

文章编号: 1007-4619 (2003) 04-0241-04

地理空间信息与 SARS 疫情走势

曹春香¹, 李小文^{1,2,3}, 闫 珺¹, 金水高⁴

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 北京师范大学 遥感与 GIS 研究中心, 资源与环境科学系, 北京 100875;
3. Department of Geography and Center for Remote Sensing, Boston University, Boston MA02215, 美国; 4. 中国疾病预防控制中心 北京 100050)

摘要: 简要综述“SARS 疫情态势分析”课题组如何组织网络空间信息系统、模拟地理环境、统计数学等学科的专家, 用“二尺度时空模型”和自主研制的 SARS 网络地理信息系统对全国及城市 SARS 中、长期疫情发展的时空态势分析与预测, 并及时公布全国 SARS 疫情分布状况的研究工作。

关键词: 地理空间信息; SARS 疫情; 时空分布; 二尺度时空模型

中图分类号: R181.8/TP79 **文献标识码:** A

1 引言

面对传染性非典型肺炎(SARS)这样一场突如其来的新型传染病, 2003年4月中旬以来, 中国遥感界的科研工作者们或多或少都在思索: 我们能为抗击 SARS 做什么?

从事流行病学研究的人都知识, 控制 SARS 的最有效方法第一是迅速切断传染源, 第二是严禁传播到其它地区, 第三才是确定病原体。中国疾病预防控制中心流行病学首席专家曾光先生在总结前段时间北京 SARS 防治工作时也曾指出, “我们这次犯的错误是一开始只抓病原体, 对第一、二两点抓得不够。这是值得认真吸取的教训。”^[1]由此可见, 在对 SARS 发生原因、发展规律不完全清楚, 不具备特异性预防、诊断、治疗措施的情况下, 如果能够及时、准确、全面地掌握疫情的宏观时空态势, 制定出控制 SARS 传染源、切断其传播途径的决策行动方案, 可以在相当大的程度上控制疫情的扩散与蔓延, 大幅度地降低 SARS 的发病率。如果能在疫情的时空分布中找到一些规律性的东西, 也能对战斗在抗炎一线的专家有所助益。为此, 中国科学院遥感应用研究所于 2003年4月24日紧急启动了知识创新工程项目“SARS 疫情可视化决策支持环境”。5月3日

在取得一些初步成果之后, 联合北京师范大学遥感与 GIS 研究中心向中国科学技术部提交了“SARS 疫情时空分析与空间信息决策支持系统”的项目申请。5月4日, “SARS 疫情态势分析”课题组即奉命参加全国防治 SARS 指挥部科技部科技攻关组的流行病学攻关。

课题组聚集了网络空间信息系统、模拟地理环境、统计数学等学科的专家, 主要研究目标是在流行病学、人口地理学、应用数学和地球空间信息技术等跨学科研究的基础上, 实时分析 SARS 流行规律与特点, 通过预测预报模型, 对疫情进行趋势预测; 评价干预措施的作用, 为 SARS 疫情控制和领导决策提供依据; 中长期目标则是建立一个供全国疾病预防控制中心和北京市疾病预防控制中心使用的, 基于流动人口和 SARS 流行病学调查, 能够对全国及城市(以北京为例)SARS 中、长期疫情发展态势分析与预测, 进而为合理制定、动态调整其控制 SARS 传染源、切断传播途径等行动方案的空间决策支持系统。

2 主要研究内容

目前 SARS 的生物学规律尚在探索之中, 传染源与接触者之间的关系如传播途径、传染方式等还不十分清楚, 可利用的数据十分有限。在全国和北

收稿日期: 2003-06-03; 修订日期: 2003-06-20

资助项目: 本文工作为中国科学院遥感应用研究所、北京师范大学承担的中国科学技术部 SARS 科技攻关流行病学组 SARS 疫情态势分析课题成果, 并得到国家自然科学基金委员会、中国科学院课题资助。

作者简介: 曹春香(1964—), 女, 研究员, 在日本广岛大学取得环境规划遥感博士学位, 现主要从事生态环境遥感研究和科研管理工作, 发表论文 9 篇。Email: cao413@irsa. irsa. ac. cn

京不断实行各种新的干预措施的情况下,患者的感染率也不断变化,因此通常的感染率不变的传染病模型不适用。另一方面,由于 SARS 控制的复杂和艰巨性,仅仅依靠定量分析会出现许多疏漏、甚至错误。因此,在进行定量分析的同时,还必须进行定性分析。这样 SARS 疫情态势分析及其空间决策支持方面的知识获取及其形式化技术,就成为一个新的技术难题,也是一个必须解决的技术难题。基于现有条件和工作基础,课题组设定以下主要研究内容:

(1) 建立预测预报的数学模型,对疫情进行趋势预测,进行北京市 SARS 流行趋势的短期、中长期预测。

(2) 对全国 SARS 的流行趋势发展趋势分析。

(3) 估计不同因素对于 SARS 流行的综合影响及干预措施的作用。

(4) 疫情控制应急空间决策支持方案研究与机制建立。

3 研究工作和阶段成果

SARS 疫情的发展可以说是短时间内人地互动的一个典型。这里的“地”广义是自然,具体是疫情。如果没有人类对传染病的对抗,只是被动接受病毒的肆虐,那么按照 Kermack-McKendrick 的传染病模型,任何大小的人口群体,最终将只剩下两类“人”:死亡和(患病后)获得免疫力的人^[2]。但是人类之所以迄今战胜了种种传染病,是因为有能力对疫情作出种种有力的反应(文明的、野蛮的、科学的、盲目的、……)。在这次疫情中,也还有人用 K-M 模型拟合“非典”确诊人数。这样的拟合,无论初期能拟合到多么完美,都不能用于预测预报,尤其是中期预报,因为随着疫情的升级,人类社会必然要作出不同的反应,这些反应将不同程度遏制疫情的发展。因此,课题组将龚建华等的系统动力学模型和崔恒建等的分阶段非线性拟合模型用于疫情预测预报、不同措施对于疫情发展的影响以及 SARS 疫情态势分析中(见本期有关论文)。

然而上述模型只是时间维模型,我们称为“准均匀介质内的点扩散模型”。传统的疫情空间扩展模型是弥散型的,即从疫源区向邻域扩展。这也许适合描述小区域内(如居民区内及之间)疫情的扩散。但 SARS 疫情大范围内的空间扩散有一个显著的特点,就是凭借现代交通工具的远距离传播。例如北京疫情暴发于传染源通过飞机从广州进入太原,在

太原传染数人后,再由汽车传入北京。这种传播模式是以往的小区域邻域弥散模型很难描述的。诚然,国际研究者近年来已经注意到了这种远距离传播的现象(如发表于 Nature 1998 年的“小世界”网络,Science 2002 年的“层次构造”传染网络^[3,4]),但课题组认为疫情在这种宏观尺度上凭借交通工具的远距离传播,两点间人口流动比市区内两点之间的人口流动相对较易描述,因而应该把问题明确分解为两个不同尺度上的问题。为此,课题组开展了以下模型研究工作:

(1) 准均匀连续介质中点源扩散模型

将北京市等不同面积或区域的研究单元看作为准均匀介质,主要基于目前已初步建立的系统动力学模型以及分阶段非线性回归预测预报模型,进一步改进与集成,研究点源扩散模型中不同参数的物理意义,并提高预测预报精度。当然也可以进一步考虑城市内疫情的空间分布或时空态势,如课题组王劲峰等的工作。

(2) 点之间的“飞点”传播模型

主要研究 A 地的带 SARS 病毒的人通过交通工具对 B 地的输入传播的影响概率(见图 1)。结合点扩散模型,通过地理信息系统描述的交通线分布和人流,建立两点之间的“飞点”传播模型,预测预报 SARS 疫区对非疫区的影响以及疫区之间的相互影响。拟解决的关键问题即是在交通工具内 SARS 的点扩散模型的建立,即始发点时交通工具内潜在的带病毒的人在旅途中对其他人的传染概率,及人口流动数据预测到达目的地后带病毒的人数,见本期杨华等有关论文。

(3) 二尺度时空模型

对于全国 SARS 传播的模型,基于上述考虑的点源扩散模型与“飞点”传播模型两个尺度,将根据实际研究目的划分的不同研究区域看作是准均匀连续介质,用点扩散模型研究;对于不同的交通工具内的传播,也用点扩散模型;而对于不同区域之间互为输入/输出源的传播,用“飞点”传播模型研究。在此两个尺度上,研究全国 SARS 传播的情况,进行预测预报。需要解决的关键问题是两个尺度上模型的耦合方法,及人流数据的获取,初步结果见本期阎守邕和刘亚岚等论文。

在以上模型研究的基础上,课题组还进行了大量数据模拟实验研究,并取得了一些阶段性成果。除了进行 SARS 疫情时空态势分析研究之外,课题组还用自主研发的 SARS 网络地理信息系统(见本期

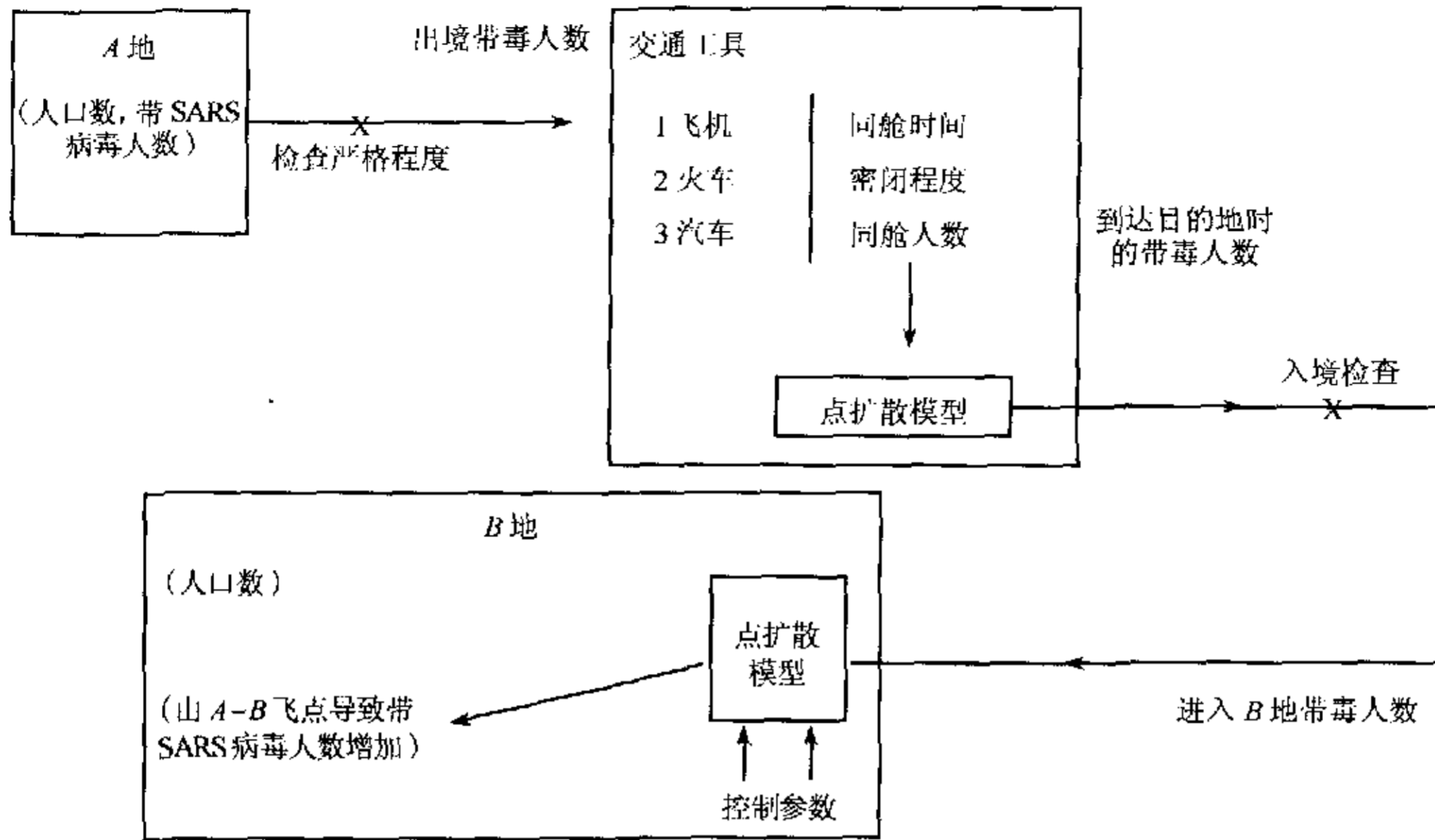


图 1 从 A 地到 B 地沿交通线的“飞点”传播概念模型

Fig.1 From Place A to B along the spreading of transportation concept model

杨崇俊等论文)及时公布全国 SARS 疫情分布状况,受到广泛欢迎,高峰期每天点击率百万人次以上。事实证明地学科研人员主动参与抗 SARS 的战斗,是及时的、正确的^[5]。

研究过程中,课题组始终得到中国科学技术部、国家自然科学基金委员会、中国科学院的重视、支持和指导。中国科学院陈宜谕副院长多次告诫我们要坚持科学性,重视数据的收集和积累。路甬祥院长则以地学科研人员参与抗 SARS 一事为例,从战略高度,希望地理学科自觉地跨越自然科学与人文科学的界线,根据社会和生态环境发展的客观规律,调整地理科学的结构,开拓地理科学的新领域和前沿。这些指示不仅为广大从事地学研究的科研人员拓宽了思路,也为今后的学科发展,提出了一个具有方向性,值得认真思考的重要问题。

当然,短短一个多月的工作不可能是完美的^[6],离国家建设,学科发展的需要,还有很多严谨的工作要做,这仅仅是一个开始。正如中国科学院路甬祥院长对我们工作批示指出的那样:“地理学的发展事实上是人类认知自然、经济、社会与人文的时空发展过程,到了现代又与数字信息技术相结合形成了综合的 GIS 和数字地球的概念。”在中国全面建设小康社会的进程中,各种新的、重大的时空发展过程和突发

事件还会不断涌现,地球信息科学研究任重而道远。

参 考 文 献 (References)

- [1] MA Xiao-lan, Science Times [N], 2003, 6, 13. [马晓岚,科学时报,2003,6,13.]
- [2] W. O. Kermack and A. G. McKendrick. A contribution to the mathematical theory of epidemics [J]. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A*, 1997, 115(772):700—721.
- [3] Ravasz, A. L. Somera, D. A. Mongru, Z. N. Oltvai, A. -L. Barabasi. Hierarchical Organization of Modularity in Metabolic Networks [J]. *Science*, 2002, 297: 1551—1555.
- [4] Duncan J. Watts & Steven H. Strogatz, Collective dynamics of 'small-world' networks [J]. *Nature*, 1998, 393:440—442.
- [5] GUAN Zhiqiang, The Proposal on an Analysis and Description at Possibly-early Time Regarding Geographic Distribution of SARS Cases; Beijing SARS Prevention Working Group [R]. "Investigation Report on SARS Cases in Beijing", Issue No 1, 2003, 4, 4. [关志强,关于尽快描述和分析 SARS 疫情地理分布的建议;北京防治非典联合工作小组“北京非典疫情专题调查报告”第一期,2003.4.27]
- [6] GUAN Zhiqiang, The Proposal on Improving the Function of GIS System in SARS Prevention and Treatment [R], Beijing SARS Prevention Working Group, "Investigation Report on SARS Cases in Beijing", Issue No 1, 2003, 5, 14. [关志强,关于改善 GIS 系统在 SARS 防治中作用的建议;北京防治非典联合工作小组“北京非典疫情专题调查报告”第一期,2003.5.14]

Geo-spatial Information and Analysis of SARS Spread Trend

CAO Chun-xiang¹, LI Xiao-wen^{1,2,3}, YAN Jun¹ JIN Shui-gao³

- (1. *Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*
2. *The Research Center for Remote Sensing and GIS, Dept. Geography, Beijing Normal University, Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, Beijing 100875, China;*
3. *Department of Geography and Center for Remote Sensing, Boston University, Boston MA02215, USA,*
4. *Chinese Center of Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)*

Abstract: This paper summarizes the activities of “Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) spread Trend” project conducted by experts on WebGIS, virtual geographic simulation and applied statistics. The project focuses on analysis and prediction of middle-long term spread trend of SARS with national and metropolitan scopes by developing “2-scale temporal-spatial model” and “SARS Web-GIS”.

Key words: Geographic space information; SARS epidemic situation; Temporal-spatial distribution; 2-scale temporal-spatial model