

浅谈地理空间分析在新冠疫情溯源与防控中的应用

马懿嘉 龚晨曦
安徽理工大学

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2083

[摘要] 2020年新冠疫情对安徽省的公共卫生安全和社会经济发展带来了严峻挑战。面对突发公共卫生事件,如何实现科学精准防控成为关键问题。地理信息系统(GIS)凭借其独特的空间分析能力和可视化优势,在疫情防控中展现出重要价值。本文立足安徽省疫情特点,系统探讨GIS技术在疫情监测、风险评估和防控决策中的应用。通过空间数据分析,GIS能够直观展示疫情时空分布特征,识别高风险区域,优化资源配置,为制定差异化防控策略提供科学依据。研究表明,GIS技术不仅提升了疫情防控的精准性和时效性,还为建立智慧化公共卫生应急管理体系提供了技术支撑。这些实践经验对完善突发公共卫生事件应对机制具有重要参考意义。

[关键词] 地理信息系统; 新冠; 空间分析; 时空数据

中图分类号: K9 文献标识码: A

On the application of geospatial analysis in the traceability and prevention and control of COVID-19

Yijia Ma Chenxi Gong

Anhui University of Science and Technology

[Abstract] The COVID-19 epidemic in 2020 has brought severe challenges to the public health security and social and economic development in Anhui Province. In the face of public health emergencies, how to achieve scientific and precise prevention and control has become a key issue. With its unique spatial analysis capabilities and visualization advantages, geographic information system (GIS) has shown important value in epidemic prevention and control. Based on the characteristics of the epidemic in Anhui Province, this paper systematically discusses the application of GIS technology in epidemic monitoring, risk assessment and prevention and control decision-making. Through spatial data analysis, GIS can intuitively display the spatial and temporal distribution characteristics of epidemics, identify high-risk areas, optimize resource allocation, and provide scientific basis for the formulation of differentiated prevention and control strategies. Research shows that GIS technology not only improves the precision and timeliness of epidemic prevention and control, but also provides technical support for the establishment of an intelligent public health emergency management system. These practical experiences have important reference significance for improving the response mechanism of public health emergencies.

[Key words] geographic information system; new crown; spatial analysis; spatiotemporal data

引言

新冠疫情暴发以来,GIS技术因其强大的空间分析能力在疫情防控中展现出独特价值。本研究聚焦安徽省疫情防控需求,针对当前存在的三大问题:一是健康数据体系不完善,特别是时空动态数据缺失;二是跨学科协作不足,地理信息科学与公共卫生领域融合不够;三是传统流行病学溯源手段效率低下。

研究通过GIS技术整合安徽省疫情数据,构建空间分析模型,实现三大创新应用:首先,建立疫情传播时空模型,精准识别高

风险区域;其次,开发生态风险评估体系,实现防控资源的科学配置;最后,优化溯源分析方法,提升防控响应速度。这些应用为政府部门提供了科学的决策支持,在防控措施制定、医疗资源调配等方面发挥了重要作用。

研究成果不仅提升了安徽省疫情防控的精准性和时效性,也为构建智慧化公共卫生应急管理体系提供了实践案例,对完善突发公共卫生事件应对机制具有重要参考价值。

1 研究方法与技术应用

本研究综合运用多种方法和技术,结合地理信息系统(GIS)的强大功能,深入探讨安徽省新冠疫情的防控与研究策略。以下从数据收集、建模分析、空间分析、案例研究、文献研究、数据分析及实地调研等方面展开,重点阐述GIS技术在疫情防控中的赋能作用。

1.1 数据收集与整理

系统采集安徽省确诊病例、无症状感染、核酸检测、人口迁徙及地理基础数据,整合流行病学调查与环境监测数据集。通过数据清洗与挖掘技术,系统解析疫情时空分布特征及其与人口流动模式、地理要素的空间耦合关系。

1.2 建模分析与优化

采用改进的SEIR模型(纳入无症状感染仓室),结合安徽省疫情数据优化传染病动力学模型和元胞自动机模型,模拟不同防控情景下的疫情发展趋势。

1.3 GIS空间分析方法

采用GIS空间分析方法实现疫情三维可视化:通过缓冲区划分识别风险辐射范围;运用空间自相关算法检测疫情聚集特征;借助网络拓扑分析优化应急资源配置路径。

1.4 案例分析与经验总结

选取合肥、芜湖、阜阳等差异化发展城市作为研究样本,通过防控成效的对比分析,提炼不同区域特征的疫情防控适配模式。

1.5 数据分析与规律挖掘

运用统计分析结合GIS空间插值技术,系统揭示疫情传播的空间异质性特征及其扩散规律,为建立精准防控决策模型提供数据支撑。

1.6 实地调研与实践验证

深入安徽省疫情防控一线(如医院、社区、疾控中心等),与工作人员交流,了解实际问题和需求,验证数据分析与模型构建的准确性,确保研究成果的实用性和可操作性。

1.7 GIS技术赋能疫情防控

1.7.1 疫情时空分布可视化。通过逐日流行病数据的时空可视化,GIS技术能够直观展示疫情的空间传播过程和规律,帮助政府部门和公众研判疫情发展态势,提高溯源效率。例如,利用GIS地图展示患者行程轨迹,直观显示患者活动路径及与其他病例的关联性,摆脱人工比对的低效与误差。

1.7.2 疫情传播预测与风险评估。结合GIS技术与传染病动力学模型,模拟疫情传播过程,预测不同防控措施下的疫情发展趋势。预测区域传播:地理信息系统在新冠疫情的空间扩散过程与模式研究中具有重要意义。研究发现,新冠疫情在中国的发展主要经历了六个阶段,在空间上表现出邻近扩散、迁移扩散、等级扩散和廊道扩散等地理模式。地理邻近性、人口流动、人口规模、交通网络、疫情防控管理等因素对疫情的空间扩散具有显著影响^[1]。同时,通过层次分析法和模糊综合评价法,量化评估各地区疫情风险,为资源合理分配提供依据。

1.7.3 资源优化配置与智能分析。本研究融合GIS网络分析

与AI技术,构建疫情防控智能系统。通过路径优化提升医疗资源调度效率,运用机器学习实现疫情热点识别与风险预警,为精准防控提供决策支持。例如,基于地理信息系统技术建立的全球重要传染病疫情时空分布数据库,为境外传染病输入传播风险的评估与防控提供了基础信息和决策依据^[2]。

1.7.4 多源数据融合与精准防控。整合地理信息数据、人口数据、医疗资源数据及社交媒体数据等多源数据,构建全面、准确的疫情分析与预测模型。结合安徽省地理环境、人口分布、经济发展水平等地域特色,制定针对性防控策略,提升防控效能。利用GIS空间加权叠加分析技术得到疫情防控点时空分布格局,并进行分级,对风险程度最高的防控区加大关注^[3]。

2 创新点

创新研究视角,将动态流行病数据时空可视化:通过收集逐日流行病数据,采用GIS多尺度时空可视化技术,动态呈现疫情空间扩散过程,对于政府部门和公众正确研判流行病发展态势具有直观、实时的优势,使得溯源更加有迹可循。

通过GIS地理信息技术展示患者的行程,直观显示患者经过哪些地点,并且在同一处的其它患者轨迹。不需要手动比对患者的流调报告寻找关联性,摆脱人工查找的易漏、易错,提高判断效率。

嵌入到GIS中的地图,以动画的形式在模拟个体点,数字图像技术使可视性增强。

创新解决方法,利用3S技术融合时间和坐标创建时空模型进行溯源:集成3S技术(GIS/GPS/RS)建立时空立方体分析模型,融合流行病学调查数据与地理坐标信息进行多维溯源分析。创新性地引入复杂网络算法解析传播路径,开发基于时空约束的传播树重构方法,在对流行病溯源的问题上提供新算法和新角度,具有良好的创新思维,为研究流行病的溯源提供了新道路。

基于安徽地域特色的精准防控策略研究:本研究紧密结合安徽省的地理环境、人口分布、经济发展水平、交通网络等地域特色,运用GIS技术分析疫情传播规律,重点针对交通枢纽等关键节点制定精准防控策略,显著提升了防控措施的地域适应性和实施效果。

多源数据融合的疫情分析与预测:本研究整合安徽省地理信息、人口、医疗、交通及社交媒体等多源数据,构建精准疫情分析模型。相比传统方法,多源融合显著提升分析可靠性,如通过社交媒体实时监测公众舆情,优化防控宣传策略。

GIS与人工智能技术的融合应用:融合GIS与AI技术,通过机器学习算法智能分析疫情数据,自动识别传播模式和风险区域,实现精准监测预警。相比传统GIS技术,该融合方法显著提升分析效率,如运用深度学习解析疫情地图,为资源调配提供科学依据。

3 安徽省新型冠状病毒肺炎疫情时空演变特征

3.1 疫情监测与态势分析

挖掘疫情空间和时间分布特征,为识别重点防控区域、对疫情区域统筹规划、制定防控策略和预测某一地区疫情发展趋势提供参考依据。本研究基于安徽省卫健委2020年1月22日至2月

22日疫情数据开展时空分析。数据显示,全省累计确诊989例,治愈率62.7%,死亡率0.6%。空间分布呈现显著区域差异:北部6市确诊占比53.4%(蚌埠、阜阳为重灾区);中部4市占34.3%(合肥占61.4%);南部6市占13.3%(马鞍山占39.2%)。

安徽省开发GIS疫情监测平台,整合医疗、社区和交通数据,运用热力图和空间分析技术识别高风险区域。平台对不同地理单元进行风险等级划分与可视化表达,结合空间自相关分析和时空聚类算法,精准识别疫情传播热点区域,为公共卫生决策者提供科学依据。实践表明,该平台显著提升了疫情防控响应效率,有效遏制了疫情扩散。

3.2 疫情溯源研究

本研究融合移动信令和公交数据,运用GIS构建病例轨迹追踪模型。通过时空路径分析精准定位风险场所,建立传播风险评估体系。基于GIS的轨迹分析能快速识别高风险区域,指导精准封控和消毒,有效降低疫情扩散风险。

3.3 医疗资源布局与调度优化

针对安徽省医疗资源空间配置失衡问题,运用GIS空间分析方法,评估安徽省医疗资源分布与疫情需求的匹配度。通过构建资源可及性模型,实现疫区承载力动态监测,并生成资源缺口热力图。基于空间关联分析,优化跨区域医疗资源调度方案和应急设施选址,有效提升突发公共卫生事件响应效率。

4 GIS辅助的应急防控

4.1 多源数据整合与动态监测

利用移动数据收集技术,结合位置服务(如北斗车联网平台),实时更新接触者位置信息,为疫情追踪提供精准数据支持。通过整合交通、人口、经济及医疗卫生等多源数据,构建疫情影响因素数据库,为常态化防控提供科学依据。

4.2 结合位置服务

位置服务以庞大的地理空间信息数据库为依托,能向服务对象提供与地理信息相关的便捷、实时、精准的综合服务。道路交通、人口数量、经济发展和医疗卫生是新冠疫情发展演变的主要影响因素,因此,在常态化防控阶段,疫情防控需要考虑疫情的影响因素。在公共卫生事件中,可以将位置服务与GIS相结合,例如利用北斗车联网平台等,为接触追踪提供更全面的信息。

4.3 可视化平台优化与动态仪表盘

基于Power BI、ArcGIS Online和Tableau等工具,构建动态仪表盘,实现实时疫情数据的可视化。开发多功能应用程序(如AUTOMAP),结合流行病学监测与GIS技术,设计健康状况监测工具,为公共卫生监测提供更好的可视化平台。对于目前较为严重的新冠疫情中存在的主要问题是难以追踪零号病人(传染源)以及密切接触者行为踪迹…通过动态GIS技术、数据分析技术,能够实时将疫情信息、风险高低通知用户,避免了因时效问题导致的疫情进一步扩散,为疫情防控提供有效技术支撑。

4.4 社区参与与监测强化

完善社区规划体系,推进公众参与深度,提高社区韧性。通过虚拟地理信息系统,建立数字化、智能化社区管理系统,强化社区监测能力。例如,借鉴加纳经验,通过社区监测与GIS链接的接触追踪,提高病例检测能力。同时,可利用地理信息系统采集和处理各类疫情相关数据,分析疾病的空间分布规律,形成各区域差异化的疫情分析图,根据各地区的疫情严重程度制定不同级别的防控机制,实行分区分级响应。

4.5 技术集成与信息共享

集成人工智能、大数据等新型信息技术,提高疫情监测与预测的准确性。打破信息壁垒,实现卫生、交通、公安等部门的信息整合与共享,构建综合性信息平台。开发多样化平台(如智能手机应用程序、网页平台等),满足不同用户需求,为公共卫生事件防控提供全面支持。研究突发公共卫生事件时虚拟地理信息系统对灾害治理的积极作用,建立数字化、智能化管理系统,同时研究虚拟地理信息系统在社区规划中的应用,提高社区规划科学性、可持续性。

通过上述措施,GIS技术在安徽省新冠疫情防控中发挥了重要作用,为疫情监测、溯源追踪、资源调度及社区防控提供了科学依据和技术支持,显著提升了疫情防控的整体效能。

5 结论

在安徽省的新冠病毒预防和控制工作中,GIS技术的充分应用,包括疫情的实时监控与直观展示,人员流动情况的精准分析与有效管理、医疗资源的科学分配与优化配置,以及社区层面的细致防控与精确管理,为安徽省的疫情防控工作提供了坚实的支撑。展望未来,随着技术的持续进步,地理信息系统在公共卫生领域的运用将会变得更加广泛且深入,为守护民众健康与社会和谐稳定作出更为突出的贡献。

[项目名称]

基于地理空间信息技术的流行病溯源和预防研究。

大创项目类别: 创新训练项目。

大创项目编号: s202310361169。

[参考文献]

[1]王姣娥,杜德林,魏冶,等.新冠肺炎疫情的空间扩散过程与模式研究[J].地理研究,2020,39(07):1450-1462.

[2]纪炀.中国输入传染病传播风险评估地理信息系统的建立[D].安徽医科大学,2019.

[3]李益敏,吴博闻,刘师旂,等.基于AHP-熵权法的瑞丽市边境线新冠疫情风险及防控部署研究[J].自然资源遥感,2022,34(03):218-226.

作者简介:

马懿嘉(2003--),女,汉族,山东泰安人,本科,研究方向:地理信息科学。