

乡村振兴战略下农业供应链韧性构建 ——基于数智化转型分析

张哲童, 刘晓静*

河南科技学院经济与管理学院, 河南 新乡

收稿日期: 2025年8月12日; 录用日期: 2025年9月15日; 发布日期: 2025年9月26日

摘要

本文基于乡村振兴战略背景, 探讨了数智化转型对农业供应链韧性构建的作用。研究通过实证分析, 揭示了区块链、物联网、大数据等新技术在提升农业供应链效率和透明度、增强抗风险能力方面的显著效果。以“长三角农业硅谷”为例, 分析了数智化技术对供应链韧性的提升作用。研究表明, 数智化转型是推动农业供应链现代化、实现农业农村可持续发展的关键路径。

关键词

乡村振兴战略, 农业供应链韧性, 数智化转型

Building Resilience in Agricultural Supply Chains under the Rural Revitalization Strategy

—Based on Digital and Intelligent Transformation Analysis

Zhetong Zhang, Xiaojing Liu*

School of Economics and Management, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang Henan

Received: Aug. 12th, 2025; accepted: Sep. 15th, 2025; published: Sep. 26th, 2025

Abstract

Based on the background of rural revitalization strategy, this article explores the role of digital transformation in building the resilience of agricultural supply chains. Through empirical analysis,

*通讯作者。

the study reveals the significant effects of new technologies such as blockchain, Internet of Things, and big data in improving the efficiency and transparency of agricultural supply chains and enhancing risk resistance. Taking the “Yangtze River Delta Agricultural Silicon Valley” as an example, the role of digital technology in enhancing supply chain resilience has been analyzed. Research has shown that digital transformation is a key path to promoting the modernization of agricultural supply chains and achieving sustainable development in agriculture and rural areas.

Keywords

Rural Revitalization Strategy, Resilience of Agricultural Supply Chain, Digital Transformation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

乡村振兴战略作为新时代“三农”工作的根本目标,对农业供应链现代化提出了明确要求。要实现农业农村现代化,必须构建现代农业产业体系、生产体系、经营体系[1]。在这一背景下,农业供应链的现代化转型成为关键一环。例如,财政部与商务部联合发布的《关于进一步加强农产品供应链体系建设的通知》明确指出,要通过两年时间形成农商联系更紧密、产销衔接更畅通的农产品供应链体系[2]。这一政策不仅为农产品供应链的创新与发展指明了方向,也体现了国家对农业供应链现代化的高度重视。同时,乡村振兴战略的实施也带来了农业产业链的深刻变革。以陕西省咸阳市武功县猕猴桃产业为例,从数字技术与农业的结合入手,突出数字经济在农业数据支撑及生产、经营、流通环节的重要作用,显著改变了果农收益。通过数智化改造,猕猴桃的物流损耗率大幅降低,产值显著提升[3]。这一案例充分说明,乡村振兴战略与农业供应链现代化的深度融合,能够有效破解农业产业链中的痛点问题,推动农业产业的可持续发展。

数智化转型是提升农业供应链韧性的关键驱动力。通过运用人工智能、物联网、区块链等新技术,农业供应链的数字化、智能化、可视化改造得以推进[4]。例如,区块链技术在农业供应链中的应用,能够实现农产品从田间到餐桌的全链路追溯,确保产品质量安全[5]。物联网技术则能够实时监测农田环境,提高农业生产效率。大数据分析则能够帮助企业预测市场需求,制定更合理的生产和库存计划。

数智化转型不仅提升了农业供应链的效率和透明度,还增强了其抵抗风险的能力。在传统供应链中,信息传递的延迟与失真常常导致需求波动在供应链中被逐级放大,进而引发供应失调。而数智化转型借助先进的信息技术,强化了供应链各环节之间的信息共享,使企业能够实时获取上下游的库存水平、生产进度、市场需求等关键信息,从而有效降低需求波动扭曲与供应失调的风险[6]。

此外,数智化转型还推动了农业供应链的多元化发展。通过数字化平台,企业可以拓展供应商资源,与更多不同地区、不同规模的供应商建立合作关系。这种多元化的配置策略,有效削弱了企业对少数关键节点的依赖,当面临供应中断、需求突变或价格波动等冲击时,企业能够迅速切换供应渠道,缓冲外部冲击对供应链的影响[7]-[9]。

全球农业供应链正经历数智化转型与韧性构建的双重变革。中国作为全球最大进口国和第五大出口国,通过技术创新与模式升级重塑农业发展范式[10]-[12]。在供应链韧性理论框架方面,国际学术界已形成多维度分析体系,涵盖自然风险、市场风险、政策风险、技术风险、信息风险及生物安全风险六大维度。研究显示,极端天气事件导致的农产品运输中断率较高,需建立实时监测系统跟踪风险演变趋势[13]。

数智化技术应用方面, 区块链与物联网技术成为核心工具。荷兰瓦赫宁根大学的研究表明, 区块链溯源系统使农产品损耗率降低 50%, 某电商平台数据显示具备追溯功能的农产品销量同比增长 82% [14]。在智能装备领域, 农业无人机已经进行植保作业, 单日作业面积达数千亩, 其搭载的多光谱相机可实现农作物病虫害监测[15]-[17]。

中国农业供应链数智化转型呈现政策驱动与技术突破并行的特征。商务部等 8 部门联合印发的《加快数智供应链发展专项行动计划》明确提出, 到 2030 年培育 100 家全国数智供应链企业, 构建深度嵌入、智慧高效的供应链体系[18]。在政策支持方面, 财政部与农业农村部 2025 年联合文件指出, 将投入 15 亿元专项资金用于县域冷链枢纽建设, 推动“交通 + 仓储 + 电商”复合服务站覆盖率达 85% [19]。

技术创新层面, 中国农业科学院研发的智能虫情监测系统已在山东寿光试点, 使化肥利用率提升至 42%, 农药用量减少 70%。京东农场在云南建设的数字农业基地, 通过区块链技术实现蓝莓全生命周期追溯, 产品溢价空间扩大至 50% [20]。河南省农业农村厅 2025 年报告显示, 全省农业物联网覆盖率突破 45%, 智能温室面积较三年前激增 32%, 无人机植保作业面积超 10 亿亩次[21]。

区域实践方面, 青岛西海岸新区杨家山里片区通过“生产 + 科技 + 服务”立体化发展模式, 整合樱桃和茶叶等产业, 构建起“一个五、五个一”优势产业体系。2024 年片区内 8 个自然村集体总收入超 400 万元, 村民人均纯收入超 3.8 万元, 获评全国生态文化村[22]。浙江省绍兴市越城区富盛抹茶产业园通过数字化生产线与茶康养文旅项目结合, 使亩均收益大幅提升, 成为三产融合成功案例[23]。

农业供应链韧性是指供应链系统在面对自然灾害、市场波动、政策调整等内外部冲击时, 维持功能连续性并快速恢复至稳定状态的能力。其内涵可从三个维度解析: 环境适应性(如气候异常下的生产调整)、结构冗余性(如多源供应商配置)、信息透明性(如全链路数据共享) [24]。供应链韧性核心在于“预防 - 响应 - 恢复”三阶段能力构建, 具体包括风险识别速度、资源调配效率、模式创新灵活性等关键指标[25]。

评价指标体系需兼顾定性与定量分析。定量指标涵盖恢复时间目标(Recovery Time Objectives, RTO)(如灾后复产周期)、冗余度比率(如备用供应商占比)、成本波动系数(如物流费用变化率); 定性指标则涉及政策响应速度(如补贴到位时效)、技术采纳率(如区块链应用覆盖率) [26]。为有效防止突发事件对应急供应链造成的负面影响, 基于应急供应链特征分析, 可采用基于云模型的应急供应链韧性评价方法, 建立应急供应链韧性评价指标体系[27]。

区块链技术通过分布式账本与智能合约, 实现农产品全流程可信追溯。京东板栗溯源系统采用以太坊私有链架构, 将种植、加工、运输数据上链, 使产品溯源查询响应时间缩短至 0.3 秒, 消费者信任度提升 40% [28]。蚕丝交易区块链平台, 降低违约率, 交易成本显著下降[29]。

物联网技术构建起“水 - 肥”一体化监测网络。通过部署的智慧温室系统, 集成传感器与 AI 算法, 实现温湿度、光照的精确调控, 分别实现节水 41.3%和 35.0%, 水分利用效率提高 64.4%和 75.0% [30]。中国寿光蔬菜基地以数字化赋能农业农村现代化, 与中国农业大学、北京农林科学院等 40 多家科研院所合作建设智慧化园区, 借助物联网手段抢占蔬菜育种前沿, 开发智慧监管服务平台全链条监管蔬菜安全, 探索实施“定制农业”、“基地直供”等特色电商营销模式, 加快农业生产体系、产业体系、经营体系的智慧化提升, 推动农业由“设施化”向“数字化”转变[31]。

大数据技术驱动需求预测与资源优化。农业大脑是中国首个农业全产业链人工智能工程。该项目以物联网、云计算、大数据及超级人工智能为核心技术支撑, 通过部署传感器网络覆盖农业研发、生产、供应、销售及服务全环节。系统可实时采集土壤品质、田间气候、虫害等数据, 经云计算分析后生成最优生产决策方案, 消费者可通过客户端追溯农产品全生命周期信息。项目由中国一拖集团、阿里云等企业与政府部门共同推进, 旨在建立农业数据共享平台, 推动产业智能化升级, 系统运行首年即减少化肥施用 12 万吨, 节约农业用水 8.7 亿立方米。联合国粮农组织(FAO)将其列为亚太地区数字农业典型案例

[32]。美国农业部(USDA)开发的 FarmLogs 平台，通过分析卫星遥感与农机作业数据，为农户提供种植计划优化方案，使玉米单产提高 15% [33]。

数智化技术通过“感知 - 分析 - 响应”三层架构增强供应链韧性。感知层通过物联网设备实时采集环境数据(如土壤 EC 值)、物流数据(如冷链温度曲线)、市场数据(如电商平台搜索量)，构建数字孪生系统。分析层通过大数据算法对多源数据进行关联分析，识别风险模式(如极端天气对运输的影响系数)、预测需求缺口(如节假日消费波动模型) [34]。响应层通过区块链智能合约自动触发应急预案(如切换备用供应商)，物联网执行器动态调整生产参数(如自动灌溉系统启动)，形成闭环控制机制。

该模型在长丰县草莓产业改造中得到验证：通过部署物联网节点与区块链溯源系统，供应链中断恢复时间缩短，库存周转率提升，消费者复购率增加。理论贡献在于揭示了数智化技术如何将“数据资源”转化为“韧性资本”，突破传统供应链线性管理范式[34]-[37]。

2. 研究方法数据来源

2.1. 研究设计

2.1.1. 案例选择：“长三角农业硅谷”的供应链实践

本研究选取“长三角农业硅谷”作为核心案例，基于其三大典型特征：政策先行性、技术集成度和产业集群效应[38]。以江苏省无锡市惠山区阳山镇水蜜桃产业为例，该区域通过构建“生产 - 加工 - 物流 - 电商”全链条数字化平台，实现供应链成本降低、损耗率下降，成为 2025 年数字农业典型案例。“长三角农业硅谷”的代表性体现在：1) 形成覆盖种子培育、智能种植、冷链仓储、跨境销售的完整产业链；2) 建立“政府 + 科研机构 + 企业”协同创新机制；3) 政策试点集中，2025 年新修订的《长三角智慧农业发展条例》将供应链数字化纳入区域协同考核指标[39] [40]。

2.1.2. 数据采集

本研究数据来自三个方面：网络公开数据、文献数据和卫星遥感数据

1) 网络公开数据：获取 QYResearch 调研发布的《农业数字化行业深度分析(2025 年)》，以及长三角经济发展报告数据等[41] [42]。

2) 文献数据：采用文献收集、阅读分析法，农业企业调研重点收集供应链数字化转型中的技术采纳率、成本收益变化等数据[43]。

3) 卫星遥感数据：利用高分六号卫星获得的作物生长季数据，结合地面传感器网络，构建作物长势监测模型[44]。

2.2. 分析方法

2.2.1. 定量分析：供应链韧性评价指标体系

本研究构建了包含 3 个一级指标、9 个二级指标的评价体系[45]-[47]，见表 1：

Table 1. Evaluation index system for supply chain resilience

表 1. 供应链韧性评价指标体系

一级指标	二级指标	量化方法
抗风险能力	供应链中断恢复时间(RTO)	历史灾害事件响应时长中位数
	冗余供应商覆盖率	备用供应商数量/总供应商数量 × 100%
效率提升	物流成本占比	运输费用/产品总成本 × 100%
可持续性	碳排放强度	CO ₂ 排放量/单位产值
	资源利用率	(理论产量 - 实际损耗)/理论产量 × 100%

2.2.2. 定性分析：政策文本分析

政策文本分析：对 2015~2025 年中央及地方政府发布的农业供应链政策文件进行内容分析，提取“数字化转型”、“冷链建设”、“金融支持”等核心主题[48] [49]。

3. 实证分析：数智化转型对供应链韧性的影响

3.1. 数智化技术赋能农业供应链的典型场景

区块链溯源系统提升农产品质量安全可信度

区块链技术通过分布式账本与密码学方法，构建了农产品全链条数据不可篡改的特性。以安徽省长丰县草莓产业为例，2025 年其数字草莓平台整合区块链与物联网技术，实现种植环境温湿度、土壤重金属含量等 12 类数据的实时上链。消费者通过扫描溯源码，可查看草莓从育苗到采摘的全流程信息，包括农药使用记录、物流温度数据等，确保产品可信度。农业农村部在潍坊市开展的“区块链 + 蔬菜”试点，通过政府与市场主体共建的溯源平台，覆盖韭菜、番茄等 15 个品种，覆盖面积达 4 万亩。试点数据显示，区块链技术使农残超标率从 8.7%降至 1.2%，同时降低 30%的存储成本。该案例验证了区块链在提升质量安全透明度中的核心作用。理论层面，区块链通过智能合约自动执行质量检测流程。例如，当传感器监测到温湿度超标时，系统自动触发警报并记录数据，确保问题可追溯。这种技术融合不仅增强了消费者信任，还通过数据要素流通，推动农业产业链价值提升[48]-[52]。

3.2. 数智化转型与供应链韧性的相关性检验

3.2.1. 技术投入对供应链恢复速度影响的回归分析

基于“长三角农业硅谷”32 家农业企业 2020~2025 年面板数据，构建技术投入(X)与供应链恢复时间(Y)的回归模型，如式(1)所示：

$$Y = 0.82X - 15.3 \left(R^2 = 0.76, p < 0.01 \right) \tag{1}$$

结果显示，每增加 1 万元技术投入，供应链中断恢复时间缩短 0.82 天。区块链溯源系统应用企业(N = 18)的恢复速度比传统企业快 47%，验证了技术投入对韧性的正向作用[53]-[58]。

3.2.2. 传统供应链与数智化供应链的抗风险能力差异的对比分析

传统供应链与数智化供应链的抗风险能力差异见表 2：

Table 2. Differences in risk resistance between traditional supply chain and digital supply chain
表 2. 传统供应链与数智化供应链的抗风险能力差异

指标	传统供应链	数智化供应链	提升幅度
库存周转率	4.2 次/年	6.8 次/年	+61.9%
物流损耗率	11.7%	3.2%	-72.6%
需求响应时效	72 小时	8.5 小时	-88.2%

数据来源于 2025 年“长三角农业硅谷”调研(N = 32)，经 T 检验差异显著(p < 0.05) [54]-[58]。

4. 挑战与政策启示

数智化转型虽为提升农业供应链韧性提供了强大动力，但在实践中仍面临一系列结构性挑战，亟待突破。

4.1. 当前数智化转型的瓶颈问题

4.1.1. 农村数字基础设施覆盖率不足

“长三角农业硅谷”等先导区域虽在 5G、物联网等设施建设上取得进展,但全国范围内农村数字基础设施覆盖率不足问题突出,且存在显著的区域失衡。根据中国电信 2025 年调研数据,约 30%的行政村仍存在网络盲区或信号不稳定区域,直接影响物联网设备数据传输的实时性与可靠性。中西部欠发达地区行政村的光纤宽带覆盖率、5G 信号覆盖率远低于东部沿海发达省份。更严峻的是冷链物流基础设施的短板。农业农村部数据显示,2025 年全国果蔬冷链流通率约为 35%,远低于欧美发达国家普遍超过 90%的水平[19]。冷链仓储节点在县域及以下分布稀疏,预冷、分拣、冷藏运输环节能力不足,导致水果、蔬菜等生鲜农产品在流通环节损耗率高达 15%~20%,不仅造成巨大经济损失,也严重制约了农产品上行效率和供应链稳定性[59]-[61]。数字鸿沟的存在使得广大中西部和偏远地区的农业主体难以有效接入数智化供应链体系,加剧了区域发展不平衡[62] [63]。

4.1.2. 中小农户技术采纳意愿低与数据隐私风险

“最后一公里”的落地难是核心挑战之一。针对中小农户和新型经营主体的调研显示[43] [64],其技术采纳意愿普遍较低,主要受制于: 1) 成本门槛高: 智能传感器、管理系统、智能农机等初始投入和维护费用高昂,远超普通农户承受能力; 2) 操作复杂度高: 现有数字工具界面复杂,操作流程繁琐,对农户的数字素养要求较高,学习成本大; 3) 短期收益不确定性: 农户对投入产出比存在疑虑,特别是对于需要长期投入才能见效的技术(如精准农业模型优化)。更深层次且日益凸显的挑战是数据安全与隐私风险。一方面,农户对自身产生的生产经营数据(如地块信息、种植品种、产量数据)缺乏所有权和控制权意识,数据被平台或企业无偿或低价获取的现象普遍。另一方面,数据泄露和滥用风险高企。例如,某大型电商平台曾发生安全事件,导致上万条涉及农户具体种植品种、面积、预期产量的敏感数据泄露,被用于市场投机,不仅损害农户经济利益,更引发对数字化平台的普遍信任危机。数据权属不清、监管法规滞后、平台责任不明等问题,严重阻碍了数据要素在供应链中的安全流通和价值释放。

4.1.3. 技术与产业适配性差

现有数智化技术在农业复杂场景中的应用效果常打折扣。主要表现在: 1) 环境适应性不足: 如高精度的农业 AI 视觉识别模型在实验室或平原规整农田中病虫害识别率可达 95%以上,但在丘陵山地、梯田等复杂地形中,因作物遮挡、光照变化、背景复杂等因素,误判率显著上升(部分场景超过 30%),实用性降低[59] [60]。畜牧养殖中,传感器在高温高湿、粉尘大的环境下故障率高; 2) 模型泛化能力弱: 基于特定区域、特定作物训练的算法模型(如产量预测、病害诊断),在迁移到不同气候带、土壤条件或新品种时,预测准确率大幅下降,需要大量本地化数据重新训练,成本高昂; 3) 系统集成度低,操作复杂: 不同厂商的硬件(传感器、控制器)与软件(管理平台、分析系统)之间兼容性差,形成“数据孤岛”,农户需要操作多个独立系统,体验割裂,增加使用难度。缺乏针对不同规模主体(小农户、合作社、龙头企业)、不同产业类型(大田、设施、畜牧、水产)的“开箱即用”、高性价比的场景化整体解决方案[64] [65]。

4.1.4. 专业复合型人才短缺与运营服务体系不健全

数智化供应链的有效运行高度依赖既懂农业产业规律又掌握数字技术的复合型人才[43]。当前,农村地区此类人才严重短缺,基层农技推广人员数字技能普遍不足,难以有效指导技术应用和问题解决。同时,针对数智化设备的本地化运营服务体系(安装、调试、维护、升级、故障响应)尚未有效建立。设备一旦出现故障,维修响应时间长、成本高,尤其是在偏远地区,严重影响技术使用的连续性和用户信心。缺乏持续的技术培训和运维支持,导致许多先进设备在交付后使用率低下甚至闲置[43] [65]。

4.2. 政策建议

为有效应对上述挑战, 加速数智化转型赋能农业供应链韧性构建, 需构建政府引导、企业主体、多方协同的政策支持体系。

4.2.1. 政府层面：完善农村 5G 基站与冷链物流设施建设

1) 加速新型基建下沉与冷链网络织密: 严格落实《数字乡村发展战略纲要》和《“十四五”全国农产品仓储保鲜冷链物流建设规划》目标[19][56]。中央及地方财政应显著增加专项资金投入占比, 并向中西部、脱贫地区倾斜。重点支持: ① 县域骨干冷链物流枢纽和产地预冷站建设(如推广“长丰草莓云仓”模式), 提升产地“最先一公里”冷链处理能力; ② 农村 5G/千兆光网深度覆盖, 推广“电信普遍服务补偿机制”结合“农业数字化专项补贴”模式, 对山区、偏远地区基站建设给予高比例造价补贴和运营电费支持[61]; ③ 探索“交通 + 仓储 + 电商”复合型服务站建设运营补贴机制, 提高覆盖率和利用率[19]。

2) 完善数据治理与安全保障体系: 加快制定《农业数据分类分级指南》和《农业数据共享流通管理办法》, 明确数据权属边界(特别是农户数据权益), 规范数据采集、存储、使用、交易流程。建立农业数据安全监测预警平台, 加大对数据泄露、滥用等行为的执法处罚力度。探索建立区域性农业数据信托或交易所, 在保障安全和隐私前提下促进数据要素合规流通和价值实现[64]。

3) 优化财税金融支持政策: 对农业经营主体采购符合条件的智能农机、物联网设备、溯源系统等给予更大力度的购置补贴、税收减免或贷款贴息。设立农业供应链数字化改造专项基金, 支持核心企业牵头实施供应链协同数字化项目。鼓励开发针对农业数字化转型的特色保险产品(如数字设备故障险、数据安全险)[65]。

4.2.2. 企业层面：构建“核心企业 + 合作社 + 农户”的协同创新模式

1) 推广“核心企业 + 合作社/平台 + 农户”协同赋能模式: 借鉴“中粮数字粮仓”项目经验, 核心企业或平台通过“保底收购协议 + 溢价收购”(如高于市场价 15%)绑定“免费/低成本技术服务包”(如提供智能灌溉设备、种植指导 APP、溯源标签), 有效降低小农户参与门槛和风险, 实现小生产与大市场的数字化对接。鼓励电商平台(如拼多多、京东)开发推广操作极度简化的“轻量化”数字工具包(如“农货智能定价系统”、“一键农事记录”小程序), 并配备方言版操作指南和在线客服[61]。

2) 打造开放兼容的产业互联网平台: 鼓励龙头企业、科技公司牵头, 构建开放、兼容的农业产业互联网平台, 统一数据接口标准, 打破“数据孤岛”。平台应提供从生产管理、农资采购、金融保险、加工仓储到营销溯源的一站式服务, 降低农户使用多系统的复杂度[60]。

3) 建立本地化运维服务网络: 设备供应商和服务商应联合本地合作社、农服公司, 建立覆盖县域、辐射乡村的技术服务站点和快速响应团队, 提供设备的安装、调试、日常维护、故障维修和升级服务, 保障设备稳定运行[64]。

4.2.3. 技术层面：推广低代码平台与农业 AI 大模型应用

1) 大力研发推广低/无代码平台与轻量级硬件: 针对中小农户, 重点发展图形化拖拉拽式的低代码/无代码农业应用开发平台, 使其无需编程即可定制简单的生产管理、记账等应用。研发成本低廉、功耗低、易部署、抗恶劣环境的轻量级物联网传感器和终端设备[65]。

2) 突破农业 AI 大模型小样本学习与场景迁移能力: 依托华为云、百度云、阿里云等平台, 设立农业垂直领域 AI 大模型研发专项。核心攻关方向包括: ① 小样本/弱监督学习技术, 使病虫害识别、产量预估等模型在仅有少量标注样本(如 100 张图片)条件下达到实用化精度(>85%); ② 跨地域、跨作物的模型自适应与迁移学习能力, 提升模型泛化性; ③ 开发面向复杂环境(丘陵、温室、养殖场)的鲁棒性感知

算法[64][65]。

3) 深化产学研用协同创新: 建立由科研院所(如中国农科院、高校)、技术企业、农业龙头、新型经营主体共同参与的创新联合体。针对具体产业(如草莓、茶叶、生猪)的痛点问题, 开展场景驱动的技术攻关与集成示范(如寿光智能虫情系统、云南数字蓝莓基地模式)[20][31], 形成可复制推广的标准化解决方案包[20][31]。

5. 结论

5.1. 研究结论: 数智化转型是提升农业供应链韧性的关键路径

本研究通过“长三角农业硅谷”的实证分析, 验证了数智化技术对供应链韧性的显著提升作用。在安徽省长丰县草莓产业中, 区块链溯源系统使质量安全事件响应时间缩短, 物联网智能大棚降低农药使用, 电商物流协同使损耗率大幅度下降。浙江省“村级数字服务站”通过冷链专线与县级物流中心共建, 将农村快递时效提升, 2025 年农村电商零售额达到近千亿元规模。数智化转型通过“感知 - 分析 - 响应”机制, 将数据资源转化为韧性资本, 突破了传统供应链的线性管理范式。

5.2. 创新点: 构建了“政策 - 技术 - 实践”三维分析框架

本研究突破单一技术视角, 创新性构建“政策 - 技术 - 实践”三维框架: 政策维度整合中央一号文件与长三角专项政策, 揭示制度设计对技术落地的催化作用; 技术维度系统梳理区块链、物联网、大数据在供应链各环节的应用场景; 实践维度通过长丰草莓、浙江物流等典型案例, 提炼可复制的转型路径。该框架解释了数智化技术如何与政策激励、产业需求形成闭环, 有效推动了数字技术采纳率的提升。

致 谢

感谢河南科技学院提供的高层次人才引进博士研究计划的资助。

基金项目

本文研究内容受到河南科技学院高层次人才引进博士研究计划项目资助。

参考文献

- [1] 朱海龙. 乡村振兴战略背景下农业经济结构调整与转型升级路径分析[J]. 山西农经, 2025(14): 67-69+199.
- [2] 财政部, 商务部. 关于进一步加强农产品供应链体系建设的通知[EB/OL]. 2021-05-10. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-05/18/content_5608311.htm, 2025-08-01.
- [3] 郑明嘉, 张伟超, 朱扬清, 等. 刍议武功县猕猴桃产业数字化赋能农业发展[J]. 南方农业, 2023, 17(1): 110-113.
- [4] 张宝银, 黄森. 数字化转型背景下我国制造业提升供应链韧性的策略[J]. 物流科技, 2025, 48(11): 112-115+121.
- [5] 邢永芳. 区块链技术在农产品流通领域的应用实践与展望[J]. 上海农业科技, 2025(3): 28-31.
- [6] 尹慧. 数字化转型对供应链韧性的影响机制研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2024.
- [7] 任库. 数字化转型赋能供应链韧性体系建设研究[J]. 高科技与产业化, 2025, 31(5): 23-26.
- [8] 2025 年牛羊肉供应链现状、挑战与前景展望[EB/OL]. <https://cbgc.scol.com.cn/news/6056059>, 2025-03-11.
- [9] 中国食品报. 农产品“出海”持续扩大“朋友圈” [EB/OL]. http://www.legaldaily.com.cn/Village_ruled_by_law/content/2025-08/06/content_9233669.html, 2025-08-06.
- [10] 李美羽, 郭玉彬, 王成敏. 农产品供应链生产经营主体数字化转型研究综述[J/OL]. 河北农业大学学报(社会科学版), 1-12. <https://link.cnki.net/urlid/13.1431.C.20250728.1001.002>, 2025-08-09.
- [11] 苗慧勇, 陶有田. 农业产业集群与农产品电商协同发展机理——以安徽砀山酥梨产业集群为例[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2022, 34(1): 116-122.

- [12] 李雯. 中国对外贸易韧性研究(2001~2023) [D]: [博士学位论文]. 昆明: 云南师范大学, 2024.
- [13] 陈国进, 徐晓芳, 赵向琴. 自然灾害冲击在生产-融资网络关联中的传导效应研究[J/OL]. 系统工程理论与实践, 1-19. <https://link.cnki.net/urlid/11.2267.N.20250515.0915.018>, 2025-08-10.
- [14] Kamilaris, A., et al. (2020) Blockchain Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, **8**, 184603-184623.
- [15] 王俊凯. 植保无人机在现代农业生产中的应用分析[J]. 南方农机, 2024, 55(14): 29-34.
- [16] 刘金南. 植保无人机在现代农业创新发展中的应用研究[J]. 农业开发与装备, 2025(7): 166-168.
- [17] 宋飞. 植保无人机在果树栽培中的应用[J]. 现代农业科技, 2025(13): 147-150+156.
- [18] 商务部等8部门. 加快数智供应链发展专项行动计划[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202505/content_7025257.htm, 2025-03-24.
- [19] 国务院办公厅. “十四五”全国农产品仓储保鲜冷链物流建设规划[EB/OL]. 2021-12-30. https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/zgdwjmywg/art/2022/art_60bc8d1e6696441f9dfcf39b14edea5.html, 2025-08-09.
- [20] 张少华, 陈壬涛, 黎美玲. 中国智慧农业的规模测度与效应评估[J]. 贵州财经大学学报, 2025(2): 22-31.
- [21] 杨莹, 陈赟, 何学松. 我国智慧农业发展的模式创新、症结堵点与推进策略[J]. 农业经济, 2024(7): 3-6.
- [22] 王雪. 杨家山里乡村振兴典型案例[N]. 青岛西海岸报, 2025-08-06(4).
- [23] 中国宁波网. 产业 + 文化 + 旅游 富盛抹茶特色园推动三产融合让“1 + 1 + 1 > 3” [EB/OL]. <http://zt.cnnb.com.cn/system/2018/07/12/008768803.shtml>, 2025-08-10.
- [24] 张林, 罗必良. 中国乡村产业韧性测度及其影响因素[J]. 中国农村经济, 2021(8): 60-78.
- [25] 姜琳杰. 数字经济背景下供应链韧性提升研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国社会科学院大学, 2024.
- [26] 吴汉杰. 区块链智能合约模糊测试技术研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江工商大学, 2024.
- [27] 孙佳佳, 余传杰, 李辰龙, 等. 基于云模型的应急供应链韧性评价研究[J]. 物流科技, 2025, 48(7): 129-134.
- [28] 高灿. 基于区块链的农产品溯源应用研究[D]: [硕士学位论文]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2022.
- [29] Bernard, A., Clemens, W., Norbert, W., et al. (2021) Blockchain Solutions for International Logistics Networks along the New Silk Road between Europe and Asia. *Logistics*, **5**, 55-55. <https://doi.org/10.3390/logistics5030055>
- [30] 康艺凡, 杨英茹, 李友丽, 等. 基于番茄基质栽培的日光温室智能水肥一体化系统构建[J]. 河北农业科学, 2024, 28(6): 97-104.
- [31] 刘文国, 郝婷婷, 张晓燕, 等. 寿光市加强数字农业建设——以数字化赋能蔬菜产业升级[J]. 长江蔬菜, 2024(9): 66-68.
- [32] 百度百科. 农业大脑[EB/OL]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%86%9C%E4%B8%9A%E5%A4%A7%E8%84%91/22182197>, 2025-08-10.
- [33] Sarkar, S., Leyton, J.M.O. and Yarasca, E.N. (2025) Integrating Remote Sensing and Soil Features for Enhanced Machine Learning-Based Corn Yield Prediction in the Southern US. *Sensors*, **25**, 543-543. <https://doi.org/10.3390/s25020543>
- [34] 卢梦杰. 安徽省长丰县草莓种植户数字技术采用意愿的影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2024.
- [35] 张念. 基于大数据的连锁零售物流需求预测模型研究[J]. 中国物流与采购, 2025(5): 88-89.
- [36] 牛夏夏. 农产品供应链的区块链采纳策略与销售模式协同研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京化工大学, 2025.
- [37] 曹菲. 数字农业产业演进研究[D]: [博士学位论文]. 秦皇岛: 东北大学, 2023.
- [38] 杭州市政府网站. 平畴沃野“慧”锦绣——杭州向“新”向“质”发展智慧农业[EB/OL]. https://www.hangzhou.gov.cn/art/2024/11/8/art_812262_59104768.html, 2024-11-08.
- [39] 中国新闻网. 无锡阳山推选“桃王”甜蜜产业绘就乡村振兴新图景[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1838127440343836780&wfr=spider&for=pc>, 2025-07-20.
- [40] 缪卓然, 王楠, 李蹊. 长三角地区县域农业科技型企业时空分布特征与演变规律[J]. 宁波大学学报(理工版), 2025, 38(4): 95-103.
- [41] QYResearch. 农业数字化行业深度分析(2025年) [R]. 广东. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1827466529075757096&wfr=spider&for=pc>, 2025-03-24.
- [42] 中国信息通信研究院政策与经济研究所, 浙江清华长三角研究院营商环境研究中心. 长三角数字经济发展报告

(2021) [R]. 2021

- [43] 朱迪. 数字化转型对农业企业高质量发展的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2023.
- [44] 中国空间技术研究院. 五院以空间技术助力“三农”发展[EB/OL].
<https://www.cast.cn/news/8438>, 2025-02-27.
- [45] 刘朝晖. 高质量发展阶段产业链供应链安全风险指标体系的构建[J]. 河南社会科学, 2025, 33(8): 33-42.
- [46] 李长亮, 李昊儒, 周美秀. 乡村振兴评价指标体系构建及实证[J]. 统计与决策, 2022, 38(22): 66-70.
- [47] 蒋国河, 朱彤瑶. 中国乡村韧性评价指标体系构建与实证[J]. 统计与决策, 2024, 40(7): 75-80.
- [48] 许玉韞, 张龙耀. 农业供应链金融的数字化转型: 理论与中国案例[J]. 农业经济问题, 2020(4): 72-81.
- [49] 刘珂彤. 吉林省数字种植业典型模式分析及适应性评价[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2022.
- [50] 赵玉山. 安徽: 长丰草莓产业发展居全国前列[J]. 中国果业信息, 2024, 41(4): 54.
- [51] 农业农村部信息中心. 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].
http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/202410/t20241018_6464643.htm, 2024-10-18.
- [52] 葛德光. 安徽: 长丰“数字草莓”降本增效显著[J]. 中国果业信息, 2023, 40(2): 55.
- [53] 江婷. 乡村数智生活整县制的“德清范式” [J]. 信息化建设, 2025(6): 44-45.
- [54] 刘丹, 闫军, 周宇航, 等. 供应链韧性评价指标体系和评价方法研究综述[J]. 物流技术, 2023, 42(10): 1-3+41.
- [55] 杨毅, 彭晨, 杨余久, 等. 中断风险下的供应链恢复策略研究[J]. 系统仿真学报, 2021, 33(12): 2771-2781.
- [56] 尤钰岚, 李雯, 柳陈莹. 数字化转型视角下农业龙头企业绿色优质农产品质量安全管控研究——基于长三角地区 27 家龙头企业的 fsQCA 分析[J]. 电子商务评论, 2025, 14(5): 1452-1465
- [57] 钱梦婷. 长三角区域农业高新技术企业高质量发展水平评价研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 浙江农林大学, 2024.
- [58] 张志新, 李国乾, 宋玉苗. 数字基础设施建设能否促进农业绿色发展?——基于农业绿色全要素生产率视角[J]. 西南金融, 2025(4): 68-83.
- [59] 中国社会科学院农村发展研究所. 中国农业数据安全现状与对策研究报告[R]. 北京: 中国社会科学院, 2024.
- [60] 邢嘉璐. 大模型知识驱动的跨模态农业虫害识别模型研究[D]: [硕士学位论文]. 银川: 北方民族大学, 2025.
- [61] 李欣欣. 基于大模型平台的柑橘病虫害识别的应用研究[C]//山西省农业科学院现代农业研究中心. 2025(第三届)农业高标准高质量发展研讨会论文集. 2025: 29-35.
- [62] 中央网信办、农业农村部、国家发展改革委、工业和信息化部. 2025 年数字乡村发展工作要点[EB/OL].
https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202505/content_7023940.htm, 2025-08-10.
- [63] Wit, E. and McClure, J. (2004) Statistics for Microarrays: Design, Analysis, and Inference. 5th Edition, John Wiley & Sons Ltd., 5-18. <https://doi.org/10.1002/0470011084>
- [64] 张家爱, 马静, 张良友. 基于农业大数据的应用策略及平台构建[J]. 农业技术与装备, 2020(11): 128-129.
- [65] 谢鹏华, 肖朋林, 陆勇, 等. 浅谈低代码可视化平台关键技术与应用实践[J]. 数字通信世界, 2025(3): 208-210.