

[DOI] 10.19653/j.cnki.dbcjdxxb.2026.04.003

[引用格式] 宋子瑜, 刘畅. 人工智能赋能农业领域低空经济: 逻辑、挑战与路径[J]. 东北财经大学学报, 2026(4): 29-38.

人工智能赋能农业领域低空经济: 逻辑、挑战与路径

宋子瑜¹, 刘畅²

(1. 新南威尔士大学 商学院, 悉尼 2052;
2. 东北农业大学 经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 人工智能作为新质生产力的典型代表和核心载体, 为农业领域低空经济发展注入了新动能。本文分析了人工智能赋能农业领域低空经济的内在逻辑和现实基础, 并总结了农业领域低空经济发展面临的现实挑战, 进而提出系统性的优化路径。研究发现, 第一, 从内在逻辑来看, 人工智能具有技术可行、经济有效、治理有序等特征, 能够赋能农业领域低空经济。第二, 人工智能赋能农业领域低空经济, 在政策支持体系、数字基础设施、技术应用场景、人才队伍规模等方面已经具备一定的现实基础。第三, 农业领域低空经济发展依然面临政策落地仍有梗阻、技术适配性有待提升、规模化普及推广仍有难度、复合型人才缺口仍存在等关键问题。因此, 应完善政策体系、突破技术瓶颈、优化产业布局 and 强化人才培育, 以充分发挥人工智能对农业领域低空经济的赋能作用。

关键词: 人工智能; 农业领域低空经济; 数字技术; 科技赋能; 农业新质生产力

中图分类号: F323 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-4096(2026)04-0029-10

一、问题的提出

低空经济是指在垂直高度1 000米(特殊作业场景可延伸至3 000米)以下低空空域范围内, 以民用有人驾驶和无人驾驶航空器为主要载体, 以载人、载货和其他作业等多场景低空飞行活动为牵引, 辐射带动商业活动或公共服务领域融合发展的一种综合性新经济形态。随着国家低空开放政策持续推进, 低空经济在推动经济高质量发展中发挥愈发重要的作用^[1]。2024年、2025年和2026年的《政府工作报告》持续关注低空经济。党的二十届三中全会提出了发展通用航空和低空经济的要求。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》对低空经济的发展作出了进一步战略部署。中国低空经济正处于由分散试点转向全面推广的关键时期, 未来发展前景十分广阔。根据中国民用航空局预测, 到2035年, 中国低空经济市场规模有望达到3.5万亿元,

收稿日期: 2026-05-22

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“数字化背景下异质性家庭农场创业资源整合研究”(22BGL175)

作者简介: 宋子瑜(2000-), 男, 吉林长春人, 硕士, 主要从事农业经济理论与政策研究。E-mail: ziyusong56@gmail.com
刘畅(1978-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事农业经济理论与政策研究。
E-mail: 389203678@qq.com

较2025年增长约2万亿元^[2]。在扎实推进乡村全面振兴的背景下,农业逐渐成为低空经济扩展深化的关键场景^[3]。中国已成为农用无人机保有量第一大国,占据全球约60%的保有量^[4]。可见,中国农业领域低空经济的发展具有巨大潜力。

实现低空经济高质量发展必须突破技术瓶颈。人工智能是引领新一轮科技革命和产业变革的重要力量^[5]。着眼于农业领域,2025年,国务院发布《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》,将加快农业数智化转型升级设为重点实施行动,大力发展智能农业、农业无人机、农业机器人等智能装备。2026年,《中共中央 国务院关于锚定农业农村现代化 扎实推进乡村全面振兴的意见》提出,促进人工智能与农业发展相结合,拓展无人机、物联网、机器人等应用场景。无人机植保、智能分拣等作业场景逐步普及。人工智能具备自主决策、路径优化、数据挖掘等特性,能够适配农业领域低空经济的复杂场景。已有研究围绕人工智能在农业领域的应用、农业领域低空经济的发展、人工智能与农业领域低空经济之间的关系进行了探讨。

其一,关于人工智能在农业领域的应用。在新一轮科技革命和产业变革背景下,人工智能成为培育新质生产力的关键技术,正深度融入农业各场景。学术界普遍认可人工智能在保障农业生产、提升农民福祉、加强和改进乡村治理等方面的积极作用。具体而言,人工智能可改善农业生产条件,破除粗放经营模式弊端,保障国家粮食安全^[6-7]。人工智能有助于实现小农户与现代农业发展有机衔接,降低生产成本,提升农产品产量与品质,并结合智能分选、生产溯源等技术实现农产品优质优价,拓宽农民增收渠道。人工智能还可提升农民人力资本、促进农民就近就业、完善农村养老托育体系等^[8-9]。此外,人工智能为农业农村环境治理提供了技术支撑,如通过生产监测与投入品精准管理,减轻农作物种植对化学投入品的依赖,从源头降低环境污染风险^[10-11]。

其二,关于农业领域低空经济的发展。农业领域低空经济是低空经济与现代农业深度融合的新兴业态,以无人机、低空遥感、电动垂直起降飞行器等航空器为载体,在农田监测、农资运输、植保作业和灾害评估等方面展现出独特的技术优势^[12]。在提升农业生产效率方面,农用无人机能够突破地面作业局限,实现精准施肥、施药和自动化播种,显著降低人工劳动投入,提升资源利用效率^[13]。在推动绿色农业转型方面,农用无人机低空精准施药技术能够根据靶标区域按需喷洒,减少农药飘移与过量使用,从源头减少化学投入品造成的面源污染^[14]。在灾害防控与应急响应方面,农用无人机可实现大面积农田的快速巡检,及时发现病虫害和预测灾情发展趋势,辅助制定针对性处置方案,减少灾害造成的损失^[15]。此外,利用农用无人机等开展农资“最后一公里”配送,以及鲜活农产品短途运输,能够有效破解农村崎岖地形带来的运输难题^[16]。

其三,关于人工智能与农业领域低空经济之间的关系。人工智能与农业领域低空经济之间呈现相互赋能、深度融合的协同关系,二者共同构成农业新质生产力发展的重要技术引擎。利用人工智能的深度学习、视觉识别和路径规划算法,农用无人机能够自动识别田块边界和障碍物,实现精准导航和避障^[17]。借助边缘计算和实时推理技术,农用无人机在飞行过程中能够动态调整施肥、施药等作业参数,提升喷洒作业质量和效率^[18]。此外,农业领域低空经济为人工智能提供了广阔的应用场景,而通过数据分析和深度学习,人工智能可进一步优化空域的资源调配^[19]。

已有研究论证了人工智能和低空经济对农业现代化的支撑作用,但仍有以下不足。第一,在研究对象上,已有研究多关注人工智能或低空经济,鲜有研究将二者视为有机整体进行研究,人工智能赋能农业领域低空经济的内在逻辑未能得到充分回应。第二,在分析层次上,已有研究多停留于技术应用效果或单一场景的现状描述,较少从中观产业组织层面系统刻画人工智能赋能农业领域低空经济的现实基础。尤其是数字基础设施、复合型人才供给等如何制约人工智能赋能效果,仍有待深入探讨。第三,在机制阐释上,已有研究对人工智能通过数据、算法和算力赋能农

业领域低空经济的具体传导路径，以及该过程中面临的关键瓶颈，仍有较大的探讨空间。为回应上述问题，本文沿着“内在逻辑—现实基础—现实挑战—优化路径”的链条，分析人工智能赋能农业领域低空经济的内在逻辑和现实基础，并总结了农业领域低空经济发展面临的关键问题，进而提出系统性的优化路径。人工智能赋能农业领域低空经济的分析框架如图1所示。

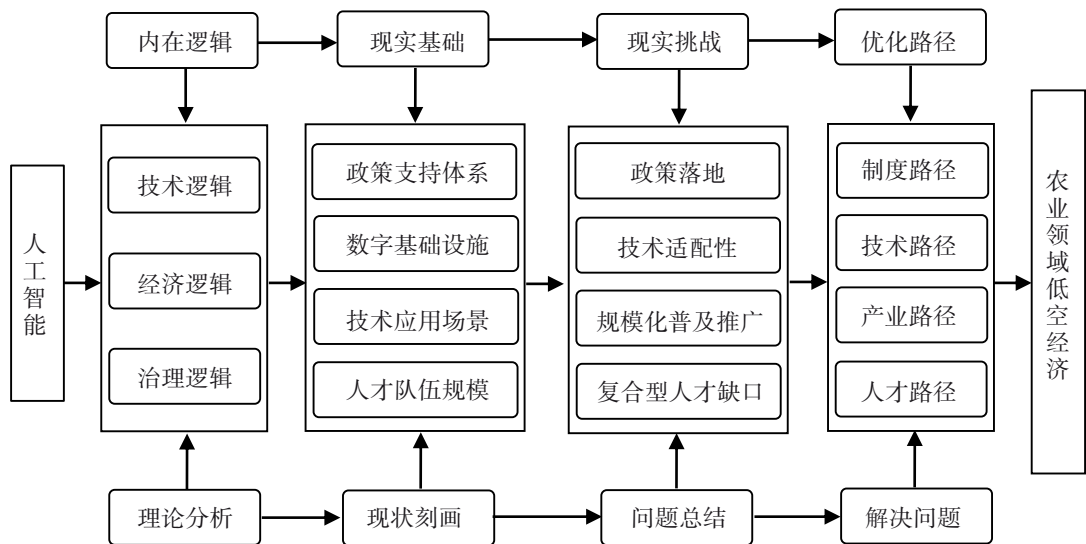


图1 人工智能赋能农业领域低空经济的分析框架

二、人工智能赋能农业领域低空经济的内在逻辑

本文从技术逻辑、经济逻辑和治理逻辑三个维度分析人工智能赋能农业领域低空经济的内在逻辑。具体而言，技术逻辑是赋能的基础，揭示了人工智能的赋能途径；经济逻辑是赋能的关键，刻画了人工智能的赋能效果；治理逻辑是赋能的重点，保障了人工智能的持续赋能作用。

（一）人工智能赋能农业领域低空经济的技术逻辑

农业领域低空经济在中国仍然处于发展初期，实际作业过程中存在精准度有限、数据利用率较低等技术痛点。究其根源，传统农业领域低空作业高度依赖飞手的个体经验，而附着于个人的隐性知识难以转化为标准化的生产要素。

人工智能优化数据要素的生成机制。早期农用无人机作业对农田土壤墒情、病虫害分布、杂草覆盖等的判断高度依赖熟练飞手的默会知识。默会知识高度内隐，难以用较低成本实现大规模复制，构成生产函数中人力资本的天然约束。人工智能通过搭载多光谱相机、激光雷达传感器，并结合图像识别技术，可将隐性知识系统性地解码为可记录、可量化的数据要素。当前，农用无人机搭载各类智能装备，结合图像识别技术，可以实现高效作业。

人工智能助力自主决策与方案优化。《中国低空经济发展指数报告（2026）》显示，截至2025年底，中国注册无人机共328.7万架，同比增长51.0%；全年无人机累计飞行4530.29万小时，同比增长69.9%。低空设备数量不断增加、作业时长持续增长，由此产生的海量复杂数据对实时处理能力也提出了更高的要求。当无人机前期巡检所积累的感知数据汇入后台后，可转化为可执行的作业指令。基于前期感知数据，依托大数据建模和算法迭代等技术，人工智能可实现万亿次级的实时数据处理，利用深度学习算法自动规划最优飞行航线，并在飞行过程中对低空作业方案作

出持续性的自主调整与优化，为资源调配提供决策支撑^[20]。

人工智能赋能低空作业的平台化智能调度。随着设备数量和作业密度爆发式增长，空域内多终端协同的复杂性呈指数级上升。《农业无人机行业白皮书2024/2025》显示，2024年，中国农用无人机作业亩次超过26亿亩次，涉及作业台数20万台。飞行器活动日趋密集，协同控制压力不断增大。人工智能依托算力资源构建起实时响应、全域统筹的调度平台，借助协同管理网络打破单台设备的“数据孤岛”，实现多终端设备的统筹管理，实时监测空域内飞行设备的状态信息，动态协调设备的飞行间距、飞行航线等，规范低空作业秩序，保障空域安全。人工智能技术能够将碎片化的作业需求与集约化的无人机供给进行高效匹配，实现多终端在同一平台内的网络化协同，极大地降低供需两端的交易成本。

（二）人工智能赋能农业领域低空经济的经济逻辑

人工智能赋能农业领域低空经济的经济逻辑本质上是将智能算法和数据要素注入农业生产函数，突破传统模式下的要素固化，在微观作业效率、中观产业组织和宏观资源配置三个层面，持续拓展价值空间。

在微观作业效率层面，人工智能优化农业生产函数。一是在成本控制方面，自主作业模式将核心能力固化于算法，降低了对熟练飞手的刚性依赖程度，克服了飞手技能差异造成的服务质量波动。智能靶向喷洒、精准播种等技术优化了要素投入方式，有效避免了农业资源浪费。农用无人机结合多光谱影像技术能够实时调整喷药进度，相较于常规定量施药，可节约7.39%的喷施剂量^[21]。二是在质量提升方面，物联网、大数据等技术可减少农用无人机设备遗漏作业、重复作业等现象，配合全周期动态监测与灾害预警，有效降低产量损耗，防止品质下降。三是在效率提升方面，搭载3D电子图库的农用无人机具备夜间稳定作业能力，设备日均有效作业时长成倍增加，有助于抢抓作物插秧、管护的重要窗口期。

在中观产业组织层面，人工智能推动农业低空社会化服务价值延伸。在较长时期内，农业低空社会化服务内容局限于田间植保、农田巡检等基础环节，同质化严重，整体处于低端粗放发展阶段。人工智能使无人机从单纯执行工具升级为集数据采集、解译和决策于一体的移动智能节点。将低空遥感测绘的地形模型与传感器观测的实时数据相结合，服务组织可衍生出农业数据咨询、生产方案定制、农产品品质溯源等知识密集型服务，以实现低空作业与传统农艺管理的产业融合。此外，智能装备迭代有助于带动上游智能硬件研发制造和下游设备运行维护，使产业分工体系进一步完善、产业链条不断延长。

在宏观资源配置层面，人工智能推动正外部性的内部化。人工智能与农业领域低空经济协同能够产生显著的正外部性，相关社会收益远超直接作业收入。一是搭载智能装备的农用无人机实施精准施肥、施药，有助于从源头减少农业面源污染，保护农田生物多样性，改善农村地区的生产条件和人居环境。这一过程将以往由社会承担的环境治理成本，通过技术手段内部化为精准作业的决策参数，有助于提升资源配置效率。二是大田无人机网络有望形成规模化的近地遥感数据供给系统。农用无人机实时监测农作物受灾程度，可以为政府灾损统计和政策性农业保险精准理赔提供客观的第三方数据，降低风险管理成本。大样本农作物长势、估产等宏观信息的实时监测结果，可为粮食安全预警这类公共品供给提供支撑，并赋能农产品期货定价等市场信号生产环境。

（三）人工智能赋能农业领域低空经济的治理逻辑

人工智能赋予标准化治理可行性。标准化治理的目的在于以较低成本甄别与衡量产品质量，并据此实施奖惩措施。农业领域低空作业的标准化治理面临两大难题。一是甄别成本高昂，人工操作存在极强的主观性，缺乏统一可复制的作业标准，不同设备和场景的作业规范参差不齐。二

是执行成本较高，即便制定明确的作业标准，实际执行仍受到诸多限制。人工智能模型输出的可量化和可复制性均可有效规避上述弊端。机载多光谱传感器与视觉深度学习算法结合，能够对飞行高度、速度、喷洒流量和覆盖率等进行厘米级、秒级数据采集和解译。度量成本大幅降低使服务质量可甄别性显著提升，奖惩措施得以精准实施。

人工智能赋予安全治理可行性。低空空域具备无物理边界、动态多变等特征。农用无人机的高频作业加剧了空域内的复杂性，传统随机抽查或事后追责因监督成本过高无法实现全覆盖，而人工智能联动低空感知终端和地面物联网，可以构建全天候动态监测网络，补齐人工治理覆盖盲区，实现风险实时捕捉与精准定位，常态化维系低空空域作业秩序。基于机器学习算法的农机安全预警与智能控制系统在200小时实际作业和1 000公里仿真路测中，平均预警精度达到86%，典型危险工况预警精度达到92%，响应时间控制在1秒以内，农机侧翻风险降低60%，碰撞风险降低45%，有效提升了农机作业安全性^[22]。

人工智能赋予协同治理可行性。农业领域低空经济涉及植保服务主体、种植主体和农资供应商等参与主体，由于各参与主体遵循不同的组织目标，因而对各参与主体的协同治理存在信息壁垒。人工智能辅助统筹空域内相关资源，协调各参与主体的作业需求与资源供给，减少人工层级对接与外部干预，实现多参与主体的高效联动运行，并促进多参与主体协同治理。在重庆梁平，高标准农田管理平台通过物联网、地理信息系统与无人机技术构建“空天地”一体感知网络，有效整合了各部门的分散资源。借助该平台，特种飞行器智慧工厂项目节约资金超过2 000万元。

三、人工智能赋能农业领域低空经济的现实基础

（一）政策支持体系逐渐完善

政策支持体系的完善为农业领域低空经济走向规范化发展奠定制度基础。在法规层面，2024年1月施行的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》对农用无人驾驶航空器实行宽松管理，明确满足一定条件即可免办运营合格证。2025年1月发布的《农用无人驾驶航空器操控员培训管理规定（试行）》进一步规范了农用无人驾驶航空器操作员的培训、考核和操作证颁发流程。农业领域低空经济的政策支持导向愈发清晰，数智化转型持续提速。在财政支持政策层面，2024年4月，农业农村部办公厅、财政部办公厅发布《2024—2026年农机购置与应用补贴实施意见》，要求在全国范围内开展农用无人驾驶航空器购置补贴工作。2025年2月，农业农村部办公厅、国家发展改革委办公厅、财政部办公厅、国家粮食和储备局办公室联合印发《关于实施好2025年农业机械报废更新补贴政策的通知》，将农用无人机纳入报废更新补贴范围。地方层面积极响应，如四川要求充分利用农机购置与应用补贴政策，并加大报废更新补贴力度，推动装备换代升级；江西明确提出，抢抓低空经济发展机遇，加速推进“低空+农业农村”应用。

（二）数字基础设施日益普及

农业低空装备的智能运行高度依赖通信网络、智能装备和算力等数字基础设施。农村地区数字基础设施的规模化普及，是人工智能发挥赋能作用的关键物理底座。在通信网络方面，中国农村信息基础设施水平显著提升。截至2025年，中国乡镇及行政村的5G网络覆盖率达到95%，农村宽带接入用户数超2亿户，农村互联网普及率超过69%。农村地区网络条件的改善，为农业低空作业的数据传输提供了基础支撑。在智能装备方面，北斗卫星导航系统持续优化更新，搭载北斗卫星导航系统的智能无人农机已进入规模化推广阶段。在算力方面，运营商正加速开展农村地区的人工智能算力延伸工作。2025年，中国移动智算总算力规模达92.5 EFLOPS（EP16），其自主研

发的万象耕耘农业大模型提供了多种农业场景解决方案，未来预计将覆盖全国超1 000万亩农田。

（三）技术应用场景不断丰富

基于人工智能的农业低空装备已从单一的植保作业向多种农业场景延伸，应用领域持续拓宽。2025年，中国农业科技进步贡献率已超过64%。作为精准农业的重要组成部分，农用无人机作出了突出贡献。一是总量规模持续扩张。中商产业研究院数据显示，2025年，中国农用无人机市场规模达36亿元。当前，中国农用无人机保有量超30万架，年作业面积突破4.6亿亩。二是装备智能化特征愈发明显。搭载人工智能的精准施药与智能作业正逐步替代传统均质喷洒，化肥农药减量增效成果突出。南京农业大学试验数据显示，无人机喷施除草剂的亩均用药量较人工减少30%，杂草防效提升12%^[23]。

（四）人才队伍规模持续壮大

“学历教育+职业培训”的双轨人才培养体系逐渐确立，无人机飞手培训方案不断健全，专业教育布局加速开展，为人工智能赋能奠定人才基础。一是无人机飞手培训标准逐渐完善。《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》放宽了农用无人机操作限制，满足条件者无需操控员执照，凭操作合格证明即可从业，拓宽了人才进入农业领域低空经济的渠道。2024年，全国共有近50万人从事农业飞防服务工作，涉及操作设备20万台。《农用无人驾驶航空器操控员培训管理规定（试行）》确立了全国统一的农用无人驾驶航空器操控员培训标准与考核体系。当前，全国无人机注册培训机构已超过3 500家，低空经济人才储备将在短期内实现快速增长。二是高等院校加速低空经济的专业教育布局。2024年12月，教育部在全国6所高校首批新增交叉学科门类下的“低空技术与工程”本科专业，旨在培养一批具备低空装备研发制造、空域运行规划保障能力的复合型人才。

四、农业领域低空经济发展面临的现实挑战

尽管现实基础逐步夯实，但农业领域低空经济的规模化推进仍面临一系列现实挑战。从制度经济学视角分析，这些现实挑战主要体现在政策执行的制度摩擦、技术供给的适配缺口、市场扩散的规模门槛和人力资本的结构失衡等方面。

（一）政策落地仍有梗阻

当前，农业领域低空经济的顶层政策框架仍然较为笼统，从政策文本到落地执行差距较大。一是空域开放与作业审批衔接不畅。中国低空开放程度较低，大量空域资源尚未充分开发利用。截至2023年底，中国1 000米以下高度的适飞空域面积仅为49.6万平方千米，不足国土面积的6%。全国统一低空航图与航线网络尚未成型。此外，部分农村区域被民用无人驾驶航空器综合管理平台划为管制空域，一些农户提交合规申请但未获批，严重影响农事进度，挫伤了农户使用农用无人机的积极性。空域审批流程复杂、信息沟通不畅，制约了农业领域低空经济规模扩张。二是跨部门协同监管机制尚未健全。2026年7月1日起施行的《中华人民共和国民用航空法》已对低空空域资源配置、监管服务平台和相关制度标准作出规定。中国低空仍为军民共管，农用无人机作业常与机场净空区、军事管理区等敏感区域重叠，涉及多部门管理权限，具体权责衔接与协同效率仍需结合现行制度进一步优化^[24]。

（二）技术适配性有待提升

中国在无人机设计研发和装备制造等方面已取得一定进展，但低空经济相关技术仍有待攻关，精密元器件、智能芯片等核心组件的进口依赖依然存在，突破农业低空关键技术与装备的“卡脖子”难题任重道远。一是硬件性能有待提升。续航能力仍是农用无人机大规模应用的关键瓶颈^[25]。

当前，主流农用无人机的单次作业时间普遍为20—30分钟，难以满足大田块连续作业需求，极大降低了农用无人机的作业效率。二是环境适应能力偏弱。异构的农田环境对人工智能技术应用提出了更高挑战。农用无人机机载计算平台的计算能力与高端工业级平台存在显著差距，当运行复杂深度学习模型以实现自主避障、目标识别和决策推理时，算力不足迫使模型过度压缩，以精度换实时性。三是作业标准化能力不足。农用无人机在生产制造、作业规范和数据交互等方面缺乏统一的国家标准支撑，不同品牌和型号设备间的数据难以互联共享，可能形成“数据孤岛”，限制了人工智能模型的训练优化，也制约了空域资源的分析与调度。

（三）规模化普及推广仍有难度

农用无人机在植保环节的渗透率已达到较高水平，但要实现技术应用向规模化普及的跨越仍面临一定难度。一是小农户的接入成本相对高昂。小农户购买无人机面临较大的经济压力，尽管农机购置与应用补贴政策降低了购机门槛，但维护、保养等后续使用成本仍然不菲。二是农业低空社会化服务的质量参差不齐。根据规模经济理论，托管服务、共享飞防等社会化服务模式可降低小农户独立购机的投入门槛。服务供给方主要包括基层组织和服务企业等，组织化程度普遍偏低，技术积累与管理能力欠缺，服务水平良莠不齐，难以赢得农户的长期信赖。三是农业低空基础设施的区域不平衡问题依然存在。当前，中国农业低空基础设施总量偏少且分布不均。《2025年民航行业发展统计公报》显示，截至2025年底，全国在册管理的通用机场数量为513个，低空飞行服务站仅有46个，分布于23个省（自治区、直辖市），但多数省份站点稀少，服务半径有限，对低空飞行的区域保障支撑相对有限。

（四）复合型人才缺口仍存在

当前，既精通无人机操控技术又掌握农业知识的复合型人才仍然面临较大缺口。一是人才供给总量存在缺口。《2024—2025年中国通用航空和低空经济发展报告》显示，截至2024年底，全行业实名登记在册的无人机数量为221.3万架，而无人机操控员执照仅发放了27.33万本，装备与飞手之比高达8:1^[26]。相较于装备数量的快速增长，成熟飞手的供给远未能满足不断扩张的市场需求。二是人才供给存在结构性矛盾。农用无人机飞手不仅要具备操作无人机的基本技能，还要掌握农田土壤墒情、作物生长周期等农业知识，但实践中具备此类综合素养的农用无人机飞手非常有限。例如，在河南省持证飞手中，大专以下学历者占比高达78%，既精通无人机操控技术又掌握农业知识的复合型人才占比不足5%^[27]。大量飞手虽然通过了操作考核，但未能充分掌握农业知识，难以在人工智能系统辅助下作出精准决策。三是人才培养目标与产业需求存在脱节。传统农业院校的专业设置偏重农学与农业工程，尚未建立起系统的人工智能与低空技术课程体系，而航空航天与电子信息类院校更多关注城市和工业场景，对农业场景关注不足。可见，人才供给与产业需求之间仍存在结构性错配。

五、人工智能赋能农业领域低空经济的优化路径

（一）制度路径：完善人工智能赋能农业领域低空经济的政策体系

完善政策体系应兼顾顶层框架搭建与基层执行实施，破解政策文本与落地实践之间的传导梗阻，夯实人工智能赋能的制度基础。一是推进空域管理的分类分级与动态授权。在现行空域管理体制下，探索建立白名单自动核准制度，对非管控区域内的常规植保、施肥、施药等低风险作业，依托民用无人驾驶航空器综合管理平台实现在线申报、系统秒批；对邻近敏感区域的农用无人机作业，推行跨部门联合审批时限承诺制，明确最长审批时限，并向社会公示。二是健全跨部门协

同监管机制。推动出台农业低空飞行活动协同管理相关办法，明确民用航空局、公安部等部门的具体权责边界，试点设立县级农业低空服务综合窗口，整合空域咨询、作业备案等事项，降低农户和服务组织的制度性交易成本。三是明确农业低空数据的归属与流通规则。探索制定农业低空数据分级分类管理办法，明确涉及国家粮食安全与地理信息安全的数据红线，为商业化数据产品开发留出空间，探索建立数据可用不可见的隐私计算共享模式，为人工智能模型训练提供合法合规的数据来源。

（二）技术路径：突破人工智能赋能农业领域低空经济的技术瓶颈

技术适配性是决定人工智能赋能农业领域低空经济的关键变量。当前，技术瓶颈集中在算法适应性、硬件性能和作业标准三个方面，需分别寻求突破，全方位提升人工智能与农业领域低空经济的融合适配能力。一是研发农业低空专用轻量化人工智能芯片与算法。支持国产芯片企业研发面向农业低空场景的专用神经网络处理器，在功耗严格受限的条件下实现高算力，满足复杂农田环境下实时避障和决策推理需求。同时，由相关部门牵头构建农业低空场景基准数据集，覆盖水田、旱地、丘陵和果园等典型场景，为算法迭代提供标准化训练样本。二是推动关键核心技术突破。针对智能装备续航能力和稳定性的关键诉求，重点支持长续航、大载重的专用机型研发，促进固态电池、氢燃料电池等新能源动力装置与农用无人机的适配应用。三是推进作业标准与数据接口的统一。修订完善《植保无人驾驶航空器 质量评价技术规范》，增设机载数据接口的强制性标准条款，要求整机厂商开放飞行轨迹、喷洒流量等核心数据，打破不同品牌和型号设备间的“数据孤岛”。

（三）产业路径：优化人工智能赋能农业领域低空经济的产业布局

实现小农户接入农业领域低空经济的核心在于，构建服务买得起、设施用得上的产业生态，持续释放产业发展动能。一是创新面向小农户的低空服务组织模式。在农地细碎化特征明显的地区，推广农村集体经济组织统一对接与整村作业的服务模式，由农村集体经济组织充当需求整合方，将分散的作业需求打包为可规模化运营的服务订单，降低飞防组织的获客成本和空飞率。二是精准布局县域低空基础设施网络。编制全国农业低空基础设施专项规划，优先在产粮大县布局综合起降场站和田间起降点，配套换电柜、备件库和气象监测站。中央财政应对中西部地区产粮大县的基础设施建设给予投资补助，东部地区则需探索政府与社会资本合作模式。三是以人工智能平台整合碎片化供需。支持建设区域性农业低空服务调度平台，由农业农村部主导，接入气象、作业需求和飞手资源等数据，为飞防组织提供一站式服务。对平台运营主体给予一定期限的运营补贴，提升市场化运营能力，逐步拓展至农产品溯源等增值服务，培育发展农文旅融合新业态。

（四）人才路径：强化人工智能赋能农业领域低空经济的人才培育

人才是人工智能赋能农业领域低空经济的核心人力资本，发挥人工智能赋能作用需强化人才培育。一是优化高等院校的学科培育体系。加快构建农业领域低空经济的学科专业群，推动农业院校主动布局农业低空方向，设立农业低空工程或农业人工智能等专业，培养方案实行“农学+航空+人工智能”三个模块的课程结构，将无人机驾驶员执照、农业技术人员等职业技能等级证书纳入学分互认体系。二是创新校企研协同育人模式。深化产教融合，探索校企联合的人才培养模式，精准对接人才培养与产业发展需求。推动职业技能认证与学历教育的衔接贯通，尝试将领域内相关技能证明纳入高校学分体系，鼓励在校学生通过参与职业技能竞赛提升操作技能。三是建立农业低空紧缺人才目录与长效激励机制。将低空数据分析师等岗位纳入各地紧缺人才目录，鼓励县域将飞防能手纳入“新农人”培育序列，对扎根县域服务满一定年限的持证农用无人机飞手，提供培训补贴、职业发展支持等与岗位能力提升直接挂钩的激励举措。

参考文献:

- [1] 陈永伟. 低空经济的监管难题、国际经验与中国协同治理路径[J]. 东北财经大学学报, 2025(4): 31-45.
- [2] 宁阳. 让低空经济形成“天上飞”“地上热”的格局[N]. 光明日报, 2025-12-04(3).
- [3] 欧阳日辉. 低空经济助推新质生产力的运行机理与路径选择[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 2025, 46(1): 118-131.
- [4] 邓剑洋. “粮食安全这根弦必须始终绷紧”[N]. 人民日报, 2026-02-05(2).
- [5] 高鸣, 施帝斌. 人工智能赋能粮食减损的内在逻辑、现实基础与优化策略[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2026, 25(1): 12-22.
- [6] 李琛, 高鸣. 现代农业科技赋能盐碱地治理: 现实基础、关键问题与实践路径[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2025, 24(6): 201-210+216.
- [7] 高鸣, 于世捷. 人工智能赋能粮食安全保障的战略构想与政策优化[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2026, 26(1): 13-23.
- [8] 高鸣, 杨新宇. 新质生产力赋能农业强国建设: 理论阐释与战略构想[J]. 经济体制改革, 2025(6): 180-190.
- [9] 刘承芳, 陈思玮. 人工智能赋能农村养老: 理论基础、实践路径与风险挑战[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2026, 25(1): 23-33.
- [10] 朱红根, 周柏樊. 数字乡村建设与农业绿色发展: 理论与实证[J]. 世界农业, 2025(3): 42-54.
- [11] 周子铭, 高鸣. 数字技术赋能农业环境污染防治: 逻辑基础、关键问题与路径构建[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2025, 33(2): 218-227.
- [12] 李晓华. 政府引导、产业生态构建与低空经济发展[J]. 改革, 2025(2): 21-35.
- [13] 顾冬冬, 毕洁颖. 低空经济驱动农业新质生产力: 作用机理、现实瓶颈与路径设计[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2026, 26(3): 12-22.
- [14] 赵敏娟, 周超辉. 人工智能赋能农业绿色发展: 理论逻辑与实现路径[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2026, 26(2): 28-40.
- [15] 王丹, 罗章松. 低空经济赋能农业新质生产力发展: 角色扮演、现实壁垒与破解之道[J]. 农林经济管理学报, 2025, 24(2): 165-173.
- [16] 胡宁宁, 侯冠宇. “十五五”时期低空经济赋能农业供应链韧性研究[J]. 郑州大学学报(哲学社会科学版), 2026, 59(2): 84-91.
- [17] 杨骏, 李长健. 生成式人工智能助推低空经济的实践研判、风险识别及制度应对[J]. 当代经济管理, 2025, 47(3): 77-86.
- [18] 庄苗. 人工智能赋能低空经济: 应用场景与未来方向[J]. 人民论坛·学术前沿, 2024(15): 38-44.
- [19] 夏杰长, 苏敏. 人工智能与低空经济融合发展的内在逻辑与优化策略[J]. 科学管理研究, 2025, 43(3): 64-72.
- [20] 金诚谦, 陈钧龙, 刘政, 等. 大田作业场景中农机协同作业技术发展综述[J]. 农业工程学报, 2025, 41(14): 1-13+351.
- [21] 闫春雨, 黎文华, 兰玉彬, 等. 基于无人机多光谱遥感的棉花脱叶效果监测及处方图生成研究[J]. 南京农业大学学报, 2022, 45(4): 799-808.
- [22] 祁传斌. 基于人工智能技术的农机安全预警与智能控制系统设计[J]. 南方农机, 2025, 56(4): 170-172.
- [23] 郭多璟, 王恺言. 植保无人机为农业发展插上“科技翅膀”[J]. 江苏农村经济, 2025(10): 23-24.
- [24] 杜佳信, 钟超, 鄧亮亮. 低空经济推动农业现代化的路径探索——国际经验与中国实践[J]. 资源科学, 2025, 47(8): 1718-1731.
- [25] 樊振伟. 低空经济助力农民农村共同富裕: 内在逻辑与创新路径[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2026, 26(3): 23-33.
- [26] 杨召奎. 我国无人机操控员执照总数超27万本[N]. 工人日报, 2025-10-27(4).
- [27] 夏先清, 杨子佩. 田野上“飞”出新图景——来自河南省的调查[N]. 经济日报, 2025-07-18(10).

Artificial Intelligence Empowering the Development of the Low-Altitude Economy in the Agricultural Sector: Logic, Challenges, and Pathways

SONG Ziyu¹, LIU Chang²

(1. School of Business, University of New South Wales, Sydney 2052, Australia;

2. College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Summary: Against the backdrop of solidly advancing rural revitalization across the board, agriculture has gradually become a key application scenario for the expansion of the low-altitude economy, and the deepening development of the low-altitude economy in the agricultural sector holds immense potential. At the same time, artificial intelligence (AI), as the core engine of new quality productive forces, is becoming deeply integrated into the entire agricultural industry chain. The integration of AI with the low-altitude economy in the agricultural sector has become critical to developing new quality productive forces in agriculture in a manner tailored to local conditions.

From a theoretical perspective, AI follows the logic of “technological feasibility, economic efficiency, and orderly governance”, and possesses the potential to empower the development of the low-altitude economy in the agricultural sector. In terms of technological logic, AI provides hardware and software support for such development by promoting the endogenous generation of data as a factor of production, enabling autonomous decision-making and solution optimization, and improving the platform-based scheduling of low-altitude operations. From the economic perspective, AI optimizes the cost function of agricultural production, extends the value of socialized services, and promotes the internalization of positive externalities. In terms of governance, AI enables the feasibility of standardized, safe, and collaborative governance of the low-altitude economy in the agricultural sector, thereby improving the efficiency of resource allocation throughout the governance process.

Currently, the conditions are largely in place for AI to empower the development of the low-altitude economy in the agricultural sector. The policy framework is becoming increasingly refined, infrastructure is being continuously expanded, equipment applications are diversifying, and the talent pool is growing. Improvements in these multifaceted areas provide practical support for AI to play its enabling role. However, such development still faces a series of structural obstacles, primarily manifested in institutional frictions in policy implementation, mismatches between technological supply and application needs, scale barriers to market diffusion, and structural imbalances in human capital.

To fully leverage the enabling role of AI in the development of the low-altitude economy in the agricultural sector, a comprehensive policy support system should be established to strengthen the institutional foundation for AI empowerment; breakthroughs should be made in core technological bottlenecks to improve the adaptability of AI applications; the large-scale development of the industry should be promoted to unlock the full potential of AI; and the supply of interdisciplinary talent should be enhanced to lay the groundwork for the human resources required to support AI-driven development.

Key words: artificial intelligence; low-altitude economy in the agricultural sector; digital technology; technology empowerment; new quality productive forces in agriculture

(责任编辑: 尚培培)(校对: 孙 艳)