

“粮食产业新质生产力发展及其供应链建设”专栏文章之五

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.06.005

何静, 蔡咏琪, 宗传宏. 基于跨链技术的食品供需网信息共享激励模式构建[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(6): 40-49.

HE J, CAI Y Q, ZONG C H. Construction of information sharing incentive model of food supply and demand network based on cross-chain[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(6): 40-49.

基于跨链技术的食品供需网信息共享激励模式构建

何 静¹, 蔡咏琪¹✉, 宗传宏²

(1. 上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306;

2. 上海社会科学院, 上海 200020)

摘 要: 随着食品种类多元化和消费者需求的提升, 食品生产流程更加复杂, 供应链之间交流越来越多, 相关企业、食品供应链和行业机构之间的交互形成了复杂的食品供需网结构。食品供需网成员之间信息共享有利于企业之间充分合作实现长期发展, 但仍有许多企业共享信息意识较弱, 无法进行有效信息沟通。区块链跨链技术的应用和发展, 为食品供需网信息共享提供了新思路。根据食品供需网复杂性, 引入区块链技术和声誉激励机制, 将声誉进行量化管理, 结合区块链智能合约技术实现声誉激励机制自动化。进一步引入区块链跨链技术, 打破不同行业、地区区块链之间的交易壁垒, 构建基于区块链跨链技术的食品供需网信息共享声誉激励模式, 以猪肉供需网为例阐述跨链信息共享声誉激励流程。该激励模式不仅保障共享信息安全性与准确性, 同时保护企业隐私, 最大程度保护交易方自身利益, 破解信息无法共享的障碍, 激发食品供需网企业参与信息共享积极性。不仅实现食品供需网内部异构区块链之间的信息交流和价值互通, 还为食品供需网价值信息交流互通的发展提供新思路。

关键词: 食品供需网; 跨链技术; 信息共享; 声誉激励; 模式构建**中图分类号:** TS201.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2024)06-0040-10**网络首发时间:** 2024-11-07 10:06:12**网络首发地址:** <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241106.1646.014>

Construction of Information Sharing Incentive Model of Food Supply and Demand Network Based on Cross-chain

HE Jing¹, CAI Yong-qi¹✉, ZONG Chuan-hong²

(1. College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Academy of Social Science, Shanghai 200020, China)

Abstract: With the diversification of food varieties and the rise in consumer demands, food production**收稿日期:** 2024-05-08**基金项目:** 国家自然科学基金 (71871144); 教育部人文社科规划项目 (23YJA630031)**Supported by:** National Natural Science Foundation of China (No. 71871144); Humanities and Social Sciences Planning Project, Ministry of Education (No. 23YJA630031)**第一作者:** 何静, 女, 1972 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为食品供需网、食品安全追溯系统, E-mail: jhe@shou.edu.cn. 本专栏及作者介绍详见 PC8-10**通信作者:** 蔡咏琪, 女, 1999 年出生, 硕士, 研究方向为食品安全追溯与区块链, E-mail: caiyq26@163.com

processes have become more complex, and communication between supply chains has increased. The interactions among relevant enterprises, food supply chains, and industry institutions have formed a complex food supply-demand network structure. Information sharing among members of the food supply-demand network is beneficial for enterprises to fully cooperate and achieve long-term development. However, many enterprises still lack awareness of information sharing and are unable to communicate information effectively. The application and development of cross-chain technology in blockchain could provide a new perspective for information sharing in the food supply-demand network. According to the complexity of the food supply-demand network, blockchain technology and reputation incentive mechanisms have been introduced. Reputation was quantified and managed, and the reputation incentive mechanism was automated through the combination of blockchain smart contract technology. Furthermore, the introduction of blockchain cross-chain technology has broken down the transaction barriers between blockchains of different industries and regions, which could build an information-sharing reputation incentive model for the food supply-demand network based on blockchain cross-chain technology. The cross-chain information-sharing reputation incentive process was illustrated using the pork supply-demand network as an example. This incentive model not only ensured the security and accuracy of shared information but also protected enterprise privacy and maximizes the protection of the interests of transaction parties. It broke down the barriers that prevented information sharing, stimulating the enthusiasm of food supply-demand network enterprises to participate in information sharing. Not only does it has achieved information exchange and value interoperability between heterogeneous blockchains within the food supply-demand network, but it also has provided a new perspective for the development of value information exchange and interoperability in the food supply-demand network.

Key words: food supply and demand network; cross-chain technology; information sharing; reputation incentive; model construction

随着互联网技术的广泛应用, 社会经济朝着“大共享”方向迈进。不同行业、地区供应链之间因共享与合作形成复杂的供需网络, 提高供需网节点信息交互的透明度和共享度能够实现资源利用最大化, 是“可持续发展”这个全球战略目标的深层次解决方案^[1]。食品相较于其他产业品种多、生产量大, 通常有保质期限限制, 周转率要求高, 要求市场反应迅速; 消费者也更加注重食品质量, 关注食品生产流程^[2-3]。食品供需网共享的企业信息、地区供需情况、行业标准、金融资讯、消费者意愿以及科技研发等信息能够加强不同地域、不同供应链之间的联系, 降低交易成本, 营造公平的营商环境; 食品追溯系统的开发与运行也离不开充分的信息共享, 当发生食品安全问题时, 根据共享的信息能够及时找到问题源头, 遏制食品安全事件的发生。然而从目前实践来看, 供需网企业间在信息共享方面仍存在较多问题:

(1) 信息共享平台缺乏安全技术保障, 信息安全无法保证。例如 2022 年 11 月, 加拿大肉类生产巨头 Maple Leaf Foods (也称枫叶食品) 遭受黑客攻击, 导致系统与运营中断, 信息安全存在威胁。(2) 食品供需网企业共享意愿较低。作为信息优势方进行信息共享, 有利于实现供需网内部供需平衡和效率提升, 但信息优势方提供信息时也会失去信息优势, 从而降低了企业共享信息的意愿。(3) 共享信息的可信度存在质疑。不同地区、不同产业的供应链原本相互独立, 双方认知度、信任度较低的情况下难以进行可信的信息交互。因此, 需要借助新一代信息技术赋能食品供需网信息共享模式, 解决信息孤岛和共享意愿问题。

区块链作为新一代信息技术, 在保障信息安全、实现数据共享方面展现出广阔的应用前景^[4]。刘静静等^[5]构建的基于区块链的可信数据共享方案, 不仅能够减轻区块链存储压力, 保证数据可

靠性,还将数据控制权归还给数据拥有者,保护数据隐私。食品供需网信息共享不仅是供应链内部,食品供应链之间也存在较多跨链需求。不同区块链之间在身份认证、通讯协议等方面技术路线存在诸多不同,无法进行区块链主体之间的信息交互,“链岛”问题日益突出^[6]。为实现不同区块链之间的信息交流和价值共享,跨链技术应运而生^[7]。跨链技术的应用不仅能够缓解区块链单链存储压力,还能保证供需网跨链交易过程的可验证性和安全可信,提高信息交互效率^[8]。

区块链技术的应用为解决食品供需网数据共享信息安全问题提供了解决方案,确保供需网成员之间以透明、安全的方式共享信息,实现上下游节点互联互通的沟通模式^[9]。但食品供需网涉及较多企业和利益相关者,不仅受到共享信息安全性和信息存储压力的约束,供需网节点共享意愿较低也是不容忽视的问题。供需网网络中存在着不充分的数据共享行为,即机会共享行为^[10]。机会共享产生是由于供需网各节点作为数据共享主体拥有信息的控制权和决策权,在有限理性的基础上寻求自身利益最大化,为追求高额利益进行不正当的信息获取行为^[11]。机会共享行为损害了彼此之间的信任与合作,有效的激励机制能够使区块链系统内部建立相应行为的监督与合作,激发成员积极性。声誉作为影响企业信用的关键因素之一,既是企业长期成功经营的结果,又是经营者拥有创新、开拓能力的一种重要证明,基于区块链的边缘移动群智感知系统,采用轻量级的隐私保护方法聚合感知数据,根据数据质量和历史任务表现更新声誉,可以有效抵抗恶意用户,降低时延,保护隐私数据^[12]。然而,现有文献多是在单链区块链的基础上结合激励机制展开研究,对于异构区块链之间跨链信息共享激励机制方面的研究较少。

根据上述分析,本文对信息共享的研究从食品供应链扩展到食品供需网,并引入区块链跨链技术和声誉激励机制,构建“区块链跨链+声誉激励”交易机制充分利用区块链技术特性,保障供需网企业共享信息安全可靠,激励企业共享真实信息,提升企业信用水平,支持跨地区、跨行业、跨层级的数据交换与信息共享,实现共享交易奖

惩措施自动化执行,提升声誉激励效应。考虑声誉激励作用下基于区块链跨链技术的食品供需网共享信息过程,构建基于区块链跨链技术的食品供需网激励模型,并结合具体应用场景分析声誉激励模式的运作流程,旨在为食品供需网信息交流互通提供理论依据。

1 食品供需网理论与区块链跨链技术概念

1.1 食品供需网

食品的生产与流通已经从单产业、单地区逐渐演化为多产业、多部门、多地区联合,食品供应链之间出现交织融合,逐渐形成了复杂的食品供需网络。食品供需网(Food supply and demand network, FSDN)的概念是在企业供需网(Supply and demand network, SDN)的基础上延伸而来,指以全球资源获取、全球加工、全球销售和保障食品健康、营养为目标,相关组织、机构之间由于多种“供需流”的交互作用而形成的一种多功能开放式的供需动态网络模式^[13]。食品供需网具有结构网络性、功能多样性、开放充分性、动态稳定性等特征。FSDN 结构图 1 所示。

1.2 区块链跨链技术

区块链技术是一种按照时间顺序将数据区块以顺序相连的方式进行组合的一种链式数据结构,并以密码学方式保证数据不可篡改和不可伪造的分布式账本。区块链被称为下一代价值互联网,其去中心化、数据难以篡改等特性使得上链信息真实可靠,解决链上主体互不信任问题^[14]。区块链跨链技术旨在解决不同链间资产与数据跨链操作问题,是实现区块链互联互通、提升区块链可拓展性的重要手段^[7]。我们可以把跨链技术理解为是实现两个或多个独立区块之间资产流通和价值转移的一种协议,可以有效解决不同公链之间交易困难产生的“链岛”问题^[15]。在本文中,我们提到的信息共享是不同底层架构的区块链之间实现跨链交互,一般需要借助第三方辅助服务实现。目前,相对成熟的跨链机制包括中继机制、公证人机制、侧链、哈希锁定、分布式私钥控制这 5 种主流跨链技术,为实现跨链提供了方案^[16]。在中继机制中,平行链通过区块链协议规范与中继链进行连接,当平行链需要发起跨

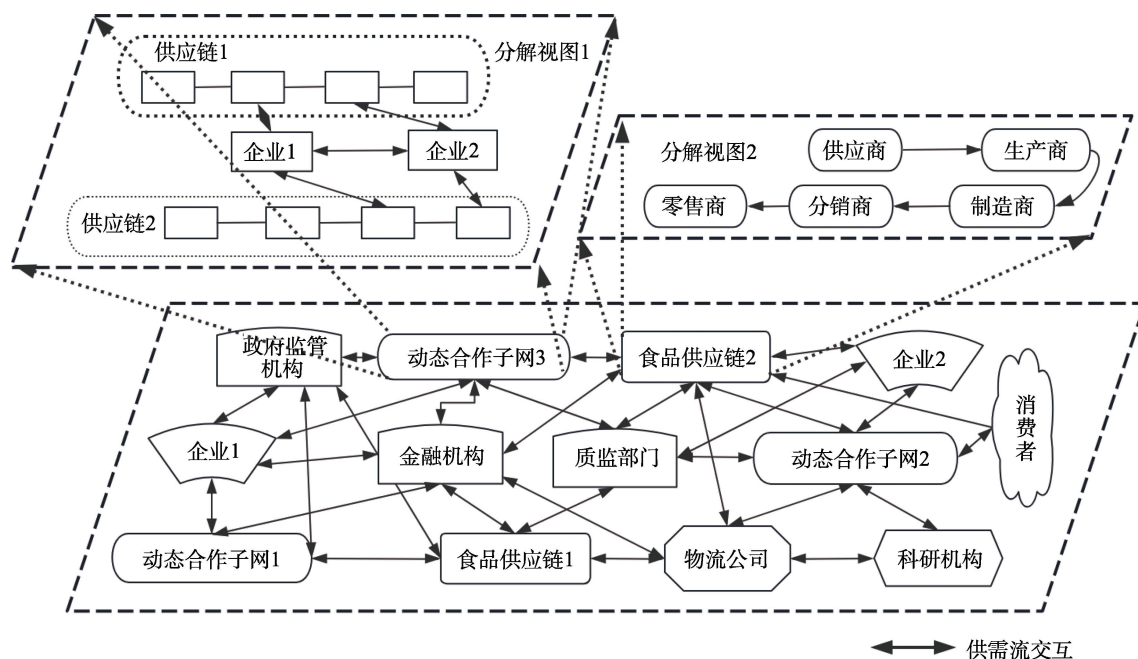


图 1 食品供需网结构图

Fig.1 Structure of the food supply and demand network

链交易时,平行链将需要进行跨链操作的交易信息通过跨链路由验证审核后上传至中继链上,由中继链将目标信息传递到目标平行链上实现跨链互操作。中继链的优点在于扩展性、安全性有一定保证,使用场景广泛,且能够通过中继的方式实现平行链之间原数据状态的传输^[17]。食品供需网中各参与主体之间都是平等的,信息共享时不存在主从之分,因此在本次的模型构建中采取中继机制。

2 基于区块链跨链技术的食品供需网信息共享声誉激励模式构建

2.1 设计思路

区块链技术的自动化执行、点对点交易、分布式存储等特性可以满足信息共享场景中信息的权限控制、信息标准化、降低信息共享风险、提高奖惩代价等需求。但现实中区块链技术自身也可能存在由于隐私泄露而导致交易不公平性的问题,去中心化的特性常常带来缺乏管理的后果。在区块链技术的加持下,仍存在信息共享主体加入区块链信息共享链的主观积极性不高、部分共享等问题,因此利用声誉激励这种隐性激励手段,能够防范和减少机会主义行为。在综合考量参与主体提供信息量的大小、质量等关键因素的基础上,对声誉进行量化并建立声誉交易机制,利用

区块链智能合约自动化执行的特点,结合信息共享交易过程对参与主体实现动态激励。

在食品供需网中,由于参与主体众多,由多条供应链、行业组织、机构以及合作联盟组成,而各联盟链由于底层技术不同,实现差距较大,无法直接相连、实现各链之间的数据共享与价值互通。因此引入跨链技术可以实现原有联盟链之间的信息交互,同时将各参与主体的声誉分数更新在整个食品供需网中。相较于其他显性激励手段,声誉激励更有利于整个食品供需网信用体系的构建,保障系统的良性可持续发展。

2.2 基于区块链技术的声誉激励机制

企业声誉具有积累性和易碎性等特征,声誉可以约束供需网成员行为,防止企业欺诈^[18]。高声誉值的建立是企业长期努力的过程,良好的声誉是企业独有的、不可替代的无形资产,能够为企业创造有力竞争优势,带来超额收益,而声誉贬值会给企业带来损失。企业声誉也是战略伙伴选择的重要依据,由于声誉形成的长期性,企业采取欺骗性行为的可能性小很多,良好的声誉意味着企业具有更高的信息透明度,不仅可以降低合作伙伴的搜寻成本,还能降低签约过程中的一些交易费用。良好的声誉不仅可以拓宽企业边界,

还有利于对利益相关者产生吸引力, 提高企业风险承担水平^[19]。

基于区块链技术的声誉激励机制的建立是以区块链技术为核心, 以交易的形式实现数据信息的让渡和共享, 如图 2 所示。首先由信息提供者上传共享的信息, 系统会为其分配唯一标识和私钥, 对参与主体进行身份注册^[20]。区块链中的共识算法会对参与主体提供的信息共享数量及质量

进行考量, 对参与主体进行声誉赋值, 依赖于智能合约技术实现分布式、自动的声誉管理。当参与方需要信息时, 信息请求者需要在信息共享请求中描述自己所需要的信息类型、信息范围等要求, 并将该请求记录在交易链上, 并向区块链系统发出请求。根据请求描述, 智能合约会自动执行信息检索功能, 同时根据检索结果将请求发送给符合要求的信息提供方。

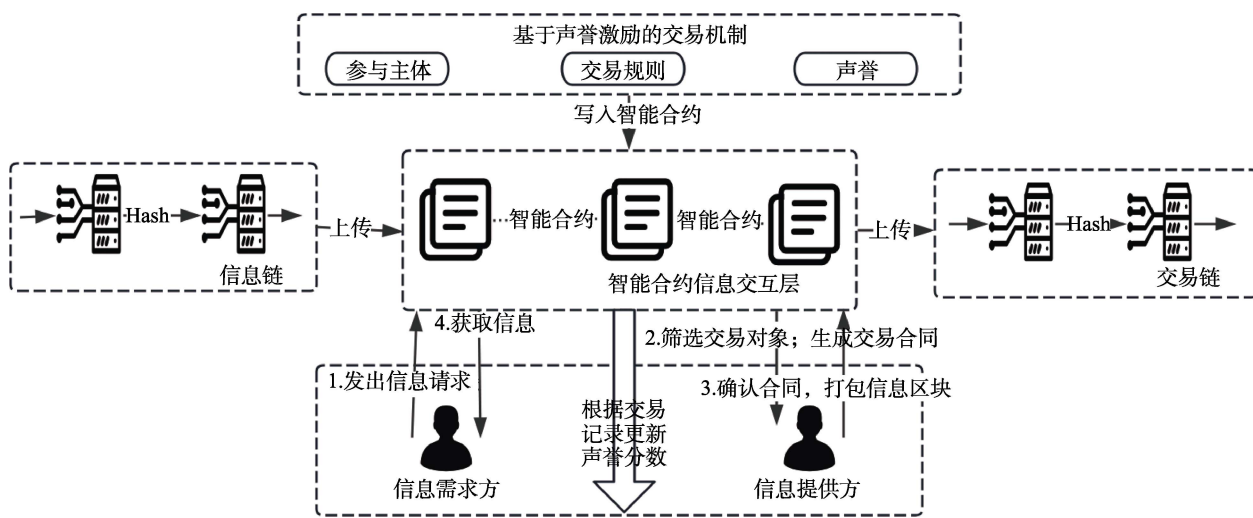


图 2 基于区块链技术的声誉交易机制

Fig.2 Reputation trading mechanism based on blockchain technology

将交易对象进行匹配后, 系统会根据交易对象信息以及信息请求生成信息交易合同, 该合同包括交易双方需要履行的条约以及相应的奖惩机制。在双方主体同意的情况下根据合同内容生成智能合约, 将链码进行打包, 并对链码进行私钥签名加戳盖章, 此次共享的信息会被打包成区块在全网进行区块验证, 验证通过后加入区块实现信息共享。每次交易会记录在区块链中, 信息共享平台会根据参与主体的交易行为进行评估打分更新声誉分数。存储在分布式账本中的声誉分数会由智能合约自动更新, 声誉分数的更新标准由区块链中的规则模块实现, 遵循这些规则有助于提高声誉分数, 从而获得系统中更多的信息, 而违反规则会导致声誉分数下降。区块链技术的应用不仅使得声誉分数有迹可循且不可篡改, 而且能够实现声誉管理的自动化, 同时信息共享行为能够同步反映在声誉分数的评估过程中, 有效实现对参与主体的动态激励。

2.3 基于区块链跨链技术的食品供需网信息共享声誉激励模式构建

结合区块链跨链技术和融合区块链技术的声誉激励机制, 构建基于区块链技术的食品供需网信息共享声誉激励模型。该模型分为三部分: 食品供需网业务层、区块链技术层以及声誉激励应用层, 如图 3 所示。

食品供需网业务层主要用于食品供需网参与主体上链信息的采集, 为供需网内部各成员之间的信息共享提供信息基础。食品供需网中的主体主要包括原材料供应商、生产加工企业、物流公司、分销商、零售商、消费者、政府监管机构、科研机构以及已经形成的食品企业联盟等, 这些主体获取信息渠道不同、质量参差不齐, 节点通过区块链系统参与信息共享能够扩大信息面, 减少“信息孤岛”现象, 加强监管力度, 提高企业效益。例如原材料加工商、生产加工企业等掌握食品的产地、成分等核心信息以及生产环境、附

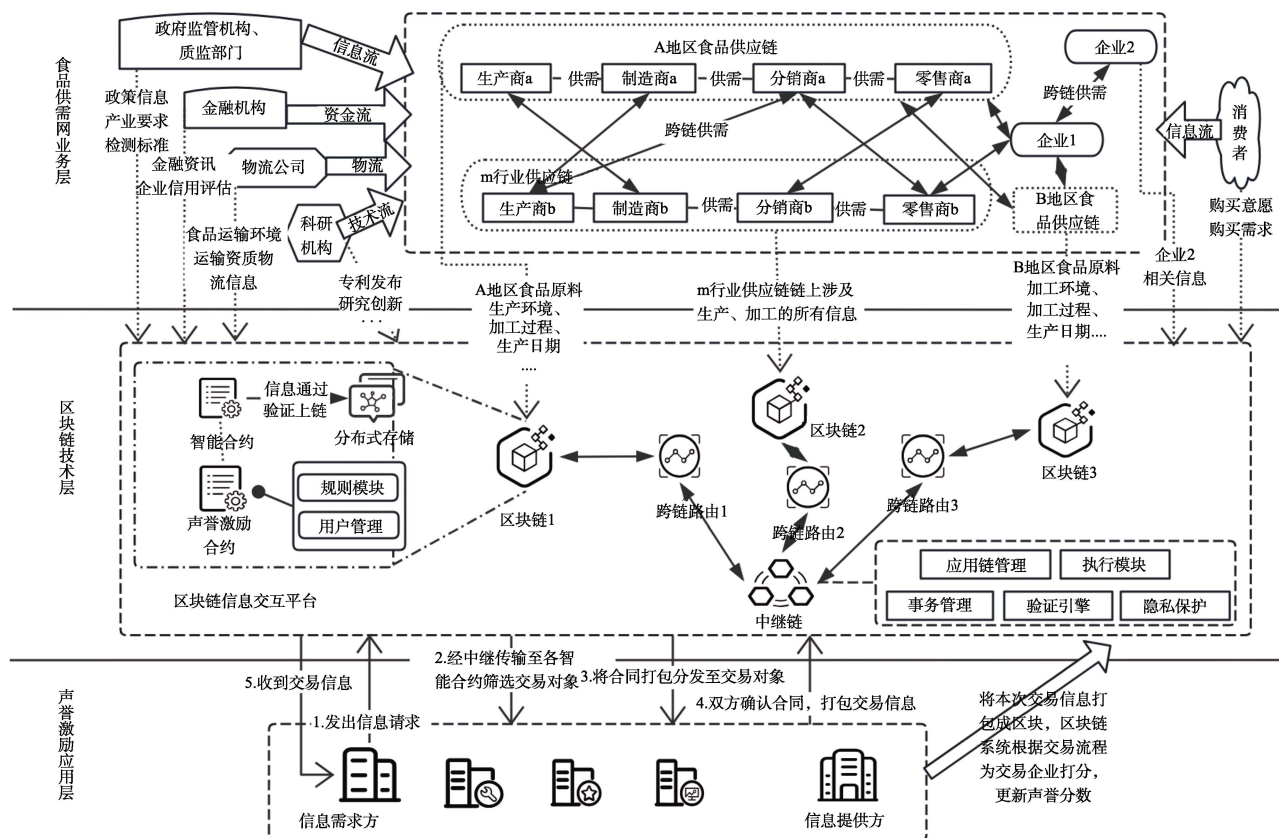


图3 基于区块链跨链技术的食品供需网信息共享声誉激励模式

Fig.3 Reputation incentive model for information sharing in food supply and demand networks based on blockchain technology

加品、设备使用等外围信息，这些信息是鉴别食品安全的重要部分，也是消费者最关心的信息组成，监管机构及消费者通过查询企业信息能够增加消费者满意度，提高食品安全监管效率；消费者的购买意愿及购买需求为食品企业提供生产借鉴；政府监管部门提供的食品安全标准能够规范食品企业的生产加工过程，及时了解相关政策有助于企业快速调整企业动向；科研机构的研发信息能够帮助帮助企业调整生产策略，紧跟产业变革。

区块链技术层依托跨链技术以及智能合约等激励食品供需网节点共享信息，信息验证通过后存储在区块链中，保证参与节点共享信息的真实性、安全性。参与信息共享的企业共同制定合约并生成合约代码，合约代码编译后分发至各节点，只有通过合约验证的信息才能存储在区块中。分布式的存储方式缓解了各节点的压力，既提高了区块链的运行效率，同时保障数据的安全可信^[21-22]。不同区块链之间通过跨链路由和中继链交流，实现了异构区块链之间的信息传输和共享，扩大了参与节点的交流范围。基于区块链技

术的声誉激励机制存放于每个区块链中，节点每次共享信息过程都会记录在区块链中并传输至声誉激励合约，声誉规则模块会对共享信息的质量和数量进行审核判定，并将审核结果转化为声誉分数同步至用户模块^[23]。存储在区块链中的声誉分数不可篡改，每次分数变动都有迹可循。声誉分数越高，节点权限就越大，合作机会也会更多。

声誉激励应用层为食品供需网企业共享信息时声誉激励的作用过程。食品供需网参与节点中的信息需求方在需要信息时，通过发送所需信息请求，经过区块链技术层传输和认证筛选出交易对象并制定交易合约，交易合约打包至信息共享方，随后信息共享方将共享信息打包成区块后传输回信息需求方，至此达到共享信息的目的。完成信息共享后，信息共享过程打包成区块经由区块链存储，上传到区块链信息交互平台，平台通过核验此次信息共享过程中交易双方的行为进行打分，结合声誉激励规则及时更新此次信息共享参与主体的声誉分数。参与主体的声誉分数越高，在发送信息请求时就可以获得更快响应，增加与

其他节点的合作机会, 同时还能获取更大数量的信息。在声誉机制的作用下, 食品供需网参与节点能够自愿共享更多、更高质量的信息, 实现有效的动态激励。

3 基于跨链技术的猪肉制品供需网信息共享声誉激励模式应用分析

2019 年受非洲猪瘟影响, 我国猪肉减产, 猪肉价格飞涨, 消费者反应过度, 造成对猪肉产生“怀疑一切”的消极心理, 短期内出现“塔西佗效应”^[24]。出现这种现象的原因除了消费者的风

险厌恶心理, 更重要的是不同产业、地区之间的信息不对称问题。由于生猪繁育饲养、屠宰加工环节众多, 形成的猪肉供需网错综复杂, 如图 4 所示, 各供应链之间信息不对称情况严重, 容易扩大产业集聚消极影响, 不利于全产业链协同发展^[25]。下面以 A 地区饲料供应链、B 地区肉制品火腿肠供应链的跨链交易为例, 假设各供应链拥有自己的区块链信息上传系统, 用户在信息共享时可以根据其链上交互活动取得信用评分, 以此来阐述猪肉供需网跨链信息共享声誉激励流程, 如图 5 所示。

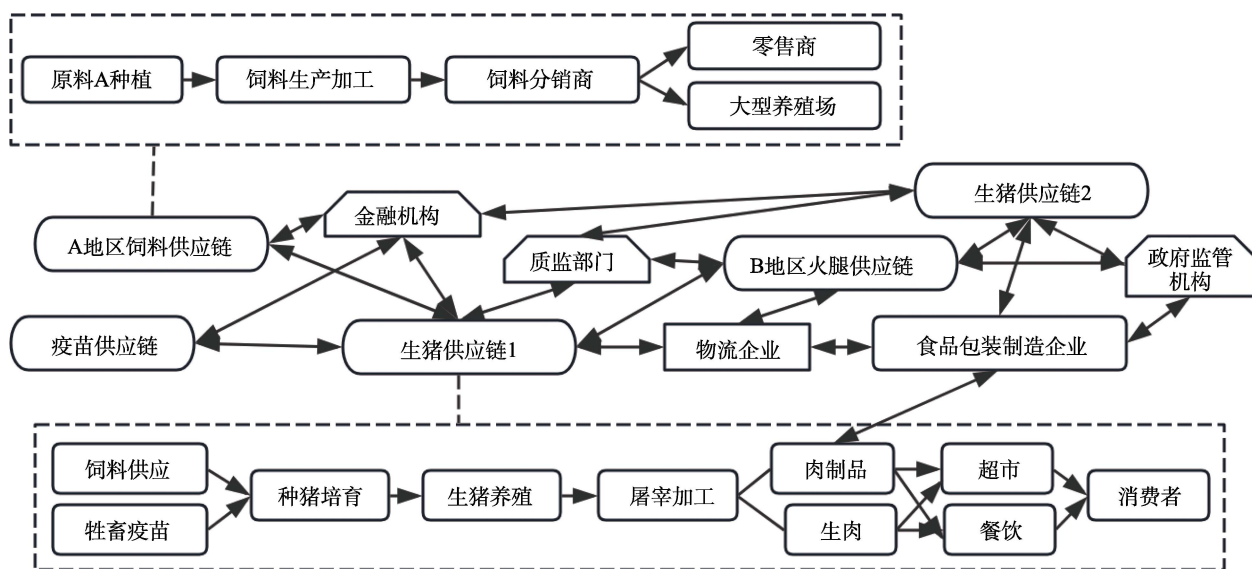


图 4 猪肉制品供需网
Fig.4 Pork supply and demand network

首先, 综合考量过往交易情况及共享信息质量, 通过声誉智能合约和共识算法对饲料供应链、火腿供应链进行声誉赋值, 并将声誉分数存储在区块链系统中, 保证分数不可篡改并且能够根据规则模块自动更新。遵循规则有利于声誉分数的提高, 从而获得更多的信息查询权限, 吸引更多企业合作, 而违反规则则导致声誉分数下降, 限制主体权限。

区块链 A 作为交易发起链, 希望能够获取 B 地区火腿市场情况。区块链 A 通过调用跨链合约发起一笔跨链交易, 生成跨链交易信息。链上背书节点对当前交易进行模拟计算并按照共识机制完成背书, 通过验证后将交易信息打包至区块。跨链事件成功发起时, 发起链会生成存证交易,

并将存证保存至链上。

跨链网关 A 监听到跨链交易请求后, 对区块链 A 的申请进行解析、校验参数, 将跨链调用接口与区块链链入接口中的调用接口相连, 系统合约通过交易接口将请求信息发送至饲料区块链跨链路由, 系统合约会自动对申请信息及申请链资质进行核验。核验通过的申请信息被接收后会暂时存储至待交易列表中等待顺序执行, 对于即将执行的跨链交易, 跨链路由首先从交易链中获取当前交易的 Merkle 证明信息及背书, 通信模块会将这些统一打包成 CCIF (跨链信息格式)^①信息, 饲料区块链跨链网关将打包好的 CCIF 信息发送至中继链。

① CCIF 信息包括发起链 ID、目的链 ID, 跨链交易时间戳、跨链交易信息、返回结果信息、跨链交易证明以及其他自定义字段。

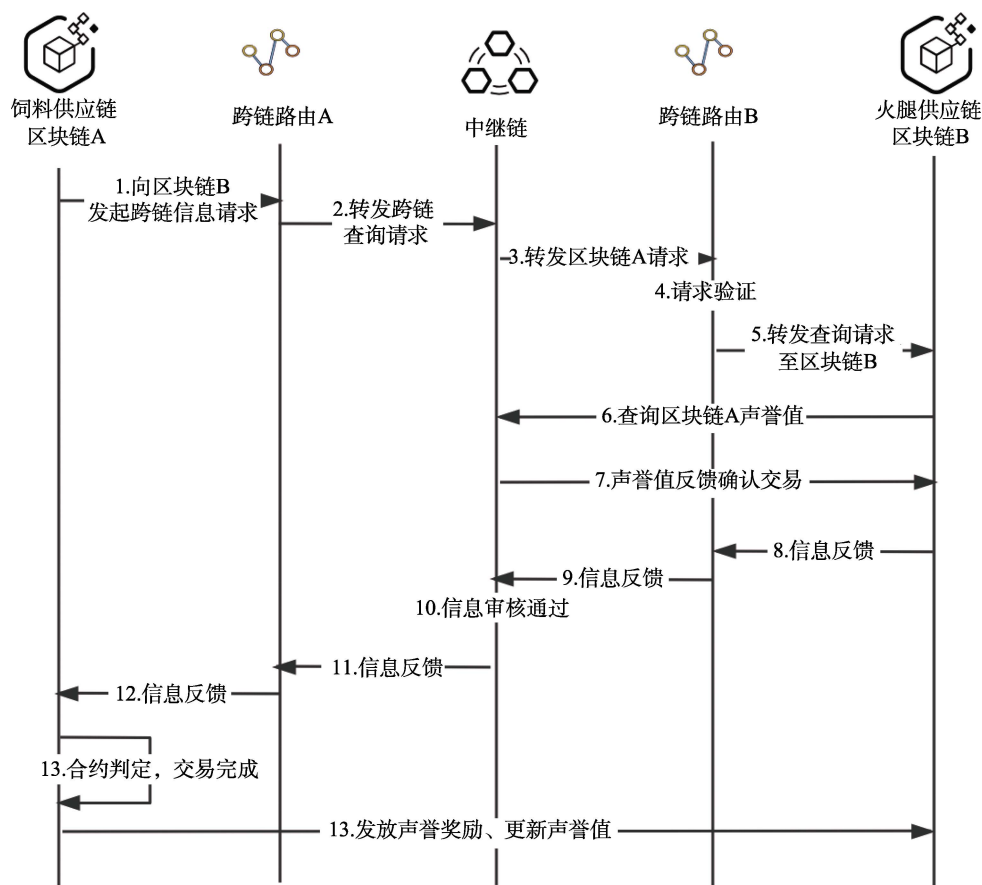


图 5 跨链信息共享交易流程

Fig.5 Cross-chain information sharing transaction process

中继链根据 CCIF 信息中目的链字段, 找到火腿跨链路由, 并通过调用接口相连, 火腿跨链路由接收饲料区块链 CCIF 信息后, 通信模块将信息发送至验证模块, 验证模块根据跨链交易证明进行验证, 验证通过后火腿跨链路由会将解析后的信息发送至区块链 B。区块链 B 接收后同样发起存证交易, 并存储在区块链中。至此两笔跨链存证交易都已经生成。

区块链 B 根据请求调用适配智能合约, 通过考核区块链 A 的声誉分数来确认是否接受交易。因为查询反馈也是跨链的, 所以区块链 B 将查询到的数据反馈给区块链 A 的过程与数据主链 A 发送交易请求的过程一致。即跨链网关 B 将信息内容反馈给中继链, 再经由中继链发给跨链网关 A, 进而反馈给区块链 A。反馈过程中, 跨链合约会对猪肉供应链提供的信息进行真实性审核, 审核通过即可顺利反馈, 由此饲料供应链可通过区块链跨链系统获取 B 区产业信息。信息共享完成后会同时保存确认后的存证信息以及确认后的跨链

交易信息, 经由中继链声誉智能合约规则判定, 赋予此次交易中提供信息的猪肉供应链一定的声誉值奖励, 好的声誉反映了企业良好的信用动机和可长期合作的可能, 较高的声誉值不仅拥有更多的权限获取猪肉供需网内部信息, 同时是其他供应链或企业挑选合作伙伴的首要选择。

4 结语

随着全球贸易的发展, 国际分工更加细致, 食品种类多元化促使食品供应链结构日益复杂, 跨区域、跨产业发展成为目前食品行业的主流发展趋势, 食品供需网概念更能体现目前错综复杂的产业结构。基于区块链的食品供应链内部信息共享能够解决上下游信息孤岛问题, 保证共享信息的真实性, 但供应链之间在共享信息时存在较大的利益冲突, 无法保证链间信息共享交互的安全性, 也缺乏有效的激励机制。目前, 区块链跨链技术已经成为实现链联网和构建价值网络高速公路的核心关键技术, 是推动区块链产业跨场景

融合发展的科技引擎。跨链技术打破了异构区块链底层技术不同的交流障碍，能够在原有区块链的基础上实现多种区块链平台的信息共享；同时声誉激励这种隐性激励方式在信息共享激励方面存在较大的优越性，不仅能够量化企业贡献，提升企业形象，更能获得更多合作机会，实现持续发展。

本研究将信息共享的研究从食品供应链扩展到食品供需网，并将区块链跨链技术嵌入到食品供需网中，构建基于区块链跨链技术的食品供需网声誉激励信息共享模型。该模式不仅激励企业共享数量更多、更高质量的信息，促进企业间、供应链之间的交流互通，保障共享信息的安全，还打破了不同行业、区域之间原有区块链无法实现信息共享的弊端，减少机会共享行为，保障自身利益最大化的基础上促进食品供需网整体利益提高，减少经济损失和浪费，实现全区域可信交互和价值流通，为未来食品供需网间信息交流的发展提供了新的思路。但本研究目前处于定性分析阶段，后续可从定量分析角度，进一步探讨该模式下各参与节点的激励收益问题和信息技术实现，为食品供需网信息共享提供更具操作性的方案。

参考文献：

- [1] 张倪. 基于熵理论的产业互联供需网信息协同有序度研究[J]. 科技和产业, 2022, 22(2): 126-131.
ZHANG N. Research on the order degree of information coordination in supply and demand network of industrial interconnection based on entropy theory[J]. Science Technology and Industry, 2022, 22(2): 126-131.
- [2] ZHANG Y Q, CHEN L Y, BATTINO M, et al. Blockchain: An emerging novel technology to upgrade the current fresh fruit supply chain[J]. Trends in Food Science & Technology, 2022, 124: 1-12.
- [3] 王振锋, 崔岩, 刘峥等. 基于新鲜度的果蔬产品三级供应链集成优化研究[J]. 河南农业大学学报, 2021, 55(2): 347-355.
WANG Z F, CUI Y, LIU Z, et al. Research on optimization of three-level supply chain integration of fruit and vegetable products based on freshness[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2021, 55(2): 347-355.
- [4] ABUBAKAR M, VIDYASAGAR P, MOHAMMED Q, et al. Blockchain adoption in food supply chains: A systematic literature review on enablers, benefits, and barriers[J]. Ieee Access, 2023, 11: 14236-14255.
- [5] 刘静静, 邓浩江, 李杨. 基于区块链的可信数据共享方案设计[J]. 计算机工程与设计, 2023, 44(6): 1601-1607.
LIU J J, DENG H J, LI Y. Design of trusted data Sharing scheme based on blockchain[J]. Computer Engineering and Design, 2023, 44(6): 1601-1607.
- [6] 徐卓嫣, 周轩. 跨链技术发展综述[J]. 计算机应用研究, 2021, 38(2): 341-346.
XU Z Y, ZHOU X. A review of cross-chain technology development[J]. Application Research of Computers, 2021, 38(2): 341-346.
- [7] 王群, 李馥娟, 倪雪莉, 等. 区块链互操作性及跨链技术研究[J]. 计算机科学与探索, 2023: 1-29.
WANG Q, LI F J, NI X L, et al. Research on blockchain interoperability and cross-chain technology[J]. Computer Science and Exploration, 2023: 1-29.
- [8] 葛艳, 姚海东, 邹一波, 等. 基于区块链跨链技术的水产品交易模型研究[J]. 农业机械学报, 2022, 53(12): 332-343.
GE Y, YAO H D, ZOU Y B, et al. Research on the fishery product transaction model based on blockchain cross-chain technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2022, 53(12): 332-343.
- [9] NIR K. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives[J]. International Journal of Information Management, 2018, 39: 80-89.
- [10] 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: 1-14.
SUN G Q, XIE Y F. Blockchain technology, supply chain network and data sharing: based on the perspective of evolutionary game[J]. Chinese Management Science, 2023: 1-14.
- [11] 叶飞, 张婕, 吕晖. 供应商机会主义行为对信息共享与运营绩效的影响[J]. 管理科学, 2012, 25(2): 51-60.
YE F, ZHANG J, LV H. The impact of supplier opportunistic behavior on information sharing and operational performance[J]. Management Science, 2012, 25(2): 51-60.
- [12] 万涛, 李婉琦, 葛晶晶. 基于区块链的边缘移动群智感知声誉更新方案[J]. 计算机应用研究, 2023(6): 1-6.
WAN T, LI W Q, GE J J. Blockchain-based reputation update scheme for edge mobile crowd sensing[J]. Application Research of Computers, 2023(6): 1-6.
- [13] 何静, 马青. 基于食品供需网的可追溯体系构建研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(19): 22-25.
HE J, MA Q. Research on the construction of traceability system based on food supply and demand network[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(19): 22-25.
- [14] FRANCESCA A, SIMONE F, CORRADO C, et al. A review on blockchain applications in the agri-food sector[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(149): 6129-6138.
- [15] PENG X Z, ZHANG X, WANG X Y, et al. Research on the

- cross-chain model of rice supply chain supervision based on parallel blockchain and smart contracts[J]. *Foods*, 2022, 11(9): 1269.
- [16] 孟博, 王乙丙, 赵璨, 等. 区块链跨链协议综述[J]. *计算机科学与探索*, 2022, 16(10): 2177-2192.
- MENG B, WANG Y B, ZHAO C, et al. Review of blockchain cross-chain protocol[J]. *Computer Science and Exploration*, 2022, 16(10): 2177-2192.
- [17] 沈传年. 区块链跨链技术研究综述[J]. *物联网学报*, 2022, 6(4): 183-196.
- SHEN C N. Review on cross-chain technology research of blockchains[J]. *Chinese Journal on Internet of Things*, 2022, 6(4): 183-196.
- [18] 游鸽, 郭昊, 邓帅. 考虑声誉激励机制的金融科技创新监管演化博弈仿真分析[J]. *系统工程*, 2023, 41(1): 127-139.
- YOU G, GUO H, DENG S. Simulation analysis of evolution game of fintech innovation supervision considering reputation incentive mechanism[J]. *Systems Engineering*, 2023, 41(1): 127-139.
- [19] STEFFEN J, EKATERINA G. Sustaining cooperation in a differential game of advertising goodwill accumulation[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016, 254(1): 294-303.
- [20] TANIA S, MUHAMMAD U J, MUHAMMAD H, et al. Proof chain: An X.509-compatible blockchain-based PKI framework with decentralized trust[J]. *Computer Networks*, 2022, 213: 109069.
- [21] 甄平, 玄佳兴, 陈智雨. 能源区块链关键技术[C]//电力通信技术研究及应用. 中国电机工程学会电力通信专业委员会, 2019: 170-174.
- ZHEN P, XUAN J X, CHEN Z Y. Key technologies of energy blockchain [C]//Research and application of power communication Technology. 2019: 170-174, China Electric Power Engineering Institute, Power Communication Professional Committee, 2019: 170-174 [2023-05-09].
- [22] 许继平, 孙鹏程, 张新, 等. 基于区块链的粮油食品全供应链信息安全管理原型系统[J]. *农业机械学报*, 2020, 51(2): 341-349.
- XU J P, SUN P C, ZHANG X, et al. Prototype system of information security management of whole supply chain of grain, oil and food based on blockchain[J]. *Transactions of the CSAM*, 2020, 51(2): 341-349.
- [23] WEYL E G, OHLHAVER P, BUTERIN V. Decentralized society: finding web3's soul[J]. *SSRN Electronic Journal*, 2022.
- [24] 陈昱帆, 花俊国, 张俊华. 生猪疫情变动对猪肉价格的冲击效应与溢出效应研究[J]. *农业技术经济*, 2022(7): 48-63.
- CHEN Y F, HUA J G, ZHANG J H. Research on the impact effect and spillover effect of pig epidemic on pork price[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(7): 48-63.
- [25] TECHANE B, GIRMA G. The Role of Blockchain technology in promoting traceability systems in agri-food production and supply chains[J]. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 2023, 23(11): 1-20. 完