

Research on Application Scenarios and Implementation Framework of Artificial Intelligence Agents in Plague Prevention and Control

Xinxia Xie Shaoqing Wu* Chunfang Liu

Ulanqab Center for Disease Control and Prevention, Ulanqab, Inner Mongolia, 012000, China

Abstract

Objective To explore application models and implementation pathways of artificial intelligence agents in plague prevention and control, providing references for the construction of intelligent plague surveillance and early warning systems. **Methods** Through policy text analysis, literature review, and scenario modeling **methods**, this study systematically reviewed China's plague surveillance and prevention policies and research progress on AI applications in public health. Following the workflow of "surveillance and early warning—risk assessment—clinical identification—epidemiological investigation—emergency command—risk communication," we analyzed application scenarios and collaborative mechanisms of agents across plague control processes. **Results** AI technology can assist in multi-point trigger-based surveillance and early warning systems, natural foci risk identification with spatial analysis, initial case identification with medical-preventive coordination, epidemiological investigation and contact management, emergency command with resource allocation, and public risk communication. Based on these findings, we proposed a multi-agent collaborative framework comprising data sensing, knowledge retrieval, risk assessment, medical coordination, emergency command, and audit supervision. The application implementation was guided by authoritative regulatory documents as knowledge foundations, combined with technologies such as retrieval-enhanced generation, localized deployment, and tiered authorization. **Conclusion** Under strict data security protocols, model governance, and clear responsibility boundaries, AI agents can enhance plague surveillance efficiency and emergency response capabilities. However, they should be positioned as supervised auxiliary tools, with standardized adoption gradually promoted through pilot applications within plague control systems.

Keywords

plague; artificial intelligence; agent; public health

人工智能智能体在鼠疫防控中的应用场景与实施框架研究

解新霞 武少卿* 刘春芳

乌兰察布市疾病预防控制中心, 中国·内蒙古 乌兰察布 012000

摘要

目的 探讨人工智能智能体在鼠疫防控中的应用模式与实施路径, 为智慧化鼠疫监测预警体系建设提供参考。**方法** 采用政策文本分析、文献综述和场景建模方法, 系统梳理我国鼠疫监测防控相关政策及人工智能在公共卫生领域的应用研究进展, 并以“监测预警—风险评估—临床识别—流行病学调查—应急指挥—风险沟通”为主线, 分析智能体在鼠疫防控各环节中的应用场景与协同机制。**结果** 智能体技术可在多点触发监测预警、自然疫源地风险识别与空间分析、首诊识别与医防协同、流行病学调查与接触者管理、应急指挥与资源调度及公众风险沟通等方面发挥辅助作用。基于此, 提出由数据感知、知识检索、风险研判、医疗协同、应急指挥和审计监督构成的多智能体协同框架, 并提出以权威规范文件为知识底座, 结合检索增强生成、本地化部署和分级授权等技术路径推进应用。**结论** 在严格的数据安全、模型治理和责任边界约束下, 智能体有望提升鼠疫监测预警与应急处置效率, 但应定位为受监督的辅助工具, 通过试点应用逐步推动其在鼠疫防控体系中的规范化应用。

关键词

鼠疫; 人工智能; 智能体; 公共卫生

1 引言

【作者简介】 解新霞 (1984-), 女, 中国内蒙古乌兰察布人, 硕士, 主管检验师, 从事鼠疫防控研究。

【通讯作者】 武少卿 (1988-), 男, 中国内蒙古乌兰察布人, 硕士研究生, 主管检验师, 长期从事鼠疫防控工作。

鼠疫是由鼠疫耶尔森菌引起的自然疫源性疾病, 也是我国法定甲类传染病。世界卫生组织指出, 鼠疫仍是具有较高暴发风险的公共卫生问题; 其风险通常出现在自然疫源地、宿主、媒介与人群活动叠加的区域, 而偏远地区由于诊

断与医疗可及性不足，更容易放大不良影响。我国制度文件强调，鼠疫自然疫源地分布广、面积大、类型复杂，新的疫源地不断被发现，鼠疫监测必须作为一项长期、连续性的工作持续开展^[1]。2025年全国鼠疫监测工作会议明确提出，要构建“智慧化、精准化、一体化”的鼠疫监测防控新格局。与此同时，人工智能（Artificial Intelligence, AI）应用正由单点工具阶段迈向具备规划、检索、调用工具、流程编排和反思能力的智能体阶段。国家卫生健康委2025年印发的《关于促进和规范“人工智能+医疗卫生”应用发展的实施意见》已将传染病监测预警、智能流调系统升级、卫生应急风险预测和智能处置纳入重点应用方向；国际研究也表明，AI能够支持公共卫生监测、流行病学研究、风险沟通、资源配置和多种决策活动，但其落地仍受制于公平性、问责、隐私保护、数字基础设施和人员能力等因素。由此，探讨智能体如何嵌入鼠疫防控业务链条，具有鲜明的现实必要性与政策窗口期。

2 研究方法 with 理论基础

本文采用三种互补方法。其一，政策文本分析，重点考察我国鼠疫监测方案、鼠疫防控指导意见、“人工智能+医疗卫生”政策及智慧化传染病监测预警制度导向；其二，文献综述，吸收公共卫生AI、医疗智能体和WHO治理文件中的最新研究结论；其三，场景建模，即以“监测预警—风险评估—临床识别—流调处置—应急指挥—风险沟通”为主线，分析智能体与鼠疫防控各环节的耦合方式。这里的“智能体”并非一般问答模型，而是能够在明确规则与授权边界内，调用知识库、数据库和业务系统，对复杂任务进行分步执行和协同反馈的任务型AI系统。从业务属性看，鼠疫防控并非单一诊疗活动，而是覆盖动物间监测、人间监测、风险评估、病例识别、报告转运、跨部门联动、资源调度和公众沟通的复合型公共卫生工程。2024年监测方案解读首次明确提出人间鼠疫疫情监测包括“常规监测”和“应急监测”两种形式，并把风险评估嵌入动物鼠疫监测过程；2024年指导意见把信息整合、空间分析、网格化管理和联防联控提升到体系建设层面。这意味着鼠疫防控的核心难点，已经不是单点数据的有无，而是多源异构信息的快速汇聚、规则一致解释和跨层级协同执行。智能体恰恰在这些环节具有潜在优势。

3 智能体在鼠疫防控中的典型应用场景

3.1 多点触发监测预警

智慧化鼠疫防控的首要场景是多点触发预警。鼠疫风险并不只表现为确诊病例上升，还可能先体现在发热症候群聚集、特定地区宿主动物或媒介数量异常、动物死亡异常、实验室阳性提示、边境输入线索、交通节点异常和特定自然灾害后的生态变化之中。国家关于智慧化多点触发传染病监测预警体系的指导意见明确提出要建立健全“智慧化、多点

触发”的传染病监测预警体系；国家卫健委2025年文件则要求优化病例与症候群聚集性、异常变化发现等风险的快速发现和智能分析应用。基于此，可构建面向鼠疫的预警智能体，对接法定报告、症候群监测、动物间监测、空间地理和应急信息流，进行数据清洗、异常检测、规则比对和风险分层，并将高风险信号自动推送给疾控专业人员进行复核。

3.2 自然疫源地风险识别与空间分析

鼠疫防控的第二个高价值场景是自然疫源地风险识别。我国指导意见已明确提出，要充分利用北斗系统、无人机、遥感、空间分析等技术，建立地理及空间信息数据库，实现多元异构数据统一交汇存储，研发大数据挖掘、融合和智能预警平台^[2]；同时，在大型建设项目、自然灾害后和重大活动期间，应开展专门的风险评估。由此可设计“空间研判智能体”，自动融合地理环境、历史疫情、监测点变化、交通通达性和人群活动强度等信息，生成热区图、风险扩散路径和现场核查建议。此类智能体尤其适合服务边境地区、牧区和人群季节性流动明显的区域。

3.3 首诊识别、报告提醒与医防融合

鼠疫防控成败在很大程度上取决于基层和首诊环节的识别效率。全国鼠疫监测方案明确提出建立国家、省、地、县四级人间鼠疫监测网络，并实行“首诊医生责任制”；2024年指导意见强调落实发热门诊、预检分诊和首诊负责制，提高医疗卫生机构早期发现、诊断、报告和处置能力^[3]。在这一背景下，可部署“临床协同智能体”，嵌入发热门诊、急诊和基层医疗机构的信息系统，在不替代医师判断的前提下，围绕流行病学接触史、地域暴露史、临床表现、报告流程和转诊规范，提供问诊提示、风险标记、报告提醒、知识检索与规范引用服务，降低因经验不足造成的漏识别风险。

3.4 流行病学调查与接触者管理

国家卫健委关于“人工智能+医疗卫生”的实施意见已明确提出，要推进智能流调系统升级，为传染病防控决策提供实时、精准支撑。针对鼠疫这类时间敏感型疾病，可构建“流调智能体”，基于规范化问卷、病例轨迹梳理模板和风险暴露逻辑，对访谈内容进行结构化抽取，初步生成时间轴、地点链、接触链和风险分层建议，辅助形成现场调查底稿。但必须强调，智能体只能承担“整理、提醒、归纳、比对”功能，最终的病例判定、密切接触者认定、隔离建议和处置命令仍应由具备资质的流调人员和指挥体系作出。

3.5 应急指挥与资源调度

鼠疫应急处置不仅包括病例救治，还涉及隔离观察、转运路线、实验室检测能力、个人防护物资、基层巡诊和跨区域联防。国家卫健委文件提出，要利用人工智能监测医疗救治和卫生应急信息，预测预警卫生应急风险，推荐处置方案，实现智能处置，并建立区域智能辅助决策系统。基于这一政策导向，可构建“应急指挥智能体”，将病例数量、地理位置、医院负载、检验能力、物资库存和交通条件等纳入

统一看板，进行情景推演、资源测算和调配建议，为指挥部提供多方案比选，而不是输出单一不可解释的“黑箱结论”。

3.6 风险沟通与公众健康教育

鼠疫防控还高度依赖公众沟通。中国疾控中心持续发布鼠疫相关健康提示，国家卫健委也把个性化健康知识推送和普及服务纳入人工智能重点场景。智能体可在疾控机构审核下生成分地区、分职业、分季节的宣教内容，为牧民、边境流动人员、野外作业人员、旅游人群和基层医务人员提供差异化提示，并对社交平台上的高频问题进行统一口径答复。与传统宣传相比，智能体的优势在于可以实现高频更新、快速适配和多语种输出，但其内容发布必须坚持专业审核先行，避免出现误导性建议或因模型幻觉造成风险放大。

4 实施框架与评价指标

4.1 多智能体协同框架

结合鼠疫防控业务特征，本文建议构建“六位一体”的多智能体协同框架：一是数据感知智能体，负责接入监测、病例、地理和应急等多源数据；二是知识检索智能体，负责调用国家监测方案、诊疗方案、应急预案和地方处置规范形成可引用依据；三是风险研判智能体，负责异常发现、分级预警和时空分析；四是医疗协同智能体，负责首诊提示、病例报告提醒和转诊协同；五是应急指挥智能体，负责资源调度和方案推演；六是审计监督智能体，负责全过程留痕、权限校验、输出抽检和复盘反馈。该框架的关键不是“更自主”，而是“更可控”：所有高风险输出都必须设置人工确认节点。

4.2 知识底座与部署方式

鼠疫防控属于高风险、强规则、低容错场景，智能体不宜依赖开放式泛化回答，而应建立基于权威规范文件的专用知识底座。知识来源至少应包括国家鼠疫监测方案、鼠疫诊疗方案、国家和省级应急预案、地方联防联控机制文件以及WHO最新版鼠疫防控手册。技术上宜优先采用本地化或专网部署、检索增强生成（RAG）、角色分级授权和日志全留痕方式，确保输出可追溯、可核验、可回放。对于涉及实验室、生物安全或病例隐私的场景，更应采取最小必要原则，不把高风险病原操作转化为自动执行任务。

4.3 试点路径与评价指标

考虑到鼠疫防控的区域差异和风险分层特征，智能体应用宜采取“小步试点、逐级扩展”的路径：先在重点疫源地省份、边境县区、重点口岸和具备数字基础的发热门诊试点，再向区域联防联控平台扩展。评价体系不应只看模型准确率，而要围绕公共卫生实效设置指标，包括异常发现时效、预警敏感性与特异性、假阳性率、病例报告时延、流调要素完整率、资源调度响应时间、专业人员采纳率、安全事件发生率和复盘改进率。近期医疗智能体研究综述表明，该领域

目前仍以模拟环境和实验室研究为主，真实世界临床试点较少，安全性和临床结局评价不足，因此试点阶段必须把过程性安全指标置于首位。

5 风险约束与治理路径

智能体在鼠疫防控中的最大风险，不是“不会做事”，而是“在高风险场景中做出看似合理但实际上不可靠的建议”。WHO关于人工智能治理的系列文件反复强调，AI在卫生健康领域必须以伦理、人权、透明、问责和公共利益为中心；其监管重点包括全生命周期治理、数据安全、有效性验证和对受影响群体的责任界定。对于鼠疫防控而言，这意味着智能体必须始终处于“受监督的辅助者”位置，而不是拥有最终处置权的“自动决策者”。具体而言，应从四个方面完善治理。第一，数据治理：推动监测、临床、地理和应急数据的标准统一、分级分类和权限控制，解决“数据可用而不可融、可融而不可审”的问题。第二，模型治理：建立针对鼠疫场景的红线问题库、输出白名单、双重校验机制和人工抽检制度，重点防范幻觉、过度自信和规则引用错误。第三，组织治理：把智能体纳入演练、培训和复盘体系，形成“技术—业务—管理”一体化责任链。第四，法律伦理治理：明确智能体输出仅为辅助意见，病例判定、隔离命令、信息发布和重大资源调配必须由有法定职责的机构和人员完成。只有这样，智能体才能在突破责任边界的前提下提升防控效率。

6 结论

从我国鼠疫防控政策演进和人工智能应用趋势看，智能体进入鼠疫防控体系并非简单的技术嫁接，而是公共卫生治理模式从“事后处置”向“前端感知—实时研判—闭环协同”转型的必然延伸。鼠疫防控需要的不是一个“万能模型”，而是一套能够嵌入监测网络、遵循法定流程、联通部门协作并接受全过程审计的人机协同系统。今后应以重点疫源地和重点边境地区为突破口，以常规监测、应急监测和风险评估三类业务为牵引，以数据标准化、知识底座建设和场景试点为抓手，稳步推进智能体在鼠疫防控中的规范化应用，服务我国“智慧化、精准化、一体化”的鼠疫监测防控新格局。

参考文献

- [1] 国家疾病预防控制局综合司，国家卫生健康委办公厅. 关于印发《全国鼠疫监测方案（2024年修订版）》的通知[EB/OL]. (2024-03-25).
- [2] 国家疾病预防控制局，国家发展改革委，财政部，等. 关于加强和改进全国鼠疫防控工作的指导意见[EB/OL]. (2024-07-31).
- [3] 国家疾病预防控制局. 《全国鼠疫监测方案（2024年修订版）》解读[EB/OL]. (2024-03-25).