

# 基于互联网的中国暴发自动探测与快速响应系统

杨维中<sup>a</sup>, 李中杰<sup>a</sup>, 兰亚佳<sup>b</sup>, 王劲峰<sup>c</sup>, 马家奇<sup>a</sup>, 金连梅<sup>a</sup>, 孙乔<sup>d</sup>, 吕炜<sup>e</sup>, 赖圣杰<sup>a</sup>, 廖一兰<sup>c</sup>, 胡文彪<sup>f</sup>  
 通讯作者: 杨维中 (E-mail地址: yangwz@chinacdc.cn), 李中杰 (E-mail地址: lizj@chinacdc.cn)

疾病监测数据的及时报告、有效分析和分析结果的快速分发有助于早期发现疾病的异常变化并采取及时的控制措施。中国于2008年建立了基于互联网的暴发探测和快速响应系统—中国传染病自动预警与响应系统(China Infectious Disease Automated-alert and Response System, CIDARS)。该系统由中国疾病预防控制中心开发,以2004年建立的国家疾病监测信息报告管理系统(National Notifiable Infectious Diseases Reporting Information System, NIDRIS)的监测数据为基础。NIDRIS实现了通过互联网实时报告传染病个案,大大提高了报告数据的及时性和完整性,CIDARS的建立进一步促进了传染病的数据分析、异常信息探测、异常信号的发布和响应以及全国公共卫生部门的信息共享。CIDARS以县为单位,采用三种预警方法探测28种法定报告传染病的发病异常变化,并实时或每日发出预警信号,利用互联网、计算机和移动电话实现了预警信号的自动探测和发送、以及信号响应结果的及时报告和查看。CIDARS于2008年部署到国家、省、市和县的各级疾病预防控制中心(CDC),有助于基层CDC早期发现传染病暴发,并将发病异常或潜在的暴发报告给各级CDC。

**疾**病发病异常是指某地区疾病的发病水平超出了当地正常期望值,早期探测疾病发病异常并快速采取控制措施是预防疾病更大范围流行和降低发病及死亡的前提。2003年发生传染性非典型肺炎(SARS)疫情后,中国政府就致力于加强传染病监测能力,并于2004年成功建立了基于互联网的NIDRIS。该系统使全国范围内的所有医疗卫生机构均可通过互联网进行法定传染病病例个案信息的实时上报<sup>[1]</sup>,大大缩短了传染病报告的时限,使病例从诊断到报告的平均时间间隔不到1天<sup>[2]</sup>。然而,加强数据报告的及时性仅仅是暴发监测和响应的第一步,对大量监测数据的有效分析和解释,并将结果快速分发给相关人员也非常重要。因此,急需开发用于监测数据快速自动分析和疾病异常早期探测的工具,以促进疾病暴发的快速响应以及各级CDC间的暴发信息沟通。现代化的通讯工具(如计算机、互联网和移动电话)在中国的普及为实现这一设想提供了可能。2005年以来,中国CDC在世界卫生组织的支持下,逐步开发完善了CIDARS,并于2008年在全国范围内投入运行。本文简述了CIDARS的开发与设计,并对系统的运行效果进行初步分析。

## 国家疾病监测信息报告管理系统概况

依据《中华人民共和国传染病防治法》,列为法定报告传染病的病种共有39种。临床医生根据卫生部发布

的统一病例定义对法定报告传染病做出诊断,并采用标准的病例报告卡收集患者的个案信息,包括姓名、性别、年龄、证件号码、居住地址、发病日期、诊断日期和诊断结果等。自2004年NIDRIS建立以来,所有法定报告传染病的个案信息均可直接实时上报至中国CDC的国家传染病监测中心数据库<sup>[1]</sup>。目前,NIDRIS覆盖了全国各类医疗卫生机构,包括综合医院、专科医院、乡镇卫生院和私人诊所等。2008年疾病监测年度报告显示,全年约有67000个卫生机构向NIDRIS报告了约500万例传染病个案<sup>[2]</sup>。

## CIDARS的设计与实现

### 系统简述

CIDARS基于NIDRIS的监测数据开发,纳入了28种易于发生暴发且需要快速响应的疾病(表1)。CIDARS采用多种异常探测方法,对监测数据进行实时或每日分析,并将探测到的异常信号通过短信平台自动发送至县级CDC疫情监测人员的手机上。国家、省、市级CDC人员也能够对每个信号的响应处理情况和进展进行监视,并在需要的时候提供及时的技术指导与支持。系统由四个相互关联的部分组成:疾病异常探测、生成预警信号、预警信号发送和响应结果反馈(图1)。针对CIDARS的工作流程,开发了统一的用户操作手册。

<sup>a</sup> 中国疾病预防控制中心,北京,100050,中国。

<sup>b</sup> 四川大学华西公共卫生学院,中国成都。

<sup>c</sup> 中国科学院地理科学与资源研究所,中国北京。

<sup>d</sup> 上海市浦东新区疾病预防控制中心,中国上海。

<sup>e</sup> 广西疾病预防控制中心,中国南宁。

<sup>f</sup> 昆士兰大学人口卫生学院,澳大利亚布里斯班。

本文投稿日期:2010年10月31日;刊发日期:2011年3月8日

doi: 10.5365/wpsar.2010.1.1.009

表1 不同传染病的异常探测方法

异常探测方法	疾病种类
1. 固定阈值法 (FDM)	I类疾病: 鼠疫、霍乱、传染性非典型肺炎、人感染高致病性禽流感、脊髓灰质炎、肺炎疽、白喉、丝虫病、不明原因肺炎
2. 时间模型探测方法 (TDM)	II类疾病: 甲型肝炎、丙型肝炎、戊型肝炎、麻疹、流行性出血热、流行性乙型脑炎、登革热、细菌性和阿米巴性痢疾、伤寒和副伤寒、流行性脑脊髓膜炎、猩红热、钩端螺旋体病、疟疾、流行性感冒、流行性腮腺炎、风疹、急性出血性结膜炎、流行性与地方性斑疹伤寒以及除霍乱、痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病
3. 空间模型探测方法 (SDM)	II类疾病; 病种与时间模型探测方法相同

疾病异常探测

CIDARS分两个阶段研发和应用了3种异常探测方法。作为第一阶段, 2006年研发了固定阈值法 (Fixed-threshold Detection Method, FDM) 和时间模型探测方法 (Temporal Detection Method, TDM); 一年后又研发了第三种方法—空间模型探测方法 (Spatial Detection Method, SDM), 并与前两种方法成功整合。根据疾病危害程度、发病水平及关注程度的不同, CIDARS将28种疾病分为两大类, 并采用三种不同的异常探测方法之一进行分析 (表1)。三种方法简介如下:

(1) 固定阈值法

采用固定阈值法对危害程度较高但较为罕见的I类疾病 (包括9种传染病) 进行分析探测, 阈值设定为某一固定数值<sup>3</sup>。

(2) 时间模型探测方法

采用移动百分位数法对II类疾病 (常见传染病) 的监测数据以县为单位, 通过当前观察周期报告病例数和相应历史周期的报告病例数进行比较, 探测疾病发病异常。为了消除周末效应并增加数据稳定性, 采用最近7天为当前观察周期, 过去3年为历史周期<sup>4,5</sup>。当前观察周期的病例数为最近7天的报告病例数之和, 相应

的历史周期包括过去3年每年相同的观察周期以及前后各摆动两个观察周期, 即基线数据由15个历史数据块构成, 覆盖105天。根据15个历史数据块计算出某个百分位数作为预警阈值。当前观察周期和历史数据块逐日向前移动。

(3) 空间模型探测方法

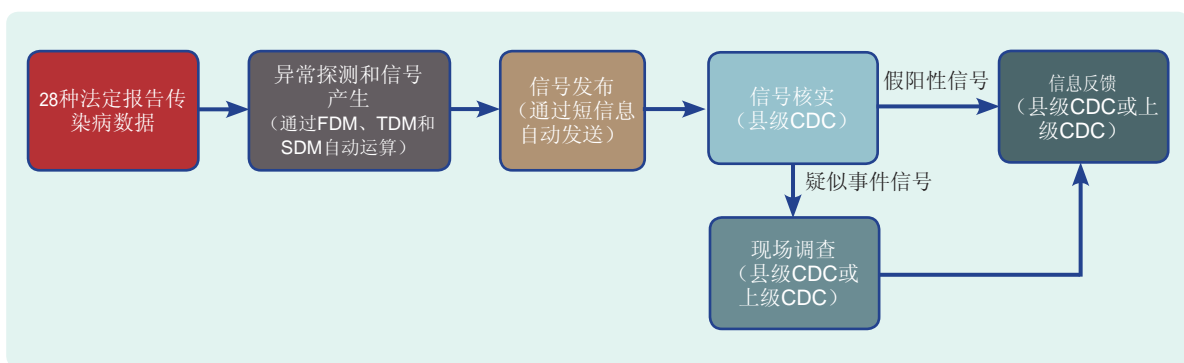
空间模型探测方法采用SaTScan的方法以探测II类疾病的空间聚集性。SaTScan是一款免费使用的时间、空间及时空数据分析软件<sup>6,7</sup>。使用空间模型探测方法对乡镇级监测数据进行分析, 所用人口数据来源于中国国家统计局, 地理数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所。当某一地区 (一个或多个乡镇) 疾病的发病水平显著高于周边其他地区时, 即认为该地区存在病例的空间聚集。

生成预警信号

根据3种异常探测方法的运算结果决定是否生成预警信号, 预警信号的产生规则如下 (图2):

- (1) 对于 I类疾病, 一旦有病例录入NIDRIS便产生一条预警信号;

图1. 中国传染病自动预警与响应系统 (CIDARS) 工作流程图



FDM, 固定阈值法; TDM, 时间模型探测方法; SDM, 空间模型探测方法; SMS, 短信息; 疑似事件信号, 即县级CDC进行信号核实后判定为可能与暴发有关的信号; 假阳性信号, 县级CDC进行信号核实后判定为与暴发无关的信号。

(2) 对于 II 类疾病, TDM和SDM的运算结果共同决定是否产生预警信号, 模型每日24时整开始运行, 经过一定的逻辑顺序进行运算 (图2)。经过TDM和SDM的运算后, 满足以下任一个条件时, 即产生一条预警信号, 其中C是当前观察周期病例数之和, P是历史数据的百分位数:

- TDM:  $C \geq P_{80}$ ;
- TDM:  $C \geq P_{50}$ 且 $C < P_{80}$ , 并且SDM显示有空间聚集;
- TDM:  $C < P_{50}$ 且 $C \geq P_{10}$ , 并且SDM显示有空间聚集。

### 信号发送

各级CDC指派至少两名流行病学专业人员, 通过手机接收中国CDC短信平台自动发送的预警信号。对于I类疾病, 预警信号实时发送; 对于 II 类疾病, 预警信号在每天早晨8时一次性发送。

### 信号响应和结果反馈

预警信号响应过程包括信号核实和现场调查两个步骤。县级CDC流行病学专业人员对信号进行初步核实, 核实方式包括查看NIDRIS的个案信息、与其他来源的监测数据进行综合分析、与报告机构进行电话核实等。经过初步核实, 如果提示预警信号与疑似暴发事件有关, 则定义为疑似事件信号, 否则

为假阳性信号。对专业人员来说, 一条假阳性信号的初步核实工作大约需要10分钟时间。一旦判断为疑似事件信号, 需要快速开展现场调查以确认是否有暴发生。

县级专业人员将信号初步核实和现场调查的结果反馈回CIDARS, 因此各级CDC工作人员可以主动查看信号核实的结果和了解暴发事件的处理进展。

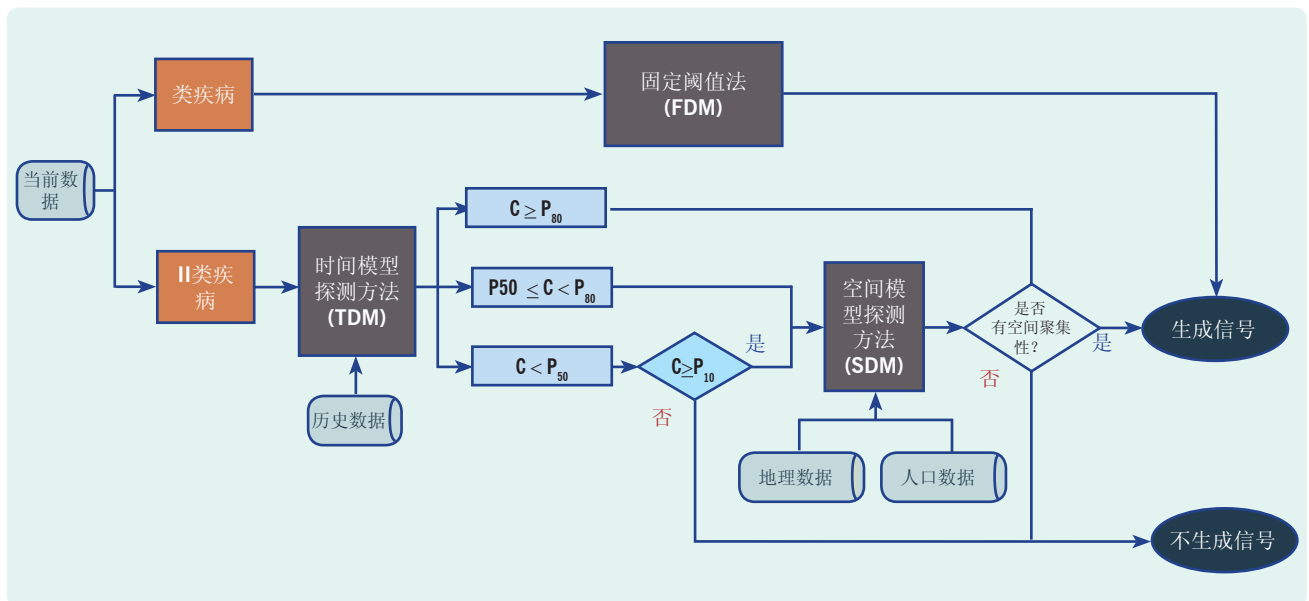
### 系统各级用户的责任

中国CDC负责系统的设计、开发和维护, 并监测严重的暴发事件; 省、市级CDC负责其辖区范围内系统用户的管理, 每日查看和追踪信号响应过程; 县级CDC负责信号的接收与响应处理, 并将响应结果及时录入CIDARS。

### 初步结果

本研究选择了10个省份的221个县, 对CIDARS在2008年7月1日至2010年6月30日期间的运行效果进行初步评价。I类疾病共发出了308条预警信号, 涉及9种疾病, 其中69条(22.4%)被判断为疑似事件信号; 经过现场调查, 最终确认了9起霍乱暴发。II类疾病共发出了100629条预警信号, 涉及19种传染病, 平均每县每周生成4.4条信号, 其中疑似事件信号1371条(1.36%), 经过现场调查最终确认了167起暴发。总体看, 呼吸道传染病的疑似事件信号比例

图2. 中国传染病自动预警与响应系统异常探测和信号产生技术路线图



C是当前观察周期病例数之和; P是历史数据的百分位数。I类疾病: 鼠疫、霍乱、传染性非典型肺炎、人感染高致病性禽流感、脊髓灰质炎、肺炎疽、白喉、丝虫病、不明原因肺炎。II类疾病: 甲型肝炎、丙型肝炎、戊型肝炎、麻疹、流行性出血热、流行性乙型脑炎、登革热、细菌性和阿米巴性痢疾、伤寒和副伤寒、流行性脑脊髓膜炎、猩红热、钩端螺旋体病、疟疾、流行性感冒、流行性腮腺炎、风疹、急性出血性结膜炎、流行性与地方性斑疹伤寒以及除霍乱、痢疾、伤寒和副伤寒以外的感染性腹泻病。

(2.78%) 高于自然疫源及虫媒传染病 (1.95%)、食源性和水源性传染病 (0.24%)。

## 讨论

CIDARS的开发与应用是近年来中国提升传染病暴发监测与应对能力的重要举措,目前该系统已经顺利纳入各级CDC暴发监测和响应的日常工作中。

与以往对监测数据采用手工分析和异常信息逐级上报的方式相比较,CIDARS大大减少了各级CDC之间监测数据分析和暴发信息沟通的频率,并极大减轻了流行病学人员收集和分析数据的工作量。基于互联网的CIDARS由国家CDC进行开发和维护,基层CDC只需使用已有的手机、计算机和互联网,即可接收与查看预警信号并传输信息,而无需购置其它新设备,从而减少了基层用户的经费投入。

许多已有的暴发早期预警系统通过电子邮件发布预警信息,这可能很难确保预警信息被用户及时成功接收<sup>[3,8,9]</sup>。CIDARS使用短信发送平台向指定手机发送预警信号短信,并可自动收到确认信息,从而保证信号及时准确发出。相比于某些系统仅单纯产生和发布预警信号,CIDARS具有良好的处理信号响应的反馈功能,有助于必要情况下进行暴发联合应对和技术支持。

CIDARS的初步评价结果显示,系统能够对I类疾病和II类疾病快速发出预警信号,有助于某些疾病暴发的早期探测和确认。然而,CIDARS疑似事件信号占全部信号的比例较低,这也是很多疾病暴发预警系统普遍存在的不足<sup>[3,10-12]</sup>。呼吸道传染病、自然疫源及虫媒传染病、食源性和水源性传染病的疑似事件信号比例有所不同,表明应该根据不同疾病的流行病学特点,筛选适宜的预警算法。

CIDARS是一个功能强大而复杂的系统,如何保持系统的正常运行是面临的主要挑战之一。系统的正常运行需要具有强大数据运算能力的高性能计算机、稳定的互联网接口和一支专业的系统维护团队。目前CIDARS已有6000多个用户,人员更替也给用户的管理与培训带来挑战。

由于CIDARS是基于法定报告传染病监测数据进行分析,所以系统的一个不足之处便是无法在临床医生做出病例诊断和报告之前探测到相关的暴发。因此,CIDARS的及时性和灵敏性有时可能会低于采用医院病例诊断前数据、媒体监测数据和学校缺课数据的其它暴发预警系统。此外,CIDARS产生的假阳

性信号较多,一定程度上也增加了基层工作人员不必要的信号响应工作量。

今后可考虑对CIDARS进行一定改进。为提高预警效果,可针对不同疾病的特点和不同地区的需求,在系统中开发和设置更为灵活合理的预警方法和相关参数。各地还可根据当地需要,在系统中添加本地区重点关注的疾病种类。最后,应更加系统地开展CIDARS运行效果的评价研究,尤其是收集用户使用效果反馈。

## 利益冲突

无申报。

## 经费来源

本研究由中华人民共和国科学技术部项目(2002DIA40020,2003DIA6N009,2006BAK01A13,2008BAI56B02,2009ZX10004-201)和中国-世界卫生组织正规预算合作项目(WPCHN0801617,WPCHN1002405)支持。

## 致谢

世界卫生组织驻华代表处Chin-kei Lee博士和澳大利亚昆士兰大学Archie Clements博士对本文的撰写提出了宝贵意见,谨此感谢。

## 引用本文地址:

Yang W et al. A nationwide web-based automated system for early detection and rapid response in China. *Western Pacific Surveillance and Response Journal*, 2011, 2(1):10-15. doi: 10.5365/wpsar.2010.1.1.009.

## 参考文献:

1. Wang L et al. Emergence and control of infectious diseases in China. *Lancet*, 2008, 372:1598-1605. doi:10.1016/S0140-6736(08)61365-3 pmid:18930534
2. *Annual Report on Morbidity and Mortality of Notifiable Infectious Disease in China in 2008*. Beijing, Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2009.
3. Widdowson MA et al. Automated, laboratory-based system using the Internet for disease outbreak detection, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases*, 2003, 9:1046-1052. doi:10.3201/eid0909.020450 pmid:14519238
4. Centers for Disease Control and Prevention. Notifiable diseases/deaths in selected cities weekly information. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2009, 58(38):1076-1087.
5. Hutwagner L et al. The bioterrorism preparedness and response Early Aberration Reporting System (EARS). *Journal of Urban Health*, 2003, 80 Supplement 1:i89-96. pmid:12791783
6. Kulldorff M, Nagarwalla N. Spatial disease clusters: detection and inference. *Statistics in Medicine*, 1995, 14:799-810. doi:10.1002/sim.4780140809 pmid:7644860

7. Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Communication in Statistics: Theory and Methods*, 1997, 26(6):1481–1496. doi:10.1080/03610929708831995
8. Madoff LC. ProMED-mail: an early warning system for emerging diseases. *Clinical Infectious Diseases*, 2004, 39:227–232. doi:10.1086/422003 pmid:15307032
9. Cakici B et al. CASE: a framework for computer supported outbreak detection. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2010, 10:14. doi:10.1186/1472-6947-10-14 pmid:20226035
10. Chen JH et al. Use of Medicaid prescription data for syndromic surveillance—New York. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2005, 54(Supplemental):31–34.
11. Hope K et al. Syndromic surveillance: is it a useful tool for local outbreak detection? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2006, 60:374–375. doi:10.1136/jech.2005.035337 pmid:16680907
12. Galit Shmueli HB. Statistical challenges facing early outbreak detection in biosurveillance. *Technometrics*, 2010, 52:39–51. doi:10.1198/TECH.2010.06134