

# 厚积科技之力 守护文明之光

## ——良渚遗址的数字化保护实践

傅敏文

良渚遗址是中华五千年文明史的实证,是世界文明的瑰宝。保护良渚遗址不仅是薪火相传的光荣使命,亦是时不我待的复杂考题。316处遗址点星罗棋布地散落在162平方公里的保护区划范围内,生产生活、开发建设、旅游出行等人为因素叠加,增加了大遗址动态管控难度;雨水侵蚀、干湿循环、生物病害等自然因素交织,威胁着土遗址本体保存状况。把握时代潮流,持续提升良渚遗址保护能级,是实现良渚遗址高质量可持续发展的内生动力与必然要求。

信息化浪潮下,大数据、人工智能等数字技术的迅猛发展为大型遗址系统性保护、预防性保护提供科技支撑,同时带来重数据采集深度利用、技术各自为战未形成保护合力、新型技术与应用场景磨合期较长等潜在风险。基于以上数字化保护共性问题及自身特色保护需求,杭州良渚遗址管理区管理委员会于2022年4月启动建设“良渚遗址5000+”数智应用,围绕“发掘—保护—研究—利用”全生命周期,构建空间管治、网格智治应用、价值研究、“文物+”4大场景,包含分析研判中心等12个子场景及N个支撑场景应用的业务模块,推动形成“功能共用、协同共治、研究共享、生态共创”的文物保护传承和活化利用智治新体系。

### 案例创新实践

#### 因需施策,善用数字技术优势提升保护成效

针对自然影响因素,采用数字孪生与保护研究相结合的方式。良渚遗址是潮湿环境土遗址,具有高地下水位和软土的双重特性,目前多数遗址已回填保护,老虎岭、南城墙遗址开放展示,并进行了考古剖面保护工程,陆续安装了环境温湿度、地下水位液位等55个传感器。在此基础上,通过倾斜航空摄影,对两处遗址整体环境、保护棚和考古剖面进行三维建模,构建两大虚实相映的数字孪生场景。在老虎岭,采用微环境控制法,通过透明玻璃仓将遗址剖面封闭形成高湿保护区。通过孪生模型可实时读取遗址本体土壤含水率和温度情况,使本体保存在稳定的湿度范围内。如有异常情况发生,平台对风险预警事件进行“一键派单”,全流程跟踪、督办、评价。在南城墙,采用半封闭的保护方式,易受台风暴雨影响。对于难以演进的气象灾害,通过构建孪生模型研发淹没分析模型,对台风、暴雨等极端天气进行仿真模拟,可以找出隐患薄弱点,有针对性地分级分类制定处置预案,提升防汛防台主动性和预见性,增强气候变化下的文化遗产韧性。

针对人为影响因素,采用AI算法与监测设备相结合的方式。良渚遗址保护区划范围为161.59平方公里,其间分布316处遗址点和85处遗产要素,但封闭保护区不足10%,存在盗掘盗挖隐患且易受生产、建设活动影响。目前,良渚遗址已建成5套无人机自动机场,无人机定期自动执行5条航线巡查任务,全域覆盖良渚遗址保护区划范围。本应用实时将无人机传输的视频流及保护区范围内布设的1006路摄像头通过32路轮巡的方式接入至4台超



#### 综合运用科技监测手段

脑服务器,并部署越界识别、工程车识别、建筑材料识别等AI算法模型,通过AutoML模型自动训练算法、云端在线推理和模型迭代优化,对接入视频进行智能分析,综合识别盗掘盗挖及建设行为风险后,抓取实时画面传输至本应用,应用自动发布预警并一键派单至相应责任人员处置,弥补大遗址传统人工监测覆盖不够全、发现不及时、处置有延迟的弊端,实现对重要遗址点全天候、多维度、无死角保护。

#### 协同共治,利用数字技术特性重塑工作流程

落实全链条闭环管理。针对文物前置审批过程中文物部门与属地政府信息不对称、联动不畅通的“信息孤岛”问题,实现良渚遗址空间信息与国土空间规划“一张图”多源数据融合,协同建设项目审批部门落实大遗址空间管控要求,推动文物前置审批从“被动审批”向“主动服务”转变。为化解建设项目动态监测难点,常态化进行遥感影像对比分析,上线“良渚遗址5000+”浙政钉小程序,保护区划内的项目前置审批工作通过手机端实现项目踏勘、审核流转、批后监管的全流程线上闭环管理。

推动智能化高效管理。为提升遥感图斑核查工作效率,利用数字技术的可视性、便捷性,拓展了AI分析、三色管理、高级检索、自动分析导出等功能。遥感图斑进行落图管理后,经AI分析,可以与已有的建设项目数据库进行比对,初步筛选出疑似违建项目,相关信息可通过小程序同步至各责任部门。同时,工作人员通过三色管理实时跟踪图斑核查进展,对整体核查情况可以根据保护区划、属地范围等进行高级检索,一键生成情况综述,节约大量人工成本,提高智能化管理水平。

#### 多措并举,增强数字技术与应用场景适配性

推动跨学科协作从“被动配合”转向“主动融

合”。技术与场景适配不足的背后是跨学科的需求对接不透彻,在本应用研发全过程中,文保人员与技术人员始终保持紧密沟通并以互设课程的方式,增进对各自专业知识和工作逻辑的理解。文保人员在提出流程性、管理性的业务需求之外,确定AI算法需识别的关键特征,深度参与规则制定、模型训练、场景测试,技术人员亲身体验各类遗产保护场景,主动完善技术细节,提升协作质量与效率。

以组件化开发推动“一次开发、多次复用、多地适用”。针对本应用中复用率高或结构复杂的板块,如业务表单、高渲染可视化平台、无人机指挥中心等,通过微服务架构拆解其单体结构的应用,将原本紧密耦合的业务拆分为松耦合的独立业务组件,与基础组件、展示型组件、通用组件等进行模块化组装,快速适配多终端、多遗址的应用场景,有益于应用后续维护和迭代升级,为复制推广保护经验提供技术支撑。

#### 案例实践效果

完善顶层设计,建立文物全生命周期治理体系。该项目应用4个场景涵盖文物发掘、保护、研究、利用全生命周期,各子场景之间形成相互支撑的有益互动,在业务需求与技术研发之间形成相互促进的良性循环。目前,9项计算机软件著作权获批,提炼出越界识别、工程车辆识别等10组文物安全应用组件,图斑核查、任务派单流转等组件已为多地监测预警系统复用,形成了可落地、可复制、可推广的文物智慧治理体系。

聚力精密智控,构建大遗址整体智治格局。围绕文物安全监管“一件事”,坚持从整体视角出发,深化大遗址保护“特区”模式,首创“遗址监管网格”,划出文物网格124个,巡查点位686个,统筹调度文物巡查队、属地网格员等力量,构建起“政府主导、部门协同、社会参与、精准溯源、齐抓共管”的文物安全监管机制。目前,已有效处置186件预警事件,风险主动预警准确率达95%以上,变文物风险事后管理为事前感知、提前处置,实现“变化可监测、风险可预警、行为可追溯、保护可提前”的全天候遗址保护闭环。

激活数据潜能,拓宽大遗址活化利用路径。在价值研究场景中,建立10大专题数据库,通过AI神经网络技术,打造多层网络的拓扑可视化知识图谱,实现海量研究资源全盘整合、逻辑关联、高效搜索,夯实良渚文化学术研究数据底座。在“文物+”场景中,在治理端构建游客画像,形成旅游热力分布图,引导职能部门针对性策划文创集市、公众考古等系列活动,并通过大数据分析文创产品全渠道销售情况,进行实时趋势分析,助力放大良渚文化IP效应。在服务端,借助VR、AR等手段引领观众沉浸式云游良渚博物院,迭代升级遗址公园小程序上新良渚小知、游径设计等特色功能,助力遗产地周边形成“一码串联、智慧便捷、共兴共富”的文旅生态圈。

(作者单位:杭州良渚古城遗址世界遗产监测管理中心)

作为我国乃至亚洲现存最古老的私家藏书楼、世界现存最古老的三大家族图书馆之一,宁波市天一阁博物院承载着四百余年的书香历史。如今,这座文化殿堂正面临一项跨越时代的挑战:如何让30万卷珍藏古籍在保持物理“不朽”的同时,也能实现数字“永生”?

近日,由宁波市天一阁博物院研发的“基于人工智能的古籍文献大数据治理平台”(以下简称“平台”)入选“世界互联网大会文化遗产数字化案例”并正式对外发布,这不仅是一次技术成果的展示,更致力于系统性地解决长期困扰全球古籍数字化领域的三大核心痛点——“流程散、效率低、利用浅”。

该平台融合尖端人工智能技术,目前已成功为总计360万页珍贵典籍注入“智慧生命”,使其真正“走出深闺”,面向公众。更重要的是,它构建了一套可复制、可推广的古籍“活态传承”智能新范式,为文化遗产的数字化保护与活化开辟了新路径。

#### 沉睡的宝藏:古籍数字化面临的三重“枷锁”

古籍数字化领域普遍面临着三大结构性困境。这些困境如同沉重的“枷锁”,严重阻碍了文化遗产的数字化进程。

流程之“散”——割裂的“数据孤岛”:传统数字化工作流中,编目、扫描、影像管理等系统分散独立,信息共享不畅,跨系统流转甚至依赖人工操作,导致效率低下、成本剧增、管理难度大,且存在数据泄漏风险。

整理之“困”——高昂的“人工壁垒”:古籍文献特有的竖排文字、双行夹注、异体字、草书等复杂性,使传统OCR(光学字符识别)工具错误率极高。数字化成果极度依赖海量的人工校对,高昂的人工成本阻碍了绝大多数古籍的深度数字化。

知识之“浅”——沉没的“数据价值”:即便耗资巨资完成数字化,成果也多停留在“电子影像浏览”和“简单关键词检索”层面。古籍中蕴含的丰富信息(如人物、事件、地点)无法被有效关联和激活,学术研究难以深入,公众文化价值转化严重不足。

#### 人机协同:一场贯穿全生命周期的业务革命

面对“三重枷锁”,宁波市天一阁博物院的应对策略并非单一的技术炫技,而是一场彻底的“业务革命”。平台构建了古籍数字化领域“首个全流程线上服务体系”,将传统的“手工作坊”升级为可管控、可追溯的“智能工厂”。该体系贯通了“古籍出库—任务分配—扫描存储—影像处理—质量检测—分级归档—内容提取—一键发布—共享检索”等古籍数字化的全生命周期环节,消除了多系统切换的损耗。

在这一“智能工厂”中,平台引入了“人机协同全流程管控”的核心模式。AI承担了高频率、长周期的重复性工作(如批量拼接、清晰文字提取等),而古籍专家得以从繁重的、低价值的“重复劳动”中解放,回归到最具创造性的“知识判断”工作(如疑难字标注、知识图谱审核等)。这种人机协同模式,既保障了基础性工作的效率与精准度,又使专家智慧聚焦于需要深度学术研究与文化洞察的核心环节,最终实现古籍保护从“体力密集型”向“智力密集型”的转型升级。

#### 解码“智慧大脑”:自迭代的多模态AI“读懂”古籍

如果说“全流程服务体系”是平台的骨骼,那么其“人工智能技术支撑层”便是平台的核心——“智慧大脑”。

(作者单位:宁波市天一阁博物院)

该“智慧大脑”是一个依托百万级古籍数据模型预训练的“多模态AI系统”,它模拟人类专家阅读古籍的过程,融合三大关键AI技术:

图像分割(“看”清边缘):精准提取古籍边缘,自动剔除扫描冗余;特征提取(“看”懂布局):支撑版式的自适应识别,能快速分辨竖排、夹注、图文混排等复杂版式;文字识别(“读”出文字):在理解布局的基础上,实现高精度的文字提取。

这套系统完美解决了行业两大难题:一是“智能拼接”,AI自动将扫描的“简子页”(正反版面)精准拼接为完整的一页;二是“智能提取”,AI采取“先理解布局,再按布局去读”的策略,高效处理家谱、科举录、政书、地方志等不同类型的古籍。

更重要的是,这是一个“活”的AI系统。平台内置“增量训练模块”,古籍专家在“人工复核”环节标注的“高价值疑难样本”,会随即进入AI的“增量训练”模块。AI通过“模型优化”和“误差修正”实现“持续进化”,越用越“聪明”,越用越好用。

#### 成效显著:效率飞跃与价值激活“双实现”

革命性的业务流程与强大的AI大脑,共同催生了天一阁古籍数字化工作的“效率飞跃”与“价值激活”。

效率飞跃:从“四天一本”到“一天一本一半”。宁波市天一阁博物院通过构建“全流程线上服务体系”,将单册古籍的数字化周期由4天缩短至1.5天,效率提升达62.5%。同时,依托“自迭代多模态AI引擎”,在版面识别、文字提取、简子页拼接等关键环节上,自动化处理能力提升超过10倍,让古籍数字化真正进入“智能时代”。

价值激活:古籍“活”起来,让文化“动”起来。截至目前,平台已完成360万页古籍的数字化保护,公众访问量累计达460万人次,用户遍及全国31个省区市。

在2025年“国际博物馆日”期间,宁波市天一阁博物院正式发布数字化成果,线上可查阅古籍总量突破2万册,开放规模全国文博机构前列,推动珍贵古籍“从库房走向屏幕”,实现文化资源的全民共享。

#### 创新引领:从“数据保护”到“知识生产”

宁波市天一阁博物院AI平台的最大亮点在于突破了传统数字化的边界。通过大语义模型与知识图谱技术,平台能够将古籍内容转化为“知识网络”,实现从“存档”到“生长”的跃迁。

例如,平台可自动生成“范钦生平知识图谱”,为研究者快速构建“知识年表”“时空地图”等数字人文工具,助力古籍研究进入智能时代。同时,项目还推出“轻量化部署方案”,让数字化经验可复制、可推广,为行业提供低成本、高效能的整体解决方案。

#### 未来愿景:共建全民参与的“数字书房”

宁波市天一阁博物院表示,下一步将继续推进多模态AI技术的深化应用,攻克“草书、篆书”等复杂字体识别难题,并拓展至“家谱”“方志”等地方特色文献。

平台还计划推出公众参与式的古籍知识标注机制,构建“公众—专家—机器”协作的知识生产新模式,让更多人参与到古籍的保护与再生之中。

从“藏书之阁”到“知识之源”,宁波市天一阁博物院正在以科技之力,让古籍在数字时代焕发新的生命与价值。

(作者单位:宁波市天一阁博物院)

## 浙江图书馆携手蚂蚁集团:“文澜重光”在乌镇让《四库全书》触手可及

聂元文



项目的“文澜重光”入选《世界互联网大会文化遗产数字化案例集(2025)》。案例中写道,“文澜重光”项目突破物理限制,用数字化技术解决古籍保护与公众可及性的矛盾,让珍贵文化遗产走出馆藏;融合AI、数字人等技术,让观众“走进”数字重建的文澜阁,亲手“翻阅”《四库全书》数字版本,探索四库人格、收集数字徽章,以更轻松有趣的互动形式与古籍来一场跨越时空的相遇。

200多年前,中国古代规模最大的丛书《四库全书》被珍藏于杭州文澜阁。其后虽经历战火,但在浙江文人志士的守护下,书阁得以保存幸存。然而由于条件所限,书阁难以在现实中合为一体,实现“书阁合一”始终是文化工作者的共同愿望。

2024年11月,在浙江图书馆与蚂蚁集团员工志愿者共同努力下,“文澜重光”支付宝小程序上线,通过数字技术实现了《四库全书》与文澜阁数字“书阁合一”。用户不仅能在“游览”文澜阁,还能沉浸式阅读《四库全书》,让曾经只有少数人能触及的文化瑰宝走进每个人的手机。

11月7日,“文澜重光”支付宝小程序在世界互联网大会乌镇峰会现场正式发布2.0版本,新版本借助蚂蚁集团多项自主研发技术,上线四库历史角色形象、乾隆御猫AI伴读、答题解锁数字徽章等创新互动功能,让沉睡在古籍里的文字“活”起来,让更多公众尤其是年轻人有机会走近《四库全书》,了解与传承中华传统文化。

对很多人来说,古籍虽然珍贵,但难懂、难读、难分享。“文澜重光”2.0版本用数字技术降低了普通人的认识和了解古籍的门槛:“蚂蚁光鉴”的高精度文字识别能力为古籍数字化提供了关键技术支持;“鲸探”支持了“经、史、子、集”数字徽章互动玩法,让守护古籍更有趣味;借助蚂蚁灵犀大模型应用平台和xUI技术平台,“文澜重光”通过AI Agent实现多模态交互,让古籍好懂;灵境数字人平台则支持了线上文澜阁的数字人智能导览。

今年9月,作为浙江文化基因激活标志性公益项

独特魅力。我们希望借此推动中华优秀传统文化真正实现“活态传承”,在新时代焕发蓬勃生机,绽放新的光彩。”

#### 志愿者声音

蚂蚁集团设计师、“文澜重光”项目志愿者王敏燕:

“文澜阁《四库全书》称得上是集结浙江几代学人心力的‘百衲本’。历史上每一代人都在不同维度和这套书籍产生了联系,我很荣幸在漫漫历史长河中,也和它产生了一点微不足道的联系。我希望通过‘文澜重光’,创造两个‘重逢’,第一个是用科技手段让文澜阁和《四库全书》在数字世界重逢,第二个是让《四库全书》和普通人文重逢。古籍最大的意义是被人们翻阅,不仅是翻阅古籍中记载的文化也是翻阅这些古籍几百年来经历的有温度的故事。”

蚂蚁集团数据分析平台技术专家、“文澜重光”项目志愿者叶昌炜:

“第一次看见《四库全书》的时候震撼到了。书籍被工作人员小心翼翼地从防潮柜里拿出来,然后轻轻地去翻,隽秀的文字上面还有些被虫蛀被火烧被水泡的痕迹,很骄傲又有点心痛,复杂的情感涌上心头。刚开始我们的想法是对原版书籍的图片进行数字化的修正,后来大家觉得直接呈现每一页最真实的样子,有水渍、虫洞等破损,更能还原这套书籍的不容易。”

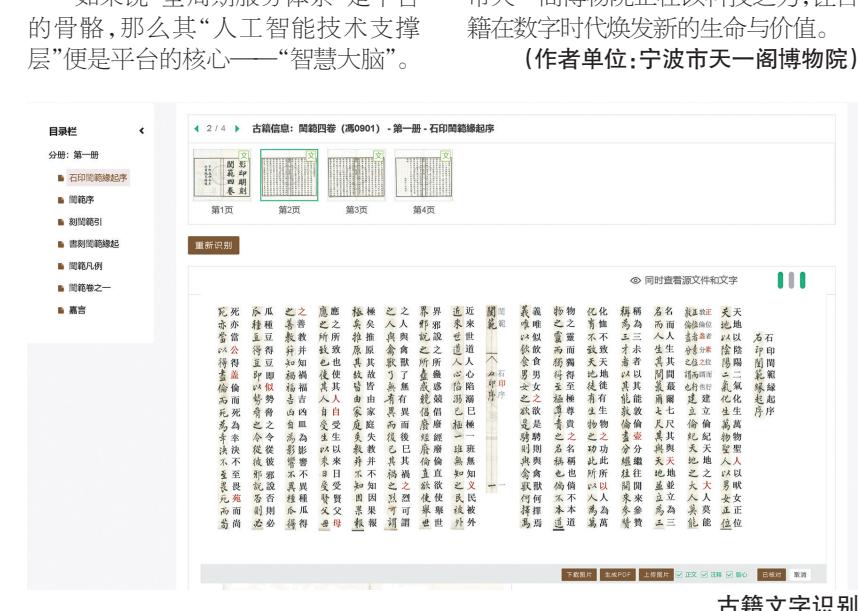
蚂蚁集团AI产品运营专家、“文澜重光”项目志愿者王泽阳:

“我和同事们通过数字技术,让文澜阁和《四库全书》在数字世界合一,也算是某种程度上弥补了一些历史的遗憾。”

蚂蚁集团产品经理、“文澜重光”项目志愿者蒋月:

“《四库全书》里面的书非常多,包罗万象,我们希望能够有一本书,让普通读者觉得它对自己的意义是不一样的。从这个小的切口出发,有可能大家会开始关注古籍了解古籍,从而让大家一起来推广和保护古籍。如果说今天有一个机会,让我能够参与到《四库全书》的保护和推广,这件事和我日常做的事情完全不同,让自己能以某种形式参与到这个宏大的事件中,这让我觉得很有意义。”

(作者单位:蚂蚁集团)



古籍文字识别