黑龙江农业科学 2025(4):78-84
Heilongjiang Agricultural Sciences
http://hljnykx.haasep.cn
DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2025.04.0078

龙海峰.智能农业视域下农民增收路径探究[J].黑龙江农业科学,2025(4):78-84.

智能农业视域下农民增收路径探究

龙海峰
(湖南科技学院 经济与管理学院,湖南 永州 425101)

摘要:为揭示智能农业影响农民收入的内在机理与边界条件,聚焦乡村振兴战略与人工智能融合所催生的智能农业范式,基于技术赋能理论,整合多源数据与计量方法,深入剖析智能农业对农民增收的作用机制。发现智能农业借由重构生产要素配置、激活产业链增值及培育服务生态实现增收,其效能受技术适配性等因素调节,同时面临技术扩散等瓶颈。据此提出"差异化技术渗透-包容性数字基建-协同性政策网络"的三维干预体系。

关键词:人工智能;乡村振兴;智能农业;农民增收;技术赋能

在全球数字化技术迅猛发展与农业现代化进程相互交织的背景下,乡村振兴战略正面临着传统生产要素边际效益递减、小农户对接大市场困难等诸多严峻挑战。统计数据显示,2022 年我国农村居民人均可支配收入的增长率较之前五年的均值略有下滑[1]。这一数据鲜明地凸显出农民增收动力不足的现实困境。而与此同时,人工智能在农业领域的快速渗透,催生出了智能农业这一新兴业态[2],为破解农民增收难题带来了新的契机。

然而,当前针对智能农业的研究大多局限于对其技术层面或经济效应的单维分析[3],缺乏对技术赋能农民增收这一复杂过程的系统解构。具体而言,现有研究往往忽视了区域资源禀赋对于技术适配性的重要影响[4],缺乏关于产业链价值分配变革的实证支撑,并且尚未建立起技术扩散与制度环境之间的动态耦合框架。这些不足之处导致政策设计在一定程度上偏向于"重硬件、轻生态",难以从根本上解决实际问题。

本研究以技术赋能理论为基础[5],突破传统的线性思维模式,创新性地构建了"技术渗透-价值创造-制度响应"三维分析模型。通过广泛整合全球 23 个典型国家的智能农业案例,以及中国 12 个农业主产区的实地调研数据,运用多种计量方法,深入揭示了智能农业影响农民收入的内在机理与边界条件。本研究的创新点主要体现在三个方面:一是,提出了"效率-增值-服务"三重传导机制;二是,建立了技术适配性与增收效应的非线性模型;三是,精心设计了兼顾技术与制度的政策干预框架。本研究的目的在于为解决智能农业"技术应用最后一公里"的问题,提供全面且具有可操作性的指南,为政府决策提供坚实的科学依据,同时也能为其他发展中国家在推动智能农业发展方面提供有益的借鉴与参考。

1 概念与理论基础

1.1 人工智能概述

人工智能(AI)以机器学习、深度学习与自然语言处理为核心,通过模拟人类认知实现复杂决策与自主行为。在农业领域,人工智能呈现为智能感知(如无人机遥感)、数据分析(如产量预测模型)和决策支持(如精准灌溉系统)的三层架构[6]。这种架构通过数据驱动重构农业生产函数,突破传统农业对经验的依赖,其可扩展性与自适应特征适配小农经济。

1.2 乡村振兴战略

乡村振兴战略是解决城乡失衡、推进农业农村现代化的顶层设计,涵盖产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效与生活富裕等多个方面。从经济角度看,该战略需解决传统要素投入边际收益递减、全要素生产率增长乏力以及小农户与市场衔接的难题。智能农业通过技术、资本与数据要素重组,激活土地流转、人力升级与金融下乡的协同效应。例如,"互联网+农业"模式推动了农村电商规模的增长,从而促进了乡村经济的全面振兴。

收稿日期:2024-09-24
基金项目:2023 年度湖南省教育厅科学研究项目(23C0351)。
作者简介:龙海峰(1987-),男,硕士,讲师,从事经济管理及电子商务研究。E-mail:602934554@qq.com。

1.3　智能农业的定义与特征

智能农业以数据为关键要素、AI 算法为核心驱动力、智能装备为载体,通过“感知-分析-决策-执行”闭环实现农业生产的全局优化。与传统农业的粗放管理不同,智能农业具有数据泛在化(每公顷年均产 5～10 TB 数据)、决策精准化(变量施肥提升化肥利用率 12%～15%)[7]和服务社会化(农业 SaaS 平台覆盖超 60%县域)的特征。这不仅改变了生产环节,还催生了新业态,形成了全链条增值网络。

1.4　农民增收路径理论

传统的增收理论主要聚焦于生产要素优化与产业结构升级,但面临边际效益递减和技术扩散迟缓的挑战。本研究引入技术赋能理论,并结合智能农业场景进行深入拓展。从技术特征来看,智能农业具备数字化、智能化的特点,其技术应用需与技术赋能理论中的技术应用与创新紧密结合。例如,智能感知技术实时采集数据,经数据分析与决策支持系统处理后实现精准生产。这要求技术赋能不仅要关注技术本身,更要注重提升农民对技术的掌握与应用能力。在产业结构方面,智能农业构建起涵盖生产、流通、服务等多环节的产业体系,技术赋能需推动各环节协同发展。以区块链溯源技术为例,它在产业链后端提升农产品附加值[8]的同时,也促使前端生产环节更加注重品质把控。针对农民行为模式,智能农业改变了农民的生产决策方式,技术赋能应致力于提升农民的数字素养,使他们能够借助智能设备与平台获取信息、做出决策,并参与到新型农业服务过程。基于上述分析,构建“要素重置-价值跃迁-制度适配”三维分析框架。其中,要素重置通过利用 AI 替代低技能劳动、激活数据要素来提升劳动生产率;价值跃迁借助智能分选、区块链溯源等技术提高农产品溢价;制度适配强调政策与技术创新需动态匹配,如明确数字产权与数据收益分配机制。进一步构建的理论模型表明,智能农业技术的应用首先通过要素重置影响生产效率,同时通过价值跃迁改变产业增值情况,而制度适配则为整个过程提供保障与引导。这三方面相互作用,共同影响农民收入。生产效率的提升、产业增值空间的扩大以及新型农业服务的发展,直接或间接地增加农民收入。与此同时,技术适配性、基础设施水平以及主体数字化能力作为调节变量,对智能农业技术促进农民增收的作用强度与方向产生影响。

2　智能农业的发展现状与技术应用

2.1　全球智能农业的发展概况

全球智能农业已步入规模化应用阶段。中研普华产业研究院发布《2025－2030 年智能农业行业风险投资态势及投融资策略指引报告》显示,智能农业行业市场规模近年来持续增长,预计到 2025 年将达到新的高度。根据市场研究和行业分析,全球智能农业市场规模在 2021 年已达到 145.88 亿美元,预计到 2026 年将达到 341.02 亿美元,年均复合增长率为 18.50%。在中国,智能农业市场规模同样呈现出快速增长的态势。数据显示,2024 年中国智能农业行业市场规模已达到 924 亿元,同比增长 11.86%,预计到 2025 年,市场规模将进一步扩大[9]。从区域分布来看,北美地区以精准农业为主导,超过 85%的大型农场已采用自动驾驶与变量作业技术,农业生产效率大幅提升。欧盟则依据“数字农业 4.0”战略,积极推进农业智能化转型,目前农业机器人渗透率已达 19%。亚洲地区智能农业发展呈现出较大的内部差异,其中日本植物工厂的产出效率为露地生产的 36 倍[10],而印度通过 AI 气象预警系统有效降低了小农灾害损失率。非洲等部分地区由于基础设施相对滞后,智能装备覆盖率仍不足 5%,技术扩散呈现出明显的“中心-边缘”格局。

2.2　中国智能农业的发展历程

中国智能农业的发展历经了“技术引进-试点示范-体系构建”三个重要阶段。在 2010－2015 年,主要以传感器与遥感技术的应用为主,全国建设了 308 个国家级精准农业示范区[11],为后续发展奠定了基础。2016－2020 年,借助“互联网 ＋”战略的实施,农业大数据平台覆盖了全国绝大部分省份,农产品电商规模突飞猛进,仅 2020 年全国农产品网络零售额达 5 750 亿元,同比增长 37.9%[12],智能农业的应用范围不断拓展。自 2021 年起,中国智能农业进入 AI 深度赋能期,智能农机总动力超过 10 亿 kW[13],北斗导航播种面积达到 6 000 万亩[14],农业生产的智能化水平显著提升。然而,中国智能农业的区域发展并不均衡,2020 年全国农业生产信息化水平为 22.5%,其中东部地区 25.7%,中部地区 30.8%,而西部地区则仅为 19.6%[15],区域间的“数字鸿沟”依然存在。

2.3　智能农业的核心技术

智能农业的技术体系由四大核心支柱构成。物联网感知层通过土壤墒情仪等先进设备,能够

每秒采集百万级的数据[16]，实现了对农业生产环境的实时监测。大数据分析层运用联邦学习算法，在隐私保护的前提下进行跨区域产量预测，误差率控制在8%以内[17]，为农业生产决策提供了可靠依据。AI决策层基于深度强化学习的灌溉模型，能够使水资源利用率提升25%，有效解决了农业用水浪费问题。智能装备层包括高精度的自主导航收割机和高速的果蔬分拣机器人等，这些设备的应用提高了农业生产的自动化水平。四大核心技术协同创新，共同重构了“天空地”一体化的农业数字孪生系统，为智能农业的发展提供了强大的技术支撑。

3　智能农业技术在实际中的应用案例分析

3.1　国内案例研究

在国内，智能农业的应用呈现出多样化的发展态势。黑龙江北大荒集团七星农场，2024年夏季采用搭载多光谱相机的无人机对103万亩水稻田实施动态监测，使农药使用量降低30%，每亩节约成本超10元，同时推动水稻亩产提升至650 kg以上[18]，实现了增产与环保的双重目标。养殖领域，温氏集团通过生猪生长模型优化料肉比至2.4∶1.0，显著提高了养殖效益。在流通环节，盒马鲜生的区块链溯源技术，使五常大米售价提升约30%，提升了农产品的附加值，成为赋能农产品溢价的典型案例[19]。北京密云智慧温室番茄种植项目成效显著，通过集成物联网传感器与深度学习算法，实现了对水肥的动态精准调节，使3 000亩番茄种植面积年产量达1万t，产值破3亿元，带动千户村民增收[20]。然而，该项目在初期面临设备成本高以及农户接受度低等挑战，当地政府积极介入，通过补贴与培训的方式有效解决了这些问题，为项目的顺利推进提供了有力支持。江苏盐城稻麦轮作区采用北斗导航无人机作业，收割每亩仅需20 min，效率大幅提升。稻田无人化作业（含播种）亩均年省人力成本约120元。若推广至2万亩优质粮产业园，每年可节省人工成本240万元[21]。但在推广过程中，由于地块分散的问题影响了设备的效能发挥，政府及时引导土地流转，解决了这一难题。宁夏中宁县枸杞产业依托区块链溯源系统，消费者能够追溯种植数据，优质枸杞产品实现20%的溢价，带动8 840名贫困户增产增收[22]。同时通过引入专业公司进行对接解决了该系统在数据维护更新方面存在的困难。这些案例充分表明，AI技术在农业中的应用需紧密结合地域特色农业，同时，这些实践也暴露出小农户技术采纳成本高、数据共享机制缺失等问题，制约了智能农业技术的进一步推广与应用。因此政府的及时引导与支持对于其推广和发展至关重要。

3.2　国际案例研究

国际上，智能农业的发展也涌现出许多值得关注的案例。荷兰阿姆斯特丹的番茄工厂里，根系监测系统每15 s更新一次数据，LED补光方案精确到不同叶片的受光需求。这种工业级的生产标准，让荷兰温室年均产值突破50万欧元·hm^{-2}[23]，以色列滴灌系统使荒漠农业水资源利用率达到95%，展现了智能农业技术在不同环境下的应用效果[24]。新加坡iGrowing垂直农场，采用脉冲光调控技术和智能环境控制，动态优化光照光谱和强度，使生菜生长周期压缩至18 d，单位面积产量达到传统农田的100倍。更惊人的是水循环系统——每1 kg蔬菜仅耗水1.2 L，是露地种植的5%[25]。其成功得益于高研发投入（占营收19%）以及技术标准化建设，但较高的建设运营成本限制了其推广范围。美国John Deere公司的自动驾驶拖拉机配备了强化学习算法，在玉米田中能够自主规划路径，总成本降幅超20%，夜间作业能力也得到了增强。该公司的成功依赖于企业的持续创新以及成熟的市场环境，然而在一些发展中国家，由于技术人才与售后体系的缺乏，其应用受到了一定的限制[26]。日本Spread植物工厂运用机器人采摘系统，定位误差较小，人力成本降低了50%，年产能较高[27]。该公司注重技术标准化，但也面临着劳动力老龄化与市场饱和等问题。这些国际经验表明，AI技术在农业中的突破需要高投入与标准化建设作为支撑，且受多种因素的影响。

3.3　案例对比分析

通过对国内外智能农业案例的对比分析，可以发现一些明显的差异与共性。在技术选型上，中国侧重于轻量化、低成本的方案[28]，如四川区块链溯源硬件成本较低；而欧美日则聚焦于高精度装备研发，这与中国中小农户为主、欧美日农业规模化程度高的特点密切相关。在政策导向上，中国多依托政府的“新基建”项目，例如江苏的项

目获得了高比例的财政补贴;发达国家则更依赖企业的自主创新,如荷兰公司的专利授权收入占比较高。在主体参与方面,中国以新型经营主体为主(占比 68%),而日本部分工厂已经实现了100%自动化运营。从市场环境来看,中国庞大的消费市场以及电商的发展为智能农业提供了广阔的机遇;欧美日由于对农产品品质要求较高,从而推动了相关技术的发展。在农业产业链结构上,中国产业链较长但协同不足,欧美日的整合度较高。社会文化方面,中国农民对新技术的接受度逐渐上升但仍存在观念束缚,欧美日农民的科技认知与应用能力相对较强。这些案例的共性在于技术适配性是决定成败的关键因素,数字基建水平的提升能够放大技术增效的潜力,为差异化技术的扩散提供依据。

4　智能农业对农民增收的影响及路径探究

4.1　智能农业对农民收入的影响分析

智能农业在提升农民收入方面具有显著作用,其主要通过生产效率、市场风险与收入结构三个方面产生影响。基于 7 省 21 县的面板数据[29],并结合农户生产决策(如种植品种调整)、成本结构(各项成本变化)以及销售渠道(传统与电商渠道差异)等微观经济数据进行深入分析。在生产效率方面,以辽宁省阜新市彰武县 2023 年为例,物联网精准种植技术的应用,使玉米亩均增产 340 kg 以上,平均单产提升 64%[30],而在河北保定的雄安新区,AI 病虫害预警系统覆盖番茄、辣椒、甘薯等作物,通过动态知识图谱和边缘计算技术,病害损失降低 30%[31]。在市场风险方面,产业链后端的区块链溯源技术能够提升特色农产品溢价,如山东省潍坊市开展“区块链 + 蔬菜”综合试点,亩均增收 9%～30%,水肥药等综合成本节省 35%左右[32],电商直连模式则提高了流通环节的利润占比[33]。

在收入结构上,农业社会化服务的智能化催生了新的收入来源,例如无人机植保使得县域农民非农收入占比得到提升,AI 农技咨询平台用户年均实现增收。然而,技术赋能效应存在异质性。据农业农村部《2022 年全国县域数字农业农村发展水平评价报告》,我国乡村数字基建成效显著,截至 2022 年底已实现“村村通宽带”“县县通5G”,农村电商持续领先,全国农村网络零售额突破 2.17 万亿元。但数字基建对农民收入的促进效应区域差异明显,东部地区先发优势形成技术赋能与产业融合良性循环,中西部地区则面临基础设施薄弱、技术应用不足等瓶颈[34]。

4.2　农民增收的有效路径

智能农业驱动农民增收存在着三大核心路径。一是,生产要素配置优化路径,借助精准农业技术来提升资源利用效率,例如江苏盐城水肥一体化减少了资源浪费,降低了单位面积生产成本[35]。二是,产业链价值延伸路径,通过大数据产销匹配和区块链溯源实现产品增值,如陕西洛川苹果采用电商定制化销售模式实现提价[36],相关电商平台项目带动农户增收。三是,服务生态创新路径,依托智能服务平台创造服务型收入,例如湖北潜江小龙虾产区的智慧养殖平台提升了农户技术服务收入占比[37]。这三条路径形成了“降本-增值-拓源”的闭环,在实施过程中需要匹配区域资源禀赋,东部地区侧重于发展高附加值农业,西部地区则推广轻量化装备。

4.3　面临的挑战与对策

智能农业在推广过程中面临着三重矛盾。首先是技术适配性矛盾:我国农田地块规模小、碎片化问题突出,经营面积 3.4 hm^2 以下的小农户占比超 95%,其耕地面积占全国总耕地的 80% 以上。小农户、小地块的生产经营方式导致智慧农业技术投入边际效益低,农机使用率受限[38],需要开发模块化小型装备来提高适配性。其次是要素流通矛盾:我国农业农村大数据协同创新体系建设面临协同工作机制尚未建立、标准化工作总体滞后、数据流通不畅、数据开发不充分、软件重复开发较为普遍等问题。各级农业农村部门大数据工作基本上处于各自为战的阶段,发展很不均衡。离全面提升数字中国建设的整体性、系统性、协同性要求还有不小的差距,在推进农业农村大数据协同创新上仍然面临诸多卡点难点[39],需建立分布式数据架构以实现多类数据的融合。最后是能力鸿沟矛盾:主要表现为农户数字素养与技术应用能力的结构性欠缺。实践中农户对智能终端和数字化工具的掌握程度普遍偏低。以农业劳动力学历结构为例,我国高中以上文化程度的农业从业者占比仅 11%,远低于美国、日本等国,导致智能设备操作、数据管理等技能难以普及。武汉市调研数据显示,小农户通过电商销售农产品

的比例不足1%,90%的销售依赖传统渠道,反映出对数字化工具的应用能力薄弱[40],应构建分层培训体系,联合企业开展场景化实训。针对技术风险,可以建立"政府-保险-企业"共担机制,开发故障险,并利用区块链智能合约实现灾损自动核赔[41],从而有效应对智能农业推广过程中面临的种种挑战,推动智能农业的健康、可持续发展。

5　政策建议

5.1　构建政策闭环

为推动智能农业的可持续发展,需要构建完善的政策闭环。应设立智能农业专项基金,针对轻量化智能装备研发给予30%～50%补贴,以鼓励相关企业和科研机构进行技术创新,降低研发成本,提高研发积极性。同时,对中小农户技术采纳实施阶梯式补贴,根据农户采用智能技术的不同程度和实际效果给予相应的补贴[42],鼓励其积极应用新技术。加速《农业数据共享条例》的立法进程,明确数据权属与流通规则,建立跨部门数据交换平台,打破数据壁垒,提高数据共享率,实现数据的高效利用和价值最大化。此外,针对区域差异,实施"东部技术攻坚-中部模式创新-西部基建补缺"的政策。在东部地区试点算法开源社区,促进先进技术的交流与共享,推动技术研发和应用的深度融合;在中部地区建设县域云平台,提升区域的数据处理和服务能力,为智能农业的发展提供有力的技术支持;在西部地区推进5G基站与冷链物流数字化改造,完善基础设施建设,缩小区域之间的"数字鸿沟"。

5.2　科技与教育资源整合

加强科技与教育资源的整合,是推动智能农业发展的关键。建立"政产学研用"协同创新体系,充分发挥政府、产业、学校、科研单位以及用户各方的优势,形成合力。推动农业院校与企业共建联合实验室,聚焦适农型AI芯片等关键技术进行攻关[43],促进科研成果的转化和应用。构建三级培训体系,依托职教中心普及数字技能,为农民和农业从业者提供基础的数字技能培训;联合企业开展专业认证培训,培养高层次的专业人才;设立创投基金支持创业项目,鼓励青年参与智能农业领域的创新创业。搭建技术转化中试基地,为科研成果提供中试环境,缩短技术转化周期,加速科技成果从实验室走向市场的进程。

5.3　推进公私合作模式

积极推进公私合作模式,创新"政府主导-企业运营-农民参与"的PPP模式。在智能灌溉等领域推广BOT项目,由政府购买服务来支付企业的投入,既减轻了政府的财政压力,又能保证项目的顺利实施和运营。建立数据要素市场化交易机制,试点"数据银行"模式,明确收益分配,促进数据的流通和价值的实现。构建"保险+期货+区块链"风控体系,开发故障险,利用智能合约理赔,推动生产端与期货市场的连接,有效降低市场风险和技术风险。建立跨区域技术转移中心,加强不同地区之间的技术交流与合作,提高技术扩散效率,促进智能农业在全国范围内的均衡发展。通过这些措施,充分发挥公私合作的优势,为智能农业的发展注入新的动力。

6　结论与展望

6.1　结论

本研究深入揭示了智能农业赋能农民增收的复合机制,为理解智能农业与农民收入之间的关系提供了全面的视角。在技术经济层面,智能农业通过生产要素的智能化重组,显著提升了土地产出率和劳动生产率。典型案例显示,单位面积产值实现了可观增长,同时劳动成本得到有效降低,这得益于智能设备精准作业、资源优化配置以及数据驱动的决策支持。从产业链维度来看,区块链溯源技术的应用增强了消费者对农产品质量安全的信任,进而提升了农产品溢价能力。大数据则通过优化供应链管理,减少了流通环节的损耗,扩大了农民的利润空间。此外,农业社会化服务的智能化转型催生了新业态,如智慧物流、农村电商等,为农民创造了丰富的非农收入来源。然而,技术赋能的效果在不同区域间存在异质性。数字基建完备地区往往具有更高的增收弹性,新型经营主体对新技术的采纳速度也更快。当前,智能农业的发展仍面临三组主要矛盾:前沿技术与小农经济的适配问题、数据要素流动与制度壁垒的矛盾,以及技术迭代与主体能力滞后的挑战。

6.2　展望

未来的研究和实践应聚焦于多个创新方向,以推动智能农业的持续发展和农民增收。在技术集成创新方面,开发轻量化、低门槛的技术体系至关重要。例如,基于边缘计算和联邦学习的应用可以降低技术应用的成本和复杂性,提高其在"小

农经济”中的适用性。制度创新同样关键，构建“数据产权-要素交易-收益分配”的制度框架，能够促进数据的合理流通和价值实现，试点数据资产质押融资则为农业发展提供新的资金支持渠道。发展模式创新上，探索分布式技术扩散网络，有助于加快技术在广大农村地区的普及速度。实践中，应根据不同区域的特点实施差异化策略：东部地区可深度融合 AI 与生物技术，提升农业的科技含量和附加值；中西部地区则应重点推广轻量化装备与电商模式，利用互联网平台拓宽农产品销售渠道；边境地区可以开展跨境数据合作，加强与周边国家的农业科技交流与合作。同时，量化技术、制度、组织之间的协同效应，开发风险评估模型，深化生态价值核算研究，这不仅有助于优化智能农业的发展路径，还能为全球农业的可持续发展贡献中国智慧和方案。

参考文献：

[1] 2022 年中国农村居民人均可支配收入增速较之前五年比较[EB/OL].(2022-09-28)[2024-07-10]. https://www.toutiao.com/article/7148344278148710912/? upstream_biz=doubao&source=m_redirect.

[2] 柳诗颖. AI＋农业：助推中国农业变革迈入深水区[EB/OL].(2024-09-28)[2025-02-10]. https://mp.weixin.qq.com/s? __biz=MzU0OTYzMDg0OA==&mid=2247486013&idx=4&sn=5df44672b6279d1fd1b28d0c99bebc71&scene=.

[3] 罗玉柱，白冰，于晓宇，等. 基于科学知识图谱的我国农业遥感监测研究态势分析[J]. 辽宁农业科学，2023(3)：30-34.

[4] 汪妮，王映月，张刚，等. 陕北沙地农业利用与适应性调控关键技术及应用[Z]. 西安：陕西省土地工程建设集团有限责任公司，2022.

[5] 刘亚双，杨利，冯伟，等. 数智赋能农村电商助力乡村振兴研究[J]. 中国商论，2025(2)：19-22.

[6] 李娜，张馨月，张美慧. 中国智慧农业发展指数测度与分析[J]. 经济与管理评论，2025，1(1)：135-147.

[7] 张兰芹. 精准农业技术在现代农业发展中的应用前景与对农业经济效益的影响[J]. 今日农业，2024(24)：B17.

[8] 何其慧. 区块链赋能农产品供应链创新运营模式研究[J]. 皖西学院学报，2022，38(3)：70-75.

[9] 中研网. 2025 年智能农业行业市场调研与发展现状、未来发展趋势前景分析[EB/OL].(2025-01-20)[2025-02-20]. https://www.chinairn.com/news/20250120/144643291.shtml.

[10] 赴日考察纪实产学研结合的典范：千叶大学植物工厂[EB/OL].(2018-07-13)[2024-07-15]. https://m.sohu.com/a/241122790_99905845/.

[11] 农业部发展计划司. 农业部关于认定第一批国家现代农业示范区的通知/农业部认定第二批国家现代农业示范区/农业部关于认定第三批国家现代农业示范区的通知[EB/OL].(2010-09-02，2012-01-31，2015-02-04)[2024-07-10]. http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tz/201009/t20100902_1629815.htm；http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201201/t20120131_2471707.htm；http://www.ghs.moa.gov.cn/ghgl/201502/t20150204_4395843.htm.

[12] 苗雁. 全国农产品网络零售额同比增长迅速[EB/OL].(2021-07-27)[2024-07-01]. https://www.toutiao.com/article/6989439826625823268/? upstream_biz=doubao&source=m_redirect.

[13] 中商产业研究院. 智能农机装备加速发展[EB/OL].(2023-08-08)[2024-08-10]. https://www.askci.com/news/chanye/20230808/1759592691488798774088 38.shtml.

[14] 中国农机化协会. 2023 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书[EB/OL].(2023-06-06)[2024-08-05]. https://mp.weixin.qq.com/s? __biz=MzIwODU2NzY0OA==&mid=2247497116&idx=4&sn=3cfda0bddecd06a8fcd93685b840ee4f&scene=0.

[15] 农村农业信息化中心. 全国县域农业农村信息化发展水平评价报告[EB/OL].(2021-12-01)[2024-07-30]. http://www.agri.cn/zt/sznync/gzdt/202112/P020231106396758653785.pdf.

[16] 孙志朋. 基于物联网技术的水稻生长环境监测系统及关键技术研究[D]. 长春：吉林大学，2021.

[17] 北京市农林科学院信息技术研究中心. 基于分布式数据的农作物品种产量预测方法及装置：CN202211437703.1[P]. 2023-06-30.

[18] 新华社. “北大仓”夏管科技感满满[EB/OL].(2024-06-20)[2024-08-10]. http://www.news.cn/info/20240620/22ab417d2d954b7393aa16673829b851/c.html.

[19] 行业分析报告. “区块链＋农业大数据”如何让每棵菜都有“身份证”[EB/OL].(2025-02-20)[2024-08-10]. http://m.toutiao.com/group/7473287362529837631/? upstream_biz=doubao.

[20] 张景，张福德. 年产值 3 亿元，北京密云西红柿成“增收果”[EB/OL].(2025-01-24)[2025-02-17]. https://www.toutiao.com/article/7463330730999939593/? upstream_biz=doubao&source=m_redirect.

[21] 盐城新闻网. 江苏响水：“无人农场”“慧”就丰收图景[EB/OL].(2023-11-21)[2024-09-11]. https://www.ycnews.cn/xyxw/xiangshui/2023/11-21/V1QPA2dk.html.

[22] 谭冰梅. 智慧农业来了！平安助宁夏枸杞扶贫基地贫困户增产增收[EB/OL].(2020-05-26)[2024-08-13]. https://m.163.com/dy/article/FDIO5IPK055004XG.html? referFrom=.

[23] 搜狐网. 揭秘荷兰温室神话[EB/OL].(2025-03-13)[2025-03-15]. https://m.sohu.com/a/870386079_567506/.

[24] 山东省科学技术厅官网. 以色列农业节水技术创新引人注目[EB/OL].(2017-11-08)[2024-07-18]. http://kjt.shandong.gov.cn/art/2017/11/8/art_13364_7489945.html.

[25] 智农宝：2025 年十大农业黑科技曝光！20 个真实案例揭

秘未来农场[EB/OL].(2025-02-20)[2025-02-28]. https://www.toutiao.com/article/7473383069198582287/?upstream_biz=doubao&source=m_redirect.

[26] 网易:无人驾驶拖拉机? 美国迪尔公司表示今年秋季可量产[EB/OL].(2022-01-10)[2024-08-13]. https://m.163.com/dy/article/GTBPLF9O0511AGMA.html? referFrom=.

[27] 界面新闻:世界第一机器人农场产量 1500 倍[EB/OL].(2017-02-23)[2024-07-26]. https://m.jiemian.com/article/1129795_toutiao.html.

[28] 裴然,侯冠宇.中国农业数字化转型:研究进展、前沿趋势与未来展望[J].农业经济,2024(1):11-14.

[29] 王东晓.数字经济赋能我国农业高质量发展研究[D].桂林:广西师范大学,2024.

[30] 辽宁日报.单产提升工程助农民收入倍增[EB/OL].(2024-10-05)[2024-12-05]. https://www.ln.gov.cn/web/qmzx/xczx/zchb/202410091527583958 8/index.shtml.

[31] 奔流新闻.中电万维:DeepSeek 赋能智慧农业 春耕时节添"数字羽翼"[EB/OL].(2025-03-07)[2025-03-18]. https://www.toutiao.com/article/7478953437955392037/?upstream_biz=doubao&source=m_redirect.

[32] 农业农村部.数字中国建设典型案例之九|"区块链+蔬菜"质量追溯创新应用[EB/OL].(2024-10-17)[2024-12-15]. https://www.moa.gov.cn:10443/xw/bmdt/202410/t20241017_6464550.htm.

[33] 张凯迪.农产品电商企业商业模式创新对财务绩效影响研究:以三只松鼠为例[D].银川:北方民族大学,2022.

[34] 农业农村部新闻办公室.中国数字乡村发展报告(2022 年)[EB/OL].(2023-03-01)[2024-07-10]. https://www.moa.gov.cn:10443/xw/zwdt/202303/t20230301_6421963.htm.

[35] 杨红涛.水肥一体化育苗技术在松树育苗中的应用效果探讨[J].种子世界,2025(1):213-215.

[36] 梅英婷.乡村振兴视角下农村电子商务的发展模式研究:以浏阳市为例[D].北京:中国农业科学院,2023.

[37] 肖涵,付裕琳.智慧农业发展的实践逻辑与优化策略:基于Q村丘陵山地数智化无人果园的案例考察[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2024,24(3):58-65.

[38] 赵春江.促进智慧农业快速发展[EB/OL].(2022-05-18)[2024-07-20]. http://www.xinhuanet.com/techpro/20220518/9fda7ee06f034a24aee197a754ed0db0/c.html.

[39] 南阳市农业农村局.聚合数据力量 推动农业农村数智化升级[EB/OL].(2024-07-04)[2024-09-21]. https://nyj.nanyang.gov.cn/2024/07-04/482632.html.

[40] 长江日报.农业数字化转型不能让小农户"落下"[EB/OL].(2024-10-21)[2024-12-11]. https://www.wuhan.gov.cn/sy/whyw/202410/t20241021_2471225.shtml.

[41] 王运.区块链赋能农业保险应用研究[J].南方农机,2023,54(5):42-44.

[42] 农业农村部:加大智能农机装备补贴力度[J].农业机械,2022(11):53.

[43] 胡靖,杨燕,刘强,等.复杂环境下多维感知数据智能监测关键技术及应用[Z].成都:成都信息工程大学,2023.

Exploring Pathways for Farmers' Income Growth in Context of Intelligent Agriculture

LONG Haifeng

(School of Economics and Management, Hunan University of Science and Technology, Yongzhou 425101, China)

Abstract: In order to reveal the internal mechanisms and boundary conditions of how smart agriculture affects farmers' income, this study focused on the smart agriculture paradigm generated by the integration of rural revitalization strategies and artificial intelligence. Based on the theory of technology empowerment, it integrates multi-source data and measurement methods to deeply analyze the mechanism of smart agriculture in increasing farmers' income. It is found that smart agriculture achieves income growth by restructuring the allocation of production factors, activating value-added industrial chains, and cultivating a service ecosystem. Its effectiveness is mediated by factors such as technology adaptability, while also facing bottlenecks such as technology diffusion. Accordingly, a three-dimensional intervention system of "differentiated technology penetration-inclusive digital infrastructure-collaborative policy network" is proposed.

Keywords: artificial intelligence; rural revitalization; intelligent agriculture; farmers' income increase; technology empowerment