

大数据技术在食品安全监管中的应用及挑战

韩智^{1,2,3}, 王会霞^{1,2,3*}, 龚蕾^{1,2,3}, 张亚珍^{1,2,3}, 黄宗骞^{1,2,3}, 安迪^{1,2,3}

[1. 湖北省食品质量监督检验研究院, 武汉 430075; 2. 湖北省食品质量安全检测工程技术研究中心, 武汉 430075; 3. 国家市场监管重点实验室(动物源性食品中重点化学危害物检测技术), 武汉 430075]

摘要: 大数据具有数据规模大、处理速度快、数据种类多、数据价值高的特点, 其在食品安全领域的创新应用, 可以使食品安全监管更加智能化和公开化, 促进市场监督管理的规范化, 满足民众对于食品安全的迫切需求, 促进食品企业提升产品质量意识, 增强食品安全的公信力。本文系统概述了食品安全大数据的主要特征, 综述了其在市场监管部门中应用及在食品安全溯源、食品安全风险预警中的应用。同时分析了目前食品安全大数据技术存在不共享、不融合、不安全等问题, 这些问题制约了行业的整体发展。通过对问题的深入剖析, 提出今后的食品安全大数据发展应突破地域限制, 加强多部门跨地区跨领域协作等对策, 让食品安全大数据技术更好地造福于人类。

关键词: 大数据; 食品安全; 监管; 应用; 对策

Application and challenges of big data technology in food safety supervision

HAN Zhi^{1,2,3}, WANG Hui-Xia^{1,2,3*}, GONG Lei^{1,2,3}, ZHANG Ya-Zhen^{1,2,3},
HUANG Zong-Qian^{1,2,3}, AN Di^{1,2,3}

(1. Hubei Provincial Institute for Food Supervision and Test, Wuhan 430075, China; 2. Hubei Provincial Engineering and Technology Research Center for Food Quality and Safety Test, Wuhan 430075, China; 3. Key Laboratory of Detection Technology of Focus Chemical Hazards in Animal-derived Food for State Market Regulation, Wuhan 430075, China)

ABSTRACT: Big data has the characteristics of large scale, fast processing speed, multiple types and high value. Its innovative applications in the field of food safety can make food safety supervision more intelligent and open, promote the standardization of market supervision and management, meet the urgent needs of the public for food safety, promote food enterprises to improve product quality awareness and enhance the credibility of food safety. This article systematically summarized the main characteristics of big data in food safety, and summarized its application in market supervision departments and its application in food safety traceability and food safety risk early warning. At the same time, the paper analyzed the problems of current food safety big data technology, such as non-sharing, non-integration, and insecurity, which restricted the overall development of the industry. Through an in-depth analysis of the problem, it is proposed that the future development of food safety big data should break through geographical restrictions and strengthen multi-sectoral, cross-regional and cross-domain cooperation, so as to make food safety big data technology better benefit mankind.

KEY WORDS: big data; food safety; supervision; application; countermeasure

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1604000)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2018YFC1604000)

*通信作者: 王会霞, 正高级工程师, 主要研究方向为食品安全。E-mail: 972567848@qq.com

*Corresponding author: WANG Hui-Xia, Senior Engineer, Hubei Provincial Institute for Food Supervision and Test, Yaojian 2nd Road, Gaoxin Avenue, Donghu High-tech Zone, Wuhan 430075, China. E-mail: 972567848@qq.com

0 引言

随着互联网的普及、计算机技术的发展,大数据技术在食品安全方面的作用日益突出,逐渐成为全球共同关注的研究热点。目前,在互联网、物联网、云计算、人工智能、区块链等现代信息技术的支撑下,食品安全进入前所未有的大数据时代^[1]。通过现代化信息技术对大数据进行挖掘分析,极大提高监管效率,为探索新的食品安全智能化监管机制、破解食品安全问题提供重要依据。

随着我国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段,大数据等高新技术在食品安全领域的应用也逐渐受到政府部门的关注。在国家层面,根据党的十九届三中全会审议通过的《深化党和国家机构改革方案》,国家成立了市场监督管理总局,打破了食品行业固有监管模式中各个监管环节相互脱节的难题^[2]。2019年,中共中央国务院发布《关于深化改革加强食品安全工作的意见》明确提出要推进“互联网+食品”监管,建立基于大数据分析的食品安全信息平台,推进云计算、物联网、区块链、大数据、人工智能等技术在食品安全监管领域的应用,实施智慧监管^[3]。在地方政府层面,各地积极探索大数据技术在食品安全监管中的应用,例如贵州利用大数据构建精准化预警体系,开发出了“食品安全云”平台,应用大数据挖掘分析技术,对数据进行整合、挖掘、分析、预警,实现“数据驱动”的市场风险预警方式的创新^[4]。食品安全大数据技术方兴未艾,正在成为全球的研究热点。

在国外,2017年,MARVIN等^[5]从大数据的定义、收集、存储、转换、分析及可视化等方面综述了大数据在食品中的应用现状,他指出目前大数据技术在食品领域的应用有限且不成熟,但具有广阔的发展前景。2020年,JIN等^[6]分析了2015—2020年大数据技术在食品安全领域的具体应用,并从数据的采集、分析及面临挑战综述了当前食品安全大数据的总体情况,指出食品安全大数据目前仍属于起步阶段,但具有巨大的潜力,在未来可应用于预测、监测和控制食品供应链中存在的食品安全问题。从国外已有的研究成果来看,国外主要构建了较为系统的食品安全平台^[7-8]。美国食品药品监督管理局、农业部联合行业协会搭建了实验室网络联合体和“OpenFDA”平台,推动从“农田到餐桌”全链条检测数据的共建共享^[9];欧洲食品安全局通过快速预警系统“RASFF”发布食品安全信息^[10]。英国食品标准局建立基于区块链技术的供应链监控系统并以牛肉的监管进行验证^[11]。

在国内,学术界研究了食品安全大数据的舆情分析^[12]、可视化分析^[13]、食品安全溯源系统^[14],探讨了基于大数据的食品安全风险预警等技术^[15]。尽管食品安全大数据技术是目前研究热点,但我国在这一行业仍处于起步阶段。本文在研究众多文献的基础上,系统概述大数据的特

征、应用情况以及面临的问题,并对这些问题进行剖析,提出基本对策,旨在为食品安全大数据研究者提供参考。

1 食品安全大数据的特征

何谓大数据,目前还没有明确、统一的定义。在《大数据时代:生活、工作与思维的大变革》一书中,英国学者维克托认为大数据是指不用随机分析法,如抽样调查,而采用收集所有数据进行调查的方法^[16]。世界卫生组织将大数据定义为:以前所未有的速度产生、收集及分析复杂的数据,这些数据可能需要万亿字节(10^{12} 字节)、千万亿字节(10^{15} 字节)、泽字节(10^{21} 字节)的存储空间^[17]。欧盟认为大数据是从大量不同类型的数据源高速生成的,需要新的工具和分析方法,例如强大的处理器、软件和算法来处理这些数据^[18]。尽管大数据的定义没有统一,但大家公认大数据有4个基本特征:数据规模大、处理速度快、数据种类多、数据价值大^[19]。通过对大数据的概念进行分析,食品安全大数据顾名思义就是一切与食品安全有相关联系的大数据,这些数据涵盖了从农业种养殖、农产品加工、食品生产、存储、运输、销售、消费整个产业链的各个环节,政府、食品行业、检验检测机构、行业协会、媒体和消费者共6类主体共同使用和生产这些数据。

1.1 数据规模大

食品安全活动各领域都会产生大量的数据,如政府监管部门对食品加工、运输、包装、储存等进行监控的数据;食品企业经营许可证、营业执照信息;食品检验机构日常监管及抽检监测数据;食品消费过程中投诉举报数据;社会信用及舆情监测数据;食品安全分析过程中的风险评估数据等。海量的数据不再是数据处理的负担,反而成为食品安全大数据技术发展的基础。

1.2 处理速度快

食品安全信息中包含海量的在线或实时数据,随着互联网技术的发展,这些数据可通过蓝牙、WiFi、物联网等途径进行实时传输,再通过云计算、YeeLink、互联网等对数据进行分类储存和高效分析。这些大数据技术既保证了食品安全数据的时效性,又大大提高了批量数据的处理效率^[20],还能对数据进行高效压缩、降低储存容量,使数据管理更加方便、高效,便于数据的传输,为实现数据跨部门、跨机构的共享提供了保障,也解决了传统食品安全监管过程中信息不对称的弊端^[21-22]。

1.3 数据类型多

食品安全数据来源广泛、类型复杂,这些数据的来源包括在线数据库、互联网、权威部门、手机、社交媒体等。食品安全数据往往突破了数据的时间界限和地域界限,数据形式有结构化、半结构化、非结构化存在形式^[23]。因此,

要对食品进行全面有效监管,意味着要处理各种类型的数据。如果依托传统食品监管手段来处理,所需人力物力巨大,而大数据技术正适合处理这样的数据。

1.4 巨大的数据价值

大数据技术的核心就是挖掘出庞大数据库的独有价值,常见的数据挖掘技术主要有关联挖掘、神经网络、聚类分析、决策树、遗传算法等^[24]。大数据除了可以对现有事件进行分析处理,同时可以通过一些常见的机器学习来进行数据挖掘,并与不同来源的数据进行结合,对数据进行更全面、新颖的分析^[25]。还可以将这些数据应用于日常的网络订餐、食品溯源、风险评估等场景中^[26]。

2 大数据技术在食品安全监管中的应用

2.1 在市场监管部门的应用

2.1.1 国家食品安全抽样检验信息系统

国家食品安全抽检系统包含抽检基础表平台、抽样任务大平台、检测平台、检验报告验证平台、核查处置平台和数据统计分析平台等,可实现全国抽检数据实时更新和共享,在抽样环节可避免重复抽样,不合格样品的核查处置工作可通过此套系统实时更新溯源^[27]。2021年上半年我国市场监管部门完成食品安全监督抽检 1808640 批次,依据有关食品安全国家标准等依据进行检验,共检出不合格样品 42412 批次,总体不合格率为 2.34%,较 2020 年同期上升 0.23 个百分点^[28]。上百万批次的抽检具有食品安全信息大数据的属性,通过对大数据的搜索,可分析不合格项目、不合格项目的比例等,也可对不合格项目的原因及进行分析。国家食品安全抽样检验信息系统的成熟开发应用,促进了我国食品行业监管的效率提升,使监管更加时实化、智能化和便捷化。

2.1.2 贵州省“食品安全云”平台

2014 年“食品安全云”平台作为贵州大数据重点领域应用示范工程之一,如今已建立了食品安全监管信息系统、“互联网+”检验检测信息系统、认证追溯系统和大数据平台 3 大系统的“食品安全云”综合架构,并提供食品安全监管、产品溯源、舆情分析、认证查询等信息服务,并提出了政府、食品企业、行业协会、检验机构、媒体和大众消费者 6 类用户食品安全社会共治理念,实现共享互通的云服务平台^[29]。

贵州省的“食品安全云”平台是当前食品安全大数据示范产品,为今后进一步开发利用好食品安全大数据提供了很好的思路。

2.1.3 福州市监管预警平台

福州自主研发“福州市市场监管预警平台”,应用大数据挖掘分析技术,对数据进行整合、挖掘、分析、预警,实现“数据驱动”的市场风险预警,目前已归集整合数据 2000

多万条,形成产品信息和人员基础数据库 300 多万条,“一企一档”数据 130 多万户,并从主体登记风险、经营风险、信用风险、违法违规风险、涉企人员风险、动态监测风险 6 个维度考察市场主体风险,选用注册资本、行业类别、投诉举报预警等 18 个二级指标建立关联关系,参照国际国内通行的千分制进行评分和分类分级,生成市场主体风险等级,自平台启用以来,累计产生“证照到期预警、检验检测合格率异常、频繁被投诉举报主体、热点投诉问题”等 4000 多条风险预警信息^[30]。

“福州市市场监管预警平台”的成功应用,说明了食品安全大数据技术能为食品安全监管带来功能多样的监管需求,为食品安全智慧监管提供良好的思路。

2.2 在食品安全追溯系统中的应用

追溯系统作为食品质量安全保障的有效手段,从为应对疯牛病问题被引入至今已有近 30 年时间,以区块链为代表的追溯技术应用广泛,其不可篡改的特性天然适用于食品溯源^[31]。刘宗妹^[32]采用联盟链技术构建了食品溯源系统,在 Fabric 区块链网络中使用 Go 语言开发链码,使用 Node.js 进行客户端程序的编写,通过扫码实现移动端的食品溯源查询,利用区块链不易被篡改的特性,设计了“区块链+RFID”两位一体的食品溯源平台,实现食品供应链全过程公开透明,借助此技术只需 10 s 即可实现产地溯源,极大提升了追溯性能,同时溯源结果具有法律效力,保证了数据的可信。左敏等^[33]通过区块链节点间的交易关系建立了解释结构模型,对区块链共识节点进行分层和分块,划分多个参与网络共识的子节点集群,再以多中心子节点集群分块进行 PBFT 共识算法,共识中心节点将共识结果提交区块,实现总体共识,并将模型应用于北京市农业农村局与北京市畜牧总站合作建立的智能鸡舍监控管理平台,经吞吐量 and 共识耗时实验验证,在保证区块链共识安全的同时提升了食品溯源区块链网络通信和共识效率。李引等^[34]设计了基于分布式架构的食品追溯平台,为食品企业提供生产经营管理服务,为社会大众提供多样性的食品溯源服务,为监管部门提供食品全周期的生产流通追溯服务,目前平台已在广东省上线运行,实现了广东省内流通的婴幼儿配方食品、食用油和酒类等重点监管品种的追溯和食品全品种可查询,公众可通过扫描或者输入追溯码、商品码等方式,利用微信或超市内自助终端,查询食品生产企业相关信息,包括生产许可证信息、抽检信息、流通环节信息。段冉阳等^[35]设计了一种基于 Hyperledger Fabric 区块链的食品溯源系统,并对其进行分析、设计、搭建、验证,证明其可行性与有效性。高琪娟等^[36]基于区块链技术构建了茶叶供应链的溯源系统,对茶叶种植、加工、物流和销售各个环节溯源上传到区块链,对数据进行跟踪,消除了茶叶供应链中可追溯性的中间环节和中央处理点,实现了

茶叶从种植到消费的全过程精准可追溯。

基于大数据的食品安全追溯系统,能促进食品生产的规范化、标准化,当发现问题产品时,能够做到及时召回,这将大大提升食品安全性,增加公众的信任。

2.3 在食品安全风险预警中的应用

在食品供应链风险预警领域,大数据可以通过关联环境与危害因子,预测食品潜在的风险,例如通过监测田间作物状况,可精准分析农作物黄曲霉毒素发病率;还可预测食品单核细胞增生李斯特菌的含量^[37-39]。LIU等^[40]开发了基于深度学习和贝叶斯网络的牛奶食品安全事件自动识别系统,将影响牛奶食品安全风险的众多指标进行无监督异常检测,使用去趋势波动交叉相关法,分析牛奶供应链中各种指标的异常,预测由此引发的食品安全事件。王小艺等^[41]以全国26个省份的粮食抽检数据及关联信息为基础,建立了深度置信网络-多类模糊支持向量机的风险分级预警模型,该模型先对海量粮食抽检数据进行嵌入编码和归一化处理,获得结构化食品数据,再将其输入到深度置信网络模型进行高维度特征提取,通过自适应地挖掘分析供应链中各危害因素间风险变化及它们的内在关联概率,最后将高维特征输入到优化的模糊支持向量机进行训练,实现粮食供应链中各主要危害物风险分级预警,实验结果表明,利用此模型可快速识别出粮食供应链中危害物风险程度和优先次序,为监管部门制定有针对性的抽检策略、确立优先监管领域和分配风险监管资源提供科学依据。王建新等^[42]构建了适用于食品安全抽检数据的食品安全风险评估及预警系统,通过高效匹配算法对数据进行预处理,对145个数据属性进行筛选和优化,使用53047条食品安全抽检数据进行测试验证,通过验证预警系统结果,发现测试结果与人工标注的结果一致,实现了实时预警和定时预警的食品安全风险评估及预警。

食品安全预警系统是食品安全控制体系中非常重要的一项内容,食品安全预警体系通过关联风险指标,使用不同算法来分析食品的安全状态,揭示食品可能出现的风险,是食品安全预防控制的有力手段,可更好服务食品安全监管行业,是大数据技术在食品安全领域的重要应用。

3 食品安全大数据存在的问题及对策

3.1 全链条食品安全大数据不共享

食品安全大数据发展的前提是有丰富的数据,对于食品安全大数据技术研究人员而言,缺少获取足量数据和信息的权限是其研究瓶颈。政府层面缺少数据开放的动力,比如国家食品安全抽检数据,由于这些数据具有敏感性,公开数据可能会引发社会舆情片面发展,所以政府的态度趋于保守。企业方面同样也缺少开放数据的动力,比如外卖行业“饿了么”“美团”等企业掌握大量餐饮相关数据,但

由于其具有巨大的商业价值,很难向食品安全大数据相关研究者开放。长此以往,各部门数据源独立存在,不能够互相共享,会形成数据孤岛,无法实现行业跨部门的全链条大数据体系。为解决全链条食品安全大数据不共享的问题,建议政府部门充分发挥各地的“大数据中心”及“市场监管局”,整合管辖范围的各行业数据,在保证数据隐私及安全前提下,适度向研究者开放,以期能突破结构化与非结构化食品安全数据快速全面采集和校验处理的技术难题,完善食品安全监管数据结构,实现数据标准化,为后续大数据的共享利用的研究奠定基础^[43]。只有各行各业进行合理的大数据共享,才能将食品安全大数据链条缺失、信息不全、碎片化、孤岛化的问题解决,从而促进食品安全大数据产业良性发展。

3.2 食品安全多源数据不融合

目前食品安全领域的数据广泛存在不融合的问题,导致交互共享及综合利用困难。例如目前开展食品安全抽检及监测的主要部门有国家市场监督管理总局、农业农村部、国家卫生健康委员会和海关总署等,这些不同体系之间缺乏数据共享机制,同时,由于各政府部门职能分工不同,造成信息平台相互孤立、数据无法融合,不能做到互通互用^[44]。因此,建议多部门协同合作,加大食品安全大数据结构特征和架构设计,加大不同领域、来源和维度的数据进行开发相应的采集条件、设备、方法、步骤和数据存储结构,汇集成为数据采集模式库,研究基于传感器网络、射频识别系统、网络爬虫等多源快速数据采集技术,进行基于语义分析的非结构化数据处理,形成完整的数据视图,融合不同来源数据,加标数据标准化建设。

3.3 食品安全大数据信息泄露

大数据是当前学术界和产业界的研究热点,影响着人们日常生活方式、工作习惯及思考模式,但目前大数据在采集、存储和使用过程中面临诸多安全风险,尤其是隐私泄露为用户带来严重困扰^[45]。如何确保大数据的安全始终是技术人员面对的难题。针对食品安全大数据缺乏数据可信度、存在潜在篡改可能等问题,建议研究人员进一步研究数据确权、水印、访问控制、匿名、溯源等关键技术。实现对大数据起源的确认,保护大数据的安全,实现食品安全大数据确权结果与相关证据的强一致性^[46]。

3.4 平台构建及示范困难

基于大数据的各类云服务平台是食品安全大数据技术发展的最终成果,它以实际的产品形式应用在食品安全监管领域,如何构建高效的平台以及将平台进行示范验证是很重要的一个课题。目前,国内在食品安全云平台领域的研究仍处于起步阶段,部分平台为食品安全监管提供了便捷,但仍存在很多复杂的问题未解决。如平台运行低效、

食品安全信息发布渠道不畅、食品安全信息真实性存疑、数据存储存在安全隐患等问题急需解决。究其原因,一方面是因为监管部门的大数据技术不成熟,导致相关平台存在信息孤岛与数据闲置问题,数据公信力存疑;另一方面,监管理念落后导致食品安全多元主体的互动与合作机制难以生成,各主体难以在现有平台上进行高效的信息传递与成果共享。因此,监管者应当依托互联网时代的技术红利,用共建共治共享的理念框架为食品安全大数据平台的建构提供逻辑指引,建构多维的分析系统,建立食品安全信息长期历史档案,提供可靠的存储、有效地管理及共享,为社会共治食品安全提供技术支撑,在预测与预警、风险评估、舆情监控等方面实现食品安全智慧监管模式^[47-50]。

各类云服务平台在开发的后期需进行有效地示范,以验证产品的性能。但目前示范存在诸多难处,如平台示范涉及主体多、实施难度大,若没有跨地区、跨部门合作及示范主体的配合,研究人员很难验证已被开发出来的云平台的功能是否满足需求。同时,一些功能相似、作用相同的食品安全云平台由于商业价值及其他原因并未共享使用,造成同类产品被反复开发,一定程度上造成人力和财力资源浪费,如贵州开发了“食品安全云”,福建开发了“监管预警平台”和“一品一码”追溯平台、云南开发了“餐饮安心码”和“云智溯”云平台、江苏开发了“智慧监管”一体化信息平台等,这些平台的开发及运行对当地的食品安全监管形成了积极有效的作用,让食品监管更加智慧化和便捷化,但各地的云平台存在应用范围有限、数据不互通不共享等问题,制约着食品安全大数据产业整体性的发展,长此以往,食品安全大数据领域存在的各部门各地区数据不共享问题会进一步显现,食品安全大数据难以发挥其最大作用。

4 结论

本文系统介绍了食品安全大数据的特征、应用及面临的问题。大数据技术具有数据规模大、处理速度快、数据种类多、数据价值高的特点,在食品安全领域的创新应用,可以使食品安全监管更加智能化和公开化,促进对市场的监督、管理和大环境的规范,满足民众对于食品安全的透明性、可靠性的迫切需求,使整个食品安全信息公开透明化、数据有意义化,实现从消费者方面逆向影响和促进市场改良提升政府相关部门的管理水平,促进企业提升产品质量意识,维护公众的知情权与选择权,保障社会媒体的可靠信息来源,增强食品安全的公信力。但是食品安全大数据存在不融合、不共享、不安全及监管平台示范困难的问题都制约了行业的快速发展。因此,今后的食品安全大数据发展应突破地域限制,加强多部门跨地区跨领域协作,只有这样食品安全大数据技术才能更好造福于人类。

参考文献

- [1] 段青玲,刘怡然,张璐,等.水产养殖大数据技术研究进展与发展趋势分析[J].农业机械学报,2018,49(6):1-16.
DUAN QL, LIU YR, ZHANG L, *et al.* State-of-the-art review for application of big data technology in aquaculture [J]. *Trans Chin Soc Agric Mach*, 2018, 49(6): 1-16.
- [2] 新华社.中共中央印发《深化党和国家机构改革方案》[N].人民日报,2018-03-22(001).
Xinhua News Agency. Deepening reform plan of national institutions [N]. *People's Daily*, 2018-03-22(001).
- [3] 新华社.中共中央国务院关于深化改革加强食品安全工作的意见[N].人民日报,2019-05-21(001).
Xinhua News Agency. Deepening reform plan in food safety of State Council [N]. *People's Daily*, 2019-05-21(001).
- [4] 卢洪.国家治理中大数据应用问题研究-以贵阳市为例[D].北京:中共中央党校,2018.
LU H. Research on the application of big data in national governance-a case study of Guiyang City [D]. Beijing: Party School of the Central Committee of the Communist Party of China, 2018.
- [5] MARVIN HJP, JANSSEN EM, BOUZEMBRAK Y, *et al.* Big data in food safety: An overview [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2017, 57(11): 2286-2295.
- [6] JIN C, BOUZEMBRAK Y, ZHOU J, *et al.* Big data in food safety-A review [J]. *Curr Opin Food Sci*, 2020, (36): 24-32.
- [7] WEI Q, NAGI R, SADEGHI K, *et al.* Detection and spatial mapping of mercury contamination in water samples using a smart-phone [J]. *ACS Nano*, 2014, 8(2): 1121-1129.
- [8] BUENO D, DIANA R, MUOZ JL, *et al.* Fluorescence analyzer based on smartphone camera and wireless for detection of ochratoxin A [J]. *Sens Actuat B Chem*, 2016, 232: 462-468.
- [9] 宗欣,王迎利.美国openFDA数据公开对我国食品药品监管数据管理的启示[J].中国药事,2017,31(9):976-979.
ZONG X, WANG YL. On OpenFDA and enlightenments for data management of food and drug administration in China [J]. *Chin Pharm Aff*, 2017, 31(9): 976-979.
- [10] 姚美伊,凌云,邢仕歌,等.食品安全突发事件应急机制的比较研究[J].食品安全质量检测学报,2021,12(10):4221-4229.
YAO MY, LING Y, XING SG, *et al.* Comparative study on response mechanisms to food safety emergencies [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(10): 4221-4229.
- [11] LOKERS R, KNAPEN R, JANSSEN S, *et al.* Analysis of big data technologies for use in agro-environmental science [J]. *Environ Model Software*, 2016, 84: 494-504.
- [12] 高颖.基于区间层次分析法的食品安全网络舆情预警评价[J].食品与机械,2019,35(7):103-106,138.
GAO Y. Research on early warning and evaluation of food safety of food safety network public opinion based on interval analytic hierarchy process [J]. *Food Mach*, 2019, 35(7): 103-106, 138.
- [13] 齐红革,谭亚军,黄琳琳,等.食品安全数据分析可视化模型研究[J].食品安全质量检测学报,2019,10(17):5968-5973.
QI HG, TAN YJ, HUANG LL, *et al.* Research on visualization model of food safety data analysis [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(17): 5968-5973.
- [14] 董云峰,张新,许继平,等.基于区块链的粮油食品全供应链可信追溯模型[J].食品科学,2020,41(9):30-36.

- DONG YF, ZHANG X, XU JP, *et al.* Blockchain-based traceability model for grains and oils whole supply chain [J]. *Food Sci*, 2020, 41(9): 30–36.
- [15] 刘翠玲, 徐莹莹, 孙晓荣, 等. 基于多源大数据食品安全监测预警系统的设计与实现[J]. *食品科学技术学报*, 2018, 36(3): 88–94.
- LIU CL, XU YY, SUN XR, *et al.* Design and realization of food safety monitoring and pre-control system based on multi-source and big data [J]. *J Food Sci Technol*, 2018, 36(3): 88–94.
- [16] 维克托. 大数据时代: 生活、工作与思维的大变革[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2012.
- VICTOR. Big data: Great changes in life, work and thinking [M]. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House, 2012.
- [17] BAKER R. Big Data: A Survey Research Perspective [Z].
- [18] BORDERS OS, AHEAD TW. Communication from the commission to the european parliament and the council [Z].
- [19] HENRIQUES A, DE SM, DA C. Big data analytics: Achievements, challenges, and research trends [J]. *Indep J Manag Prod*, 2020, 11(4): 1201–1222.
- [20] SINGH A, MAHAPATRA S. Network-based applications of multimedia big data computing in iot environment [Z].
- [21] TAO D, YANG P, FENG H. Utilization of text mining as a big data analysis tool for food science and nutrition [J]. *Compr Rev Food Sci*, 2020, 19(2): 875–894.
- [22] BABAR M, ARIF F, JAN MA, *et al.* Urban data management system: Towards big data analytics for internet of things based smart urban environment using customized hadoop [J]. *Future Gener Comp Syst*, 2019, 96: 398–409.
- [23] FRITSCHKE J. Recent developments and digital perspectives in food safety and authenticity [J]. *J Agric Food Chem*, 2018, 66(29): 7562–7567.
- [24] PS MG, CHINTALA BR. Big data challenges and opportunities in agriculture [J]. *Int J Agric Environ*, 2020, 11(1): 48–66.
- [25] VO AH, VAN VTR, GUPTA RR, *et al.* An overview of machine learning and big data for drug toxicity evaluation [J]. *Chem Res Toxicol*, 2019, 33(1): 20–37.
- [26] IRANI Z, SHARIF AM, LEE H, *et al.* Managing food security through food waste and loss: Small data to big data [J]. *Comp Oper Res*, 2018, 98: 367–383.
- [27] 董仁平, 潘颖. 智能化技术在食品安全监管中的应用进展[J]. *上海预防医学*, 2020, 32(5): 355–359.
- TONG RP, PAN Y. Application progress of intelligentized technology in food safety supervision [J]. *Shanghai J Prev Med*, 2020, 32(5): 355–359.
- [28] 国家市场监督管理总局. 市场监管总局关于2021年上半年市场监管部门食品安全监督抽检情况的通告(2021年第34号)[EB/OL]. [2021-08-24]. http://www.samr.gov.cn/spcjs/yjil/sphz/202108/t20210824_334019.html [2021-08-27].
- State Administration for Market Regulation. The proclamation of food safety supervision and sampling inspection in the first half of 2021 (No.34 of 2021) [EB/OL]. [2021-08-24]. http://www.samr.gov.cn/spcjs/yjil/sphz/202108/t20210824_334019.html [2021-08-27].
- [29] 贵州省大数据发展管理局. 贵州“食品安全云”大数据全链条溯源[EB/OL]. [2020-04-23]. http://dsj.guizhou.gov.cn/ztlz/dsjystjjsdrh/202004/t20200423_56482900.html [2021-08-27].
- Big Data Development Administration of Guizhou Province. The Whole-chain traceability based on “Food Security Cloud” in Guizhou Province [EB/OL]. [2020-04-23]. http://dsj.guizhou.gov.cn/ztlz/dsjystjjsdrh/202004/t20200423_56482900.html [2021-08-27].
- [30] 国家市场监督管理总局. 福州市市场监管局利用大数据构建精准化预警体系[EB/OL]. [2021-01-05]. http://www.samr.gov.cn/xw/df/202101/t20210105_324950.html [2021-08-27].
- State Administration for Market Regulation. Fuzhou market supervision bureau uses big data to build an accurate early warning system [EB/OL]. [2021-01-05]. http://www.samr.gov.cn/xw/df/202101/t20210105_324950.html [2021-08-27].
- [31] XU Y, LI X, ZENG X, *et al.* Application of blockchain technology in food safety control: Current trends and future prospects [J]. *Criti Rev Food Sci Nutr*, 2020, (1): 1–20.
- [32] 刘宗妹. “区块链+射频识别技术”赋能食品溯源平台研究[J]. *食品与机械*, 2020, 36(9): 102–107.
- LIU ZM. Research on “block chain+RFID enabling food traceability platform” [J]. *Food Mach*, 2020, 36(9): 102–107.
- [33] 左敏, 何思宇, 张青川, 等. 基于区块链的食品溯源技术研究[J]. *农业大数据学报*, 2020, 2(3): 52–60.
- ZUO M, HE SY, ZHANG QC, *et al.* Research on food source traceability technology based on blockchain [J]. *J Agric Big Data*, 2020, 2(3): 52–60.
- [34] 李引, 罗海飙, 刘东成, 等. 面向食品产品生命全周期的分布式食品电子追溯平台[J]. *计算机与现代化*, 2018, (6): 116–126.
- LI Y, LUO HB, LIU DC, *et al.* A distributed food electronic traceability platform for food product life cycle [J]. *Comp Mod*, 2018, (6): 116–126.
- [35] 段冉阳, 周文辉, 魏骁, 等. 基于 Hyperledger Fabric 的食品溯源系统设计及实现[J]. *电子技术应用*, 2021, 47(3): 55–60.
- DUAN RY, ZHOU WH, WEI X, *et al.* Design and implementation of food traceability system based on Hyperledger Fabric [J]. *Appl Elec Technol*, 2021, 47(3): 55–60.
- [36] 高琪娟, 杨春节, 武咸春, 等. 基于区块链的茶叶质量安全溯源系统研究[J]. *安徽农业大学学报*, 2021, 48(2): 299–303.
- GAO QJ, YANG CJ, WU XC, *et al.* Research on the traceability system of tea quality and safety based on blockchain [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2021, 48(2): 299–303.
- [37] ARMBRUSTER WJ, MACDONELL MM. Informatics to support international food safety [Z].
- [38] STRAWN LK, FORTES ED, BIHN EA, *et al.* Landscape and meteorological factors affecting prevalence of three food-borne pathogens in fruit and vegetable farms [J]. *Appl Environ Microb*, 2013, 79(2): 588–600.
- [39] MORTIMORE S, WALLACE C. An introduction to HACCP and its role in food safety control [Z].
- [40] LIU N, BOUZEMBRAK Y, BULK L, *et al.* Automated food safety early warning system in the dairy supply chain using machine learning [Z].
- [41] 王小艺, 李柳生, 孔建磊, 等. 基于深度置信网络-多类模糊支持向量机的粮食供应链危害物风险预警[J]. *食品科学*, 2020, 41(19): 17–24.
- WANG XY, LI LS, KONG JL, *et al.* Risk pre-warning of hazardous materials in cereal supply chain based on deep belief network-multiclass fuzzy support vector machine [J]. *Food Sci*, 2020, 41(19): 17–24.
- [42] 王建新, 王雅冬, 闫利叶, 等. 基于规则引擎构建食品安全风险评估及预警系统[J]. *中国食品卫生杂志*, 2021, 33(1): 1–7.
- WANG JX, WANG YD, YAN LY, *et al.* Construction of a food safety risk assessment and early warning system based on a rule base engine [J]. *Chin*

- J Food Hyg, 2021, 33(1): 1-7.
- [43] 李富贵. 基于大数据技术的政府绩效信息使用研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2018.
LI FG. Research on the use of government performance information: Based on big data technologies [D]. Xiamen: Xiamen University, 2018.
- [44] 彭青枝, 万旭刚, 黄茜, 等. 大数据共享背景下食品分类的探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5543-5547.
PENG QZ, WAN XG, HUANG Q, *et al.* Discussion of classification of food in the background of big data sharing [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(16): 5543-5547.
- [45] 冯登国, 张敏, 李昊. 大数据安全与隐私保护[J]. 计算机学报, 2014, 37(1): 246-258.
FENG DG, ZHANG M, LI H. Big data security and privacy protection [J]. Chin J Comp, 2014, 37(1): 246-258.
- [46] 王海龙, 田有亮, 尹鑫. 基于区块链的大数据确权方案[J]. 计算机科学, 2018, 45(2): 15-19, 24.
WANG HL, TIAN YL, YIN X. Blockchain-based big data right confirmation on scheme [J]. Comp Sci, 2018, 45(2): 15-19, 24.
- [47] 晏斌, 李唯正, 梁岩, 等. 基于信息技术融合的云服务平台在食品安全领域的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(11): 385-390.
YAN B, LI WZ, LIANG Y, *et al.* Advances in application of cloud service platform in the field of food security based on information technology fusion [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(11): 385-390.
- [48] 李洪达. 基于神经网络和质控分析的食品安全预警方法研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2019.
LI HD. Research on the early warning method of food safety based on neural network and quality control analysis [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2019.
- [49] 陈道, 孙梦, 武彩霞, 等. 食品安全大数据可视化关联分析[J]. 大数据, 2021, 7(2): 61-77.
CHEN Y, SUN M, WU CX, *et al.* Visual associations analysis of big data in food safety [J]. Big Data Res, 2021, 7(2): 61-77.
- [50] 吴雨馨. 大数据时代地方政府网络舆情应对路径研究[D]. 重庆: 西南大学, 2019.
WU YX. Research on the response path of local government network public opinion in the era of big data [J]. Chongqing: Southwest University, 2019.

(责任编辑: 于梦娇 郑丽)

作者简介



韩智, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全。
E-mail: han2299@126.com

王会霞, 正高级工程师, 主要研究方向为食品安全。
E-mail: 972567848@qq.com