

建立我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警机制

杨维中¹ 兰亚佳² 吕炜³ 冷志伟¹ 冯录召¹ 赖圣杰⁴ 叶楚楚⁵ 王晴¹

¹中国医学科学院北京协和医学院群医学及公共卫生学院,北京 100730; ²四川大学华西公共卫生学院,成都 610041; ³广西壮族自治区疾病预防控制中心,南宁 530001; ⁴英国南安普顿大学地理与环境科学学院,南安普顿 SO163ZG; ⁵上海市浦东新区疾病预防控制中心传染病防治与消毒管理科 200136

通信作者:杨维中, Email: yangweizhong@cams.cn

【摘要】 本文回顾我国现行传染病监测预警系统的局限性,分析传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警平台的建设思路及对策,提出了实现路径,以期助力我国传染病监测预警能力建设和提升。

【关键词】 传染病; 监测预警; 多点触发; 多渠道监测

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程(2020-I2M-1-001)

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200722-00972

Establishment of multi-point trigger and multi-channel surveillance mechanism for intelligent early warning of infectious diseases in China

Yang Weizhong¹, Lan Yajia², Lyu Wei³, Leng Zhiwei¹, Feng Luzhao¹, Lai Shengjie⁴, Ye Chuchu⁵, Wang Qing¹
¹School of Population Medicine and Public Health, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China; ²West China School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China; ³Guangxi Zhuang Autonomous Region Center for Disease Control and Prevention, Nanning 530001, China; ⁴World Pop, School of Geography and Environmental Science, University of Southampton, Southampton SO163ZG, UK; ⁵Department of Infectious Disease Control and Disinfection Management, Shanghai Pudong New District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200136, China

Corresponding author: Yang Weizhong, Email: yangweizhong@cams.cn

【Abstract】 This paper reviews the limitations of current infectious disease surveillance and early warning system in China, analyzes the concepts and countermeasures of the establishment of an intelligent early warning platform of infectious diseases based on multi-point trigger mechanism and multi-channel surveillance mechanism and proposes the realization routes for the purpose of facilitating capacity building and improvement of surveillance and early warning of infectious diseases in China.

【Key words】 Infectious disease; Surveillance and early warning; Multi-point trigger; Multi-channel surveillance

Fund Program: CAMS Innovation Fund for Medical Sciences (2020-I2M-1-001)

DDOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20200722-00972

传染病是人类永存的威胁。在新型冠状病毒肺炎(新冠肺炎)疫情应对中,我国公共卫生体系、医疗服务体系发挥了重要作用,但也暴露出一些短板和不足。习近平总书记在2020年6月2日公共卫生专家学者座谈会上强调,要把增强早期监测预警能力作为健全公共卫生体系当务之急,要完善传染病疫情和突发公共卫生事件监测系统,改进不明原因疾病和异常健康事件监测机制,提高评估监测敏感性和准确性,建立智慧化预警多点触发机制,健全多渠

道监测预警机制,提高实时分析、集中研判的能力^[1]。总书记讲话特别强调了传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警机制,为我国传染病监测预警工作提出明确的工作要求和目标。

为探索如何增强早期监测预警能力,本文回顾我国现行传染病监测预警系统的局限性,分析传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警平台的建设思路及对策,提出实现路径,以期助力我国传染病早期监测预警的能力建设和提升。

一、我国现行传染病监测预警系统的局限性

20 世纪 90 年代初,国外部分城市开始探索建立基于传染病症状的监测系统。2001 年美国发生炭疽生物恐怖事件后,更多国家和地区开始探索并建立更加灵敏的症状监测系统,不依赖于疾病诊断信息,而是通过数据自动提取技术,实时从医疗机构收集具有传染病指示症状的病例信息,提高了信息收集和报告及时性^[2]。如覆盖全美国的 BioSense 系统,通过及时地收集和分析医疗机构临床检验实验室的检测资料、连锁药店药品销售量、急救车派遣量等信息,来提升公共卫生紧急情况的快速发现和识别能力^[3]。WHO 1997 年建立了全球卫生情报网络,国际新发传染病监控协会 1994 年建立了新发传染病监测项目系统,两者均大量采用了互联网信息,在全球范围内对新发传染病发现和预警^[4]。

非典之后,我国建立了横向到边、纵向到底的传染病与突发公共卫生事件网络直报系统,以及传染病早期自动预警信息系统,在一定程度上解决了传染病和突发公共卫生事件信息报告和传染病早期监测预警问题,为我国传染病防控发挥了重要作用^[5]。然而,由于现行预警监测系统在预警关口、数据来源及监测技术及相应的数据分析利用上存在短板和不足,在面对新发传染病和传统传染病暴发的早期监测预警,尤其是在应对这次百年不遇的新冠肺炎疫情中,暴露出监测预警的诸多问题。

1. 预警关口相对滞后。现行预警系统基于对临床确诊病例数据的分析,以出现聚集性疫情“苗头”为预警“起点”,其预警时间关口明显滞后。此外,现行系统仅对已纳入国家法定报告管理的传染病出现聚集性“苗头”进行预警,限制了对新发和突发传染病监测预警的发现能力。

2. 预警信息来源相对单一。由于预警监测系统在卫生健康系统内部以及跨行业部门之间一直未能有效建立起信息共享机制,关联数据扩展、数据互联互通和整合分析无法实现,现行系统监测数据仅来源于医疗卫生机构,依靠临床医师在诊疗过程中采集;数据内容单一,仅包括患者个体基本信息、疾病名称和发病时间,缺少对早期监测预警具有重要意义的其他信息,比如症状、接触史、生活史、交通史等。这极大限制了系统对传染病的监测预警能力。

3. 预警技术相对落后。现行的传染病预警系统于 2008 年正式在全国运行,其平台架构、数据管理、模型构建是 10 年前的技术。比如数据管理仍然以中心服务器为主的集中式管理,预警模型以不具学

习能力的确定型模型为主^[6]。而近年来快速发展的机器学习、人工智能等新技术未在该系统中得到应用,其结果是系统的数据整合能力差,数据源未得到拓展,算法缺乏智能化学习能力,预警能力未得到有效的提高。

二、我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警平台的建设思路及对策

传染病预警的价值取决于能否尽早发现新发传染病和已知传染病患者的异常增加或聚集,以便将其控制在萌芽状态。传染病预警的敏感性主要取决于所用监测数据来自传染病发生、发展的哪个节点。例如,采用影响传染病发生、发展的社会和自然因素、传染病相关症候群或疑似病例的数据有助于提高传染病监测预警的敏感性^[7-9]。传染病预警技术的发展趋势是实现预警数据的多元化、集成化和预警模型的智能化,将传统的监测技术与信息智能分析技术充分结合,这有助于实现预警系统准确性、敏感性和及时性的同步提升。

传染病智慧化预警多点触发机制,是指通过建立现代化的传染病监测预警系统,利用大数据、云计算、物联网、人工智能等技术手段,自动化地采集传染病危险因素、病原体、相关症候群、疑似病例和确诊病例信息等传染病发生、发展过程中多个关键节点的数据,及早、智能化地判别出传染病可能增加的流行风险或已出现的“苗头”并自动发出预警信号,采集内容包括媒体和网络信息等舆情以及与传染病发生相关的其他社会学信息,尽可能提高预警的敏感性、准确性和及时性,减少人为干扰和工作失察的传染病监测预警机制。

传染病多渠道监测预警机制,是指卫生健康、海关、交通、市场、农业、林业、气象、环保、教育等多部门,在多元数据共享机制基础上建立多主体、多层级的与传染病相关的监测预警系统,实现不同行业及不同层级都有责任、有能力去识别传染病可能增加的风险或已增加的“苗头”并发出预警,从而起到传染病早期预警相互补充、相互印证的作用,进而减少早期预警失误,提高准确性的机制。

建立传染病智慧化预警多点触发机制,健全多渠道监测预警机制需要从以下 3 个方面着手:

1. 打通部门、机构间与传染病相关数据的壁垒,实现多元数据共享。

可用于传染病监测预警的数据来自社会、媒体的疑似传染病事件信息、学校缺课数据、工作场所缺勤数据、药店药物销售数据、传染病流行相关影响因

素数据(传染病生物媒介、气象、人群免疫水平、人口流动、社交距离等)、各类实验室检测的病原体数据、医疗机构诊断的传染病相关症候群和病例数据、海关出入境检疫数据等^[10]。由于机构、部门间的信息壁垒,这些数据尚未实现便捷、标准化的共享,极大地限制了传染病监测预警的能力。

依靠法制和依靠硬核技术,建立数据共享的工作机制和平台。分析我国近年的传染病预警案例,主要是来自我国传染病报告管理信息系统的传染病和突发公共卫生事件报告,有经验和责任心的医护人员偶然发现报告,以及媒体报道或网络信息搜索。这样的预警模式既缺乏数据来源保障,又缺乏稳定的制度保障。来自法定传染病报告管理信息系统的突发事件报告,即使是早期,也已经形成“突发公共卫生事件”了,而不是在“苗头”阶段,更不是危险因素开始酝酿或汇聚的“青萍之末”阶段。来自医护人员的偶然发现报告,依赖于医护人员个人素养,容易被忽视。对于传播极快的呼吸道传染病或者凶险传染病预警,既不能寄托于偶然,也不能行动迟缓,不仅要有制度保障,更要有硬核技术保障。需要利用大数据、人工智能等现代技术手段,实现相关数据可以跨系统、跨部门自动化抓取,将人为影响因素降到最低,最大限度减少漏报、迟报和瞒报。

来自网络、自媒体报道的疑似传染病事件或健康事件,应该作为主动监测搜集的重要信息来源。即使这些信息来自非官方渠道,有时甚至可能不真实或是谣言,但值得我们进一步核实、甄别,找到有价值的信息。2009年在美国、墨西哥边境出现的甲型流感暴发疫情,最早的信息就是中国CDC通过媒体监测发现的^[11]。

2. 在传染病发生、发展的多个环节,尤其是在传染病危险因素这个节点上,建立传染病监测预警平台,最大限度地提升传染病预警的敏感性和及时性。

从感染到确诊传染病,一般可能经历危险因素暴露、感染病原体、出现主观感觉症状、信息咨询、自行购药、缺勤缺课、就诊、检验、确诊等多个阶段。目前基于确诊患者监测数据分析开展的预警,处于较为滞后的节点。如果在传染病患者确诊前多个阶段节点建立相关数据的监测预警平台,预警信号就可以在更早的节点上发布,这对传染病早发现早处置的意义非常重大。

以蚊媒传染病登革热为例,白纹伊蚊、埃及伊蚊是登革热的传播媒介,而蚊媒的密度与其所在环境的气温、降雨量等气象因素有关^[12-15]。如果建立基

于气象、蚊媒等因素的登革热监测预警平台,登革热的预警就能提前到本地流行季节到来之前的节点或在出现本地聚集性疫情早期阶段,及早发出预警信号,及时采取蚊媒控制措施,将蚊媒密度控制在较低水平,到达预防或快速控制暴发的目的^[16-18]。

然而,针对一些危险因素不清晰或者较为复杂的传染病,利用危险因素实施监测预警较为困难,可以在已经有部分病例出现症状后但尚未就诊之前的节点开展监测预警。例如,针对季节性流感,可以通过气象数据的变化^[19]、网络搜索引擎中“伤风、感冒”等关键词搜索量^[20-21]、非处方药中感冒药销量^[22]等数据的收集分析,识别疫情可能的变化,及早发现流感患者的异常增加。这就是利用医疗机构以外的多元数据开展监测预警。

在已有患者前往医疗机构就诊,但还没有确诊为传染病之前的节点建立基于特定症候群的监测预警系统,以实现在确诊前发现传染病暴发的苗头。同样以流感为例,由于其诊断需要依靠PCR检测,大量疑似病例无法得到确诊,如果疾控系统与医疗系统协同,建立数据自动抓取平台,综合利用医疗机构预检分诊、挂号、就诊、检验、用药、医保等多个诊疗节点的现有数据,实时监测就诊患者中出现发热、咳嗽、咽痛等症状的人次数,在不影响诊疗行为、不增加临床医生工作量的基础上,可以更早发现流感季的到来,实现早期预警^[23]。类似的,呼吸道症候群、腹泻症候群、发热伴出疹症候群、发热伴出血症候群、脑炎脑膜炎症候群等严重的症候群数据,均可基于大数据、云计算等现代信息科技手段,实现数据自动抓取,自动分析和甄别,发现传染病早期异常增加并发出预警信号。

3. 充分发挥我国传染病联防联控机制优势,建立多系统、多部门、多层级的传染病监测预警机制及平台。

卫生健康、海关、农业、林业、环保、市场、教育、交通、气象等部门,基于各自业务范围,采集和整合传染病及其影响因素的相关数据,设立传染病相关风险识别系统,开展监测预警工作。例如,针对布鲁氏菌病、禽流感等人兽共患病,若农业等相关部门在禽间、畜间开展相关传染病的监测预警并与卫生健康部门共享信息,有助于将预警时机显著提前。布鲁氏菌病是由病畜传染给人,当畜间布鲁氏菌病增加,人间感染发病的风险就会增加;若禽间禽流感增加,某些可导致人感染的禽流感病毒型别发生人间传播的风险也会上升。这就要求我们尽量把预警关

口提前到禽间、畜间疫情阶段,有足够的时间提前采取干预或预防措施,这会大大地减少人间疾病暴发的风险。

目前我国相当数量的第三方检测机构、大专院校和科研机构开展病原学及其他感染指征指标检测。常规收集这些检测数据,作为传染病监测预警的数据源,也能增加传染病预警渠道。此外,还可以建立供临床医生、护士、疾控等专业人员,甚至是公众直接报送他们认为是“异常健康事件”的网络平台,然后由公共卫生专业人员进行筛选、核实,这对于发现传染病早期增加也许会发挥意想不到的作用。

在构建多系统、多部门、多层级的传染病监测预警平台时,除了要考虑发现异常情况的灵敏度和及时性之外,同时还需重视系统发现真正异常情况的阳性预测值。如果过于偏重灵敏度和及时性,可能会收集大量无效的信息,造成阳性预测值极低,导致后续信息核实和分析研判的巨大的无效工作量,难以确保预警系统持续良性运行。而且,由于传染病的种类很多,不同种类传染病导致的突发公共卫生事件的危害存在差别。例如,传染病暴发或流行造成的危害与疾病的严重性(重症与死亡的比例)、发生地点(人口密集城市与人口稀少农村)、波及人群(如儿童、成年人、孕妇、老年人或慢性病人群)等多种复杂因素有关。因此,构建新型的传染病监测预警平台,在综合考虑监测预警系统的及时性和准确性时,应对传染病进行科学划分,体现分级分类预警的原则。比如,在人口密集的大规模城市,对于潜在构成重大公共卫生安全威胁,对人群健康和社会经济发展可能带来严重后果的传染病(如严重急性呼吸道疾病),应优先考虑其及时性和灵敏性。反之,对于常见且症状较轻的感染性疾病,比如一般性的上呼吸道症状、轻度腹泻等,可采取不同的预警策略,优先考虑异常信号的准确性。

总之,随着大数据、云计算和人工智能等新兴技术的飞速发展,传染病相关信息的记录、传输、处理、分析和研判等环节可以更加自动化和智能化,为建立我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警机制提供了技术保障。下一步,通过科学设计监测预警策略,打通部门信息壁垒,建立合理监测预警制度,必将极大提升我国应对重大急性传染病的监测预警和早期应对能力。

三、我国传染病智慧化预警多点触发机制和多渠道监测预警平台建设的实现路径

1. 建设全国统一的传染病智能化预警平台:智

能化预警平台建设的重要路径是多渠道数据的获取及整合、应用具有学习功能的智能预警模型算法以及预警成果的开放共享。充分对这些路径进行系统整合,将实现预警信息的多元性和预警事件触发的多点性,以保障传染病预警的敏感性、特异性和及时性同步提升。这个平台可以在传染病疫情监测直报系统、突发公共卫生监测报告系统和传染病自动预警系统等传统的传染病监测预警系统基础上,扩展监测的目标事件,增加症状监测预警、实验室病原微生物监测预警、药物销售监测预警、网络舆情监测预警、病例与密切接触者追溯监测预警、综合分析智慧化预警预报等综合性功能,以信息共享方式与国家卫生健康委员会全民健康保障信息平台以及药监部门、网信部门、交通部门、通讯部门等相关信息系统实现互联互通,达到国家要求的对传染病监测预警实现信息来源多渠道、监测预警智慧化多点触发的目标。

2. 建设多渠道预警数据的区块链管理系统:智能化预警需要能够分析来自多种来源的数据,针对不同的事件目标,以便敏感和及时地识别公共卫生风险,为采取预防干预措施争取时间。多渠道数据的获取是智能化预警平台建设的关键环节,传统集中式数据获取与管理模式在共享分散于不同领域、不同部门和不同机构的庞大数据方面基本上是无能为力的,只有解决好高昂的数据获取成本、数据共享安全、隐私尊重、用户信任和权益诉求等问题,共享应用多渠道数据才可能变为现实。区块链构架下的数据加密和管理技术,以及智能合约技术,具有分布式、开放自治、公开可溯源、信息不可篡改等特性,是构成全国传染病智能化预警平台的理想技术选项。

3. 建设实现智能预警算法的云计算平台:实现智能化预警的另一个关键环节是高效的预警算法,新建立的预警系统需要融入机器学习、深度学习、无监督学习等人工智能算法技术,由于这些算法专业要求较高,结果判读与筛选工作量大,不能依赖传统的集中式计算来解决,需要在智能合约和联邦学习构架下借助云技术、分布式计算技术来解决智能计算结果的集成。这种构架下的预警算法可以在不交换隐私数据情况下训练预警模型,实现模型参数的加密传输和融合,不仅有助于实现多方的长期参与、共同建模,还可以融合决算法和异常探测规划的智能合约,提高预警的准确性和及时性。此外,由于传染病监测预警的复杂性和多变性,即使采用智能算法的监测预警系统仍需要依靠专家技术和人工判读对

信号进行核实判断,边运行,边评价,边完善。

4. 建立预警成果的公开共享机制:政府部门、机构和社会公众是多元信息的提供者,同时也是预警成果的利益相关者,为了推动这些不同参与力量的长期介入和协同,需要在安全协议下向各参与方开放区块链构架下的去中心化数据与组件共享,用户端可以享受预警模型、算法的参数等预警成果,并可按照自己的需要进行成果应用开发,开发结果还可以再次输入系统,系统中智能合约信用激励组件将实施收集、比对各参与方的信息和预警结果,并作为系统自行学习、调整算法和优化参数的依据,最终实现智能化预警平台的高准确性。

5. 政策支持和技术保障:传染病监测预警平台建设和运行管理按照“资源整合、智慧技术、共享共建”的原则,统筹构建平台的长效运行管理和保障机制。

(1)政策支持。各主管行政部门负责制定、督促执行传染病监测预警政策,为传染病监测预警工作提供制度保障。

(2)建立传染病监测预警专业队伍。由疾控、医院、院校及相关部门技术机构建立传染病监测预警技术体系,在数据收集共享、科学研究、日常管理、应用及评估等方面协同作战。

(3)建立监测预警平台运行经费保障机制。除保证负责运行管理的监测预警平台日常运行经费外,监测预警平台与政府相关部门之间的信息互联互通,各部门内部垂直体系和横向体系的互联互通,由各部门统筹解决互联互通所需保障经费。

(4)建立监测预警成果应用管理机制。监测预警平台面向政府部门、社会公众、传染病管理专业人员和科研院所、企事业单位开放应用,根据信息安全管理要求和应用需要规范权限授权,建立监测预警成果应用管理机制。要注重齐抓共管,抓好监测预警平台建设促进成果应用;突出群建群用,抓好成果应用促进监测预警平台建设,有效提高监测预警平台投入建设价值和运行使用的生命力。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

[1] 新华网. 习近平:要立足更精准更有效地防[EB/OL]. (2020-06-02) [2020-07-20]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-06/02/c_1126066593.htm.

[2] 杨维中,兰亚佳,李中杰. 传染病预警研究回顾与展望[J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(4): 244-247. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2014.04.002.

Yang WZ, Lan YJ, Li ZJ. Review and prospects of infectious disease early warning research[J]. Chin J Prev Med, 2014, 48(4): 244-247. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2014.04.002.

[3] Loonsk JW. BioSense - A national initiative for early detection and quantification of public health emergencies [J]. MMWR, 2004, Suppl 53: 53-55.

[4] Brownstein JS, Freifeld CC, Madoff LC. Digital disease detection-Harnessing the web for public health surveillance [J]. N Engl J Med, 2009, 360(21): 2153-2157. DOI: 10.1056/NEJMp0900702.

[5] Yang WZ, Li ZJ, Lan YJ, et al. A nationwide Web-based automated system for outbreak early detection and rapid response in China [J]. Western Pac Surveill Response J, 2011, 2(1): 10-15. DOI: 10.5365/WPSAR.2010.1.1.009.

[6] Li ZJ, Lai SJ, Zhang HL, et al. Hand, foot and mouth disease in China: evaluating an automated system for the detection of outbreaks [J]. Bull World Health Organ, 2014, 92(9): 656-663. DOI: 10.2471/BLT.13.130666.

[7] Kraemer MUG, Yang CH, Gutierrez B, et al. The effect of human mobility and control measures on the COVID-19 epidemic in China [J]. Science, 2020, 368(6490): 493-497. DOI: 10.1126/science.abb4218.

[8] Lai SJ, Ruktanonchai NW, Zhou LC, et al. Effect of non-pharmaceutical interventions to contain COVID-19 in China [J]. Nature, 2020. DOI: 10.1038/s41586-020-2293-x.

[9] Lai SJ, Farnham A, Ruktanonchai NW, et al. Measuring mobility, disease connectivity and individual risk: a review of using mobile phone data and mHealth for travel medicine [J]. J Travel Med, 2019, 26(3): taz019. DOI: 10.1093/jtm/taz019.

[10] Henning KJ. What is syndromic surveillance? [J]. MMWR Suppl, 2004, 53: 5-11.

[11] 杨维中. 中国卫生应急十年[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.

Yang WZ. Decade of health emergency in China [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014.

[12] Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, et al. The global distribution and burden of dengue [J]. Nature, 2013, 496(7446): 504-507. DOI: 10.1038/nature12060.

[13] Stanaway JD, Shepard DS, Undurraga EA, et al. The global burden of dengue: an analysis from the Global burden of disease study 2013 [J]. Lancet Infect Dis, 2016, 16(6): 712-723. DOI: 10.1016/S1473-3099(16)00026-8.

[14] Li RY, Xu L, Björnstad ON, et al. Climate-driven variation in mosquito density predicts the spatiotemporal dynamics of dengue [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2019, 116(9): 3624-3629. DOI: 10.1073/pnas.1806094116.

[15] Lai SJ, Johansson MA, Yin WW, et al. Seasonal and interannual risks of dengue introduction from South-East Asia into China, 2005-2015 [J]. PLoS Negl Trop Dis, 2018, 12(11): e0006743. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006743.

[16] 赵丹, 李中杰, 周航, 等. 登革热预警技术研究进展 [J]. 中华流行病学杂志, 2012, 33(5): 540-543. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.05.022.

Zhao D, Li ZJ, Zhou H, et al. Review on the research progress of early-warning system on dengue fever [J]. Chin J Epidemiol, 2012, 33(5): 540-543. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2012.05.022.

[17] Nagao Y, Thavara U, Chitnumsup P, et al. Climatic and social risk factors for Aedes infestation in rural Thailand [J]. Trop Med Int Health, 2003, 8(7): 650-659. DOI: 10.1046/j.1365-3156.2003.01075.x.

[18] Mondini A, Chiaravallotti-Neto F. Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city [J]. Sci Total Environ, 2008, 393(2/3): 241-248. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.01.010.

[19] Zhang YZ, Ye CC, Yu JX, et al. The complex associations of climate variability with seasonal influenza A and B virus transmission in subtropical Shanghai, China [J]. Sci Total Environ, 2020, 701: 134607. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134607.

[20] Yuan QY, Nsoesie EO, Lv BF, et al. Monitoring influenza epidemics in china with search query from Baidu [J]. PLoS One, 2013, 8(5): e64323. DOI: 10.1371/journal.pone.0064323.

[21] Lazer D, Kennedy R, King G, et al. The parable of Google Flu: traps in big data analysis [J]. Science, 2014, 343(6176): 1203-1205. DOI: 10.1126/science.1248506.

[22] Liu TY, Sanders JL, Tsui FC, et al. Association of over-the-counter pharmaceutical sales with influenza-like-illnesses to patient volume in an urgent care setting [J]. PLoS One, 2013, 8(3): e59273. DOI: 10.1371/journal.pone.0059273.

[23] Ye CC, Li ZJ, Fu YF, et al. SCM: a practical tool to implement hospital-based syndromic surveillance [J]. BMC Res Notes, 2016, 9: 315. DOI: 10.1186/s13104-016-2098-z.

(收稿日期:2020-07-22)

(本文编辑:万玉立)