遥感应用于环境健康研究

曹春香
中国科学院遥感与数字地球研究所　遥感科学国家重点实验室

曹春香

遥感技术是20世纪60年代兴起并迅速发展起来的一门综合性探测技术。其基本原理是利用传感器从远距离感知目标反射或自身辐射的电磁波、可见光、红外线，从而实现对目标进行探测和识别。作为现代前沿科学技术之一，遥感具有宏观、动态、综合、快速、多层次、多时相等特点。伴随着航空、航天技术的发展而不断提高与完善，其应用领域不断扩展。目前，遥感技术已经广泛应用于军事侦察、国土测绘、海洋监测、气象观测、资源普查、灾害评估、农作物估产、公共卫生等诸多领域。

1. 遥感在疾病预防控制中的应用

利用遥感技术进行疾病监测是一种间接方法，它是通过环境参数与媒介生物、疾病之间的数理统计学关系来确定，通过所获得的模型，将遥感所探测到某一地区的各项环境参数代入模型，就可以间接地获得反映该地区的疾病信息，从而有针对性的提出疾病预防或控制对策。利用遥感技术进行媒介传播疾病的研究，首先要了解所要研究的媒介传播疾病的流行病学特征及其与环境因素的关系，建立相应的“环境因素-媒介-疾病”之间的模型，判断与疾病（媒介）密切相关的环境因素能否用遥感技术进行监测，以及应用何种遥感数据能将相应的环境因素信息充分地表达出来，并制定合理的分级标准。然后选择该疾病的典型流行区作为试验现场，将遥感所提取或反演的环境参数与现场流行病学调查所获得的疾病信息、媒介信息等资料进行整理和统计分析，得到其“遥感-参数-疾病（媒介）” 模型，确定遥感环境参数的“阈值”水平和“危险”水平，并选择其他试验区进一步验证和优化所获得的模型，确认模型的可信性，经反复试验成熟后再进行实际推广使用。有些不能被遥感监测到的环境因素，可寻找能够被遥感监测的与疾病或媒介相关的其它间接指标来替代[1]。

早在1971年，美国宇航局（NASA）就曾利用彩色与彩红外航空遥感技术用于与蚊子栖息地有关的植被研究，通过对新奥尔良80公顷的实验区进行研究，结果表明遥感方法对蚊子栖息地有十分高的识别率，由此拉开了航天遥感在流行病研究的序幕。Dister等[2]从TM影像中提取地表植被结构、地表湿度和植被丰度等指标，分析其与肩突硬蜱蛹密度的季节分布之间的关系，研究发现肩突硬蜱蛹分布密集地区湿度大，植被覆盖比例高，并且含有较多的阔叶树木，以此可用来估计暴发莱姆病的危险性。Beck等[3]用景观分析方法判定墨西哥南部恰帕斯地区村庄的疟疾传播危险性高低程度，根据收集到的40个村庄的白魔按蚊资料和由TM卫星数据生成的地形要素图，采用逐步判别分析和逐步线性回归方法研究媒介孳生地和地形要素的比例关系。Bavia等[4]在巴西建立了地区血吸虫病地理信息系统，对疾病的感染和宿主分布实施动态监测，并用于确定影响血吸虫病分布的环境因素，结果显示人口密度和旱季时间是最重要的影响因素，同时与土壤类型、植被以及昼夜温度也密切相关。Glass等[5]利用高程数据和肾出血热暴发前1年的Landsat™影像，通过逻辑回归分析的方法估算了肾出血热在美国暴发的危险程度。Boone等[6]利用从遥感和专题图中导出的植被类型及密度、海拔高度、坡度以及水文特性等环境数据估算了美国内达华州和加利福尼亚州鹿鼠感染辛诺瓦病毒的状况。

我国疾病遥感监测研究起步较晚，但近年来发展迅速，尤其是在禽流感、鼠疫、霍乱等重大传染病的监测方面取得显著成果。曹春香等[7]根据候鸟的迁徙路线，综合利用遥感的方法获取了与高致病性禽流感相关植被、地表温度等环境影响因子，构建了中国高致病性禽流感的预测模型并加以验证。徐敏[8]采用空间分析的方法研究了近年来中国霍乱的时空分布特征，并结合利用遥感数据提取海表面高度、海表面温度、海水叶绿素浓度等参数对浙江省霍乱的发病趋势进行了预测。高孟绪等[9]利用环境卫星数据提取植被和地形生态参数并对喜马拉雅旱獭鼠疫的潜在空间分布进行了分析。周晓农等[10]以与血吸虫发育扩散关系密切的温度和潜在蒸发指数为基础计算血吸虫传播指数，并结合从AVHRR（美国国家海洋与大气管理局系列卫星的主要探测仪器）遥感影像上获得的校正植被指数、地面温度指数以及高程分布图，通过空间数据分析和地图叠加分析，显示血吸虫传播指数（指数值大于900）的分布基本与中国南部地区的血吸虫病流行区相吻合。闫磊等[11]利用月度肾出血热发病人数和山地、林地、农田以及居民地4种土地利用类型的SPOT-4卫星NDVI数据的相互关系，对内蒙古自治区大杨树镇的肾出血热发病趋势及发病人数进行了预测。这些研究对于推动遥感、地理信息系统（GIS）等空间信息技术在我国公共卫生领域的应用发挥了非常重要的作用。

2. 遥感在灾害应急响应与评估中的应用

环境灾害具有突发性强，波及面广，危害性大等特点，这就要求在短时间内作出反应，提供灾区现状和评估的信息，以作出正确的判断和决策。传统的地面监测在这方面局限性很大，现代遥感技术在灾害发生前，可以不断提供有关

自然灾害发生背景、条件的大量信息，有助于圈定某些灾害可能发生的地区、时段及危害程度，从而采取必要的防灾措施，减轻灾害造成的损失；在灾害发展过程中，不断监测灾害的进程和态势，及时将信息传输到各级抗灾指挥机关，有效地组织抗灾活动；在灾害以后可以在大范围内迅速、准确地对灾害造成的损失进行分级评估，以便及时组织救灾、恢复生产、重建家园。

2008年5月12日，我国四川省发生里氏8.0级大地震，地震所诱发的山体滑坡导致震区共形成34处堰塞湖，严重威胁着震区人们的生命财产安全，迫切需要利用遥感技术对震区堰塞湖进行自动检测和定量分析。Xu等[12]通过从ALOS影像中提取的NDVI、NDWI、第一主成份等特征来构建决策树，利用基于规则的分类方法分别对震前和震后的唐家山堰塞湖地区的ALOS影像进行分类，并对分类后除水体和滑坡以外的各类物体进行掩膜处理，通过对震前、震后的分类图进行叠加分析，得到唐家山堰塞湖震前、震后的定量变化情况。在震后搜救行动中，为了合理部署救援队伍，需要提取建筑物破损度信息，来自卫星和机载平台的遥感影像数据为此提供了有用的信息，利用这些信息我们可以评估地震造成的建筑物破损度。2010年4月14日，青海省玉树县发生里氏7.1级地震，造成超过2000人遇难。Zheng等[13]通过截取震前Google Earth上的高分辨率图像，结合震后中科院对地观测中心获取的航空影像数据，采用人工解译的方法提取玉树县州府结古镇境内建筑物破损信息，快速准确地对当地震后灾情进行了评估。

3. 环境健康遥感应用前景

尽管遥感技术经过几十年的发展已经在环境健康领域发挥着重要的作用，但仍存在诸多需要解决的问题，如缺乏专门针对环境监测卫星载荷，许多环保部门监测指标如空气中的总悬浮颗粒物TSP、可吸入颗粒物PM_{10}、$S0_2$、NO_X等以及水环境中的总磷、总氮等目前尚无法精确探测；不能对人工目标、河流（湖库、近海）重污染团、泄漏的危险品进行有效观测，甚至受像元边际效应影响，对河段信息也无法进行有效获取等。未来随着卫星传感器空间、时间和光谱分辨率的进一步提高，遥感技术将为解决当前雾霾天气预报预警、水污染事故实时监测、重大传染病趋势预测等环境健康领域问题发挥着更大的作用。

（1）雾霾天气预报预警

通过与地面环境监测网相配合，利用遥感技术可以监测颗粒物浓度、温室气体含量、气溶胶光学厚度等大气污染因子，通过建立物理或经验模型可以为我国重点城市雾霾天气的预报预警提供技术支撑。

（2）水污染事故实时监测

利用高光谱遥感技术实现水温、色度、悬浮物、叶绿素、有机物等信息进行定量提取，从而实现对我国大江、大河、沿海流域、港口、海湾的赤潮、溢油，重大污染物泄漏等污染事故的实时监测。

（3）重大传染病趋势预测

利用遥感技术在不同尺度监测传染病相关环境因子的时空分布，通过建立传染病流行生态环境因子识别及影响估计的一般方法，可以对H7N9禽流感、霍乱等重大传染病的传播规律及其发病趋势进行分析预测。

作者简介

曹春香，中国科学院遥感与数字地球研究所创新研究员，中国科学院大学教授，博士生导师。现任遥感科学国家重点实验室环境健康遥感研究室主任、公共卫生领域空间信息技术应用研究中心执行主任、863地球观测与导航技术领域重大项目总体专家组专家、863评审专家库成员、国家林业局森林遥感专家、国防科技工业局民用航天项目专家组项目评审专家、*Positioning*期刊编委、《国际遥感》特约审稿专家、《中国科学》、《地球信息科学学报》审稿专家。曹春香教授于2011年提出了环境健康遥感诊断这一新的交叉学科研究方向，主要围绕环境健康遥感诊断领域研究的科研成果，共发表120余篇论文，出版专著2部，获得软件著作权7项，申请发明专利6项。近5年来，共承担国家重大专项、973、863、国防科工局等项目19项。E-mail：caocx@radi.ac.cn

参考文献

[1] 张世清，姜庆五. 2003. 遥感技术在媒介传播疾病研究中的应用[J]. 国外医学医学地理分册 24(2):89–93.

[2] Dister SW, Fish D, Bros SM, et al. 1997. Landscape characterization of peridomestic risk for Lyme disease using satellite imagery[J]. Am J Trop Med Hyg 57(6):687–692.

[3] Beck, LR, Rodriguez MH, Dister SW, et al. 1994. Remote sensing as a landscape epidemiologic tool to identify villages at high risk for malaria transmission[J]. Am J Trop Med Hyg 51(3):271–280.

[4] Bavia ME, Hale LF, Malone JB, et al. 1999. Geographic information systems and the environmental risk of schistosomiasis in Bahia, Brazil[J]. Am J Trop Med Hyg 60(4):566–572.

[5] Glass GE, Schwartz BS, Morgan JM 3rd, et al. 1995. Environmental risk factor for Lyme disease identified with geographic information systems[J]. Am J Public Health 85(7):944–948.

[6] Boone JD, McGwire KC, Otteson EW, et al. 2000. Remote sensing and geographic information systems: charting Sin Nombre virus infections in deer mice[J]. Emerg Infect Dis 6(3): 248–258.

[7] Cao CX, Xu M, Chang CY, et al. 2010. Risk analysis for the highly pathogenic avian influenza in mainland china using meta-modeling[J]. Chi Sci Bulle 55(36): 4168–4178.

[8] 徐敏. 2011. 基于空间信息技术的中国霍乱时空分布及预测研究[D]. 北京：中国科学院研究生院.

[9] Gao MX, Li XW, Cao CX, et.al. 2010. Spatial prediction and analysis of Himalayan marmot plague natural epidemic foci in China based on HJ-1 satellite data[J]. Science in China, 53: 8–15.

[10] 周晓农, 杨国静. 1999. 地理信息系统在血吸虫病研究中的应用[J]. 中国血吸虫病防治杂志 11(6): 378–381.

[11] 闫磊, 黄华国, 张文义等. 2009. 肾综合征出血热疫情与NDVI的时间关系——以内蒙古自治区大杨树镇为例[J]. 遥感学报 13(5): 880–886.

[12] Xu M, Cao CX, Zhang H, et al. 2010. Change detection of earthquake–induced barrier lake based on remote sensing image classification[J]. Int J Remote Sens 31(13): 3521–3534.

[13] Zheng S, Cao CX, Zhang H, et al. 2011. Assessment of building damage degree using satellite and airborne data in the case of the 2010 Yushu earthquake, China[J]. Geom, Nat Hazards Risk, 2(2): 141–157.