

人工智能辅助食品安全主动防控研究进展

马卉钊¹ 石元玥² 谭金凤³ 赵乃琦⁴

1. 黑龙江省华测检测技术有限公司 黑龙江 哈尔滨 150025
2. 黑龙江省华测检测技术有限公司 黑龙江 哈尔滨 150025
3. 黑龙江省华测检测技术有限公司 黑龙江 哈尔滨 150025
4. 兴安盟食品药品检验检测中心 内蒙古兴安盟 乌兰浩特 137400

摘要: 食品安全是公共卫生领域的核心议题, 直接关系到公众健康、经济稳定与社会和谐。传统食品安全防控模式以事后处置为主, 存在响应滞后、覆盖面有限、依赖经验判断等弊端, 难以适配全链条防控需求。人工智能技术凭借其强大的数据处理、模式识别与预测预警能力, 为食品安全主动防控提供了全新技术路径。本文系统梳理人工智能技术在食品原料、生产加工、流通储运、终端销售各环节的研究进展, 剖析当前存在的数据、模型、成本、标准层面的问题, 结合研究现状提出发展趋势与优化建议, 为推动食品安全防控模式转型、提升食品安全治理能力提供实用参考, 兼顾学术性与实践指导性。

关键词: 人工智能; 食品安全; 主动防控

引言: 全球范围内食源性疾病与食品污染问题频发, 据世界卫生组织统计, 每年约有6亿人因食用受污染食品患病, 420万人因此死亡, 严重威胁公众健康与全球贸易秩序。我国食品产业规模庞大、业态复杂, 传统防控模式依赖人工巡查与抽样检测, 存在成本高、效率低、预警不及时等困境, 难以实现全链条、全方位防控。随着人工智能技术快速崛起, 机器学习、计算机视觉等技术在数据挖掘与风险预判方面的优势日益凸显, 与食品安全主动防控的需求高度契合。

1 食品安全主动防控核心内涵与人工智能技术适配性

1.1 食品安全主动防控核心内涵

食品安全主动防控是区别于传统被动处置模式的新型防控理念, 核心内涵在于以事前预防、事中干预为核心目标, 构建“风险识别—风险评估—风险预警—风险干预”的全链条闭环体系, 覆盖食品从原料到终端销售的全流程。其核心特征体现为前瞻性、精准性与协同性, 摒弃传统“重检测、轻预防”“重事后、轻事前”的治理逻辑, 聚焦各环节核心风险点, 通过科学技术手段提前预判风险、及时处置隐患, 最大限度降低食品安全事件发生概率。与被动防控相比, 主动防控更注重风险的源头管控与动态监测, 强调多主体、多环节协同发力, 推动食品安全治理从经验驱动向数据驱动、从碎片化管理向全链条协同转型, 是新时代食品安全治理的核心发展方向。

1.2 人工智能与食品安全主动防控的适配性

人工智能与食品安全主动防控的深度融合具有明确

的可行性与必要性, 二者在需求与能力上实现精准适配。从适配逻辑来看, 主动防控的全链条、精准化、前瞻性需求, 与人工智能技术的核心优势高度契合。人工智能具备强大的海量数据处理能力, 可高效整合食品全流程各类风险数据, 破解传统防控中数据碎片化的难题; 其模式识别能力可精准识别食品中的污染物、异物及违规操作行为, 提升风险识别的精准度; 预测预警能力可基于历史数据与实时监测数据, 提前预判风险发展趋势, 满足主动防控的前瞻性需求^[1]。同时, 人工智能技术的智能化、自动化特征, 可替代部分人工繁琐工作, 降低防控成本、提升防控效率, 有效破解传统防控中“人少事多”的监管困境, 为主动防控体系的落地提供坚实技术支撑。

2 人工智能在食品安全主动防控各环节的研究进展

2.1 食品原料环节主动防控研究进展

食品原料环节是食品安全风险的源头, 人工智能技术主要应用于原料种植养殖过程的风险监测与质量筛查, 实现源头风险主动防控。在种植环节, 人工智能结合物联网传感器, 可实时监测土壤湿度、温度、农药使用量等参数, 通过机器学习模型预判病虫害发生风险, 指导农户科学用药, 减少农药残留隐患; 同时, 计算机视觉技术可快速识别原料作物的病虫害症状, 实现早发现、早处置。在养殖环节, 智能监测系统可实时追踪畜禽生长状态、饮水质量、饲料成分等, 通过模型分析预判畜禽疫病风险, 提前采取防控措施, 降低疫病传播概率。此外, 人工智能技术可对原料进场质量进行快速检

测,结合光谱技术精准识别原料中的重金属、农药残留等污染物,筛选不合格原料,从源头阻断风险传导,为后续食品加工环节的安全保障奠定基础。

2.2 食品生产加工环节主动防控研究进展

食品生产加工是食品安全风险的高发环节,人工智能技术的应用有效提升了该环节的主动防控能力,覆盖生产环境、加工过程、产品质量全维度。在生产环境监测方面,计算机视觉与传感器融合技术可实时监测生产车间卫生状况、人员操作规范,对违规操作自动识别报警,实现环境常态化智能监管。在加工过程管控方面,机器学习模型可分析生产工艺参数,预判加工过程中的质量风险,如粮油霉变、乳制品发酵异常等,指导优化生产流程。在产品质量检测方面,人工智能与光谱技术融合,可实现微生物、化学污染物、物理异物的实时无损检测,计算机视觉技术可精准识别食品外观缺陷,检测效率与准确率均远超传统人工检测,有效规避不合格产品出厂风险^[2]。

2.3 食品流通储运环节主动防控研究进展

食品流通储运环节的环境条件直接影响食品质量,人工智能技术通过与物联网、区块链等技术融合,实现该环节的智能化防控与全程追溯。在仓储环节,物联网传感器实时采集温度、湿度、气体浓度等参数,人工智能算法自动调控环境设备,确保储存条件达标,同时预判食品变质风险,提前处置临期或变质食品。在运输环节,智能追踪系统可实时监测运输轨迹、环境参数,一旦出现冷链断裂等异常情况,立即发出预警,提醒相关人员及时处置。另外,人工智能与区块链结合构建的追溯体系,可实现食品流通全流程追溯,一旦发现风险,可快速定位源头、精准召回,缩短处置周期,降低风险扩散范围,保障流通环节食品质量安全。

2.4 食品终端销售环节主动防控研究进展

食品终端销售是食品安全风险向消费者传导的最后一道关口,人工智能技术主要聚焦于销售终端质量检测、风险排查与舆情监测,实现终端主动防控。在质量检测方面,计算机视觉技术广泛应用于超市、农贸市场等场景,可自动识别食品新鲜度、过期情况与外观缺陷,辅助商家与监管部门快速排查风险。在风险排查方面,自然语言处理技术可挖掘投诉举报数据,识别高频投诉热点与风险主体,为监管部门提供靶向监管依据。同时,人工智能技术可监测食品销售过程中的储存条件,对违规储存行为进行提醒,避免因储存不当导致食品变质。此外,舆情监测系统可实时捕捉食品安全负面信息,及时预警终端销售环节的潜在风险,实现风险早

发现、早处置。

3 人工智能辅助食品安全主动防控现存问题

3.1 数据共享不足,数据质量参差不齐

数据是人工智能模型训练的基础,当前数据层面的问题成为制约技术应用的核心瓶颈。一方面,数据共享不足,食品安全各环节、各部门的数据碎片化严重,种植养殖、生产加工、流通销售等环节的数据分散在不同主体手中,跨部门、跨区域数据共享接口不健全,缺乏统一的数据标准体系,形成“数据孤岛”,导致人工智能模型无法获得全域数据训练,预测能力受限。另一方面,数据质量参差不齐,部分数据存在缺失、错误、冗余等问题,缺乏系统化的数据治理与标注规则,实际可供机器学习使用的高质量数据集不足。同时,数据标注成本高、部分场景数据样本不平衡,进一步影响模型训练效果与预测准确性,制约人工智能技术的精准应用。

3.2 模型泛化性欠缺,适配性不足

人工智能模型的泛化性与适配性不足,严重影响其在食品安全主动防控中的规模化应用。当前,多数人工智能模型是基于特定场景、特定品类食品的数据训练而成,模型的场景适配性较强,但泛化能力欠缺,跨场景、跨品类迁移效果较差。例如,针对某类果蔬的污染物检测模型,应用于其他品类食品时,检测准确率大幅下降;适用于规模化企业的生产环境监测模型,难以适配中小企业的生产场景。此外,部分供应商套用通用算法,未结合食品安全专业场景进行优化,导致模型与实际防控需求脱节,部分模型判定结果与实际情况存在偏差,甚至出现误报、漏报现象,难以满足多样化的食品安全防控需求,影响技术应用效果。

3.3 技术落地成本较高,中小企业适配难度大

人工智能技术落地成本较高,导致中小企业适配难度大,制约技术应用覆盖面的扩大。人工智能技术的应用需要投入大量资金,用于设备采购、系统搭建、技术研发与人才培养,而我国食品行业中小企业数量众多,资金实力有限,难以承担高额的技术应用成本^[3]。同时,人工智能技术的运营维护需要专业的技术人才,而兼具食品安全专业知识与人工智能技术的复合型人才短缺,中小企业难以招聘到合适的技术人才,导致部分引入人工智能系统的中小企业,无法实现系统的有效运营与优化,技术应用效果不佳。此外,部分技术设备体积大、操作复杂,不适用于中小企业的生产经营场景,进一步增加中小企业的适配难度。

3.4 技术标准缺失,监管体系不完善

当前,人工智能辅助食品安全主动防控领域缺乏完

善的技术标准与监管体系,制约行业规范化发展。在技术标准方面,尚未形成统一的技术标准、应用规范与评价体系,不同企业、不同地区研发的人工智能系统,在技术参数、检测标准、数据格式等方面存在差异,导致系统之间难以兼容,数据无法互通共享,甚至出现重复建设、资源浪费的现象。在监管体系方面,现有监管体系难以适配人工智能技术的快速发展,对人工智能辅助防控的监管责任、流程规范不明确,存在监管空白。针对人工智能模型的准确性、安全性评价缺乏统一标准,部分模型未经过严格验证便投入使用,存在一定的安全隐患,影响监管公信力。

4 人工智能辅助食品安全主动防控发展趋势与优化建议

4.1 发展趋势

未来,人工智能辅助食品安全主动防控将朝着全链条协同、精准化、轻量化、规范化的方向发展。在技术应用上,将推动人工智能技术向食品全链条延伸,实现种植养殖、生产加工、流通储运、终端销售各环节的协同防控,构建一体化防控体系。在技术升级上,将加强可解释性人工智能、联邦学习等前沿技术的研发应用,解决模型泛化性不足、黑箱困境等问题,提升模型的可信度与精准度。在应用普及上,将研发轻量化、低成本的人工智能技术与设备,降低应用门槛,扩大技术在中小企业中的应用覆盖面。在行业发展上,将逐步完善技术标准与监管体系,推动行业规范化、标准化发展,同时加强国际技术交流与标准对接,适配食品国际贸易安全防控需求。

4.2 优化建议

针对当前人工智能辅助食品安全主动防控中存在的共享不足、模型泛化性欠缺、技术落地成本高以及技术标准与监管体系不完善等问题,结合未来发展趋势,提出以下优化建议。其一,强化数据基础建设。建立统一的数据标准体系,涵盖数据格式、采集频率、标注规范等,完善跨部门、跨区域的数据共享机制,打破数据孤岛,实现数据的高效流通与整合。加强数据治

理,规范数据采集、存储、标注流程,运用自动化工具提升数据质量,并通过众包、半自动标注等方式降低数据标注成本。其二,推动模型优化创新。鼓励科研机构与企业深度合作,结合食品安全专业场景,如特定食品的微生物检测、化学残留分析等,优化模型算法,提升模型的泛化性与适配性。加强可解释性人工智能技术的研发,明确模型决策逻辑,增强监管部门与公众对模型的信任。其三,降低技术落地成本。政府应加大对中小企业的资金扶持力度,提供专项补贴或低息贷款,并组织技术专家团队为企业提供技术指导。另外,加强复合型人才培养,解决人才短缺问题。其四,完善技术标准与监管体系。加快制定统一的技术标准、应用规范与评价体系,明确数据安全、模型性能等指标。明确监管责任与流程,加强对人工智能系统的安全验证与动态监管,提升监管适配性。

结束语

食品安全关系国计民生,人工智能技术为食品安全主动防控提供了全新的技术路径,其与主动防控的深度融合是新时代食品安全治理的必然趋势。本文系统梳理了人工智能在食品安全主动防控各环节的研究进展,剖析了当前存在的问题,结合发展趋势提出针对性的优化建议。未来,随着技术的不断迭代、标准的逐步完善与人才的持续供给,人工智能技术将持续赋能食品安全主动防控,推动防控模式向全链条、精准化、智能化转型,构建更加科学高效的食品安全防控体系,切实保障公众饮食安全,助力食品产业高质量发展。

参考文献

- [1]盛利娜,纪剑,宋晓宁,等.人工智能辅助食品安全主动防控研究进展[J].中国食品学报,2024,24(10):14-27.
- [2]李春雪.高校食堂食品安全内部报告奖励机制的构建路径及实践方法探讨[J].食品安全导刊,2025,19(26):8-11.
- [3]祝焱波.冷冻饮品生产过程食品安全风险分析及控制措施[J].食品工业,2023,44(7):337-339.