

沙尘暴的遥感监测及其风险评价

◆王 静 邹元春 王传玲

摘要：近些年，由于大气运动的不规律引发的气候灾害比较频繁。尽管沙尘暴不是最近气候灾害的热门话题，但是沙尘暴一旦发生对居民生活产生的恶劣影响却不可小视，因此，沙尘暴的预测与防治至关重要。本文通过对FY-1C卫星图像的信息快速增强，通过统计分析构建沙尘信息提取模型，将卫星提取的沙尘暴危害地理范围和强度信息输入到地理信息系统(GIS)中，结合沙尘暴风险评价模型，对沙尘暴灾情及损失进行实时评估，从而构建了沙尘暴遥感监测与风险评价系统。

关键词：沙尘暴；遥感监测；GIS；风险评价

引言

近些年，由于大气运动的不规律引发的气候灾害比较频繁。尽管沙尘暴不是最近气候灾害的热门话题，但是沙尘暴一旦发生对居民生活产生的恶劣影响却不可小视，沙尘暴作为一种重大的自然灾害，如何对其实施有效地监控和评价，减少其带来的危害，并制定综合防治措施至关重要。然而，目前在全国范围内，统一的沙尘暴监控评价体系还未成熟。本文结合遥感、地理信息系统等技术及风险评价理论，以具体的省份为例子构建沙尘暴遥感监测与风险评价系统，具有科学研究意义和实际应用价值。

一、沙尘暴的遥感监测方法

近几十年来，沙尘暴发生的频率较高，而沙尘暴的监测站点较少，监测起来又比较困难。遥感技术是可以在较大区域内监测沙尘分布的先进技术手段，即能够监测沙尘暴的源地、路径以及沙尘强度，并且结合地理信息系统技术中的空间分析功能，估计受沙尘暴影响的范围，建立沙尘暴遥感监测与即时预报系统^[1]，为防灾减灾提供科学依据。

1.1 卫星数据的选择。目前，我国常用的卫星有：美国的陆地卫星(Landsat)、SPOT卫星系列、日本的葵花气象卫星系列(GMS系列)、美国的诺阿(NOAA)卫星系列、我国的风云一号卫星系列等。美国的陆地卫星(Landsat)和SPOT，其空间分辨率非常高，星下点的空间分辨率为几十米，但观测周期分别为十六天和二十六天，故不能用做沙尘暴的实时监测；日本的葵花气象卫星(GMS)每小时可对地面观测一次，星下点的空间分辨率在红外通道上是五公里，可是在图像的西北角有严重的数据畸变，对于研究西北地区沙尘源来说存在不利因素；美国的极轨气象卫星(NOAA)和我国的风云一号(FY-1)卫星系列的水平分辨率和时间分辨率适中，其上所携带的甚高分辨率扫描辐射计的几个波段对沙尘均有一定的监测能力，且费用较低，气象部门建立了多个接收站。通过以上比较，利用NOAA卫星和风云一号系列卫星进行沙尘暴监测均较合适，并具有广阔前景。

风云一号系列卫星与NOAA卫星相比，风云一号系列卫星星载辐射计的通道量由五个增加到十个^[2]，基本包括了NOAA卫星的主要通道(见表1)，这些通道对地表的多样性

和多样的云层辨识能力更强，对于沙尘信息的获取也更加准确，所以本文采用风云一号系列卫星数据。

FY-1C极轨气象卫星主要载荷为两台10通道的扫描辐射计，轨道高度870 km，质量950 kg，与前面的两颗同系列卫星(FY-1A和1B)相比，其星载扫描辐射计的通道量由5增加到了10个(见表1)，使所获取的信息量大幅增加。

表1 FY-1C与NOAA可见红外扫描辐射计通道特征

N μ m			
通道	FY-1C	NOAA	主要用途
1	0.58-0.68	0.58-0.68	白天云、冰、雪、植被
2	0.84-0.89	0.725-1.1	白天云、植被
3	3.55-3.95	3.55-3.93	热源、晚间云
4	10.3-11.3	10.5-11.3	海温、白天/夜间云
5	11.5-12.5	11.5-12.5	海温、白天/夜间云
6	1.58-1.64	-	土壤湿度、云/雪判断
7	0.43-0.48	-	海洋水色
8	0.48-0.53	-	海洋水色
9	0.53-0.58	-	海洋水色
10	0.90-0.95	-	水汽

1.2 图像处理及沙尘信息提取。在FY-1C卫星云图上，沙尘信息提取是将沙尘区从云和下垫面的陆面、海面分离开来。由于下垫面组成成分复杂多样，导致光谱特性也纷繁复杂，所以增加了沙尘信息提取的难度^[3]。为了准确无误地提取沙尘信息，首先进行信息快速增强，其次进行沙尘信息提取。

(1) 信息快速增强。在FY-1C四个通道(分别CH1、CH2、CH4、CH5)合成的伪彩色遥感图片上，“沙尘羽”的色彩深浅因浮尘、扬沙、沙尘暴量级不同而有差异，这主要借助于吉林省气象台站的风沙观测资料来判识；浮尘、扬沙、沙尘暴呈比较均匀的羽毛状，分布在云系下面，很容易与云系区分。同时，地形走向影响“沙尘羽”的分布，通过实地考察，“沙尘羽”的边缘和洼地边缘一致。

(2) 沙尘信息提取模型。FY-1C的前两个通道分别是可见光和近红外波段，用以计算下垫面的反照率。第三至第五个通道为热红外波段，可用来测算下垫面的亮度和温度。由于沙尘暴与云系、反照率和温度上均有差异，因此可以在其云图中把沙尘暴信息分离出来。依据遥感计算结构方程和图1所示的沙尘暴信息提取模型，计算高浑浊度大气或沙尘

的反射率,参考红外波段数据并且参考相关因子可解析沙尘气溶胶光学厚度,进而得出沙尘天气过程中大气的含沙量,最终得出沙尘区图像。

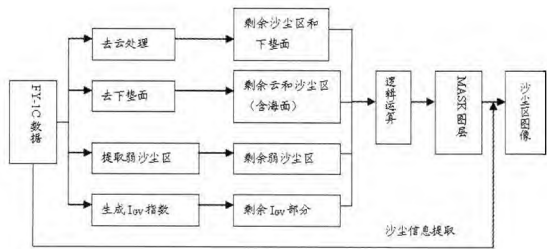


图 1 沙尘信息提取模型

2002 年 4 月 7 日,因受中亚东移的低槽冷锋云系的影响,我国北方地区出现强沙尘天气。本研究以几乎横扫吉林全境的沙尘暴为例,对 FY-1C 气象卫星 4 月 7 日的监测资料进行研究与分析。使用 FY-1C 星第一通道(0.58 ~ 0.68μ m),第二通道(0.84 ~ 0.89μ m),第四通道(10.3~11.3μ m)和第五通道(11.5~12.5μ m)对沙尘区进行观测和信息快速增强与提取。图 2 即是由这些通道所提供的资料经信息快速增强、沙尘信息提取等而成的沙尘区影响范围。

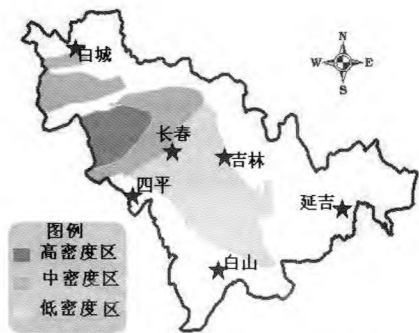


图 2 吉林省 2002 年 4 月 7 日沙尘影响范围

结果表明吉林省的沙尘区分布呈大型羽毛状,深浅相间,深色主要分布于西部的长岭、双辽一带,具有模糊的边缘,并存在太阳暗影区域,表明沙尘在空中具有一定高度。4 月 8 日 11 时,可以清楚地看到浮尘下的植被和地表,并且观测到沙尘减弱后的浮尘区,色调和覆盖强度明显比 7 日 12 时弱。结果分析表明了 FY-1C 能直观地、清楚地提供沙尘暴及浮尘、扬沙区的观测资料,是观测沙尘暴的有效工具。

1.3 统计分析。根据对多张影像进行对比与分析,用以确定沙尘暴的范围及各浓度级的面积。将提取到的沙尘暴遥感图像上像元面积累计,而求得 $S=\sum Si$,式中 S 为沙尘区面积, Si 为单个像元的面积,单像元面积计算, $i=1,2,\dots,n$ 个像元, Si 主要由坐标投影方式和分辨率决定,如横轴墨卡托投影下, Si 是纬度和分辨率的函数。

因子的选取:根据响应曲线将 4 个单通道值和其各自间的多种组合共 12 个参量作为因子,沙尘暴浓度量级为回归量,

进行多元线性逐步回归,最后得出的回归方程为

$$y = 0.31 + 0.45 \text{ ch1} - 0.315 \text{ ch2} - 0.447 \text{ ch4} + 0.512 \text{ ch5}$$

其中 y 为沙尘暴浓度级, ch1, ch2, ch4, ch5 分别为 FY-1C 的 1,2,4,5 通道值。

同时,将卫星提取的沙尘暴危害地理范围和强度信息输入到地理信息系统 (GIS) 之中,对沙尘灾情及损失进行实时评估,供防灾减灾部门决策时参考。

二、沙尘暴的风险评价

沙尘暴作为一种环境灾害,对人类生命财产和环境质量都造成了损害,无论是政府还是个人,都迫切需要掌握沙尘暴灾害的风险程度,因此,对沙尘暴的风险评价意义重大。风险评价是环境影响评价领域中的一个重要组成部分,也是环境灾害研究的重要内容之一。风险评价可以界定风险、可以对风险进行排序,从而为降低风险提供一套科学的、系统的方法。就沙尘暴灾害而言,风险评价可定义为对特定影响因子造成暴露于该因子的单体或区域灾害发生的机率及对人类社产生危害的程度、时间或性质进行定量描述的系统过程。

自然灾害的风险可以视作灾害发生的概率及其造成的损害程度,一般包括灾害的危险程度、受灾体的暴露强度、受灾体的脆弱性以及防灾减灾能力。

2.1 沙尘暴风险评价程序。沙尘暴风险评价以沙尘暴的监测为基础,为沙尘暴的综合治理服务。根据一般风险评价过程,沙尘暴的风险评价有以下步骤:

(1) 建立沙尘暴风险评价指标体系;(2) 建立沙尘暴风险评价模型;(3) 评估和分析风险等级;(4) 提出应对策略。

2.2 沙尘暴风险评价模型的建立。目前,吉林省还没有完善的沙尘暴风险评价体系,本文拟从环境灾害的角度出发,初步建立吉林省沙尘暴的风险评价模型,以预测沙尘暴的发生频度。沙尘暴具有历史规律,同时也受现时条件的制约,因此,沙尘暴综合性指数评级模型可以表示为:

(1) 历史风险评价模型:

$$R_i = g \cdot p \cdot m$$

式中, Ri 为历史风险指数, g、p、m 分别表示历史上沙尘暴的发生规模、频次和强度,根据实际调研资料,经归一化处理后确定。

(2) 潜在风险评价模型:

$$R_j = \sum A_j q_j$$

式中, Rj 为潜在风险指数, qj 为沙尘暴活动条件充分程度指数,根据实际调研资料归一化后确定, Aj 为沙尘暴活动条件权重,采用相关分析和专家评判相结合的方法。

因此,沙尘暴风险评价模型为:

$$R = K_i R_i + K_j R_j$$

式中, R 为沙尘暴风险指数, Ki 为历史风险权重, Kj 为潜在风险权重^[10]。

(下转第 73 页)

结语

随着“互联网+”的不断发展,图书馆利用微信公众平台不断创新线上功能,提供多元服务,如在线预订图书馆的共享空间、在线打印、失物招领系统、讲座类信息的签到等等,提供非常精准的个性化服务。也可以提供更深层次的定制服务、数据服务、嵌入式服务、学科服务、知识服务等,形成不可替代的高质量数据服务提供者。通过微信公众号进一步渗透至工作的场景,信息流的控制就显得尤为重要。

参考文献

[1] 腾讯公布 2016 年第三季度业绩 [EB/OL].[2016-11-20]. <http://www.tencent.com/zh-cn/content/at/2016/attachments/20161116.pdf>.

[2] 王毅. 论图书馆系统中的信息流和信息控制 [J]. 图书馆学研究, 1990, (6): 44-51.

[3] 刘巧英. 基于用户信息需求的图书馆信息流控制研究 [J]. 图书馆杂志, 2011, 30(4): 24-28.

(本文是天津市哲学社会科学研究规划项目“基于网络问答社区开展协作式新型知识服务的实证研究”(编号: TJTQ16-003Q) 的研究成果之一)

(作者单位: 天津理工大学图书馆)

(上接第 71 页)

吉林省中西部地区沙尘暴天气日数在近近年来呈明显减少的趋势; 沙尘暴天气日数存在明显的阶段性变化与大风等的气候变化直接相关; 2011 年前后至 2016 年前后, 沙尘暴天气日数相对较少; 此后的沙尘暴天气日数又将转入高值区间。

根据对近 30 年全国气象站相关数据的统计^[11], 从 1978 年到 2007 年, 中国北方发生沙尘暴的次数和频率都呈下降趋势, 但年爆发面积却呈增加趋势 ($2.5 \times 10^3 \text{ km}^2/\text{yr}$)。随着全球气候变化带来的极端无雨或少雨事件发生的概率的增加, 有必要对未来发生强沙尘暴并导致更大的灾难性气候风险及时预警, 减少损失。

三、沙尘暴遥感监测及风险评价信息系统的构建

该系统以卫星云图配合现代地学、信息科学、系统科学及计算机技术等高科技手段, 早期监测发现沙尘暴、预报沙尘暴的发生发展^[12], 并将卫星提取的沙尘暴危害的地理范围和强度信息输入到地理信息系统中, 对沙尘暴灾情进行实时评估, 并且结合沙尘暴风险评价模型, 对沙尘暴的损失进行评估, 供防灾减灾部门辅助决策使用。

该系统监测、预报与评价沙尘灾害的流程如图 3 所示。

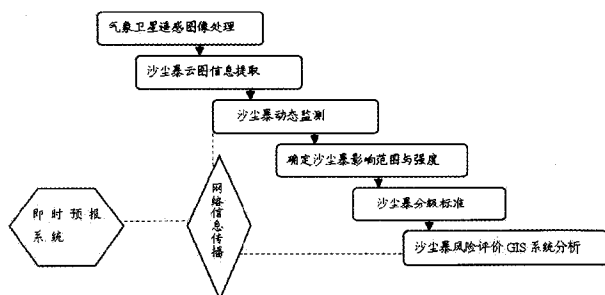


图 3 沙尘暴遥感监测与风险评价信息系统流程示意图

参考文献

[1] 孙司衡, 郑新江. 沙尘暴的卫星遥感监测与减灾服务 [M]. 测绘科学, 2000, (6): 33-36.

[2] 彭望碌, 刘湘南, 等. 遥感概论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

[3] Zheng Xinjiang etc. Study on Monitoring Chinese Sand-storm by Using NOAA.GMS-5Data[M]. Beijing: Collection Works for the Conference of Optic Remote Sensing of Atmosphere and Cloud, 1998: 163-170.

[4] 郭伦, 刘瑜, 等. 地理信息系统原理方法和应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[5] 钟政林, 等. 环境评价进展 [J]. 江苏环境科技, 1997, (1): 43-46.

[6] 许榕, 等. 环境风险评价概述 [J]. 江苏环境科技, 1996, (3): 14-16.

[7] 张继权, 冈田宪夫, 多多纳裕一. 综合自然灾害风险管理——全面整合的模式与中国的战略选择 [J]. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 29-37.

[8] Liu Xueqin, Li Ning, Xie Wei, Wu Jidong, Zhang Peng, Ji Zhonghui. The return periods and risk assessment of severe dust storms in Inner Mongolia with consideration of the main contributing factors[J]. Environ Monit Assess. 2012, (184): 5471-5485.

[9] 武健伟, 李锦荣, 邢恩德, 黄丽娜. 基于下垫面孕灾环境因子的锡林郭勒地区沙尘暴风险评价 [J]. 林业科学, 2012, 48(9): 1-7.

[10] 张业成. 论地质灾害风险评价 [J]. 地质灾害与环境保, 1996, 7(3): 1-6.

[11] Wang Ruxing, Liu Bo, Li Huiru, Zou Xueyong, Wang Jingpu, Liu Wei, Cheng Hong, Kang Liqiang, Zhang Chunlai. Variation of strong dust storm events in Northern China during 1978-2007[J]. Atmospheric Research, 2017, (183): 166-172.

[12] Norton C, Mosher F R, Hinton Bet al. A model for calculating desert aerosol turbidity over the oceans from geostationary satellite data[J]. Journal of Applied Meteorology, 1980, (19): 633-644.

(作者单位: 王 静, 东北师范大学环境学院; 邹元春, 中国科学院东北地理与农业生态研究所; 王传玲, 黑龙江八一农垦大学)