

基于多模态大模型的智慧农业全链路数字化决策系统方案研究

郑宗意¹, 王雪婷¹, 李杰^{1,*}

1. 重庆安全技术职业学院, 人工智能学院, 重庆 巴南, 401320

摘要: 为应对现代农业中植物病虫害防治效率低下与水资源管理粗放的核心挑战, 本文提出并设计了一套基于多模态大模型的智慧农业全链路数字化决策系统方案。首先, 在数据获取端构建了“空天地一体化”的多维感知体系, 实现对农田环境与作物生理状态的全景监控; 其次, 在决策中枢层面, 创新性地引入本地化大语言模型结合检索增强生成技术, 通过挂载权威农业专业知识库, 有效消除通用人工智能的“知识幻觉”, 实现从模糊问答向精准标准化农事处方的逻辑跨越; 最后, 在执行与应用层面, 依托云边端协同机制设计了软硬一体化的“感-算-控”物理闭环, 并规划了PC总控与移动小程序双端协同的管理模式以及基于区块链的品质溯源链路。本方案打通了从底层数据采集、智能决策到末端控制与业务变现的全流程, 为破解传统农业感知与决策割裂难题提供了系统的顶层设计图纸, 为推动农业新质生产力发展与数字化转型提供了科学的理论架构与应用范式。

关键词: 智慧农业; 多模态大模型; 云边端协同; 全链路决策

Research on a Comprehensive Digital Decision-Making System Solution for Smart Agriculture Based on Large-Scale Multimodal Models

Zongyi Zheng¹, Xueting Wang¹, Jie Li^{1,*}

1. Chongqing Vocational Institute of Safety Technology, Chongqing, 401320, China

Abstract: To address the core challenges of inefficient pest and disease control and extensive water resource management prevalent in modern agriculture, this paper proposes and designs a comprehensive, full-chain digital decision-making system for smart agriculture, powered by multimodal large models. First, at the data acquisition layer, an "integrated space-air-ground" multidimensional sensing framework is established to enable panoramic monitoring of the farmland environment and crop physiological states. Second, at the central decision-making hub, a novel approach is introduced that combines localized large language models with Retrieval-Augmented Generation (RAG) technology; by integrating authoritative agricultural knowledge bases, this approach effectively eliminates the "knowledge hallucinations" often associated with general-purpose AI, thereby achieving a logical leap from vague Q&A interactions to precise, standardized agricultural prescriptions. Finally, at the execution and application layer, a hardware-software integrated "sensing-computing-control" physical closed loop is designed based on a cloud-edge-end collaborative mechanism; furthermore, a dual-terminal management mode—facilitating seamless coordination between a central PC control console and mobile mini-programs—is planned alongside a blockchain-based quality traceability chain. This solution streamlines the entire workflow—from foundational data collection and intelligent decision-making to terminal control and business

monetization—providing a systematic top-level design blueprint for resolving the long-standing disconnect between sensing and decision-making in traditional agriculture, while offering a scientific theoretical framework and application paradigm to drive the development of new-quality productive forces and digital transformation within the agricultural sector.

Keywords: Smart agriculture; Multi modal large model; Cloud edge collaboration; Full chain decision-making

推进农业强国建设、加快农业现代化转型，离不开农业新质生产力的核心支撑。2026年中央一号文件系统性部署农业新质生产力发展工作，指明了农业数智化转型方向，推动农业摆脱传统资源依赖、经验主导模式，向创新驱动、精准高效方向升级，也为智慧农业落地提供了政策与时代双重支撑。

人工智能、大数据等技术虽为农业新质生产力落地筑牢技术基础，但基层农业管护仍存在技术供需错位、决策滞后、农技服务断层等现实问题，高端技术难以普惠、简易工具实用性不足，成为数字化转型堵点。为此，研发适配基层、低成本、全链路的智慧农业决策系统，成为破解行业痛点、保障粮食安全的必要路径。

1 农业新质生产力驱动下的智慧化转型背景

1.1 农业新质生产力的时代内涵与发展驱动

2026年中央一号文件明确以科技创新驱动农业产业创新，界定了农业新质生产力的核心内涵^[1]。新时代农业新质生产力，以人工智能、大数据、大模型为核心要素，深度重塑农业生产全流程，通过数字化赋能传统生产要素，提升全要素生产率，推动农业向创新驱动型转型。

人工智能与大数据技术持续下沉农业领域，人工智能大模型依托多维度农业数据实现专业研判，大数据技术整合零散环境信息形成数字资产，二者融合直接推动农业管理从“经验驱动”转向“数据驱动”^[2]，补齐传统农业感知滞后、决策零散的短板。

1.2 现代农业管护中的供需错位与现实痛点分析

农业新质生产力落地过程中，基层管护存在突出的供需错位难题^[3]：重型智控系统成本过高，中小农户难以负担；简易智能工具功能碎片化、实用性差，无法满足生产需求，导致农业数字化转型受阻，衍生出三大核心痛点^[4]。

病虫害防治滞后盲目，传统人工观测存在时滞性，极易错过最佳防治期，农户盲目大剂量用药不仅造成农药浪费，还引发生态破坏、农残超标等问题，背离绿色农业发展要求^[5]。

农业资源利用粗放割裂，灌溉、施肥多沿用传统模式，传感设备数据无法深度联动，水资源利用率偏低，既造成资源浪费，也易诱发田间病害^[6]。

基层农技专家资源紧缺，农村劳动力老龄化导致专业指导服务不足，通用大模型农业专业性欠缺，难以输出落地实操方案，成为新质生产力落地的核心阻碍^[7]。

1.3 研究思路与全链路决策系统的设计宗旨

针对上述农业管护痛点，本文立足系统工程理论，按照“析痛点—搭架构—研技术—落场景”的思路，构建五位一体农业数字化框架，研发适配中小种植主体的低成本、全链路智慧农业决策系统，打通软硬件衔接壁垒，形成高效生产管理闭环。

如图1所示，本系统以普惠下沉、提质增效为核心宗旨，坚守三大设计原则：一是普惠化，以轻量化设备降低应用门槛，让基层农户用得起、用得好；二是全链路闭环，覆盖农业生产全流程，

兼顾生产管控与价值链增值；三是数据驱动，以科学决策替代经验判断，同步实现农业增效、生态保护与食品安全保障。

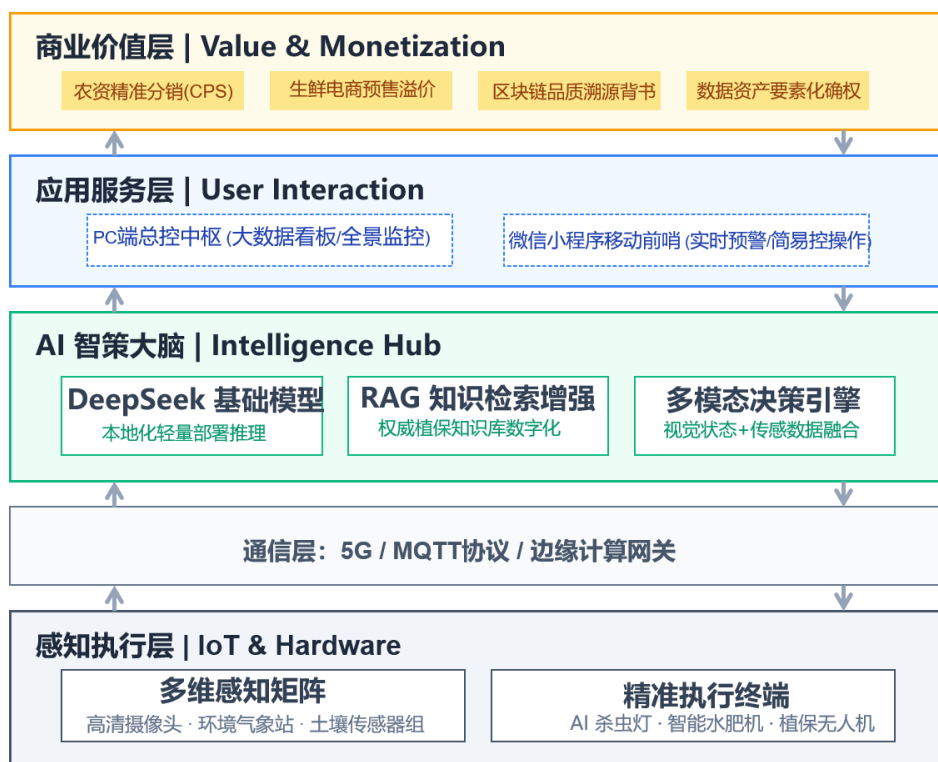


图 1 全链路数字化决策系统架构图

Fig. 1 Full-link digital decision-making system architecture diagram

2 全链路数字化决策系统的总体架构设计

2.1 “空天地一体化”多维感知体系设计

本方案构建了“无人机低空遥感+高密度物联网传感阵列+移动端抓拍”的三位一体感知网，实现从宏观长势到田间微气象、再到微观病灶的全景无死角覆盖。针对农村弱网痛点，系统采用“云-边-端”协同架构：感知终端负责采集，边缘计算网关承载 YOLO 等高频算法，在本地完成图像预处理与虫害清点，仅回传精简后的结构化数据，大幅降低带宽依赖；云端则专注 DeepSeek 模型推理与海量数据存储。此机制确保了在弱网环境下，现场硬件依然能执行基础监测与控害动作，保障了系统的高可用性。

2.2 基于大模型与知识库耦合的决策大脑规划

决策大脑是全链路系统的逻辑核心。本方案将 DeepSeek 大模型与 RAG（检索增强生成）技术深度耦合，预先将国家级植保手册、行业标准等权威语料向量化，构建本地数字化专家知识库。当接收到前端异常信号时，RAG 引擎实时检索高度匹配的专业片段，并作为强约束上下文注入 DeepSeek 推理过程，有效消除了通用 AI 的“知识幻觉”。由此，系统职能从模糊的百科问答跨越至精准的专业处方，能结合实时传感工况，自动输出包含药剂配比、灌溉时长的标准化农事 SOP，确保决策的严肃性与实操性。

2.3 PC 总控中枢与移动前哨的双端协同机制

针对管理与执行的异构需求,系统设计了双端协同机制。在管理者视角,PC端作为数字管控中枢,集成农场健康指数、病虫害热力图与全景监控,侧重海量数据挖掘与宏观战略排产;在农户视角,微信小程序作为敏捷生产前哨,采用极简UI与方言语音等适老化交互,农户可自定义预警阈值,并接收AI即时推送的农技处方,完成从发现到执行的快速闭环。传感器数据通过边缘网关实时同步至双端,PC端下发指令,小程序接收工单并反馈,真正实现了宏观统筹与一线生产的高效协同。

2.4 软硬一体化的“感-算-控”物理闭环逻辑

在系统架构规划中,软硬一体化的“感-算-控”闭环逻辑是将数字化决策转化为实际生产力的关键环节。本方案通过将高精度算法下放至边缘硬件,赋予终端设备自主感知与即时反馈能力,从而构建起一套摆脱人工经验依赖、具备高度自治特性的物理执行闭环。

首先是基于边缘智能的虫情防治闭环。系统将YOLO害虫检测算法直接内嵌于智能杀虫灯的边缘计算控制盒中。其执行逻辑表现为:感知阶段,高清工业相机自动触发抓拍,获取虫体形态图像;计算阶段,边缘侧芯片利用内嵌算法对毫米级害虫进行实时分类与计数,无需将大容量视频流回传云端,直接在本地完成威胁等级研判;控制阶段,一旦识别到特定害虫密度超过设定阈值,系统立即自主启动诱集光源、红外高压杀虫及自清洗结构,并将清点后的结构化数据上报。这种“感算一体”的设计,使硬件从被动的定时开关升级为具备环境响应能力的智慧终端。

其次是多模态驱动的精灌控制闭环。不同于传统的单一传感器触发模式,本方案设计的智能灌溉控制终端具备更复杂的逻辑联动。系统综合调取土壤墒情传感器的电学信号与高清摄像头捕捉的作物萎蔫视觉信号,通过本地决策中枢进行加权分析。当判定作物由于生理性缺水进入紧迫状态时,系统会绕过人工确认环节,直接驱动电磁阀与智能水肥机开启。灌溉量根据AI模型实时计算出的蒸腾需求量进行动态调节,并在环境指标回归正常红线后自动关断。

全流程闭环设计的核心价值在于最大程度压降人为干预带来的随机性与时滞性误差。通过将决策逻辑硬化在设备端,系统能够实现7×24小时的不间断守望,确保在凌晨、深夜等人工管护盲区,病虫害能被“毫秒级”发现并执行物理隔离,水资源能被“按需化”精准投送。这种去中心化的执行模式,不仅显著提升了应急处置的响应速度,更为现代农业的无人化管理提供了坚实的底层技术支撑。

3 典型应用场景规划与价值闭环路径

智能化农事调度的核心价值在于将预测性数据流转化为即时性的生产行动,实现管护任务的自动排产与精准推送。系统通过集成高精度的短临天气预报数据,能够敏锐预判降水窗口,并以此为触发条件自动调整植保计划,生成避雨施药的标准化作业程序,指导农户在降雨前完成药剂喷施,从源头上规避药效流失及次生面源污染。在水分管理场景中,系统摒弃了单一的土壤湿度阈值控制逻辑,而是采用多模态决策算法,将土壤墒情传感数据与视觉捕捉到的叶片微萎蔫、边缘卷曲等生理信号进行交叉验证。一旦判定作物进入水分胁迫状态,系统将根据实时蒸腾模型精准计算补水量,自动调度智能灌溉终端执行微喷或滴灌任务。这种基于数字孪生逻辑的精细化管护场景设计,将复杂的农学经验固化为可自动运行的代码逻辑,实现了从经验决策向算法决策的根本性跨越。

在价值创造与商业闭环层面,基于区块链技术的品质溯源系统为农产品赋予了数字化的信用背书,解决了优质产品与市场信任之间的断层问题。系统全天候记录的感知数据与执行日志(包括环境指标、精准肥水投入量以及生物防治频次等)均通过加密算法实时上链存储,形成了不可篡改的

电子种植档案。基于此项核心数据，系统能够自动生成 AI 无农残评估报告，利用 AI 审计结果为农产品提供权威的品质认证，使种植过程中的环保投入转化为可见的品牌资产。这种信用资产的沉淀直接赋能了商业模式的变现逻辑：一方面，系统根据病害诊断处方精准挂载匹配的生物农资购买链接，构建起高转化率的 CPS 分销渠道，实现产业链上游利润的重新分配；另一方面，结合产量预测模型，系统协助农户对接高端生鲜电商平台进行提前锁价预售，通过品质背书换取 20% 以上的品牌溢价，从而构建起从技术服务到贸易撮合的全链路商业盈利矩阵。

智慧农业生态的构建最终落脚于对新农人的科技赋能以及农业数据要素的资产化运营，为乡村振兴注入内生动力。通过将海量专家经验与植保规范融入 DeepSeek 大模型大脑，系统大幅降低了现代农业生产的技术门槛与管理难度，使具备数字化素养的返乡创业青年能够通过简单的移动端交互实现对千亩良田的高质量管护。这种技术下沉有效地缓解了农村劳动力老龄化带来的管理断层，吸引了更多跨学科人才投身农业生产一线。

4 结论

本文针对现代农业管护中的感知割裂与决策滞后等痛点，系统性地构建了基于多模态大模型与 RAG 技术的“感-算-控-溯-变”全链路数字化决策方案，实现了从实验室算法向田间实用生产力的跨越。通过云边端协同架构与边缘智能硬件的深度联动，系统不仅有效破解了病虫害滞后防治与资源粗放利用的僵局，更依托区块链溯源与农资 CPS 导流模式打通了农产品价值溢价的商业闭环，在显著提升生产效益的同时，极大地降低了智慧农业的技术应用门槛。本研究不仅为农业新质生产力的落地提供了完整且可复制的技术框架，更通过数据知识产权确权与科技赋能新农人，为守护国家粮食安全及驱动乡村全面振兴贡献了数字化决策的新范式。

参考文献

- [1] 郭燕斌. 新质生产力促进乡村振兴发展的要素保障与实施策略研究[J]. 山西农经, 2026, (6): 19-21.
- [2] 苑浩畅, 王亚荣, 王斌, 等. 人工智能技术创新与现代农业高质量发展[J]. 技术经济与管理研究, 2026, (3): 145-151.
- [3] 李怀. 数智技术驱动农业新质生产力发展的三重路径[J/OL]. 新视野, 2026, 1-10.
- [4] 岳廷容. 新质生产力赋能乡村生态振兴的实践路径研究[J]. 中国集体经济, 2026, (8): 1-4.
- [5] 王刚. 农业现代化背景下小麦种植技术与病虫害防治[J]. 农业开发与装备, 2026, (2): 229-231.
- [6] 盛金奇. 农业灌溉区的灌溉管理与节水增效的路径分析[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(5): 263-265.
- [7] 徐蓉, 丁维荣, 张娅香, 等. 农业科研管理人员参与土壤三普工作的实践与思考——以江苏省农业科学院农业资源与环境研究所为例[J]. 农业科技管理, 2024, 43(4): 63-65.

基金项目：重庆安全技术职业学院校级教学改革项目《大数据驱动的教师教学行为分析与专业能力提升研究》（AQJG24-17）；万州区社会科学重点课题《万州区三峡移民红色基因融入职业教育体系的创造性转化研究》（WZKT2025170）；重庆安全技术职业学院校级科研项目《基于对比学习的多模态图像检索语义对齐技术研究》（AQJSZR2510）。

第 1 作者简介：郑宗意（2007-），女，大数据技术专业在读，研究方向：智慧农业、人工智能、计算机视觉。 E-mail: 3514948464@qq.com。

*** 通讯作者简介：**李杰（1998-），男，硕士研究生，大数据技术专任教师，研究方向：人工智能，物联网技术，智慧农业。 E-mail: 18302328324@163.com。