮手查清颜料“底细”,鉴别文物真假。

施“魔法”的数学理论

针对肉眼看不见的事物,目前全球已有相对成熟的监测手段和计算模型,比如光谱扫描仪、遥感卫星等。西湖智能视觉科技的单曝光高光谱相机有何不同?

“更快,更清晰。”袁鑫的回答简洁干脆。

事实上,这些设备的工作原理相似:首先,“抓住”物体中蕴藏的光,然后把光逐一“拆开”,用算法测出每种光的长度,形成光谱。

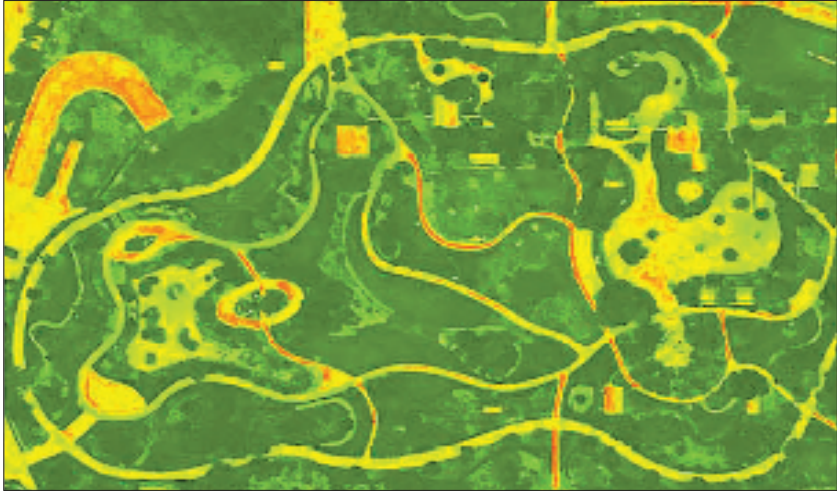
只不过光谱扫描仪、遥感卫星等技术的“抓光”方法是逐点或逐面多次扫描,整个过程需要几分钟甚至数小时。单曝光高光谱相机只需拍摄一次,且从“抓光”到形成光谱,仅在毫秒之间。

取胜的不止速度,成像也更加清晰。

不管是光谱扫描仪、遥感卫星,还是单曝光高光谱相机,最终都会把光谱转换成图像,即光谱成像技术。这是一种“既能拍照又能分析成分”的方法。

遥感卫星拍摄的地球云图影像用的就是该技术。但它的观测方式是“粗颗粒”的,能识别云层运动这样的宏观现象,却无法识别地表物质的微观特征。

想象你正在听一首交响乐,传统的光谱成像技术能让你“看到”整支乐团的分布,如小提琴在左边,大鼓在后面。而西湖智能视觉科技采用的单曝光压缩光谱成像技术,还能知道小提琴和大鼓分别在第几排、第几列。



城市公园卫星图(上)和单曝光高光谱相机拍摄的城市公园光谱图(下)。

究其原因,是这些设备中传感器的光谱通道数量不同,也就是把光线按颜色分门别类记录的工具。光谱通道越多,能看到的信息也就越多、越清晰。

遥感卫星大约有几十个,单曝光高光谱相机可以达到100个。

最早为单曝光高光谱相机这块“魔镜”施法的,是一个数学理论:压缩感知理论。

21世纪初,数学家们证明了高维信息可以“边采样边压缩”,用远少于传统方法的数据量,通过算法精准还原原始信号。这相当于用残缺的拼图推理出完整图案。

这一突破性数学理论,如苹果砸向牛顿那样,也“撞”开了袁鑫心里的一扇门——能不能把这个原理应用于计算成像领域,让相机在拍摄瞬间先把大量光谱“打包”压缩,随后通过算法解压,还原所有光谱的细节信息?

“图像采集不难,难的是后续处理。”想法诞生后,袁鑫和团队每天泡在实验室写算法、建模型,如此往复,整整五年。

因为按照当时的技术,采集一张图像仅需1毫秒,但将其中的信息解压还原却要耗费一整天。“说到底,还是模型和算力不够高效。”这种“快拍慢算”的境遇,把袁鑫困在实验室。

这是一次从“0”到“1”的突破,也是一场与自己的较量。有时候,开发了近1个月的数据模型,会因为一个代码设计问题只能推翻重来。

夜深人静,团队成员孟子艺偶尔会盯着电脑屏幕发呆。他不知道这样的重复、循环还要多久。

“快了,也许明天就成功了。”袁鑫见状总会拍拍这位老朋友的肩膀,给予他鼓励,也给自己打气。

欣喜的是,在团队不断优化数据模型的同时,我国算力产业也在飞速发展。深度学习等算法的突破,为他们的

数据处理注入了强大动能。

2019年的一天,和往常一样,袁鑫和团队成员们早早来到实验室。昏暗的空间里,光学平台上堆满各类镜头、反射镜和传感器组件。那天,他们准备对新搭建的一个模型进行测试。

调整镜头、校准光线位置和强度、鼠标点击数据处理按钮……“咔嚓”一声,镜头前的乐高小人,不到1秒就出现在了电脑屏幕上。这不是普通的拍照,而是要先拍下它的光谱,再通过系统解读其中的信息,把乐高小人在电脑里还原出来。此前,整个过程起码需要24小时。

“是不是成了?”这是团队从实验开始就想达到的理想状态,但五年来从未实现过。大家兴奋地凑到屏幕前,又很快陷入怀疑。

“应该是成功了。”袁鑫自言自语,心里有些许笃定,又拿着乐高小人反复拍摄。那天他像打了鸡血一样,乐此不疲地从白天拍到晚上,饿了就用开水和面包对付几口,每次数据处理结果显示都只有几十毫秒。

超万倍的提速,让高光谱成像实现了“所见即所得”。

从实验室走向“货架”

激动之余,团队很快考虑起另一个问题:如何把这个成果“搬”出实验室,走进日常生活?

带着最新的研究成果,袁鑫有空就去参加各类学术交流会、论坛讲座等,了解行业最新动态、寻找潜在客户。2020年某次学术交流会后,中国林业科学研究院亚热带林业研究所一位负责人主动找上了门。

“我们在浙江有一片1000多亩的林场,能否利用你们的技术,对生物多样性和病虫害情况进行快速精准监测?”会议室里,该负责人开门见山。

过去,这样大规模的林场监测主要依托卫星遥感、人工巡查和小型无人机,耗时耗力。即便是卫星遥感技术,也会因分辨率不够导致部分结果缺乏精细度。

此后一年多,负责研发的成员开始设计产品图纸,擅长应用的则琢磨起生产材料、工艺。大家分工明确,终于“拼凑”出了一台单曝光高光谱相机样机。

实验室桌上,尽管样机“身材”有些魁梧,是新一代产品的两倍大,大家还是像围着新生儿那样看了又看,很是稀奇。2022年,团队成员带着这位“新伙伴”,在那片千亩林场上成功开启首次“实战”。

与此同时,西湖大学也努力当好“摆渡人”。先后帮西湖智能视觉科技申请到500万元“西湖英才计划”补贴、助推其入选浙江省专精特新企业……“从前期的寻找办公场地、申请政策补贴,再到如今的相关资源链接,我们全天候当好‘店小二’。”西湖大学成果转化办公室主任徐贝说。

西湖智能视觉科技的这项新成果,逐步从实验室走向“货架”,在业内口口相传。目前,公司已完成超五十万元的Pre-A轮融资(即创业公司在天使轮融资之后、A轮融资之前的过渡性阶段,主要用于完善产品或验证商业模式)。

这段时间,袁鑫和团队又在谋划建立一个大数据库,把已经采集到的物质光谱信息整理归纳,为它们打造一个“收纳神器”,提高数据分析对比效率。同时,市场调研不断深入,应用场景也在丰富。

正如袁鑫所说:“最好的技术,永远生长在解决问题的土壤里。”

延伸阅读

从古至今，探寻光的奥秘

日常生活中,闭上眼睛那一刻,世界仿佛被“关机”了——色彩、形状、窗外的风景,全都消失得无影无踪。可当你睁开眼,一切又像按下“重启键”般回来了。在背后操控这场视觉魔法的“魔术师”,其实是光。

光,不仅在日常生活中扮演着关键角色,而且也一直是科学探索的重要领域。通过深入探讨光的起源、特性、传播途径及速度极限,我们能深入剖析出自然界的神秘与美妙之处。从古至今,关于光的讨论从未停止。

光的早期探索

在古希腊,柏拉图和毕达哥拉斯曾认为眼睛是光的发射源,光线从眼中射出,触碰物体后带回信息,视觉从而产生。这一观点虽带有臆想成分,却开启了人类对光与视觉关系的探索之门。

到了中世纪,阿拉伯学者阿尔哈曾站了出来,用“若眼睛能发光,为何黑暗中看不见东西”的疑问推翻了前人的观点,提出眼睛是光的接收器,物体反射太阳光进入眼睛才形成视觉,为现代光学理论奠定了基石。

同一时期,中国古代的《墨经》也记录了小孔成像等诸多光学现象,展现出古人对光线传播特性的精妙洞察。

微粒说

1666年,艾萨克·牛顿让阳光透过三棱镜,折射出一道如彩虹般绚丽的彩色光带。红橙黄绿蓝靛紫依次排列。这一奇妙现象让牛顿坚信,光由无数微小的粒子组成。依据这一理论,光的反射就如同粒子撞击镜面后的反弹,折射则是粒子在不同介质中速度改变导致的路径偏折。

波动说

19世纪初,英国科学家托马斯·杨开展了双缝干涉实验,他让一束光穿过两条狭缝后投射到屏幕上,立即出现了一系列明暗相间的条纹,宛如光在欢快地舞蹈。这一结果与微粒说的预期截然不同,却完美契合了波动理论——光如同水波一般,相互干涉,波峰与波峰叠加处变亮,波峰与波谷相遇处则变暗。

后来,英国物理学家麦克斯韦通过深入探究电与磁的奥秘,推导出了震撼世界的麦克斯韦方程组,成功预言了电磁波的存在,并发现光的传播速度与电磁波速完美契合。

波粒二象性

1905年,阿尔伯特·爱因斯坦为这场持续数百年的纷争画上了休止符。他提出,光的能量并非如传统认知那般连续分布,而是由一个个不可分割的“量子”——光子组成。

这就解释了为何低频光无论强度高,都无法激发电子,因为单个低频光子的能量不足以克服金属原子的引力;而高频强光则能激发出更多电子,因为高频光子能量大,且强光意味着光子数量多。

光在现代科技中的身影

在信息通信领域,从我们日常流畅的网络视频通话,到金融市场高频交易的数据传输,再到科研领域大规模数据的交互共享,光通信无处不在,真正实现了“天涯若比邻”。

在医疗领域,光能够聚焦超强能量,对病变组织实施“定点打击”,如眼科手术中,飞秒激光以其超短脉冲和极高精度,轻柔地切割角膜,矫正视力。

工业制造领域同样是光的“主战场”,激光切割、焊接技术凭借其高精度、非接触式加工的优势,为制造业注入强大动力。 (本报记者 王雨红 整理)