AI Agents and the Agricultural Industry Chain: Mechanisms, Effects, and Empirical Evidence from Shandong Province

Yongna Ma[1] Yiping Zuo[1] Huatai Zhao[2] Ranxi Lv[1]

1. Shandong University of Commerce and Technology, Jinan, Shandong, 250000, China

2. University of Jinan, Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

Against the backdrop of digital transformation, AI agents, with the closed-loop capability of perception-decision-execution, have become an important technical carrier for driving the intelligent upgrading of the whole agricultural industrial chain. Based on the reality of Shandong as a major agricultural province, this paper analyzes the connotation and technical architecture of AI agents, explores their functional mechanisms in pre-production, in-production, post-production and circulation links, and establishes a four-dimensional effect framework covering economy, society, ecology and governance for empirical evaluation. This paper further puts forward a three-stage development path labelled G1-G3: adhering to the human-centered AI concept, prioritizing demonstration in characteristic industries, improving the agricultural data system, and advancing localized technology adaptation and the R&D of agricultural large models.

Keywords

AI agents; agriculture; intelligence

AI智能体赋能农业全产业链的机制与效应-基于山东的实证研究

马永娜[1] 左一平[1] 赵华太[2] 吕冉曦[1]

1.山东商业职业技术大学，中国·山东 济南 250000

2.济南大学，中国·山东 济南 250000

摘要

在数字化转型背景下，AI智能体凭借感知—决策—执行闭环能力，成为推动农业全产业链智能化升级的重要技术载体。本文立足山东农业大省现实，剖析其内涵与技术架构，揭示产前、产中、产后、流通环节的作用机制，构建经济、社会、生态、治理四维效应框架开展实证研判。本文提出G1—G3三阶段发展路径：坚持人本AI理念，优先在特色产业示范，完善农业数据体系，推进技术本地化适配与农业大模型研发。

关键词

AI智能体，农业，智能化

1 引言

当前处在全球数字化、农业现代化的智能化时代，在两者的双重驱动下，人工智能技术正在以前所未有的深度渗透到农业发展全产业链，包括生产、加工、流通和服务的每个环节[1]，从田间地头的精准感知到餐桌上的消费匹配，正在重塑农业发展全产业链的每个环节。农业智能化转型不仅是技术进步的必然结果，更是应对气候变化、资源约束和食品安全等全球挑战的关键路径。山东作为农业大省，虽然蔬菜、水果、畜禽产品产量均居全国首位，整个产业链条完整、业态丰富，但也会面临很多的挑战：生产成本上升、资源环境压力加大、产业链协同效率不足等等。AI智能体（AI Agent）具有系统性、自治性和具身性的特征，也是人工智能的前沿形态，AI智能体（AI Agent）的出现使山东农业实现系统化、智能化和现代化转型变的可行[3]。

【基金项目】人工智能情景下传统农业变革的社会协同机制研究（项目编号：2026-YBKT-2126）。

【作者简介】马永娜（1987-），女，中国山东济南人，硕士，讲师，从事计算机技术、信息安全研究。

2 AI智能体的内涵与技术架构

2.1 AI智能体概念及大语言模型

AI智能体是人工智能领域的一项关键技术。它能

感知周围环境并采取相应动作，也能模拟人类智能行为，自动处理各类任务、解决相对复杂的问题，从而提高效率与准确性。农业种植智能体与传统单一功能的AI工具不同，同时具备系统性、自治性和具身性；它还形成了“感知—决策—执行”的完整闭环，能根据当时复杂的农业环境和市场需求自主调整[3]。

农业种植智能体的价值不止来自其自身特征。大语言模型（LLMs）的快速演进同样在为它提供支撑：这类模型能理解语义、进行逻辑推理，并处理多模态信息，使大量结构化的农业数据得到更深入的解析，从而把智慧农业推进到认知智能新阶段。二者结合之后，知识问答、病虫害诊断、精准作物管理等应用场景[4]才得以落地。

2.2 核心技术架构

农业智能体的技术架构有三个部分，如下图所示：

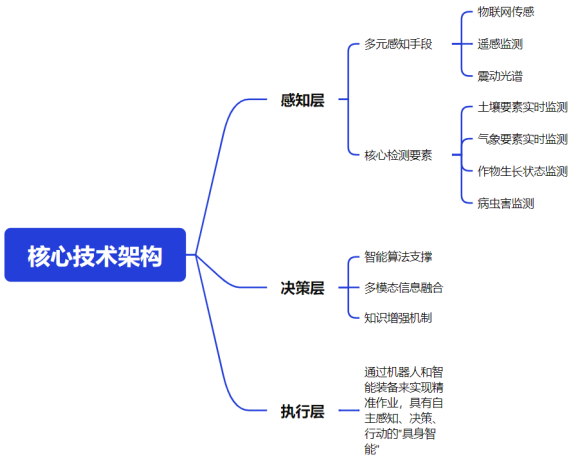


图1 核心技术架构

2.3 农业智能体系统框架与发展方向

农业种植智能体的系统框架包含定义、特性、架构和关键技术四个维度，未来发展方向有三点：模型与知识图谱深度结合、多模态感知能力增强、建立多智能体决策支持系统[4]。这些进展将使农业由被动辅助工具转为主动决策伙伴[4]。技术演进还要走“三代”渐进路径，G1代侧重即时部署现有技术，G2代侧重中期改造，G3代则要超越现有技术，具备更强的自适应与演进能力[5]。

3 AI智能体赋能农业全产业链的作用机制

3.1 产前环节：智能育种与投入品优化

AI构建的病虫草害靶标预测系统，能显著提高绿色农药研发的效率与精准度；AI饲料配方优化也给绿色饲料开发带来了新的思路。这类技术正在改变育种和投入品的管理方式。

山东拥有多个国家级农业科技园区和种业创新平台，把这些技术与品种选育、农资配方优化结合起来，可以缩短研发周期、降低成本、提高投入品使用效率。

3.2 产中环节：精准种植与智能管理

产中环节是AI在农业中最主要的应用场景。AI已广泛用于土壤监测、气象预测、病虫害预警和精准灌溉施肥[2]。气体传感器和AI物联网配合起来，可以实时分析并优化储存管理与加工决策[2]。

山东是重要的果蔬生产和出口基地，引入这类系统，有望明显降低产后损耗，这是制约产业效益的关键瓶颈。

3.3 产后环节：品质检测与加工优化

稻米品质检测可以借助传感器、计算机视觉和机器学习等技术，做到成本更低、结果更客观。在制糖工业里，AI可以优化碾磨操作、质量控制和设备预测性维护，提高过程控制与资源利用效率[2]。

山东拥有众多粮油、果蔬、畜禽加工企业，应用AI品质检测和智能加工控制技术，可以降低能耗和原料浪费，增强市场竞争力。

3.4 流通环节：供应链优化与市场匹配

区块链和物联网技术让产品可以全程溯源；多智能体推荐系统则结合易用度、感知安全等维度，把农产品和消费者精准地匹配起来。AI还能改进需求预测、物流优化和实时数据分析，提升供应链效率[2]。

山东作为农产品电商大省，构建智能推荐平台有助于生产者对接消费需求，减少信息不对称、降低交易成本，提升农产品附加值。

3.5 全链条赋能：数据驱动的系统集成

数据驱动的全链条集成能力，支撑着AI智能体在农业各环节发挥作用。这种集成能力既提高了各环节的运行效率，也让农业全链条的信息彼此贯通，各环节得以协同优化。下表列出了产业链各环节的主要作用机制、关键技术支撑和预期效益。

表1 AI智能体赋能农业全产业链的主要机制

产业链环节	主要赋能机制	关键技术支撑	预期效益
产前	智能育种、靶标预测、饲料配方优化	AI、机器学习	缩短研发周期、降低投入成本
产中	精准种植、病虫害预警、资源优化	IoT、传感器、计算机视觉	提高产量、降低资源消耗
产后	品质检测、加工控制、预测性维护	光谱技术、机器学习	提升品质一致性、降低损耗
流通	需求预测、物流优化、个性化推荐	多智能体系统、区块链	降低交易成本、提升附加值

4 AI智能体的效应分析

AI智能体对农业经济效益的提升主要体现在三个层面：

1）生产效率提升。AI和物联网已在制糖业用于资源优化决策，改善了加工操作、质量控制和设备预测性维护[2]；

2）成本降低。农业和食品生物废弃物（如甲壳类动物壳、作物残留物）可以作为培育肉支架的低成本、可持续原材料，AI正在加快这类支架设计的产业化；

3）产业链增值。正是有了数据的驱动，可以很好的帮助企业精准把握市场需求，优化产品结构和供应链布局。

以山东为例，AI温室环境控制系统实现多因子智能协同调控，节水节肥20%-30%，单产提升10%-20%；AI视觉分选将水果分级准确率从85%提升至95%，显著提高了优质果商品率和售价。

同时，还具有一定的社会效益，具体体现在三个层面：

1）保障粮食安全，智能化管理和风险预警可以增强农业系统的韧性[3]；

2）改善营养健康，AI可以帮助人们很好的理解饮食等相关慢性病病因，更好的了解营养干预的效果；

3）促进小农户融入现代产业链，AI可以降低信息获取成本和技术门槛，足不出户，帮助小农户对接市场与金融服务，在山东有望缩小数字鸿沟、促进共同富裕。

5 山东案例的实证分析与未来展望

5.1 山东农业智能化的现实基础

山东在农业数字化转型方面已具备一定基础。近年来，山东持续推进数字乡村建设，将数字技术融入农业全产业链和乡村治理体系。农业产业规模大、链条长、业态多样，为AI智能体应用提供了丰富场景。在寿光蔬菜、烟台苹果、金乡大蒜等特色产业中，物联网监控、水肥一体化智能控制已逐步推广；畜牧养殖领域的智能化环控、精准饲喂也日益普及。

5.2 关键效应评估（基于产业数据的初判）

基于产业特征和技术应用情况的综合判断，AI智能体在山东的潜在效应可从四方面量化评估：生产效率效应——设施蔬菜领域水肥利用率提升20%-30%，农药使用降低15%-25%；果园病害发现提前3-7天，产量损失减少5%-15%。品质提升效应——AI分级检测速度提升10-50倍，标准化分级意味着更高市场溢价和品牌价值。损耗降低效应——果蔬产后损耗率有望降低5-10个百分点[2]。市场对接效应——电商推荐系统使线上交易匹配效率提升30%以上，突破传统渠道约束。

5.3 挑战与应对

尽管前景广阔，AI智能体在山东的落地推广仍面临多重挑战：

数据孤岛与数据质量：农业数据分散于政府、企业、合作社和农户，标准不统一、共享机制不健全，制约AI模型训练效果[4]。

模型可靠性与可解释性：机器学习模型对微小扰动敏感，开发兼具可解释性和鲁棒性的可信赖AI系统成为关键[5]。

成本与基础设施约束：农业AI要持续运转，离不开前期投入的支撑。物联网设施、云平台、专业人才这三项开销都不小，需要统筹安排、量力而行。发展中国家的已有实践也提醒我们，农业AI应用无论扩大还是收缩规模，都依赖多方协同，方案要与当地实际需求相匹配[1]。

技术适配与推广机制：从实验室到田间，这“最后一公里”往往是最大的鸿沟。建议在省级层面把研

究、示范、推广整合为“三位一体”的扩散体系，通过不同层次的培训和应用示范，逐步培育农户对新技术的接受度。

5.4 发展路径与政策建议

综合前面的分析，我认为山东以AI智能体赋能农业全产业链，大致可以按“三步走”来推进。

短期（1—2年）先把现有的成熟技术用起来。G1代应用容易落地，可以选择山东基础较好的设施蔬菜、苹果、畜禽养殖等产业先行示范，用几个标杆案例把行业带动起来[5]。

中期（3—5年）的重点转向本地化改造。结合山东农业的产业特点，对G2代技术做适配和优化；同时着手建设省级农业大数据平台和AI模型训练数据集，把数据标准与共享机制理顺[5]。

长期（5—10年）则需要着眼于突破。这一阶段要研发能应对复杂农业场景的多模态融合认知技术，推动农业领域大语言模型与知识图谱的深度结合，使决策系统由单场景应用逐步走向全产业链的智能协同[4]。

另外，我认为人本AI（HCAI）理念也应该贯穿发展全过程。人本AI是“人工智能”与“自然智能”的结合，主要在于增强、放大和提升人类绩效，但并不是替代人类。

6 结论与展望

AI智能体赋能农业全产业链不仅仅是一项系统工程，它的运行机制也涵盖了感知、决策、执行、学习等多个层面的技术协同[5]。从全球视野来看，AI在农业中的应用正一步步的从单点技术突破向全链条系统集成的方向演进。但是我们要从山东的实际情况出发，在技术创新、制度保障、人才培养和生态建设等多个维度协同发力去构建适合山东农业产业特征的AI智能体应用体系。

大语言模型、多模态感知和智能体技术的持续突破，也会使AI智能体从“赋能工具”发展成为“决策伙伴”，成为推动山东乃至全国农业现代化的重要引擎[4]。在这一进程中，我们要始终坚持“技术为人服务”的初心，让智能技术真正惠及到每一位勤勤恳恳的农业从业者，从而去真正的助力乡村全面振兴和农业的高质量发展。

参考文献

[1] GwagwaArthur. et al. Road map for research on responsible artificial intelligence for development (AI4D) in African countries: The case study of agriculture. Patterns (New York, N.Y.). 2021 2021-12-10 | 10.1016/j.patter.2021.100381

[2] KhanBakht Alam. et al. AI and IoT in Sugar Beet Systems: A Review of Monitoring, VOC Sensing, and Post-Harvest Applications. Sensors (Basel, Switzerland). 2026 2026--06-26 | 10.3390/s26134072

[3] 任荣荣. et al. 农业种植智能体(Agri-agent)的构建与应用展望. 农业展望. 2024 2024 | 10.3969/j.issn.1673-3908.2024.06.014

[4] 王耀君. et al. 农业领域大语言模型研究进展. 农业机械学报. 2025 2025 | 10.6041/j.issn.1000-1298.2025.09.019

[5] HolzingerAndreas. et al. Digital Transformation in Smart Farm and Forest Operations Needs Human-Centered AI: Challenges and Future Directions. Sensors (Basel, Switzerland). 2022 2022-04-15 | 10.3390/s22083043