

基于区块链技术的透明农场

王秀娟^{1,2}, 华净^{1,3}, 康孟珍^{1,2}, 王浩宇^{1,4}, 袁勇^{1,2}, 王飞跃^{1,5}

(1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室, 北京 100190;

2. 青岛智能产业技术研究院, 山东 青岛 266111;

3. 中国科学院自动化研究所北京智能化技术与系统工程技术研究中心, 北京 100190;

4. 青岛中科慧农科技有限公司, 山东 青岛 266109;

5. 中国科学技术大学计算机与控制工程学院, 北京 100049)

摘要: 随着新型农业经营模式的发展, 消费者可远程对种植者提出种植要求, 从而满足其对高品质农产品的需求。农业供应链的利益相关者除了包括消费者和种植者, 还包括农场经营者、农资提供方、农技提供方以及第三方监管和金融服务方等。如何构建诚信社区, 保障各方利益, 实现可持续发展, 是一二三产业融合的新型农业模式需要解决的课题。对于有多种利益相关者的农场经营模式, 智能合约提供了一种信用保障机制, 因此提出了基于智能合约的线上农场平台框架, 以区块链技术构建一个与线下相对应的可信任透明社区。与传统的溯源系统不同, 该平台利用数据的去中心化管理、不可篡改的特点, 通过不同数据的相互校验保证数据的真实性, 增加数据作假的成本, 从而达到构建可信任农业社区的目的, 以期为保障互联网农业的数据有效性、新型农业经营模式的有序发展提供支持和保障。

关键词: 区块链; 智能合约; 农业生产管理平台; 社区支持农业; 共享农业; 农业大数据

中图分类号: S-1

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-6652.201944

Transparent farm based on blockchain technology

WANG Xiujuan^{1,2}, HUA Jing^{1,3}, KANG Mengzhen^{1,2}, WANG Haoyu^{1,4}, YUAN Yong^{1,2}, WANG Fei-Yue^{1,5,6}

1. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

2. Qingdao Academy of Intelligent Industries, Qingdao 266111, China

3. Beijing Engineering Research Center of Intelligent Systems and Technology, Beijing 100190, China

4. Qingdao AgriTech Co., Ltd., Qingdao 266109, China

5. The School of Computer and Control Engineering, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: With the development of new types of agricultural business mode, consumers can send orders remotely to the growers, in order to satisfy their high requirements for the safety of agricultural products. In addition to consumers and growers, stakeholders of agricultural supply chain include farm managers, agricultural input suppliers, agricultural knowledge suppliers and third-party regulators and financial service providers. Therefore, how to build a trustworthy community, to protect the benefit of all parties and achieve sustainable development are challenges that are faced by new farming business mode. For farm managing mode with multiple stakeholders, smart contracts provide a credit guarantee mechanism. An online farm platform based on smart contracts, which constructs a trustworthy community corresponding to the offline one with blockchain technology was proposed in this paper. Differing from traditional traceability systems, the

收稿日期: 2019-10-09; 修回日期: 2019-11-20

通信作者: 康孟珍, mengzhen.kang@ia.ac.cn

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.31700315, No.61533019, No.71702182); 中国科学院与泰国科技发展署合作研究基金资助项目 (No.GJHZ2076)

Foundation Items: The National Natural Science Foundation of China (No.31700315, No.61533019, No.71702182), CAS-NSTDA Joint Research Program (No. GJHZ2076)

characteristics of the decentralized data management and non-tamper ability were utilized, and the authenticity of data through the mutual verification could be ensured. These methods increase the cost of data fraud, and thus achieve a trustworthy agricultural community. This work aims at ensuring the data validity in Internet+ agriculture, and supporting the orderly sustainable development of emerging agricultural management mode.

Key words: blockchain, smart contracts, agricultural production management platform, community supported agriculture, shared agriculture, agricultural big data

1 引言

透明农场的理念是让消费者直接看到上游生产端的健康生产过程,建立消费者和生产者的信任体系,进而发展订单农业,实现按需生产,减少资源的浪费。目前,国内已有以安全生产为己任的生产者在尝试践行透明农场,采用的方式包括在园区架设传感器、摄像头等,使得消费者可远程查看数据。由于传感器、摄像头等设备的成本较高,视频数据虽然直观但只能看到表面情况,对于大面积的种植区来说,不适宜采用视频布设。有些农场则采用农场日志,利用图文并茂的微信公众号进行传播。

党的十九大报告作出了实施乡村振兴战略的重大决策部署。2018年1月,《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》由中共中央、国务院发布,提倡构建农村一二三产业融合发展体系,鼓励支持发展基于互联网的新型农业产业模式。例如,海南在关于乡村振兴战略的实施意见中,提出以“共享农庄”为抓手推进农村一二三产业融合发展,发展乡村共享经济。共享农庄包括基于互联网的房、院、地的共享,其中共享农场更强调土地及其种植经营的共享、盘活闲置农业资源。与共享农场理念类似,社区支持农业(community supported agriculture, CSA)作为一种合作的可持续农业生产模式,早已开始发展,并从最初的共同购买、合作经济衍生出更多食品网络创新协作模式,是生产者与消费者在共同面对食品安全问题时做出的一种选择。基于中国农业以小农户为主的现状,近年来,产生了农业生产托管方式,即在不流转农户等经营主体的土地经营权的条件下,将农业生产中的耕、种、防、收等全部或部分作业环节委托给农业生产性服务组织完成的农业经营方式。这些组织直接完成或协助完成农业产前、产中、产后各环节作业的社会化服务,从而使得更多的专业经营方参与到农业产业中。

无论自发产生的透明农场还是政策导向的共

享农场或农业托管,都存在本地种植、远程参与的情况,需要建立远距离相互信任的机制。一方面原因是消费者对高品质、个性化农产品和田园生活的需求,另一方面原因是种植者及时卖出农产品、劳有所获的诉求。“互联网+农业”提供了一个连接消费者与生产者的平台,以共享思维进行线上线下互动。然而,远程的信息管理与共享如何保证信息的可信度、真实反映参与方的信用,是农业大数据平台的共性问题^[1]。与农业保险、农业期货结合,发展订单农业,对信息的可信度提出了更高的要求。

区块链技术起源于2008年的比特币技术^[2],其主要特点是分布式总账(distributed ledger)、共识信任(consensus-based trust)、非对称加密(asymmetric cryptography)、智能合约(smart contract)和时间戳(time stamp)等^[3-5]。区块链技术可以在没有中央权威机构的情况下,使互相协作的彼此建立起信心,是用数学方法解决信任问题的产物。其基本思想是建立一组互联网上的“公共账本”,网络中所有的用户共同在账本上“记账”与“核账”,以保证信息的真实性和不可篡改。近年来,区块链技术已应用于金融^[6]、物流^[7]、能源^[8]、交通^[9]以及保险^[10]等不同领域。

智能合约的概念产生于1994年,由密码学家Szabo首次提出^[11-12]。对智能合约的研究大多是在区块链技术上进行的。广义来说,智能合约是一种计算机协议,一旦部署就能实现自我执行和自我验证,并且在分布式计算、物联网等领域都有广阔的前景。对智能合约的研究主要集中在智能合约的运行环境、技术平台、合约协议以及应用场景推广等方面^[13]。从本质上来说,智能合约是由事件驱动的、具备状态的、部署于可共享的分布式数据库上的计算机程序。自2016年起,以以太坊(Ethereum)^[14]为代表的智能合约技术受到不同领域的关注^[15]。

本文提出利用农业数据平台和区块链的核心技术之一——智能合约^[12]为透明农场的可持续发展建立技术保障。

2 农场生产管理平台

对于种植业来说,影响农产品最终质量的很重要的因素是农业投入品(种、肥、药等)^[16]。因此,投入品的记录和管理是建立透明农场的关键。目前国外有很多透明农场的平台,例如 Farmers Business Network、My AgData 等,满足一定的数据管理要求的农场可获得 Ag Data Transparent 的认证。Farmers Business Network 旨在构建农业上下游的产业网络,关注与生产过程相关的数据,打造农产品的价格透明数据平台、农产品投入品的透明数据平台。这类平台对打破中国农户面对的农资信息不透明、产销信息不透明的现状有借鉴意义。除了生产过程的记录,农业数据管理平台还具有种植计划的制订和管理的功能^[17],有助于规模化经营的农户有效利用土地、时间以及人力资源,提高管理效率。

近年来,随着信息技术的飞速发展,特别是云计算、物联网等新技术的成熟应用,信息技术在农业生产方面得到了广泛应用。国内出现了各种围绕智慧农业的信息采集、管理、服务系统,涉及农业环境^[18-19]、生产管理^[20]、病虫害预警诊断^[21]、土地信息管理^[22]、农机系统^[23]、农业大数据管理及溯源系统^[24-25]等。

种植过程中的投入品信息是生产管理平台的重要数据内容。对于种植农业来说,影响农业生产的还有自然环境信息和社会环境信息。自然环境信息包括物联网监测的数据,例如温室内部的温度、光照、湿度等,也包括开放数据平台的大田环境的气象信息;社会环境信息包括农产品价格等。不同来源的数据构成了农田或农场画像的基础。

虽然农业管理与控制平台众多,但仍存在集成服务水平不高,缺乏与产业链的深度融合,政府引导的示范项目多,农户自主实施的系统少等问题,缺少类似 Farmers Business Network 或 Climate Corporation 这类有大量用户的平台。种植端小农户群体的特征、土地性质等在很大程度上制约了信息化的进程。然而随着专业托管服务、新型经营模式的兴起,新一代农业群体的发展为农业信息化平台的发展带来了机遇。

3 基于区块链技术的线上社区网络

现有农业数据管理平台普遍由某个机构经营,是一种中心化的数据管理架构。在技术上未能避免

管理数据的机构主动修改数据或在用户要求下修改数据的情况,同时,产业链上的参与方也未能参与数据的管理过程。

在新型农业经营模式下,数据的记录者与其他主体可共同构成一个线上农业社区。信息平台可通过透明的方式解决参与主体众多且分散的数据管理问题;通过使用区块链技术,使得单方面的数据篡改难以实现。一个区块链技术支撑的线上农业社区网络如图1所示。

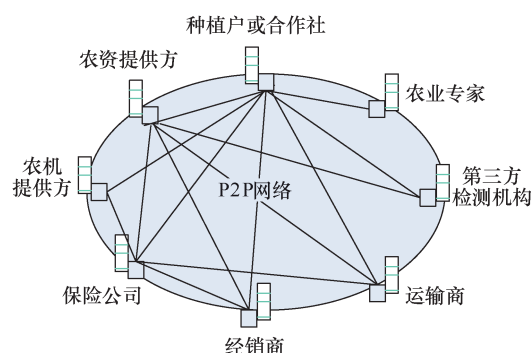


图1 区块链技术支撑的线上农业社区网络

除了用户自行记录的数据外,农业物联网的数据也需保证真实有效性。基于区块链技术,农业溯源系统可脱离各自为政的局面,参与方可共同建立一个分布式网络,用共识算法构建可复制、共享的数据记录系统^[26-27]。从农业产业链的源头(种植)开始,通过互联网和物联网,种植户、检测方、经销商等所有参与者都可以在区块链上记录相关信息。一旦记录被整个网络识别,参与方将不能单方面改动。因此,不仅信用得到了保证,而且降低了成本,营利能力增强。

4 系统设计与功能

4.1 农场信息管理系统架构

基于区块链技术的农场信息管理系统旨在保障数据的透明、可靠,构建线上的透明农场。农场信息管理系统架构如图2所示。

(1) 注册中心

与比特币网络的匿名性不同,农业透明农场需要明确数据由谁提交、谁对数据的准确性和及时性负责,因此农业透明农场必须包含身份认证的功能,这是注册中心担负的任务。注册中心可以不处理任何具体的农业数据,只负责用户注册。这里的用户指的是需要向平台提交数据的用户,主要包括

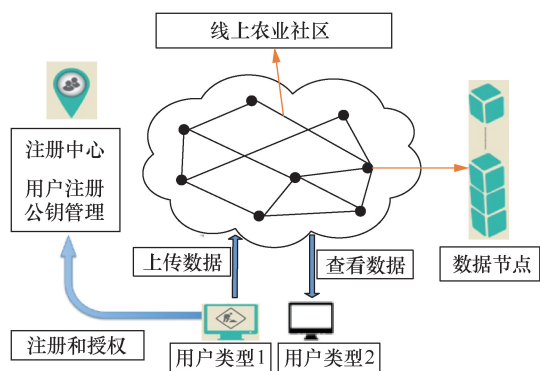


图2 农场信息管理系统架构

农业机构，也包括种植者、合作社或专业种植服务公司，也可以包含上下游的公司，比如农资公司、检测机构、运输公司、存储公司、销售公司、终端消费者等。

注册中心接收用户的注册，通过线下或线上的手段（通常是身份证件、营业执照副本等）验证用户的真实身份。身份验证完成后，用户通过RSA加密算法产生一对密钥，私钥由用户自行严密保存，公钥被上传至注册中心，通过注册中心与本公司的账号进行绑定，完成用户注册流程。

当用户将数据上传到平台时，除了农场信息之外，还需要使用私钥对每个数据进行数字签名。由于注册中心保存了每个用户对应的公钥，任何人都可以确认数据上传者的真实身份。这个认证过程具有双重含义：对于查询者来说，数据源可以被确认；对于数据上传者来说，可以有效地避免恶意攻击者冒充身份上传假数据。

(2) 数据节点

透明农场信息平台所涉及的数据主要包括农场数据、环境数据。其中，农场数据包括静态基础数据（农场位置、经营者、地块等）和动态生产过程数据（何时种植什么、进行什么管理）；环境数据包括社会和物理的环境监测数据，前者可基于爬虫技术获取^[28]，后者可通过物联网技术获取。数据节点是系统的主体，众多数据节点形成一个点对点分布式网络，相互之间以消息进行通信。每个数据节点都以服务器模式运行，它们具有以下职责。

- 接收用户的数据上传请求。验证数据的合法性，并将合法数据向其他节点广播。有权限的用户可以向任何数据节点发起请求并上传格式化的数据。数据节点收到请求后，首先验证数据格式的正确性，并向注册中心查询数字签名的有效性。通过验证后，数据将被保存到本地数据缓存池中，同

时该数据节点向其他数据节点广播这条数据。

- 接收其他数据节点的广播数据。每个数据节点需要接收来自其他数据节点的广播数据，判断其是否存在于区块链中，或者它是否已存在于本地数据缓存池中。如果两者均否，则确认为新数据，并存储在本地数据缓存池中。

- 整理区块数据。通过其他数据节点接收用户上传数据和广播数据，每个数据节点维护一个未归档数据的缓存池。当数据积累到一定程度时，数据节点根据预定义的格式将它们组织成单个区块，并将该区块作为区块链中的下一个备选区块。

- 发送和接收区块广播数据。每当一个数据节点准备一个备选区块时，将该区块广播给其他节点，同时也准备接收由其他数据节点广播的替代区块。由于所有数据节点并行运行，因此可能会产生不同的下一个备选区块。

- 运行分布式共识算法。由于存在多个备选区块，因此需要使用共识算法来确定下一个备选区块。如前所述，根据不同的情况，可以使用几种算法。形成共识后，每个数据节点都会收到此结果，将新区块记录在本地区块链中，并删除已进入区块链的高速缓存池中的数据，准备好运行下一轮共识算法。

(3) 用户

平台用户大致可以分为两类：一是需要上传数据的用户（例如种植者），他们应该在注册中心进行注册并维护其数字签名的私钥；二是查看数据的用户（例如终端消费者），他们可以向数据节点发出查询请求并获得结果。通常查看数据的用户不需要注册，但是作为最终用户时，他们是这个系统的重要组成部分。

4.2 系统功能

本节描述所开发的面向种植者的农场信息管理系统功能。平台中大多数服务功能分为后端层和前端层，后端层包含产生结果的所有业务逻辑，前端层是一个描述后端产生的通知的组件（portlet）。后端层使用面向服务的架构（service-oriented architecture, SOA）提供的接口，以实现与系统控制器的连接。具体地，在后端层，服务可以从系统获取数据，例如传感器数据或产品数据，并根据其功能通知农民。系统的主要功能有：用户管理、机构信息、环境监测、生产档案、产中管理、问答管理、商品管理、仓储管理、营销管理、个人中心、铃铛提醒。具体功能如图3所示。

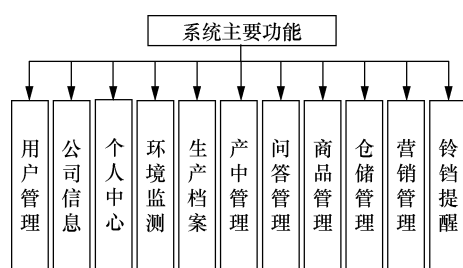


图 3 农场信息管理系统功能

(1) 用户管理、公司信息及个人中心

用户管理包括对平台注册、登录及信息修改等的管理。

公司信息包括基本信息、人员信息和下属机构信息。可对机构基本信息、下属机构信息、人员信息进行维护。

个人中心包括基本信息、修改密码、消息公告、在线帮助文档。基本信息用于维护个人的基本信息，修改密码用于修改登录密码，消息公告用于接收系统公告，在线帮助文档可查看帮助文档。

(2) 环境监测

环境监测包括监测数据和监测设备。可通过监测数据查看各大棚内环境监测设备的实时数据和历史数据以及实时视频。监测设备可对环境监测设备进行删除、添加等操作。

(3) 生产档案

生产档案包括基地信息、地块信息、农资信息和农资购买信息，可通过系统对以上基础生产档案信息进行维护。

(4) 产中管理

产中管理包括种植计划、种植管理、历史任务、任务发布、任务提醒、作物生长记录、农事操作，可制订种植计划、维护种植信息、进行任务交互、记录种植过程中的作物生长情况、进行农事操作信息维护。

根据种植计划，以甘特图的形式展示不同年月（如从种植开始时间到预计上市时间以及从预计上市时间到种植结束时间）的各项种植安排的地块名称、种植面积等。

(5) 问答管理

在农业生产过程中，种植户有疑问时，可通过问答管理与技术人员进行问答交互，寻求相应的指导。

(6) 商品及仓储管理

商品管理指对待销售的农产品（商品）进行基

础信息维护。仓储管理指对收获后的农作物进行管理，包括对入库、库存和出库的管理。

(7) 营销管理（微信下单）

营销管理包括基地履历、产品履历、商品一键购、微信设置、订单管理，可完成对农产品的微信营销。其中，基地履历、产品履历和商品一键购用于生成可供分享的页面，可转发至微信群或朋友圈推广；基地履历、产品履历分别维护基地和商品的溯源信息；商品一键购维护商品价格、运费及与商品相关的履历等信息；微信设置是公司实现微信支付的前提，需绑定微信公众号及其他相关信息；订单管理对订单和发货信息进行管理。

(8) 铃铛提醒

铃铛提醒用于任务和问答部分的交互提醒。以问答为例，种植员提出一个问题后，分管的技术员会收到铃铛提醒，并显示问题数量，可进行快捷作答。同样地，技术员回复后，种植员可收到相应的提醒，并显示数量。

5 系统实施

以种植端的生产管理为例说明区块链中包含的信息及系统设计示例。

5.1 区块链中的种植信息

如前所述，种植信息包括相对稳定的基地静态信息和种植过程的动态信息。一个典型的静态种植信息的数据结构见表 1。这些信息的唯一标签被定义为全局标识（表 1 的第一项），所有记录必须包含该标识。静态种植信息用来记录时间上变化不大的信息。

表 1 静态种植信息的数据结构

字段	含义
Identity	全局标识符
geographical-location	地块经纬度
planting-time	种植开始时间
crop-name	作物名称
grower-name	种植机构名称
field-id	地块标签
grower-name	种植经营者姓名

动态种植信息包含农事作业的信息。动态种植信息的数据结构见表 2。该数据结构需具有通用性，以包含浇水、施肥等不同类型的农事操作及其他操作。每项数据记录作为一个数据结构被存入区块链中。

表2 动态种植信息的数据结构

字段	含义
Identity	全局标识符
time	操作的时间
location	操作的地点
operator	操作者身份
person	操作的责任人
operation-type	操作的类型, 如定植、浇水、施肥、收获、包装、存储、销售等
input	涉及的农资和用量
memo	备注
digital-signature	操作者的数字签名

链中保存的数据结构均以类 JSON 的形式编码, JSON 是一种简易、可读性强的编码形式, 且解析方便。更重要的是, 它的树形结构天然具有可扩展性, 当后期需要添加更多的种植信息到链中时, 现有的结构依然具有兼容性。

5.2 系统架构

基于区块链技术的种植端生产管理系统架构如图4所示^[3,8,13]。这里分别给出权限管理与生产过程管理的例子。数据层负责数据的分布式存储与管理, 网络层负责数据的传输, 共识层负责数据的校验机制等, 激励层负责评价和激励机制的设定, 合约层负责自动触发的规则的实施(如种植的农产品在快到采收期时自动上架), 应用层则是面向用户的系统, 例如农场信息管理系统。

虽然底层采用相同的数据库, 但是透明农场面向不同的利益相关者需提供不同的客户端。面向生产者, 系统需提供信息的录入、查看、编辑等功能; 面向消费者, 系统则主要提供信息的查看功能, 随着参与式保障农产品安全新模式^[29]的发展, 系统需为更多的消费者提供直接安排远程农事管理任务的功能。为实现上述目的, 系统设计采用微服务的理念, 使得各个模块可相对独立地进行开发和授权。

系统平台的软件架构需要充分考虑平台的可扩展性以及能够支持的并发访问量, 同时要考虑支持物联网设备、手机 App 和 Web 等不同类型的终端。物联网设备的服务端采用了 Java 语言和 Netty 网络库, 并选用时序数据库 Influxdb。Netty 是基于事件循环模式的网络库, 该模式非常适用于物联网的场景, 其并发效率远高于普通的线程模式, 可以满足单机 10 万台设备的并发需求。Influxdb 是目前主流的时序数据库, 其针对时间序列数据做了特殊的优化, 可以高效地实现时序数据的存储、检索和统计。

平台的 Web 服务采用前后端分离的方式, 后端不负任何用户界面 (user interface, UI), 仅以应用程序接口 (application programming interface, API) 的形式提供数据, 供 App 和浏览器访问。Web 后端采用微服务的设计方式: 单独的模块用 Java 语言和 JAX-RS 实现, 部署在 Tomcat 服务器上; 模块之间以 JSON 格式的数据相互通信; 所有的模块由注册中心负责管理。

为了快速开发和便于研发人员交流, App 和 Web 前端采用以 JavaScript 为核心的技术方案。平台选用



图4 基于区块链技术的种植端系统架构

React 库,不仅可以用于 Web 的开发,还可以用于手机 App 的开发,可以实现开发技能以及部分代码在 Web、IOS、Android 3 个平台上的复用。

图 5 给出了一个农场信息管理系统数据记录界面示例。通过生产过程记录的页面,用户可选择农事操作类型以及记录相关的文字和图片,或自行定义。图 6 表示了一个网纹瓜生产过程动态数据的树状展示,可在手机端和 PC 端查看。

图 5 农场信息管理系统数据记录界面示例

消费者可通过生产管理平台实时查看种植过程、环境条件以及农艺措施等信息,深入了解农产品从种植到采收的全过程。结果可以以生长树的方式直观地呈现。图 6 所示的网纹瓜的完整生产动态信息可以与基地信息结合,在微信等平台进行转发分享。

农业生产区块链涉及农业生产的各个参与方,如农户、农资提供方、检测方、收购方、监管方等,其中部分参与方之间会有购买、合作、垫资、回款

等合约。在农业区块链的基础上,这些线下的合约可以部分转移到线上,以智能合约的形式存在,满足条件自动触发,例如在产量达到一定条件时自动触发给农资方付款的行为,这将大大节省履约成本。

6 结束语

本文介绍了面向农场数据分享的农业生产管理平台以及基于智能合约构建可信互联网社区的方法,旨在解决数据可信度的问题。首先,整个平台是一个分布式的点对点平台,其数据节点由各个参与方分别维护,通过算法实现数据节点间的一致性和数据一致性,不存在单一的私人数据库。因此,一旦数据进入分布式网络,形成共识,就难以再进行修改,以此解决了数据可信性的问题。

本文提出的农业生产管理平台可以记录生产和供应链中的详细操作。常见的溯源系统用二维码的记录方式进行回溯,这样一来,有限的信息往往被记录在溯源系统中,如种植者和农产品的位置,而生产过程的动态信息(如肥药使用的时间及内容)常常是未知的。本文则通过记录不同角度的数据反映生产过程。其原理在于作物生长有着内在规律,在给定的环境、种植面积等条件下,可采收的农产品会在一个给定的范围内。多维度的信息可以用于相互验证和检查。例如基于环境数据可以比较准确地估计农产品的上市时间^[30],如果农产品的实际销售上市时间远远偏离预期,则存在数据作假的可能。

在农业区块链构建中,如何低成本地实现此技术,使其适合农业应用是必须考虑的问题。作为区块链技术的典型应用,比特币的挖矿过程因为消耗巨大而被人诟病。对于农业来说,在涉及金融服务之前,主要的目的是构建透明的可信任的产销社区。

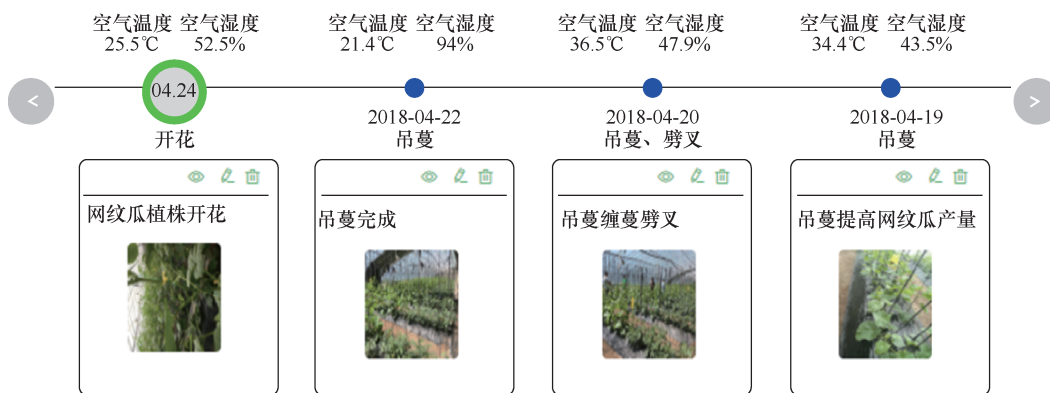


图 6 网纹瓜的生产过程记录树状图

在这种背景下, 主要的需求是卖出产品和买到好产品, 在社区中构建联盟链将是较为便捷的选择。

进入区块链的数据难以被篡改, 但如何保证数据在进入区块链时的真实性也仍是一个挑战。物联网的数据由设备自动写入, 人为干预的影响小。而有些数据, 例如农事操作, 主要还是手工录入, 主管或客观上均存在偏离实际的可能。必须认识到, 一项信息技术的应用不能保证完全避免数据作假的风险, 但是作假的风险和成本却是可以增加的。例如, 可以从农产品检测结果推测投入品的使用情况。对于有质量要求的农产品的种植者, 需考虑隐藏操作过程的风险。技术的设计使得用户不愿去作假的风险, 这样就起到了效果。只要种植者对自己的种植过程足够有信心, 愿意开放数据, 那么就有多方数据能佐证其真实性, 而且数据的不可篡改和可回溯保障了其信用, 这对用心做健康农业种植的用户来说是个正向激励。反过来, 如果试图在记录时修改数据, 那么这个修改很可能需要很大的代价, 远大于修改数据带来的获益。

进一步, 以生产经营中产生的数据为基础, 可以进行评价体系的设计。事实上, 在目前的农业托管服务实践中, 已开始了对农事管理的打分、与农产品收购价挂钩的做法。数据完整性、操作规范性均可以作为量化的内容。在与产业模式深度融合的情况下, 有望产生真正的农业大数据以及可操作的有机或无公害农业数据标准。

透明农场理念的推广可能会存在阻力。由于平台的开放性, 参与平台的机构上传的数据会被参与方看到, 这意味着原来可能被视为商业秘密的部分数据, 也会被开放给参与方。但是, 可以通过选择不同的数据应用标准来避免该问题。技术上的可行性和市场缺口昭示着区块链技术在农业领域应用的巨大契机。区块链与新兴农业经营模式的结合, 有助于推进一二三产业融合的健康生态农业的发展。

参考文献:

- [1] KAMILARIS A, KARTAKOULLIS A, PRENAFETA-BOLDÚ F X. A review on the practice of big data analysis in agriculture[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 143: 23-37.
- [2] NAKAMOTO S. Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system[Z]. 2008.
- [3] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. *自动化学报*, 2016, 42(4): 481-494.
YUAN Y, WANG F Y. Blockchain: the state of the art and future trends[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2016, 42(4): 481-494.
- [4] YUAN Y, ZHOU T, ZHOU A Y, et al. Blockchain technology: from data intelligence to knowledge automation[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43(9): 1485-1490.
- [5] 袁勇, 王飞跃. 平行区块链: 概念、方法与内涵解析[J]. *自动化学报*, 2017, 43(10): 1703-1712.
YUAN Y, WANG F Y. Parallel blockchain: concept, methods and issues[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43(10): 1703-1712.
- [6] 王硕. 区块链技术在金融领域的研究现状及创新趋势分析[J]. *上海金融*, 2016(2): 26-29.
WANG S. Analysis of research status and innovation trend of blockchain technology in the financial field[J]. *Shanghai Finance*, 2016(2): 26-29.
- [7] 张旭凤, 宛如星, 郑忠义. 基于区块链技术的农产品物流信息系统模式[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(15): 263-268.
ZHANG X F, WAN R X, ZHENG Z Y. Agricultural logistics information system model based on blockchain technology[J]. *Jiangsu Agricultural Science*, 2019, 47(15): 263-268.
- [8] 张俊, 高文忠, 张应晨, 等. 运行于区块链上的智能分布式电力能源系统: 需求、概念、方法以及展望[J]. *自动化学报*, 2017, 43(9): 1544-1554.
ZHANG J, GAO W Z, ZHANG Y C, et al. Blockchain based intelligent distributed electrical energy systems: needs, concepts, approaches and vision[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2017, 43(9): 1544-1554.
- [9] 俞光耀. 长三角城市轨道交通互联网出行与区块链应用探索[J]. *隧道与轨道交通*, 2019(2): 1-6.
YU G Y. Exploration on application of internet and block chain in urban rail transit in yangtze river delta region[J]. *Tunnel and Rail Transit*, 2019(2): 1-6.
- [10] 陈巍. “区块链+保险”的现状、关键问题和未来展望[J]. *上海保险*, 2019(9): 46-49.
CHEN W. “Blockchain + Insurance” status, key issues and future outlook[J]. *Shanghai Insurance*, 2019(9): 46-49.
- [11] SZABO N. Formalizing and securing relationships on public networks[Z]. 2017.
- [12] 叶小榕, 邵晴, 肖蓉. 基于区块链、智能合约和物联网的供应链原型系统[J]. *科技导报*, 2017, 35(23): 62-69.
YE X R, SHAO Q, XIAO R. A supply chain prototype system based on blockchain, smart contract and internet of things[J]. *Science & Technology Review*, 2017, 35(23): 62-69.
- [13] 贺海武, 延安, 陈泽华. 基于区块链的智能合约技术与应用综述[J]. *计算机研究与发展*, 2018, 55(11): 112-126.
HE H W, YAN A, CHEN Z H. Survey of smart contract technology and application based on blockchain[J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2018, 55(11): 112-126.
- [14] BUTERIN V. A next-generation smart contract and decentralized application platform[Z]. 2017.
- [15] WANG S, OUYANG L W, YUAN Y, et al. Blockchain-enabled smart contracts: architecture, applications, and future trends[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2019, 49(11): 2266-2277.
- [16] 高远新. 农业投入品对农产品质量影响探讨与对策[J]. *新农业*, 2019, 887(2): 38.
GAO Y X. Impact of agricultural inputs on the quality of agricultural products[J]. *New Agriculture*, 2019, 887(2): 38.
- [17] 康孟珍, 王秀娟, 华净, 等. 平行农业: 迈向智慧农业的智能技术[J]. *智能科学与技术学报*, 2019, 1(2): 107-117.
KANG M Z, WANG X J, HUA J, et al. Parallel agriculture: intelligent technology toward smart agriculture[J]. *Chinese Journal of Intelligent Science and Technology*, 2019, 1(2): 107-117.
- [18] 卜晓波, 刘德磊, 王浩儒, 等. 云计算下农业大棚环境信息自动采集仿真[J]. *计算机仿真*, 2019, 36(7): 323-327.
BU X B, LIU D L, WANG H R, et al. Automatic collection and simulation of environmental information in agricultural greenhouses under cloud computing[J]. *Computer Simulation*, 2019, 36(7): 323-327.
- [19] 叶宏宝, 徐志福, 石晓燕, 等. 设施农业环境智能监控管理平台设

- 计与实现[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(2): 467-472.
- YE H B, XU Z F, SHI X Y, et al. The intelligent monitoring and management platform for environment of facility agriculture[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2014, 26(2): 467-472.
- [20] 陈李飞. 基于物联网及云计算的智慧农业生产管理系统研究[J]. 农业技术与装备, 2018(12): 62-63.
- CHEN L F. Research on intelligent agricultural production management system based on internet of things and cloud computing[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2018(12): 62-63.
- [21] 张谷丰. 基于 WebGis 的农作物病虫害预警诊断平台[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- ZHANG G F. WebGis-based warning and diagnosis platform for crop diseases and insect pests[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2009.
- [22] 杨勇, 李培荣. 农业土地资源信息管理平台的建设[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(1): 150-153.
- YANG Y, LI P R. Design of agricultural land resource information management platform[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2011, 23(1): 150-153.
- [23] 马云红, 魏铭. 农机一体化背景下控制工程在机械电子工程中的运用探析[J]. 农业与技术, 2019, 39(13): 56-57.
- MA Y H, WEI M. Application of control engineering in mechatronic engineering under the background of agricultural machinery integration[J]. Agriculture and Technology, 2019, 39(13): 56-57.
- [24] 邓湘, 王代君, 周铭涛, 等. 基于“互联网+”的智慧农业大数据管理一体化平台研究[J]. 信息通信, 2019(5): 170-171.
- DENG X, WANG D J, ZHOU M T, et al. Integrated platform of intelligent agriculture big data management based on “Internet +”[J]. Information Communication, 2019(5): 170-171.
- [25] 柳祺祺, 夏春萍. 基于区块链技术的农产品质量溯源系统构建[J]. 高技术通讯, 2019, 29(3): 240-248.
- LIU Q Q, XIA C P. Research and application of block chain in traceability of agricultural product quality[J]. Chinese High Technology Letters, 2019, 29(3): 240-248.
- [26] 洪涛. 加快区块链在我国农产品电商领域的应用[J]. 农业信息化, 2016(24): 18-20.
- HONG T. Accelerating the application of blockchain in the field of agricultural products e-commerce in China[J]. Agricultural Engineering Technology, 2016(24): 18-20.
- [27] 张衍斌. 以区块链技术构建中欧跨境电子商务生态圈[J]. 中国流通经济, 2018, 32(2): 66-72.
- ZHANG Y B. The new ecosystem of cross-border E-commerce between EU and China based on blockchain[J]. China Business and Market, 2018, 32(2): 66-72.
- [28] 王浩宇, 华净, 陆浩, 等. 农产品市场价格采集平台-JJFarmer[C]// 2016 年全国智能工程与农业信息化学术会议, 2016 年 8 月 8 日至 9 日, 廊坊, 中国. [S.l.:s.n.], 2016.
- WANG H Y, HUA J, LU H, et al. Collection platform of agricultural production prices-JJfarmer[C]// 2016 National Conference on Intelligent Engineering and Agricultural Informatization, August 8-9, 2016. Hebei Langfang, China. [S.l.:s.n.], 2016.
- [29] 刘洋, 吴天琪. 山东省建立参与式保障农产品安全新模式的框架研究[J]. 调研, 2015, 2(237): 64-67.
- LIU Y, WU T Q. Research on the framework of establishing a new mode of participatory protection of agricultural products safety in Shandong[J]. Research, 2015, 2(237): 64-67.
- [30] HUA J, WANG X J, WANG H Y, et al. Prediction of crop phenology: a component of parallel agriculture management[C]// IEEE 2017 Chinese Automation Congress (CAC), October 20-22, 2017, Ji'nan, China. Piscataway: IEEE Press, 2017: 7704-7708.

[作者简介]



王秀娟(1982-), 女, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室助理研究员, 主要研究方向为平行农业和植物建模。



华净(1981-), 男, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室助理研究员, 主要研究方向为植物生长建模、智慧农业、编程语言、分布式计算系统及计算机图形学。



康孟珍(1975-), 女, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室副研究员, 主要研究方向为平行农业和计算植物。



王浩宇(1984-), 男, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室助理研究员, 主要研究方向为植物生长建模、智慧农业、编程语言及信息系统。



袁勇(1980-), 男, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室副研究员, 主要研究方向为区块链、商务智能与计算广告学。



王飞跃(1961-), 男, 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员, 国防科技大学军事计算实验与平行系统技术中心教授, 中国科学院大学中国经济与社会安全研究中心主任, 主要研究方向为智能系统和复杂系统建模、分析与控制。