

区块链视角下供应链信息系统协同规划与价值创造

唐明

四川农业大学 四川成都 611134

摘要: 目前的供应链管理中, 信息系统经常面临信息不透明、数据共享困难以及参与方之间缺乏信任等问题。这些问题导致协同规划效率低下, 增加了运营成本, 阻碍了整体价值的提升。区块链技术凭借其去中心化、数据不可篡改和可追溯的特性, 为解决这些问题提供了新的可能性。本文旨在探讨区块链技术如何应用于供应链信息系统, 促进协同规划并创造新的价值。研究通过分析区块链的核心技术(如分布式账本、智能合约)如何改变传统供应链信息交换和协作模式, 构建了区块链赋能供应链协同规划的技术路径框架。同时, 研究建立了一个价值创造模型, 从降低成本、提升运营效率、增强信任与透明度三个维度, 分析区块链带来的具体价值。

关键词: 区块链, 供应链信息系统, 协同规划, 价值创造, 智能合约

1 引言

供应链信息系统在现代商业中非常重要, 但传统系统存在不少问题。很多企业发现, 信息在不同公司之间传递时经常出现延迟, 甚至出错。比如, 一家工厂生产了货物, 信息可能无法及时传递给物流公司, 导致运输安排混乱[1][2]。这种缺乏透明度和信任的情况, 增加了合作的成本, 也容易引发纠纷。在需要多方紧密配合的复杂供应链里, 信息不通畅就像路上设了很多路障, 阻碍了整体效率的提升[3]。

区块链技术为解决这些问题带来了新的可能性。区块链的核心特点在于, 数据不是由单一方控制, 而是记录在一个分布式的、大家共同维护的账本上。一旦信息被记录上去, 就很难被随意更改, 这保证了数据的真实性和可靠性[4][5]。同时, 区块链上的信息更新是实时同步给所有获得授权的参与方, 这打破了信息孤岛, 让大家都看到同一份真实的数据[3]。另外, 区块链上可以运行“智能合约”, 这是一种自动执行的合约代码。比如, 当货物运抵仓库并被扫描确认后, 智能合约可以自动触发付款流程, 不需要人工反复核对和审批[6][7]。这些特性——数据难以篡改、多方共享透明、流程自动执行——正好针对性地解决了传统供应链信息系统在数据可信度、共享效率和协同执行上的痛点[8]。

因此, 本文的核心目标就是深入探讨区块链技术如何具体地优化供应链信息系统的协同规划过程, 并在此过程中创造新的价值。供应链协同规划是指供应链上的各个参与方, 包括供应商、制造商、物流商、销售商等, 共同制定生产和物流计划, 以更高效地满足最终客户需求。区块链通过提供可靠、透明、实时的信息流, 以及通过智能合约实现部分业务流程的自动化, 能够提升这种跨组织协同的效率和效果[9][10]

2 区块链与供应链信息系统的协同机制

2.1 区块链技术对供应链信息系统的赋能

区块链技术通过其独特的技术特性, 提升了供应链信息系统的运行效率和透明度。传统供应链中, 参与方各自维护独立的数据系统, 形成信息孤岛, 导致信息传递延迟、不一致甚至被篡改的风险较高。区块链的核心优势在于其数据的不可篡改性。一旦交易或信息经过验证并添加到区块中, 任何后续修改都会留下永久记录并被网络节点识别。这从根本上解决了数据造假问题, 为供应链各环节提供了可信的数据基础。在农产品供应链中, 从种植、加工到运输的每一步数据都被实时记录在链上, 消费者扫描二维码即可查看完整、无法篡改的溯源信息, 有效打击了以次充好、虚假标注产地的行为, 增强了市场信任[11]。这种不可篡改性确保了数据的真实性和可靠性, 为后续协同决策提供了坚实保障。

分布式账本技术是区块链赋能供应链的另一关键。意味着所有参与方共享同一份不断更新的数据副本, 而非各自存储独立版本。这直接打破了传统的信息孤岛困境。供应链上的制造商、物流商、分销商和零售商等节点, 都能在授权范围内实时访问同一份经过共识验证的交易和物流信息。这种共享机制大幅减少了信息传递的层级和时间, 避免了因信息不对称导致的沟通成本增加和决策失误。在供应链金融领域, 银行等金融机构可以基于链上共享的真实贸易背景和物流单据, 更快速、更准确地评估中小企业的融资风险, 降低审核成本, 提升融资效率[6][9]。分布式共享消除了信息壁垒, 使得整个链条的运行状态更加透明, 协同响应速度得以加快。

实时数据共享能力进一步强化了区块链对供应链效率的提升。区块链网络中的节点在交易达成共识后, 相关信息会近乎实时地更新到所有参与方的账本中。这种即时性对于需要快速响应的供应链环节尤为重要。在生鲜食品或预制食品供应链中, 温度、湿度等环境数据以及物流位置信息可以实

时上链并共享[13]。一旦监测数据超出预设阈值(如冷链温度异常),系统可自动触发预警通知给相关责任方,甚至通过智能合约执行预定义的赔付条款,大幅缩短了问题响应时间,减少了货损风险[2]。这种基于实时共享的透明化运作,不仅提升了物流过程的可控性,也优化了库存管理,企业能根据更准确的实时信息调整生产和补货计划,降低库存积压或缺货风险。

因此,区块链通过数据不可篡改、分布式共享和实时更新三大核心特性,有效解决了传统供应链的信息割裂与信任缺失难题,为构建高效、透明的协同信息系统提供了强大的技术支撑。

2.2 供应链协同规划的关键技术路径

区块链技术为供应链协同规划提供了新的技术路径,主要体现在三个关键结合点上。智能合约的自动化执行提升了供应链流程的效率和可靠性。传统供应链中,合同履行依赖人工监督和繁琐的确认流程,容易出现延误或纠纷。而基于区块链的智能合约,能够将预先约定的规则(如货物验收合格、付款条件满足)编码上链。当传感器数据或交易记录满足预设条件时,合约自动触发执行,例如自动支付货款或释放提货指令。这种自动化减少了人为干预,降低了交易成本,并确保了交易的不可逆性。在农产品供应链中,智能合约可以在冷链物流温度达标后自动向农户支付货款,保障各方权益[13]。本文认为,这实质上是交易成本理论在技术层面的应用落地,通过降低协调与执行成本来优化协同效率。

跨组织数据共享机制的设计是解决供应链“信息孤岛”的核心。供应链涉及众多参与方,传统信息系统往往各自独立,数据难以互通且存在篡改风险。区块链的分布式账本技术为跨组织数据共享提供了信任基础。所有参与方在授权范围内,共同维护一个不可篡改的共享账本。每一次交易或状态更新(如原材料入库、生产进度、物流位置)都经过加密验证并记录在链,各参与方可以实时获取真实、一致的信息视图。这种透明性极大地增强了协同预测、计划与执行的准确性。在澳大利亚牛肉产业,区块链平台实现了从牧场到零售商的全程数据共享,消费者可扫码溯源,企业间协同效率大幅提升[7]。这种机制的理论支撑在于信息不对称理论的突破,区块链降低了信息获取与验证的成本,促进了信任建立。

共识算法在协同决策中扮演着关键角色。供应链协同规划常涉及多方参与的复杂决策(如联合补货计划、产能分配)。区块链的共识机制(如PBFT、Raft)确保了分布式环境下决策过程的可信与高效。参与节点按照既定规则对交易或决策提案进行验证和投票,只有达成多数共识的结果才会被记录上链。这避免了单一中心化机构的控制,也防止了恶意节点

的干扰,使得跨组织的协同决策(如联合采购订单确认、紧急调货方案)能够在去中心化的环境中高效、可信地完成。在制造业供应链中,利用区块链共识机制协调多个供应商的生产排程,能更快响应需求波动。这体现了分布式协同决策理论在技术层面的实现。

通过上述技术路径的梳理,本文发现区块链从流程自动化(智能合约)、信息透明化(共享账本)和决策民主化(共识机制)三个维度优化了供应链各环节的协同效率。智能合约减少了执行摩擦,共享账本消除了信息壁垒,共识机制保障了决策公平。三者结合,构建了一个更流畅、可信、高效的协同规划环境。

3 区块链驱动的供应链价值创造模型

3.1 价值创造的逻辑框架

区块链技术为供应链创造了新的价值逻辑框架,本文从降低成本和提升效率两个核心维度构建理论模型,分析其价值创造机理。该模型基于供应链价值创造理论和区块链的技术特性,尤其强调去中心化、不可篡改和智能合约在重塑业务流程中的作用。具体来说,成本降低主要通过精简冗余环节实现。在物流跟踪场景中,传统依赖纸质单据和多方人工验证的方式效率低且易出错。区块链构建的共享分布式账本能实时记录货物位置及状态变更,所有授权节点均可访问一致信息,减少了单据传递、核对及争议处理的时间与人工成本。同时,智能合约能自动执行预设规则,如达到特定节点即触发付款,避免了中间环节的延误和额外费用。效率提升源于信息流的优化与自动化协同。以农产品溯源为例[13],传统体系下,农场、加工厂、物流商和零售商的数据往往孤立存储,形成信息壁垒。区块链打通了整个链条的数据孤岛,每一次生产、加工、运输和销售的关键信息都被加密记录并即时共享。这使得当消费者扫描二维码查询产品信息时,系统能瞬间聚合链上所有相关记录,提供完整透明的溯源报告,大幅提升了信息查询效率和供应链响应速度。区块链通过其独特的技术架构,驱动供应链在成本与效率两个关键领域实现价值突破,核心逻辑在于以技术赋能的可靠数据流取代了传统依赖人工协调与事后验证的低效模式,使整个系统变得更加透明、自动化和可信赖。

3.2 价值创造的量化评估

区块链技术为供应链带来的价值提升需要具体数据支撑,本文探讨如何量化这些价值。理论基础主要来自交易成本经济学和信息不对称理论。区块链通过其不可篡改和分布式共享的特性,能降低供应链伙伴间因不信任产生的交易成本,例如反复验证信息的成本[1]。同时,它有效缓解了信息不对称问题,让各方都能获取更真实、及时的数据[4]。基于

理论, 本文设计了一套关键绩效指标 KPI 来测量价值创造。核心指标包括: 交易成本降低率, 用于计算采用区块链后合同谈判、执行监督、纠纷处理等环节成本的减少比例; 信息透明度提升度, 通过比较区块链应用前后信息传递的完整度与速度, 或错误信息的减少量来评估; 库存周转率变化, 反映信息共享改善对库存管理效率的影响; 以及溯源效率与可信度提升, 衡量产品追溯所需时间和结果被采信的程度。为了实证这些价值, 本文构建了一个结合案例分析与数据建模的框架。选取典型应用场景, 如农产品溯源或跨境贸易融资, 收集实际运行数据。然后, 建立对比分析模型, 将使用区块链前后的关键运营数据进行对比。可以分析某农产品企业应用区块链溯源后, 产品召回时间缩短了多少天, 消费者投诉中涉及真伪或品质问题的比例下降了多少。数据模型可以进一步模拟区块链技术在不同规模或复杂度的供应链网络中可能带来的经济收益范围。澳大利亚牛肉产业利用区块链进行多签名的供应链治理, 提升了产品来源的可信度和市场响应速度。印尼的清真时尚追溯系统也通过区块链增强了消费者信任[12]。这些实例表明, 量化评估不仅证明了区块链在降低显性成本(如人力、时间)上的作用, 更揭示了其在降低隐性风险成本(如欺诈、召回损失)和提升品牌信誉方面的巨大潜力[10]。当然, 量化过程也存在局限性, 比如不同行业、不同规模企业应用效果的差异较大, 长期价值的追踪也需要更长时间跨度的数据。未来研究可以探索更精细的行业 KPI, 并利用大数据和人工智能技术对区块链产生的海量供应链数据进行更深层次的价值挖掘与预测。

4 区块链供应链信息系统的实践挑战与对策

4.1 技术实施中的瓶颈

区块链技术在供应链信息系统中的应用面临不少技术难题。性能瓶颈是个大问题, 现有的区块链系统处理交易的速度不够快, 像比特币每秒只能处理几笔交易, 而大型供应链每天要处理海量订单、物流信息和支付数据, 系统很容易就堵住了, 响应变慢, 影响实时协同。比如生鲜供应链需要快速更新温湿度数据, 区块链处理不过来就可能造成货物变质。另外, 随着节点越来越多, 账本数据不断膨胀, 存储和同步的压力巨大, 中小企业设备可能跟不上。

跨链互通难度更大。现实中, 一个产品可能经过多个独立区块链系统管理的供应链环节, 比如原材料在一个链, 生产在另一个链, 物流又在别的链。这些链如果采用的技术不同、规则不一, 数据就无法自动传递和验证, 形成新的“链式孤岛”。比如澳大利亚牛肉供应链尝试连接农场区块链和出口物流链时就遇到了协议不匹配的麻烦。解决起来比较麻烦, 需要开发通用的跨链通信协议和标准, 但目前行业还没

统一。

针对性能问题, 分层架构是个可行方向。可以把高频交易(如物流状态更新)放到链下处理, 只把关键结果(如货物签收凭证)写入主链, 减轻负担。分片技术也能试试, 把网络分成几组并行处理交易。隐私保护方面, 零知识证明技术值得关注, 它能让一方证明数据真实性(比如“产品温度达标”), 却无需透露原始数据(具体温湿度数值), 这样既保护隐私又满足验证需求。供应链金融中验证企业还款能力而不暴露其全部财务细节, 就适合用这个。跨链互通则需要推动行业采用标准化的跨链协议, 比如中继链模式, 让不同链能通过一个中间层安全交换信息, 就像不同语言的人通过翻译沟通。同时, 设计灵活的智能合约模板, 适应不同链的规则, 也能促进协同。这些优化方向需要技术社区和行业伙伴共同探索和落地。

4.2 组织与生态协同的挑战

区块链在供应链中的应用虽然技术前景广阔, 但组织与生态层面的协同困难构成了障碍。企业间协作意愿低是首要难题。供应链涉及多个独立主体, 如制造商、物流商、分销商和零售商, 各自拥有不同的利益诉求和信息系统。许多企业担心共享核心数据会削弱自身竞争优势, 或暴露敏感的商业秘密, 导致参与区块链网络的积极性不高。大型核心企业可能对开放数据持谨慎态度, 而中小供应商则可能因技术投入成本高而犹豫不决。这种信任缺失和利益分配的不确定性, 严重阻碍了跨组织数据共享的实现, 使得区块链的去中心化优势难以发挥。缺乏有效的激励机制和明确的权责界定, 进一步加剧了协作困境。

标准不统一是另一个关键挑战。不同行业、不同规模的企业在数据格式、接口协议、业务流程上存在巨大差异。农产品溯源要求记录温湿度等环境参数, 而工业零部件供应链则更关注生产批次和质量检验数据。这种异构性使得构建统一的区块链平台变得异常复杂。没有通用的数据标准和交互规范, 各参与方上传的信息难以被有效识别和整合, 区块链账本的真实性和完整性难以保障, 最终影响协同规划的效率和价值创造。即使像澳大利亚牛肉产业或印尼清真服装业这样有明确应用场景的案例, 也需克服行业内部标准的协调问题。

监管政策滞后则构成了制度性障碍。区块链技术在供应链中的应用属于新兴领域, 现有的法律法规往往未能及时跟进, 在数据确权、隐私保护边界、智能合约法律效力、跨境数据流动合规性等方面存在大量模糊地带。监管的不确定性增加了企业合规风险, 抑制了创新投入。供应链金融中涉及的多方交易凭证上链, 法律地位需要明确界定。同时, 缺乏

国家或国际层面的统一监管框架，也导致不同地区政策尺度不一，增加了全球化供应链应用区块链的复杂性和成本[14]。

为克服这些非技术性挑战，推动生态协同，需要采取多维度策略。发展联盟链模式是务实选择。相较于公有链，联盟链由特定行业或业务关联的成员共同组建和管理，准入机制明确，节点参与度可控，能更好地平衡透明性与隐私保护，降低核心企业的顾虑。在农产品集群供应链中，采用基于联盟链的溯源模型，由行业协会或核心企业牵头，更容易协调上下游参与。积极推动行业标准的制定至关重要。应鼓励行业协会、领先企业和研究机构合作，针对特定细分领域（如生鲜冷链或制造业）制定数据编码、接口规范、智能合约模板等标准，降低系统对接难度，提升互操作性。政策引导不可或缺。政府应加快研究出台适应区块链技术特点的监管沙盒、数据治理规则和激励政策，明确各方权责，为创新提供清晰的制度环境，同时通过试点示范项目降低企业探索风险。只有通过技术模式创新、标准共建和制度保障三管齐下，才能有效破解组织与生态协同的坚冰，释放区块链在供应链协同规划与价值创造中的潜力。

5 结论与展望

本文通过分析区块链技术在供应链信息系统中的应用，证实其能够有效解决传统供应链中存在的信息孤岛、数据可信度低以及协同效率不足等问题。区块链的核心价值在于利用分布式账本技术实现了供应链全流程信息的不可篡改与实时共享，这为跨企业协同规划提供了可靠的数据基础。

展望未来，区块链在供应链领域的深化应用面临两个关键方向。其一，是与其他前沿技术的深度融合。物联网设备可以实时采集货物状态数据并直接写入区块链，保证源头信息的真实性；人工智能则能基于区块链提供的完整历史数据，进行更精准的需求预测和库存优化。这种融合将极大拓展区块链的应用场景和智能化水平。其二，是全球化背景下供应链区块链标准化路径的探索。目前不同国家、行业甚至企业采用的区块链技术标准和数据规范存在差异，这阻碍了跨国供应链的无缝协同。未来的研究应聚焦于推动核心接口协议的通用化，并探索建立跨司法管辖区的数据隐私与合规框架。

参考文献

- [1] 陈晓瑜. 碳限额下区块链赋能的供应链决策研究[J]. *Management Science and Engineering*, 2024, 14: 182.
- [2] 孙林辉, 葛晨晨, 吴安波, 等. 区块链技术影响下的供应链系统动态响应性研究[J]. *运筹与管理*, 2022, 31(10): 53.
- [3] Li, Xiaoming. Inventory management and information sharing based on blockchain technology. *Computers &*

Industrial Engineering 179 (2023): 109196.

- [4] 孙国强, 谢雨菲. 区块链技术, 供应链网络与数据共享: 基于演化博弈视角[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(12): 149-162.
- [5] 贺吉, 范晓飞, 姚竞发, 等. 基于区块链的种子供应链信息溯源及信用度提升的方案设计与研究[J]. *中国农机化学报*, 2022, 43(7): 145.
- [6] 韩景旺, 韩明希. 基于区块链技术的供应链金融创新研究[J]. *齐鲁学刊*, 2022, 4: 131-141.
- [7] Cao, Shoufeng, et al. A blockchain-based multisignature approach for supply chain governance: A use case from the Australian beef industry. *Blockchain: Research and Applications* 3.4 (2022): 100091.
- [8] 刘亮, 李斧头. 考虑零售商风险规避的生鲜供应链区块链技术投资决策及协调[J]. *管理工程学报*, 2022, 36(01): 159-171.
- [9] 楼永, 常宇星, 郝凤霞. 区块链技术对供应链金融的影响——基于三方博弈, 动态演化博弈的视角[J]. *中国管理科学*, 2022, 30(12): 352-360.
- [10] 孙睿, 何大义, 苏汇淋. 基于演化博弈的区块链技术在供应链金融中的应用研究[J]. *中国管理科学*, 2024, 32(3): 125-134.
- [11] 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, 1: 76-87.
- [12] Sumarliah, Eli, et al. Blockchain-empowered halal fashion traceability system in Indonesia. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management (IJISSCM)* 15.2 (2022): 1-24.
- [13] 景旭, 刘滋雨, 秦源泽. 基于区块链中继技术的集群式农产品供应链溯源模型[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(11).
- [14] Tasnim, Zerine, et al. An empirical study on factors impacting the adoption of digital technologies in supply chain management and what blockchain technology could do for the manufacturing sector of Bangladesh. *Information Systems Management* 40.4 (2023): 371-393.

作者简介: 唐明(1994-), 四川南充人, 本科学历, 高级工程师, 邮箱: 154097164@qq.com, 研究方向: 信息系统工程、软件开发运维等。