

基于区块链技术的上海地产优质农产品溯源应用实践

陈旭, 张华生, 薛立德

上海市大数据中心, 上海 200040

摘要

农业数字化转型中, 传统农产品溯源面临数据可信度缺失、信息融合困难及防伪薄弱等挑战。本文基于上海市政务区块链底座提出“申农链”系统, 构建“码、图、链”融合架构, 探索解决全链条可信溯源问题。系统采用智能合约驱动的链上存证、链下存储的协同机制, 实现种植、生产、质检数据自动化采集与不可篡改上链; 融合 GIS 与空间分析, 建立种植面积、产量及码量的动态模型, 精准控制溯源码总量, 防范虚假生成; 通过“申农码”与食品追溯码融合及扫码预警, 实现跨部门数据贯通与异常监测。目前已覆盖上海市 28 个优质农产品品类、17.87 万亩种植面积, 生成 1100 余万枚溯源码, 上链数据超 608 万条, 提升溯源透明度与监管效率, 提供农业数字化转型的可复制范式。

关键词

区块链; 农业信息化; 分布式系统; 农产品溯源; 申农码

中图分类号: xxx

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2024xxx

Application Practice of Traceability for Shanghai-Local High-Quality Agricultural Products Based on Blockchain Technology

Chen Xu, Zhang Huasheng, Xue Lide

Shanghai Municipal Big Data Center, Shanghai 200040, China

Abstract

In the digital transformation of agriculture, traditional agricultural product traceability faces challenges including insufficient data credibility, difficulties in information integration, and weak anti-counterfeiting capabilities. This paper proposes the “Shennong Chain” system based on Shanghai’s municipal government blockchain infrastructure, constructing an integrated “code-map-chain” architecture to achieve credible full-chain traceability. Driven by smart contracts, the system employs a hybrid on-chain attestation and off-chain storage mechanism to enable automated collection and immutable uploading of planting, production, and quality inspection data. Integrating GIS and spatial analysis, it develops dynamic models of planting area, yield, and code volume to precisely control traceability code generation and prevent fraudulent production. By fusing “ShenNong Codes” with food traceability codes and implementing scan-code alerts, the system realizes cross-departmental data interoperability and anomaly monitoring. It currently covers 28 premium agricultural product categories in Shanghai, spanning 178,700 mu of cultivated area, with

over 11 million traceability codes generated and more than 6.08 million data records uploaded on-chain. This enhances traceability transparency and regulatory efficiency, offering a replicable paradigm for agricultural digital transformation.

Key words

Blockchain, Agricultural informatization, Distributed systems, Agricultural product traceability, Shennong code

0 引言

随着全球数字化转型的深入推进，农业作为国民经济的基础产业，正经历着前所未有的变革。在乡村振兴战略的指引下，我国农业正加速向数字化、智能化、品牌化方向发展^[1]。然而，传统农产品溯源模式依赖农户自主贴码、分散式数据管理，存在三大核心痛点：1) 数据可信度缺失：无第三方权威认证，贴码行为易篡改，消费者对溯源信息信任度低^[2]；2) 数据融合困难：生产、加工、物流、监管等环节涉及多主体，分布式数据格式不统一，全链条信息贯通受阻^[3]；3) 防伪能力薄弱：缺乏对溯源码发放总量的有效管控，假冒伪劣产品难以识别，侵害优质农产品品牌价值^[4]。这些问题导致农产品市场“优质难优价”，制约了农业品牌化发展及消费者权益保护。

区块链技术因其去中心化、不可篡改、可追溯等特性，为解决农产品溯源问题提供了新的技术路径^[5]。在国际研究中，Kamilaris 等学者^[13]指出，区块链技术在农业和食品供应链中的应用，能够显著提升供应链的透明度和可追溯性，为消费者提供更安全、更可信的农产品选择。Guruprakash 等学者^[6]强调，区块链技术通过分布式账本记录，能够有效解决农产品供应链中的信任问题，确保数据的真实

性和完整性。国内也有研究表明，区块链技术在农业溯源中的应用，能够显著提升农产品质量监管效率和消费者信任度^[7]。在此背景下，本研究创新性地构建了区块链技术驱动的农产品溯源管理系统（以下简称“申农链”），并重点应用在上海本地产优质农产品溯源，实现从种源、生产、认证、监管、检验到保险的全链条核心数据可信上链与全程追踪，为企业、政府、消费者等多方主体建立信任关系奠定技术基础。

“申农链”系统构建“码、图、链”深度融合的技术架构，整合多维度创新机制破解传统溯源痛点。其创新性体现在三个层面：首先，智能合约的链下-链上协同机制为数据可信上链提供关键保障，系统采用“链下多源采集+链上智能合约存证”的协同架构，链下通过农户端应用、感知设备、监管系统终端等多渠道采集全链条信息，经标准化接口完成数据清洗与格式统一后，触发预设智能合约进行上链存证，实现数据上链过程的自动化与不可篡改，有效规避人为干预与篡改风险。

其次，创新性地引入地理信息系统（GIS）与区块链的融合应用。系统通过高精度遥感影像与田间矢量边界数据，构建种植地块的空间模型，利用空间分析算法精确测算种植面积。基于公式 $N_{total} = \sum_{i=1}^m A_i \times Y_i \times \alpha$ （其中 A_i 为第 i 块地块面积， Y_i 为亩产量预估值， α 为贴码系数），动态生成溯源码总量，实现“种植面积-产量-码量”

的精准关联。该方法突破了传统静态码量分配模式，通过空间数据驱动的动态控制机制，从源头杜绝虚假溯源码的生成。

第三，通过将区块链溯源码与农产品承诺达标合格证“申农码”的“两码融合”，为高附加值农产品赋予唯一编号溯源码，真正落地“一物一码”；通过扫码次数分布特征分析构建异常预警模型，当异常概率超过预设阈值时自动触发预警，防范溯源码重复使用与冒用风险；通过食品生产码和溯源码的“两码合一”，打破跨域数据孤岛，实现从田头种植到加工流通的长链条数据贯通；通过数据分级授权设计，为管理者与监管部门提供全量数据访问权限，为消费者呈现结果性查询信息，平衡数据监管需求与隐私保护要求；依托现有的“一张图”与“随申码”能力，实现生产者“数据上链”、管理者“一图监管”、消费者“扫码溯源”的无缝衔接。

本文将系统阐述“申农链”系统的架构设计、关键技术、创新点及应用成效，为农业数字化转型提供理论指导和实践参考。论文后续内容结构安排如下：第1节综述农业区块链溯源相关研究现状；第2节介绍“申农链”系统的总体架构；第3节阐述了创新点；第4节分析系统实施效果与价值；第5节总结与展望。

1 农业区块链溯源相关研究现状

区块链的去中心化、不可篡改及可追溯特性为破解农产品溯源信任危机提供核心支撑，已成为农业数字化领域研究热点。国内外学者围绕技术架构、数据共享、防伪机制及政务协同展开系列研究，本节系统综述相关进展，明确现有研究局限与本研究切入点。

1.1 农业区块链溯源技术架构研究

农业区块链溯源架构主要分为“技术融合型”与“场景定制型”两大方向。目前研究聚焦多技术协同与性能优化。^[13]提出基于“区块链+IoT”的基础架构，通过传感器采集数据直连上链，构建生产到消费的透明数据链路。也有学者采用PBFT共识替代PoW^[18]，将系统吞吐量提升至300+ TPS，满足规模化供应链需求。

国内研究突出政务底座支撑与本土化适配。多采用联盟链架构平衡效率与监管。农业农村部信息中心着眼于从根本上解决长期存在的农产品质量安全问题，确保让老百姓吃得安心、吃得放心，以问题最为突出的韭菜为小切口，在山东省潍坊市组织开展“区块链+蔬菜”综合试点^[15]，项目目前已整合500万条全链条溯源数据，推出相关标准，且试点地块亩均增收9%—30%，水肥药等综合成本节省35%左右。山东区块链研究院迪诺链平台^[11]则通过Dyno共识算法，支撑200余个农场、108类农产品溯源，累计交易超1亿次。也有学者提出“五层协同模型”^[10]，即硬件层部署感知设备、数据层构建分布式中心、支撑层集成存证引擎、应用层覆盖全流程管理、用户层提供多主体入口。

1.2 溯源数据可信共享与隐私保护研究

数据共享与隐私保护的平衡是溯源系统核心难题，研究围绕加密传输、访问控制及跨主体协同展开。国际研究侧重加密技术与分布式治理结合，欧盟“FoodTrust”项目采用隐私计算等技术，实现多部门数据可信验证且不泄露敏感信息^{[19][20]}。国内研究聚焦政务数据特性与分级授权。学界提出的链上存证、链下存储

的链上-链下协同混合架构，通过哈希存证保障数据完整性，结合隐私计算实现数据定向分享，该模式在广东野生菌平台中使商户收益提升超 30%^[12]。广州溯源平台^[16]设计“主体-角色-权限”三层模型，排查异常票证，防范数据滥用。农业农村部发布《农产品追溯编码规则》^[10]，统一数据格式，显著提升跨平台互通效率。

1.3 政务区块链等数据平台与农业溯源融合研究

政务区块链为溯源提供权威信任背书，研究围绕数据赋能、跨部门协同及政策适配展开。国际侧重监管标准化与跨境协同。欧盟构建跨国农业区块链网络，采用统一政务认证节点，实现有机农产品跨境互认，有效缩短通关时间。美国FDA推出FSMA溯源框架^[13]，要求联邦与州政府共建监管节点，实现全流程数据上链。国内则形成

“政府主导、市场参与”模式。浙江“浙农码”、四川CNG农业链等区域性区块链系统依托政务、企业等底座平台建设。上海方面，目前政务区块链底座已实现农产品生产与监管溯源的系统互联互通，为溯源赋能提供新路径。

2 “申农链”系统总体架构

如图 1 所示，“申农链”系统采用分层架构设计，基于上海市政务区块链底座构建，实现了“一物一码、图码链融合”的创新架构体系。本系统通过将农产品全生命周期数据分布式上链，构建了从生产到消费的全链条可信溯源体系，有效解决了传统溯源系统中的数据可信度缺失、数据融合困难和防伪能力薄弱等核心问题。系统整体架构可分为数据采集层、区块链网络层和应用服务层三个主要层次。

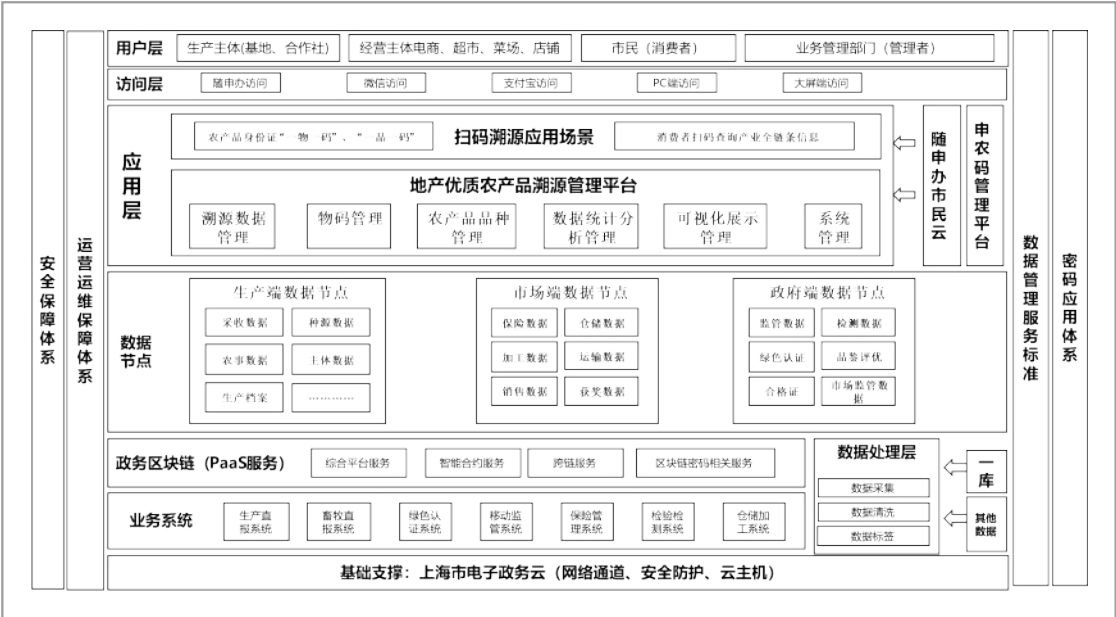


图1 “申农链”系统总体架构

2.1 数据存储与安全

“申农链”系统采用链上存证、链下存储的混合数据存储策略，有效解决了区块链存储容量有限的问题。具体而言，关键数据（如溯源码、主体信息、关键事件）存储在区块链上，而大量原始数据（如传感器采集的环境数据）存储在分布式数据库中，仅在区块链上存储数据哈希值。系统还采用了基于国密算法的加密技术，对敏感数据进行加密存储，确保数据在传输和存储过程中的安全性。同时，通过区块链的不可篡改性，为数据提供了可靠的审计追踪能力。

2.2 数据节点与数据采集

数据节点与数据采集层负责农产品全链条关键环节的数据采集与处理，是“申

农链”系统的基础支撑。数据采集层包含生产直报数据、申农码系统、农产品质量安全监管系统等多个子系统，分别负责不同环节的数据采集工作。其中，生产直报系统支持农户通过 APP 填报种植信息，包括地块范围、种植品种、农事记录等；农产品扫描二维码系统为每件农产品生成唯一溯源码，实现“一物一码”；质量监管与溯源系统则负责收集质检信息、监管记录等关键数据。

数据采集层采用标准化数据采集接口，确保了不同数据源的格式统一与互操作性。如表 1 所示，系统针对不同环节定义了标准化的数据字段，包括种植信息（品种、面积、种植时间）、农事信息（施肥、用药）、质检信息（农残、品质）等。人工录入的数据，录入主体需签订真实性承诺后再上链存证。

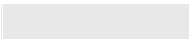
表1 申农码数据采集相关信息汇总

数据类型	标准化字段	采集方式	采集频率
种源信息	品种名称、品种编号、种子来源	人工录入、系统自动获取	种植前
生产信息	种植面积、种植时间、田间管理	现场采集、物联网设备	实时/每日
农事信息	施肥种类、农药使用、灌溉记录	人工录入	每次操作
质检信息	农残检测结果	实验室检测、快检设备	采收前
销售信息	产品批次、销售时间、销售渠道	人工录入、系统对接	销售时

2.3 应用层

应用服务层作为“申农链”系统的交互中枢，通过多维服务矩阵实现用户需求与技术能力的深度融合。该层面向政府监管机构、生产主体及消费者等多元角色，构建了包含业务管理平台、可视化大屏及移动端应用的立体化服务体系。其中，业

务管理平台作为核心枢纽，集成六大功能模块形成完整的业务闭环：物码管理模块采用“一物一码”机制，实现溯源码全生命周期管控；溯源管理模块构建农产品全链条追溯体系，支持多维度动态查询；品种管理模块建立标准化品种数据库，规范质量参数；主体管理模块通过信用评价体系实现生产主体全周期监管；统计分析模



块运用数据挖掘技术生成多维决策视图；系统管理模块则保障平台基础运行安全。

尤为创新的是“图、码、链”融合架构，基于“一张图”能力，将种植区域、监管点位等空间信息可视化呈现，实现“一图监管”的治理模式；通过“两码合一”设计，将溯源码与承诺达标合格证深度融合，消费者扫码即可获取全链条信息；区块链技术则构建信任基石，利用智能合约确保数据存证不可篡改，形成“生产、流通、消费”全链路可信追溯体系。这种技术融合不仅提升了监管效能，更通过可视化交互和可信数据流构建了农业数字化治理新范式。

3 技术创新点

“申农链”系统的技术创新围绕“可信溯源”核心目标，构建了“源头管控—过程可信—风险预警”三位一体的技术体系，三大核心创新形成递进式逻辑闭环：第一，“一图”驱动的精准确码机制从源头解决溯源码总量失控问题，通过 GIS 空间分析与产量估算模型，实现溯源码生成总量与实际产量的动态匹配，从根源上杜绝虚假溯源码的产生；第二，智能合约驱动的自动化上链机制保障数据上链过程的可信性与不可篡改性，通过链下多源采集与链上合约验证的协同架构，消除人为干预风险，确保全链条数据的真实可信；第三，扫码量预警机制构建事后风险监测防线，通过扫码行为特征分析与异常检测算法，及时发现溯源码重复使用与冒用行为。三大创新层层递进、相互支撑：精准确码从源头控制码量基数，智能合约保障数据上链可信，扫码预警实现风险动态监测，共同构建“事前预防—事中保障—事后监测”的

全链条可信溯源体系。

3.1 “一图”驱动的精准确码机制

为解决传统溯源中贴码数量失控、假冒伪劣产品泛滥的问题，本系统创新性地构建了基于地理信息系统的种植面积—码量动态控制模型，其技术实现路径如下：

如图 2 所示，系统整合多源空间数据，通过航空摄影测量，构建地块空间模型，测算出其实际种植面积，便可构建动态码量生成模型，即，对于任意品种 k 的农作物，系统采用以下公式进行贴码数量控制：

$$N_{total}^k = \sum_{i=1}^m A_i^k \times Y_i^k \times \alpha^k,$$

其中， N_{total}^k 为品种 k 农作物总贴码数量， A_i^k 为品种 k 农作物第 i 块上链地块的面积（单位：亩）， Y_i^k 为品种 k 农作物第 i 块地块的亩产量预估值（单位：千克/亩）， α^k 为品种 k 农作物贴码系数（通常取 1.1~1.2，主要考虑损耗和误差）。

该机制实现了贴码数量与实际产量的动态匹配，有效防止了“一码多用”或“一码多贴”的造假行为。例如，对于“南汇 8424 西瓜”，系统根据 GIS 地块种植面积以及亩产西瓜数量，确定溯源码发码上限数量，实现溯源码数量与实际产量相结合。

3.2 一物一码可信溯源

在标识体系设计上，申农链创新采用“一物一码+两码融合”体系，将市传统农产品合格证“申农码”与区块链溯源码深度融合，赋予每件商品唯一数字身份。通过锁定种植地块面积与预估产量，动态控制溯源码生成总量，从源头杜绝码量虚增风险。同时，打通多域数据壁垒，实现食



图2 “一图”驱动精准发码的西瓜农产品案例

品追溯码与区块链溯源码“两码合一”，构建跨委办、长链条的协同监管机制。数据分级授权设计进一步平衡透明性与隐私性：面向政府监管部门开放全量数据权限，支持快速定位问题产品；消费者端则提供精简结果性信息查询，兼顾信息可验性与隐私保护。

3.3 扫码量预警机制

为有效防范溯源码被重复使用和冒用的风险，“申农链”系统创新性地引入了扫码预警机制。该机制通过分析扫码次数的分布特征，建立异常预警模型：

$$P_{anomaly} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \delta_t,$$

其中， $P_{anomaly}$ 为异常概率， T 为时间窗口长度（如一周）， δ_t 为在时间 t 的扫码次数与历史平均值的偏差系数。当 $P_{anomaly} > \delta$ （阈值视具体情况和时间窗口进行动态调整）时，系统触发预警，及时发现溯源码被重复使用和冒用的风险。该机制已在“南汇8424西瓜”等农产品中成功应用，有效降低了假冒伪劣产品的流通风险。

3.4 智能合约驱动的自动化上链

针对传统农产品溯源数据上链的人为干预与篡改风险，“申农链”构建链下多源采集、标准化处理及链上合约存证的协同架构，依托智能合约自动化执行与验证机制，保障数据上链的真实性、完整性与不可篡改性。

智能合约的核心逻辑包含三个关键环节：

（1）链下数据预处理与标准化：多源终端采集的全链条数据接入数据中台，经预设清洗规则剔除无效数据后，按统一数据标准完成格式规范化与字段映射，生成标准化数据报文。数据清洗规则包括：字段完整性校验（必填字段非空检测）、格式合法性校验（日期格式、数值范围检测）、逻辑一致性校验（如采收日期不早于种植日期）。

（2）智能合约触发与上链：标准化报文通过加密接口传输至区块链网关，自动触发智能合约执行。合约触发条件定义为：当且仅当数据报文通过以下验证规则时，方可执行上链操作：1）主体身份验证：数据提交主体的数字签名与区块链注册身

份匹配；2）数据完整性验证：报文哈希值与预设模板结构一致；3）业务逻辑验证：种植面积、产量、码量三者满足动态控制模型约束；4）时间戳验证：数据提交时间在业务允许的时间窗口内。

验证通过后，合约将数据哈希值、核心字段、时间戳及主体签名等关键信息写入主链并生成唯一存证编号；校验失败则反馈异常并需重新提交，全程无人工干预。

（3）链上-链下一致性校验：采用该协同机制下的“链下存储原始数据、链上存储数据哈希”的混合存储模式，通过智能合约重算链下数据哈希值并与链上存证

比对，实现数据完整性溯源验证。

4 “申农链”实施效果与价值

“申农链”系统自试运营以来，已取得阶段性成效，为农业数字化转型提供了可复制、可推广的实践案例。本节将从应用成效、社会效益等维度系统阐述“申农链”的实施效果与价值，并与相似系统进行了全面的分析对比。

4.1 应用成效

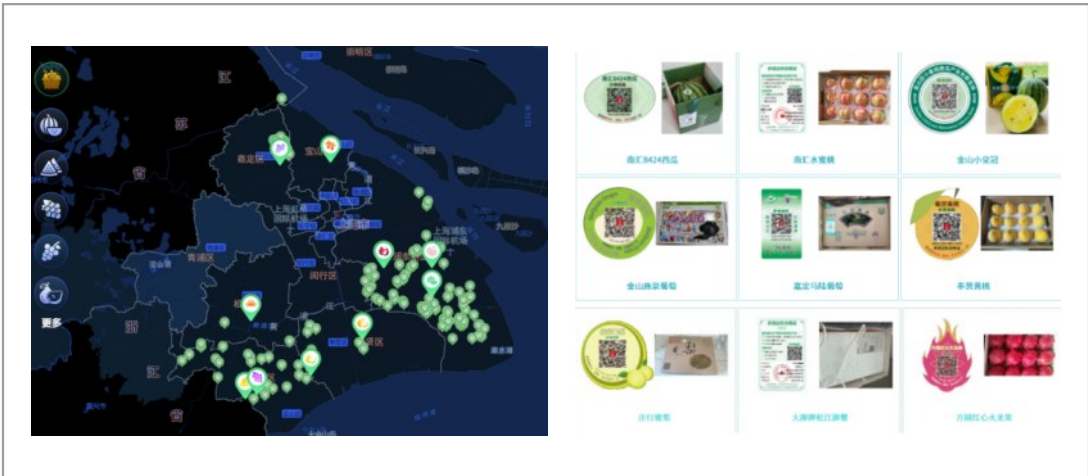


图3 “申农链”部分上链农产品及“一物一码”样例

截至2026年初，本系统完成了上海市28个地产优质农产品上链工作，如图3所示，其中以经济附加值较高的水果和品牌大米为主，有浦东“南汇8424西瓜”、嘉定马陆葡萄、奉贤黄桃、以及光明大米、崇明大米等。涉及110类包装，覆盖204家规模化种植主体，17.87万亩种植面积，上链数据超过608万条，生成溯源码超过1100万个。在链上智能合约调用方面，具

体统计数据详见图5，其展示了不同农产品种类及不同时节调用频次对比。

4.2 “申农链”与其他农业区块链系统的对比分析

与传统溯源系统及国内外同类区块链溯源平台相比，“申农链”在政务协同、防伪机制、数据融合三个核心维度形成显著

优势，具体如表 2 所示。

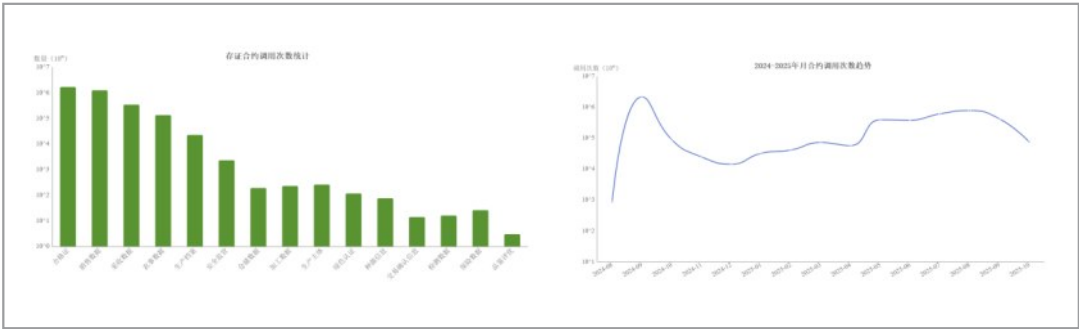


图 4 智能合约类型及调用频次统计

表 2 申农链与典型溯源系统对比分析

对比维度	传统溯源系统	国外区块链平台		国内同类型平台	申农链(本文项目)
		(IBM FOOD TRUST ^{[19][20]})			
数据可信度	低(易篡改、无权威背书)	中(分布式账本,缺乏政务背书)	中高(政务底座支撑,防伪机制有限)	高(政务区块链+哈希校验)	
防伪机制	单一贴码(易伪造)	节点验证(无产量关联)	基础溯源码(无动态预警)	溯源码发码量控制与异常扫码量预警(双重防伪)	
跨部门协同	低效(数据孤岛、异步传输)	跨境协同(国内政务适配不足)	省内协同(跨委办贯通有限)	跨委办实时协同(两码合一)	
技术融合度	单一数据库	区块链+IoT(无地理信息融合)	区块链+政务数据(无物码整合)	区块链+GIS+物码(多技术融合)	
溯源码数量	无限制	无产量关联	无动态预警	依据上链地块面积核算发码量	
经济效益	无数据支撑	缩减追溯周期	亩均增收 9%—30%	品牌溢价 15%—25%	

5 结束语

“申农链”系统通过区块链与 GIS 融合，探索解决传统农产品溯源的可信度、融合与防伪痛点，实现全链条数据自动化上链与动态监管。目前已覆盖 28 个品类、17.87 万亩面积，上链数据超 608 万条，提升市场透明度和品牌价值。与同类系统相

比，其政务协同与多技术融合更优。未来可优化扩展性，融入物联网与人工智能技术，推动跨区域智能化溯源，为农业数智化转型发展贡献经验。

参考文献：

[1] 金澈清,陈晋川,刘威,等. 政府治理大数据的共享,集成与融合[J]. 大数据, 2020, 6(2): 14. DOI:10.11959/j.issn.2096-0271.2020012.

- [2] Pang S, Teng S W, Murshed M, et al. A survey on evaluation of blockchain-based agricultural traceability [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2024, 227: 109548.
- [3] Xiong H, Dalhaus T, Wang P, et al. Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale [J]. Frontiers in Blockchain, 2020, 3: 7.
- [4] Krithika L B. Survey on the Applications of Blockchain in Agriculture [J]. Agriculture, 2022, 12 (9): 1333.
- [5] Liu W., Shao X.-F., Wu C.-H., & Qiao P. A systematic literature review on applications of information and communication technologies and blockchain technologies for precision agriculture development[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 298: 126763.
- [6] Guruprakash J., & Koppu S. EC-ElGamal and Genetic Algorithm-Based Enhancement for Lightweight Scalable Blockchain in IoT Domain[J]. IEEE Access, 2020, 8: 141269-141281.
- [7] 张召、田继鑫、金澈清. 链上存证, 链下传输的可信数据共享平台[J]. 大数据, 2020, 6(5): 12. DOI:10.11959/j.issn.2096-0271.2020047.
- [8] Liu Z, Yu X, Liu N, et al. Integrating AI with detection methods, IoT, and blockchain to achieve food authenticity and traceability from farm-to-table[J]. Trends in Food Science & Technology, 2025: 104925.
- [9] Wang X, Wu Q, Zeng H, et al. Blockchain - Empowered H - CPS Architecture for Smart Agriculture[J]. Advanced Science, 2025: 2503102.
- [10] 武雅娟, 苏本营, 李晶, 等. 基于区块链技术的特色农产品质量供应链设计研究: 以“门头沟京白梨”为例 [J]. 中国农学通报, 2022, 38(33): 152-157. DOI:10.11924/j.issn.1000-6850. casb2021-1188.
- [11] 山东区块链研究院. 基于迪诺链的 IOT 直连上链农产品全流程溯源平台. 中国信息通信研究院区块链数字信任产业成果报告, 2023.
- [12] 辰宜科技. 博流分布式多模数据库在农业数字化转型中的应用. 中国农业数字化创新实践报告, 2025.
- [13] KAMILARIS A, KARTAKOULLIS A, PRENAFETA-BOLD F X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains [J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 93: 83-94. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.07.034.
- [14] 江门市五邑公证处. 公证溯源赋能优质农产品品牌建设——五常大米公证溯源项目实践 [J]. 中国公证, 2025, (10): 45-48.
- [15] 农业农村部信息中心. “区块链 + ”蔬菜质量追溯创新应用典型案例 [R]. 北京: 数字中国建设典型案例汇编, 2024: 112-118.
- [16] 广州市市场监督管理局. “区块链 + AI + 食品溯源”保障“菜篮子”安全 —— 广州食用农产品溯源平台建设实践 [J]. 中国市场监管研究, 2024, (5): 67-72.
- [17] Tahayur D H, Al-Zubaidie M. Enhancing electronic agriculture data security with a blockchain-based search method and e-signatures[J]. Mesopotamian journal of Cybersecurity, 2024, 4(3): 1-21.
- [18] CASTRO M, LISKOV B. Practical Byzantine Fault Tolerance [C]// Proceedings of the 3rd Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '99). New Orleans, LA, USA: USENIX Association, 1999: 173-186.
- [19] Nguyen H, Do L. The adoption of blockchain in food retail supply chain: Case: IBM food trust blockchain and the food retail supply chain in Malta[J]. 2018.
- [20] CHEN C Y, LONG A M. Introduction to big data and analytics: How IBM food trust uses big data in food supply chain [M]. New York: Wiley, 2021: 45-62.

作者简介



陈旭（1984-），男，硕士研究生，上海市大数据中心，高级工程师，主要从事公共数据资源管理与开发利用、区块链及人工智能应用研究。



张华生（1992-），男，学士，上海市大数据中心，助理工程师，主要从事农业数字化系统建设与应用。



薛立德（1994-），男，博士研究生，上海市大数据中心，在站博士后，工程师，主要从事区块链、人工智能、AI智能体、信息安全等方面的研究。

收稿日期: XXXX-XX-XX
通信作者: lide_xue@fudan.edu.cn
基金项目: 申农码编码及应用技术规范[沪农委[2024]204号](Y-NA-031-2024)

Foundation Items: