

基于食品抽检数据的风险预警智能研究模型 构建分析

韩世鹤¹, 李 红^{2*}, 江逸楠³, 李 立¹, 李家琦³, 王亚坤^{3*}

(1. 中国检验检疫科学研究院, 北京 100176; 2. 重庆市食品药品检验检测研究院, 重庆 401121;
3. 中国电子科学研究院, 北京 100041)

摘 要: 近年来, 国内外由食品安全问题导致的公共健康事件屡见不鲜。食品安全问题涉及食品产业链的各个环节, 收集和识别食品安全风险因子, 挖掘造成食品安全的重要因素, 是食品安全风险预警的重要途径, 也是制定管理措施的前提条件。有效利用和分析食品安全信息, 开展有效预警, 已经成为食品安全监管面临的重要问题。本文首先分析了食品抽检数据特征和食品安全预警模型原则, 在此基础上从风险分析、趋势分析、关联挖掘、全息画像和效能评价等视角构建了基于食品抽检数据的风险预警智能分析模型。该模型旨在为食品安全的监管、消费、生产等各个环节提供有力支撑, 为推进基于食品抽检数据的风险预警智能研究提供参考。

关键词: 食品安全; 食品抽检数据; 风险预警; 智能分析

Constructing analysis of risk early warning intelligent research models based on food sampling data

HAN Shi-He¹, LI Hong^{2*}, JIANG Yi-Nan³, LI Li¹, LI Jia-Qi³, WANG Ya-Shen^{3*}

(1. Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China; 2. Chongqing Institute for Food and Drug Control, Chongqing 401121, China; 3. China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100041, China)

ABSTRACT: Recently, internal and external public health events caused by food safety problems are commonly happened. Food safety issues involve all aspects of the food industry chain, collecting and identifying the risk factors of food safety, and uncovering the important factors causing to food safety, is not only an important way for food safety warning, but also a prerequisite for the development of its management measures. Effective use and analysis of food safety information and early warning have become an important strategy for food safety supervision. This paper firstly analyzed the characteristics of food sampling data and the principles of food safety early warning analysis models. On this basis constructed the risk early warning intelligent analysis model based on food sampling data from the perspectives of risk analysis, trend analysis, association mining, holographic portrait and efficiency evaluation. It

基金项目: 国家市场监督管理总局科技计划项目(2019MK129)、国家重点研发计划资助项目(2017YFC1602000)

Fund: Supported by the Science and Technology Project of China's State Administration for Market Regulation (2019MK129), and the National Key Research and Development Program of China (2017YFC1602000)

***通信作者:** 李 红, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全、食品分析。E-mail: hong198596@163.com

王亚坤, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为数据挖掘、自然语言处理。E-mail: yswang@bit.edu.cn

***Corresponding author:** LI Hong, Master, Senior Engineer, Chongqing Institute for Food and Drug Control, No.1, Yangliu Road, Chongqing 401121, China. E-mail: hong198596@163.com

WANG Ya-Shen, Ph.D, Senior Engineer, China Academy of Electronics and Information Technology, No.11, Shuangyuan Road, Beijing 100041, China. E-mail: yswang@bit.edu.cn

aims to provide strong support for the supervision, consumption, production and other aspects of food safety, and to offer reference for the intelligent research of risk warning based on the analysis of food sampling inspection data.

KEY WORDS: food safety; sampling food data; risk warning; intelligent analysis

0 引 言

近年来,国内外由食品安全问题导致的公共健康事件屡见不鲜。食品安全是个复杂问题,从农田到餐桌,涉及多个环节,如何收集各个环节风险因素信息,进行风险识别,并挖掘造成食品安全事故的重要因素,是食品安全治理面临的重大问题^[1-5]。

食品安全预警分析系统是食品安全风险预警交流体系的重要组成部分,最主要的功能是构建数据信息分析方法与模型,对采集到的风险信息进行评估,获知风险大小并进行风险分级,提升风险信息研判的科学性^[6-8]。食品风险预警模型的建立涉及多个学科领域和多种研究方法,国内外学者对此进行了大量的研究^[9-12]。但是,为了进一步加强食品安全风险评估能力,食品安全风险预警的相关理论方法及其内涵还有待进一步挖掘和完善,确保风险管理决策的有效实施^[13-14]。

目前,食品抽检在保障食品安全中发挥着巨大作用,但仍需要深入开展数据挖掘和分析,为建立长效食品安全预警机制奠定基础^[15-18]。基于此,本文首先分析了食品抽检数据分析的特点及其存在的主要问题,进一步分析了食品安全预警分析模型构建的基本原则和方法;在此基础上构建了基于食品抽检数据的食品安全风险预警智能分析模型(即风险分析、趋势分析、关联挖掘、全息画像、效能评价 5 项),旨在为有关食品安全的监管、消费、生产等环节提供有力支撑,以降低食品安全风险,保障人民群众“舌尖上的安全”。

1 食品抽检数据分析特点及其存在的主要问题分析

食品抽检作为比较常用的一种监管手段被我国各级食品安全监管部门普遍采用,其最大的优势是抽检结果可直接判定检测项目的合规性,同时也是食品监管部门研判食品安全整体形势和整体风险的重要方式之一^[19-20]。近年来,我国各级食品安全监管机构开展大量食品检测工作,从计划制定、发布、实施、数据上报、分析,已经形成一整套规范的流程,而且经过多年的实施,累计了大量的食品抽检数据^[21-22]。食品抽检数据的研究与利用,主要包括反向传播(back propagation, BP)神经网络算法^[23]、长短期记忆神经网络(long and short term memory neural network, LSTM)^[9]、径向基函数(deep radial basis function, DRBF)^[24]、支持向量机模型^[25]、食品安全指数^[26]和结构化查询语言(structured

query language, SQL)^[27]等分析方法。但是由于食品安全抽检原始数据的类型多样、标准繁杂,需要通过大量人工将其规范化,总体仍缺乏对数据的分析和挖掘^[28-29]。

1.1 食品抽检数据分析的特点

食品安全抽检数据作为重要的食品安全数据,受到很多学者的关注,目前基于食品抽检数据开展的预警分析方法研究很多^[30-31],从已有的研究看,主要呈现出以下特点:1)大数据技术被普遍应用到抽检数据分析中^[32];2)抽检不合格率仍然是风险表征的主要指标,在食品抽检数据分析中,如何表征或者度量风险是一个关键问题,已有的研究大多运用不合格率或不合格度等指标表征食品安全风险^[33];3)内部关联分析在食品抽检数据分析中应用广泛。根据食品安全数据具有的多源、关联和不确定性等特征,通过对抽检数据间的简单关系和层次结构进行挖掘和分析,建立食品抽检数据的可视化分析图方法,为食品安全提供预警,同时能定位重点的监管对象^[34]。

1.2 食品抽检数据分析中存在的主要问题

食品抽检数据作为目前市场监管系统最为重要的数据,在各级食品安全监管工作中发挥着重要作用。我国食品抽检数据大多已经实现数据库管理,已有多年来大量数据归集于国家食品安全抽样检验信息系统。总局食品安全抽检监测秘书处,负责汇总和分析历年国省市县四级食品安全抽检监测数据,但数据的分析利用却不尽人意^[35],主要表现在以下 3 个方面。

1.2.1 以不合格率进行风险排序效果有限

国家市场监督管理总局 2014 年开始实施国家食品安全抽检监测计划以来,食品的合格率呈逐年上升趋势,抽检合格率高,一方面反应出我国食品安全状况稳中向好;另一方面,肉蛋奶、米面油等日常消费大宗食品抽检合格率较高,高合格率意味着用不合格率进行风险排序较为困难。加之食品安全本身不存在零风险,某种程度上讲,单纯从不合格率反映的风险几乎可以忽略不计。

1.2.2 不符合风险评价的一般原则问题

风险是由两个维度构成,即危害的严重程度和危害发生的概率,也就是说食品安全的风险大小是由危害发生后对健康造成的损害程度和危害发生的可能性两方面决定,而目前的食品抽检数据分析中,主要以不合格率来表征风险,不合格率只能部分反映危害发生的可能性,无法反映危害的严重程度。如果我们在食品检测中发现两个检测项目不合格率相同,按照现在的分析方法,风险是相同的,但实际上两者对人体造成的损害是不同的,显然两者的风险应该

存在差异,但按目前的分析方法无法区分。

1.2.3 食品抽检数据质量有待提高

我国食品监管部门每年都会开展食品抽检任务,因此会得到大量的食品抽检数据。食品抽检数据的质量直接决定分析的效果,目前食品抽检数据上报过程中出现较多的不规范及错误,如食品分类、名称、检测项目等关键字段都有不同程度的差异,且各地数据质量可能参差不齐,需要进行大量的人工预处理工作,影响了数据分析的结果和效率。制定科学、合理的食品抽检方案,建立信息化的抽检系统,可使数据录入更加准确,有利于后续的食品安全抽检数据的分析、预测和监管。

2 食品安全预警模型构建的基本原则和方法分析

2.1 抽检数据分析方法要遵从风险管理原则

食品安全风险预警可以看作风险管理的一个过程,因为风险预警本身也是一个识别食品安全风险并制定措施的过程。按照国际食品法典委员会规定的风险管理一般流程^[36],风险管理过程分 4 个环节:初步的风险管理活动、确定并制定风险管理措施、风险管理措施的实施、监控和评估,其中初步的风险管理活动其实质是一个风险评价的过程,在风险预警中预警分析就相当于初步的风险管理活动,其最重要目的就是识别食品安全问题,对风险进行分级并确定风险管理的优先次序(风险排序)。以抽检数据分析而言,即通过分析数据识别食品安全问题并进行风险排序。

2.2 采用风险矩阵法作为基本方法

风险矩阵法是一种能够把危害发生的可能性及其危害严重程度综合评估风险大小的半定量或定性的风险评估分析方法。风险矩阵法从两个大的维度定义了风险,通过把危害严重程度和发生的可能性分别分为若干级别,形成一个二维的表格对风险进行半定量的分析,有利于风险的排序,同时也为引入多个指标分别表征严重程度和发生可能性提供了便利^[37]。该方法使得风险预警分析更立体,增加了可视性^[38-40]。

2.3 引入新的参数来表征风险,开展关联分析

通过不合格率表征风险,其全面性不够,特别是危害的严重程度并没有参数进行表征。因此,需要引入毒理和膳食数据对食品抽检数据进行深入分析。对食品抽检数据而言,检测项目可以看作是危害物,检测项目的毒理值越大,对人体造成的健康风险就越大;而该食品类别摄入量越大,那么该食品类别中危害物造成的健康风险就越大^[41-42]。

2.4 采用多因素综合分级法进行风险分级

食品安全风险预警分析系统的风险分级是预警分析

结果与预警发布(交流)和预警响应相关联的重要一环,无论是预警发布(交流)还是预警响应都是根据风险级别采用不同的风险交流策略和预警响应措施。分级交流和响应也是国际通行的做法,如澳大利亚将风险分为高和低两个级别,结合大众对风险的感知程度,分别采用被动、响应、教育和主动 4 种交流策略,是典型的分级交流模式。风险分级可根据不同功能点采用多因素综合分级方法,按照食品安全风险的危害性、紧急程度、影响范围等因素,将风险等级分为 I(高风险)、II(中风险)、III(一般风险)3 个等级,为后期的风险交流和采取响应措施提供依据^[43-44]。

3 基于食品抽检数据的智能预警风险模型构建

针对目前食品抽检监测数据分析系统现有的数据及问题、已有功能及其需求,结合其他分析系统及国内外研究经验^[45-48],预警分析模型构建研究主要从风险分析、趋势分析、关联挖掘、全息画像、效能评价 5 个方面入手,对食品安全抽检大数据进行深度挖掘和智能分析,为指导监管、指导消费、指导生产提供有力支撑。基于食品抽检监测数据的食品安全智能分析与应用模型见图 1。

3.1 风险分析

3.1.1 不合格品风险分析

不合格品风险分析主要包括食品种类风险分析预警、企业(生产/经营)风险分析预警、场所风险分析预警和区域风险分析预警,具体如下所示。

(1)食品种类风险分析预警

食品种类风险分析预警是基于抽检监测数据的不合格率,结合毒理、膳食等数据,采用半定量评估方法进行分析,实现食品种类风险的排序和分级,并进行风险预警^[49-50]。如食用农产品(畜禽肉、蔬菜等)作为主要膳食来源,结合检出的相应不合格项目(兽药、农药等)风险程度,可识别风险并对其做出排序和分级。

(2)企业(生产/经营)风险分析预警

企业(生产/经营)风险预警是对当年度检出不合格样品共计 3 批次的企业进行生产风险预警;对历年检出不合格样品且跟踪抽检继续检出不合格样品的企业进行生产风险预警^[51]。

(3)场所风险分析预警

场所风险分析预警是针对抽样场所的不同类食品进行场所风险预警,主要是针对重点和特殊场所,如农贸市场、学校食堂等场所的风险预警。

(4)区域风险分析预警

区域风险分析预警是结合生产企业所在省份及被抽样单位所在省份,对区域不合格率进行区域风险预警,将区域和品种两个维度相结合,对区域风险进行定量等级划分,主要是针对某个省、区域食品安全问题高发的预警,均可作为以后食品监管重点区域^[52-53]。

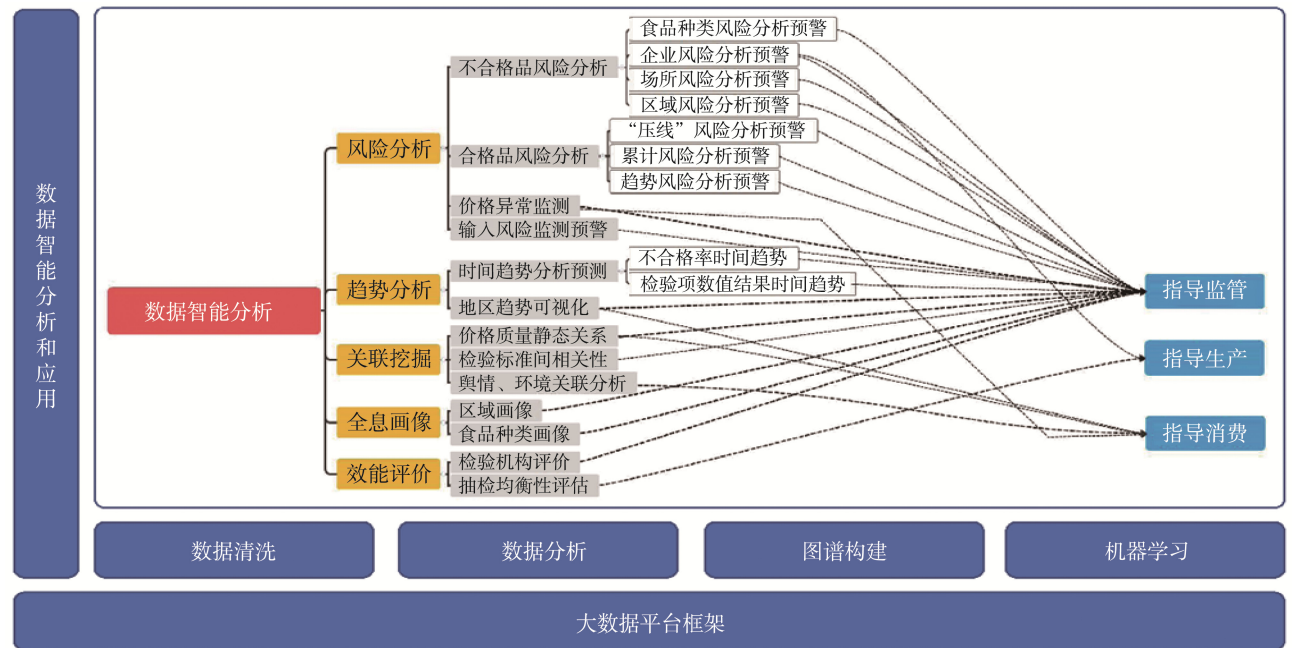


图 1 基于食品抽检监测数据的食品安全智能分析与应用

Fig.1 Intelligent analysis and application of food safety based on sampling monitoring food data

3.1.2 合格品风险分析

对某些食品种类,某些项目的检验结果不是简单的二分类(检出/未检出),而是数值结果。对于这些食品种类的合格品,其检验结果虽然都介于检出限和判定限之间,但也具有数值差异。通过对这些数值进行不同角度的挖掘分析,可以实现对合格品以下 3 种风险的评估和预警。

(1)“压线”风险分析预警

评估合格品各项检验结果接近判定标准的程度,通过设定阈值(如最大限定值的 90%)进行“压线”风险预警,通过“压线”风险分析预警,可对潜在风险程度较高的食品种类进行重点监控,以便消除安全隐患。

(2)累计风险分析预警

评估合格品各项检验结果的累计值/综合值接近判定标准的程度,通过设定阈值(如超过 30%的检验项超出了最大限定值的 50%)进行累计风险预警。

(3)趋势风险分析预警

分析合格品各项检验结果的历史趋势,通过对历史值时间序列的预测,评估其即将超出判定标准的概率,若超出阈值(如在下一季度超出判定标准的概率大于 80%),则进行趋势风险预警。

3.1.3 价格异常监测

对特定类别食品在短时间内价格分布发生较大变化的情况进行监测预警并给出风险提示。例如发现某区域几省在最近一个月新鲜鱼类的价格有异常上涨,可能会对消费和生产造成影响,应引起有关部门关注。

3.1.4 输入风险监测预警

对各省食品质量问题中由外省输入(食品产地为外省)引发的部分进行监测,对超出设定阈值的情况(如 70%以上的食品质量问题由外地食品引发)进行输入风险预警。

3.2 趋势分析

3.2.1 不合格率时间趋势

通过历史数据形成不合格率的时间序列曲线,并对未来趋势进行预测;例如对某省市大米近 3 年不合格率的时间序列分析,预测出其在未来 1—3 月的不合格率趋势。

3.2.2 检验项数值结果时间趋势

已检出的不合格品是客观存在的食品安全风险的外在具体体现,对抽检不合格项目进行挖掘有利于进一步识别食品安全风险。通过历史数据形成各重点关注的检验项目(主要是农兽药残留、食品添加剂、生物毒素等)的检验结果值的时间序列曲线,并对未来趋势进行预测^[54]。

3.2.3 地区趋势可视化

通过对不同地区的各项指标进行热力图可视化,可展示其随时间的动态变化,通过该变化直观分析地区间的相关趋势。指标包括不合格率、抽检批次等,展示类型可包括任务来源省份、生产省份等。

通过上述 3 个方面的趋势分析方法,可发现和聚焦食品中存在的潜在风险因子,确定存在的食品安全问题的性质、范围和程度等,为监管部门实施控制措施提供决策依据和技术支持^[55-56]。

3.3 关联挖掘

3.3.1 价格质量静态关系

通过计算各类别食品在不同抽样检验结果下的价格分布规律,获得该类别食品及其不同质量的价格分布区间,可对后续抽检进行指导,并探索不同食品种类质量与价格的相关关系。例如计算牛肉干的质量与价格分布曲线,发现低于某一价格阈值的牛肉干更易存在质量问题。

3.3.2 检验标准间相关性

通过对食品安全抽检数据进行深度分析和挖掘,可采用多元统计分析方法对不同检测项目结果之间的相关性进行分析(如某一添加剂和微生物指标有可能存在正相关),这些信息可为食品安全监管工作提供决策依据。

3.3.3 舆情、环境关联分析

食品抽检不合格风险预警模型,通过分析近年各地食品抽检公示数据,构建分时序、分地区的食品风险特征库,结合互联网食品舆情事件、投诉举报、食品种类影响、天气、温度和区域等因素,运用大数据精准预判,实现对下一周期(未来两个月)风险食品种类名称、风险等级(高、中、低)预警。在食品安全预警的建设和运行中引入大数据,通过“前一步”和“后一步”关联挖掘,可使得模型的使用更加智能^[57-58]。

3.4 全息画像

3.4.1 区域画像

对某一特定区域进行画像,画像特征包括该区域抽检批次、涉及的食品种类、不合格率、生产企业、检验机构、报送分类、风险等级以及生产批次数量随时间的变化、各主要品类不合格率随时间的变化等。通过构建区域画像,可达到认知区域抽检现状、优化区域抽检策略、选择符合区域特色的抽检方法的目的^[59]。

3.4.2 食品种类画像

综合调用上述各分析功能,对特定的食品类别(不合格率较高的食品大类或受到特别关注的类别如一老一小、米面油醋茶、婴幼儿配方奶粉等)进行画像,画像特征包括该食品类别的抽样环节和场所及判断标准、该食品类别的主要生产企业及被抽样省份、该食品类别抽样批次和不合格率随各时间的变化趋势等。

3.5 效能评价

3.5.1 检验机构效能评价

从检验机构分布情况、抽检工作量、工作及时性、填报质量等多个角度对检验机构的效能进行评价^[60],可使食品抽检后续的数据分析与预警更加规范化、系统化和制度化。

3.5.2 抽检均衡性评估

从食品抽检的年度计划(月份和季节性的时间分布情况)、省份及区域分布、食品品种及其风险程度等多个维度对抽检的均衡性进行评估,同时季节性生产销售的食品或

存在季节性质量安全风险的食品,应在对应季节增加抽检量,确保抽检频次和均衡性。

4 结 论

当前食品抽检质量高低直接关系到食品安全监管的水平,提升我国食品抽检监测及其配套技术是发现食品问题和保障食品安全的重要举措。近年来,我国学者在食品安全风险评估预警及其控制系统领域做了大量的研究,主要集中在预警方法和预警机制等方面,基于食品安全抽检数据的现有研究主要集中在对具体食品抽检数据的分析和预警处理上。本文通过对食品安全抽检监测分析的特点及其存在的主要问题进行分析,构建了基于食品抽检监测数据的食品安全智能分析方式,其对建立健全食品抽检监测的监管、食品安全风险监测与评估具有重要意义。

参考文献

- [1] 张飞,景亚萍,朱平,等.食品安全大数据标准体系建设研究[J].食品科学,2020,41(13):318-325.
ZHANG F, JING YP, ZHU P, *et al.* Construction of big data standard system for food safety [J]. Food Sci, 2020, 41(13): 318-325.
- [2] 陶庆会,杨雪,宋玉洁,等.2017~2019年全国食品安全抽检情况分析[J].食品工业科技,2021,42(7):231-239.
TAO QH, YANG X, SONG YJ, *et al.* Analysis of food safety sampling data in China from 2017 to 2019 [J]. Sci Technol Food Ind, 2021, 42(7): 231-239.
- [3] GUO ZD, BAI L, GONG SL. Government regulations and voluntary certifications in food safety in China: A review [J]. Trends Food Sci Technol, 2019, 90: 160-165.
- [4] 中华人民共和国中央人民政府.中华人民共和国食品安全法[EB/OL]. [2009-02-28]. http://www.gov.cn/flfg/2009-02/28/content_1246367.htm [2020-10-19].
The Central People's Government of the People's Republic of China. The food safety law of the People's Republic of China [EB/OL]. [2009-02-28]. http://www.gov.cn/flfg/2009-02/28/content_1246367.htm [2020-10-19].
- [5] 王芳,孙晓红,陶光灿.中国食品安全风险分级研究进展[J].食品科学,2021,42(21):271-277.
WANG F, SUN XH, TAO GC. Progress in risk ranking for food safety in China [J]. Food Sci, 2021, 42(21): 271-277.
- [6] LIU N, BOUZEMBRAK Y, BULK L, *et al.* Automated food safety early warning system in the dairy supply chain using machine learning [J]. Food Control, 2022, 136: 108872.
- [7] 武晓伟,李莉,程景民.基于公众关注角度的食品安全风险预警因素[J].食品工业,2021,42(9):325-329.
WU XW, LI L, CHENG JM. Early warning factors of food safety risk based on public concern [J]. Food Ind, 2021, 42(9): 325-329.
- [8] 高亚男,王文倩,王建新.集成模糊层级划分的LightGBM食品安全风险预警模型:以肉制品为例[J].食品科学,2021,42(1):197-207.
GAO YN, WANG WQ, WANG JX. A food safety risk prewarning model using LightGBM integrated with fuzzy hierarchy partition: A case study for meat products [J]. Food Sci, 2021, 42(1): 197-207.

- [9] 甄俊涛, 刘臣. 高维数据多标签分类的食品安全预警研究[J]. 计算机技术与发展, 2020, 30(9): 109–114.
ZHEN JT, LIU C. Research on food safety early warning of multi-label classification of high dimensional data [J]. Comput Technol Dev, 2020, 30(9): 109–114.
- [10] MARVIN HJP, JANSSEN EM, BOUZEMBRAK Y, *et al.* Big data in food safety: An overview [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2017, 57(11): 2286–2295.
- [11] MARVIN HJP, HOENDERDAAL W, GAVAI AK, *et al.* Global media as an early warning tool for food fraud: An assessment of MediSys-FF [J]. Food Control, 2022, 137: 108961.
- [12] FILTER M, SUNDERMANN EM, MESA-VARONA O, *et al.* Minimum information required to annotate food safety risk assessment models (MIRARAM) [J]. Food Res Int, 2021, 139: 109952.
- [13] WU Y, LIU P, CHEN J. Food safety risk assessment in China: Past, present and future [J]. Food Control, 2018, 90: 212–221.
- [14] LIANG L. A study of system dynamics modelling and optimization for food safety risk communication in China [J]. Alex Eng J, 2021, 60(1): 1917–1927.
- [15] 林燕芝. 食品安全抽检监测工作的现状及改进措施[J]. 现代食品, 2020, (17): 68–70.
LIN YZ. Current situation and improvement measures of food safety spot inspection and monitoring [J]. Mod Food, 2020, (17): 68–70.
- [16] 王博, 张锴旺, 陆逢贵, 等. 基于大数据视角的肉类食品安全抽检数据分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(18): 6381–6388.
WANG B, ZHANG KW, LU FG, *et al.* Study on meat food safety sampling data under the perspective of big data [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(18): 6381–6388.
- [17] 毛佳琦, 郑允允, 焦文静, 等. 基于多维度抽检数据的全国食品安全状况分析及对策探究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(5): 314–320.
MAO JQ, ZHENG YY, JIAO WJ, *et al.* Analysis of national food safety and countermeasure research based on multidimensional sampling data [J]. Food Ferment Ind, 2022, 48(5): 314–320.
- [18] 金学波, 杨念香, 白玉廷, 等. 基于分布式深度学习模型的食品抽检数据预测方法研究[J]. 食品科学技术学报, 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1151.TS.20200109.1456.002.html>
JIN XB, YANG NX, BAI YT, *et al.* Prediction of food inspection data based on distributed deep learning model [J]. J Food Sci Technol, 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1151.TS.20200109.1456.002.html>
- [19] 金昱言, 周欣蕊, 张文, 等. 论当前形势下食品抽检监测与食品安全[J]. 现代食品, 2021, (2): 170–172.
JIN YY, ZHOU XR, ZHANG W, *et al.* On food sampling and monitoring and food safety in the current situation [J]. Mod Food, 2021, (2): 170–172.
- [20] 孙娟娟. 食品抽检制度的实务进展和域外经验[J]. 中国食品药品监管, 2018, (7): 32–43.
SUN JJ. Practice progress and overseas experience of food sampling system [J]. Chin Food Drug Admin, 2018, (7): 32–43.
- [21] 王海璐, 熊薇, 李兆阶. 食品抽样工作现存问题及解决建议[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(17): 6178–6181.
WANG HL, XIONG W, LI ZJ. Existing problems and solution inspection in food sampling work [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(17): 6178–6181.
- [22] 李锋. 食品安全监督抽检中存在的问题及优化措施[J]. 食品安全导刊, 2020, (3): 8, 11.
LI F. Problems existing in sampling inspection of food safety supervision and optimization measures [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020, (3): 8, 11.
- [23] 王星云, 左敏, 肖克晶, 等. 基于 BP 神经网络的食物安全抽检数据挖掘[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(6): 85–90.
WANG XY, ZUO M, XIAO KJ, *et al.* Data mining on food safety sampling inspection data based on BP neural network [J]. J Food Sci Technol, 2016, 34(6): 85–90.
- [24] GENG ZQ, SHANG DR, HAN YM, *et al.* Early warning modeling and analysis based on a deep radial basis function neural network integrating an analytic hierarchy process: A case study for food safety [J]. Food Control, 2019, 96: 329–342.
- [25] 游清顺, 王建新, 张秀宇, 等. 基于支持向量机的食品安全抽检数据分析方法[J]. 软件工程, 2019, 22(2): 29–31.
YOU QS, WANG JX, ZHANG XY, *et al.* SVM-based analysis on food safety sampling and inspection data [J]. Softw Eng, 2019, 22(2): 29–31.
- [26] 李太平. 我国食品安全指数的编制理论与应用研究——以国家食品抽检数据为例[J]. 农业经济问题, 2017, 38(7): 80–87, 111–112.
LI TP. Research on theory and application of China's food safety—index taking national food sampling data as an example [J]. Iss Agric Econ, 2017, 38(7): 80–87, 111–112.
- [27] 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, RUN 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.
- [28] 王洪杰. 食品安全监督抽检现状及其对食品监管工作的影响实践思考[J]. 食品安全导刊, 2021, (32): 152–154.
WANG HJ. Current situation of sampling inspection of food safety supervision and its influence on food supervision [J]. Chin Food Saf Magaz, 2021, (32): 152–154.
- [29] 陶雨风, 郭文萍, 芦云, 等. 食品安全监督抽样流程常见问题及在线质量控制方法探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(18): 7417–7425.
TAO FY, GUO WP, LU Y, *et al.* Discussion on common problems in sampling process of food safety supervision and online quality control method [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(18): 7417–7425.
- [30] GENG ZQ, ZHAO SS, TAO GC, *et al.* Early warning modeling and analysis based on analytic hierarchy process integrated extreme learning machine (AHP-ELM): Application to food safety [J]. Food Control, 2017, 78: 33–42.
- [31] 李丹. 关于利用大数据建立食品行业的危害控制措施指导的探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(12): 5054–5058.
LI D. Establishment of guidance on hazard control measures in food industry by using big data [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(12): 5054–5058.
- [32] JIN C, BOUZEMBRAK Y, ZHOU J. Big data in food safety—A review [J]. Curr Opin Food Sci, 2020, 36: 24–32.
- [33] 禹长海, 杨燕, 林治钰, 等. 2019 年度山东省食品安全监督抽检数据统计分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(21): 8131–8140.
YU CH, YANG Y, LIN ZY, *et al.* Statistical analysis of food safety supervision and sampling inspection data in Shandong province in 2019

- [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(21): 8131–8140.
- [34] 杨璐, 张馨月, 郑丽敏. 挖掘数据关系的食品抽检数据可视化分析图研究[J]. *农业机械学报*, 2019, 50(6): 272–279.
- YANG L, ZHANG XY, ZHENG LM. Visual analysis graph research of food sampling data based on mining data relationship [J]. *Trans Chin Soc Agric Mach*, 2019, 50(6): 272–279.
- [35] 李太平, 刘静. 中国食品安全指数的初步测度[J]. *食品科学*, 2018, 39(19): 247–251.
- LI TP, LIU J. Preliminary measurement of food safety index in China [J]. *Food Sci*, 2018, 39(19): 247–251.
- [36] Food and Agriculture Organization (FAO). Food safety risk management evidence-informed policies and decisions, considering multiple factors [Z]. 2017. <http://www.fao.org/3/i8240en/i8240EN.pdf>
- [37] 陈尚, 周少君, 邓小玲, 等. 食品中化学物危害风险分级研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(3): 374–378.
- CHEN S, ZHOU SJ, DENG XL, *et al.* Research progress on hazardous risk ranking of chemical substances in food [J]. *Chin J Food Hyg*, 2017, 29(3): 374–378.
- [38] 郭添荣, 张崑, 肖全伟, 等. 2018年四川省食品安全抽检结果分析及防控建议[J]. *四川农业科技*, 2020, (6): 77–83.
- GUO TR, ZHANG Y, XIAO QW, *et al.* Analysis of sampling inspection results and prevention and control suggestions on food safety in Sichuan Province in 2018 [J]. *Sci Technol Sichuan Agric*, 2020, (6): 77–83.
- [39] 陈彩萍. 食品安全风险监测模型在食品质量管理中的作用探析[J]. *食品安全导刊*, 2020, (27): 99.
- CHEN CP. The role of food safety risk monitoring model in food quality management [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2020, (27): 99.
- [40] 李鹏杰. 基于风险矩阵的食品安全问题共治利益主体的风险分析[J]. *中国集体经济*, 2019, (15): 81–83.
- LI PJ. Risk analysis of food safety co-governance stakeholders based on risk matrix [J]. *Chin Collect Econ*, 2019, (15): 81–83.
- [41] 陈恺. 基于数据驱动的食品安全预警分析方法与应用[D]. 北京: 北京化工大学, 2015.
- CHEN K. Data-driven food safety early warning analysis method and application [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2015.
- [42] HUANG X, XING S, LV B, *et al.* Analysis of national food safety supervision and sampling inspection in 2016–2017 [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(17): 4746–4754.
- [43] 王晔茹, 白莉, 韩海红, 等. 风险分级矩阵在贝类海产品中副溶血性弧菌风险评估的应用研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2021, 33(4): 479–484.
- WANG YR, BAI L, HAN HH, *et al.* Research on the application of risk grading matrix in the health risk assessment of *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish seafood [J]. *Chin J Food Hyg*, 2021, 33(4): 479–484.
- [44] 卢江. 对我国食品安全重大风险早期识别与快速预警机制建设的思考[J]. *中国食品卫生杂志*, 2020, 32(2): 113–117.
- LU J. Considerations on building the framework of early identification and rapid alert of food safety risks in China [J]. *Chin J Food Hyg*, 2020, 32(2): 113–117.
- [45] 黄丽娜. 数据去重、VLOOKUP 函数和透视表在食品安全抽检监测数据处理和分析中的应用[J]. *食品安全导刊*, 2018, (19): 77–78.
- HUANG LN. Application of data de-repetition, VLOOKUP function and pivot table in processing and analysis of food safety sampling monitoring data [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2018, (19): 77–78.
- [46] 裴建松. 食品安全抽检监测工作的现状分析与建议[J]. *食品安全导刊*, 2021, (24): 5, 7.
- PEI JS. Current situation analysis and suggestions of sampling inspection and monitoring of food safety [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2021, (24): 5, 7.
- [47] 邵基伦, 刘伟, 张绍振, 等. 食品安全抽检监测中典型问题分析及应对对策[J]. *轻工科技*, 2021, 37(8): 97–98, 123.
- SHAO JL, LIU W, ZHANG SZ, *et al.* Analysis and countermeasures of typical problems in sampling inspection and monitoring of food safety [J]. *Light Ind Sci Technol*, 2021, 37(8): 97–98, 123.
- [48] 陶佰睿, 赵金利, 李雪, 等. 基于Kmeans改进FP算法稻米溯源体系优化设计[J]. *安徽农业大学学报*, 2019, 46(1): 198–202.
- TAO BR, ZHAO JL, LI X, *et al.* Optimization design of rice traceability system based on Kmeans-FP growth algorithm [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2019, 46(1): 198–202.
- [49] 王菁, 李崇光. 食品安全风险监测的内涵、作用与相关建议[J]. *中国食物与营养*, 2011, 17(1): 10–13.
- WANG J, LI CG. Connotation and function of food safety risks surveillance and suggestions [J]. *Food Nutr Chin*, 2011, 17(1): 10–13.
- [50] 曾欣平. 基于可拓模型的乳制品生产加工企业质量安全风险研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2019.
- ZENG XP. Study on quality safety risk of dairy production and processing enterprises based on extension model [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2019.
- [51] SHI Y, ZHOU K, LI S, *et al.* Heterogeneous graph attention network for food safety risk prediction [J]. *J Food Eng*, 2011, 323: 111005.
- [52] 张毅, 张娴, 易祖平, 等. 2020年某市食品安全风险现状分析[J]. *现代食品*, 2021, (1): 220–222.
- ZHANG Y, ZHANG X, YI ZP, *et al.* Analysis of the current situation of food safety risks in a city in 2020 [J]. *Mod Food*, 2021, (1): 220–222.
- [53] 罗兰, 安玉发, 古川, 等. 我国食品安全风险来源与监管策略研究[J]. *食品科学技术学报*, 2013, 31(2): 77–82.
- LUO L, AN YF, GU C, *et al.* Analysis of sources of risk and regulatory strategy of Chinese food safety [J]. *J Food Sci Technol*, 2013, 31(2): 77–82.
- [54] 杨朝慧, 吴炜亮, 张朵, 等. 2015—2020年我国食用植物油质量安全风险因素分析[J]. *中国油脂*, 2021, 46(12): 69–78.
- YANG ZH, WU WL, ZHANG D, *et al.* Quality and safety risk factors of edible vegetable oil in China from 2015 to 2020 [J]. *China Oils Fats*, 2021, 46(12): 69–78.
- [55] 郭承湘, 吴帅, 陈宁江. 多维数据分析在食品监管中的应用[J]. *电子技术与软件工程*, 2019, (13): 183–185.
- GUO CX, WU S, CHEN NJ. Application of multidimensional data analysis in food supervision [J]. *Electron Technol Soft Eng*, 2019, (13): 183–185.
- [56] 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.

- [57] 宗万里, 朱习军. 基于 Apriori 算法的食品抽检数据的关联规则挖掘[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(4): 1334–1337.
ZONG WL, ZHU XJ. Mining association rules of food sampling data based on Apriori algorithms [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(4): 1334–1337.
- [58] 陈佳丽, 彭甜. 基于大数据和自动识别技术的食品追溯体系[J]. 物流技术, 2020, 39(3): 134–137.
CHEN JL, PENG T. Food traceability system based on big data and automatic identification technology [J]. Logist Technol, 2020, 39(3): 134–137.
- [59] 刘鹏, 钟晓. 智慧监管真的智慧吗?—基于地方政府食品安全监管改革的案例研究[J]. 广西师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 57(2): 28–39.
LIU P, ZHONG X. Is smart supervision really smart?—A case study on the reform of food safety supervision conducted by local governments [J]. J Guangxi Norm Univ (Philos Soc Sci Ed), 2021, 57(2): 28–39.
- [60] 丁础, 丁琦. 提升食品检验机构效能的对策[J]. 食品安全导刊, 2020, (26): 28–29.
DING C, DING Q. Countermeasures to improve the efficiency of food inspection institutions [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020, (26): 28–29.

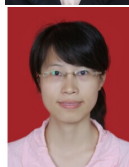
(责任编辑: 张晓寒 韩晓红)

作者简介



韩世鹤, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全预警交流和抽检监测数据统计分析。

E-mail: hansh@caiq.org.cn



李 红, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全、食品分析。

E-mail: hong198596@163.com



王亚坤, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为数据挖掘、自然语言处理。

E-mail: yswang@bit.edu.cn