

◆文物的数字“指纹”是这样采集的

日前,记者走进位于天津大学智能与计算学部大楼一层的实验室,这间实验室正是冯伟教授团队领衔的“馆藏文物数字指纹提取鉴别与身份智能管理关键技术”国家重点研发计划项目实验现场。刚迈进门口,首先映入记者眼帘的是一个朴实的转台和精密的机械臂。只见一台显微探头相机在机器臂的操纵下,围绕着一尊古朴的“青铜鼎”进行自动定位、精确对焦以及信息采集。旁边的电脑屏幕上,实时展示着相机捕获的细致画面。画面从文物全貌逐渐定位为微观局域,最终,一个如头发丝般大小的点,经过上百倍放大,清晰地呈现在屏幕上。

天津大学智能与计算学部冯伟教授表示,借助先进的视觉智能技术,项目团队发掘出每件文物独一无二的微观特征,进而构建文物的数字指纹(以下简称“数字物纹”),以此实现文物身份的快速鉴别与确认,即快速鉴别“它是它”。在微观世界里,即便是一个“小点”也蕴含着丰富的信息,类似人体指纹,能够反映出文物独一无二的“物理特性”,可以与先前采集的信息进行详尽比对。

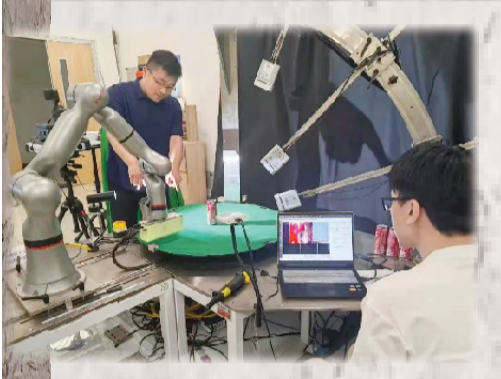
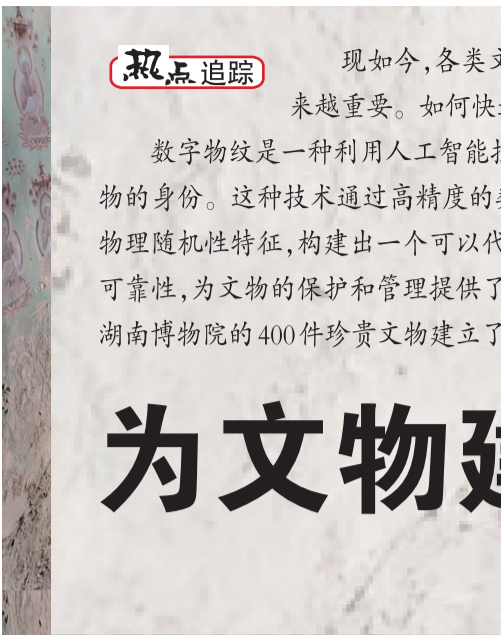
冯伟教授解释,文物是承载中华文明的主要载体,是筑牢文化自信的重要一环,特别是十八大以后,科学保护文物成为国家战略需求,相关论述也写进了二十大报告里。保护文物就像保护人体健康一样,要防范文物“生病”、延缓文物“劣化”。要防范文物病害延缓文物劣化,其实就像给病人看病一样,必须能够精准感知到文物病害的变化才行。对于有病害但状态稳定的文物,以监控、保存为保护手段;但是如果文物病害不断演变劣化,就必须采取措施进行干预。从科学保护的角度来看,实际上感知文物本体状态的变化是进行科学保护的重要前提。

在真实赋存环境中精准感知文物本体状态变化,长期以来都缺乏科学的监测手段,这就好像文物缺少一个可用可靠的影像科,“短时间内无法及时发现精确测量文物状态的细微变化”,这成为困扰整个文博行业的一个难题。冯伟教授坦言,其主要原因有两个:首先文物是人类在社会活动中遗留下来的具有历史、艺术、科学价值的物质遗存的总和,具有高度的多样性和非标准性,文物本体和其所处的赋存环境复杂多样。其次,文物生命周期极长,状态变化非常缓慢。过往行业典型做法是针对特定的文物类型、特定的病害类型去定制专用方案,缺乏通用性,难以全面推广。“对大多数文物的病害演变情况,一般只能通过肉眼观测结合专家经验去做定性判断,有盲管人摸象;或者等病害严重到危及到文物安全才去介入,进行抢救性保护。”冯伟教授补充道。

冯伟教授认为,科学保护文物的一个关键前提就是要有对文物状态变化的精准感知能力,而这背后的科学问题其实是在多样化环境中进行时空大跨度的变化精细感知。因此,他们从成像机理出发,创新性地提出通用的视觉原位比对思路。简单来说就是每次监测时都想办法把相机视角精准地定位到同一个文物局部区域,这样每次采集的图像在空间上能保证严格的物理对齐,再对局部区域不同采集时刻的图像进行比对,其目的是从高度配准的图像对中发现文物的细微变化。正是基于相关的研究成果,冯伟教授带领团队牵头建设国家文物局“文物本体表面监测与分析研究”重点科研基地。

◆自动鉴别“它是它”只需几分钟

冯伟教授表示,现如今,伴随着国内外文化的交流频繁,文物在流通、借调和展览已经变成一种



常态。以前,在文物的保存和展览过程中,进出库管理主要靠人工标记。尽管近年来电子标签被广泛应用,使得文物的进出都有了准确的记录,但这些标签并不牢靠,也可与文物本身分离开来,因此仍存在使用高仿赝品进行“以假换真”的隐患。

“如何确保‘它是它’,已成为国内外文博行业共同面临的难题。”冯伟教授认为,目前,馆藏文物身份安全的主要问题在于缺乏一种无痕、无损、适用面广且安全可靠的鉴别手段。我们的研究目标就是要构建一个“数字物纹”库,并基于此为这些珍贵的馆藏文物提供更加完备的身份安全保障。我们从总体设计、技术突破、装备研发和示范验证四个维度进行科研攻关,计划将文物“数字物纹”这一全新技术打造成一个个全景、全周期、全安全级别的馆藏文物身份保护与理解解决方案,同时建立起相应的装备体系和标准规范。

冯伟教授团队从2011年开始接触文物保护,经过十多年的持续努力,目前已经形成了三方面的技术成果:一个是长时间跨度下成像条件的复现技术;第二个是大空间跨度下多台视觉设备的时空坐标统一技术;三是把上述两项系列化的技术形成相应的监测系统和装备。冯伟教授介绍,导致拍摄对象的图像发生变化有三个基本要素:一个是图像中对象本身,一个是相机,还有一个是光源。这三要素构成了图像的成像条件,图像中这三个要素有一个发生改变,都会在图像中产生很大的差异。“我们的目的是要消除相机和光照的差异,从而实现对观测对象的状态变化精准感知。”冯伟说,“例如我们采用一张没有经过编辑的原片作为引导,用人工智能的方法学习出一个虚拟镜头,用单幅历史图像和若干幅当前相机的图片作为引导,可以在不知道历史相机型号参数的情况下与历史照片进行测量级的原位比对,进一步就能定量确定文物状态的变化情况。”

“最近,我们实现了对百年前伯希和拍摄的文物照片的原位比对。”冯伟教授介绍,虽然无法得知百年前拍摄时使用的相机型号,但通过

非 遗 薪 传



脸谱,不仅是中国传统戏曲舞台上独树一帜的化妆造型艺术,也是中国传统文化中色彩最为鲜明的标志性符号之一。作为天津市非物质文化遗产项目脸谱(京剧舞台脸谱)的代表性传承人,刘壹慈接受了记者的采访,讲述了京剧脸谱的魅力。

国粹艺术的色彩密码

一张张粉墨丹青的脸谱,其细腻之处,倾注着一代代艺术家对角色的深刻体悟。每一抹色彩、每一条纹样,都被精心设计,形成了一套独特而直观的视觉语言,正所谓脸谱以色定调:“红忠紫孝,黑正粉老,黄狠灰贪,蓝凶绿躁,白奸邪,油白狂傲,怪怪妖魔,金银普照”。当大幕拉开,演员亮相,从各具特征的脸谱上,观众就能迅速识别出剧中人的善恶忠奸,体会到角色身份的微妙差异,进而全情投入到跌宕起伏的剧情之中。

尽管脸谱的样式千变万化,每一种颜色和图案的使用都遵循着一套严格的规范。这些规范不仅是艺术表现的需要,也是对历史传统的尊重。艺术家们在继承传统的同时,也会根据角色的具体特点进行创新,使脸谱艺术既保持传统的韵味,又充满时代的活力。

刘壹慈毕业于天津美术学院,在美术和绘画领域积淀的坚实基础,为她传承京剧脸谱提供了助力。凭借颇为深厚的艺术功底,刘壹慈只需一支毛笔,一张宣纸,就能在五彩颜料的组合变幻中,精妙呈现脸谱中那些经典角色的神态特征:丹凤眼、卧蚕眉的关羽,气贯长虹;豹头环眼的张飞,勇猛尽显。在她全神贯注、细细描画之下,不过多

久,这些历史中的英雄人物就会鲜活地跃然纸上。

侯派脸谱是京剧表演中一种独具风格的勾脸艺术,其创始人是著名京剧表演艺术家侯喜瑞先生。民国时期,京剧舞台上群星璀璨。净角一行中,尤以侯喜瑞、金少山、郝寿臣三位的表演最为精湛,被誉为“花脸三杰”。侯喜瑞大师传下的侯派脸谱,其笔锋犀利,纹理清晰,顿挫有致,色调纯正,秀美中寓古朴,端庄中显典雅。

刘壹慈的舅舅刘希哲在天津京剧院从事京剧舞台美术工作,后师承“侯派大弟子”王竹忱先生,学习侯派脸谱勾脸技艺和京剧舞台脸谱技艺。多年前,王竹忱、刘希哲师徒二人,按侯派真迹影拓绘制成册,内录121种谱式。刘壹慈说:“舅舅对京剧的热爱到了痴迷的程度,他曾与师傅同吃同住六年,潜心钻研京剧脸谱技艺。”

刘壹慈从小便喜欢前往舅舅家游玩,那里是一个充满京剧氛围的地方。在这样一个环境中,她自然而然地爱上了京剧艺术。她说:“小时候,我最喜欢偷偷穿上青衣的戏服,模仿她们的步伐,走上几步台步。这些美好的回忆一直留在我的心中。”正是这些早期的接触和体验,为她后来的艺术之路奠定了坚实的基础,并激发了她对京剧艺术的持续热情和追求。

刘壹慈从小便喜欢前往舅舅家游玩,那里是一个充满京剧氛围的地方。在这样一个环境中,她自然而然地爱上了京剧艺术。她说:“小时候,我最喜欢偷偷穿上青衣的戏服,模仿她们的步伐,走上几步台步。这些美好的回忆一直留在我的心中。”正是这些早期的接触和体验,为她后来的艺术之路奠定了坚实的基础,并激发了她对京剧艺术的持续热情和追求。

刘壹慈从小便喜欢前往舅舅家游玩,那里是一个充满京剧氛围的地方。在这样一个环境中,她自然而然地爱上了京剧艺术。她说:“小时候,我最喜欢偷偷穿上青衣的戏服,模仿她们的步伐,走上几步台步。这些美好的回忆一直留在我的心中。”正是这些早期的接触和体验,为她后来的艺术之路奠定了坚实的基础,并激发了她对京剧艺术的持续热情和追求。

现如今,各类文物浩如烟海,文物的流通、借调和展览已成为常态。文物身份安全越来越重要。如何快速鉴别文物身份?如何让文物的身份标签与文物本体不可分离?

数字物纹是一种利用人工智能技术直接从文物本体提取的独一无二的数字身份标识,用于快速鉴别文物的身份。这种技术通过高精度的数字化扫描和智能图像处理,提取出文物微观的、难以复制的表面形貌物理随机性特征,构建出一个可以代表该文物身份的数字“指纹”,从而显著提高文物身份鉴别的准确性和可靠性,为文物的保护和管理提供了新的手段。目前,天津大学智能与计算学部冯伟教授团队已经成功为湖南博物院的400件珍贵文物建立了数字物纹,这有助于以更为科学的手段确保文物的身份安全。

为文物建起数字物纹库

本报记者 孙瑜

人工智能技术,团队仅使用一张历史图像和几张当前观测图像,自动学习出一个虚拟镜头,并将其应用于现代相机上,从而实现与百年前伯希和拍摄照片的测量级原位比对。这可谓是世界上第一次做到让相机“穿越”百年。

冯伟教授介绍,构建“数字物纹”是一项高精度精密且创新的技术,其核心技术难点是要实现从宏观到微观连续尺度的自主原位比对。以青铜器为例,这一技术需要从器身上精准采集特定的点位作为“物纹”信息,且在后续进行身份鉴别时,要能准确找到当初采集“物纹”的精确位置,并对“物纹”图像信息进行自动比对鉴别。

由于采集的点位尺寸达到了10微米级,环境光线的细微变化或点位定位的微小误差,都可能对采集到的“物纹”图像信息造成极大的影响,甚至使其变得“面目全非”。“我们研发了基于立体视觉和人工智能的原位技术,实现了对文物在三维空间内从宏观到微观的六自由度自主定位和比对,而且这一过程无需依赖相机标定。”冯伟表示,“我们还实现了光照条件的自动还原,以及手眼坐标系系的快速统一。我们的原型系统能在几分钟内自动判断一件文物的真实身份,而且所提取的‘数字物纹’在机理上保证了难以物理伪造。”

智能原位监测系统的研发不是一帆风顺的,面临很多现实挑战,经历过多次失败。早在2012年冯伟教授提出原位监测的思路后,他带领两位刚入学的硕士生开始实验室开始了算法推导和系统开发。如何提高特征点的检测精度、如何降低相机参数的估计误差,如何高精度地控制相机的六自由度,他们深入探究算法原理,联合机械领域专家自行设计轻量级、大俯仰的云台。冯伟教授带领学生多次驻扎在敦煌、故宫等世界文化遗产地,进行实地测试、原位监测,不断优化算法和设备的精度与可靠性。经过3年多努力,2015年研发出性能稳定的智能原位监测系统,初步形成具备理论保证的原位监测技术体系。此后,两位硕士生继续跟随冯伟教授攻读博士,并沿着原位监测思路开展持续研究,到如今已形成一支由教授、副教授、博士后、博硕士研究生构成的高水平科研梯队。

◆数字物纹技术体系应用多个场景

数字物纹兼具长时和广域特征,即其涉及的拍摄时间和空间跨度都很大。2005年,英国皇家科学院院士Buchanan教授提出关于物体指纹的理论,即物体表面在微观尺度上的物理随机性具有唯一性和稳定性。

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

正如这个世界没有两片完全一样的叶子,尽管在宏观层面上我们可能看不出来差异,但只要放大到一定的微观程度,这个物理随机性就可以拿来天然的身份指纹。简单地说,就是当物体表面细观察到一定程度以后,无论是自然界中的物体,还是工业加工的物体,它都有这种物理随机性。比如说,瓷器在烧的过程中,它表面都有小气泡,无论是什么瓷,这种小气泡的分布都是不同的、可区分的。这种表面微观状态的物理随机性是普遍存在的,不可复制的。

冯伟教授说,在文物本体表面监测与分析方面,他们在已有的项目成果基础上,以及国家科技支撑计划、“十三五”和“十四五”国家重点研发计划项目的持续支持下,进一步完善了适用于真实无约束环境下下的本体状态主动视觉感知技术体系,研发了适配低算力设备的微变监测方法,研发了可面向高精度精细监测以及大体量巡查监测的文物本体智能原位监测系统。目前该系统已在敦煌莫高窟、故宫、颐和园等数十个文化遗产地或博物馆实际应用,支撑了包括文物本体劣化监测、运输方式对文物影响评估、文物修复量化评估在内的多项文保业务。同时,在文物身份鉴别方面,他们设计并加工了具有全阶段自主产权、无损安全鉴别、适配多种材质的一体化物体指纹采集与身份鉴别系统,成果目前已在湖南博物院初步应用。

冯伟教授团队自2012年起就参与了敦煌莫高窟文物的预防性保护工作。由于文物本身身量较大,要能准确地发现莫高窟壁画在短时间为缓慢,能清晰发现病害的演变过程,而相比之下,莫高窟此前依靠肉眼比对的方式仅能在多年间发现壁画目标级变化。结合敦煌研究院积累了三十多年的莫高窟环境监测数据,团队对莫高窟本身的监测结果为深入研究壁画病害机理、最终实现文物预防性保护提供了有效的本体监测数据基础。

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也

冯伟教授团队研发的智能原位监测系统也



在颐和园针对石刻文物开展了本体劣化监测工作,从2017年开始对包括颐和园清可轩摩崖石刻题词、流云阁释迦牟尼及十八罗汉像在内的7处石刻文物开展了季度监测工作。此外,他们还针对颐和园内玉带桥天际线、排云殿码头天际线景观开展了季度监测工作。天际线是城市或景区总体形象面貌的垂直空间投影,是三维形态的整体认知的一种反映,具有人文、美学、标识等多维属性特质。目前,国内许多城市已推行相关法规以对重点天际线景观进行保护。如首都城市环境建设管理委员会办公室于2022年发布《关于印发北京市“十四五”时期城乡环境建设管理规划的通知》,要求整体保护和塑造包括颐和园在内的诸多城市重要功能区、风景区周边城市天际线景观。

今年,团队在北京故宫文华殿开展的室内彩画病害监测与分析工作,为故宫彩画文物状态评估、室内空调系统评估等工作提供了科学客观的参考依据。一些重要文物和艺术品种需要恒定的温度和湿度环境才能得到保护,空调系统的使用可以有效地控制上述因素。文华殿目前是故宫博物院书画馆所在地,是故宫文物面向公众开放的重要展出地,因此文华殿内空调系统的适配与调优十分重要。基于此需求,团队利用研发的智能原位监测系统于2019年起对文华殿十余处彩画文物进行了持续劣化监测,重点关注彩画霉菌、褪色、起甲等病害演变。监测的量化统计结果已用于帮助优化文华殿空调系统配置,以平衡游客游览与文物保护需要。

冯伟教授表示,智能原位监测系统还可用于文物修复的量化评估。文物修复是文物保护领域的一项重要任务。当文物随着时间变化而产生了一定的劣化后,文物专家出于保护目的会对文物进行保护性修复。由于文物修复的过程中涉及对文物本体进行直接接触和操作,因此有可能会对文物带来预期外的改变。由于此种改变通常十分细微,在以往的工作中难以被发现,导致难以对相关文物修复技术或方法进行量化评估。由于智能原位监测系统可以检测到场景发生的细微变化,因此可用于文物修复评估任务,帮助专家对修复技术进行持续优化。

据了解,“数字物纹”技术将在湖南博物院、杭州市临平博物馆等单位进行更大规模的示范验证。湖南博物院数据中心主任何也表示:“‘数字物纹’技术基于计算机视觉原理和人工智能算法,能够提取文物固有的微观视觉特性。通过对比前后两次采集的微观视觉特征,我们可以实现高精度判别文物身份。这将为文物出库、巡展等流转业务中的文物身份安全提供强有力的技术支撑。”

和审美趣味的不断变化中,如何创新性地融合传统与现代,使戏曲脸谱既能保留其核心精髓又能适应现代社会的审美,成为了一个值得非遗传承人深入探讨的课题。挑战与机遇并存,科技的发展和思维创新的引入,为戏曲脸谱艺术的传承和发展提供了新的可能性,进一步利用多元化的体验平台,采用更贴近年轻人的方式进行传播沟通,成为了弘扬戏曲脸谱文化的关键所在。刘壹慈敏锐地意识到,社交媒体和短视频平台成为了连接传统与现代的桥梁。刘壹慈说:“通过新的传播方式,戏曲脸谱艺术收获了更广泛的观众群体,更重要的是,它开始吸引年轻一代的目光。”天南海北的观众能够通过直播,与主播实时交流互动。她说:“直播中也能全面讲解京剧脸谱,就如同一位带你游览古老文明的导游一般,通过了解历史背后的那些故事,观众也会逐渐沉浸其中,体会到令人回味无穷的艺术魅力。”刘壹慈这样描述她的心愿:“随着大家对京剧了解的深入,我深信京剧有朝一日能够像相声表演一样,成为风靡于年轻人当中的文化潮流。”

去年,刘壹慈受邀参加了第五届大运河文化旅游博览会,该展会是苏州宣传大运河沿线非遗保护成果的平台。在展会现场,刘壹慈深切地感受到了来自全国各地的观众,无论是参展商还是观众,大家都对传统文化表现出了极高的热情和期待。她说:“展会上有许多非遗文创产品,这些产品将千年国画的韵味和古典名著的情怀融入日常生活用品中,如奶茶、点心的包装,马面裙和新中式服饰等,都体现了‘国潮’对我们日常生活的深刻影响。京剧脸谱不仅被绘制在纸上,还延伸到了各种文创产品,如笔、摆件、服装、茶饮和手办等,无处不在。国潮文创的发展推动了优秀传统文化的创造性转化与创新性发展,使非遗更好地融入了现代生活。”

在京剧脸谱艺术的斑斓世界里,刘壹慈以她对京剧舞台脸谱深沉的爱,承担起联结传统文化与现代生活的责任,让这份凝聚着中华民族智慧与精神的文化遗产,在新的时代背景下焕发出勃勃生机。

刘壹慈 京剧脸谱艺术的现代华彩

本报记者 张洁

从七岁起,刘壹慈便在舅舅的指导下开始学习绘画,特别是脸谱绘画的知识,这为她后来深入理解京剧艺术打下了坚实的基础。舅舅不仅是她的艺术启蒙老师,更是她艺术道路上的精神导师。他对京剧脸谱艺术的热爱和执着,对传统文化的坚守,都深深地影响了刘壹慈,使她在追求艺术的道路上始终保持着对传统的尊重和创新的探索。刘壹慈说:“舅舅对京剧脸谱艺术的执着和热爱,让我看到了艺术的力量,也让我明白了作为一名传承人的责任和使命。他的坚持和努力,让我更加坚定了自己的艺术追求,也激励着我在艺术道路上不断前行。”

在数字时代绽放新光彩

儿时的一个盛夏,舅舅送给刘壹慈一把特别的折扇。这把扇子上绘有生旦净末丑五种京剧脸谱,每种都代表着不同的角色和性格。扇子的落款“赠壹慈小女拂暑”,表达了舅舅对她的关爱和期望。这把折扇不仅为刘壹慈带来了夏日的凉爽,更在她心中种下了对京剧脸谱艺术的热爱的种子。这把折扇见证了刘壹慈与舅舅之间深厚的亲情和师生情谊,它一直摆在她的书桌上,陪伴她度过每一个炎热的夏天。每当她的目光落在那些栩栩如生的脸谱上时,她仿佛能听到舞台上那悠扬的旋律回荡在耳边。

在刘壹慈看来,非遗不仅承载着民族的智慧与精神,也体现了文化的连续性和多样性。刘壹慈说:“一方面,现代社会的审美观念与传统戏曲脸谱之间存在一定的差异,使得年轻一代对戏曲脸谱不够了解;传承人代际之间的明显断层,使得以口传心授为主要传承方式的许多非遗项目