

陈洁,许竹青,张龙.我国水产养殖数字化发展的路径、国外经验启示及对策[J].华中农业大学学报,2025,44(2):1-8.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2025.02.001

# 我国水产养殖数字化发展的路径、国外经验启示及对策

陈洁<sup>1</sup>,许竹青<sup>2</sup>,张龙<sup>1</sup>

1. 农业农村部农村经济研究中心,北京 100810; 2. 中国科学技术发展战略研究院,北京 100038

**摘要** 水产养殖业数字化是我国渔业现代化发展的必经之路。基于目前我国水产养殖数字化发展尚在探索阶段,亟待典型模式学习和国际经验总结的现实,本文以当前数字化技术与水产养殖相融合的主要方式为切入点,通过分析国内数字化技术赋能的典型实例,剖析我国水产养殖业数字化发展的主要模式与瓶颈,结合国外相关经验,探索我国水产养殖业数字化发展的基本路径,并提出相关建议。结果表明,要提高我国水产养殖业的数字化发展水平,就必须加大对水产养殖业数据收集及利用的投资和管理,支持水产养殖业数字技术研发及集成应用,提高养殖户在水产养殖业数字化进程中的参与度,强化水产养殖业数字化相关政策的研究与制定。

**关键词** 水产养殖; 数字化; 技术创新; 国外经验

**中图分类号** F326.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2025)02-0001-08

改革开放以来,我国渔业发展始终保持良好态势。自1990年以来,我国水产品养殖产量和捕捞产量常年居于世界前列<sup>[1]</sup>。从近10年来看,我国水产品产量和渔业产值整体处于稳步上升趋势,其中水产品产量增幅达到1 422.5万t,年均增长率为2.5%,渔业产值增幅达6 861.7亿元,年均增长率为7.4%,占农林牧渔业总产值的比重也从9.9%提高至10.2%<sup>①</sup>。之所以能够取得以上成绩,这与不断完善的水产支持政策密切相关,也离不开快速发展的渔业科技,尤其是数字化技术对产业发展的重要支撑。随着物联网、大数据、人工智能、智能装备等技术在渔业生产领域的广泛应用,渔业资源不断被深入开发和利用。智慧渔业不仅改变了传统的渔业生产方式,也渗透到水产品销售、物流和服务监管等各个环节,全面提高了渔业综合生产能力和经营管理效率<sup>[2]</sup>。在现代化信息技术的支撑下,数字赋能农业发展在社会各界逐步成为共识,渔业数字化、智慧化发展成为未来发展的重要趋势。

渔业数字化发展在学界也备受关注。学者们对渔业数字化发展及其成效进行了系统研究,普遍认为数字化技术推动了渔业从传统模式向智能化、信息化方向发展,促进了渔业产业转型升级和提质增效。一是数字技术赋能渔业生产,助力产业升级。

利用传感技术、物联网技术,渔民能即时监控水质、气象,精确感知海洋环境变化,优化捕捞决策,防止过度捕捞<sup>[3]</sup>。数字技术还可促进远程监管,增强渔船安全性及作业效率;二是在渔业供应链中,数字技术带来新机遇。凭借大数据、AI算法,企业能精确预测市场需求,优化生产计划与库存管理,减少失衡损失,提升产品价值及市场竞争力。同时,数字技术强化供应链协同,促进信息、资源整合,加速产业链高效运作<sup>[4]</sup>。三是数字技术推动渔业科技创新。借由数字模拟、虚拟现实,研究人员直观理解鱼类行为、生态,加速新品研发。数字技术亦提供数据支撑与分析工具,助力渔民洞悉市场及消费者偏好,推出竞争力强的产品<sup>[5]</sup>。四是数字技术助力渔业环保。通过遥感、大数据分析,实时监测海洋生态系统,预警生态风险,保障海洋环境稳定与可持续,为渔业长远发展奠定基础<sup>[6]</sup>。

综合已有研究可以发现,水产养殖数字化发展成效受到各界普遍认可,推动渔业数字化发展也成为未来产业发展的重要方向。然而,当前渔业数字化发展仍面临一系列制约因素,包括技术普及与适用性不足、信息化建设基础薄弱、产业链协同与信息共享困难、人才与技术创新不足等方面,渔业数字化发展仍任重道远。基于上述分析,本研究重点梳理

收稿日期: 2024-09-20

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-45)

陈洁, E-mail: chenjie21st@sina.com

① 此处数据来源于作者对《中国统计年鉴》相关数据的整理和计算。

当前数字化技术与水产养殖相融合的主要方式,总结国外水产智慧养殖的主要路径和典型案例,结合我国水产养殖数字化发展具体问题,提出相关政策建议,旨在为处在探索发展阶段的我国水产养殖数字化提供借鉴。

## 1 提高水产养殖业数字化能力是渔业现代化的必然选择

### 1.1 我国水产养殖科技创新能力不断提高,但驱动高质量发展仍面临巨大挑战

近年来,我国水产养殖科技创新能力不断提升,科研成果产出丰硕,养殖户对绿色生产技术的接受度在提高,以增氧机、涌浪机、投饲机为代表的养殖新设备的应用范围不断拓展。在现代科技创新的有力支撑下,我国水产养殖业生产效率和生态贡献不断提高,水产养殖户收益明显提升。但水产养殖业工程化设施化水平低,劳动密集型特点突出,人工成本高、劳动生产率低下、抵御自然风险的能力较差,产业可持续发展面临问题。与发达国家相比,我国水产养殖生产过程及产业链关键环节的机械化与自动化程度还存在相当大的差距。目前我国多数水产养殖场的机械化程度尚不足40%<sup>[7]</sup>。根据水产养殖技术领域的文献分析结果,2012—2017年水产养殖技术领域的高频关键词包括氨基酸、生长性能、脂肪酸等,饲料营养、品质调控、饲喂方式等的研究是近几年水产养殖领域的关注热点,但与数字化相关的跨学科融合技术研发的相关研究产出则较少,仅有少量案例分析,缺乏深入的技术创新研究论文产出<sup>[8-9]</sup>。面向“十五五”,以科技创新驱动渔业高质量发展仍面临巨大挑战,水产养殖业节本增效压力突出,改变以消耗资源、污染环境为代价的发展模式推动整个产业的可持续发展成为科技创新的新使命。

### 1.2 新一代信息技术革命为水产养殖业发展注入新动能

随着新一代产业革命的持续推进,以物联网、大数据、云计算、人工智能、5G(5th generation mobile communication technology,简称5G,即第五代移动通信技术,具有高速率、低时延和大连接特点)等为代表的新一代信息技术开始广泛渗透到各行各业,开启了一场数字化变革。水产养殖业作为农业领域市场化程度较高的产业也主动参与到这场数字化变革中。在智能水产养殖模式下,传感器、卫星图像、无人机和其他技术可以提高数据的数量和质量;机器

学习、人工智能,则能达到更好的数据存储效果;基于云计算能力和其他技术的进步,数据输入和分析能力不断提高;智能手机和物联网等工具则可以用来部署和传达信息。数字化、智慧化发展正为水产养殖业创新发展注入新动能,未来还将持续推动渔业现代化发展,实现新的重大飞跃。

### 1.3 推动水产养殖数字化、信息化变革是现代渔业的重要发展任务

党的“十八大”以来,党中央国务院高度重视数字农业发展,各部门陆续发布数字乡村战略、推进“互联网+现代农业”等重要文件。为全面部署数字农业工作,农业农村部与中央网络安全和信息化委员会办公室于2020年1月联合印发了《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》,为推动我国水产养殖机械化水平均衡、全面提升,农业农村部印发了《关于加快水产养殖机械化发展的意见》(以下简称《意见》),为我国水产养殖机械化高质量、高效全面发展提供了有力指导。《意见》明确了推进水产养殖机械化的五大重点任务,其中数字化信息化是重要内容,要加快引导物联网、大数据、人工智能等现代信息技术与水产养殖生产深度融合,推进设施装备智能化、生产管理精准化和经营服务网络化。

## 2 数字技术赋能我国水产养殖业发展的主要路径和典型案例

与农业其他产业相比,渔业装备信息化发展相对滞后,总体处于从机械化向自动化、精准化发展的初期阶段,模型算法、人工智能、系统集成整合等的研究应用尚不成熟,还不能符合精准渔业要求。实践中,部分地区和企业探索出数字技术赋能水产养殖的多种路径,例如养殖监测与预警、智能决策与操作、互联网+市场变革、渔业精准治理等,这些探索实践为“十五五”推动我国渔业现代化发展提供了思路 and 方向。

### 2.1 水产养殖监测与预警

物联网、大数据、云计算等技术在渔业监测与预警过程中可以发挥重要作用,此类技术已在海洋渔业生产中广泛应用,也有越来越多的水产养殖者采取这类新技术,开展远程管理、精准管理,将水质传感器、视频监控系統、无线传感网、无线通信等现代化技术通过物联网集成,对水产养殖各个环节进行全方位的精确检测和有效管理<sup>[10]</sup>。山东文登市水产推广站与中国水产科学研究院较早开展水产养殖物

联网试点项目合作(<https://www.zhihuichengshi.cn/XinWenZiXun/ChengShiZhuanLan/18968.html>)。项目以五垒岛水产养殖公司、文登骏马水产食品公司等4家单位作为试点,安装水产养殖环境智能监控系统,开展水产养殖物联网技术示范应用。示范基地采用水产养殖环境智能监控系统,可对养殖池塘内的溶解氧、pH值、水温、盐度等进行在线监测,准确反映各参数的实时数据。通过这套系统,养殖户通过手机短信或电脑,能准确掌握养殖池塘的水质状况,大大减少人工投入。另外,遇到溶氧不足、pH值异常、水温超标等异常情况,监测系统会自动报警,养殖户可根据实际情况,通过手机或者电脑远程下达指令控制池塘增氧机的开停,避免了传统养殖的过度依赖经验和盲目性。

## 2.2 水产养殖智能决策与操作

从实践发展来看,水产养殖数字化技术在对水质、水环境、温度等养殖环境实时监测的基础上,提高了水产养殖的智能化水平,根据水产养殖过程中各个阶段的水产品的体质量、长度,以及养殖环境因素与饲料吸收能力等信息建立数据库,通过全面分析,可根据生长状况针对性地投放饲料,既能提高水产品的饲料利用效率,又能降低饲料成本<sup>[11]</sup>;根据养殖预设条件,可以实现水、氧、温度的自动化控制,构建精确的养殖环境。另外,通过安装可移动监控设备实时监控养殖环境,及时处理养殖过程中的各类问题,快速分析问题原因,保障安全生产。部分企业积极开发手机APP,通过手机端实时检测和分析养殖信息,养殖户的便利化水平大幅提升。一方面,养殖户的劳动投入被很大程度地替代,其饲料投喂、水质调整等环节可通过手机、电脑等设备完成;另一方面,促进了养殖精准化、生产绿色化,能够有效提高养殖产量和水产品质量<sup>[12]</sup>。

京东数科智能水产养殖的“无人化”养殖方案是此类典型案例([http://science.china.com.cn/2019-11/20/content\\_40967633.htm](http://science.china.com.cn/2019-11/20/content_40967633.htm))。京东数字科技集团提供的智能水产养殖方案实现了养殖场“无人化”,该方案应用AI(artificial intelligence)技术,监控水产品上下游环节,可降低养殖风险、提高产品品质,并为产品可追溯提供依据,对养殖全链条的贯通帮助农民获取稳定收入,在养殖过程中不间断监控预警,大大减少养殖企业的工作量,降低养殖门槛<sup>[13]</sup>。其数字化系统包括4个有机结合的系统,一是SaaS系统(software-as-a-service,即软件即服务,是让用户能

够通过Internet连接和使用基于云的一种模式),智能养殖管理平台可进行养殖作业监控,控制智能设备,提高养殖作业效率;实时监控养殖环境和水生动物健康状态,统计分析生产数据,优化指导养殖过程;二是水下监控系统,应用AI相机智能识别水生动物的健康状态和生长趋势,积累水产养殖大数据,为养殖各环节提供优化决策,并为食品安全可追溯提供依据<sup>[14]</sup>;三是智能巡检系统,通过巡检设备对整个养殖区域进行视频监控,应用AI图像算法识别水生动物的活动状态,并实时监控其病害情况,监控指导养殖人员作业;四是智能投喂系统,通过智能投喂系统控制饲养区的投喂量;结合专业知识和养殖大数据,AI相机评估水生动物的生长曲线,智能调控投喂量,确保高效率投喂<sup>[15]</sup>。

## 2.3 互联网+市场变革

近年来,我国信息网络基础设施不断改善,互联网产业飞速发展,信息红利不断被激发<sup>[16]</sup>。数字化浪潮推动农业变革,最先带来的是农产品经营模式和供销方式的变革,农产品电商飞速发展,催生出网店、直播、团购等多种电商模式,进一步打通了供销渠道,不断消除供需信息不对称,优化了市场机制,促进了农产品市场化。随着农户信息获取能力的改善,农产品议价能力提高,促进了销售价格提高和优质优价市场机制的建立,反过来又影响农户行为,农民在不同市场间的套利能力(arbitrage)大为增强,并促进市场力量(market power)带动的结构调整,从而带来新的市场机会,扩大市场参与程度,以及改善农户与中间商之间的福利分配<sup>[17]</sup>。

市场化程度较高的水产养殖业是最早被信息化改造的农业产业<sup>[18]</sup>。从养鱼户手机的较早利用,到农产品电商的较早推广,再到近年流行的网红博主、流量明星通过将水产养殖和捕捞的过程代入到短视频网络中,水产养殖业一直是较早参与“互联网+”的进程。在这场变革中,水产养殖业数字化不仅有助于提高水产品的市场化质量和水平,同时信息沟通技术的创新发展(如微信、微博、抖音等)又能极大地促进社会资本的积累,在一定程度上扩大从业者的社会网络,强化社会信任,提高社会参与,有助于带动外在资源向水产养殖户集中。对于食品安全问题而言,在互联网技术普遍应用过程中,供应链逐步透明化,销售模式逐步人性化,信息技术与水产产品高度结合,消费者通过二维码等载体,可实时追溯产品的养殖过程,有效控制责任风险,保障食品安全。

就目前来看,包括海南泉溢、海南翔泰、广州黄沙以及山东好当家等渔业行业领先者均已开始推进水产养殖与电子商务相结合,通过技术、商务服务以及平台数字化,逐步实现“去中介化”,使水产养殖主体与加工主体能够直接进行高效对接。

## 2.4 水产智慧管理

有效的管理和丰富可靠的数据是可持续渔业发展的两大关键支撑。在新一代信息技术支撑下,水产管理、渔业治理快速进入智能化发展时代。当前水产管理信息化平台建设已取得了阶段性成效,渔业管理人员工作量大幅降低,监管工作效率大幅提升。这种管理方式的转变也是数字化促进基层政府转型和乡村治理现代化的缩影,信息管理平台的应用,在乡村治理精准化、协同化、高效化方面也具有巨大的应用价值<sup>[19-21]</sup>。

洪泽湖渔业管理信息化在推动水产管理和生态平衡等方面发挥了重要作用([http://nynct.jiangsu.gov.cn/art/2020/10/28/art\\_12502\\_9550103.html](http://nynct.jiangsu.gov.cn/art/2020/10/28/art_12502_9550103.html)),具有一定参考价值。在我国淡水湖中,洪泽湖位居第四,水域面积超过20 hm<sup>2</sup>,渔业管理部门的主要任务即湖区生态环境和生物多样性的保护,保障湖区生态平衡。近几年,洪泽湖渔业管理委员会开始着力提升渔业管理信息化水平,聚焦信息化管理系统工程建设,整合雷达、地理遥感、AIS(automatic identification system,即船舶自动识别系统,简称AIS系统,由岸基(基站)设施、船载设备组成,是一种用于船舶之间以及船舶与岸基站之间交换航行数据的无线电通信系统)等技术手段,全面优化了原有的包括渔政执法记录仪系统、种质资源保护区全覆盖监控系统等九大系统,通过信息化建设,实现了九大系统之间的互联互通,既提高了洪泽湖区渔业管理水平,也大大改善了生态环境。

## 3 国外渔业与水产养殖数字化发展的经验启示

新一代信息和通信技术已经彻底改变了渔业和水产养殖部门,体现为渔业资源管理、规划、监测、安全生产及市场信息传输等方面。当前,国外渔业及水产养殖数字化发展正处于迅速变革的发展阶段,信息技术所带来的红利在渔业和水产养殖部门得以充分展现,有效惠及整个行业内部资源匮乏的利益相关者,通过移动设备和传感技术,提升渔业安全生产能力和生态养殖价值。以下从安全与预警、

治理能力提升、水产养殖生产率提高、生产者能力建设和社会网络以及企业创新5个角度分析国外渔业及水产养殖数字化发展的典型经验。

### 3.1 强化安全与预警功能

渔业高风险特征明显,难以预测的天气和极端事件常常会导致巨大损失。通过数字化手段装置自动识别系统、船舶监测系统、天气预警系统、极端事件早期预警、生物安全风险防范预报等,成为国外渔业与水产养殖数字化的首选工程。目前国外开发了很多小程序为渔民提供免费的卫星实时数据,包括海洋状况、波高、风和洋流等。国际海事组织《国际海上人命安全公约》中明确规定,一定规模的船舶(和所有客船)都必须携带自动识别系统。渔船虽然不受这一条例的约束,但挪威、美国和欧盟都要求具有特定规模的渔船携带自动识别系统以提高安全性。在过去10 a中,全世界已经拥有前所未有的大量关于渔业和水产养殖部门的数据。目前,大约有4万颗卫星观测地球的气候和环境,数千颗浮标收集环境数据;2017年已有近5万艘渔船安装了自动识别系统可进行系统性的数据收集。比较有代表性的如哥白尼地球观测方案及其全球海洋观测系统,及美国国家海洋和大气管理局的观测系统。大量的渔业及水产养殖业公共数据为安全与预警功能创造了良好的基础条件。

### 3.2 推动渔业与水产养殖业数字化治理变革

渔业和水产养殖业的可持续发展问题历来备受关注。合理的渔业管理制度安排需要传统经济学、生态学、生物学、社会学等学科知识体系的跨学科合作,从而全面分析渔业可持续发展问题,探索影响因素;合理的渔业管理制度还需要调动利益相关方共同参与,相互学习、反馈和适应,以共同探寻综合策略和形成更符合实践和兼顾各方需求的制度体系,推动渔业可持续发展。

随着移动设备越来越便宜,互联网系统和移动应用程序的快速发展,这种无处不在的通信方式正越来越多地被用于开发复杂的监控系统,以应对世界上一些更为紧迫的社会和生态挑战。数字技术近年来越来越多地在渔业和水产养殖领域的治理问题上发挥重要作用:一方面,很多互联网平台和手机APP通过改善获取和分享可靠数据的途径,例如渔获量、渔业管理规则和条例等,增强利益相关方的能力;另一方面,完善的信息系统和追踪体系支持打击非法、未报告和无管制的捕捞活动等,加强了管理能

力。例如,全球定位系统(global positioning system,简称GPS,通过卫星信号和地面设备的组合,可以精准地确定任何地点的位置和时间)越来越多地用于大型捕鱼船和小型跟踪设备,如SPOT(法文Système Probatoire d'Observation de la Terre的缩写,意即地球观测系统)跟踪器。

美国阿拉斯加的鳕鱼渔业就是利用信息新技术帮助渔业生产更高效和可持续的典型例子。鳕鱼渔业中,鳕鱼是目标物种,但渔业有严格的太平洋大比目鱼副渔获量限制。为帮助遵守太平洋大比目鱼副渔获物的配额,并让鳕鱼渔民能继续维持生计方式,阿拉斯加的一些渔船上采用了新的电子监控系统,结合计算机视觉技术和机器学习方法帮助避免过度捕捞太平洋大比目鱼。这种系统可以在大比目鱼和其他物种上船或被丢弃时自动计数和测量,其估算速度快,缩短了鱼类离水时间,从而提高了捕捞存活率。

2016年3月,南非农林渔业部颁布《南非小规模渔业捕捞法规》,超过230个小规模渔业群体得到政府承认并获得捕鱼权,该法规鼓励小规模渔业治理使用创新的、移动的和基于云的信息和通信技术,推动传统上被边缘化的小规模渔业部门进入南非渔业管理的视野,寻求实施新的共同管理办法,分散资源分配,并让渔民参与资源监测和合规活动。由南非的学术界、政府和渔民社区共同组成的一家非营利组织ABALOBI联合利益相关方开展有效治理,设计了一款信息管理系统和移动应用软件,通过向小规模渔民提供相关信息,引导小规模渔民参与渔业监测、地方发展和市场机会,融入信息和资源网络。

### 3.3 改革水产养殖生产过程

新一代信息技术助力优化渔业捕捞和养殖生产。在渔业领域,GPS等导航设备使得标记捕鱼区、记录行程和计划节能行程成为可能。一些船只利用信息和通信技术将用于定位鱼类、海床和 underwater 碎片的声纳信息与行程报告结合起来,提供新的数据集,以提高效率。在水产养殖领域,最新智能化水产养殖已通过研发水下机器人实现“无人化管理”。例如加拿大DEEPTREEKER公司研制的世界上第一款完全便携式水下遥控机器人DTX2ROV,它由电池供电,能给手持控制器或其他岸基监控提供高清晰度视频,工作级别达150 m;利用获得专利的俯仰系统和其独特的球形,机器人可到达狭小封闭的水下空间进行观察。该水下机器人起步价低于3 800美

元,投资成本不高,现已被国际水产养殖公司广泛使用。

挪威的大型养殖场已实现三文鱼饲料投喂、收获、洗网、加工的完全自动化,只要定期维护便可实现1~2人管理全场所有事务的目标。挪威斯堪的纳维亚地区最大的独立研究机构SINTEF研究所开发了Cage Reporter机器人,可以自主地在鱼圈周围工作,其专有的水下定位系统可以跟踪鱼圈的位置,其配备的3D计算机视觉系统可以检查网具和鱼本身的状况。此外,机器人还可利用基于人工智能的算法来观察鱼类行为,并尽可能少地干扰它们。Cage Reporter检查时,是使用机载传感器来测量水温、氧气和光照水平——后者的下降可能表明存在高浓度的悬浮废物颗粒。如果检测到渔网、鱼类或水质有任何问题,机器人会通过超声波脉冲将其位置传送到水面的基站,以帮助人们更好更快地解决问题。该机器人原型在位于挪威特隆赫姆沿海的2个水产养殖设施已经成功通过了实地测试。

### 3.4 加强养殖户能力建设,拓展社交网络

信息通信技术拓宽了能力建设的可用工具,对解决孤立或偏远社区的“信息孤岛”问题尤为重要。例如,信息沟通技术作为传统渔业和水产养殖推广系统的补充,使渔业部门的参与者能更容易地获得供应链和可持续做法的相关信息。例如,菲律宾农业、渔业和自然资源部门的电子扩展门户网站(<http://e-Extension.gov.ph>)对于信息沟通起到重要作用。类似的社会网络可以为小规模渔业和水产养殖业的工作人员提供分享知识和与家庭和社会群体保持联系的机会。同时,网络平台随时监测本地信息的变化,充分利用当地渔业和养殖户本土化知识,提供公民科学平台,开展信息沟通与交流。网络平台的建设推动利益相关方使用智能手机和网站分享水生环境变化的信息,帮助他们及时了解当地水产生态或新物种的变化情况,以便采取相应行动。

### 3.5 推动企业加快数字化创新

据AgFunder News报道,2016年全球海产和水产养殖科技初创公司收入超过1.93亿美元,较2015年增长了271%([https://www.sohu.com/a/255351413\\_160923](https://www.sohu.com/a/255351413_160923))。当时,国外大型水产养殖企业和技术创新公司就在寻求水产养殖的创新发展道路。根据联合国粮农组织(FAO)发布的《世界渔业和水产养殖业状况》可知,2022年水产养殖业产量大幅上涨,与2020年相比增长了4.4%(<https://www>。

sohu.com/a/255351413\_160923)。因此,水产养殖业在全球范围内都是重要的产业部门,世界多个企业重点关注这一产业,水产养殖业的数字化信息化手段也备受企业投资者的青睐。

Cargill、Yield、XpertSea Solutions 等公司寻求智能水产养殖创新突破。2018年,Cargill(美国)公司发布了一个名为 iQShrimp 的预测软件平台,该平台使用机器学习、移动设备、传感器和自动投食器收集虾的大小、水质、喂食模式和天气状况数据。结合其他数据,这些算法可以给养殖户提供诸如饲养管理策略和最佳收获时期等建议。澳大利亚科技公司 Yield 的 Sensing+Aqua IoT 平台主要用于牡蛎养殖业。Yield 公司的传感器可以收集包括盐度、水温、深度、气压和海潮高度等在内的诸多重要数据,数据收集完成后被传输到 Yield 的微软云平台,其中人工智能和其他分析软件会将这些数据转换为当地天气和收获条件的 3 d 情况预测,帮助养殖户生产决策,其预测性物联网系统可以减少 30% 的收获损失。加拿大 XpertSea Solutions 水产公司成立于 2009 年,其高科技 XperCount 铲斗采用人工智能和计算机视觉系统来计算虾类、水生动物幼虫等的生物数量和大小。该设备支持物联网技术,连接到一个门户网站后,客户可以在网站上访问数据和分析。

近年来,新技术公司屡获重大投资。Umitron 由 Innovation Network Corporation of Japan 与 D4V (Design for Ventures) 共同投资,总部位于新加坡,由日本团队管理,其中包括 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) 的前雇员。该初创企业是一家利用卫星图像、物联网和自动化技术提高水产养殖效率的初创公司,已筹集到 830 万美元种子资金(农世界网, <http://www.nongshijie.com/a/201806/19781.html>)。Umitron 通过跟踪鱼类行为,帮助水产养殖户在适当的时候投喂适量的饲料,从而降低饲料成本。公司的太阳能物联网设备 UmiGarden 部署在位于海洋的水产养殖场中,使用计算机视觉技术对鱼类进行拍摄并测量其行为数据。通过学习算法,Umitron 可以检测鱼何时饥饿,并自动释放饲料,既防止了过度喂养造成的高成本,也实现了远程管理,降低了人力成本。

## 4 我国水产养殖业数字化发展的政策建议

我国水产养殖业市场空间大,发展迅速,但在精

准养殖、科学管理、产品质量安全等方面仍然存在很大的成长空间。在新一轮信息技术革命的助推下,全球智慧渔业、水产养殖业数字化发展迅速,挪威、日本、美国等不少国家都在这一领域走在前列。近年来从政策层面,国家大力支持发展现代水产养殖业,推动水产业数字化,不少企业也持续探索推进智能水产养殖系统的建设与应用,“十五五”期间我国将有望迎来水产养殖业的数字化转型变革。

但当前推动我国水产养殖业数字化发展仍存在一些突出问题:一是水产养殖数据收集、共享与利用存在缺陷。一方面数据收集能力较差,我国水产养殖数字化处于初期阶段,水产养殖传感器在数据收集方面存在一定差距。另一方面,水产养殖业产业链数据缺乏统一的标准和相应的管理机制,难以实现数据挖掘和应用。二是水产养殖业数字化发展的设施设备需加快推进技术创新。动植物生长信息获取是水产养殖业数字化发展的基础,生产调控模型研究也是水产养殖业数字化发展的必要手段,而这些技术都落后于欧美国家。另外,我国水产养殖业专用传感器、农机智能运维管理等关键装备技术仍存在短板,以传感器为例,目前市场仅 10% 的农业传感器是由我国自主研发,精确性和稳定性仍相对欠缺。三是推动小型养鱼户同步参与到水产养殖数字化进程中仍需探索相应制度安排。数字化装备的使用无疑会增加养鱼户成本,如何实现成本产出的平衡,带动养鱼户增收是重要的课题。四是探索多方利益共同体参与到水产养殖可持续发展中来需要强化数字化手段运营和相应制度建设。根据当前的前沿研究进展,水产养殖可持续发展需要多方共同努力,数字化手段可有效连接政府、社区、组织、个人推动构建共同认可的管理模式,推动水产养殖绿色、生态、可持续发展。

基于发展趋势和面临的上述问题,建议从以下方面进一步推动我国水产养殖业数字化发展进程。

### 4.1 加大对水产养殖业数据收集及利用的投资和管理

加大对水产养殖业大数据系统的建设力度,提高收集、汇编和分析数据的能力。开发简单易用的手机 APP,推动产业链关键数据的收集,扩展数据库,支撑渔业管理政策制定。支持企业提供分析大数据服务,加大对遥感技术、互联网、物联网和传感器的投资。制定定义明确、透明和包容各方的程序,以确保可信赖的数据和信息来源产生可信、相关和

合法的水产养殖知识。解决不必要的制度和监管障碍。认识到在实施有效的渔业信息系统和数据共享方面要破除体制机制障碍的重要性,遵循安全原则下的开放数据政策,加强数据共享。

#### 4.2 大力支持水产养殖业数字技术研发及集成应用

要持续推动水产养殖业的数字化发展,促进相关技术的跨学科融合与集成应用,提高水产科学中数据科学、信息学等相关技术的应用水平,推动水产养殖的数字化。完善现代农业产业技术体系的目标任务规划,聚焦水产养殖业数字化发展问题,强调以数据为核心的多学科交叉研究,重视以农业传感器为核心的技术研发,提高水产养殖业技术综合研发与集成应用的投入力度。

#### 4.3 提高养殖户在水产养殖业数字化进程中的参与度

一方面要充分发挥企业的带动作用,通过企业将数字农业的基本内容和应用方法传递给养殖户。在养殖业数字化项目建设中,要重点关注面向小农户的技术推广服务,并将其纳入创新中心建设体系,将多方主体力量引到数字化发展进程中来,推动技术研发、成果转化和技术推广的连贯性发展;另一方面要强化养殖户技术培训,提升数字化技术应用能力与数字化水平。从农业社会化服务体系的建设和优化入手,鼓励支持养殖户参与技术培训,提高养殖户的数字化素养,同时鼓励相关企业开发养殖户适用的小程序或APP,为养殖户提供便捷的信息化服务。

#### 4.4 强化水产养殖业数字化相关政策的研究与制定

要提高水产养殖业数字化发展的政策支持力度。要推进数字技术与水产养殖的深度融合,仅通过技术创新是不够的,技术成果的转化落地是高度依赖政策支持的,因此应强化政策研究,打通技术成果应用的“最后一公里”。应立足实际情况,深入研究并反映现实问题,预判政策改革方向,制定相关政策法规,优化相关管理制度,为水产养殖业的数字化发展创造有利的环境条件。

#### 参考文献 References

[1] 徐涛,王庆龙,于宁,等.智慧渔业发展现状与对策研究[J].中国渔业经济,2021,39(1):13-21. XU T, WANG Q L, YU N, et al. Study on the development status and countermeasures of intelligent fishery[J]. Chinese fisheries economics, 2021, 39(1):13-21 (in Chinese).

[2] 谢凤君.渔业数字化对绿色全要素生产率的影响研究[D].青岛:青岛大学,2024. XIE F J. Study on the influence of fishery digitalization on green total factor productivity [D]. Qingdao: Qingdao University, 2024 (in Chinese with English abstract).

[3] 杨志强,朱秋孟,汤仁恒.现代渔业的数字化转型路径研究[J].统计理论与实践,2024(7):51-54. YANG Z Q, ZHU Q M, TANG R H. Research on digital transformation path of modern fishery[J]. Statistical theory and practice, 2024(7):51-54 (in Chinese).

[4] 史宇,李加亮,张鑫,等.远洋渔业供应链服务平台产业数字化改革研究:以“Y供应链服务平台”为例[J].现代畜牧科技,2024(1):137-139. SHI Y, LI J L, ZHANG X, et al. Research on the digital reform of the industry of the supply chain service platform for ocean going fisheries: taking “Y supply chain service platform” as an example[J]. Modern animal husbandry science & technology, 2024(1):137-139 (in Chinese with English abstract).

[5] 郭南芸,陈嘉东.渔业数字化转型促进渔业高质量发展研究[J].山西农经,2023(2):123-125. GUO N Y, CHEN J D. Study on digital transformation of fishery to promote high-quality development of fishery[J]. Shanxi agricultural economy, 2023(2):123-125 (in Chinese).

[6] 吴建平,郑家平.数字化语境下的渔文化创新实践[J].中国水产,2023(12):29-32. WU J P, ZHENG J P. Innovative practice of fishing culture in the context of digitalization [J]. Aquarium, 2023(12):29-32 (in Chinese).

[7] 王健,宿墨.大宗淡水鱼养殖产业走向思考[J].中国水产,2018(12):58-60. WANG J, SU M. Thoughts on the trend of freshwater fish farming industry[J]. China fisheries, 2018(12):58-60 (in Chinese).

[8] 钱好,王希挺,陈欣然,等.基于文献计量的中国水产养殖技术研究态势分析[J].农学学报,2019,9(12):43-53. QIAN Y, WANG X T, CHEN X R, et al. Bibliometrics-based analysis of highly-cited papers of aquaculture technology in China [J]. Journal of agriculture, 2019, 9(12):43-53 (in Chinese with English abstract).

[9] 杨德民,宋世清.数字乡村战略背景下农业产业转型升级路径研究:以湖州南浔数字渔业为例[J].南方农机,2023,54(12):115-118. YANG D M, SONG S Q. Research on the transformation and upgrading path of agricultural industry under the background of digital village strategy: a case study of digital fishery in Nanxun, Huzhou [J]. China southern agricultural machinery, 2023, 54(12):115-118 (in Chinese).

[10] 朱建华.浅谈农业物联网在高价值水产养殖中的应用价值[J].农家参谋,2018(6):3. ZHU J H. Talking about the application value of agricultural Internet of things in high-value aquaculture [J]. The farmers consultant. 2018(6):3 (in Chinese).

[11] 姚灵通.遥感技术在水产养殖保险中的应用研究[D].石家庄:河北经贸大学,2024. YAO L T. Application of remote sensing technology in aquaculture insurance [D]. Shijiazhuang: Hebei University of Economics and Business, 2024 (in Chi-

- nese with English abstract).
- [12] 曲国欣,王帮高.渔业装备数字化、智能化推动水产养殖高质量发展[J].当代农机,2024(1):9-10.QU G X, WANG B G. Digitalization and intelligentization of fishery equipment promote the high-quality development of aquaculture[J].Contemporary farm machinery, 2024(1):9-10 (in Chinese).
- [13] 刘高.信息化技术在水产养殖中的应用[J].农业工程技术, 2023, 43(11):50-51.LIU G. Application of information technology in aquaculture[J].Agricultural engineering technology, 2023, 43(11):50-51 (in Chinese).
- [14] 丁兰,徐胜南.智能化陆基循环水养殖模式示范[J].水产养殖, 2022, 43(11):46-47.DING L, XU S N. Demonstration of intelligent land-based circulating water culture mode[J].Journal of aquaculture, 2022, 43(11):46-47 (in Chinese).
- [15] 刘翔.宝坻区水产养殖数字化智能增氧技术[J].智慧农业导刊, 2022(8):4-6. LIU S. Digital intelligent aeration technology for aquaculture in Baodi district[J].Journal of smart agriculture, 2022(8):4-6 (in Chinese).
- [16] 杜连社.互联网技术在水产养殖中的应用与推广[J].农业工程技术, 2024, 44(11):33-34.DU L S. Application and promotion of Internet technology in aquaculture[J].Applied engineering technology, 2024, 44(11):33-34 (in Chinese).
- [17] 王玉珍.信息化技术在水产养殖中的应用[J].农业工程技术, 2024, 44(2):39-40. WANG Y Z. Application of information technology in aquaculture[J].Applied engineering technology, 2024, 44(2):39-40 (in Chinese).
- [18] 郁陈力.互联网技术在水产养殖中的应用与推广[J].新农人, 2024(3):102-104. YU C L. Application and promotion of Internet technology in aquaculture[J].New farmer, 2024(3):102-104 (in Chinese).
- [19] 罗娟娟.区块链视角下水产养殖智慧供应链系统构建[J].物流科技, 2023, 46(21):115-117.LUO J J. The construction of aquaculture intelligent supply chain system based on blockchain technology [J]. Logistics sci-tech, 2023, 46(21):115-117 (in Chinese with English abstract).
- [20] 王晨润,陈枫.智慧水产“云”服务助力渔业产业高质量发展[J].科学养鱼, 2023(3):86. WANG C R, CHEN F. Smart aquatic “cloud” services help the high-quality and safe development of the fishery industry[J].Scientific fish farming, 2023(3):86 (in Chinese).
- [21] 邱宇忠.智慧渔业水产养殖模式创建分析[J].江西水产科技, 2020(2):42-44. QIU Y Z. Analysis of the creation of a smart fishery aquaculture model[J].Jiangxi fishery science and technology, 2020(2):42-44 (in Chinese).

## Development path, foreign experiences and countermeasures of China's digital development in aquaculture

CHEN Jie<sup>1</sup>, XU Zhuqing<sup>2</sup>, ZHANG Long<sup>1</sup>

1. *Research Center for Rural Economy, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100810, China;*

2. *Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038, China*

**Abstract** The digitalization of the aquaculture industry is essential for the modernization of China's fishery industry. Given that the development of digital aquaculture in China is still in its exploratory stage, there is an urgent need to learn from typical models and summarize international experiences. The paper takes the main ways of integrating current digital technologies with aquaculture as the entry point. By analyzing typical cases empowered by digital technology in China, it dissects the main modes and bottlenecks of digital development of China's aquaculture industry. It explores the basic path for the digital development of China's aquaculture industry based on relevant foreign experiences, and puts forward relevant suggestions. This paper argues that to improve the level of digital development in China's aquaculture industry, it is necessary to increase investment and management of aquaculture data collection and utilization, support research and development as well as the integrated application of digital technologies in aquaculture, enhance farmer participation in the digitalization process, and strengthen the research and formulation of policies related to the digitalization of aquaculture.

**Keywords** aquaculture; digitalization; technological innovation; foreign experience

(责任编辑:边书京)