

文章编号: 1007-4619(2003)05-0337-08

SARS 控制与预警地理信息系统的研制与应用

刘纪远¹, 钟耳顺^{1,2}, 庄大方^{1,3}, 王劲峰¹, 宋关福^{1,2}

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 北京超图地理信息技术有限公司, 北京 100101;

3. 北京数字空间科技有限公司, 北京 100083)

摘 要: 针对中国当前非典型肺炎(SARS) 疫情防治工作的迫切需求, 作者基于其在地理信息科研领域具有大型国产 GIS 软件平台(SuperMAP) 及其在辅助决策空间信息模型工具等方面的科研优势, 紧急研制了“国家 SARS 疫情控制与预警信息系统”。该系统由 5 个子系统构成, 是一个将空间定位、空间信息管理、空间信息分析技术和通信技术进行有机的整合, 形成了前后端一体的 SARS 疫情实时传输、处理、分析和分布完整的信息系统。在 SARS 疫情的信息采集、管理、分析及其防治与监控措施的发布等方面发挥了重要的作用。

关键词: SARS; 控制与预警; 信息系统; SuperMAP

中图分类号: P208/ R181. 8 **文献标识码:** A

1 引 言

2003 年 4 月底, 针对中国非典型肺炎(SARS) 疫情防治工作的迫切需求, 作者发挥在地理信息科研领域具有大型国产 GIS 软件平台(SuperMAP)^[1]、Web-GIS 软件平台^[1]、大比例尺数据平台^[2]、多方案的快速前台数据采集技术平台^[1], 以及辅助决策空间信息模型工具^[3,4] 等科研优势, 开展“国家 SARS 疫情控制与预警信息系统”应急研制工作。

2 系统设计

2.1 系统结构

国家 SARS 疫情控制与预警信息系统由 5 个功能子系统组成, 包括 SARS 疫情实时信息采集与实时传输系统、疫情实时监控系統、基于空间的 SARS 应急管理与分析系统、基于 Web-GIS 的 Internet 疫情发布系统、全国和城市内部 SARS 多维传播信息分析。整个系统将空间定位、空间信息管理、空间信息分析技术和通信技术进行有机的整合, 形成了前后端一体的 SARS 疫情实时传输、处理、分析和分布完整的信息系统。

2.2 开发环境

系统开发采用的 GIS 平台是 SuperMap Objects 2003。其中录入子系统在 VC 环境下开发, 分析子系统在 VB 环境下开发。整个系统最后在 VB 中以统一的界面集成。该系统集成了 GIS 技术、GPS 技术、有线/无线通信技术、数据库、嵌入式硬件技术以及最新空间数据等现代高新技术。由于采用了灵活的数据存储方式, 使系统不仅支持普通文件方式, 而且也可以支持 SQL SERVER 和 Oracle 两种数据库方式。从用户的需求考虑, 系统设计为 C/S 结构。这一结构的好处在于用户对网络的状况没有依赖, 任何时候都可以运行, 而且可以满足移动办公的要求。

3 主要功能

3.1 SARS 疫情实时信息采集与实时传输

疫情实时信息采集主要利用了全国 1:5 万和城市 1:1 万电子地图作为位置定位的参考, 可以进行 (1) 通过屏幕定位或输入名称定位, 确定相应 SARS 时间发生场所, 也可以通过选择地名的分类信息或输入名称定位; (2) 通过 GPS 直接获取 GPS 信息; (3) 通过录入该 SARS 发生地点的经纬度坐标确定

收稿日期: 2003-06-26

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(No. kzcx3-sw-337), 国家高技术研究发展计划(863 计划)(No. 2003AA2084) 和国家自然科学基金项目(No. 40341003)。

作者简介: 刘纪远(1947—), 男, 研究员, 博士生导师, 中国科学院地理科学与资源研究所所长。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

提供放大、缩小、移动、全屏显示、点击查询、查询统计等定位 3 种方式, 直接实时采集 SARS 病人的相关信息和空间位置信息。图 1 显示了基于网络的屏

幕定位并获取疫情信息的情况。图 2 显示的是基于某一点位信息实时生成的疫情统计报告。

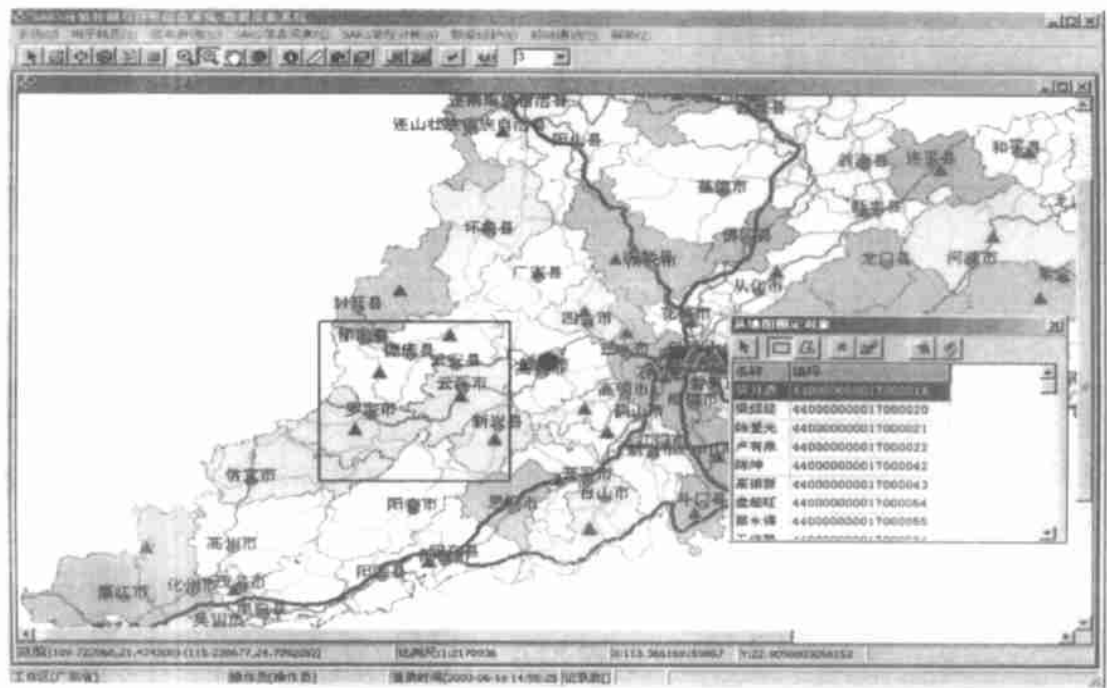


图 1 基于网络的屏幕定位与疫情信息获取
Fig. 1 SARS information collecting and locating based on the Web

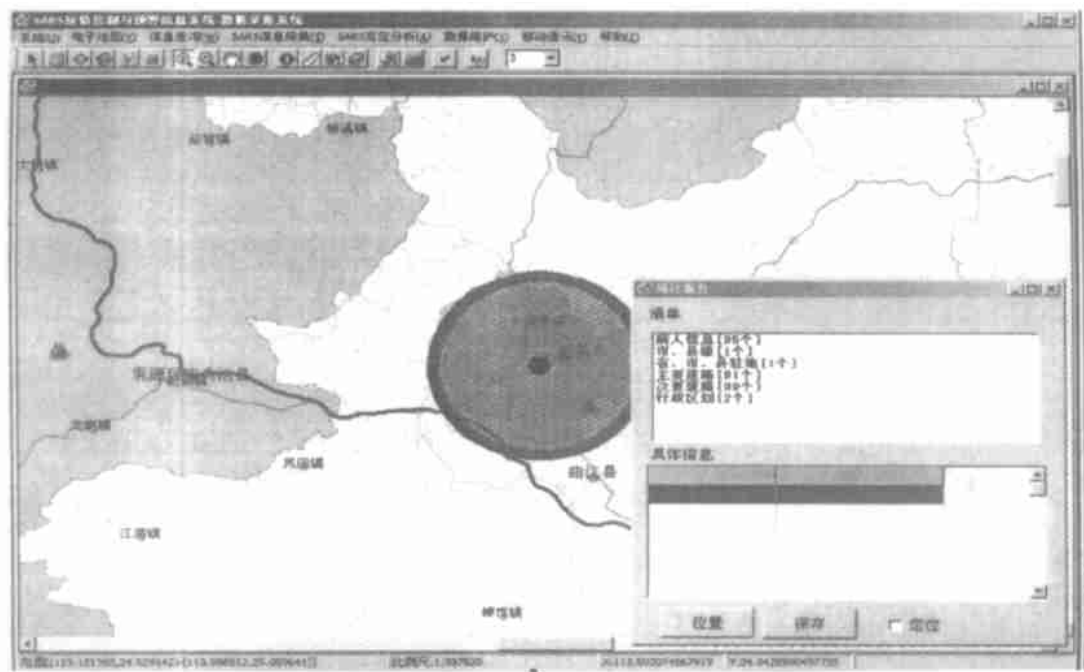


图 2 基于点位信息实时生成的疫情统计报告
Fig. 2 The real time SARS statistical report based on the case location

SARS 相关的信息主要根据卫生部公布的标准,分为病人信息、病人活动的主要地点、密切接触者的空间分布信息、隔离区信息、医疗物质信息、急救车等

位置和状态信息。图 3 是系统疫情信息录入界面。在完成信息采集后,立即利用 Internet 网络、GPRS 网络、SM 等几种方式实时将信息传输到控制中心。

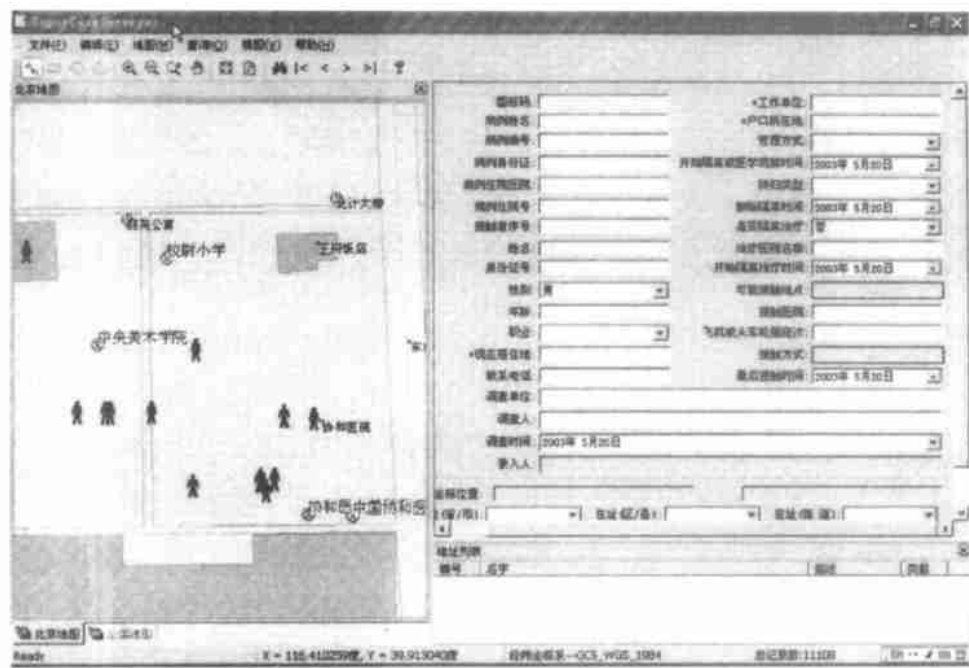


图 3 系统疫情信息录入界面

Fig. 3 The interface of the SARS information collecting system

3.2 SARS 疫情信息实时发布与监控

(1) 该系统可以提供全国 1: 5 万的基础地图,包含最新的道路交通的位置信息,同时提供全国 100 多个大中城市的 1: 1 万比例尺的城市电子地图,包含与医疗、交通、政府部门、公共设施、居民点、商场、文化娱乐场所等有关的位置信息,为 SARS 疫情的监控提供空间依据。图版 iv 图 4 是动态监控系统的网络界面。

(2) 该系统可以实时接收 SARS 数据录入端发送的数据,可以通过有线、无线联网、短消息等渠道接收疫情信息,并实时地在中心的地图上显示与进行声音警报。

(3) 该系统可以形象地标识患者的活动区域,以家庭、工作单位、发病前后去过的地点为中心和指定的半径画圆,重叠地区以不同颜色显示,标识可能的高风险,为相关部门提供快速监控、隔离、消毒等措施所必须的基本信息。图版 iv 图 5 显示了基于监

控系统获取的辨认及其接触病人的信息。

(4) 该系统可以实现隔离区域的动态设置、管理和查询,隔离区的设置有两种模式:一种是指定地点为中心设定圆形隔离区;另一种方式是采用系统提供的画图工具添加隔离区,并设定隔离区的危险等级。

(5) 该系统可以实现 SARS 应急资源管理,处理各种 SARS 应急有关的人力、物力以及其他资源的空间配置和有效利用方案。

(6) 该系统可以实现救护及其他医疗物资车辆的监控管理、调度和轨迹回放,包括最短道路、最适宜收治病人的定点医院等。

(7) 该系统可以以多种形式统计分析不同类型 SARS 病例的空间分布以及构成比例(图 6),包括柱状图、饼图、表格、栅格图以及专题图等,并实现 SARS 病区的自动警戒提示,可以方便地实现电子地图的基本操作如放大、缩小、全图、平移、刷新、打印与比例尺的自由切换等(图 7)。

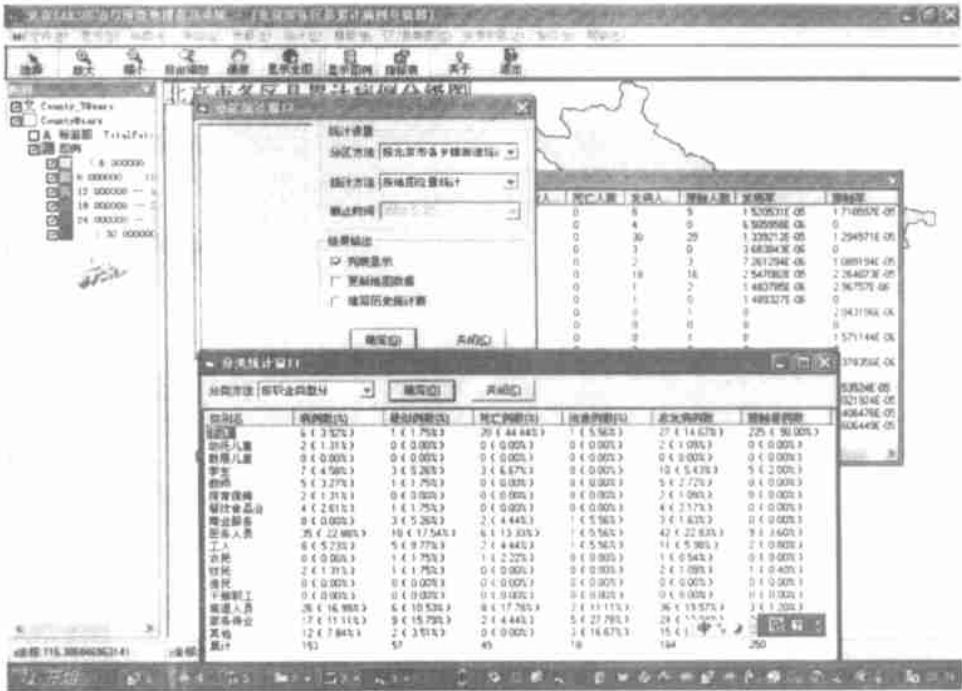


图 6 SARS 疫情的分区统计和分类统计

Fig. 6 The region-based statistics and class-based statistics of SARS diseases

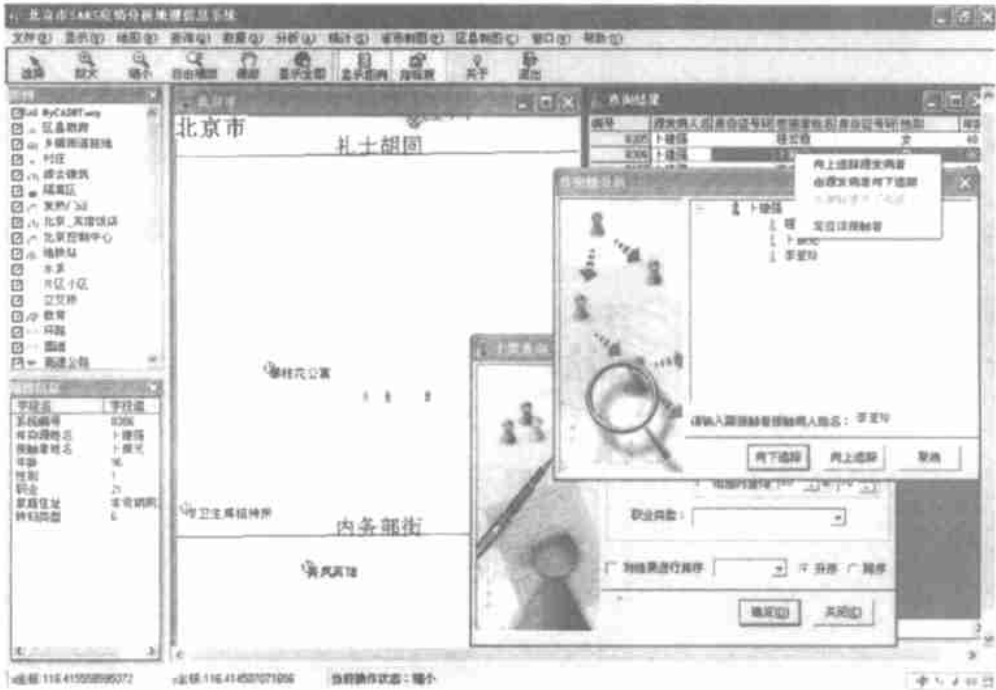


图 7 系统电子地图的基本操作的实现

Fig. 7 Basic operations on the electronic maps

3.3 信息的管理和分析

(1) 实现基于接触者的查询。例如输入病人姓名, 查询出与之紧密接触过的人员清单, 并在地图上

高亮显示这些人员的空间位置分布; 输入接触者姓名, 查询出与之紧密接触过的病人姓名及其调查表情况, 并在地图上高亮显示该病人的空间位置分布; 以及在地图上直接点取病人或密切接触者, 查询其

已经记载的详细信息。图 8 显示了基于获取的疫情信息实时生成的病人分布信息。

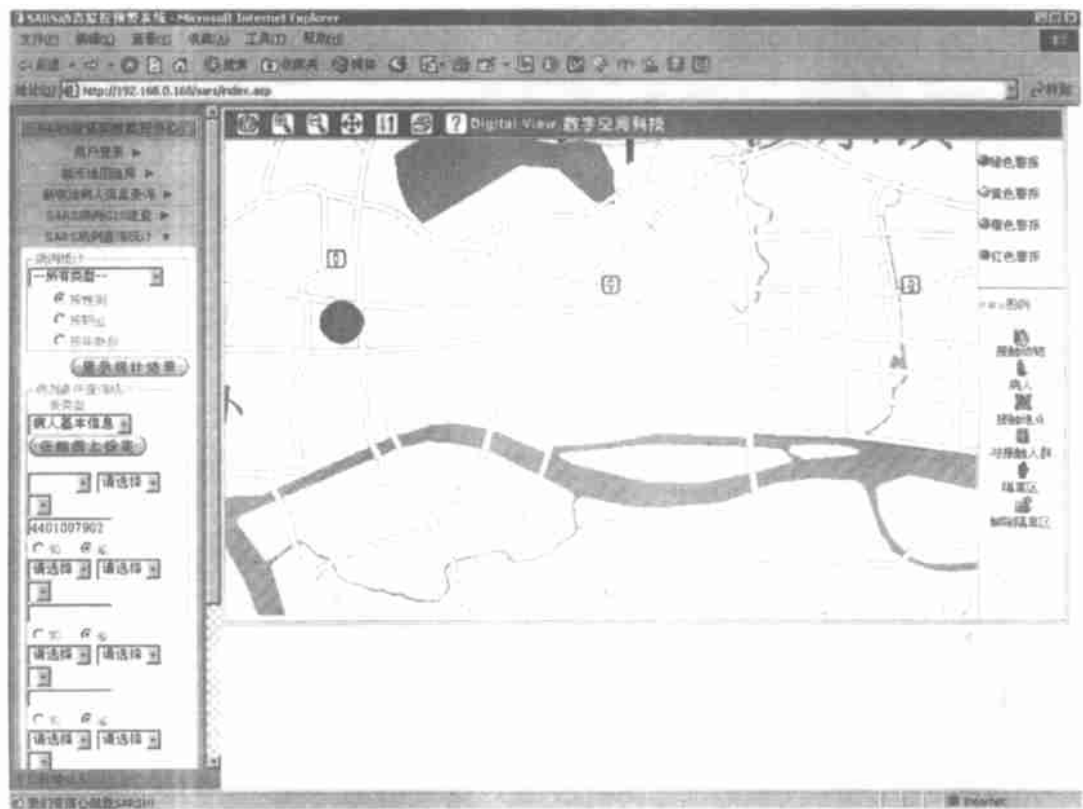


图 8 基于实时疫情生成的病人空间分布图
Fig.8 The real time distribution map of the SARS diseases

(2) 生成按区域汇总的密切接触者统计表。查询以指定位置(建筑物或者其他场所)为中心,在指定半径范围内的病人或者密切接触者清单,通过清单,可汇总生成接触者统计表。

(3) 查询以指定线路(如公路、铁路、街道、地铁、自来水管线或其他直接在地图上绘制的线路)两侧一定范围内的病人或者密切接触者清单,以便分析病毒沿线扩散情况。图 9 显示了基于某一交通干线的疫情监控过程,急救车辆的派发等信息也被集成到了图上,从而使疫情的实时监控与动态防控成为可能。

(4) 通过在电子地图上直观绘制多边形区域,查询该多边形范围内的密切接触者清单,并生成汇总统计图。

(5) 进行区域内密切接触者发展趋势分析。统计功能分为空间分布上的统计和时间序列上的统计,包括各种查询结果依据某一指标或者几个指标进行统计,还可以对历史数据进行统计分析,对以各级行政区为单位进行 SARS 病人的确诊数,疑似人

数、治愈人数制作每天的新增人数、累计总数、新增比率等,根据历史数据预测近期可能的感染情况。

(6) 针对接触者信息进行统计分析。比如按照接触者的职业,统计接触者分布比较多的行业,统计新增比率比较大的行业,据此可以在这些重点区域进行防治。

(7) 根据区域内密切接触者接触时间和发病时间等事件特性,分析密切接触者数量的时间变化规律,预测该区域内的病毒扩散趋势。以此为依据,可指定加强或者解除该区域内疫情控制措施。

(8) 重点控制区域分析及辅助决策。根据非病人和密切接触者分布的情况,制作感染危险等级图,以便在不同区域采取不同等级的控制措施。根据“非典”病人和密切接触者分布的密集程度,圈定感染危险区域。并以此区域为中心,查询出指定半径范围内的企事业单位、居民小区、餐饮服务行业、商业网点等人群聚集点,制定疫情控制措施和预警通知方案等,以便有针对性地在该区域内做好预防和控制工作,防止疫情进一步扩散。

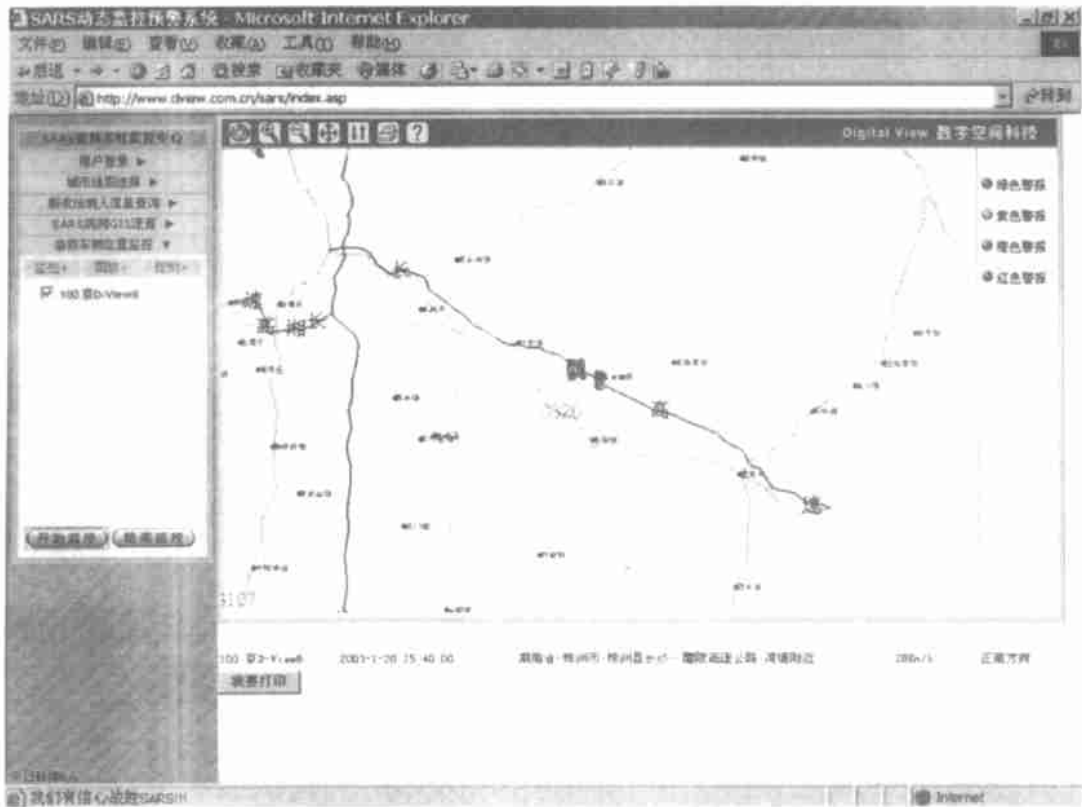


图 9 基于某一交通干线的疫情的实时监控

Fig. 9 The real time monitoring of SARS diseases based on the main traffic lines

3.4 SARS 时空信息分析与知识发现

(1) 时间态势分析。展现感染人数、在治人数和密切接触者人数随时间变化的预测曲线, 其中, 时间走线模型给出感染人数和在治人数的预测曲线; 频率分解模型实现了感染人数和密切接触者人数频率分解, 展现其发展基本趋势。

(2) 空间态势分析。展示疫情的空间扩散和集聚

态势及其影响因子, 其中, 污染聚散模型展现被污染的空间呈扩展还是聚集发展的态势, 疫情聚散模型展现疫情发展是呈现空间聚集还是扩散态势, 因子影响模型实现 SARS 空间传播影响因子识别。根据公布的 2003 年 4 月 21 日至 5 月 12 日北京 18 区新增病例空间分布, 经 BW 模型检验及其频谱分析, 发现被污染区域的空间聚集性呈总体持续下降态势; 在此大背景下, 小幅的空间聚集和扩散震荡一直存在(图 10)。

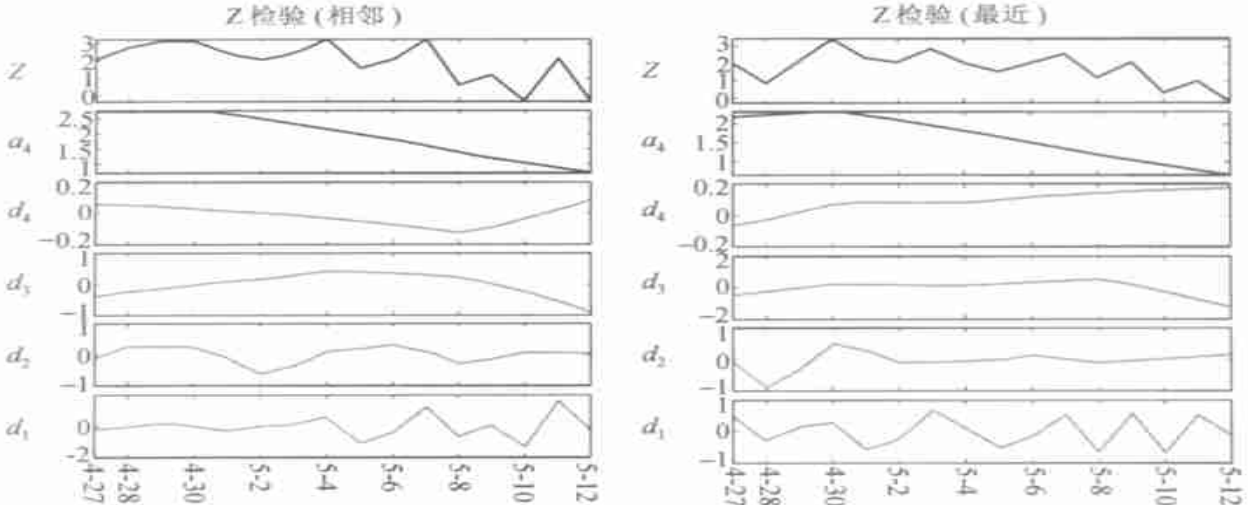


图 10 北京 18 区 SARS 新增病例 BW 检验频谱分解

Fig. 10 The decomposition of the BW verification spectrum of the newly increased SARS cases of the 18 districts of Beijing

横坐标为时间序列, 纵坐标为小波分解的 BW 集聚分析的 Z 检验值。其中 a_4 表示整体的变化趋势, $d_1 \sim d_4$ 表示不同尺度的聚集和扩散震荡幅度。

(3) 空间风险动态区划。根据日前疫情信息计算出次日危险区, 其中, 智能预报模型实现局域非线性自适应空间风险预报, 智能融合模型实现复杂自适应空间风险预报, 热点探测模型实现热点探测和预测。

(4) 时空过程预测。展示疫情时空预测和情景模拟, 其中, 元胞扩散模型可以模拟区域相互接触疫情扩散过程, 空间动力模型可以模拟微观接触宏观动力学过程, 空间随机模型可以模拟微观接触宏观随机过程。

(5) 疫情空间传播机理发掘和参数获取。展示疫情传播机理及有关参数, 其中毒王溯源模型可以完成毒王溯源, 空间传播参数库由模型拟合、异地异时、流调统计、专家、文献得到。

3.5 基于 WebGIS 的 Internet 疫情发布系统

该系统以 WebGIS 为支撑平台, 通过 Internet 定期发布疫情分布图, 实现了信息发布的即时与快捷(图版 iv 图 11)。反映疫情扩展的各种专题图包括分段专题图(分级颜色填充)、各区域发病人数分段专题图、各区域治愈人数分段专题图、各区域死亡人数分段专题图、各区域发病率分段专题图、各区域治愈率分段专题图、各区域病死率分段专题图、点密度图、各区域发病人数点密度图、各区域治愈人数点密度图、各区域死亡人数点密度图等。图版 iv 图 12 是系统实时生成的某省份按年龄段分组疑似非典型肺炎病例统计图。图版 iv 图 13 是系统实时生成的某省份按职业分类疑似非典型肺炎病例统计图。

此外, 该系统实现了以城市地图为基础, 应急防控措施的及时发布, 比如隔离区分布及隔离区信息查询、交通管制区域分布及信息查询、其它应急措施信息发布等。

4 应用

从 2003-05-08 起, 该系统开展了每日疫情信息的空间化处理和成图工作, 完成了全国 SARS 疫情系列图的制作。这些系列制图成果自 5 月 9 日起逐日更新制作, 并在卫生部每日上午的会商会议和下午的新闻发布会上得到应用。新版系统于 5 月 15 日正式启用, 通过“卫生部全国疫情图网站”(http://www.moh.gov.cn/sarsmap) 向公众提供全时的全国省级疫情动态信息公开查询服务。

在研制 5 个子系统平台的基础上, 项目组又开

发了可供国家疾病预防控制中心和卫生部系统内部使用的县级 SARS 疫情控制与预警空间数据管理信息系统, 该系统基于全国分县疫情数据, 向卫生系统内部的管理者和专家提供更翔实的疫情动态信息和疫情空间分布特征, 使全国分县疫情数据全部实现了地理信息系统管理。

在为疫情严重地区提供直接的技术支持方面, 该系统也发挥了不可估量的作用。北京市 SARS 疫情控制与预警信息系统研究开发, 使北京市 18000 余名 SARS 密切接触人群的情况调查表被导入管理与分析系统进行综合管理和集成分析, 极大提升北京市疾病预防控制中心的疫情空间信息分析能力。利用基于该系统建成的河北省地市级“SARS 疫情控制与预警信息系统”, 已经实现了正式运行, 得到了河北省人民政府及世界卫生组织官员的充分肯定和好评。通过将该系统赠与广东省疾病预防控制中心, 并对技术人员进行了安装和使用培训, 广东省疾病预防控制中心的疫情管理和空间信息分析能力也得到了极大的提升。

该系统依据世界卫生组织(WHO)公布的全球“非典”疫情数据, 对其在空间上的区域性分布以及随时间的发展态势, 用图形化的方式直观形象地加以显示, 并配有相关的数据图表、疫情走势图、动态图, 并提供新增病例、累计病例、死亡人数和出院人数 4 类专题, 可按日期查询的方式来查看当日全国各地疫情。系统开通后已经被国内外多家网站采用或超链接, 为公众了解疫情发展态势、稳定社会和人心起到了重要作用。

参考文献(References)

- [1] Song Guanfu, Wang Kanghong, Zhong Ershun. SuperMap—The GIS Technology Merging Into the Mainstream of IT [J]. *Geomatics World*, 2003, 1(1). [宋关福, 王康弘, 钟耳顺. SuperMap 融入 IT 主流的 GIS 技术[J]. 地理信息世界, 2003, 1(1).]
- [2] LIU Ji-yuan, LIU Mingling, DENG Xiangzheng, et al. The Land-use and Land-cover Change Database and its Relative Studies in China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(3): 275—282.
- [3] Steven Riley, Christophe Fraser, Christl A. Donnelly, et al. Transmission Dynamics of the Etiological Agent of SARS in Hong Kong: Impact of Public Health Interventions, Science, www.sciencexpress.org/23 May 2003/ Page 5/ 10. 1126/ science. 1086478, 2003.
- [4] Wang J, Liu J, Zhuang D, et al. Spatial Sampling Design for Monitoring Cultivated Land [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23(2): 236—284.

Development and Application of National SARS Disease Controlling and Pre-warning Information System

LIU Ji-yuan¹, ZHONG Er-shun^{1,2}, ZHUANG Da-fang^{1,3}, WANG Jin-feng¹, SONG Guan-fu^{1,2}

(1. *Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101;*

2. *SuperMap GIS Technologies, Inc., Beijing, 100101;*

3. *Beijing Digital View Technology Co. Ltd, Beijing, 100083)*

Abstract: Responding to the urgent needs for preventing and curing SARS diseases, the researchers take the advantages of developed-independently GIS platform, SuperMAP software series, and the spatial assistant decision-making models to develop the National SARS Disease Controlling and Pre-warning Information System (NSIS). There are five sub-modules in NSIS, which integrates the technologies of spatial location, management and analysis of spatial information and communications and facilitates the real-time collection, management, analyzation, and dissemination of SARS diseases information together with the monitoring, prevention and curing of SARS diseases.

Key words: SARS; controlling and pre-warning; information system; SuperMAP

刘纪远等: SARS 控制与预警地理信息系统的研制与应用

图版 I

LIU Ji-yuan *et al.*: Development and Application of National SARS Disease Controlling and Pre-warning Information System

Plate I

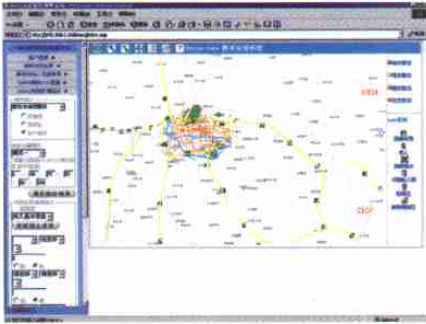


图 4 动态监控系统网络界面

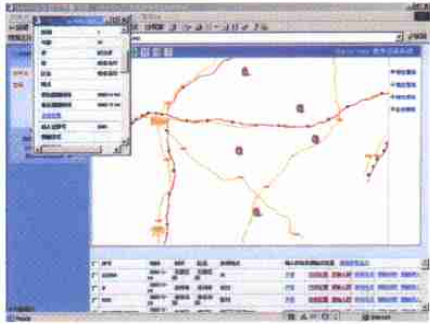


图 5 病人及其接触病人情况的查询与辨认



图 11 基于 Internet 的疫情信息发布

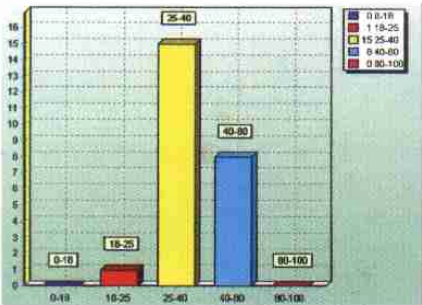


图 12 某省份按年龄段分组 SARS 疑似病例统计图

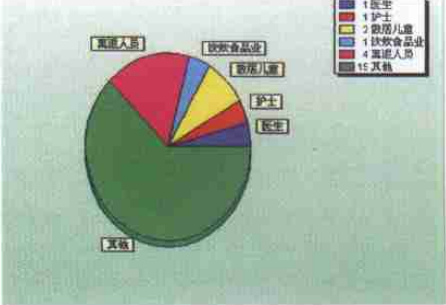


图 13 某省份按职业分组 SARS 疑似病例统计图