

卫培刚, 孙伟, 王梁, 等. 蛋鸡产业综合监管大数据平台: 架构、技术与应用[J]. 沈阳农业大学学报, 2025, 56(1): 128-139.

WEI P G, SUN W, WANG L, et al. Big data platform for comprehensive supervision of laying hens industry: framework, technology, and application[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2025, 56(1): 128-139.

# 蛋鸡产业综合监管大数据平台: 架构、技术与应用

卫培刚<sup>1a,b</sup>, 孙伟<sup>1b,2</sup>, 王梁<sup>3</sup>, 孔繁涛<sup>1c</sup>, 刘继芳<sup>1b</sup>, 吴迪梅<sup>3</sup>, 曹姗姗<sup>1b,2\*</sup>

(1. 中国农业科学院 a. 特产研究所, b. 农业信息研究所, c. 农业经济与发展研究所, 北京 100081; 2. 国家农业科学数据中心, 北京 100081; 3. 北京市畜牧总站, 北京 100107)

**摘要:** [目的] 蛋鸡产业的高质量发展在我国建设现代化产业体系和全面实现乡村振兴的过程中发挥着重要作用, 针对当前蛋鸡产业内部数据资源利用率低、信息化水平不高等问题, 构建了蛋鸡产业综合监管大数据平台。 [方法] 以北京市良种蛋鸡产业集群为研究对象, 设计了面向蛋鸡产业综合监管大数据平台的总体架构和逻辑功能, 阐明了数据抓取与融合、产销智能推荐方法、产品溯源技术和粪污还田利用计算方法等关键技术, 采用主流的服务框架和开源软件系统, 设计基于 MongoDB、PostgreSQL 和 PostGIS 的混合存储模式, 研发北京市蛋鸡产业综合监管大数据平台。 [结果] 典型应用场景分析表明, 该平台能够满足产业动态监管、产业运行分析、产品质量溯源、产销对接匹配、粪污资源化利用等核心应用需求, 完善贯通蛋鸡产业链信息化服务, 强化产品追溯和产销服务, 实现全产业链信息化闭环管理。 [结论] 该平台可有效提升北京蛋鸡产业集群的综合监管能力, 为蛋鸡产业高质量发展提供便捷、高效、智能的信息技术工具。

**关键词:** 蛋鸡产业; 产业监管; 全产业链; 大数据平台

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-1700(2025)01-0128-12

## Big Data Platform for Comprehensive Supervision of Laying Hens Industry: Framework, Technology, and Application

WEI Peigang<sup>1a,b</sup>, SUN Wei<sup>1b,2</sup>, WANG Liang<sup>3</sup>, KONG Fantao<sup>1c</sup>,  
LIU Jifang<sup>1b</sup>, WU Dimei<sup>3</sup>, CAO Shanshan<sup>1b,2\*</sup>

(1. a. Institute of Special Animal and Plant Sciences, b. Agricultural Information Institute, c. Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. National Agriculture Science Data Center, Beijing 100081, China; 3. Beijing General Station of Animal Husbandry, Beijing 100107, China)

**Abstract:** [Objective] The high-quality development of the laying hens industry plays an important role in the construction of a modern industrial system and the comprehensive realization of rural revitalization in China. In response to the current problems of low utilization of internal data resources and low level of informatization in the laying hens industry, a comprehensive supervision big data platform for the laying hens industry has been constructed. [Methods] Taking the Beijing Fine Breed Egg Hen Industry Cluster as the research object, the overall framework and logical functions of the big data platform for comprehensive supervision of the laying hens industry were designed. The key technologies such as data capture and fusion, intelligent recommendation methods for production and sales, product traceability technology, and calculation methods for returning manure to the field were elucidated. Using mainstream service frameworks and open-source software systems, a hybrid storage mode based on MongoDB, PostgreSQL and PostGIS was

收稿日期: 2024-06-10 修回日期: 2024-09-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFD200080503); 中国农业科学院农科英才领军人才支持项目(10-IAED-RC-09-2024); 2021年北京良种蛋鸡产业集群产业服务能力提升项目(CFTC-BJ03-2203011)

第一作者: 卫培刚(1997-), 男, 博士研究生, 从事智慧畜牧研究, E-mail: wpg0115@163.com

通信作者: 曹姗姗(1984-), 女, 博士, 副研究员, 从事智慧畜牧研究, E-mail: caoshanshan@caas.cn

designed, and the Beijing big data platform for comprehensive supervision of laying hen industry was developed. **[Results]** Typical application scenario analysis shows that the platform can meet core application needs such as industry dynamic supervision, industry operation analysis, product quality traceability, production and sales matching, and utilization of fecal resources. It improves and connects the information services of the laying hens industry chain, strengthens product traceability and production and sales services, and achieves closed-loop management of the entire industry chain information. **[Conclusion]** The platform effectively enhances the comprehensive regulatory capacity of the Beijing laying hens industry cluster, providing convenient, efficient, and intelligent information technology tools for the high-quality development of the laying hens industry.

**Key words:** laying hens industry; industry supervision; whole industry chain; big data platform

近年来,在产业区域政策引导下,我国多地开展蛋鸡产业集群建设,在产业布局优化、产业链条完善等方面取得了突出的建设成效,蛋鸡产业逐步发展成为地方特色优势产业<sup>[1-4]</sup>。在产业集群建设过程中,积累了丰富的产业集群基础数据资源,数据内容涵盖全产业链各环节和各要素,具有多尺度、多模态、多层次等特征,丰富的数据资源对集群发展和产业升级具有积极的推动作用,同时也对产业集群的信息化水平提出了更高的要求。

目前,畜禽产业信息化水平的提升已成为国内外学者研究的热点领域,并取得了一系列研究成果<sup>[5-10]</sup>。在肉牛产业方面,针对当前中国肉牛产业繁育管理水平和信息化智能化水平不高等问题,马为红等<sup>[11]</sup>开展商业化肉牛繁育大数据平台设计与关键技术研究,通过挖掘肉牛种质资源大数据蕴含的丰富信息和潜在知识,实现了肉牛种质信息资源的整合和肉牛繁育全过程的服务支撑,提升肉牛育种整体水平。在奶牛产业方面,马志愤等<sup>[12]</sup>在草地农业思想指导下,以奶业为切入点,利用大数据技术构建奶业大数据平台系统,并在197个奶牛场应用,实现了对规模牛场的生产及奶业相关数据的实时高效采集、更新和管理,提升奶牛养殖生产福利化水平。在种猪产业方面,唐韶青等<sup>[13]</sup>介绍了北京市种猪基因组选择育种平台的建立与应用情况,采用基因组选择技术对大白猪仔猪进行育种,实现了种猪的早期选择,增强选育效率。在肉鸡产业方面,付金禄等<sup>[14]</sup>基于Hadoop框架设计开发了肉鸡养殖精准化管理信息平台,采用动态适配方法对多源异构数据标准化,利用MySQL+HBase的混合存储模式对数据进行存储,提升了肉鸡养殖场生产管理信息化、成本精细化管控能力,实现数字化养殖。综上,现有研究多集中于通过信息化手段提升肉牛、奶牛、种猪和肉鸡等特定畜禽的育种水平、养殖技术和生产效益,而专门针对畜禽产业集群全产业链监管及其关键技术研究尚不多见<sup>[15-21]</sup>。

2021年,北京市重点在高产蛋鸡产业带的平谷区、小型蛋鸡产业带的延庆区和密云区,以及特色蛋鸡产业带的房山区,开展良种蛋鸡产业集群建设。在产业集群的建设过程中,积累了丰富的产业集群基础数据资源,数据来源于生产、加工、物流、销售等全产业链各环节,涵盖良种蛋鸡产业、技术、资金、人员、组织、产销、监管等产业集群各要素,信息技术得到了初步应用。但是,集群内的“信息孤岛”现象尚未得到有效解决,存在多模态数据资源利用率低、业务流程繁琐低效等问题,亟需进行产业信息资源整合,激活打通产业链条各类数据,实现全产业链信息化闭环管理,提升生产服务和产业监管信息化水平。

针对“北京良种蛋鸡产业集群”建设的信息化需求,聚焦蛋鸡生产、加工、流通和消费的全链条、全过程和全要素,充分运用物联网、大数据、AI和移动终端等新一代信息技术,设计蛋鸡产业综合监管大数据平台总体架构和逻辑功能,研究数据抓取与融合、产销智能推荐方法、产品溯源技术和粪污还田利用计算方法等关键技术及其实现方法,并应用于北京蛋鸡产业综合监管大数据平台的开发实践,通过产业动态监管、产业运行分析、产品质量溯源、产销对接匹配、粪污资源化利用等典型应用场景验证平台架构设计及其关键技术,为蛋鸡产业大数据资源的高效管理、智能应用和科学决策提供信息服务支撑,为蛋鸡产业监管领域提供便捷、高效、智能的信息技术工具。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

蛋鸡产业综合监管大数据平台以蛋鸡产业产供销综合监管数据库为基础进行建设,主要包括基础数据集、生产数据集、经营数据集、管理数据集、追溯数据集和模型知识库等专题数据集,涵盖北京良种蛋鸡全产业链“育种—谷物及饲料原料—饲料加工—养殖—流通—销售—贸易—防疫”各环节,数据内容包括:产业动态数据、生产过程数据、经营过程数据、政策资金补助数据、产业项目数据、全程追溯数据、产销对接数据、产

业监管数据和相关模型算法参数等,数据表现为文本记录、传感器监控、视频图像、音频文件、遥感影像等多种格式,数据来源为集群录入、网络抓取、传感器接入、人工收集等多种形式,详细信息如表1。

表1 蛋鸡产业产供销综合监管数据库数据资源

Table 1 Layer industry production, supply and marketing comprehensive supervision database data resources

专题数据集 Thematic dataset	产业链环节 Links in the industrial chain	指标 Index	数据来源 Data Source	时间范围/年 Time range	更新方式 Update method
基础数据集 Basic dataset	集群主体 Cluster	蛋鸡产业集群建设主体基本信息、蛋鸡产业集群各区县基本信息等 Basic information of laying industrial cluster construction, basic information of laying industrial cluster districts and counties, etc	北京市畜牧总站、集群主体等 Beijing animal husbandry station, cluster, etc	2021-2024	集群录入、人工整理 Cluster input, manual sorting
生产数据集 Production dataset	育种、谷物及饲料原料、饲料加工、养殖 Breeding, grain and feed raw materials, feed processing, breeding	产业集群养殖主体生产信息、蛋鸡场出栏量、蛋鸡场存栏量、资源利用方式、玉米播种面积、玉米价格、豆粕价格、饲料品种生产情况、种蛋鸡场数量等 Industrial cluster breeding main body production information, egg farm output, egg farm stock, resource utilization, corn sowing area, corn price, soybean meal price, feed variety production, number of egg farms, etc	集群主体、中国畜牧业年鉴、中国畜牧兽医信息网、国家统计局等 Cluster, China Animal Husbandry Yearbook, China Animal Husbandry and Veterinary Information Network, National Bureau of Statistics, etc	2010-2023	集群录入、人工收集、自动抓取 Cluster input, manual collection, automatic capture
经营数据集 Business dataset	流通仓储、销售 Circulation, warehousing and sales	全国鲜鸡蛋发货量、全国各省鸡蛋价格、鸡蛋产量分布等 National fresh egg shipments, egg prices across the country, egg production distribution, etc	集群主体、国家统计局、全国农产品商务信息公共服务平台等 Cluster, National Bureau of Statistics, national agricultural business information public service platform, etc	2012-2023	集群录入、自动抓取 Cluster input, automatic capture
管理数据集 Managing dataset	集群主体、集群项目、产业资讯、产销服务、粪污资源化利用 Cluster entities, cluster projects, industry information, production and marketing services, and resource utilization of manure and sewage	产业集群产销对接企业交易信息、产业集群粪便处理台账、产业集群粪便处理区域视频接入信息、集群项目建设信息、产业综合咨询信息等 Industrial cluster production and marketing docking enterprise transaction information, industrial cluster feces treatment ledger, industrial cluster feces treatment area video access information, cluster project construction information, industry comprehensive consulting information, etc	北京市畜牧总站、物联网设备、集群主体等 Beijing animal husbandry Station, Internet of Things equipment, cluster, etc	2021-2023	集群录入、传感器接入、自动抓取 Cluster input, sensor access, automatic capture
追溯数据集 Traceability dataset	质量追溯 Quality traceability	蛋鸡产业集群的鸡蛋产品检测信息、全链条追溯信息等 Egg product testing information and whole chain traceability information of laying hens industrial cluster	北京市畜牧总站、集群主体 Beijing animal husbandry station, cluster	2023	集群录入 Cluster input
模型知识库 Model knowledge base	监测预警、产业指数、疫病防治 Monitoring and early warning, industrial index, disease prevention and control	产业集群监测预警模型参数、产业集群相关指数计算方法及参数 Industrial cluster monitoring and early warning model parameters, industrial cluster correlation index calculation method and parameters	—	—	—

综合以上,蛋鸡产业产供销综合监管数据库涉及总的记录达60余万条,数据表数量123个,数据内容涵盖北京市良种蛋鸡产业全产业链各环节和各要素,可为市、区两级农业农村部门、生产经营主体和消费者提供多尺度、多模态、多层次时空大数据资源,实现良种蛋鸡产业集群全链条时空数据资源的融会贯通。

### 1.2 架构设计方法

平台架构采用层架构设计模式把平台划分为5层,包括基础支撑层、数据资源层、智能决策层、应用服务层、服务对象层(图1)。基础支撑层是指蛋鸡产业产供销综合监管平台运行的服务器、操作系统、存储、数据库等基础支撑环境,以及蛋鸡养殖场的物联网设备(包括监控设备、环境传感器等)。数据资源层是指蛋鸡产业集群的基础数据库、生产数据库、产销数据库、追溯数据库、业务数据库,数据涵盖蛋鸡产业全产业链各环节。智能决策层主要是指蛋鸡产业集群时空大数据的智能聚合服务、物联网设备接入、清洗加工服务、AI分析服务、GIS可视化服务、多维融合服务、产业预报服务、疫病预警服务、异常监控服务和第三方平台接入服务等多个服务模块,蛋鸡产业产供销综合监管基础平台采用 Docker 和 Kubernetes 微服务架构建立,提供各类微服务的容器节点管理、部署、资源调度等服务,每个子系统都是一组微服务,可独立部署,且可根据计算性能需求以及服务规模,动态扩展微服务部署的节点数量。应用服务层主要是指6个蛋鸡产业产供销监管应用子系统:综合信息服务子系统、动态监管子系统、溯源技术应用服务子系统、产销对接服务子系统、公众号集群资讯服务子系统和粪污资源化利用服务子系统。服务对象层主要是指通过不同的系统客户端,包括台式计算机、笔记本电脑、智能手机和 PDA 等,面向不同用户和应用场景,为北京市农业农村局和各区县农业农村局及其相关业务部门、

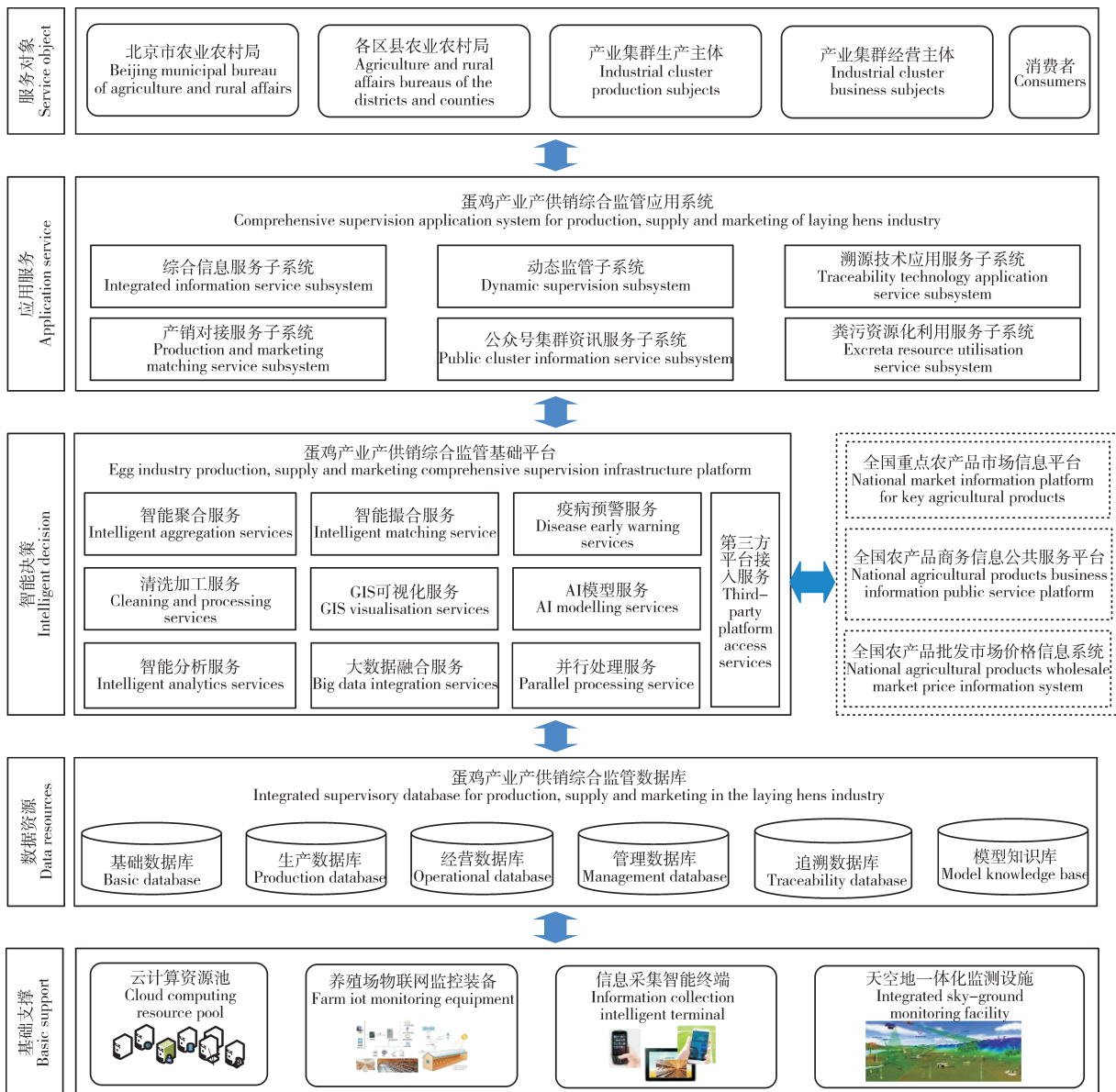


图1 平台架构设计

Figure 1 Platform framework design

生产主体、经营主体和消费者等各类用户提供产业集群6个业务应用系统的客户端。

### 1.3 功能划分逻辑

为了提高软件重用能力,避免软件功能重复开发,采用“116”模式建设“1库、1平台、6应用”,在构建1个蛋鸡产业产供销综合监管数据库和1个综合监管基础平台的基础上,开发6个蛋鸡产业产供销综合监管应用子系统,子系统分别为综合信息服务子系统、动态监管子系统、鸡蛋溯源技术应用服务子系统、产销对接信息服务子系统、公众号蛋鸡产业服务子系统、粪污资源化利用服务子系统。基础服务平台和各子系统的业务关系如图2。

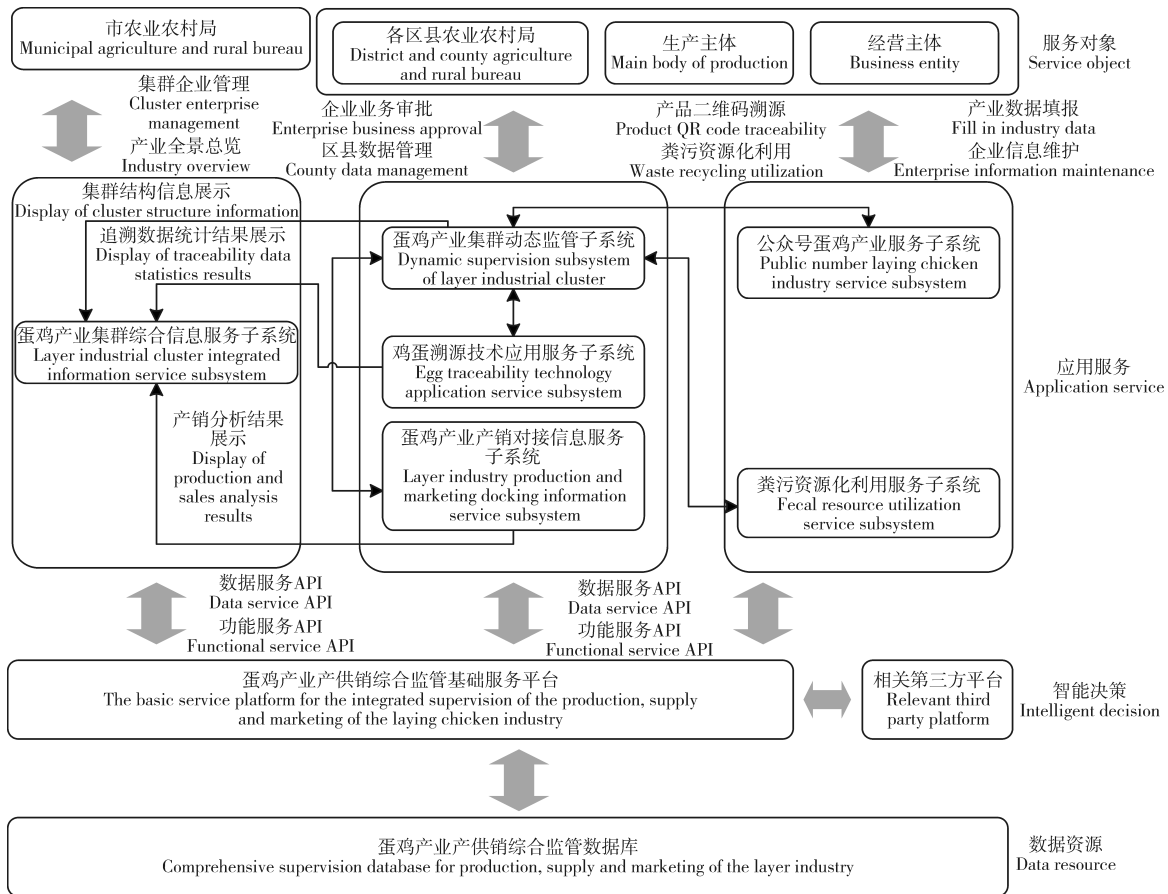


图2 平台功能设计

Figure 2 Platform function design

蛋鸡产业产供销综合监管基础服务平台通过对业务数据和公共模块进行计算逻辑和业务逻辑的封装,生成API接口服务,快速灵活地满足上层各类业务应用系统开发需求,结合蛋鸡产业集群建设过程,构建各种适配业务场景的业务数据和公共模块一体化解决方案。根据不同的使用场景和业务应用系统特征,抽象出蛋鸡产业集群时空大数据的智能聚合服务、物联网设备接入、清洗加工服务、第三方平台接入等服务功能。

综合信息服务子系统是将各个子系统的信息集中展示,以便更好地监管和服务蛋鸡全产业链。系统通过在一张大屏上呈现多方面的数据,包括产业动态、集群主体分布情况、产业结构分布、产量分布情况以及追溯数据统计等内容,为市、区两级农业农村部门提供实时有效的监管手段,有助于实现蛋鸡全产业链的全面监管和服务。

动态监管子系统由产业项目、政策奖补、产业链3个关键模块组成,包括产业项目和政策奖补的申请审批,以及整个产业链(包括防疫、销售、流通、养殖、饲料、育种等环节)的数据管理,实现对产业经营主体进行实时动态的全面监管,为产业经营主体管理及决策提供数据支撑。

鸡蛋溯源技术应用服务子系统由溯源二维码管理、溯源信息管理模块组成,包括溯源二维码生成、溯源二维码信息获取等功能,消费者通过简单的扫码行为查看鸡蛋的生产、销售等溯源信息,在溯源信息中将集群生产主体的相关信息进行展示,有效提高鸡蛋产品追溯体系运转效率,实现鸡蛋产品产销流程全产业链的可追溯管理。

产销对接信息服务子系统由产销对接服务和产销管理模块组成,包括产销信息的发布与浏览、综合检索、在线撮合、智能推荐等功能,让产销实体用户更方便地发布和浏览与产销相关的信息,提供了更多透明度和合作机会,有助于提高全产业链的运作效率。

公众号蛋鸡产业服务子系统由集群资讯、动态监管、集群服务 3 个模块组成,包括集群概况、产业资讯、信息填报(包括生产信息、项目信息、销售量调度信息等),以及公众号信息的发布、菜单分配、管理等功能,为集群实体用户提供便捷的信息填报和资讯获取服务,同时为整个平台提供了必要的数据输入。

粪污资源化利用服务子系统由基础信息管理、台账信息管理、供需信息管理、政策标准管理 4 个模块组成,包括基础信息填报、台账信息记录、还田施肥量计算、供需信息发布、政策标准查阅等功能,实现对粪便处理与利用的监督化管理和资源化利用,指导农户科学还田利用。

## 2 结果与分析

### 2.1 关键技术研究实现

2.1.1 数据抓取与融合 数据抓取与融合主要应用于蛋鸡产业链各个环节的数据更新与处理过程,如防疫、销售、流通、养殖、饲料以及育种等,对提升数据更新部分的效率和准确性,支持产业链运营的优化与改进起到关键性作用。

在数据抓取方面,首先启动定时任务进程,该进程负责从网页数据库中获取网页信息,包括 URL、账号、密码等。随后,该进程将使用所提取的信息向数据采集网站发起请求。一旦请求成功,系统将执行网页特征提取操作,并返回数据解析结果。在此过程中,系统会执行数据的有效性检验、去重等关键操作,确保数据的质量和准确性。数据处理完成后,系统将对数据进行格式化处理,并将其存储至产业链数据库。但是,若请求或数据处理过程中发生错误,系统将立即进行异常处理,记录相关日志信息,并发送相应的告警通知,以便操作人员及时采取必要的纠正措施(图 3)。

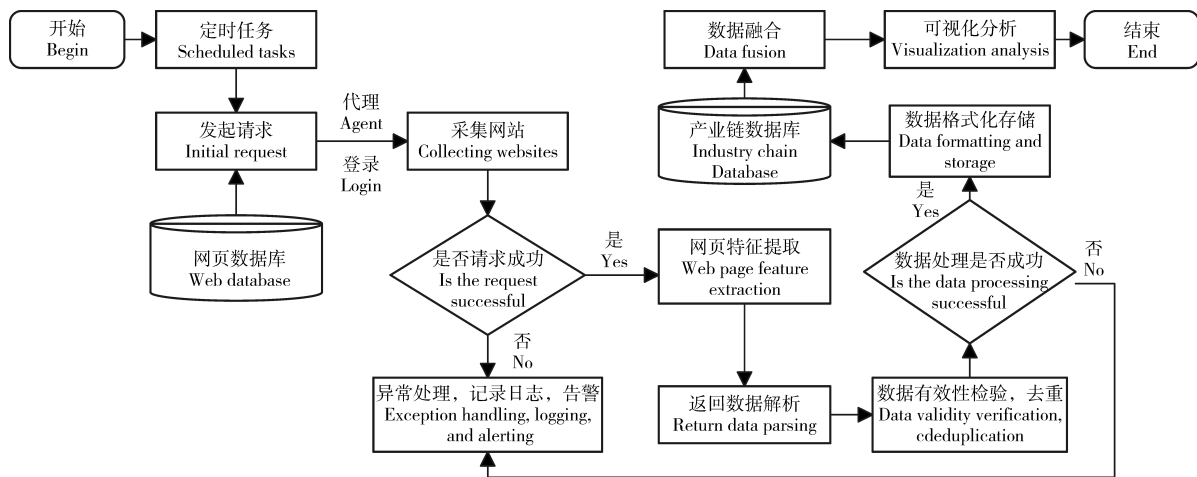


图3 数据抓取与融合

Figure 3 Data capture and fusion

在数据融合方面,系统采用标准化单位、时间对齐与插值、数据聚合等方法,将多来源、多类型的数据进行融合,并对数据进行可视化分析,以使用户更直观地理解数据的内在含义。标准化单位是将不同来源的数据采用统一的度量标准或单位,以便数据能在同一维度下进行比较和分析,例如,对用户提交的饲料消耗和产蛋

量数据,涉及到重量单位(如克、千克)、体积单位(如升),系统需转换成统一的标准;时间对齐是对不同数据源中采集的时间戳进行统一处理,确保数据在相同或相似的时间点进行比较或合并,插值则是在时间数据不完整或时间戳不一致时,通过合理的估算填充缺失的数据点,例如,系统分析温度对饲料消耗的影响,需要将不同时间间隔的数据进行对齐处理,选择将温度数据平均为每小时的值,对饲料数据进行线性插值以达到每分钟的数据分辨率;数据聚合是对多来源、不同时间和空间范围的数据进行汇总或计算,以生成更高层次、更有意义的指标,例如,对不同地理区域的鸡蛋产量、销售数据进行汇总分析,生成全市范围内的日均或周均销售趋势图。

2.1.2 产销智能推荐方法 通过构建产销对接的智能推荐服务,卖方发布供给信息,买方发布需求信息,汇聚行情市场供需的海量数据仓库,实现买/卖双方的市场供需匹配,确保市场有效供给。本平台的产销智能推荐方法为改进后的基于用户的协同过滤算法,主要通过采集用户的行为记录数据,建立用户-项目评分矩阵,完成相似度计算,最后将符合需要的项目推荐给当前用户,实现产销的高效匹配<sup>[22-24]</sup>。其主要步骤包括:

2.1.2.1 构建评分矩阵 由用户对项目(土鸡蛋、双黄蛋、油鸡蛋、油鸡肉等)的评分构建的矩阵,其项目评分主要通过采集用户的行为记录数据获取。用户-项目评分矩阵形式如下:

$$R(m \times n) = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{1(n-1)} & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} & \cdots & r_{2(n-1)} & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & r_{ij} & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{(m-1)1} & r_{(m-1)2} & \cdots & r_{(m-1)j} & \cdots & r_{(m-1)(n-1)} & r_{(m-1)n} \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mj} & \cdots & r_{m(n-1)} & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: $m$ 为用户数量; $n$ 为项目(土鸡蛋、双黄蛋、油鸡蛋、油鸡肉等)数量; $r_{ij}$ 为用户*i*对项目*j*的评分,分值范围为0~10,分值大小与用户对项目的感兴趣程度呈正相关。

2.1.2.2 相似度计算 用户间相似度计算的主要目的是确定与当前用户相似度较高的*n*个最近邻用户,是智能推荐最为关键的一步,之后的产销信息推荐主要来自相似用户感兴趣的项目。相似度计算公式如下:

$$S_c(m, n) = \cos(\vec{r}_m, \vec{r}_n) = \frac{\vec{r}_m \cdot \vec{r}_n}{\|\vec{r}_m\| \cdot \|\vec{r}_n\|} = \frac{\sum_{i \in C_{mn}} r_{mi} \cdot r_{ni}}{\sqrt{\sum_{i \in C_m} (r_{mi})^2} \sqrt{\sum_{i \in C_n} (r_{ni})^2}} \quad (2)$$

式中: $C_m$ 、 $C_n$ 分别为用户*m*和用户*n*评分过的项目集合; $\vec{r}_m$ 和 $\vec{r}_n$ 分别为用户*m*和用户*n*在项目空间上的评分向量。

2.1.2.3 预测与推荐 该步骤是智能推荐的最后一步,主要工作是首先计算前*K*个最相似的用户,然后利用其相似度信息来预测评分值,最后根据预测的评分值,选出前*N*个项目作为最终的推荐结果。预测评分值计算公式如下:

$$P_{x,i} = \bar{r}_m + \frac{\sum_{n \in N(m)} S(m, n) \cdot (r_{n,i} - \bar{r}_n)}{\sum_{n \in N(m)} |S(m, n)|} \quad (3)$$

式中: $N(m)$ 为用户*m*的最近邻集合; $S(m, n)$ 为用户*m*和用户*n*的相似度。

2.1.3 产品溯源技术 以“生产-监督-溯源”为设计路线,通过数字信息化手段,实现了蛋鸡产业集群产品的“正向追踪和反向溯源”。基于企业生产档案(企业信息、生产批次信息等)、产品档案(包装信息、产品类型等)等信息,采用快速反应码(Quick Response, QR)技术,生成产品溯源二维码<sup>[25]</sup>。该二维码编码是由一串32位数字组成的字符串,该字符串为二维码在数据库中的编号,其不同位置代表不同的含义,如第5-6位代表产品种类编号(01代表土鸡蛋,02代表油鸡蛋,03代表鸡肉,04代表油鸡肉)、第7~20位代表产品的生产日期(由年月日时分秒毫秒组成)、第21~26位代表产品生产批次号(由2位栋编号+2位栏编号+2位批次号组成),具体示例见图4。图4即为二维码在产品防伪溯源系统中的编码方式,通过截取二维码编码的某几位,能够在数据库对应的数据表中快速查询此产品的相关信息。该方法支持大数据量的防伪溯源查询,能够有效增强产品溯源效率。

2.1.4 粪污还田利用计算方法 基于粪污还田利用计算方法,构建粪污还田施用量的快速便捷计算工具,指导农户科学开展粪污还田利用,促进区域内粪肥有序调配和综合平衡。关于鸡粪肥还田施肥的快速便捷计

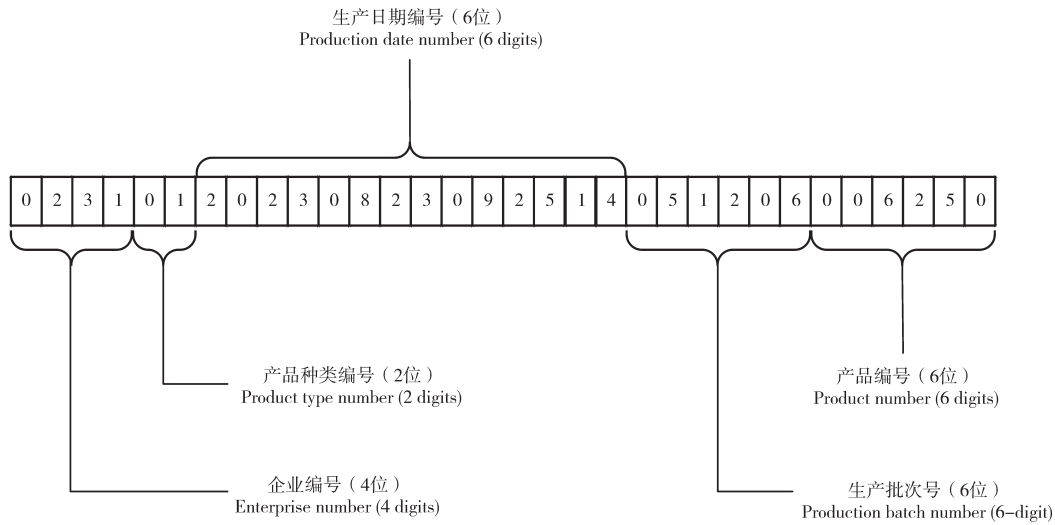


图4 产品溯源技术

Figure 4 Product traceability technology

算,通过输入年均存栏量和还田作物类别信息进行计算,使用的计算公式如下:

$$A = \frac{(S * C * D) * P_1 * P_2}{F} \tag{4}$$

式中: $S$ 为年均存栏量(只); $C$ 为产粪系数(种鸡场按 $0.12 \text{ kg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,育雏鸡为主的场按 $0.03 \text{ kg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ,育成鸡为主的场按 $0.1 \text{ kg} \cdot \text{只}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ); $D$ 为天数(每年按365 d计算); $P_1$ 为粪肥系数(默认值取0.4); $P_2$ 为作物种植面积占比; $F$ 为施肥量。其中, $P_2$ 按照表2进行取值,如当玉米种植面积占比为100%时,则 $P_2$ 取值为1, $F$ 取表中小麦 $F_n$ 和 $F_p$ 的最小值,计算结果 $A$ 为玉米的推荐配套面积。当玉米种植面积占比60%,苹果种植面积占比40%,则 $P_2$ 分别取值0.6和0.4, $F$ 取表中玉米和苹果对应的 $F_n$ 和 $F_p$ 最小值进行计算。

表2 推荐施肥量

Table 2 Recommended fertilizer rate

作物种类 Crop types		施肥量 Fertilizer application rate/(t·667m <sup>-2</sup> )	
		$F_n$	$F_p$
大田 Farmland	小麦 Wheat	1.80	1.22
	玉米 Corn	2.24	1.15
蔬菜 Vegetable	茄果 Solanaceous fruits	2.21	1.20
	青椒 Green pepper	1.66	1.10
	大白菜 Cabbage	1.26	1.10
林果 Fruits	桃 Peach	1.68	1.20
	苹果 Apple	1.13	1.10

注:数据标准仅适用于北京地区,对其他地区可能并不适用。

Note: The data standard is only applicable to the Beijing area and may not be applicable to other regions.

## 2.2 平台实现与应用

2.2.1 平台实现与部署 本平台在设计开发时考虑了4种角色,主要服务的用户包括系统管理员、市畜牧总站、区级农业农村局、企业4种用户类型,通过Sureness系统权限控制技术简化访问控制和身份验证的实施,不同用户类型对应不用的系统菜单权限。基于设计的蛋鸡产业综合监管大数据平台总体架构,采用前后端分离的开发模式进行实现,具体实现方式是:使用SpringBoot+SpringCloud框架,引入SpringCloud Alibaba系列,作为信息服务平台的微服务开发框架。利用Nacos注册/配置中心、Sentinel流量控制系统、SpringCloud Gateway网关、Feign远程调用、Docker容器等组件,作为微服务的治理方案。通过RESTful API访问Gateway网关服务,提供统一的服务端口,开发了RESTful风格接口293个。

平台的部署和运行环境为:利用2台阿里云服务器搭建服务器集群,1台提供业务服务,1台提供数据服务,地图应用使用OpenLayer进行前端渲染,Web应用服务器使用Apache Tomcat8.5.32,地图服务器软件使用

Geoserver,地图数据生产使用QGIS,空间数据和关系数据存储使用PostgreSQL和PostGIS,缓存数据存储使用Redis,非关系数据存储使用MongoDB,使用Minio对象存储服务存储溯源二维码图片数据,上述所有服务器和工具软件均采用开源软件,且具有良好的安全性和稳定性。

2.2.2 典型应用场景分析 本平台已在北京良种蛋鸡产业集群开展应用,有效提升北京蛋鸡产业综合监管能力。本研究从产业动态监管、产业运行分析、产品质量溯源、产销对接匹配、粪污资源化利用等5个应用场景对系统运行和应用情况进行说明。

在产业动态监管应用场景下,应用传感器、计算机视觉、网络感知、RFID,以及4G/5G、WiFi、蓝牙等信息感知与传输技术,汇聚海量数据资源,形成蛋鸡产业产供销综合监管数据库,利用“数据库+动态监管系统”,展示即时数据,映射“集群主体、集群项目、产业资讯、产销服务、质量追溯、监测预警、产业指数、疫病防治”等的实时变化,实现了产业集群的动态监管,诠释并展现了“产业动态监管信息化”(图5)。



图5 产业动态监管

Figure 5 Industry dynamic supervision

在产业运行分析应用场景下,利用蛋鸡产业综合监管大数据平台,能够全面、实时地统计分析北京全市40余家蛋鸡产业集群企业的存栏量、出栏量、产品产量、养殖场数量、养殖用地、资源利用、市场供需等运行情况,并能够及时开展市场分析、预测预警,从而保障产业运行安全。

在产品质量溯源应用场景下,在移动终端设备(智能手机、平板电脑等)填写产品批次生产信息,并从平台系统批量下载打印。将打印出的二维码直接粘贴至产品包装箱,使用微信的“扫一扫”,查看产品全息信息,实现了蛋鸡产业集群产品的“正向追踪和反向溯源”,提升了北京油鸡、白鸡等地方特色品种的品牌效应,增强了城乡居民对北京良种蛋鸡的消费信心(图6)。



图6 产品质量溯源

Figure 6 Product quality traceability

在产销对接匹配应用场景下,利用产销对接信息服务系统,卖方发布供给信息,买方发布需求信息,使买卖双方及时发现适合交易的潜在对象,并根据需要和实际情况促成交易。基于产销智能推荐方法,系统对用户进行信息的智能推荐,实现买/卖双方的市场供需匹配,减缓供过于求或供不应求的剧烈震荡,确保市场有效供给、相对平稳。

在粪污资源化利用应用场景下,通过数据智能获取与综合分析功能,实现粪污处理与利用的实时监控;通过粪污还田施用量的快速便捷计算,指导农户科学开展粪污还田利用;通过及时共享区域内粪肥供需信息,促进区域内粪肥有序调配和综合平衡(图7)。

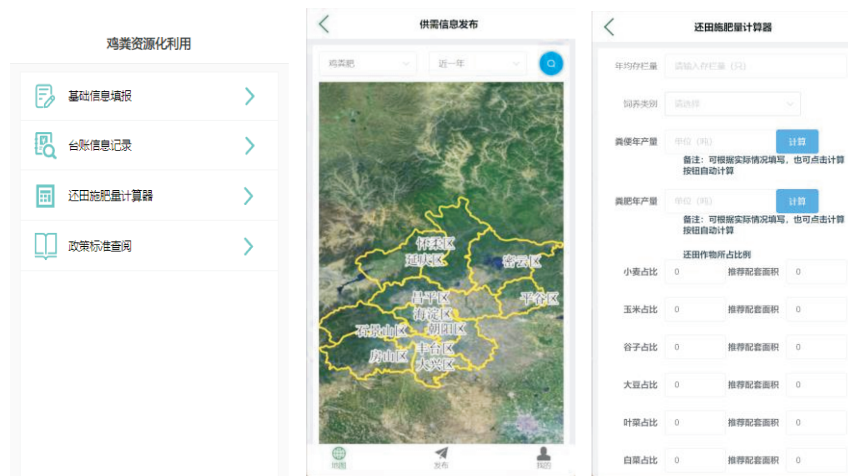


图7 产销对接匹配和粪污资源化利用

Figure 7 Production and marketing docking matching and waste resources utilization

### 3 讨论与结论

本研究针对蛋鸡产业集群信息化和智能化水平不高、信息孤岛严重等问题,设计蛋鸡产业综合监管大数据平台总体架构和逻辑功能,研究数据抓取与融合、产销智能推荐方法、产品溯源技术和粪污还田利用计算方法等关键技术及其实现方法,在北京市良种蛋鸡产业集群综合监管大数据平台的研发和部署实践过程中,通过产业动态监管、产业运行分析、产品质量溯源、产销对接匹配、粪污资源化利用等典型应用场景分析,验证了架构和技术的有效性和实用性。

本研究在具备传统畜禽产业信息系统通用功能的基础上,聚焦于蛋鸡产业集群的育种、饲料、养殖、流通、销售和防疫的全链条、全过程和全要素,面向文本记录、传感器监控、视频图像、音频文件、遥感影像等多模态数据及其结构特征,实现了蛋鸡产业的智能化管理和智慧化经营,全面提升北京蛋鸡产业综合监管能力,有效推进北京蛋鸡全产业链现代化水平。

平台所提供的功能服务还需进一步完善和拓展,之后可在2个方面进一步深入开展研究和应用:(1)加强蛋鸡全产业链数据资源建设,不断完善基础服务平台的数据智能聚合和清洗加工等服务,拓展平台基础数据量,保障平台数据质量,为平台的智能应用和科学决策提供强有力的数据支撑。(2)把以ARIMA、SARIMA等为代表的时序模型集成到蛋鸡产业综合监管大数据平台,用于提前预测产业集群未来一段时间的生产趋势,及时开展市场分析预警,保障产业运行安全。

#### 参考文献:

- [1] 孙从佼,曹景晟,于爱芝,等.2022年蛋鸡产业发展情况、未来发展趋势及建议[J].中国畜牧杂志,2023,59(3):269-273.  
SUN C J,CAO J S,YU A Z,et al.Development situation,future development trend and suggestions of laying hens industry in 2022[J].Chinese Journal of Animal Science,2023,59(3):269-273.

- [2] 姜江.以强化产业集群质量引领力促进质量强国建设[J].经济纵横,2023(12):48-54.  
JIANG J.Prospiring the nation with quality by enhancing the leading role of industrial clusters[J].Economic Review Journal, 2023(12):48-54.
- [3] 王文建,余晓强,王旭刚,等.襄阳市蛋鸡产业现状及形势展望[J].湖北农业科学,2021,60(增刊1):304-307,316.  
WANG W J,YU X Q,WANG X G,et al.Present situation and future prospect of laying hens industry in Xiangyang City[J].Hubei Agricultural Sciences,2021,60(S1):304-307,316.
- [4] 朱宁.2022年蛋鸡产业发展形势及2023年展望[J].中国畜禽种业,2023,19(4):37-41.  
ZHU N.The development situation of laying hens industry in 2022 and the prospect in 2023[J].The Chinese Livestock and Poultry Breeding,2023,19(4):37-41.
- [5] 王明,平阳,刘新,等.基于物联网的北京油鸡健康散养系统构建与应用[J].中国家禽,2020,42(8):59-64.  
WANG M,PING Y,LIU X,et al.Construction and application of Beijing you chicken health free-range system based on internet of things[J].China Poultry,2020,42(8):59-64.
- [6] CHIVAROV S,DIMITROV K,CHIVAROV N.Algorithms for Cost Oriented Cyber Physical System (COCPS) for intelligent control of animal husbandry farms[J].IFAC-PapersOnLine,2022,55(11):31-36.
- [7] 杨信廷,王杰伟,邢斌,等.基于区块链的畜牧养殖资产监管身份认证研究[J].农业机械学报,2021,52(11):170-180.  
YANG X T,WANG J W,XING B,et al.Identification of animal husbandry assets supervision based on blockchain[J].Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2021,52(11):170-180.
- [8] DUTTA D,NATTA D,MANDAL S,et al.MOOnitor:An IoT based multi-sensory intelligent device for cattle activity monitoring[J].Sensors and Actuators A:Physical,2022,333:113271.
- [9] 纪楠,尹艳玲,沈维政,等.叫声在生猪福利监测中的研究进展与挑战[J].智慧农业(中英文),2022,4(2):19-35.  
JI N,YIN Y L,SHEN W Z,et al.Pig sound analysis: a measure of welfare[J].Smart Agriculture,2022,4(2):19-35.
- [10] 张俊,李凯,邵庆勇,等.畜禽种质资源大数据平台应用场景分析与架构研究——以反刍家畜为例[J].中国科学:生命科学,2023,53(7):1002-1011.  
ZHANG J,LI K,SHAO Q Y,et al.Application scenario analysis and architecture of a big data platform for livestock and poultry germplasm resources——taking ruminants as an example[J].Scientia Sinica(Vitae),2023,53(7):1002-1011.
- [11] 马为红,李嘉位,WANG Z Q,等.商业化肉牛繁育大数据平台设计与关键技术[J].智慧农业(中英文),2022,4(2):99-109.  
MA W H,LI J W,WANG Z Q,et al.Design and key technologies of big data platform for commercial beef cattle breeding[J].Smart Agriculture,2022,4(2):99-109.
- [12] 马志愤.基于草地农业视角下的奶业大数据平台构建与应用研究[D].兰州:兰州大学,2020.  
MA Z F.Dairy big data platform construction and application research based on the perspective of agro-grassland[D].Lanzhou:Lanzhou University,2020.
- [13] 唐韶青,肖炜,杨宇泽,等.北京市种猪基因组选择育种平台的构建与应用[J].中国畜牧杂志,2022,58(8):79-82.  
TANG S Q,XIAO W,YANG Y Z,et al.Construction and application of beijing breeding pig genome selection breeding platform[J].Chinese Journal of Animal Science,2022,58(8):79-82.
- [14] 付金禄,李丽华,贾宇琛,等.基于“企业+农户”模式的肉鸡养殖精准化管理平台[J].山西农业大学学报(自然科学版),2022,42(6):54-65.  
FU J L,LI L H,JIA Y C,et al.Precision management platform for broiler breeding based on "Enterprise+Farmer" model[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition),2022,42(6):54-65.
- [15] 王森,刘玉梅,刘杰,等.畜牧业数智化发展的国际经验及对我国的启示[J].黑龙江畜牧兽医,2023(10):1-5,18.  
WANG S,LIU Y M,LIU J,et al.International experience of the development of digital intellectualization of animal husbandry and its enlightenment to China[J].Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine,2023(10):1-5,18.
- [16] WANG B Y,QI J W.Research on the intelligent cloud animal husbandry platform[J].Mathematical Problems in Engineering, 2022,2022(1):4940511.
- [17] 郭阳阳,杜书增,乔永亮,等.深度学习在家畜智慧养殖中研究应用进展[J].智慧农业(中英文),2023,5(1):52-65.  
GUO Y Y,DU S Z,QIAO Y L,et al.Advances in the applications of deep learning technology for livestock smart farming[J].Smart Agriculture,2023,5(1):52-65.
- [18] VALCHEV E,MALINOV P,GLUSHKOVA T,et al.Approach for modeling and implementation of an intelligent system for livestock cattle on pastures[J].IFAC-PapersOnLine,2022,55(32):211-216.

- [19] CAO Y Y, CHEN J, ZHANG Z C. A sheep dynamic counting scheme based on the fusion between an improved-sparrow-search YOLOv5x-ECA model and few-shot deepsort algorithm[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2023, 206: 107696.
- [20] 王浩缘, 李韞珂, 洪星萍, 等. 基于Android和iOS双平台“养鸡手册”APP的设计与开发[J]. *中国家禽*, 2022, 44(3): 116-119.  
WANG H Y, LI Y K, HONG X P, et al. Design and development of avian disease diagnosis assistant APP based on Android and iOS platform[J]. *China Poultry*, 2022, 44(3): 116-119.
- [21] 吕恩利, 何欣源, 罗毅智, 等. 哺乳母猪智能饲喂物联网系统设计[J]. *华南农业大学学报*, 2023, 44(1): 57-64.  
LÜ E L, HE X Y, LUO Y Z, et al. Design of intelligent feeding IoT system for lactating sows[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2023, 44(1): 57-64.
- [22] 孙传明, 周炎, 涂燕. 基于混合协同过滤的个性化推荐方法研究[J]. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 54(6): 956-962.  
SUN C M, ZHOU Y, TU Y, et al. Research on personalized recommendation method based on hybrid collaborative filtering[J]. *Journal of Central China Normal University(Natural Sciences)*, 2020, 54(6): 956-962.
- [23] 张文龙, 钱付兰, 陈洁, 等. 基于双重最相关注意力网络的协同过滤推荐算法[J]. *计算机应用*, 2020, 40(12): 3445-3450.  
ZHANG W L, QIAN F L, CHEN J, et al. Collaborative filtering recommendation algorithm based on dual most relevant attention network[J]. *Journal of Computer Applications*, 2020, 40(12): 3445-3450.
- [24] 毛德磊, 唐雁. 基于归因理论用户偏好提取的协同过滤算法[J]. *计算机工程*, 2019, 45(6): 225-229, 236.  
MAP D L, TANG Y. Collaborative filtering algorithm based on attribution theory for user preference extraction[J]. *Computer Engineering*, 2019, 45(6): 225-229, 236.
- [25] 王华, 李卫卫, 吴怀广, 等. 基于二维码的禽类肉产品安全溯源系统设计与实现[J]. *计算机应用与软件*, 2020, 37(10): 1-5.  
WANG H, LI W W, WU H G, et al. Design and implementation of safety traceability system for poultry meat products based on QR code[J]. *Computer Applications and Software*, 2020, 37(10): 1-5.