

基于物联网的苹果质量安全监管和溯源系统研制与应用

刘勤朝¹, 马玉杰¹, 李建朝¹, 乔虎子¹, 严亮²

(1. 延安市果业研究发展中心, 陕西延安 727400; 2. 延安市人力资源和社会保障信息中心, 陕西延安 716000)

摘要 为提高苹果园管理信息化水平和果品质量安全监管水平, 集成物联网、大数据、机器学习、云计算及区块链技术, 研发基于苹果生产、供应、销售全产业链的质量安全溯源系统。该系统利用 RFID 设备、条码设备、无线网络设备进行苹果种植、储藏与流通、市场销售等数据采集, 构建基于果园管理专家知识库、栽培管理技术库、贮藏与物流技术库、市场销售信息库的基础数据模型, 用于苹果种植管理、贮藏与流通管理、市场准入管理、苹果零售管理等业务处理, 实现果园管理指导、苹果产品全程追溯、召回分析、品质检测多维分析、产品质量安全预警等功能。

关键词 农业资源; 质量安全; 溯源; 信息系统

中图分类号 S126 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)24-0220-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.24.054



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Development and Application of Apple's Quality and Safety Supervision and Traceability System Based on the Internet of Things

LIU Qin-chao, MA Yu-jie, LI Jian-chao et al (Yan'an Fruit Industry Research and Development Center, Yan'an, Shaanxi 727400)

Abstract In order to improve the apple orchard management informatization level and the fruit quality and safety supervision level, we integrated internet of things, big data, machine learning, cloud computing, and blockchain technologies, research and develop the quality and safety traceability system for the whole industrial chain of apple's production, supply and sales. This system used RFID equipment, bar code equipment and wireless network equipment, built a basic data model based on orchard management expert knowledge database, cultivation management technology database, storage and logistics technology database and marketing information database, which was used for apple planting management, storage and circulation management, market access management, apple retail management and so on. The aim was to realize orchard management guidance, apple product traceability, recall analysis, quality testing multi-dimensional analysis, product quality and safety early warning and other functions.

Key words Agricultural resources; Quality and safety; Traceability; Information system

“民以食为天, 食以安为先”。水果消费已成为人们健康消费的主要食材。随着水果消费数量的增加, 水果质量安全问题越来越受到消费者重视。苹果作为延安乃至陕西的支柱产业, 在脱贫攻坚和乡村振兴进程中拥有举足轻重的地位^[1]。近年来, 随着苹果生产规模的扩张, 一些苹果生产者与经营者为追求利益最大化, 化肥、农药使用量不降反增, 导致苹果品质下降、药物残留超标, 严重损害了消费者的利益与身心健康。保障苹果质量安全既是满足消费者对农产品质量安全的诉求, 也是维护消费者合法权益的有效途径, 溯源系统研制与应用就是对苹果在各个环节中真实的信息进行准确追溯^[2]。

物联网技术通过使用不同智能传感器、射频识别设备、光感扫描器以及 3S 技术智能装备等信息遥感设备, 经过统一协议, 将农业中相关作物的各项指标以及其他农产品与互联网相连接, 从而实现人与这些信息进行交换、通信, 以及智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种庞大的网络智能结构^[3]。将物联网技术应用到苹果产业发展中, 是提高苹果生产效率以及改善苹果产业信息化发展水平不可或缺的选择^[4]。近年来, 我国部分地区在农业物联网技术应用中进行了良好的探究, 同时也取得了可观的成果^[5-9]。区块链具有不可篡改、高加密和可追溯等特点, 随着区块链技术的不断发展和完善, 基于区块链技术的应用被越来越多的行业认同并应用到相关领域, 包括农产品质量追溯^[10-15]。为促进延安

苹果高质量发展, 结合延安苹果发展现状, 必须强化苹果质量安全监督, 建立质量溯源体系。为提高苹果园管理信息化水平和果品质量安全监管水平, 笔者集成物联网、大数据、机器学习、云计算及区块链技术, 研发基于苹果生产、供应、销售全产业链的质量安全溯源系统。

1 总体目标

针对苹果生长环境和产供销全产业链开展基于物联网的苹果质量安全监管和溯源系统研制与示范应用服务, 构建具备苹果生长环境及其全生命周期精准管控的智慧管控一体化平台, 对苹果资源、地理信息、病虫害、生态环境等进行全方位监测、标注和信息融合, 促进农药、农资等投入品合理使用; 将区块链溯源数据化管理贯穿整个苹果产业各个环节, 确保果品商品化过程管理规范; 提升信息化水平, 提高苹果产业管理决策者在生产决策、优化资源配置等方面的综合管理水平, 成为智慧苹果产业的决策指挥大脑, 促进果园农事作业精细化, 实现苹果产业的自动化、信息化、智能化管理目标。

2 建设内容

面向延安农业农村管理部门、企业及个人等用户, 提供“基于物联网”一站式解决方案。系统建设内容主要包括苹果种植园物联网测控系统、苹果园灌溉水肥管理和生产数字化管理系统、苹果树病虫害智能防控系统、苹果种植投入品监管系统、基于区块链苹果质量安全追溯系统、苹果线上销售系统、智慧果园 APP、综合管理系统、系统接入 9 大应用系统。

3 平台总体构架

基于物联网的苹果质量安全监管和溯源系统研制与应

作者简介 刘勤朝(1969—), 男, 陕西宜川人, 正高级农艺师, 从事农村区域发展和农业信息化研究。

收稿日期 2021-07-13; **修回日期** 2021-08-16

用示范项目是依托物联网、云计算、大数据等技术,具有虚拟化、高可靠性、可扩展性等优势。项目有助于现代苹果产业向绿色、有机方向高质量发展,监管绿色、有机果品生产全过程,推动绿色、有机苹果产品的认证和可追溯系统的建立。

系统结构分为全面感知层、基础设施层、数据中心层、应用支撑层、应用层、访问层(图1)。**①全面感知层:**通过物联网、互联网采集、第三方数据平台等多种数据渠道全方位地感知农业。**②基础设施层:**计算、存储、网络、安全和灾备等基础软硬件系统的服务集合,建设目标是充分利用现有云资源管理系统及虚拟化软件,构建统一的计算、存储、网络资源池,满足数据中心环境中灵活资源调配和服务交付,提高资源利用率,提供计算、存储、网络、安全、灾备等多种资源服

务。**③数据中心:**主要包括数据资源层、数据共享交换系统、农业大数据统计与分析系统。**④应用支撑层:**主要部署相关底层服务,包括单点登录(SSO)、表单引擎、统一搜索引擎、日志服务等。同时,部署应用基础服务,用来对上层应用提供底层支撑服务,主要包括数据集成、服务集成、应用集成、流程集成等。**⑤应用层:**依据业务需求提供定制化的服务,包括工厂化育苗系统、物联网测控系统、水肥管理和生产数字化管理系统、病虫害智能防控系统、农业投入品监管系统、农产品质量安全追溯系统、农产品线上销售系统、综合手机APP、数据接口系统、可视化展示系统及综合管理系统。**⑥访问层:**实现统一用户、跨平台应用。用户可以通过Web、移动终端、大屏、平板访问该平台,方便用户最快获取有效信息。



图1 项目总体框架

Fig.1 Overall project framework

4 平台功能设计

4.1 数据中心 基于云资源技术及虚拟化后端管理技术建设果树与苹果全生命周期数据中心,建立长富2号、礼泉短

富、玉华早富、岩富10、新2001、烟富6、蜜脆、华硕8种苹果生产、加工、流通环节大数据信息模型,采集汇聚基本数据、溯源数据、营销数据、生产数据及其他数据,支撑各类业务系

统数据的交换共享,同时进行数据存储和数据统计、分析等服务。将现有数据资源汇聚,破除信息孤岛,持续推进苹果产业生产、加工、销售、发展等数据的汇聚、共享交换和应用。

4.2 应用支撑系统 为了使平台能顺利运行,对3PB以上的数据存储容量进行处理,平台需要有足够的性能指标要求来满足和支撑业务。平台能够保证海量数据的高并发读写性能和网络吞吐性能在合理范围内,确保本地响应时间小于100 ms,有效保证业务系统的高效性。互联网查询响应时间3~5 s,对关键业务提供快速的响应,使得业务能够正常、顺利、高效开展。

4.2.1 苹果种植园物联网测控系统。基于物联网的苹果生产测控以环境监测设备(传感器、监测终端、传输终端)部署为基础,对土壤养分、温度、湿度、pH,空气温度、湿度,光照强度、时间等多项环境要素进行监测。通过物联网系统将数据上传至云服务器,实现数据云共享,管理者打开云平台即可

实时获取相应数据。云平台通过数据计算和应用能力,对数据进行实用性分析、对比,获取更多、更全、更实用的可靠数据,帮助农企、农户在种植管理中清晰掌握环境因素变化,及时提出相应对策。物联网平台系统由数据采集监控系统、数据处理系统和远程控制系统组成。数据传输根据现场情况选择NB-IoT/4G/5G无线网络,近距离传输采取WBUS总线通讯模式,保证网络系统的稳定运行。

4.2.2 苹果园灌溉水肥管理和生产数字化管理系统。苹果生产中肥料利用率不高是制约果业提质增效的关键因素。系统根据果树对水、温度、空气、养分等因子的需要来制定适合果树生长的灌溉方式。利用压力灌溉系统,将肥液与灌溉水混合,通过可控管道系统,均匀、定时、定量浸润果树根系成熟区,使根系土壤始终保持适宜的含水状态。同时,根据果树花芽分化期、果实膨大期等不同生长发育时期对水肥的需求特性按需按时按量供给(图2)。



图2 系统结构示意图

Fig.2 System structure diagram

4.2.3 苹果树病虫害智能防控系统。苹果主要虫害有红蜘蛛、金纹细蛾、苹小卷叶蛾、苹果黄蚜等,现在生产中普遍利用化学药剂进行防治,对自然环境、苹果品质和安全性有极大影响。该系统通过虫情智能监测设备,定时采集现场图像,自动上传到远端的物联网监控服务平台,用户可随时远程了解果园虫情及变化,及时制定防治措施,实现无公害诱捕杀虫。

4.2.4 苹果种植投入品监管系统。随着果业的快速发展和生产规模的不断扩张,经营者对农业投入品的需求越来越大。因此,建立农业投入品的监管系统非常必要。农业投入品监管系统由3个子系统组成:投入品经营单位经营条件审查系统、农业投入品登记备案系统、农业投入品流转记录系统。通过整治投入品经营条件、实施备案审查、记录产品流向来实现规范经营,优质销售,全程跟踪,延伸监管链条,扩大追溯范围,切实提升农业投入品监管效能,保证苹果质量安全。

4.2.5 基于区块链的苹果质量安全追溯系统。区块链溯源实现了数据的不可篡改以及可完整追溯等特性,打破信息孤岛,防止恶意窜货导致的商业竞争问题。基于可视化、区块

链的溯源系统是通过在苹果生产基地应用便携式农事信息采集、生产履历信息的快速采集与实时上传;可视化是在溯源档案中加入苹果种植视频和图片便于直观展示;通过在苹果生产企业、种植户应用苹果安全生产管理系统实现苹果标准化生产产前提示、产中预警和产后检测;通过将各生产企业数据汇集到上级管理部门,构建追溯平台数据库,实现上网、二维码扫描等方式的追溯,从而保障苹果质量,保护苹果品牌。苹果质量安全追溯平台搭载了企业管理、溯源信息查询和监督管理3个子系统,可实现苹果全产业链的质量监管与溯源,进而督促企业落实生产责任,协助政府落实监管责任,为消费者落实监督责任搭建平台。

4.2.6 苹果线上销售系统。苹果线上销售系统共有13个子系统,分别是苹果电子商城、供应商管理系统、客户管理系统、电商交易系统、冷库进销存管理系统、流通环节采集系统、O2O管理系统、电子支付系统、苹果销售热力图、财务管理系统、客服系统、客户关系管理系统、微信平台。

4.2.7 智慧果园APP。针对当地的果业企业、合作社、生产者、经销商等用户,开发基于移动互联网的智慧果园APP,包括果业物联网信息管理(环境信息监测、实时视频监控)、智

慧大棚管理(病虫害信息管理,水肥信息管理)、溯源管理、专家在线、气象预警、苹果交易系统、市场行情(苹果价格、供求信息、新闻资讯等)等功能模块。

4.2.8 综合管理系统。综合信息管理系统的主要功能有用户角色及权限管理、平台日志管理、信息管理、通知公告、系统设置、历史数据归档、数据管理、组织机构管理等。综合信息管理系统实现对示范基地基本信息采集、汇总、分析、管理,包括苹果产业示范基地主体备案、生产信息采集、苹果示范基地矢量地图展示等功能。

4.2.9 数据接口系统接入。数据接口系统对所有资源目录中的数据资源提供标准的数据服务 API 接口,并通过接口授权管理进行控制。各个资源服务接口提供标准接口使用说明文档,可对农业政府各级平台以及第三方应用系统实现数据交换共享、资源整合、大数据分析的目的。目前系统支持数据接入及应用接入,包含 4 种接入方式,具体如下:

(1) Web Service 接入。基于可编程的 Web 的应用程序,不依赖于语言或平台,实现不同语言间的相互调用,通过 Internet 进行基于 Http 协议的网络应用间的交互。

(2) Json 接入。轻量级的数据交换格式。基于 ECMAScript 的 1 个子集,采用完全独立于编程语言的文本格式来存

储和表示数据。

(3) 消息队列接入。所有应用之间要通信的消息都通过消息队列来传输,由消息队列来保证数据传输的异步性、稳定性等。

(4) 远程过程调用接入。通过接口调用 SAP 内部的标准或自定义函数,获得函数返回的数据进行处理后显示或打印。

4.3 促进苹果线上线下营销推广

4.3.1 做好线上线下市场拓展。依托全国各大知名电商平台,通过平台“企业+基地+网店”模式和苹果大数据优势,开展苹果精准营销,拓展苹果销售渠道,促进农民增收。

4.3.2 做大做强延安苹果、洛川苹果公共品牌。开展基于苹果大数据的品牌策划、营销推广,推动果品转型升级,增强延安苹果和洛川苹果产品的市场竞争力。

4.3.3 孵化培育电商人才。利用苹果大数据建立多层次的农村电商培训机制,壮大苹果产业创业从业群体。

4.3.4 安全保障体系建设。依据 ITIL,建立符合 ISO20000 的运维流程规范,具体业务和内容可根据项目需要进行调整。运维服务规范的基本框架如图 3 所示。

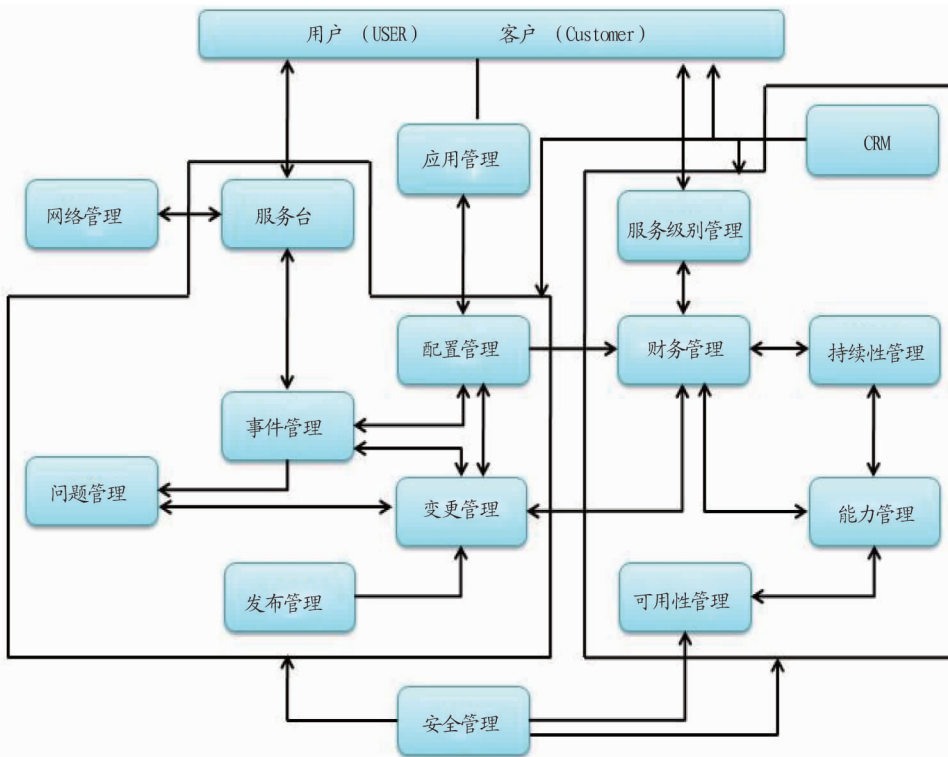


图 3 运维服务规范框架

Fig.3 Operation service specification framework

运维服务管理需要依照 IT 服务管理最佳实践(ITIL),建立符合 ISO20000 的运维流程规范,最大程度上保证平台网络能够安全、可靠、高效运行。建立适合 ITIL 管理框架的一、二、三线技术运行维护体系。运维呼叫中心作为服务对外的统一窗口,向用户提供全天候服务,实现客户服务受理、处理、跟踪、反馈的闭环管理。在运维服务中心设立客户服

务组,能及时响应客户需求(图 4)。

(1) 一线服务。IDC 平台值班工程师采用全天候的方式组成一线技术服务团队。团队成员具备生产工艺流程、物流、信息流等相关方面知识,掌握应用系统、系统软/硬件、通信、机电等现场设备日常点检和维护技术,能严格按照操作手册开展日常点检和维护工作,能处理常见故障,编制并实

施日常维护方案和对系统重大故障进行初步判断。

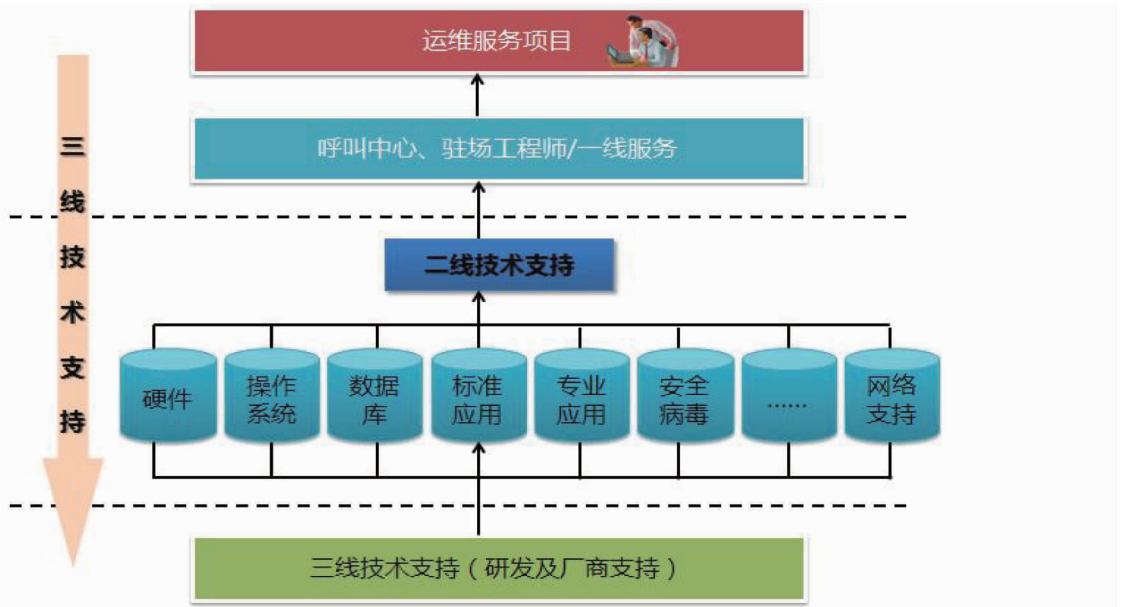


图4 三线技术支持模型

Fig.4 Three-line technical support model

(2) 二线支持。由经验丰富的专业技术领域工程师组成的二线支持团队，是一线服务的技术支撑，通过现场或远程方式提供全天候技术支持服务，并承担所维护系统的调优、完善、预防维护及对模型与工艺方的公关等工作。

(3) 三线支持。相关企业各领域技术专家及厂商作为三线支持的支撑，负责运维服务整体方案的策划、技术规范的审核和重大故障的技术支持，解决系统级问题。

4.3.5 标准规范体系。严格按照质量管理体系、信息安全管理体系、CMMI 管理体系、HSE 管理体系、IT 运维管理体系等要求，依据 IT 行业相关法律法规，包括《计算机软件文档编制规范》《信息分类和编码的基本原则与方法》《国家农业技术信息分类与编码标准体系》《计算机信息系统国际联网保密管理规定》《中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例》《互联网信息服务管理办法》《网络商品交易及有关服务行为管理暂行办法》《信息安全等级保护管理办法》《CMMI for Service(服务成熟度模型集成)》。其中，面向苹果产业应遵守《苹果冷藏技术》《鲜苹果》《苹果销售质量》《苹果、柑橘包装》《绿色食品苹果》《苹果外观等级标准》和《无公害食品苹果》等国家、行业、地方标准。

5 小结

关于构建农产品质量安全追溯的研究已有不少，如针对农产品溯源信息的完整性、安全性及可信性问题，任守纲等^[16]从农产品产业链的角度提出一种基于信誉监督机制共识算法的区块链应用，在农产品信息上链时具有更小的时延和安全性；为解决区块链追溯系统中数据存储负载过大和查询效率较低等问题，杨信廷等^[17]提出基于联盟区块链的“数据库+区块链”链上链下的追溯信息双存储的设计，提高了追溯信息的可靠性和实效性；为提高应用的吞吐量和降低交易开销，张朝栋等^[18]提出一种基于侧链扩容技术的以太坊区

块链应用，实现供应链上信息的全生命周期追溯。

与现有系统相比，该系统集成互联网、物联网、大数据、机器学习、云计算及区块链等技术，能实现农产品生产、流通、监管及销售等多流程可追溯、苹果全产业链环节可实时监测预警等全方面功能，更好地服务农业生产经营主体与农户，最终实现延安区域特色产业的健康发展和品牌建设目标，为区域农村经济发展、产业精准扶贫、新型生产经营体系构建开辟出一条新的道路。

目前，系统还处于研发应用初级阶段，存在应用范围小，基础数据少等问题。下一步，将以苹果高质量发展为目标，引导新型经营主体牢固树立农产品质量安全意识，提高系统应用效果，扩大溯源系统覆盖应用面，让系统率先在县级以上龙头企业、农民专业合作社和种植大户等新型经营主体推广应用。加强基础数据采集，提高数据的真实性和准确性。同时，加强与政府部门合作，降低应用成本，让老百姓吃上放心产品。

参考文献

- [1] 刘勤朝, 马玉杰. 延安市苹果规模化经营的调查与思考[J]. 农业与技术, 2021, 41(2): 158-160.
- [2] CORALLO A, LATINO M E, MENEGOLI M, et al. What factors impact on technological traceability systems diffusion in the agrifood industry? An Italian survey[J]. Journal of rural studies, 2020, 75: 30-47.
- [3] 许克, 任玉璇, 牛芩洁. 基于物联网的智慧农业信息采集系统研究[J]. 现代农业科技, 2021(12): 258-259, 266.
- [4] 彭元莹, 杨艳, 杨玮, 等. 基于物联网技术的智能农业管理系统设计[J]. 现代农业科技, 2020(19): 257-259, 265.
- [5] 陆林峰, 管孝锋, 黄海龙, 等. 基于农业物联网的应用平台构建[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(7): 1455-1457.
- [6] 管孝锋, 陆林峰, 黄海龙, 等. 浙江农业物联网应用及发展对策分析[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(2): 386-389.
- [7] 刘琳, 朱汉鑫, 郑迎春, 等. 浙江省农产品质量安全追溯体系建设现状及对策[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(11): 1949-1954.
- [8] 吴波, 吕旭健, 陈军响, 等. 基于物联网的温州市农产品质量安全溯源体系的构建与应用[J]. 浙江农业科学, 2013, 54(4): 482-485.

策鼓励毕业大学生从事现代农业生产,为农业注入新鲜血液。③完善政府配套措施:政府要加大农业资金投入,改善农业基础设施建设^[27];有针对性地制定扶持家庭农场的相关政策,特别是农场发展过程中遇到的信贷困难、农业保险、财政补贴等方面,应予以政策倾斜。④加强家庭农场社会化服务体系建设:基层农业技术推广机构要发挥好作用,同时引导和鼓励各类社会化服务组织参与家庭农场相关经营活动,如代耕代收代种、仓储物流、病虫害防治等,为家庭农场适度规模经营提供帮助^[22]。

3 结论与展望

运用 Citespace 软件对 1984—2020 年中国知网 (CNKI) 中收录的 309 篇家庭农场适度规模研究论文进行文献计量和知识图谱分析,更加直观地揭示了国内有关家庭农场适度规模研究的进展与核心研究主题。研究结果表明:①家庭农场适度规模研究主要阶段是 2013 年之后,且研究具有明显的政策导向性。②家庭农场适度规模研究领域研究的学者虽多,但是未形成较明显的核心带头人,大多数研究机构处于独立研究状态,合作交流较少;此外作者间的合作大多数处于同一机构内部的合作。③家庭农场适度规模研究的核心主题是家庭农场和适度规模;研究热点主要集中在适度规模、对策建议、农业规模经营、土地流转、新型农业经营主体、经营效率六大领域。

随着乡村振兴战略的推进,各地要充分发挥特色产业,利用特色产业实现乡村产业兴旺。而地区特色农业的发展主要依赖家庭农场、农民专业合作社等经营主体。因此合理规划特色农业家庭农场的规模不仅对农户个体具有重要意义,对乡村振兴发展战略也有极大的推动作用。从该研究中可以看出,家庭农场发展具有较大的政策性导向,政府的一些举措将对农户经营产生重要影响,因此政府在未来家庭农场发展过程中要发挥好自身作用。①一些农户可能为了政策补助而大规模扩大经营范围,由此出现过度规模化问题,使农地效率下降。政府如何规范此类现象的发生,还需对家庭农场的注册登记,补助细则加以明确。②政府利用政策优惠将企业或农户招商引资过来发展家庭农场,如何在政策优惠过去后,规范引导家庭农场实现可持续发展,也是当地需要思考的问题,从而避免出现前期重视、后期放任的现象。③目前土地流转,无论是转出者还是租入者,都优先做短期打算,不愿长期规划,这可能会影响到家庭农场规模的稳定

性,因此政府还需要对其进行更深入地研究。

参考文献

- [1] 袁赛男.家庭农场:我国农业现代化进路选择:基于家庭农场与传统小农户、雇工制农场的比较[J].长白学刊,2013(4):92-97.
- [2] 李杰,陈超美.CiteSpace:科技文本挖掘及可视化[M].北京:首都经济贸易大学出版社,2017:2-8.
- [3] 彭亮,高维新.新时代中国乡村振兴的研究进展、热点及展望:基于CiteSpace的文献计量分析[J].世界农业,2020(5):76-84.
- [4] 张蒙蒙,刘天平,杨建辉.精准扶贫研究的现状、热点与趋势:基于CNKI和CiteSpace可视化视角[J].中国农业资源与区划,2019,40(8):11-19.
- [5] 付飞翔.创新我国农业经营方式的未来选择:家庭农场[J].农村经济,2013(7):56-60.
- [6] 房慧玲.发展家庭农场是中国农业走向现代化的最现实选择[J].南方农村,1999(2):19-20.
- [7] 黄延廷.家庭农场优势与农地规模化的路径选择[J].重庆社会科学,2010(5):20-23.
- [8] 高强,刘同山,孔祥智.家庭农场的制度解析:特征、发生机制与效应[J].经济学家,2013(6):48-56.
- [9] 杨素群.农业经营适度规模解析[J].唯实,1998(3):25-28.
- [10] 何秀荣.关于我国农业经营规模的思考[J].农业经济问题,2016,37(9):4-15.
- [11] 郭庆海.土地适度规模经营尺度,效率抑或收入[J].农业经济问题,2014,35(7):4-10.
- [12] 许庆,尹荣梁,章辉.规模经济、规模报酬与农业适度规模经营:基于我国粮食生产的实证研究[J].经济研究,2011,46(3):59-71,94.
- [13] 李谷成,冯中朝,范丽霞.小农户真的更加具有效率吗?来自湖北省的经验证据[J].经济学,2010,9(1):95-124.
- [14] 陈悦,陈超美,刘则渊,等.CiteSpace知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [15] 王春来.发展家庭农场的三个关键问题探讨[J].农业经济问题,2014,35(1):43-48.
- [16] 伍开群.家庭农场的理论分析[J].经济纵横,2013(6):65-69.
- [17] 苏昕,王可山,张淑敏.我国家庭农场发展及其规模探讨:基于资源禀赋视角[J].农业经济问题,2014,35(5):8-14.
- [18] 屈学书.我国家庭农场发展的动因分析[J].农业技术经济,2016(6):106-112.
- [19] 黄宗智.“家庭农场”是中国农业的发展出路吗?[J].中国乡村研究,2014(00):100-125.
- [20] 卫新,毛小报,王美清.浙江省农户土地规模经营实证分析[J].中国农村经济,2003(10):31-36.
- [21] 许月明.土地规模经营制约因素分析[J].农业经济问题,2006,27(9):13-17.
- [22] 朱启臻,胡鹏辉,许汉泽.论家庭农场:优势、条件与规模[J].农业经济问题,2014,35(7):11-17,110.
- [23] 李永安,孙捷.基于社交网络的家庭农场经营规模探讨[J].广东农业科学,2014,41(10):228-231.
- [24] 许惠娇,叶敬忠.农业的“规模”之争与“适度”之困[J].南京农业大学学报(社会科学版),2017,17(5):68-78.
- [25] 汤文华,段艳丰,梁志民.一种新型农业经营主体:家庭农场:基于新制度经济学的分析视角[J].江西农业大学学报(社会科学版),2013,12(2):186-190.
- [26] 郭熙保.“三化”同步与家庭农场为主体的农业规模化经营[J].社会科学,2013(3):14-19.
- [27] 黄新建,姜睿清,付传明.以家庭农场为主体的土地适度规模经营研究[J].求实,2013(6):94-96.
- [9] 孙懿慧,吴杨,王爱民.武汉市农业物联网发展现状·问题及对策[J].安徽农业科学,2016,44(23):230-232,237.
- [10] 刘欢迪,杜学绘,王娜,等.区块链技术及其在信息安全领域的研究进展[J].软件学报,2018,29(7):2092-2115.
- [11] BECHTISIS D, TSOLAKIS N, BIZAKIS A, et al. A blockchain framework for containerized food supply chains[M]//KISS A A, ZONDERVAN E, LAKERVELD R, et al. Computer aided chemical engineering. Amsterdam: Elsevier, 2019:1369-1374.
- [12] 于丽娜,张国锋,贾敬敦,等.基于区块链技术的现代农产品供应链[J].农业机械学报,2017,48(S1):387-393.
- [13] 程晓东,樊虎玲.陕西省农产品质量安全追溯体系建设现状与思考[J].农产品质量与安全,2017(2):88-91.
- [14] 王志铨,柳平增,宋成宝,等.基于区块链的农产品柔性可信溯源系统研究[J].计算机工程,2020,46(12):313-320.
- [15] 王可可,陈志德,徐健.基于联盟区块链的农产品质量安全高效追溯体系[J].计算机应用,2019,39(8):2438-2443.
- [16] 任守纲,何自明,周正己,等.基于CSBFT区块链的农作物全产业链信息溯源平台设计[J].农业工程学报,2020,36(3):279-286.
- [17] 杨信廷,王明亭,徐大明,等.基于区块链的农产品追溯系统信息存储模型与查询方法[J].农业工程学报,2019,35(22):323-330.
- [18] 张朝栋,王宝生,邓文平.基于侧链技术的供应链溯源系统设计[J].计算机工程,2019,45(11):1-8.

(上接第224页)