

王晓辉博士主持“全方位夯实粮食安全根基”特约专栏文章之五

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.04.005

宋洁, 张帆, 王榕金子. 新时期我国粮食安全管理的数字化研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(4): 36-41.

SONG J, ZHANG F, WANG R J Z. Research on digitization in Chinese food security management in the new era[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(4): 36-41.

# 新时期我国粮食安全管理的 数字化研究

宋洁<sup>1</sup>, 张帆<sup>2</sup>, 王榕金子<sup>1</sup>

(1. 北京大学 工学院, 北京 100871;

2. 中国科学院 数学与系统科学研究院, 北京 100190)

**摘要:** 当下, 新一轮科技革命突发猛进, 数字化技术正在迅速发展并与传统行业进行深度融合, 推动世界进入一个数据驱动决策的智慧时代。科技的创新和数字化转型, 为加快粮食产业高质量发展赋予了新动能, 是保障粮食安全的重要支撑。本文从日常粮食供应链安全和应急状态下粮食安全两方面着手, 详细阐述了数字化建设在粮食安全中发挥的重要作用: 一方面, 数字化技术对加强日常粮食供应链产、运、储、加、销各环节的多主体信息共享和交互、助力粮食生产的精细化、促进粮食供需关系的动态平衡等具有重要作用; 另一方面, 数字化技术可以捕捉系统的细节逻辑和随机性, 对建立突发事件下的粮食安全的应急管理模型具有重要作用, 可以有效提升粮食储备能力、优化粮食储备布局, 加强粮食监测预警能力、达成粮食动态供需平衡, 健全粮食应急保供能力, 实现粮食区域协同调度。本研究有助于搭建粮食应急数字化平台, 推进粮食应急智慧决策, 为信息化时代我国粮食安全的数字化建设提供支持。

**关键词:** 粮食安全; 粮食供应链; 数字化; 粮食应急安全; 数字技术

中图分类号: TS201; F320 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)04-0036-06

网络首发时间: 2023-06-27 17:32:48

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms2/detail/11.3863.TS.20230627.1155.002.html>

## Research on Digitization in Chinese Food Security Management in the New Era

SONG Jie<sup>1</sup>, ZHANG Fan<sup>2</sup>, WANG Rong-jin-zi<sup>1</sup>

(1. Department of Industrial Engineering & Management, College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China; 2. Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** Nowadays the digital technology led by technological enhancement has revolutionized the traditional industries, and pushed the world into an intelligent era of data-driven decision-making. Scientific innovation and digital transformation have given the grain industry new kinetic energy to accelerate the

收稿日期: 2023-03-02

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体项目 (T2121002)

Supported by: National Natural Science Foundation of China (NSFC) Innovative Research Group Project (No. T2121002)

作者简介: 宋洁, 女, 1982 年出生, 博士, 教授, 北京大学工学院党委书记, 研究方向为随机建模、仿真优化、服务运作管理。E-mail: songjie@coe.pku.edu.cn

high-quality development, which is an important foundation for ensuring grain security. In the paper, we discussed the connotation and values of digitalization of food security from two aspects: daily food supply chain security and emergency food security. On the one hand, the digital technology plays a critical role in strengthening information sharing and interaction between multiple agents in the production, transportation, storage, processing and consumption of daily food supply chain, which made contribution to refining grain production and promoted the dynamic balance of food supply and demand. On the other hand, the digital technology is able to capture the detailed logic and randomness of the system, which is of great theoretical and application value for establishing the grain security management model in emergencies. It can effectively improve grain reserve capacity, optimize grain reserve layout, strengthen grain warning capabilities, achieve a dynamic balance between supply and demand of grain, improve grain emergency supply guarantee capacity, and achieve coordinated regional grain scheduling. The paper helps build a digital platform for grain emergencies, promotes intelligent decision-making in grain emergencies, which could support the digital construction of food security in China in the information age.

**Key words:** grain security; grain supply chain; digitalization; emergency grain security; digital technology

我国人口众多, 确保粮食安全历来是治国安民的首要任务, 党和政府始终高度重视粮食安全。习近平总书记强调, 保障国家粮食安全是一个永恒的课题, 任何时候这根弦都不能松; 越是面对风险挑战, 越要稳住农业, 确保粮食和重要农产品安全。当前国内外政治经济环境形势复杂, 世界经济恢复增长速度还需要时间, 国内经济下行的压力比较大, 粮食安全正面临严重挑战。一方面, 全球人口的快速增长、城镇化进程的不断加快, 粮食生产方式的转变、区域之间的资源差异等, 使得粮食供需关系更加紧张、区域间产供销不平衡矛盾更加凸显<sup>[1]</sup>, 另一方面, 我国自然灾害形势复杂严峻, 公共卫生事件总体形势不容乐观, 给经济发展和民生安全带来了严重威胁, 也对粮食应急保障安全提出了更高的要求。此外, 粮食安全本身是一个复杂的、动态的、不确定性强的系统工程, 受时间、空间等多方面因素的影响, 各因素之间相互关联制约、多维交互且有复杂的非线性相互作用。因此, 亟需在系统全面地认识粮食安全所面临挑战的基础上, 探讨我国新形势下粮食安全的新出路。

当下, 新一轮科技革命突发猛进, 各种数据采集技术、移动智能终端的发展使得社会生活的各方面逐渐可以被数据清晰地描绘<sup>[2]</sup>, 以互联网、大数据、人工智能等为代表的新一代信息化、数字化技术正在迅速发展并与传统行业进行深度融合, 推动世界进入一个数据驱动决策的智慧时代。在粮食领域, 世界各国的政府和学者们也开始逐

渐探索数字化技术在粮食安全保障中的创新性应用。科技创新和数字化转型, 为加快粮食产业高质量发展赋予了新动能, 是保障粮食安全的重要支撑<sup>[3]</sup>。一方面, 数字化技术对加强日常粮食供应链各环节的信息共享和交互、助力粮食生产的精细化、促进粮食供需关系的动态平衡等具有重要作用; 另一方面, 数字化技术可以捕捉系统的细节逻辑和随机性, 对建立突发事件下的粮食安全的应急管理模型具有重要的理论和应用价值。因此, 需要加快粮食安全领域数字化建设, 系统把握新形势下粮食安全演变规律, 打造智慧粮食。本文将从日常粮食安全和应急状态下粮食安全两方面着手, 对粮食安全数字化的内涵与作用进行讨论。

## 1 粮食供应链中的数字化建设

随着数字技术的不断发展, 粮食供应链步入了新时代, 导致粮食风险相应发生变化。只有加强粮食供应链的数字化建设, 才能够对可能发生的风险进行准确预测, 对关键风险节点进行精确识别, 并及时提出风险应对的策略。一个能够有效防范、预测、应对风险冲击的智慧粮食供应链体系是复杂形势下粮食安全的根基, 也是粮食系统韧性发展的重要基石<sup>[4-6]</sup>。

### 1.1 粮食供应链的定义

粮食供应链是一个集成了粮食生产、运输、储存、加工、消费等多环节的完整体系, 具有多主体、多区域的特点, 是一个由粮食相关产业组

成的系统,也是更加综合全面评估粮食安全的一个体系。粮食供应链系统主要涵盖“三流”,即物流、资金流、信息流,在统筹考量粮食安全、韧性、效率的时候,需运用到不同学科的模式求解方法,包括运营、信息、风险管理等<sup>[7]</sup>。

不同于其他产业,粮食的供给端价格与需求端价格都较为稳定,粮食的生产具有区域分散性,而粮食的消费却是普遍存在的<sup>[8]</sup>。为了能够准确找到粮食安全的重要节点,我们必须将粮食的流通放入完整的粮食供应链中进行考虑。通过参考传统供应链的管理模式,建立粮食供应链的安全预警方针,推动粮食供应链稳步安全发展。

## 1.2 粮食供应链管理

供应链管理是利用数字技术全面统筹优化供应链中的物流、资金流、信息流等的过程,是覆盖整个链条的集成管理方法,提高商品流通效率的同时,寻求客户满意度提升与降低总成本的平衡。

粮食供应链的管理需要重视政府及供应链各服务组织的支撑。只有充分发挥政府和各服务组织的作用,才能为粮食供应链的发展创造良好的外部环境。政府应当充分利用当前粮食市场信息的公共特性,加强对农村地区信息化建设的支持,建立完善的信息咨询交流机制,以及提供必要的指导和支持,以促进粮食信息网络的发展。建立健全质量标准体系,完善质量控制。在政府领导下的资源储备、技术储备、粮食及战略物资储备等,是提升粮食供应链韧性的政策基石<sup>[9]</sup>。

## 1.3 粮食供应链数字化内涵与作用

粮食供应链数字化建设是利用现代化的数字信息技术改进供应链体系的过程,通过互联网、大数据等优化粮食的产业体系,通过智能管控、物联网重构粮食的生产体系,通过数字服务平台改造粮食的经营体系。

将数字技术融入粮食供应链,能够进一步延伸并拓宽供应链链条的发展,推动粮食供应链的升级改造。通过搭建大数据的信息网络平台,粮食生产价格、销售价格等市场信息能够得到完整、及时、准确的收集,对粮食价格进行时间序列分析与压力测试,利于数理统计与机器学习方法,能够有效分析市场情况,科学确定上涨幅度及在多

大范围内出现什么样的波动,会造成什么样的影响,进一步调节粮食生产与消费的关系,提示相应级别应急响应的启动,使粮食供应链的韧性得到提升。

在农业生产方面,数字技术能够实现粮食生产的精确操作、智能管控和科学管理,有效促进生产者之间的信息交流,使农业生产能力的稳步提高,进一步重构粮食生产体系<sup>[10-12]</sup>。粮食生产中结合物联网技术,通过开发农田遥感监测技术、土壤检测技术等,收集相关数据建立粮食生产信息网络,进而辅助农民精准完成喷水、施肥、喷药等种植作业,有利于粮食生产成本的降低以及粮食生产布局的有效调整,实现粮食生产的智能化精准控制<sup>[13]</sup>。同时政府应建立覆盖粮食生产的信息数据库,并纳入市场咨询、高新技术研发等信息服务,帮助实现粮食的标准化、专业化生产,优化粮食种植结构,提高粮食产品质量<sup>[14]</sup>。

粮食供应链数字化建设通过对粮食供应链中多环节、多主体进行数字赋能,推进供应链中的数据收集与统筹管理,使得粮食供应链能够在风险发生时做出及时反应并进行适应性结构调整。传统的粮食供应链在风险发生后,由于内外部环境发生变化,常常需要以新产品、新技术对发展路径进行革新<sup>[15]</sup>。而数字化的粮食供应链将通过对粮食产、运、储、加、销等多环节、多主体的数字赋能来推动供应链中断后的升级过程,成为粮食供应链科学生产、智慧经营、高质服务的根基。借助数字服务平台,生产者能够通过创立“代工合作社”、“农村家庭网店”等组织<sup>[16]</sup>,收集消费者的反馈,反过来改进决策,优化粮食生产策略。借助物联网技术,经营者能够对粮食的产、运、储、加、销环节进行准确判断,分析市场行情,合理预测粮食供应链中的风险,减少经营过程中的盲目性。数字化的粮食供应链能够使得链条中各主体有效分工,提高粮食生产、流通的效率,同时能使各主题在信息流上交叉融合,有利于在粮食供应链发生中断后的快速反应,提升粮食供应链韧性。

## 1.4 区块链技术在粮食供应链中的应用

作为分布式的共享数据库,区块链技术是信息化时代的重要产物,具有可追溯性、去中心化、安全性等特点。区块链技术与粮食供应链的融合,

能够为粮食产业带来更广阔的发展前景,这也是推动粮食供应链数字化建设和韧性发展的重要环节<sup>[17]</sup>。区块链技术的可追溯性能够确保粮食质量安全的溯源性;去中心化的特点则能够大大提升粮食供应链的透明度,解决粮食供应链中的信息不对称问题。传统的粮食供应链由于多环节、多主体、多区域的特点,产销信息难以共享,环节之间难以建立信任机制,导致产销之间的盲目性,也加大了供应链的管理成本。将区块链技术融合到粮食供应链中,能够实现粮食供应链的信息对称化、透明化,促进各环节、各主体之间的信任,极大的降低供应链的运行成本,提高粮食供应链的运行效率,进而促进粮食产业经营管理模式的转变与升级,推动粮食产业的优化配置,提升粮食的生产经营效率。另一方面,面对突发应急事件时,区块链技术也能帮助粮食供应链精准高效溯源<sup>[18]</sup>。因此,区块链技术是实现粮食供应链加速数字化转型的重要力量。

## 2 数字技术在粮食应急安全中发挥的作用

习近平总书记在我国应急管理体系和能力建设第十九次集体学习中强调,应急管理是国家治理体系和能力的重要组成部分,加强应急管理体系和能力建设,是一项紧迫且长期的任务。应急物资是伴随应急管理概念产生的,一般指突发事件发生前用于控制事件发生,或发生后用于救灾恢复所需的各种保障资源<sup>[19]</sup>。在这些应急物资中,粮食直接关系到民众的生命安全,是重要的应急物资。尤其是在抗击重大突发事件过程中,粮食不仅是社会安全稳定的重要组成部分,也是科学救治的物质基础。近年来,随着全球化、城市化的加剧,各类突发事件频发,严重威胁了我国经济发展、社会稳定和民生安全,也对粮食应急安全保障工作提出更高的要求。

相较于日常粮食安全保障而言,应急状态下的粮食安全需要针对可能出现的突发事件,基于粮食应急预案,以粮食流通网络为基础,在最小化灾害损失和最大化时间效益的前提下,保证粮食迅速、安全、充足的供应<sup>[20]</sup>。自然灾害或者公共卫生事件等突发事件,一方面会对粮食供应链内部环节造成冲击,客观上导致粮食生产加工遭

受多重影响,出现粮食减产、加工受损、物流不畅等情况,造成粮食供应链的中断。另一方面,消费者受到突发事件舆情的影响,会出现心理恐慌,产生抢购行为,造成粮食供应链需求侧的快速膨胀。总的来说,粮食应急是一个复杂的系统,从整个国民经济系统来看,它涉及产、供、销、加工、储运等多个环节,同时还受到地域性因素如人口、经济水平、社会影响力、突发事件发生情况以及网络舆情传播等的影响。上述因素之间交错影响,形成了复杂的关系网络,使得各地区的粮食应急管理体系难以被全面准确的分析和优化,数字化技术可以在一定程度上解决上述问题。

### 2.1 提升粮食储备能力,优化粮食储备布局

粮食储备体系的优化布局是关系国计民生与社会稳定的重大事项,突发事件发生时,成品粮的精准、及时供应是保障民生安全、减少灾害损失、维持社会稳定的根本条件。与其他救援物资相比,粮食储藏稳定性差,需要有优良的储存条件、检测设备等,还需要定期轮换,储存和轮换成本较高;而同原粮相比,成品粮的储藏稳定性更差,对储存条件要求更高,定期轮换频率更快、轮换周期更短、轮换风险大、操作难度大。我国目前粮食储备体系已基本建立,粮食储备已基本满足人民群众的消费需求,并能够在调节国内粮食供需平衡、稳定粮价、应对突发事件中发挥积极的作用。然而,突发事件的不确定性使得难以对受灾地区的粮食需求进行科学合理估计,受灾地区的经济水平、社会影响以及运输能力等因素都会对应急时的粮食需求提出要求,这些影响因素使得目前对应急粮食需求的精确科学估计较为困难,导致各地区的成品粮储备数量有很大的随意性,有些地区的成品粮储备规模较大,造成成品粮的库存持有成本增加,仓储作业总成本也随之增加,使政府的财政负担加重;而另一些地区的储备规模相对较小,这使得储备库内的仓储作业无法形成规模优势,不利于仓储成本的降低。

应急粮食需求具有非例行性、不确定性以及强烈的非平稳性等特点,影响应急粮食需求的某些因素难以被量化,以及我国应急管理重视较晚,与应急相关的统计数据缺失较为严重,样本量较

小等问题，一般的传统预测方法难以取得较好的预测效果。因此需要加强，结合各地区各类突发事件下成品粮应急的历史数据，对应急成品粮需求进行预测。在预测结果的基础上，可以运用安全库存理论等库存管理方法，结合各地区自然灾害风险、粮食应急管理安全评估结果、应急成品粮需求预测结果，对成品粮储备规模进行优化测算。

## 2.2 加强粮食监测预警能力，促进粮食动态供需平衡

突发事件发生的突发性和发展的不确定性对粮食监测预警能力要求很高，通过加强粮食应急监测预警，政府可以更加及时的感知危机，更迅速、更准确的做出应急响应。市场的粮食价格反映了一段时间内的供应和需求情况，代理商对未来供求状况的预期，包括供应的季节性模式。粮食价格危机往往与粮食安全危机相关联。粮食价格上涨会一定程度上限制民众的购买力，特别是低收入粮食净购买者。粮食价格的过度波动会影响农民、贸易商、加工者和消费者，并威胁到粮食供应链的正常运转，进一步威胁粮食安全。因此，及早发现高粮价和粮价上涨有助于粮食安全规划和政策设计的决策和早期行动。

利用数字化技术加强建设粮食监测信息网络，对粮食生产、粮食购销价格、粮食流通等多粮食系统各环节进行全面监测，基于监测数据挖掘影响粮食安全的关键指标节点，完善粮食安全评价体系，构建粮食安全评价指标，合理地设置粮食安全监测点，当粮食安全指标值低于监测点时，发布相应等级的粮食安全预警，形成一套科学高效的粮食监测预警价格信息体系。

## 2.3 健全粮食应急保供能力，实现粮食区域协同调度

2019 年 10 月发布的《中国的粮食安全》白皮书指出要健全粮食应急保供体系，优化粮食应急供应、配送、加工网点的布局，形成布局合理、设施完备、运转高效、保障有力的粮食应急供应保障体系。在应急情况下，一旦成品粮供应不足或不能及时送达，受灾民众的生命安全就会受到严重威胁<sup>[21]</sup>。结合大数据技术的信息挖掘与人工智能决策，通过数字化粮食应急调控，整合仓储、

共享库存、物流等关键数据，在各地区之间的信息交互的基础上，对现有的应急中心及部署网点进行优化布局，以实现各区域的协同调度应急具有重大意义。

## 2.4 搭建粮食应急数字化平台，推进粮食应急智慧决策

数字化仿真技术可以将粮食系统的随机性纳入考量，并且在操作层面精细化，使得模型更贴合实际<sup>[22]</sup>。应用仿真技术模拟在我国发生突发事件、现有物流通道被严重阻断等情况下可能发生的应急状况，建立集模拟、评估和优化于一体的计算机仿真应急平台，实现对各种紧急状态下粮食系统的变化及相关应急策略进行预演、模拟和评估。建立可视化的中国粮食应急仿真系统，对全国范围内的粮食储备体系的储备规模、储备结构、供应运输情况等实时地、可视化地展示，利用各种数据统计、分析、展示技术对相关信息进行形象地表达，并对各种突发事件下的应急决策及措施等进行预演和模拟，为粮食应急救援提供决策支持。

## 3 总结

在市场化、全球化、信息化的大背景下，粮食安全面临的情形更加复杂，数据更加多维，不确定性更加突出，传统研究方法受制于模型假设和数据量约束，难以满足新形势下粮食安全的要求。大数据和人工智能等数字化技术的发展为保障新形势下粮食安全带来了新的机遇，可以深入挖掘复杂的粮食数据网络，分析制约粮食安全的关键因素，剖析各因素之间的交互作用，为维护日常粮食供应链的稳定性和平衡性，满足应急状态下粮食需求的及时性，构建粮食安全智能决策平台提供理论和技术支持。

## 参考文献：

- [1] 袁世一, 赵龙华, 李干琼. 基于大数据技术的粮食安全监测预警研究趋势与展望[J]. 农业展望, 2022, 18(1): 3-9.  
YUAN S Y, ZHAO L H, LI G Q. Trends and prospects of food security monitoring and early warning research based on big data technology[J]. Agricultural Outlook, 2022, 18(1): 3-9.
- [2] 陈国青, 吴刚, 顾远东, 等. 管理决策情境下大数据驱动的研究和应用挑战——范式转变与研究方向[J]. 管理科学学报,

- 2018, 21(7): 1-10.
- CHEN G Q, WU G, GU Y D, et al. The challenges for big data driven research and applications in the context of managerial decision-making: Paradigm shift and research directions[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2018, 21(7): 1-10.
- [3] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 聚焦“数字粮储”建设推动数据赋能粮食全产业链协同转型[EB/OL]. 2021. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/44687/45200/zy45204/Document/1701525/1701525.htm>.
- The State Council Information Office of the People's Republic of China. SCIO briefing on development of food and strategic reserves in 14th Five-Year Plan period[EB/OL]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/44687/45200/zy45204/Document/1701525/1701525.htm>.
- [4] 毛长青. 新时代粮食安全观的理论内涵与实践路径[D]. 吉林大学, 2022.
- MAO C Q. Theoretical connotation and practical path of food security concept in the new era[J]. *Jilin University*, 2022.
- [5] 张爱如. 智慧粮食建设实践与思考[J]. *中国粮食经济*, 2016(4): 64-66.
- ZHANG A R. Practices and thoughts on the construction of intelligent grain[J]. *China Grain Economy*, 2016(4):64-66.
- [6] 张维, 葛亮. 加快信息化发展 推动数字化转型 提高粮食和物资储备治理现代化水平[J]. *中国粮食经济*, 2022(4): 21-23.
- ZHANG W, GE L. Accelerate the development of information technology, promote digital transformation and improve the modernization level of grain and material reserve management capacity[J]. *China Grain Economy*, 2022(4): 21-23.
- [7] 崔晓迪, 田源, 程国宏. 信息化的粮食供应链管理[J]. *中国储运*, 2005(5): 50-51.
- CUI X D, TIAN Y, CHENG G H. Information-based grain supply chain management[J]. *China storage and transport*, 2005(5): 50-51.
- [8] 刘波. 推进新时代我国粮食经济高质量发展[J]. *中国粮食经济*, 2019(1): 14-17.
- LIU B. Promote the high-quality development of China's grain economy in the new era[J]. *China Grain Economy*, 2019(1): 14-17.
- [9] 郝爱民, 谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2022, 21(3): 10-24.
- HAO A M, TAN J Y. Impact of digital rural construction on food system resilience[J]. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2022,21(3):10-24.
- [10] 夏显力, 陈哲, 张慧利, 等. 农业高质量发展: 数字赋能与实现路径[J]. *中国农村经济*, 2019(12): 2-15.
- XIA XL, CHEN Z, ZHANG H L, et al. Agricultural high-quality development: digital empowerment and implementation path[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(12): 2-15.
- [11] 温涛, 陈一明. 数字经济与农业农村经济融合发展: 实践模式、现实障碍与突破路径[J]. *农业经济问题*, 2020, (7): 118-129.
- WEN T, CHEN Y M. Research on the digital economy and agriculture and rural economy Integration: practice pattern, realistic obstacles and breakthrough paths[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020, (7): 118-129.
- [12] 沈费伟, 叶温馨. 数字乡村建设:实现高质量乡村振兴的策略选择[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2021, 21(5): 41-53.
- SHEN F W, YE W X. Digital rural construction: a strategic choice to realize the revitalization of high-quality rural areas[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition)*, 2021, 21(5): 41-53.
- [13] 李瑾, 郭美荣, 高亮亮. 农业物联网技术应用及创新发展策略[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(S2): 200-209.
- LI J, GUO M R, GAO L L. Application and innovation strategy of agricultural internet of things[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(S2): 200-209.
- [14] 蒋璐闻, 梅燕. 典型发达国家智慧农业发展模式对我国的启示[J]. *经济体制改革*, 2018(5): 158-164.
- JIANG L W, MEI Y. Enlightenment of model of intelligent agriculture in typical developed countries to China[J]. *Reform of Economic System*, 2018(5): 158-164.
- [15] BÉNÉ C. Resilience of local food systems and links to food security - A review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks[J]. *Food Secur*, 2020, 12(4): 805-822.
- [16] 潘峰. 信息技术与乡村创业组织的创新实践[J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2021, 20(1): 118-130.
- PAN F. Innovative practice of rural entrepreneurial organizations and information technology[J]. *Journal of South China Agricultural University(Social Science Edition)*, 2021, 20(1): 118-130.
- [17] 朱思柱, 张萌. 区块链技术在农业农村中的应用与对策研究[J]. *中国农机化学报*, 2021, 42(7): 170-176.
- ZHU S Z, ZHANG M. Research on the application and countermeasures of blockchain technology in agriculture and rural areas[J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2021, 42(7): 170-176.
- [18] KHAN H H, MALIK M N, KONEČNÁ Z, et al. Blockchain technology for agricultural supply chains during the COVID-19 pandemic: Benefits and cleaner solutions[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 347: 131268.
- [19] 张文峰. 应急物资储备模式及其储备量研究[D]. 北京交通大学, 2010.
- ZHANG W F. Research on the reserve models and quantity of emergency resources[J]. *Beijing Jiaotong University*, 2010.
- [20] 韩松. 河南省粮食应急供应链响应能力的理论分析[J]. *经济研究导刊*, 2009(30): 112-114.
- HAN S. Theoretically analyze the responding-ability of emergency food stuff's supply-chain in Henan Province[J]. *Economic Research Guide*, 2009(30): 112-114.
- [21] 田淑华. 我国粮食应急储备体系的建设[J]. *黑龙江粮食*, 2016(8): 16-17+19.
- TIAN S H. The construction of China's grain emergency reserve System[J]. *Heilongjiang Grain*, 2016(8): 16-17+19.
- [22] ZHANG F, WANG R J Z, SONG J, et al. Optimisation of the national grain reserve system using a two-phase algorithm[J]. *Journal of Simulation*, 2022. 