

农作物种质资源登记区块链模型研究

刘海洋, 曹永生, 陈彦清, 井福荣, 方 洵

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 农作物种质资源工作发展至今取得了巨大的成就,但也存在着农作物种质资源家底不清、共享利用效率不高及种质权属不清等问题,开展农作物种质资源登记工作能够有效解决以上问题。本研究从资源登记信息的流向角度出发,梳理了登记的整体工作流程,并结合区块链技术的优势,提出了农作物种质资源登记区块链网络模型。首先根据农作物种质资源登记的业务特点,确定登记主体和登记流程,从数据的填报、审核与共享 3 个阶段阐明了资源登记的整体流程。在此基础上设计了农作物种质资源登记区块链网络模型、工作流模型和数据模型,并根据农作物种质资源实际工作需求改善了 DPOS 共识机制,给出了激励机制的构建方式。农作物种质资源登记区块链模型通过去中心化实现登记数据的分布式存储,通过共识机制增加数据的可靠性,通过区块链的特殊数据结构确保链中数据难篡改、易追溯,提高数据安全性,为今后资源登记系统的设计提供了新思路。

关键词: 农作物种质资源登记; 区块链; 共识机制

Crop Germplasm Resources Registration Blockchain Model

LIU Hai-yang, CAO Yong-sheng, CHEN Yan-qing, JING Fu-rong, FANG Wei

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Great achievements have been made in crop germplasm resources conservation and utilization in China, but there are also problems such as unclear background, low efficiency of sharing, unclear ownership of germplasm resources, etc., which can be effectively solved by carrying out crop germplasm resources registration. From the perspective of crop germplasm registration information flow, this paper analyzed the overall workflow of crop germplasm resources registration and designed the crop germplasm resource registration blockchain model. Firstly, according to the business characteristics of crop germplasm resources registration, determined the users and main process of registration, which includes three stages: data filling, review and sharing. Then the blockchain network model, workflow model and data model was designed. Finally, improved the DPOS consensus mechanism, according to the business demands of crop germplasm resources, and the construction method of incentive mechanism was given. The blockchain model of crop germplasm resource registration realizes the distributed storage of registration data through decentralization, increases the reliability of data through DPOS consensus mechanism, ensures that the data in the chain is difficult to tamper with and easy to trace through the special data structure of blockchain, which improves the data security. This paper provides a new idea for the development of crop germplasm resources registration system in the future.

Key words: crop germplasm resource registration; blockchain; consensus mechanism

收稿日期: 2020-05-06 修回日期: 2020-06-02 网络出版日期: 2020-07-15

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20200506001>

第一作者研究方向为种质信息与大数据, E-mail: lhyncepu@163.com

通信作者: 方洵, 主要从事作物种质信息研究, E-mail: fangwei@caas.cn

基金项目: 国家农作物种质资源平台 (NCCGR2019-01)

Foundation project: National Centre for Crop Germplasm Resources (NCCGR2019-01)

农作物种质资源是保障国家粮食安全与重要农产品供给的战略性资源,是农业科技原始创新与现代种业发展的物质基础^[1]。经过几代种质资源工作者的努力,我国已建立了较为完善的资源保护与利用体系。在资源收集保存方面,我国先后开展了沿海、云南、贵州、西北干旱地区等多项大规模的考察收集工作,目前正在开展第三次全国农作物种质资源普查与收集行动,极大增加了我国资源的保存数量;在资源管理与共享利用方面,我国建立了涵盖农作物种质资源各工作环节的信息系统和共享利用网站,通过信息共享带动实物共享,提高了农作物种质资源的共享利用效率^[2-6]。虽然目前我国农作物种质资源保护与利用工作取得了显著成绩,但仍存在一些问题:仍有许多资源分散在各科研教学单位和育种家手中,农作物种质资源共享利用效率还有待进一步提升,创新种质的权益难以界定等问题^[7]。为了进一步推动农作物种质资源保护与利用工作,国务院办公厅印发了《关于加强农业种质资源保护与利用的意见》,其中明确指出要“开展农业种质资源登记,实行统一身份信息管理。充分整合利用现有资源,构建全国统一的农业种质资源大数据平台”。通过开展农作物种质资源的登记,可以进一步摸清资源家底,全面掌握全国各级种质资源保存机构、科研单位、公司和个人等持有的农作物种质资源情况;利用资源登记信息开展信息共

享,从而推动优异种质资源的共享利用,并提高共享效率,同时为农作物种质资源权益相关法律法规的制定提供数据支撑。

本文从农作物种质资源登记工作的信息流角度出发,梳理了农作物种质资源登记的整体工作流程,并结合区块链技术的去中心化、去信任化和数据安全存储的优点,设计了农作物种质资源登记区块链网络模型、数据模型和工作流模型;根据农作物种质资源实际工作需求,改善了 DPOS 共识机制和激励机制。农作物种质资源登记区块链模型的构建将为今后农作物种质资源登记信息系统的设计提供新思路。

1 农作物种质资源登记应用区块链技术优势分析

1.1 区块链

区块链这一概念首次出现是在中本聪 2008 年发表的文章《Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System》中^[8]。区块链技术发展至今,不仅仅应用于金融领域,在日常生活的其他场景中也得到了广泛应用,其本质上是一种构建分布式数据存储系统的解决方案。区块链技术体系是区块链数据结构、点对点组网方式、非对称加密算法和共识机制等计算机技术的融合创新^[9]。本文不赘述区块链具体技术细节,只简单描述其技术架构及特点(图 1)。

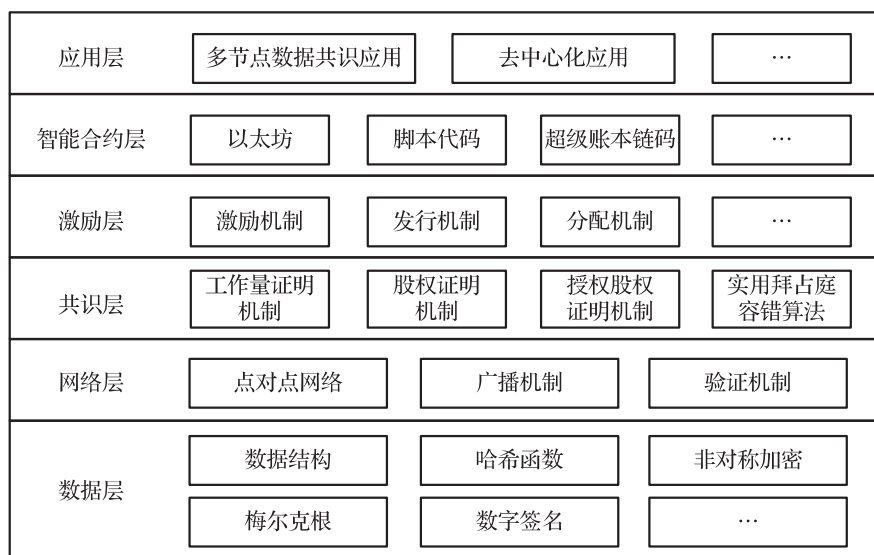


图 1 区块链技术架构示意图

Fig.1 Blockchain technology architecture diagram

相较于传统的信息系统,利用区块链技术构建的信息系统有以下 3 个特点:(1)去中心化。P2P

组网方式保证了区块链网络中的所有节点的平等,每个节点在网络中具有相同的权利和义务,对数据

具有平等的操作权限,保存于系统中的数据是由所有节点共同维护,没有传统信息系统中的中心数据库;(2)去信任化。区块链网络中的所有节点都会遵循系统设定好的共识机制,且根据共识机制对数据进行审核上链,通过技术背书的方式建立节点之间的信任机制;(3)数据安全。区块链这种特殊的数据结构使得保存于区块链中的数据难篡改、易追溯,并且区块链网络中所有节点都可以备份数据,可以保证数据安全^[10-12]。

1.2 农作物种质资源登记

从信息系统开发角度可以将农作物种质资源登记工作定义为一项由多种类型网络节点共同合作的数据汇交工作。农作物种质资源登记工作中涉及到用户群体复杂、登记数据项繁多、登记环节耦合度高的问题,本文结合农作物种质资源工作发展现状,将农作物种质资源登记主体、登记对象、登记信息以及登记流程进行梳理,得到的农作物种质资源信息登记概括图如图 2 所示。

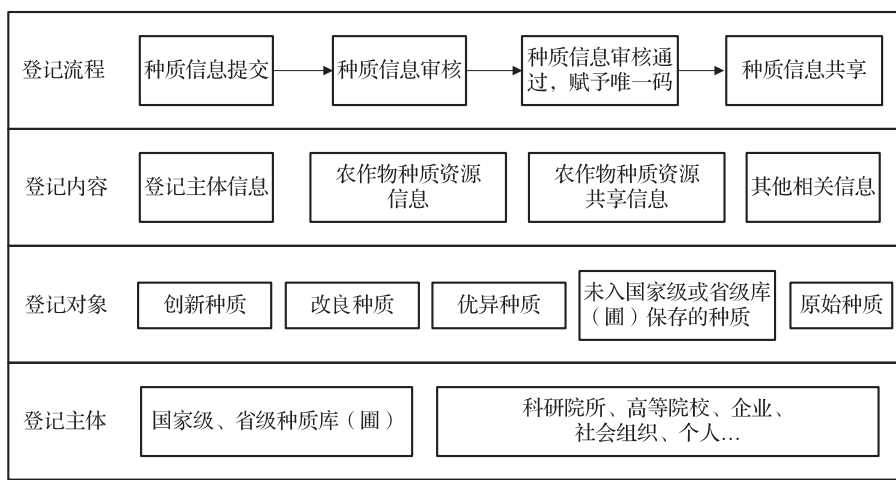


图 2 农作物种质资源登记工作梳理图

Fig.2 Carding chart of crop germplasm resources registration

登记主体可以分为两类:(1)国家级种质库(圃)和省级种质保存库(圃);(2)其他从事农作物种质资源保存的单位和个人,包括科研院所、高等院校、企业、社会组织及个人等。登记对象主要包括:新收集或引进的原始资源,通过生物技术、远缘杂交、物理或化学诱变等途径获得的创新种质,通过种内品种间杂交获得的改良种质,通过遗传分析发现携带新基因的优异种质,未入国家库(圃)且通过表型鉴定获得的具有突出农艺性状的优异种质等^[13]。登记的内容为

4类:(1)登记主体信息,包括登记者类别、联系方式、法人等信息;(2)农作物种质资源信息,包括该种质的作物类型、种质类别、资源来源、科属种等基础信息和基本农艺性状信息,对育种及生产具有重要利用价值的信息等;(3)农作物种质资源共享信息,包括该种质的权属信息、能否共享以及共享范围等信息;(4)其他相关信息,包括相关证明材料、图片和备注信息等^[14-16]。

从农作物种质资源登记工作信息流向角度可以将工作流程分为 3 个阶段(图 3)。

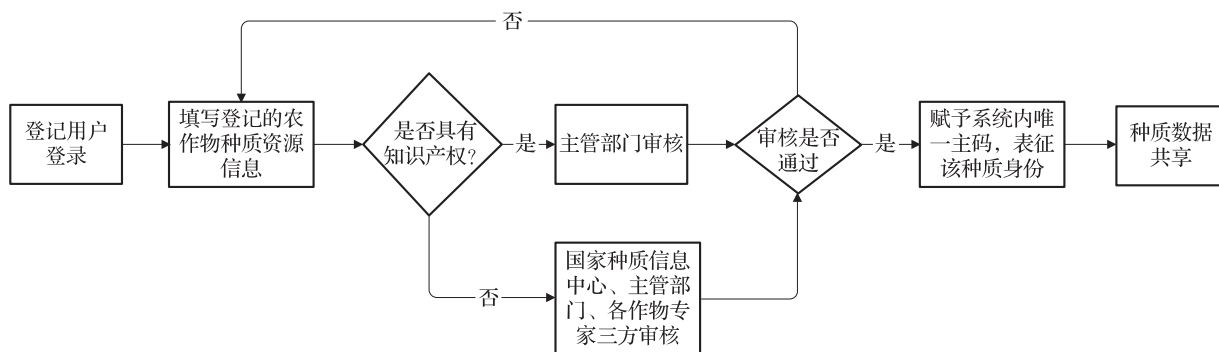


图 3 农作物种质资源登记工作流程图

Fig.3 Crop germplasm resources registration work flow chart

(1) 种质信息提交阶段。农作物种质资源登记信息分为必填信息、条件必选信息和选填信息, 登记主体根据自身所属用户和资源类型对农作物种质信息进行填报并提交上级单位审核; (2) 种质信息审核阶段, 提交的农作物种质资源登记信息由农业农村部、国家种质信息中心、各作物专家共同审核, 通过审核的数据入资源登记数据库; (3) 种质信息共享阶段, 针对入登记数据库的信息进行整理整合, 赋予登记种质唯一主码, 通过共享网站对外共享利用。

我国目前并没有出台农作物种质资源登记相关的法律法规和政策文件, 本文所讨论的农作物种质资源登记工作流程和涉及用户是结合信息系统开发和农作物种质资源工作发展现状梳理所得结论, 农作物种质资源登记工作具体工作流程以国家相关部门出具的文件为准。

1.3 农作物种质资源登记应用区块链技术的优势分析

由上阐述可知, 农作物种质资源登记可抽象为一个数据逐级汇聚的过程, 科学合理的数据存储方式和数据共识过程是资源登记工作顺利推进的前提。相较于传统信息系统, 将区块链技术应用到资源登记中进行数据存储和管理, 优势主要体现在以下 3 个方面。

(1) 用户拥有平等的数据存储权限, 实现农作物种质资源登记数据的分布式存储。农作物种质资源信息登记工作是由多种类型用户共同参与的数据上报审核工作, 区块链技术可以保证所有的参与用户部分或者全部备份区块链中的数据, 在数据存储的层面具有平等的权限。实现农作物种质资源登记数据的分布式存储, 相较于传统信息系统需要中心数据库存储数据的方式, 提高了系统稳定性, 增加了用户的积极性; (2) 保障数据准确, 增强用户积极性。根据资源登记流程可知, 数据审核由三类单位共同完成, 区块链技术体系中共识机制的设计可以确保所有审核专家达成信息上链共识后才能将数据上链, 保障了上链数据的准确性。结合合理的激励机制能够有效提高登记各参与方的积极性, 可以让农作物种质资源登记工作中的各参与方对数据进行集体维护, 提高用户活跃度, 对促进农作物种质资源的登记工作的推进具有积极作用; (3) 存储于区块链中的数据难篡改、易追溯, 提高登记数据的安全性^[17]。保存在区块链中的数据难篡改、易追溯, 任何用户对整体认证后的信息无法更改,

杜绝了作弊行为, 可以建立一种用户之间无需中心机构进行背书的信任机制。针对需要保密的农作物种质登记信息, 可以应用非对称加密算法对原始信息进行加密以及形成电子签名, 保证数据的安全可信。

2 农作物种质资源登记区块链模型

农作物种质资源登记区块链模型包括网络模型、数据模型和工作流模型, 通过对农作物种质资源登记工作的用户角色分析、存储数据分析、工作流程分析, 可以得出基于区块链技术的农作物种质资源登记区块链系统的网络模型、数据模型和工作流模型。目前开发区块链应用的平台及方法有很多, 可以选择自主搭建区块链应用的硬件基础, 也可以选择区块链服务网络 (Blockchain-based Service Network)、百度超级链等网上云资源用于搭建区块链应用的硬件框架。本文设计的农作物种质资源登记区块链系统总体架构图如图 4 所示。

2.1 农作物种质资源登记区块链网络模型

根据农作物种质资源登记主体类型, 结合区块链技术体系中的组网方式, 本文设计了农作物种质资源登记区块链网络 (GRRBN, germplasm resources register blockchain network)。其模型示意图如图 5 所示。

农作物种质资源登记区块链网络中, 可以将参与数据流通的网络节点分为 2 类: R 类型节点, 该类型节点的集合是 GRRBN 的数据提供节点群, GRRBN 中的数据由 R 类型节点进行提供; N 类型节点, 该类型节点的集合是 GRRBN 的数据需求节点群, 该类型节点从 GRRBN 中获取农作物种质资源登记数据。结合农作物种质资源登记工作中实际参与的登记主体, 可以将用户划分为以下 5 类节点。

(1) 农作物种质资源数据需求节点 Node1。该类节点代表的用户为种质数据的需求用户, 属于 N 类型的网络节点。该类用户可以是普通的个人用户, 也可以是公司及科研机构等用户, 该类用户都需要从作物种质资源登记区块链网络中获取种质数据; (2) 农作物种质资源数据登记节点 Node2。该类节点是农作物种质资源数据的登记用户, 属于 R 类型节点。包括分散于全国各地的种质库 (圃), 也包括保存了种质的个人、种业公司、科研机构等, 该类用户是作物种质资源区块链网络中的数据提供者;

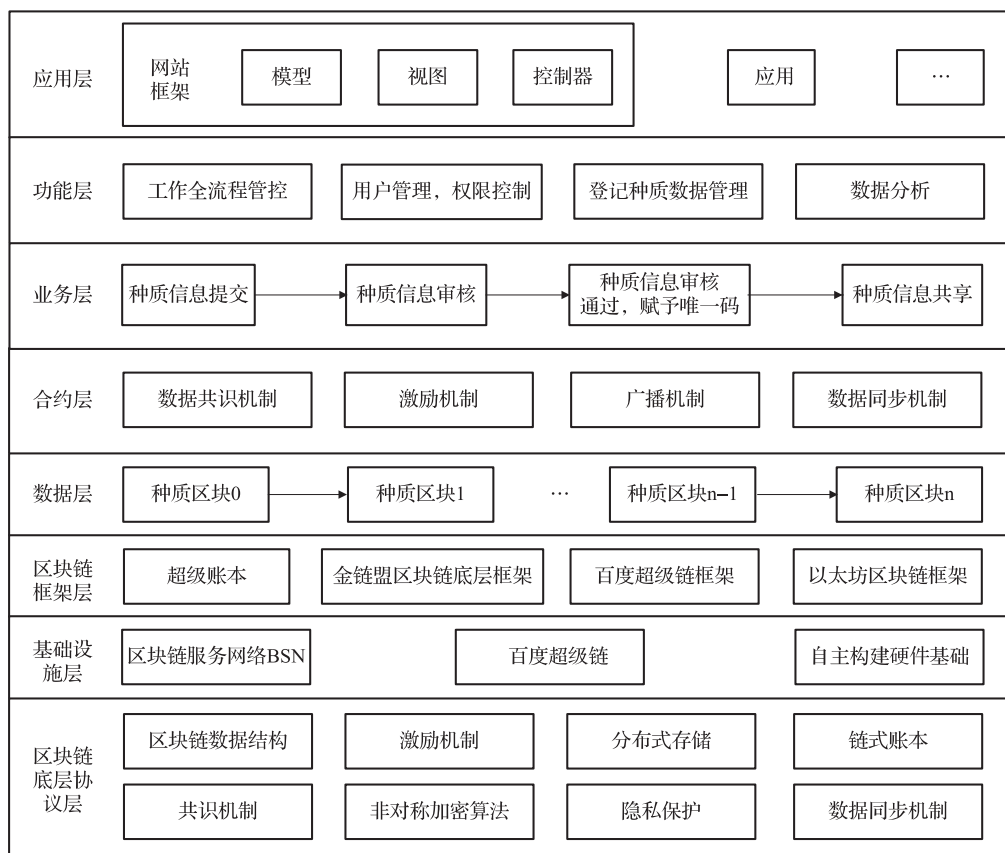
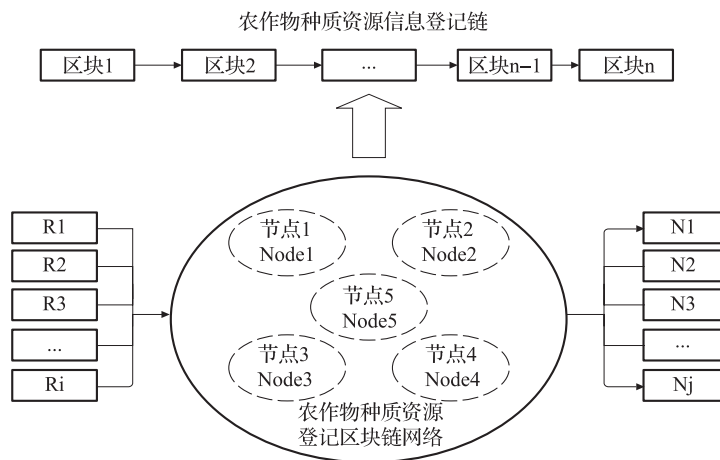


图 4 农作物种质资源登记区块链系统总体架构图

Fig.4 Crop germplasm resources registration blockchain system architecture diagram



R 类型节点代表种质信息提供节点, N 类型节点代表终止信息需求节点

The R node represents the germplasm information providing node, the N node represents the termination information demand node

图 5 农作物种质资源登记区块链网络模型

Fig.5 Crop germplasm resources registration blockchain network model

(3) 农业农村部数据审核节点 Node3。该节点代表的用户在农作物种质资源登记工作中制定相关政策法规,并根据相关政策进行数据审核,是 GRRBN 中农作物种质资源数据的审核节点之一;(4) 国家种质信息中心节点 Node4。该节点在农作物种质资源登记工作中是管理汇交数据、制

定标准规范的节点,在 GRRBN 中要对登记的作物种质信息进行一一确认审核,确定字段符合标准规范之后,才能进行上链,该节点也是农作物种质资源登记区块链网络中的审核节点;(5) 各作物的专家节点 Node5。该节点负责登记的农作物种质专业信息的审核,由于每 1 份种质对应着具体的作物,该类

节点确定登记的种质资源符合该种作物的特征之后再行信息上链。

上述的 5 类节点共同构成了 GRRBN 的节点群,其中农业农村部、国家种质信息中心、各作物专家 3 类节点是农作物种质资源登记信息上链的审核节点。这 3 类节点对于数据审核权限可以是平等的,也可以配置不同的审核系数,只有 3 个节点同时达成共识之后才能进行种质资源登记数据的上链操作。数据上链之后形成农作物种质资源信息登记链

(GRRIB, germplasm resources register information blockchain)。

2.2 基于区块链的农作物种质资源登记 workflow 模型

根据农作物种质资源登记分为数据提交、数据审核、数据共享 3 个阶段的工作流程,结合区块链网络模型的运行机制,本文设计了基于区块链的农作物种质资源登记 workflow 模型(图 6)。

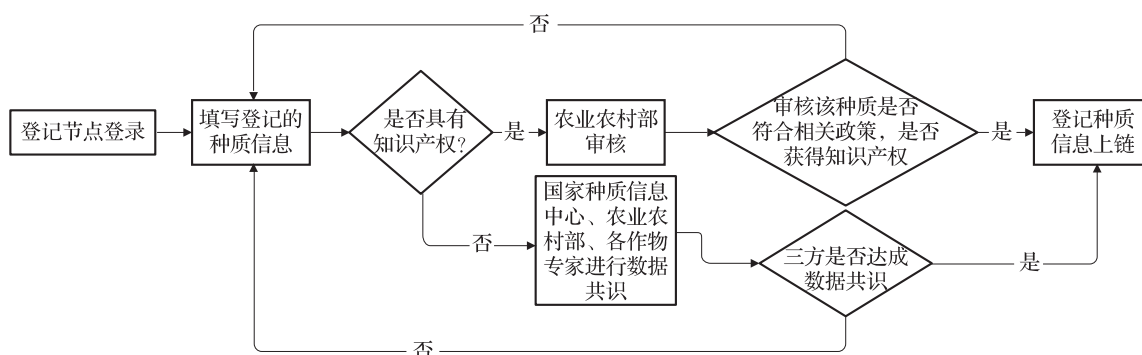


图 6 基于区块链的农作物种质资源登记 workflow 模型图

Fig.6 Crop germplasm resources registration workflow model based on blockchain

(1) 农作物种质资源登记节点向 GRRBN 提交农作物种质资源数据,并附上该农作物种质资源登记节点的数字签名;(2) GRRBN 将登记节点提交的数据进行广播,登记数据广播的接收节点为 3 类审核节点。其中农业农村部接受所有的登记种质数据,国家种质信息中心接收所有未获得知识产权的登记种质数据,各作物专家只接受本作物类型且未获得知识产权的农作物种质资源登记信息。数据广播时 GRRBN 根据种质信息登记节点的登记信息中的作物类别进行判断并广播;(3) 经过时间间隔 T 后,3 类审核节点将本节点的审核信息提交至 GRRBN;(4) GRRBN 根据事先设定好的共识机制进行数据是否可以上链的判定,确定登记的该份农作物种质数据可以上链之后,赋予唯一编码进行数据上链,形成新的区块;(5) 新区块完成之后,向 GRRBN 中所有的节点进行公布,并开始下一轮共识。

2.3 农作物种质资源登记区块链数据模型

农作物种质资源信息登记链中保存的是节点提供的种质信息,保存于区块链中的数据结构如图 7 所示。

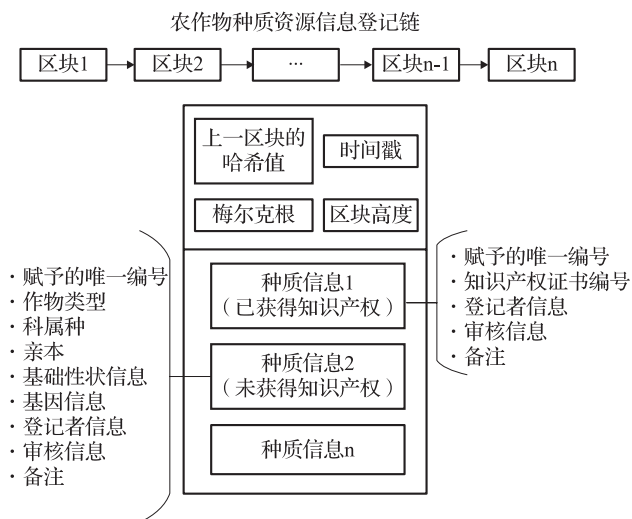


图 7 农作物种质资源登记区块链数据模型

Fig.7 Crop germplasm resources registration blockchain data model

区块头中包含的数据有:(1) 上一区块的哈希值: 该值用于连接前一个区块,是将区块头中的 4 个数据项经过哈希运算得到,该区块中任意 1 个数据发生变化,都会造成该 Hash 值的改变^[18];(2) 时间戳: 该区块形成时间;(3) 梅尔克(Merkle)根: 区块体中存储的农作物种质资源数据经过连续

哈希运算得到的 Merkle 根;(4) 区块高度: 每产生 1 个区块, 区块高度加 1, 代表该系统中区块数量^[19-20]。

区块体中包含着农作物种质资源登记的实际数据, 根据是否已经获得知识产权可以将区块体中的数据分为 2 类: 一是已获得知识产权的农作物种质登记数据: 赋予的唯一编号、知识产权证书编号、登记者信息、审核信息、备注; 二是未获得知识产权的农作物种质登记数据: 赋予的唯一编号、作物类型、科属种、亲本、基础性状信息、基因信息、登记者信息、审核信息、备注^[21-22]。

3 农作物种质资源登记区块链机制设计

3.1 农作物种质资源登记共识机制

3.1.1 基于 DPOS 的农作物种质资源登记共识算法 DPOS (Delegated proof of Stake) 即委托股权证明, 是区块链网络中形成数据共识的一种算法。该算法的基本思想是从区块链网络中选取最具有记账资质的若干节点并委托其进行记账, 选取记账节点是根据其在该区块链网络中的贡献进行全网投票最终获得记账权。DPOS 共识机制相比于工作量证明机制 (POW, proof of work) 和股权证明机制 (POS, proof of stake), 能节约区块链网络的算力资源, 符合联盟链的应用场景。本文基于 DPOS 共识机制的基本思想, 提出了基于 DOPS 的农作物种质资源登记共识算法^[23-24]。

农作物种质资源登记是一项由国家相关部门领导下的数据采集工作, 所以不需要全网节点进行投票选举记账节点, 在农作物种质资源登记区块链网络中的数据记账权是由 3 类节点控制, 这 3 类节点代表的用户分别是农业农村部、国家种质信息中心、各作物专家。基于 DPOS 的农作物种质资源登记共识算法步骤如下。

(1) 农作物种质资源登记节点向 GRRBN 提交登记的农作物种质资源信息, GRRBN 将提交数据进行广播, 3 类记账节点收到广播数据; (2) 若登记节点登记的农作物种质资源未获得知识产权, 3 类记账节点对农作物种质资源登记信息进行审核, 每一个审核节点都赋予不同的数据审核权重, 如表 1 所示。若登记节点提交的农作物种质资源已经获得知识产权, 则不需要国家种质信息中心和各作物专家委员会进行审核, 直接由农业农村部进行知识产权信息审核即可。假设 3 类审核节点根据本节

表 1 农作物种质资源数据审核节点权重表

Table 1 Weight table of each crop germplasm resources data review node

记账节点 Review node	审核权重 Weight value
国家种质信息中心 National Germplasm Informantion Center	W1
农业农村部 Ministry of Agriculture and Rural Affairs	W2
各作物专家 Experts of crops	W3

点评价体系给出登记信息是否能上链的评价分分别为 I_1 、 I_2 、 I_3 , 则该种质能否上链的最终评价得分

$$I = \sum_{a=1}^3 I_a \times W_a, \text{ 根据设定的信息上链得分的阈值即可}$$

获得该登记的种质信息能否上链。(3) 3 类记账节点根据标准规范对该农作物种质资源是否能上链进行审核, 审核结果以量化指标形式提交给 GRRBN, 3 类审核节点的审核标准设计如表 2 所示。假设每

表 2 各审核节点评价体系设计表

Table 2 Design table of evaluation system for each audit node

记账节点 Audit node	评价指标 Evaluation index	评价权重 Evaluation value
国家种质信息中心 National Germplasm Informantion Center	字段填写数量	B_1
	符合数据规范标准程度	B_2
	是否已经上链	B_3
农业农村部 Ministry of Agriculture and Rural Affairs	是否已取得植物新品种权	D_1
	符合政策程度	D_2
	登记者属性	D_3
各作物专家 Experts of crops	亲本准确度	C_1
	性状监测准确度	C_2
	科属种信息准确度	C_3

一个记账节点根据评价指标对某一信息是否能上链的评价分数为 R_1 、 R_2 、 R_3 , 则国家种质信息中心、主管部门、各作物专家 3 类记账节点的整体评价分分别为

$$I_1 = \sum_{i=1}^3 R_i \times B_i, I_2 = \sum_{i=1}^3 R_i \times D_i, I_3 = \sum_{i=1}^3 R_i \times C_i. \quad (4) \text{ GRRBN}$$

将 3 类审核节点的评价分数按权重进行计算, 达到阈值即表明该数据可上链进行共享; (5) GRRBN 将记账节点的审核信息记入到该种质资源信息当中并形成区块, 开始下一轮共识。

在农作物种质资源登记的实际工作中,根据政策法规的不断完善和各作物专家的意见,上述共识算法中的审核节点权重和评价体系及权重都可以随时更改,使得登记上链的农作物种质信息字段更符合数据规范。

表 3 各审核节点节点评分表

Table 3 Scoring table of each evaluation node

记账节点 Evaluation node	评价指标 Evaluation index	评价权重 Evaluation value	设计值 Reference value	评价分 Mark
国家种质信息中心 National Germplasm Informantion Center	字段填写数量	B_1	0.3	80
	符合数据规范标准程度	B_2	0.5	90
	是否已经上链	B_3	0.2	95
农业农村部 Ministry of Agriculture and Rural Affairs	是否已取得植物新品种权	D_1	0.7	80
	符合政策程度	D_2	0.2	92
	登记者属性	D_3	0.1	93
各作物专家 Experts of crops	亲本准确度	C_1	0.3	97
	性状监测准确度	C_2	0.5	96
	科属种信息准确度	C_3	0.2	80

3 类审核节点将评价分进行提交之后, GRRBN 会根据 $\sum_{i=1}^n B_i \times \text{评价分}$ 、 $\sum_{i=1}^n D_i \times \text{评价分}$ 、 $\sum_{i=1}^n C_i \times \text{评价分}$ 自动计算 3 个审核节点对 A 节点提供农作物种质资源信息上链的评价分分别为 88、83.7、93.1, 得到 3 个审核节点对 A 节点提供种质资源信息评价之后, 根据每个节点对数据上链权重不同(表 4)再进行加权计算。

表 4 各审核节点权重参考值表

Table 4 Reference value table of each audit node

记账节点 Audit node	审核权重 Value	参考值 Reference value
国家种质信息中心 National Germplasm Informantion Center	W_1	0.2
农业农村部 Ministry of Agriculture and Rural Affairs	W_2	0.3
各作物专家 Experts of crops	W_3	0.5

最终对节点 A 登记的种质资源数据上链评价分数为 89.26, 大于阈值 85, 所以 A 节点登记的农作物种质资源信息可以上链。

算例 2: 假设节点 B 向农作物种质资源登记区块链网络提交种质数据, 该种质是已经获得知识产权的种质。GRRBN 只会向农业农村部审核节点广播该种质信息, 经由农业农村部审核确认后达成数据能否上链的共识。

3.1.2 算例实现 算例 1: 假设节点 A 向农作物种质资源登记区块链网络提交种质数据, 节点 A 提交的农作物种质资源还未取得知识产权, 3 类审核节点接收到节点 A 提交的信息之后, 根据以下评价权重设计值对数据进行审核上链打分, 如表 3 所示。

3.2 农作物种质资源登记激励机制

农作物种质资源登记工作是面向全社会调查农作物种质资源的数据统计工作, 需要全社会各类用户的积极参与^[25]。农作物种质资源登记区块链网络可以设置用户活跃度评价体系, 根据农作物种质资源区块链网络中的用户活跃度给予用户奖励, 促进农作物种质登记工作的顺利开展^[26]。

农作物种质资源区块链网络中的用户活跃度评价指标主要有以下 3 方面: (1) 用户登记的农作物种质资源最终上链数量。根据该指标可以判断该用户对农作物种质资源区块链网络的用户黏性, 最终上链的农作物种质资源越多, 代表该用户对农作物种质资源区块链网络的信任度、参与度越高; (2) 用户登记的农作物种质资源数据完整度。根据用户每次登记的农作物种质资源的数据完整度, 可以判断该用户在农作物种质资源领域的专业性, 农作物种质资源区块链网络中的用户节点登记的每一份种质数据完整度越高, 代表该用户具有农作物种质资源领域更强的专业素养; (3) 用户同步数据次数。农作物种质资源区块链网络中的数据是公开透明的, 每次有新的农作物种质资源登记形成区块之后, 农作物种质资源登记信息链都会更新, 用户节点同步农作物种质资源信息链的次数反映了该用户对农作物种质资源登记工作的关注程度。通过上述 3 个指标, 可以确定农作物种质资源区块链网络用户的活跃度。

农作物种质资源区块链网络的激励针对活跃度

较高的用户,有以下 3 方面激励:(1)提供农作物种质资源在取得正式的知识产权之前的数据证书。农作物种质资源区块链网络的用户节点登记动机之一就是确定该种质的权属,虽然我国现在还没有明确的法律法规来界定种质在获取植物新品种权之前的权属,但是可以为活跃度较高的用户提供数据证书表征该种质的保存归属;(2)登记的农作物种质资源产生经济效益时,提供一定的经济激励。用户登记的农作物种质资源在共享利用之后,其他用户利用该种质培育出了新的品种,产生了经济效益时,可以给予农作物种质资源登记用户一定的经济激励来提升用户活跃度;(3)用户在农作物种质资源区块链网络中活跃度较高,可以申请加入作物专家委员会,参与农作物种质资源登记的审核工作。

4 总结与展望

4.1 总结

本文根据农作物种质资源登记工作的实际需求,结合区块链技术构建信息系统的技术优势,做了以下 4 方面研究:(1)分析了将区块链技术应用到农作物种质资源登记工作中可能性及其优势;(2)根据农作物种质资源登记工作中的用户类型设计了农作物种质资源区块链网络模型,结合农作物种质资源登记工作中需要登记的种质信息设计数据模型以及 workflow 模型;(3)设计了基于 DPOS 的农作物种质资源数据共识方案,该共识方案可以满足农作物种质资源登记工作的数据审核需求,并且提高农作物种质资源信息共享效率;(4)提出了农作物种质资源区块链网络中的用户活跃度评价体系和相应的激励机制。

基于区块链技术构建的农作物种质资源登记系统具有数据难篡改、易追溯的优点,系统利用区块链技术进行背书建立节点之间的信任,旨在建立一个“弱中心化”的农作物种质资源数据自治社区,本文结合农作物种质资源登记工作中审核需求,将 3 类节点定义为数据记账节点,屏蔽了区块链算力浪费的缺点,也满足农作物种质资源登记工作的实际需求。

4.2 局限性分析与展望

区块链技术自 2008 年由中本聪首次提出并应用于虚拟货币领域之后,经过 10 多年的发展,已经经过了区块链 1.0 和 2.0 时代,区块链 3.0 时代的到来意味着区块链技术将应用到日常生活的各个场景之中^[27]。将农作物种质资源工作与区块链技术相结合有很多的优点,但是由于区块链技术发展至今

出现过诸多问题,导致农作物种质资源区块链网络有以下 4 点局限:(1)基于区块链技术构建信息系统的方法论存在缺陷,区块链技术的应用场景及开发工作目前绝大部分集中在金融领域^[28],在其他领域的应用与开发只是停留在初级阶段。所以基于区块链技术开发农作物种质资源登记系统还需要进一步研究;(2)区块链网络系统缺乏相应法律法规监管。我国目前没有对区块链技术的相应法律法规监管控制,利用区块链开发的农作物种质资源登记系统是否符合法律法规尚不明确;(3)激励机制有待进一步研究,因为农作物种质资源登记工作是公益性的,怎样调动用户积极性去参与登记工作,本文的激励机制尚需进一步研究;(4)农作物种质资源区块链网络中的各节点审核权重以及评价指标体系未建立,该审核权重以及指标建立需要专家制定。

相较于传统方式构建的信息系统,利用区块链技术构建农作物种质资源登记系统具有去中心化、去信任化、数据安全的优势,区块链 3.0 时代的来临意味着传统信息系统将会受到巨大的冲击^[29-30],在多类型网络节点进行数据工作的应用场景中,区块链技术的应用可以快速达成数据共识,为未来农作物种质资源登记系统的开发提供了新的思路。

参考文献

- [1] 曹永生,方涛.国家农作物种质资源平台的建立和应用.生物多样性,2010,18(5):455-456
Cao Y S, Fang W. Establishment and application of National Crop Germplasm Resources Infrastructure in China. Biodiversity Science, 2010, 18(5): 455-456
- [2] 方涛,曹永生.中国作物种质资源信息系统.科研信息化技术与应用,2012,3(6):66-73
Fang W, Cao Y S. Chinese crop germplasm resources information system. E-Science Technology & Application, 2012, 3(6): 66-73
- [3] Cao Y S, Chen Y, Kong F S. Establishment of chinese crop germplasm information sharing network. Resources Science, 2001, 23(1): 46-48
- [4] 姜淑荣,陈丽娟.我国农作物种质资源保护与利用成效显著.中国种业,2017(4):41
Jiang S R, Chen L J. Significant achievements in the protection and utilization of crop germplasm resources in China. China Seed Industry, 2017(4): 41
- [5] 张世煌.关于我国农业科技创新体系建设几个问题的思考.作物杂志,2012(2):1-4
Zhang S H. Thoughts on several issues concerning the construction of agricultural science and technology innovation system in China. Crops, 2012(2): 1-4
- [6] 郑殿升,阮仁超,李锡香,陈善春,李先恩,许明辉,方涛.贵州优异农业生物种质资源.植物遗传资源学报,2018,19(5):821-829
Zheng D S, Ruan R C, Li X X, Chen S C, Li X E, Xu M H, Fang W. Survey of elite agro-germplasm resources in Guizhou

- province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19(5): 821-829
- [7] 刘海洋, 曹永生, 方涛, 陈彦清. 区块链技术在种业大数据中的应用. *中国种业*, 2019(5): 22
Liu H Y, Cao Y S, Fang W, Chen Y Q. Application of block chain technology in seed industry big data. *China Seed Industry*, 2019(5): 22
- [8] 韩璇, 袁勇, 王飞跃. 区块链安全问题: 研究现状与展望. *自动化学报*, 2019, 45(1): 206-225
Han X, Yuan Y, Wang F Y. Security problems on blockchain: the state of the art and future trends. *Acta Automatica Sinica*, 2019, 45(1): 206-225
- [9] 张宁, 王毅, 康重庆, 程将南, 贺大玮. 能源互联网中的区块链技术: 研究框架与典型应用初探. *中国电机工程学报*, 2016, 36(15): 4011-4022
Zhang N, Wang Y, Kang C Q, Cheng J N, He D W. Blockchain technique in the energy internet: preliminary research framework and typical applications. *Proceedings of the CSEE*, 2016, 36(15): 4011-4022
- [10] 曾帅, 袁勇, 倪晓春, 王飞跃. 面向比特币的区块链扩容: 关键技术, 制约因素与衍生问题. *自动化学报*, 2018, 45(6): 1016-1032
Zeng S, Yuan Y, Ni X C, Wang F Y. Scaling blockchain towards bitcoin: key technologies, constraints and related issues. *Acta Automatica Sinica*, 2018, 45(6): 1016-1032
- [11] Yoad L, Yoram B, Yonatan S, Aviv Z, Jeffrey S R. Bitcoin mining pools: a cooperative game theoretic analysis. *Sydney: Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, 2015: 90-103
- [12] 林小驰, 胡叶倩雯. 关于区块链技术的研究综述. *金融市场研究*, 2016, 45(2): 97-109
Lin X C, Hu Y Q W. A summary of blockchain technology. *Financial Market Research*, 2016, 45(2): 97-109
- [13] 周立群, 李智华. 区块链在供应链金融的应用. *信息系统工程*, 2016(7): 49-51
Zhou L Q, Li Z H. Application of block chain in supply chain finance. *China CIO News*, 2016(7): 49-51
- [14] 王述民, 卢新雄, 李立会. 作物种质资源繁殖更新技术规程. 1版. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2014: 135-145
Wang S M, Lu X X, Li L H. Technical regulation for reproduction and renewal of crop germplasm resources. 1st edn. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2014: 135-145
- [15] 唐合文. 基于国家作物种质资源数据库的知识发现研究. 北京: 中国农业科学院, 2007
Tang H W. Study on knowledge discovery based on national crop germplasm resources database. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2007
- [16] 杨忠义, 苏艳, 曹永生, 邹菊, 刘晓利, 奎丽梅, 卢义宣. 云南稻种资源多样性的生态地理分布研究. *植物遗传资源学报*, 2008, 9(4): 475-479
Yang Z Y, Su Y, Cao Y S, Zou J, Liu X L, Kui L M, Lu Y X. Studies on geographical distribution of rice germplasm diversity in Yunnan province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2008, 9(4): 475-479
- [17] 高爱农, 郑殿升, 李立会, 刘旭. 贵州少数民族对作物种质资源的利用和保护. *植物遗传资源学报*, 2015, 16(3): 549-554
Gao A N, Zheng D S, Li L H, Liu X. Utilization and conservation on crop germplasm resource of minority nationality in Guizhou province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16(3): 549-554
- [18] 朱建明, 付永贵. 基于区块链的供应链动态多中心协同认证模型. *网络与信息安全学报*, 2016, 2(1): 27-33
Zhu J M, Fu Y G. Supply chain dynamic multi-center coordination authentication model based on block chain. *Chinese Journal of Network and Information Security*, 2016, 2(1): 27-33
- [19] 张葵, 刘德. 区块链中的安全问题研究. *数字技术与应用*, 2017(8): 199-200
Zhang Y, Liu D. Research on security problem in blockchain. *Digital Technology and Application*, 2017(8): 199-200
- [20] 中国信息通信研究院. 全球区块链应用发展十大趋势. (2017-05-26) [2017-06-29]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/201705/P020170526650562843788.pdf>
China Academy of Information and Communications Technology. Ten trends of application and development of global block chain. (2017-05-26) [2017-06-29]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/201705/P020170526650562843788.pdf>
- [21] Vitalik B. Ethereum whitepaper-smart contracts and decentralized application platform (2015-09-30) [2020-05-29]. <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>
- [22] 白鹏, 程须珍, 王丽侠, 王素华, 陈红霖. 小豆种质资源农艺性状综合鉴定与评价. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(6): 1209-1215
Bai P, Cheng X Z, Wang L X, Wang S H, Chen H L. Evaluation in agronomic traits of adzuki bean accessions. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(6): 1209-1215
- [23] 万述伟, 宋凤景, 郝俊杰, 张晓艳, 李红卫, 邵阳, 赵爱鸿. 271份豌豆种质资源农艺性状遗传多样性分析. *植物遗传资源学报*, 2017, 18(1): 10-18
Wang S W, Song F J, Hao J J, Zhang X Y, Li H W, Shao Y, Zhao A H. Genetic diversity of agronomic traits in 271 pea germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, 18(1): 10-18
- [24] Huckle S, Bhattacharya R, White M. Internet of things, blockchain and shared economy applications. *Procedia Computer Science*, 2016, 98: 461-466
- [25] Omohundro S. Cryptocurrencies, smart contracts, and artificial intelligence. *AI matters*, 2014, 1(2): 19-21
- [26] 任明, 汤红波. 区块链技术在政府部门中的应用综述. *计算机科学*, 2018, 45(2): 1-7
Ren M, Tang H B. Survey of applications based on blockchain in government department. *Computer Science*, 2018, 45(2): 1-7
- [27] 丁未. 基于区块链技术的仪器数据管理创新系统. *中国仪器仪表*, 2015, 15(10): 15-17
Ding W. Block chain based instrument data management system. *China Instrumentation*, 2015, 15(10): 15-17
- [28] Dennis R, Owen G. Rep on the block: A next generation reputation system based on the blockchain. *International Conference for Internet Technology and Secured Transactions*. London: Institute of Electrical and Electronics Engineering, 2015: 131-138
- [29] Buterin V. Ethereum white paper: a next generation smart contract & decentralized application platform. www.ethereum.org Nick Szabo, Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. (2013-05) [2020-06] <http://szabo.best.vwh.net/formalize.html>
- [30] Mainelli M, Milne A. The impact and potential of blockchain on securities transaction lifecycle. *Social Science Electronic Publishing*, 2016, 23(3): 61-66