

# 农产品智慧供应链关键技术应用研究进展及发展建议

王国义, 郭文静, 牛丹婷

(1. 北京物资学院物流学院, 北京 101149;

2. 北京市物流系统与技术重点实验室, 北京 101149)

**摘要:** 【目的】研究传统农产品供应链发展困境及向智慧化转型的必要性, 并提出相关优化建议, 以推动我国智慧农业发展。【方法】基于人工智能、移动通信技术、区块链、物联网四个维度, 采用文献研究法对农产品智慧供应链研究成果进行整理分析。【结果】制约农产品供应链发展的主要因素为技术标准体系不完善, 信息采集成本高、关键技术难度大, 供应链各节点利润分配不均, 各主体合作化程度不高, 信息共享平台不完善, 创新能力不足六个方面。【结论】提出完善相关技术标准、加强技术集成示范应用、强化农产品供应链各主体合作、构建农产品数据共享平台等优化建议, 旨在推动我国智慧农业发展进程, 为农产品供应链的智慧化转型提供启示与借鉴。

**关键词:** 信息技术; 农产品; 智慧供应链构建

## 1 引言

随着科学技术迅猛发展和全球经济日益融合, 企业间的竞争逐渐演变为供应链之间的竞争。在此背景下, 农产品智慧供应链广泛应用物联网、互联网、GPS等先进信息技术, 实现农产品生产、运输、销售等环节的有机联系, 提升供应链智能管理效率<sup>[1]</sup>, 具有创新、协调、共赢、动态等特点, 如表1所示。目前, 人工智能(AI)、移动通信技术、区块链和物联网是信息技术领域的重要发展方向, 这些技术在不同层面上为农产品供应链的发展注入活力。首先, 通过数据分析和模型预测, 人工智能技术能够智能优化供应链, 并提供决策支持, 从而显著提高农产品的生产效率和质量控制水平; 其次, 借助移动通信技术, 各环节得以建立高速、稳定的通信网络, 实现即时的数据传输和远程监测, 极大地加速信息流动和决策反应速度。进一步地, 区块链技术以其去中心化和不可篡

改的数据存储和共享特性, 有效地应对信息安全和可追溯方面的挑战; 最后, 物联网技术在农产品供应链中连接农业设备、传感器和智能终端, 实现物资和信息的实时监测和管理, 从而极大地提高供应链的可视化和自动化水平, 具体结构如图1所示。

表1 智慧供应链特点

特点	解释说明
创新	技术创新、业务模式创新、产品创新
协调整合	流程协同、信息协同、资源整合
共赢	合作共赢、利益共享、价值共创
绿色	环保可持续、生态友好、资源高效利用
动态	实时响应、灵活调整、敏捷运作
智慧	数据驱动、实时监控、智能优化
决策支持	数据分析、智能决策、精细化管理

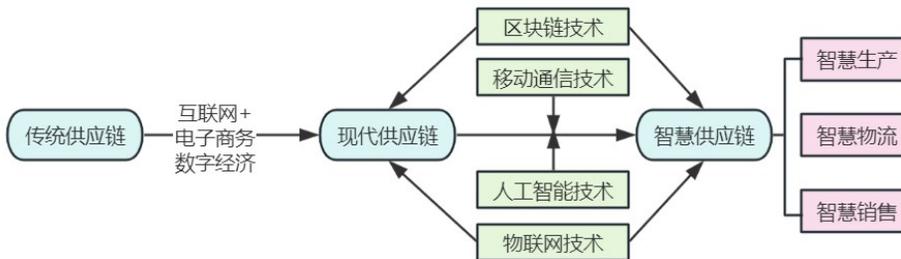


图1 智慧供应链形成过程及组成

**作者简介:** 王国义, 博士, 副教授, 主要从事农产品供应链质量安全研究。Email: wgyygw@163.com

当前,世界各国都在积极抢占农业科技创新和产业发展先机。随着国内消费升级,农产品需求从“量”向“质”的转变促使我国农产品智慧供应链迅速发展<sup>[2]</sup>。智慧化转型升级不仅能够促进农产品产销衔接、为农产品流通注入新活力,同时对推动农业转型升级、帮助农民脱贫增收、实现农村产业高质量发展等方面具有重要意义<sup>[3]</sup>。

本文从人工智能、移动通信、区块链、物联网四个角度综合评述国内外农产品智慧供应链发展相关研究成果,基于信息采集、互联和智能应用等环节综合分析我国农产品供应链智慧化转型所面临的问题并提出相应的发展建议,旨在推动我国农产品智慧供应链发展进程。

## 2 农产品智慧供应链关键技术应用研究进展

农产品智慧供应链是近年来备受关注的研究领域,其综合应用人工智能、移动通信、区块链和物联网等技术,利用数据分析和预测模型提升供应链效率,并通过高速、稳定的通信网络实现即时数据传输和远程监测。研究表明,农产品智慧供应链的推广能够有效减少农业生产环节中的资源浪费与信息不对称、投诉处理、食品安全溯源等问题<sup>[4]</sup>。因此,国内外学者通过研究和实践致力于推动农产品智慧供应链的构建,以满足社会需求与农业产业链发展。

### 2.1 人工智能技术

近年来,人工智能在农产品智慧供应链的应用受到广泛关注,并涉及多个方面。首先,基于数据分析和预测模型的农产品需求预测能够帮助农民合理安排生产计划,减少资源浪费。其次,人工智能技术可以支持农产品质量监控和溯源系统的建立,保障农产品的安全和品质。此外,人工智能还能通过图像识别和机器学习等技术,提升农产品的分级、分选和包装等环节的自动化程度,提高产品附加值。最后,基于人工智能的推荐算法和用户画像,能够为消费者提供农产品推荐和定制化服务,增加消费者满意度和购买意愿,提高农产品的市场竞争力。

#### 2.1.1 农产品生产环节

在农产品生产环节中,人工智能能够通过图像识别技术、物联网和传感器网络等技术对农作物的生长状况、土壤质量、病虫害发生情况进行监测。Smith<sup>[5]</sup>在人工智能相关数据、计算和算法的最新进展

的基础上,指出直接应用人工智能能够检测和测量农场相关信息,从而向农民发出更准确的警报,同时追溯发生各种情况的原因,提高农场管理效率。Jung等<sup>[6]</sup>利用人工智能技术和遥感技术在田间大规模准确评估作物生长状况,从而在源头保障供应链稳定性和安全性。

#### 2.1.2 农产品物流环节

在农产品物流环节中,人工智能能够在路线规划、配送优化、交通管控等方面实现更加高效可靠的农产品流通。Edwin等<sup>[7]</sup>强调使用人工智能为农民提供了物流支持,即在农民的土地和最终用户之间建立了一条快速走廊,这不仅能够帮助供应链上农户减少冷藏费、增加收入,而且能保障产品质量。Pitakaso等<sup>[8]</sup>为解决中小型农户跨境物流网络设计,提高整个链条利润,提出构建一个人工多元智能系统AMIS来确定合适的装载中心位置和正确的运输方式,以有效提高农户收益。黄成菊和郭梦莹<sup>[9]</sup>基于人工智能技术,依托湖南省生鲜农产品智慧冷链物流公共信息平台,以湖南省冷链物流龙头企业或生鲜农产品市场为核心,形成生鲜农产品加工、仓储、运输、配送等环节的全低温作业、无缝衔接的智慧冷链物流系统,以提高冷链物流作业效率,降低生鲜农产品的腐损率。朱雪丽和阴丽娜<sup>[10]</sup>立足于“互联网+”、大数据、云计算等技术,通过人工智能先进技术与协同共享创新模式,高效整合优化物流资源,统筹创新物流活动,促进农产品供应链良性运转。

#### 2.1.3 农产品销售环节

在农产品销售环节中,人工智能能够改善消费者满意度、提高供应链水平并结合消费者的偏好、购买习惯等因素,实现农产品的精准营销和定制化推送。Kutyauripo等<sup>[11]</sup>提出将人工智能技术用于消费者满意度调查。王明艳<sup>[12]</sup>提出应用人工智能技术,完成全供应链的数据采集,深度挖掘消费者需求,提升消费者体验,重构“人、货、场”,提高农产品智慧供应链水平。杨珩<sup>[13]</sup>利用大数据和人工智能搜索建立农产品数据库,结合市场营销技术部门的信息反馈,及时掌握消费者个人信息、消费偏好及购买习惯,深入挖掘消费者特征,构建消费者画像,以便实施农产品精准营销策略。

由此可见,人工智能技术能够有效帮助供应链

技术应用型企业实现智能化的生产经营和对市场需求的精准把握,提升农产品的市场竞争力,进而促进行业健康、稳定发展。然而,目前其应用还存在诸如数据安全性、可行性和应用推行等挑战,需要进一步深入研究和探索。

## 2.2 移动通信技术

移动通信技术在农产品智慧供应链中的应用具有巨大潜力和广阔前景。通过实时的信息采集与传输、供应链管理与协调以及智能配送和仓储管理,移动通信技术能够提高农产品供应链的效率和可信度,推动智慧农业的发展。

### 2.2.1 农产品生产环节

在农产品生产环节,移动通信技术通过提供实时数据和信息支持,以帮助农户实现高效的生产规划和运行管理。孙旭等<sup>[14]</sup>为解决生鲜农产品供应链信息传递不连续、不完整问题,基于近场通信技术、北斗系统和全球移动通信系统开发生鲜农产品供应链集成技术数据采集系统。胡晓乐<sup>[15]</sup>认为移动通信技术能够为农户提供实时、动态的供求市场数据和信息,从而协助其制定最优生产规划。翟小可<sup>[16]</sup>提到在移动互联网的助推下,基于地理信息系统、智能决策系统等技术和服务,现代农业实现信息全流程采集、手机端远程控制、精准操作运行和科学数据管理。

### 2.2.2 农产品物流环节

农产品物流是重要环节之一。移动通信技术能够提供实时信息传输、位置追踪和导航、优化配送路径及提高供应链可视化和协同性,以实现农产品物流高效运作。王芳等<sup>[17]</sup>为解决蔬菜运输耗时长、保鲜时间短导致的产品质量问题,提出一种带时间窗多目标蔬菜配送路径优化的遗传—模拟退火算法,从而有效降低农产品物流总成本。刘思远等<sup>[18]</sup>针对农业供应链

运输环节中生鲜农产品配送模型存在的速度恒定、碳排放计算方法单一的问题,结合路网时变特征和新的多车型碳排放计算方法,提出一种改进的双策略种群协同蚁群算法。韩佳伟等<sup>[19]</sup>借鉴群体智能“众筹”理念引入众包模式,通过互联网平台、移动网络技术赋能,构建农产品智慧物流公共信息平台,以实现农产品供应链的跨环节沟通。

### 2.2.3 农产品销售环节

在农产品销售环节,移动通信技术可以帮助农产品供应链各参与方实现信息共享与协同,强化市场响应能力和销售渠道的拓展。王兵等<sup>[20]</sup>通过搭建农产品产销信息共享平台,利用移动互联网技术构建线上线下一体化运营体系,从而落实精准营销策略,满足消费者个性化需求。罗明玉<sup>[21]</sup>认为5G新基建让农产品电商更具智能化,超高的传输效率能够帮助农产品电商企业实现可视化溯源,实现农产品采集、运输、存储、销售等环节的闭环。黄美欣<sup>[22]</sup>指出,5G高速数据传输推动农产品销售智能化进程的同时,“三农”自媒体的迅猛发展也为农产品营销提供更多新思路。

综上所述,移动通信技术在农产品智慧供应链中具有重要应用价值。然而,需要注意的是,在推动移动通信技术在农产品供应链中的应用时,应注重数据安全和隐私保护,以保障供应链的稳定性和可持续发展。

## 2.3 区块链技术

区块链是分布式数据储存、点对点传输、共识机制等计算机技术的新型应用模式,具有去中心化、不可篡改、开放透明等特点。区块链融入农产品供应链可以有效缓解传统供应链存在的信息不透明、消费者溯源难度大等问题,能够记录农产品的生产、加工、运输等环节的信息,并将其以区块链的形式进行存储和共享,如表2所示。

表2 区块链机制在农业生产中的应用

理论	农业生产风险	区块链机制
信息失衡	生产经营者投机行为、政府监管不到位	安全透明机制、共识共享机制、智能合约机制
博弈理论	生产者与消费者之间、合法安全生产者与潜在非法不安全生产者之间、政府与生产者之间	安全透明机制、协作机制、层次云机制、共享共识机制、声誉机制、准入机制
外部性	外部经济、外部不经济、购买者	准入机制、安全透明机制、共享共识机制、声誉机制

### 2.3.1 区块链+农产品供应链研究进展

区块链技术在农产品供应链领域发挥着重要作用,包括构建完善的供应链体系、确保信息安全、建立可靠的信任机制以及实现全透明监督管理等方面。陈薇伶等<sup>[23]</sup>基于区块链技术的共识机制、非对称加密、可追溯性、智能合约及共享资源性,结合生鲜农产品供应链领域的发展现状构建生鲜农产品供应链体系。高飞和史纪<sup>[24]</sup>针对传统农产品供应链存在的信息不对称、信息安全无法保障、协调效率有限等问题,借助区块链密码学算法对各数据予以加密保存,从而保障供应链信息安全。林伟敏和邓茜<sup>[25]</sup>针对农产品供应链中合作关系不稳定、利益分配不均等难题,引入区块链技术构建农产品供应链信任机制。生吉萍等<sup>[26]</sup>通过嵌入区块链技术,保证农产品在生产、加工和流通等环节的全透明,使信任在消费者、农户和企业间无衰减传递,实现产需匹配的优质生产。朱思柱和张萌<sup>[27]</sup>认为将农产品生产到消费全链条上链存储,通过数字签名和时间戳实现全生命周期透明化监督管理,并基于共识机制和智能合约建立统一的规则条约,有助于实现信息的互联互通,弥补传统农产品供应链的不足。

### 2.3.2 区块链+农产品溯源研究进展

区块链技术在农产品溯源方面的作用主要体现在提高透明度、可塑性和安全性,消除信息孤岛,增强产品质量管控能力,并保护各方的利益和权益等。Shahid等<sup>[28]</sup>为解决传统供应链存在的缺乏透明度、问责制和可审计性等问题,提出一个基于区块链的完整的农业—食品供应链解决方案。Wang等<sup>[29]</sup>提出一种基于联合体和智能契约的框架,对农产品供应链的工作流程进行跟踪和追溯,并尽可能打破企业之间的信息孤岛,消除中央机构和机构的需求,提高交易记录的完整性、可靠性和安全性。Chatterjee等<sup>[30]</sup>提出一个使用区块链智能合约概念的框架,以保持整个供应链生态系统的高度透明度和可追溯性。Subashini等<sup>[31]</sup>针对传统可追溯系统的问题,开发了一种利用区块链技术记录和查询非易腐农产品供应网络中产品信息的监控系统。梁昊等<sup>[32]</sup>提出包括农产品交易信息链、用户信息链、农产品信息链的多链式农产品交易信息区块链应用技术,保障信息的可追溯性和不可篡改性,最终建立透明、高效的农产品交易区块链架构。钱建平

等<sup>[33]</sup>以区块链技术为支撑,提出农业投入品智能管控平台总体框架,构建农业投入品智能管控平台,增强农业投入品监管能力、提升追溯可信度。李佳利等<sup>[34]</sup>针对现有农产品区块链追溯系统存在的问题,融合HACCP体系和区块链技术,在技术层面进一步提升溯源信息的完整性、真实性,增强数据的安全可信性。刘双印等<sup>[35]</sup>采用联盟区块链技术构建从田间到餐桌的农产品全产业链质量安全可追溯系统。李阳等<sup>[36]</sup>基于区块链技术将种质资源生命周期中不同环节的新增信息加上时间戳打包成区块上链,实现种质资源全链条跟踪、追溯,保障各环节参与者的利益。

总之,在农产品智慧供应链构建中,区块链技术的融入能够更好地保障农产品的安全性、可追溯性和可靠性,从而提高供应链韧性。未来,通过区块链与大数据、物联网等技术的结合,能够实现更广泛的追溯、更高效的数据管理和更强大的信任机制。

## 2.4 物联网技术

在农产品智慧供应链领域,物联网技术的应用具有巨大潜力。物联网为农业生产和销售各个环节提供了有力的支持,包括数据采集和共享、智能化生产和销售、品质追溯和溯源、智能化服务和管控等方面。通过物联网设备的连接和传感器的应用,农产品供应链中的实时数据可以被准确地采集并共享给相关的参与方,从而提供决策支持和运营优化。

### 2.4.1 物联网+农产品供应链研究进展

物联网在农产品供应链中的应用主要包括提高供应链可见度与管理效率、保障农产品质量安全、实现农产品智慧物流以及促进农业转型升级等方面。Su等<sup>[37]</sup>针对供应链可视化管理的不足,将无线传感器网络与RFID技术相结合,提出基于物联网的供应链能见度管理系统结构。Leng等<sup>[38]</sup>将RFID技术应用于农产品供应链检测。Chen等<sup>[39]</sup>将物联网和NFC技术应用到农产品供应链领域,提出并验证了农产品供应链应用价值的NFC技术设想。王蕊<sup>[40]</sup>认为我国农业生产经营方式自我改造能力较弱,必须采用“互联网+农业”战略加快农业转型升级,提出运用智能技术发展农业精准化生产方式,配套相应硬件设施,基于物联网、智能设备、监测系统,利用传感器对农产品生长过程进行精确记录,将实时数据上传至控制中心,由此进行精准干预。成德宁等<sup>[41]</sup>认为农业物联网技术的

应用对农产品全过程进行记录、传输和处理,实现农产品的全程可追溯,有效保障食品安全。费娟等<sup>[42]</sup>引入“互联网+”、物联网、智慧物流相关技术,构建基于物联网的五层次、四环节、三主体的农产品智慧物流信息系统架构。赵振强等<sup>[43]</sup>考虑信息共享平台建设、农户合作组织运作、龙头企业打造等方面,融合大数据、云计算、物联网等新型信息技术构建农产品智慧供应链,实现农产品智慧供应链的生态化运作。刘一健等<sup>[44]</sup>以RFID技术、数据库技术、计算机网络技术为基础,由供应链各节点的追溯系统、信息中央数据库、质量安全预警系统、质量安全监测系统以及数据审计系统等系统共同组成农产品供应链全程信息可追溯系统。

#### 2.4.2 物联网+农产品监管研究进展

物联网技术在农产品监管方面的主要应用涵盖农产品生产、加工和流通的智能化管理体系,农业环境的监测与控制,农业生产过程的实时监测与远程调控,农产品质量安全监管等。吴建伟<sup>[45]</sup>提出构建一个集生产过程信息采集技术、电子标签识别技术与安全溯源技术及加工环节物联网监控技术于一体的综合农产品生产、加工和流通的智能化管理体系。阮俊虎等<sup>[46]</sup>利用农业物联网系统精准监测农业活动对环境的影响,设计一套最小化环境负面影响的农业活动计划、组织、实施与控制方案。聂鹏程等<sup>[47]</sup>利用智能感知技术、信息传输技术和智能处理技术实时监测和远程调控农业生产的各个环节,以实现农事活动的高效化、集约化、规模化和标准化。宋晓虹<sup>[48]</sup>利用物联网系统中的感应装置收集农产品生长发育数据,并对比农业数据库中的基础数据,及时发现隐性问题,从而为用户提供重要决策支持。张学芹<sup>[49]</sup>借助RFID、智能编码等技术实现农产品在食品安全追溯活动中全时段、全域、全过程的监管控制。

总之,无线传感网络、射频识别技术、云计算等物联网技术在提升供应链效率、保障农产品质量安全以及增强供应链可追溯性等方面具有巨大潜力,未来需要进一步研究和改进物联网技术,以实现更高效、可持续的供应链管理。

### 3 农产品智慧供应链构建存在的问题

农产品智慧供应链的构建主要包括信息采集、互联和智能应用三个核心环节。首先,在农产品供应

链各环节布置感应设备,以预测和预防异常情况发生。其次,打通供应链上下游各环节,建立互相协作和及时沟通的能力。最后,利用智能数据分析,实现对未来的预测和科学决策,以达到全生态系统资源优化的目标。然而,在具体实施过程中,这些环节也面临着不同的挑战。

#### 3.1 信息采集环节

信息采集环节是农产品智慧供应链中的重要环节之一,也是保证供应链信息准确可靠的基础。其主要通过传感器、远程遥感等信息技术收集和记录农产品相关的数据信息,以支持后续的数据分析和决策。在信息采集环节中,一般认为标准体系不完善,关键技术难度大、成本较高是主要问题。

##### 3.1.1 相关标准体系不完善

农产品智慧供应链的建设和应用涉及到多个技术标准的制定和遵循,例如RFID标准、大数据标准、区块链标准、应用接口标准等,这些标准在农产品智慧供应链的构建中发挥着至关重要的作用。

(1) 物联网标准。当前国际上有ETSI、EPC global、ISO/IEC、ITU、IEEE、Zig Bee等组织参与物联网标准的制定<sup>[50]</sup>。由于不同厂商推出的物联网平台不同,标准化程度不同,设备兼容性、数据一致性等方面可能存在问题。

(2) 大数据标准。农产品智慧供应链涉及多个领域,不同领域数据具有不同的特点,可能导致数据的共享和可信性等方面存在障碍<sup>[51]</sup>。

(3) 区块链标准。在世界范围内,区块链国际标准体系存在屏障,数据难以实现跨平台共享和协作。在我国区块链技术仍处于发展的初步阶段,目前仍有些省市尚未建立完善的区块链地方标准规范<sup>[52]</sup>。

(4) 人工智能标准。人工智能技术在标准化组织建设、标准制修订等方面已经卓有成效,但在安全风险评估、监测预警等方面的标准研究依然存在不足<sup>[53]</sup>。

##### 3.1.2 信息采集相关成本高、关键技术难度大

从成本来看,在农产品智慧供应链中,相关技术的应用需要建立在先进的物流设施基础之上,而大多数设备的成本较高,企业往往面临较大的资金压力。此外,当前不论是物联网技术还是互联网技术,在信息的传输过程中都会给信息安全带来威胁,而保

障传输的稳定性和安全性需要强大的资金支持和专业技术人员的维护<sup>[54]</sup>。以RFID技术为例,我国RFID高频频段芯片的设计、技术研发主要依赖进口,企业运行成本较高;RFID发射器、读取机、编码器及天线等设备成本高,应用在价值与附加值较低的农产品中,使用成本较高;在RFID标准统一的大趋势下,企业自身的RFID标准很有可能与全球标准无法兼容,导致企业自有的信息功能或将被淘汰,从而产生沉没成本。此外,企业在采用RFID等技术后,还需对员工进行相关技术培训,这将增加企业人力资源成本。

从技术上来看,当前我国物联网相关的专利技术主要集中在商业应用,在传感器、芯片等基础领域的创新能力不足<sup>[55]</sup>。目前,区块链技术在农产品供应链领域已经进行初步尝试,但仍存在技术瓶颈。首先,区块链的信息高度透明化会对用户隐私信息及产业数据造成安全威胁;其次,我国区块链数据信息吞吐量较低,交易存在延迟情况;再次,区块链技术的应用对于网络基础设施和电力基础设施有一定的要求,而我国现有电网系统仍存在大面积瘫痪的隐患<sup>[56]</sup>;最后,区块链技术的实现需要农产品供应链各节点同时采用该技术并付出一定的技术采用成本,关键技术与资金储备成为制约发展中国家以及中小企业运用及发展区块链技术的软肋和短板<sup>[57]</sup>。随着传统农业逐渐转向智慧化,无芯片射频识别技术的应用将有利于提高农业领域智慧化水平。无芯片射频识别技术(Chipless Radio Frequency Identification, CRFID)能够监控温度、湿度、气体等各种环境因素,提高农产品种植效率,在保证作物质量的同时减少人工管理成本。在CRFID技术的实际运用中也面临着诸多挑战,如CRFID传感器的谐振单元和敏感单元是由纸基、玻璃材质和金属等材料制成,当CRFID传感器标签大量生产时,过量的金属、塑料等材质会造成环境污染,增加电子器件的回收难度<sup>[58]</sup>。

### 3.2 互联环节

在互联环节中,主要体现在两方面:一方面供应链参与主体多元,各主体的差异诉求难以得到充分表达,在未形成合作博弈时,供应链各节点企业会优先考虑自身利益而忽视供应链整体利益导致相关主体利润分配不均<sup>[59]</sup>;另一方面农产品供应链层次较多,

当信息传递到上游供应商时,需求量会无限放大造成信息失真,不利于供应链相关主体的长期合作。

#### 3.2.1 各节点利润分配不均

从经济学角度来看,农产品智慧供应链各企业间联盟关系是否稳定很大程度上取决于利润分配制度<sup>[60]</sup>。利润分配机制不仅影响各合作企业利润的多少,而且会影响企业和农户的经营行为<sup>[61]</sup>。在农产品智慧供应链中,农户获得的利益相对较少,大部分的利益由流通环节的中间商获得,这会严重挫伤农户和生产企业的生产积极性。此外,由于缺乏有效的监督管理机制,违约成本较低。当企业自身利益与整体利益发生冲突时,违约行为极有可能出现,这将增大供应链运行风险。

#### 3.2.2 供应链各主体合作化程度不高

在传统思想的影响下,我国农业生产活动以一家一户的小农经济为主,这种生产方式难以适应消费者个性化需求。在农产品智慧供应链中,生产合作社能够在一定程度上克服小农经济的不足,但是当下大多数合作社尚未形成统一的科学管理制度,组织化程度较低,增加了农产品智慧化供应链的构建难度。同时,供应链的高风险性也是导致各节点合作化程度不高的重要原因。第一,供应链上游端是众多分散农户,下游企业极有可能利用其高地位和强大的买方能力损害农户利益。第二,智慧农产品供应链参与主体众多且横跨一、二、三产业,信息可追溯性较差,容易滋生机会主义行为。第三,农产品物流企业的资金专用性较强也加大了机会主义行为的可能<sup>[62]</sup>。

### 3.3 智能应用环节

智能应用环节中的情况最为复杂:首先,由于供应链各主体层次不一,节点企业间缺乏信息的互联互通;其次,在农产品智慧供应链构建中,技术创新、资金投入等方面也存在障碍,诸多因素导致创新能力不足。

#### 3.3.1 信息共享平台不完善

首先,信息共享机制的发展是以信任为基础,当前我国征信行业发展不足,信息共享存在壁垒,这在一定程度上影响信息共享平台的构建<sup>[63]</sup>。其次,目前射频识别技术、GPS、GIS、区块链技术的普及范围依然有限,不同企业在信息化建设方面存在差异,因此在信息共享平台的建设上存在一定的局限。此

外,农产品智慧供应链在技术上与计算机、金融等领域有着广泛交叉,其构建需要大量的复合型人才,但现阶段人才培养机制响应速度较慢,无法满足大量人才需求<sup>[64]</sup>。

### 3.3.2 多因素导致创新能力不足

针对农产品智慧供应链构建问题,许多企业具有成本顾虑。企业引进先进管理思想和生产技术、转变现有生产组织结构等活动付出的成本能否弥补预期收益是影响企业决策的重要因素<sup>[65]</sup>。除此之外,我国智慧农业项目大多是由政府主导支持,亟须市场机制的介入激发内生动力,创新性的拓展现有运作模式,以推动农村发展。

总之,我国传统农产品供应链一直存在冷链基础设施薄弱、信息共享水平不足、组织化程度低等问题,并且随着国民素质、健康意识的提升,农产品供应链智慧化转型势在必行。

## 4 农产品智慧供应链发展建议

农业发达国家的农产品智慧供应链构建大都达到世界领先水平,因地制宜的现代化农业发展模式也已逐渐形成并日益完善,精准生产管理、节约人力、物力成本,提高产能和质量也都在逐渐实现。美国广泛应用物联网和大数据技术,建立完善的农产品追溯体系,提供农场直销、在线购物平台等多种渠道和工具让消费者获取农产品信息;荷兰大力推动农业科技创新,通过传感器、自动化设备和数据分析等技术对农作物生长环境进行监测和控制,利用智能追溯系统保障农产品品质,从而构建先进的农产品智慧供应链;日本利用无人机、机器人以及自动化系统等实现农作物种植和收获的自动化,通过区块链技术确保农产品的可追溯性和透明度。而我国农产品供应链构建起步晚于发达国家,但在政府政策的引导下发展迅速,具有光明广阔的前景。对于其未来发展,有如下建议。

### 4.1 完善相关技术标准

基于物联网角度,一是充分考虑现有农业物联网领域的相关标准及相关组织发布的标准修订计划,完善基础共性标准、关键技术标准以及重点应用标准,建立既符合我国国情又与国际接轨的农业物联网标准体系<sup>[66]</sup>;二是关注物联网融合技术发展及相关标准化需求,加强各标准组织间的协调,缓解设备兼容

性、数据一致性问题,降低设备制造厂商和开发者的开发成本,提高整个物联网系统的稳定性和互操作性<sup>[67]</sup>;三是鼓励全国科研院所、企业等积极参加物联网标准的制定,加强物联网产品测试与认证,强化数据安全保护。

基于大数据角度,一是制定行业标准和规范。各个领域需要根据自身的数据特点,制定统一的标准规范,确保数据的采集、处理和使用方式一致,从而促进数据的共享和协同,提高数据可信度。二是加强数据安全保护。在处理和共享数据的过程中,需要采取有效的数据安全保护措施,降低数据泄露、篡改风险,提高数据可靠性。

基于区块链角度,首先针对区块链技术应用难题,有关方面应加强沟通,促进共识性标准的形成与应用。其次推动建立本地化标准规范。当前,我国区块链技术尚未完全成熟,可基于各省市推动本地化标准规范的建立,根据不同场景需求,对农产品智慧供应链上各个环节的数据规范和标准进行制定。最后在区块链技术的发展过程中,技术开发人员应积极探索自主创新技术,在保障数据隐私性的前提下,积极推动数据的共享与协作,提升核心竞争力。

基于人工智能角度,一是完善农产品智慧供应链中人工智能安全风险评估标准,充分考虑农产品种类、农业生产环节等因素,重点关注生产、物流、销售等关键环节的安全风险。二是制定农产品智慧供应链中人工智能数据安全标准。在农产品智慧供应链中,大量的数据被收集和传输,数据的泄露和滥用成为信息安全的重大隐患。通过数据传输加密、数据备份和数据访问等内容充分保证农产品智慧供应链中数据的完整性和机密性。三是强化人工智能安全认证标准制定。农产品智慧供应链涉及众多人工智能技术和设备,对这些技术和设备安全认证的流程、标准、方法等内容的完善尤为重要。因此,应加强与国际标准的对接和接轨,提升农产品智慧供应链人工智能设备的安全可信度。

### 4.2 加强技术集成示范应用

随着互联网技术的普及和发展,人工智能、物联网、区块链等现代信息技术与农产品智慧供应链的联系愈加紧密。

以物联网技术为例,针对我国农产品物联网应

用现状,应积极借鉴发达国家成功经验,聚焦广大农户、农业企业以及相关管理部门,重点强化技术集成示范应用。一方面,政府应在深刻认识物联网等信息技术关键作用的基础上加大资金投入,通过提供财政补贴、优化贷款担保条件等措施,切实降低物联网技术应用门槛<sup>[68]</sup>;另一方面,加强政企及企业间合作,实现政府各部门、科技人员与农户之间信息的互联互通,深化与土壤、农作物、仓储和物流的联系。同时,积极引导农户在农业生产各个环节应用物联网技术。在灌溉阶段可利用物联网技术,有效收集农产品在生长过程中的光照、温度、湿度等相关数据,继而明确各个时段的灌溉需求<sup>[69]</sup>;在收获阶段对收割机等农机设施进行车辆定位,实时掌握车辆位置信息;在加工阶段规范追溯信息标准,保证农产品从生长到餐桌的全程追溯<sup>[70]</sup>。最后,大力培育复合型技术人才,引进专业知识扎实、工作能力强的优秀人才,以农产品物联网技术应用为中心,深入基层展开培训活动,持续推进物联网技术在现代特色农业发展中的深化应用,推动我国农业向更高水平迈进<sup>[71]</sup>。

#### 4.3 强化农产品供应链各主体合作

供应链体系是多元素组成的庞大系统,合作是长久运行的关键。农产品智慧供应链需要根据当地农户实际生产情况和农产品生产特色,建立统一农户合作组织,有效吸收先进生产经验,满足农户在生产经营中需要的改土方法、定植方法、病虫害防护、废水管理等方面的指导,扩大农户合作社服务范围和服务精度,切实保障农户增产增收。各农户应明确自身责任,严格按照农产品生产规程进行生产,实施质量追溯机制,推动“三品一标”认证,提升农户生产技术和抵御市场风险的能力<sup>[72]</sup>。政府应加强对合作社成员生产技术补贴力度和政策倾斜,积极宣传、鼓励农户参与合作社,充分发挥合作组织在农产品智慧供应链中的带动作用。

#### 4.4 建立科学的利润分配机制

在供应链管理中,对称性公理要求收益的分配取决于各节点为供应链创造的价值。在农产品智慧供应链中,应根据公平原则拟定合理的利润分配制度,核心企业充分发挥主导作用,保障各节点企业收益与投入成正比,努力实现整条供应链的利益最大化。智能合约是一种以信息化方式传播、验证或执行合同的

计算机协议,其允许在没有第三方的情况下进行可信交易,将智能合约技术应用至供应链利润分配机制能够保障分配的及时性和不可篡改性,从而有效提高供应链利益分配的效率和效益<sup>[73]</sup>。

#### 4.5 构建农产品数据共享平台

信息共享能够有效缓解信息不对称带来的负面影响,提高整条供应链运行效率。利用大数据、云计算等技术把供应链各个环节吸纳到大数据物联网平台上,系统挖掘与处理农产品生产、加工、运输、销售等环节产生的数据,帮助各节点企业掌握供应链在运行过程中的现实差异,为供应链整体决策提供数据支持。

(1) 农户角度。通过记录农产品从种植到销售的全生命周期信息,保障农产品的质量安全可追溯,并结合物联网技术,为农户实时监测农田环境、气候和土壤信息,利用传感器、监测设备和远程控制系统与区块链平台相连接,将实时采集的数据上传至区块链,帮助农户优化农业生产决策,提高产品产量和质量。同时,利用人工智能技术分析大量农田数据和市场信息,为农户提供农业决策支持,包括种植计划、市场预测、销售渠道等,帮助农户提升经营管理能力和市场竞争力。此外,通过移动通信技术,建立农产品销售平台,为农户提供线上线下相结合的多样化销售渠道,提高销售效率和农产品附加值。

(2) 物流角度。大数据、云计算、物联网等现代物流技术助力我国智慧物流产业的发展。首先,利用区块链技术能够有效提高农产品物流信息的透明化和可信度,记录农产品从产地到消费者的整个流程的运输、储存、分拣等环节的信息,降低信息不对称和监管难度,保障农产品的质量安全。其次,结合物联网和移动通信技术,建立智能物流系统,实现农产品的实时追踪和管理。通过传感器和GPS等设备,监测农产品在运输过程中的温度、湿度等环境参数,确保农产品的新鲜度。同时,利用移动通信技术提供实时的物流信息查询和配送服务,提高物流效率和顾客满意度。此外,通过人工智能技术分析和优化物流数据,提高物流路线的规划和配送效果,降低物流成本和能源消耗。

(3) 销售终端。在农产品智慧供应链中,零售端也被赋予新的使命。在销售终端,平台借助区块链

技术建立农产品溯源系统,向消费者提供农产品的种植、养殖等全生命周期信息,提高消费者对农产品的信任度和购买意愿。其次,通过移动通信技术和人工智能技术,建立个性化的农产品推荐系统,根据消费者的口味和偏好推荐适合的农产品,提高销售效果。再次,结合电商平台和社群化营销模式,为农产品提供线上、线下销售渠道和宣传推广,增加农产品的曝光度和销售机会。此外,通过分析市场数据和消费者需求,提供农产品定价、品牌建设等营销策略,提高农产品的附加值和市场竞争力。

#### 参考文献

- [1] Liu Y S, Zheng J B. Intelligent management of supply chain logistics based on 5g IoT[J]. Cluster Computing, 2022, 25 (3): 2271-2280.
- [2] 罗倩文,王佳毓.基于CiteSpace的国内外农产品供应链研究分布与趋势分析[J].商业经济研究, 2022 (24):142-145.
- [3] 杨霖,杨斌,任青山,等.中国智慧冷链发展水平评价及对策建议[J].智慧农业(中英文),2023,5 (1): 22-33.
- [4] 郭启伟,张阐军.我国农产品供应链组织数智化转型对策研究[J].物流科技, 2023, 46 (7):112-113+118.
- [5] Smith M J. Getting value from artificial intelligence in agriculture[J]. Animal Production Science, 2020, 60 (1):46.
- [6] Jung J, Maeda M, Chang A, et al. The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems[J]. Curr Opin Biotechnol, 2021 (70): 15-22.
- [7] Edwin A R, Astha B, Vishal J, et al. Smart Logistic System for Enhancing the Farmer-Customer Corridor in Smart Agriculture Sector Using Artificial Intelligence[J]. Journal of Food Quality, 2022, 2022
- [8] Pitakaso R, Nanthasamroeng N, Srichok T, et al. A novel artificial multiple intelligence system (AMIS) for agricultural product transborder logistics network design in the greater Mekong subregion (GMS) [J]. Computation, 2022, 10 (7):126.
- [9] 黄成菊,郭梦莹.基于AI技术的湖南生鲜农产品智慧冷链物流体系构建研究[J].物流工程与管理, 2022, 44 (8):87-89.
- [10] 朱雪丽,阴丽娜.智慧物流背景下我国生鲜农产品供应链发展研究[J].保鲜与加工, 2020, 20 (6): 199-204.
- [11] Kutyaauripo I, Rushambwa M, Chiwazi L. Artificial intelligence applications in the agrifood sectors[J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2023 (11):100502.
- [12] 王明艳.农产品电商发展现状及对策[J].广东蚕业, 2021, 55 (3):122-123.
- [13] 杨珩.大数据和人工智能时代的农产品电商市场精准营销策略研究[J].中国市场, 2022 (34):109-111.
- [14] 孙旭,杨印生,刘春霞,等.生鲜农产品供应链近场通信智能数据采集终端系统设计与开发[J].农业工程学报, 2015, 31 (8):200-206.
- [15] 胡晓乐.农产品移动电子商务对农业经济的影响及对策研究[J].农业经济, 2019 (9):140-141.
- [16] 翟小可.移动互联网背景下农民增收途径探索[J].农业工程, 2018, 8 (3):150-152.
- [17] 王芳,滕桂法,姚竟发.带时间窗的多目标蔬菜运输配送路径优化算法[J].智慧农业(中英文), 2021, 3 (3):152-161.
- [18] 刘思远,陈天恩,陈栋,等.时变多车型下的生鲜农产品配送路径优化模型[J].智慧农业(中英文), 2021, 3 (3):139-151.
- [19] 韩佳伟,李佳铨,任青山,等.农产品智慧物流发展研究[J].中国工程科学, 2021, 23 (4):30-36.
- [20] 王兵,李林,吴晓柯.基于移动互联网的农产品产销对接模式及应用实践[J].浙江农业科学, 2021, 62 (2):436-439.
- [21] 罗明玉.5G新基建赋能乡村产业数字化转型[J].中国果树, 2022 (11):131.
- [22] 黄美欣.5G时代的农产品营销模式创新[J].商业文

- 化, 2020 (13):84-85.
- [23] 陈薇伶, 黄敏, 郭燕. 基于区块链技术的生鲜农产品供应链体系构建[J]. 商业经济研究, 2021 (9): 123-126.
- [24] 高飞, 史纪. 基于区块链的农产品供应链体系构建研究[J]. 黑龙江科学, 2021, 12 (2):136-137.
- [25] 林伟敏, 邓茜. 区块链背景下农产品供应链信任机制构建研究[J]. 新农业, 2021 (5):73-75.
- [26] 生吉萍, 莫际仙, 于滨铜, 等. 区块链技术何以赋能农业协同创新发展: 功能特征、增效机理与管理机制[J]. 中国农村经济, 2021 (12):22-43.
- [27] 朱思柱, 张萌. 区块链技术在农业农村中的应用与对策研究[J]. 中国农机化学报, 2021, 42 (7): 170-176.
- [28] Shahid A, Almogren A, Javaid N, et al. Blockchain-based agri-food supply chain:a complete solution[J]. IEEE Access, 2020 (8): 69230-69243.
- [29] Wang L, Xu L Q, Zheng Z Y, et al. Smart contract-based agricultural food supply chain traceability[J]. IEEE Access, 2021 (9): 9296-9307.
- [30] Chatterjee K, Singh A, Neha. A blockchain-enabled security framework for smart agriculture[J]. Computers and Electrical Engineering, 2023 (106):108594.
- [31] Babu S, Devarajan H, Kaliamoorthy V. Blockchain and IPFS:A Permanent Fix for Tracking Farm Produce[J]. Revue D' Intelligence Artificielle, 2023, 37 (2): 267-274.
- [32] 梁昊, 刘思辰, 张一诺, 等. 面向农产品交易流程的多链式区块链应用技术研究[J]. 智慧农业, 2019, 1 (4):72-82.
- [33] 钱建平, 余强毅, 史云, 等. 基于区块链的农业投入品智能管控平台设计[J]. 农业大数据学报, 2020, 2 (2):38-46.
- [34] 李佳利, 陈宇, 钱建平, 等. 融合HACCP体系的农产品区块链追溯系统精准上链机制改进[J]. 农业工程学报, 2022, 38 (20):276-285.
- [35] 刘双印, 雷墨鹭兮, 徐龙琴, 等. 基于区块链的农产品质量安全可信溯源系统研究[J]. 农业机械学报, 2022, 53 (6):327-337.
- [36] 李阳, 赵启阳, 何云, 等. 基于区块链的热带作物种质资源溯源技术研究[J]. 热带农业科学, 2023, 43 (8):37-42.
- [37] Bao Z S, Liu S Q, Jia X B. Agriculture Supply Chain Visibility Management Based on the Internet of Things[J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 2453 (330-330):1041-1044.
- [38] Leng K, Jin L, Shi W, et al. Research on agricultural products supply chain inspection system based on internet of things[J]. Cluster Computing: The Journal of Networks, Software Tools and Applications, 2019, 22 (12):8919-8927.
- [39] Chen J B, Huang Y, Xia P X, et al. Design and implementation of real-time traceability monitoring system for agricultural products supply chain under Internet of Things architecture[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2019, 31 (10):4766.
- [40] 王蕊. 农业经济发展实施“互联网+”战略途径研究[J]. 农业经济, 2016 (3):26-27.
- [41] 成德宁, 汪浩, 黄杨. “互联网+农业”背景下我国农业产业链的改造与升级[J]. 农村经济, 2017 (5): 52-57.
- [42] 费娟, 石艳, 闵笛, 等. 基于物联网的农产品智慧物流系统设计[J]. 物联网技术, 2018, 8 (6):78-81.
- [43] 赵振强, 张立涛, 胡子博. 新技术时代下农产品智慧供应链构建与运作模式[J]. 商业经济研究, 2019 (11):132-135.
- [44] 刘一健, 陈业华. 基于RFID的生鲜农产品追溯系统探讨[J]. 食品工业, 2019, 40 (7):175-179.
- [45] 吴建伟. 中国农业物联网发展模式研究[J]. 中国农业科技导报, 2017, 19 (7):10-16.
- [46] 阮俊虎, 刘天军, 冯晓春, 等. 数字农业运营管理:

- 关键问题、理论方法与示范工程[J]. 管理世界, 2020, 36(8):222-233.
- [47] 聂鹏程,张慧,耿洪良,等. 农业物联网技术现状与发展趋势[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(2):135-146.
- [48] 宋晓虹. 物联网技术在智慧农业中的应用及发展模式创新探索[J]. 南方农机, 2022, 53(23):163-165.
- [49] 张学芹. “智慧农业”中的物联网技术应用及模式探究[J]. 农业工程技术, 2023, 43(11):39-40.
- [50] 高星星,张俊峰,王琢,等. 农业物联网标准化现状及思考[J]. 农业开发与装备, 2019(11):35-36.
- [51] 李杨. 农业大数据平台科学数据建设存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2021(1):262-263.
- [52] 赵钦,蔡杰杰,蔡耀君,等. 浅析标准化建设在区块链发展与监管中的意义[J]. 网络安全和信息化, 2022(8):7-9.
- [53] 张斌,鲁路加,王法中. 国内人工智能标准化现状综述[J]. 信息技术与信息化, 2020(8):209-211.
- [54] 杨文科. 浅谈物联网技术下的现代物流信息管理系统[J]. 商场现代化, 2020(24):40-42.
- [55] 龚惠群,黄超. 物联网新兴产业的发展趋势分析[J]. 产业经济评论, 2023(2):198-216.
- [56] 李稼燊. 数字农业下农村基础设施建设对策研究[J]. 农业经济, 2022(7):46-47.
- [57] 谭砚文,李丛希,宋清. 区块链技术在农产品供应链中的应用——理论机理、发展实践与政策启示[J]. 农业经济问题, 2023, 44(1):76-87.
- [58] 时国龙,沈心怡,辜丽川,等. 面向智慧农业的无芯片射频跨域感知研究进展[J]. 农业工程学报, 39(7):11-23.
- [59] 王卉,王林. 合作博弈视角下农产品智慧供应链合作机制优化路径研究[J]. 农业经济, 2022(11):139-140.
- [60] 滕郑,谭勇. 基于改进Shapley值模型的农产品智慧供应链利润分配机制[J]. 武汉轻工大学学报, 2019, 38(3):56-62.
- [61] 高强,王会艳,谢家平. 涉农供应链中龙头企业与农户利润分配机制及行为研究[J]. 商丘师范学院学报, 2020, 36(5):59-64.
- [62] 肖为群,魏国辰. 发展农产品供应链合作关系[J]. 宏观经济管理, 2010(5):53-54+65.
- [63] 于菁,林宏芳. 共享经济平台信用体系建设研究[J]. 特区经济, 2019(4):108-110.
- [64] 陈亮. 智能制造背景下智慧物流供应链建设研究[J]. 商业经济研究, 2021(5):104-107.
- [65] 郑金道. 基于ISM的农产品供应链质量安全风险影响因素结构分析[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2022(7):45-48.
- [66] 韩镡,马文静,梁兆熙,等. 加快制定我国农业物联网标准[J]. 通信企业管理, 2022(1):12-14.
- [67] 苏静茹. 国内物联网标准化现状与思考[J]. 中国标准化, 2023(9):119-123.
- [68] 李连英,成可,吴新标,等. 蔬菜种植大户农业物联网技术的扶持政策需求优先序分析[J]. 北方园艺, 2022(17):137-146.
- [69] 向岚. 物联网技术在农业中的应用探讨[J]. 农村实用技术, 2021(11):3-4.
- [70] 李建军,汪校铃,杨玉,等. 基于物联网农产品质量安全追溯体系构建的研究[J]. 北方园艺, 2020(8):141-146.
- [71] 丁启权. 刍议特色农业物联网技术的应用与推广实践[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2(16):13-15.
- [72] 晏妮娅. 浅析农民专业合作社带动农户的发展对策[J]. 农业与技术, 2020, 40(12):150-152.
- [73] 侯文捷,武鸿鹏,高峰亭,等. 基于区块链智能合约的电力供应链利益分配研究[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2020, 33(1):144-148.