DOI: 10.12398/j.issn.2096-7217.2026.01.001

农机智能引擎AMES的设计与实现

刘政[1,3], 沈孚[1,2,3], 崔龙飞[1,3], 夏先飞[1,3], 陈聪[1,3], 张进龙[1,3], 金诚谦[1,3], 胡良龙[1,3], 常春[1,3], 周国民[1,3*]

(1. 农业农村部南京农业机械化研究所,江苏南京,210014; 2. 中农国科(南京)智能装备科技有限公司,江苏南京,210014; 3. 农业农村部现代农业装备重点实验室,江苏南京,210014)

摘要:针对智能农机面临的车载软件碎片化、软硬件协同不足及底层平台缺失三大瓶颈,本研究提出农机智能引擎(agricultural machinery intelligent engine system, AMES)。其设计遵循整体性、可复用、数据驱动三大原则,采用分层架构:集成实时操作系统(real-time operating system,RTOS)、通用车载软件及面向服务架构(service-oriented architecture, SOA)通信中间件,保障系统兼容性与实时性;封装"感知—决策—控制"闭环能力,提供多域控制模型库、专用算法库及开发工具集,支持智行、智控、智管三大功能。AMES在田间巡检机器人中实现病虫害识别准确率≥95%,在智能化谷物联合收获机中提升综合作业质量20%以上;在芦笋采收机器人中达成采收效率2 500根/h且损伤率≤5%,有效推动农机产业向"软硬一体化服务"转型,助力我国智能农机技术从"跟跑"迈向"领跑"。

关键词:农机智能引擎(AMES);智能农机;人工智能;软件架构;"感知—决策—执行"闭环

中图分类号:S24 **文献标识码**:A **文章编号**:2096-7217(2026)01-0001-07

刘政, 沈孚, 崔龙飞, 夏先飞, 陈聪, 张进龙, 金诚谦, 胡良龙, 常春, 周国民. 农机智能引擎AMES的设计与实现[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2026, 7(1): 1-7

LIU Zheng, SHEN Fu, CUI Longfei, XIA Xianfei, CHEN Cong, ZHANG Jinlong, JIN Chengqian, HU Lianglong, CHANG Chun, ZHOU Guomin. Design and implementation of agricultural machinery intelligent engine system [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2026, 7(1): 1-7

0 引言

智能农机是现代信息技术、人工智能技术与农业机械相结合的高端农机装备,能够部分或全部实现自主感知、智能决策、精准执行、自动控制和协同管理[1-2],从而显著提高农机作业质量和效率,是实现精准农业和智慧农业的重要载体[3-5]。

当前,智能农机技术正从单机自动化向系统智能化加速演进,形成了以"感知—决策—执行"为核心的技术体系[6-8]。如美国约翰迪尔的See & Spray系统[9],通过计算机视觉技术实现苗带探测与杂草识别,配合独立控制的喷洒系统,可将除草剂使用量显著降低。美国凯斯纽荷兰的AFS Harvest Command系统[10]采用多传感器融合技术,实时监测谷物流量、水分含量和收获损失,自动调整滚筒转速与前进速度等参数。德国克拉斯的CEMOS自动优化系统[11]不仅能自动调整联合收割机的工作参数,还可通过云端平台实现数据共享与远程诊断。

我国高度重视智能农机装备发展,要求"大力推进农业机械化、智能化""将发展大型高端智能农机装备作为重点优先领域""大力发展智能农机、农业无人机、农业机器人等智能装备"等[12-13]。目前整体发展呈现出独特的平台驱动与"重点突破"特征,建立了基于北斗导航的高精度农机自动驾驶作业体系,自动驾驶精度达到±2.5 cm。农业无人机平台通过三维感知与精准控制技术,在复杂地形条件下实现了厘米级精度的仿地飞行和精准施药作业。无人拖拉机与收获机在粮食主产区实现了全程无人化作业示范。果蔬采摘、智能采茶、智能除草机器人研发成功。

我国智能农机快速发展的同时,也面临三大关键性瓶颈[14-20]:一是车载软件架构碎片化,各厂商控制系统互不兼容,形成"数据孤岛";二是软硬件协同不足,

收稿日期:2026-01-06 修回日期:2026-01-27

基金项目:国家重点研发计划(2021YFD2000500);国家重点研发计划青年科学家项目(2022YFD2000700)

第一作者:刘政,男,1990年生,江苏宿迁人,博士研究生,副研究员;研究方向为智能农机技术与装备。E-mail: 913573407@qq.com

*通信作者:周国民,男,1969年生,江苏盐城人,博士,研究员;研究方向为信息技术与数字农业。E-mail: zhouguomin@caas.cn

使得感知、决策与执行环节割裂,智能化停留在单点功能层面;三是底层平台缺失,致使每次新品开发都需从零开始构建软件系统,严重制约了创新效率,亟须统一的底层软件平台从根本上重构技术路径。

针对智能农机发展的瓶颈问题,围绕不同类型农机智能化的共性技术需求,提出农机智能引擎(AMES),试图解决智能农机车载软件架构碎片化、底层平台缺失、软硬件协同不足的难题。本文给出了农机智能引擎的基本概念、设计思路与原则以及结构和功能。

1　设计思路与原则

人工智能技术的快速发展,促进农机控制技术更新换代,从PID、MPC、再到基于强化学习的控制,智能化程度越来越高,数据的作用越来越大,算法和软件越来越复杂,需要的存储容量和算力也越来越大,推动农机由“分布式控制”走向了“集中式控制”,将存储和算力进行集中在中央控制器。各类传感器感知的数据传输到中央控制器,作为中央控制器的输入,中央控制器输出各类控制指令来驱动执行部件来完成作业精准控制。就如一般农机中的发动机,是动力引擎,它输入油或者电,输出动力。智能农机在传统动力引擎基础上,需增设输入数据、输出动作的智能引擎(AMES),双引擎缺一不可、各司其职、协同工作。

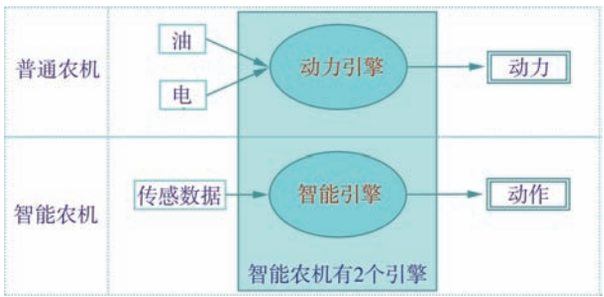


图1　动力引擎和智能引擎功能图

Figure 1　Functional diagram of power engine and intelligent engine

农机智能引擎(AMES)是农机智能化的基础内核,运行在中央控制器中,集“感知、决策、执行”于一体的车载基础软件,处理输入的各类感知数据,进行决策计算,输出各类精准作业所需要的控制指令到执行器,实现智感、智行、智控、智管等智能化功能,为人工智能技术在农机领域的应用提供关键支撑。

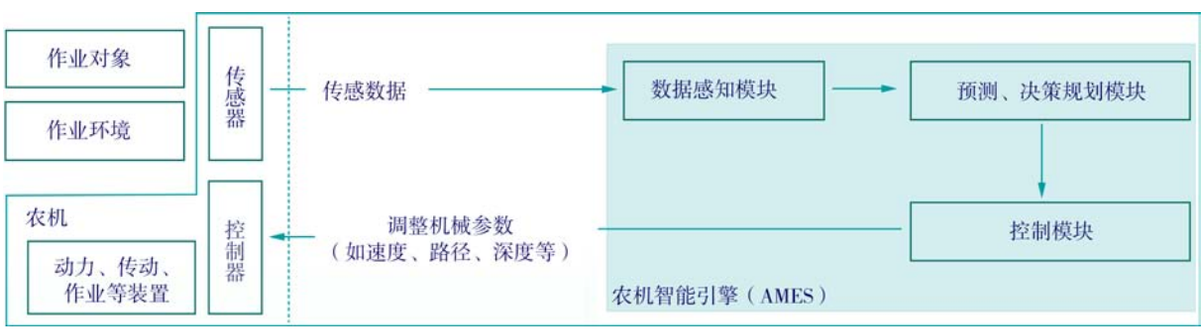


图2　农机智能引擎(AMES)的概念

Figure 2　The concept of agricultural machinery intelligent engine system(AMES)

农机智能引擎(AMES)设计遵循下面几个原则:

一是整体性原则。打破传统“单ECU单软件”的孤立开发模式,以智能农机完整功能需求为核心构建一体化软件架构。统筹规划“云、边、端”三级软件模块及接口规范,构建“云中大脑—边上中脑—端侧小脑”的三脑协同体系,实现云端决策调度、边端数据处理、端侧实时控制的全链路协同,形成体系完整、层级清晰的分布式软件系统。



图3　AMES的架构设计理念

Figure 3　The architectural design concept of AMES

二是可复用原则。AMES 本质是封装“感知—决策—执行”全链路能力的通用软件类库集群。在新机型研发过程中，可直接复用类库核心能力，或通过继承基础功能＋个性化扩展的开发模式快速构建车载软件，既大幅缩短研发周期、提升软件标准化质量，又避免重复开发带来的资源浪费，有效降低智能农机软件研发成本。

三是数据驱动原则。标准化的软件架构与统一的数据接口为农机作业数据的规范化采集提供基础，保障高质量数据集的构建；而高质量数据集作为智能决策模型训练的核心“原料”，可持续优化模型精度。这种“架构规范—数据优质—模型迭代—能力升级”的数据飞轮效应，大幅加速智能决策模型的迭代进化，推动农机智能水平持续提升。

2　结构与功能

2.1　农机智能引擎的结构

农机智能引擎（AMES）基于通用车载基础软件，为应用层的机型提供一个集“感知—决策—控制”于一体的，用于作业、智驾、座舱、车身、底盘、动力等不同域的 SOA 软件，并全面开放支持高度个性化。

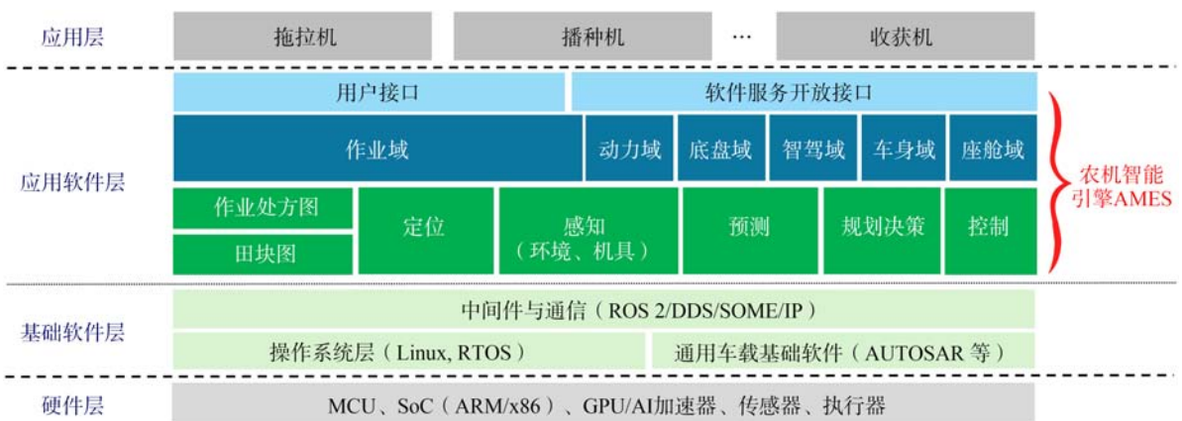


图 4　AMES 系统结构图

Figure 4　Structure diagram of AMES

如图 4 所示，农机智能引擎（AMES）采用分层架构设计，自下而上实现硬件适配、基础软件支撑和核心能力输出及应用落地的全链路覆盖，各层级既相互独立解耦，又通过标准化接口实现高效协同，充分契合面向服务架构（SOA）理念及“感知—决策—控制”的功能闭环需求。

基础软件层为核心引擎层提供底层运行环境、通信支撑及架构规范，是保障系统稳定性、兼容性与可扩展性的关键层级，主要包括以下内容。

1）操作系统：以实时操作系统（RTOS）为核心构建底层运行基座，保障“感知—决策—控制”等关键任务的实时响应与调度，同时兼容各域控制硬件搭载的通用操作系统，实现跨硬件平台的适配与协同。

2）通用车载基础软件：基于车载领域通用技术标准构建，提供硬件抽象、资源管理、任务调度等基础能力，实现硬件与上层软件的解耦，提升系统的可移植性与兼容性。

3）SOA 通信与中间件：集成标准通讯组件及 SOA 架构专用中间件，提供标准化服务注册、发现、调用及通信接口（如 SOME/IP、DDS 等），支撑各域服务的跨域协同与高效交互，是实现面向服务架构的核心支撑。

核心应用层作为农机智能引擎的核心层级，该层集成系列化功能类库、开发工具及核心业务能力，实现“感知—决策—控制”闭环的核心逻辑，同时提供开放化开发与部署支撑，具体包括下述内容。

1）核心能力类库集成：整合支撑农机智能化运行的关键功能类库，形成标准化能力输出。

核心控制模型库：包含动力控制、底盘调节、智驾决策、作业执行等各域专用控制模型，是实现精准控制的核心算法支撑。

专用算法库：集成环境感知算法、路径规划算法、作业参数优化算法、机具状态诊断算法等，为“感知—决策”环节提供算法支持。

数据处理类库：融合数据驱动理念，提供数据采集、清洗、融合、分析及存储的全流程处理能力，为控制模型与算法的优化提供数据支撑。

2）开发与部署工具集：提供高效的开发与部署支撑，降低应用开发门槛，提升迭代效率。

基于模型的图形化开发接口：提供可视化建模工具与开发接口，支持开发者通过图形化拖拽、参数配置等方式快速构建业务逻辑，无须复杂编码即可生成可执行应用程序。

快速部署工具:提供标准化部署流程与工具链,支持将开发完成的应用程序快速适配并部署至各域控制嵌入式硬件,实现“开发—部署”的高效闭环。

3)多域业务能力闭环:基于SOA架构将核心能力封装为服务,覆盖各业务域并实现“感知—决策—控制”闭环。

域服务封装:将作业、智驾、座舱、车身、底盘、动力等各域的核心能力封装为独立服务,通过标准化接口对外提供服务,支持按需调用与组合。

闭环逻辑实现:通过感知服务采集环境与设备状态数据,经决策服务调用算法库与控制模型生成控制指令,由执行服务驱动硬件执行,形成完整的“感知—决策—控制”闭环,保障农机智能化运行。

2.2 农机智能引擎的功能

AMES是依托实时操作系统保障实时性、SOA架构实现服务化协同、数据驱动提升智能化水平,为农机智能化提供“感知、决策、执行”逻辑闭环的基础软件,可实现智行、智控、智管三大核心智能化能力,主要功能如下。

1)处方图管理与精准作业功能:可对农田作业处方图进行高效管理,依据处方图精准控制农机作业参数,实现播种、施肥、喷药等作业的精准化,提升作业质量与资源利用效率。

2)导航和自主驾驶功能:结合高精度定位与导航技术,支持农机按照规划路径自主行驶,完成从起点到终点的自动导航,甚至在复杂农田环境下实现自主避障、路径优化等高级驾驶操作,降低人工驾驶强度与难度。

3)故障诊断功能:实时监测农机各系统运行状态,借助传感器数据与诊断算法,及时发现发动机、传动系统等部件的异常与故障,提前预警并给出故障原因及维修建议,保障农机稳定可靠运行。

4)人机交互功能:提供友好的人机交互界面,操作人员可通过车载终端、移动设备等,便捷地查看农机运行数据、作业状态,进行参数设置、作业任务下达等操作,提升人机协作效率。

5)通信与多机协同功能:支持农机与农机之间、农机与云端平台之间的高效通信,实现多台农机在作业过程中的协同配合,比如编队作业、任务分配与调度等,提高大规模农田作业的整体效率。

6)数据管理功能:对农机作业过程中产生的各类数据(如作业轨迹、能耗、作业质量等)进行采集、存储、分析与管理,为作业效果评估、农机性能优化、后续作业决策等提供数据支持。

3 应用实践

3.1 AMES在田间管理机器人上的应用

基于AMES构建的田间智能巡检与精准管理机器人,通过整合激光雷达、高光谱相机及全景视觉系统,搭配多类传感器,构建覆盖“作物—土壤—环境”的多模态感知系统,不仅能生成高精度数字孪生模型,还可实时监测叶绿素含量、水分胁迫、土壤墒情等关键指标,对病虫害、杂草、缺素症状的识别准确率≥95%,并能提前3~5 d发出病虫害预警;决策层依托农业智能体与作物全生育期预测模型,自主生成个性化作业方案,动态规划最优巡检与作业路径,减少空驶率,同时实现自动生成变量施肥、灌溉、植保处方;执行端搭载灵巧机械臂或可快速切换的模块化作业终端,实现对靶施药、精准采样、变量水肥施用等闭环作业。通过强化学习算法持续迭代优化智能模型,最终实现作物全生育期无人化自主巡检与精细化管理,减少人力投入并提高水肥药利用率,大幅提高农业生产效率。



图5 AMES在多功能田间管理机器人上的应用

Figure 5 Application of the AMES in multifunctional field management robots

3.2 AMES在谷物自主收获装备上的应用

基于农机智能引擎(AMES)开发的智能化谷物联合收获机,集成北斗RTK高精度定位模块及线性油门调节装置、变速调节机构、集成式离合器、比例转向机构等机电液一体化行走部件,通过算法层的全域路径规划与跟踪控制,实现大田场景下的全流程自主行走作业。AMES同步搭载多维度传感器系统:一方面集成割台高度、滚筒转速、凹版筛间隙、风机转速、振动筛频率、喂入量、谷物含水率、谷物产量等作业参数在线监测传感器;另一方面搭载谷物损失率、破碎率、含杂率等作业质量参数在线监测传感器,实时动态感知部件运行状态与整机作业表现。在智能调控层面,系统融合低损收获、高清洁清选及喂入量自适应调控算法,依据实时作业质量数据输出关键收获部件参数的动态调控策略;执行层通过CAN通讯分布式驱动架构,精准完成对割台、脱粒滚筒、风机、振动筛等核心部件的

参数调节，最终实现整机自主行走与自主作业的协同控制。该收获机的核心性能指标如下：整机作业质量参数监测准确率≥95%，综合作业质量提升 20%以上。



图 6　AMES 在谷物自主收获装备上的应用

Figure 6　Application of the AMES in autonomous grain harvesting equipment

3.3　AMES 在蔬菜采收机器人上的应用

基于农机智能引擎（AMES）开发的芦笋采收机器人，以 AMES“感知—决策—执行—反馈”全闭环能力为核心，集成“行走底盘＋多机械臂＋末端执行器库”模块化结构，实现从芦笋田间采收全自主作业。感知层采用多目视觉相机、激光雷达及力反馈模块，配合环境补偿算法消除光影干扰，实现芦笋采摘本体高精度定位（定位误差±1 mm）、成熟度识别准确率≥95%；决策层依托 AMES 模型，动态规划多机械臂高速采收运动轨迹，减少空程运动；执行层通过多机械臂与柔性夹爪实现低损采摘，单根芦笋识别与采摘时间小于 5 s，同步完成不同品质芦笋分装，芦笋采收损伤率≤5%，支持多机集群协同采收作业。生产应用中，单台设备采摘效率可达 2 500 根/h。成本控制上，整机制造成本≤20 万元，该型机器人还可通过更换执行器、优化 AMES 模型适配其他果蔬机器人采收，为 AMES 从技术概念到实体装备的转化提供了可复制路径。

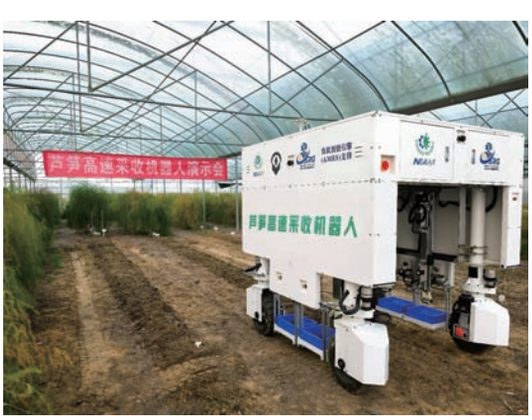


图 7　AMES 在蔬菜采收机器人上的应用

Figure 7　Application of the AMES in vegetable harvesting robot

4　结语

农机智能引擎（AMES）作为农机装备与智能化技术深度融合的载体，是智能农机产业的“核心引擎”，其以模块化、高复用、强融合的独创优势，既是替代人工经验、驱动农业生产智能化变革的“数字大脑”，更是衔接感知硬件与作业装备的关键枢纽，将重塑“基础软件平台＋差异化硬件＋个性化服务”的农机产业格局。它的广泛应用可有效解决传统农机产业“重硬件、轻软件”的行业卡点，支撑中小农机企业快速、低成本推进智能农机研发，引导龙头企业聚焦高端算法与场景解决方案开发，对推动产业从“硬件制造”向“软硬一体化服务”转型，形成“开放、协同、共享”的产业生态具有重要价值，将助力我国智能农机产业实现从“跟跑”到“领跑”跨越。

参　考　文　献

[1] 罗锡文，胡炼，廖娟，等. 水稻无人化智慧农场探索与实践[J]. 农业机械学报，2025，56(10)：277－290.
LUO Xiwen，HU Lian，LIAO Juan，et al. Exploration and practice of unmanned smart rice farms [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery，2025，56(10)：277－290.

[2] 苗中华，郭恒伟，徐梓毓，等. 农业机器人群体智能关键技术及前沿展望[J]. 农业工程学报，2025，41(24)：1－17.
MIAO Zhonghua，GUO Hengwei，XU Ziyu，et al. Swarm intelligence in agricultural robotics：Key technologies and future prospects [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2025，41(24)：1－17.

[3] 王元胜，吴华瑞，赵春江. 农业知识驱动服务技术革新综述与前沿[J]. 农业工程学报，2024，40(7)：1－16.
WANG Yuansheng，WU Huarui，ZHAO Chunjiang. Agricultural knowledge driven service technology innovation：Overview and frontiers [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering，2024，40(7)：1－16.

[4] 曹冰雪，李鸿飞，赵春江，等. 智慧农业科技创新引领农业新质生产力发展路径[J]. 智慧农业（中英文），2024，6(4)：116－127.
CAO Bingxue，LI Hongfei，ZHAO Chunjiang，et al. The path of smart agricultural technology innovation leading development of agricultural new quality productivity [J]. Smart Agriculture，2024，6(4)：116－127.

[5] 李董，汤启国，王红波，等. 农作物重大病虫害预警与应急防控技术研究现状与趋势[J]. 智能化农业装备学报（中英文），2025，6(1)：25－40.
LI Dong，TANG Qiguo，WANG Hongbo，et al. Current status and trends of research on early warning and emergency

control technology for major crop pests and diseases [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2025, 6(1): 25－40.

[6] 赵春江, 李瑾, 冯献, 等. 关于我国智能农机装备发展的几点思考[J]. 农业经济问题, 2023(10): 4－12.
ZHAO Chunjiang, LI Jin, FENG Xian, et al. Reflections on the development of intelligent agricultural machinery and equipment [J]. Issues in Agricultural Economy, 2023(10): 4－12.

[7] 王得志, 王延鑫, 汪小昱, 等. 农业机器人中的管理与采摘技术:现状、挑战与未来发展[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2025, 6(2): 1－23.
WANG Dezhi, WANG Yanxin, WANG Xiaochan, et al. Management and harvesting technologies in agricultural robotics: Current status, challenges and future developments [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2025, 6(2): 1－23.

[8] 王儒敬. 农业传感器:研究进展、挑战与展望[J]. 智慧农业(中英文), 2024, 6(1): 1－17.
WANG Rujing. Agricultural sensor: Research progress, challenges and perspectives [J]. Smart Agriculture, 2024, 6(1): 1－17.

[9] AVENT T H, NORSWORTHY J K, PATZOLDT W L, et al. Comparing herbicide application methods with See & Spray ™ technology in soybean [J]. Weed Technology, 2024, 38: e74.

[10] CLARKE A. More automation for axial-flow combines [J]. Farmers Weekly, 2018, 169(21): 54－55.

[11] MOWBRAY E. Technology galore on flagship JD S700 combines [J]. Farmers Weekly, 2017, 167(26): 60.

[12] 中共中央 国务院. 加快建设农业强国规划(2024—2035年)[EB/OL]. (2025－04－07)[2025－12－01]. https://www. gov. cn/gongbao/2025/issue_11986/202504/content_7019260. html.

[13] 国务院. 国务院关于深入实施“人工智能＋”行动的意见[EB/OL]. (2025－08－21) [2025－12－01]. https://www. gov. cn/zhengce/content/202508/content_7037861. htm.

[14] 梁明旭, 袁昌荣, 夏先飞, 等. 机器人技术在蔬菜生产领域的应用现状及发展趋势[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2025, 6(4): 50－63.
LIANG Mingxu, YUAN Changrong, XIA Xianfei, et al. The current application and future trends of robotics in vegetable production [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2025, 6(4): 50－63.

[15] 王新, 张圆圆, 许苗, 等. 基于异构数据集成技术的农业信息综合管理网络平台开发[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 211－218.
WANG Xin, ZHANG Yuanyuan, XU Miao, et al. Development of integrated network platform for heterogeneous agricultural information remote monitoring terminal [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(23): 211－218.

[16] 郑永军, 翟淑媛, 王应宽, 等. 大田与果园农机作业智慧决策技术研究进展与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2025, 41(18): 1－27.
ZHENG Yongjun, ZHAI Shuyuan, WANG Yingkuan, et al. Research advance and development trend of intelligent decision-making technology for agricultural machinery in farmland and orchard scenarios [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025, 41(18): 1－27.

[17] 曹冰雪, 赵春江, 李瑾, 等. 中国智慧农业技术发展现状、挑战与展望[J]. 农业工程学报, 2025, 41(21): 1－10.
CAO Bingxue, ZHAO Chunjiang, LI Jin, et al. Current status, challenges and prospects of smart agriculture technology development in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025, 41(21): 1－10.

[18] 刘政, 金诚谦, 冯玉岗,等. 植保机械智能化技术研究现状与趋势[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2024, 5(1): 40－50.
LIU Zheng, JIN Chengqian, FENG Yugang, et al. Research status and trends of intelligent technology in plant protection machinery [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2024, 5(1): 40－50.

[19] 孙竹, 顾伟, 崔龙飞, 等. 智能植保装备关键技术研究现状与发展趋势[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2024, 5(4): 1－23.
SUN Zhu, GU Wei, CUI Longfei, et al. Research status and development trends of key technologies for intelligent plant protection equipment [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2024, 5(4): 1－23.

[20] 张津国, 蔡建峰, 姜蓉蓉, 等. 果园作业机器人自主导航多任务联合感知方法研究[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2025, 6(2): 35－43.
ZHANG Jinguo, CAI Jianfeng, JIANG Rongrong, et al. Multi-task joint perception framework for autonomous navigation in orchard robotics [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2025, 6(2): 35－43.

Design and implementation of agricultural machinery intelligent engine system

LIU Zheng[1, 3], SHEN Fu[1, 2, 3], CUI Longfei[1, 3], XIA Xianfei[1, 3], CHEN Cong[1, 3], ZHANG Jinlong[1, 3], JIN Chengqian[1, 3], HU Lianglong[1, 3], CHANG Chun[1, 3], ZHOU Guomin[1, 3*]

(1. *Nanjing Institute of Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing* 210014, *China*; 2. *Zhongnong Guoke (Nanjing) Intelligent Equipment Technology Co., Ltd., Nanjing* 210014, *China*; 3. *Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing* 210014, *China*)

Abstract: Aiming at the three major bottlenecks faced by intelligent agricultural machinery, namely on-board software fragmentation, insufficient hardware-software collaboration, and lack of underlying platforms, this study proposes the agricultural machinery intelligent engine system (AMES). Its design follows three core principles: integrity, reusability, and data-driven. It adopts a layered architecture: integrating a real-time operating system (RTOS), general-purpose on-board software, and service-oriented architecture (SOA) communication middleware to ensure system compatibility and real-time performance, encapsulating the "perception-decision-control" closed-loop capability, providing a multi-domain control model library, a dedicated algorithm library, and a development toolkit to support three core functions: intelligent navigation, intelligent control, and intelligent management. In practical applications, AMES has achieved a pest and disease identification accuracy rate of ⩾95% in field inspection robots, improved the overall operational quality by more than 20% in intelligent grain combine harvesters, and achieved a harvesting efficiency of 2 500 stalks per hour with a damage rate of ⩽5% in asparagus harvesting robots. These results effectively promote the transformation of the agricultural machinery industry towards "integrated hardware-software services" and help China's intelligent agricultural machinery technology transition from "catching up" to "leading".

Keywords: agricultural machinery intelligent engine system (AMES); intelligent agricultural machinery; artificial intelligence; software architecture; "perception-decision-execution" closed loop

Foundation items: National Key Research and Development Program of China (2021YFD2000500); Young Scientists Project of National Key Research and Development Program of China (2022YFD2000700)

First Author: LIU Zheng, E-mail: 913573407@qq.com

* **Correspondence Author:** ZHOU Guomin, E-mail: zhouguomin@caas.cn