文章编号: 1004-8227(2009) 09-0881-04

基于 RS 和 GIS 的 2008 年长江中下游雪灾监测 ——以湖北省为例

梁益同,夏智宏,柳晶辉,黄 靖

(武汉区域气候中心,湖北 武汉 430074)

摘 要: 2008 年 1 月中旬至 2 月初, 我国长江中下游地区出现了大范围持续低温、雨雪、冰冻天气气候事件, 造成 了特大积雪灾害。以湖北省为例, 基于 RS 和 GIS 技术对这次雪灾进行了动态的监测评估。利用连续多天的卫星 遥感资料和积雪深度观测资料, 在 GIS 的支持下, 计算归一化差分积雪指数(NDSI), 提取积雪分布信息, 并根据不 同海拔高度, 确定了积雪深度的 NDSI 分层阈值, 实现了 3 层积雪深度(0~10、10~20 和 20~30 cm)的判识。针对 积雪区内不同的土地利用类型, 统计了不同深度的积雪面积。结果表明: 湖北省近 90% 面积被雪覆盖, 其中江汉平 原、鄂东北和鄂东南等地雪灾最为严重, 部分地区积雪深度在 20 cm 以上; 水田、旱地等农业用地以及湖泊、水库、 河渠等水系积雪最为严重, 居民点用地也有较大范围的积雪, 居民生活受较大影响; 2 月 2 日以后积雪面积逐日减 少, 到 2 月 8 日, 积雪基本融化。在上述研究基础上形成了基于 RS 和 GIS 的长江中下游积雪监测的业务流程。 关键词: 2008 年雪灾; RS 和 GIS; 归一化差分积雪指数(NDSI); 积雪深度; 土地利用 文献标识码: A

我国长江中下游及南方地区,由于地理环境和 气候背景的原因,季节性、稳定性的积雪很少出现。 2008年1月中旬至2月初,该地区出现了大范围持 续低温、雨雪、冰冻天气的气候事件,造成了特大积 雪灾害,对农业、交通、电力、通讯以及日常生活造成 了严重影响。卫星遥感资料能够较客观地反映大范 围积雪覆盖的变化和雪灾状况^[1~4]。我国北方和西 南不少省区根据各自特点利用卫星资料先后开展了 积雪监测和评估,取得较好的效果^[5~6]。但以上研 究和应用利用大多只是采用单一的遥感技术,基于 RS和 GIS 技术的雪灾监测、评估研究较为少见。 实践证明, RS 和 GIS 技术在环境调查、灾害监测评 估方面具有较好的应用^[7~9]。本文以湖北省为例, 利用 1月 29 日~ 2月 8日卫星遥感资料,在 GIS 的 支持下,针对不同的土地利用类型,对这次的特大雪 灾进行动态监测,目的是探讨基于 RS 和 GIS 的长 江中下游雪灾监测的技术方法和业务流程。

1 资料和方法

1.1 资料来源

(1) 卫星资料 全部为 EOS-MODIS 数据,通 过卫星数字视频系统(简称"DVBS")实时接收。由 于1月中旬到1月28日湖北上空基本被云覆盖,所 以无法用期间的数据来检测积雪。从1月29日开始, 湖北省内逐步转晴,部分地区地表可见,因此使用了 2008年1月29日至258日的 EOS-MODIS 数据。

(2) 地理背景资料 包括: 湖北省土地利用类型栅格数据(2005年,由TM数据分类而得,分辨率为30m),国家测绘局提供的湖北省行政边界矢量数据(比例尺为1:250000)和美国SRTM的湖北省DEM栅格数据(分辨率为90m)。这些不同分辨率的地理背景数据需要进行投影变换和重采样,使其分辨率统一为500m(与下面提及的NDSI的分辨率相匹配)。

(3) 湖北省气象站点积雪深度观测资料(1月29至2月3日)。

1.2 方法简介

(1) 积雪信息提取 归一化差分积雪指数 (NDSI) 是基于雪对可见光与短波红外波段的反射

基金项目:湖北省气象局科技发展基金重点项目(2007Z04)资助.

作者简介:梁益同(1966~),男,湖北省武汉人,高级工程师,主要从事卫星遥感应用方面研究. E-mail: yitong2007@ hot mail.com © 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

收稿日期: 2008-08-07; 修回日期: 2008-09-10

特性和反射差的相对大小的一种测量方法[10],具有 普遍的实际操作性意义,精度高,是提取积雪信息的 最佳技术手段。归一化差分积雪指数计算如下:

NDSI = (CH 4 - CH 6) / (CH 4 + CH 6) (1)

式中. CH4 和 CH6 分别是 EOS MODIS 的第 4 和第 6 通道的反射率。一般认为 NDSI ≥0.4 且 CH2(第2通道反射率)>11%时,像元可判断为积 雪。但在森林覆盖的地区,许多被雪覆盖的像元 NDSI 低于 0.4. 降低 NDSI 的积雪判断阈值才能 将无雪和被雪覆盖的森林识别出来,经过实地验证, 认为 ND SI ≥0.3 比较适用于判断湖北省林区内的 积雪。

(2) 积雪深度反演 积雪深度的反演目前尚没 有较为成熟的方法,一些学者在实际工作中发现,积 雪深度与它的反射率存在一定关系。周咏梅等[11] 提出 AVHRR 的通道 1、2 反照率差与雪深呈正相 关,通道4的亮温与雪深呈负相关,据此建立回归方 程计算青海省青南高原的积雪深度:梁天刚等^[12]曾 用AVHRR 第1和第2通道的反射率差值来区分 雪深: 延昊^[13] 利用积雪在 AVHRR 的可见光波段 和近红外波段反射率的差值建立了拟合方程提取积 雪深度;黄镇等^[14]将 NDSI 按不同阈值进行分层, 对不同雪深层次确定不同的 NDSI 阈值, 实现了新 疆地区积雪面积及3层雪深(0~10 cm、10~20 cm、 > 20 cm) 判识。

以上对雪深的反演都是在特定的区域内,且主 要采用统计方法得出,不能在地形复杂的大范围内 适用。分析湖北省 2008 年 1 月 29 日至 2 月 3 日积 雪深度观测资料发现, 平原地带一般积雪较深, 丘陵 地带次之, 高原地带较浅, 但 NDSI 的分布并非如 此。因此本文按海拔高度将该省分为3种类型区域 (200 m 以下, 200~ 500 m 和 500 m 以上), 分别建 立 NDSI 和积雪深度统计模型。统计关系表明,在 特定高程范围内 NDSI 随积雪深度的增加而增加。 据此,在参照湖北各气象台站的同期积雪深度观测 资料和野外调查基础上,反复试验,确定了该省雪深 遥感监测的NDSI分层阈值,实现了3层积雪深度(0 ~ 10、10~ 20 和 20~ 30 cm) 的遥感判识。不同海拔 高度的积雪深度的NDSI阈值判识条件见表 1。

(3) 资料处理过程 首先,对 DVBS 实时接收 EOS-MODIS 数据,利用 ENVI 对其进行投影变换、 几何校正等前期处理,获得覆盖湖北范围的分辨率 为 500 m 的 EOS-MODIS 影像数据, 计算积雪指数 NDSI。由于云的存在,某一天数据往往无法全面获

表 1 不同海拔高度的积雪深度分层的 NDSI 阈值判识条件

Tab.1 Thresholds of NDSI for Snow Deepness Grades in Different Elevation

海拔高度	不同雪深分层的 NDSI 阈值				
(m)	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 30 cm		
200 以下	0.40~ 0.55	0. 55~ 0. 68	0.68~ 1.0		
200~ 500	0.35~ 0.60	0.60~ 0.75	0.75~ 1.0		
500 以上	0.30~ 0.75	0.75~1.00	无		

取 NDSI 信息, 为此, 对相近几天的 NDSI 信息进行 合成,拼接去云后可获得较全面的 NDSI 图像。然 后根据积雪识别模型和积雪深度判别条件进行积雪 识别和积雪深度层次划分,得到积雪分布栅格图像, 再根据1:250 000湖北省行政边界的矢量数据.利用 ARCGIS 对积雪分布栅格图像进行裁剪处理,提取 湖北省行政边界内的积雪分布栅格图像,根据积雪 深度分层对积雪分布栅格图像进行掩膜处理,获得 不同积雪深度层的掩膜图像,最后,将湖北省土地利 用类型栅格数据与不同积雪深度层的掩膜图像进行 叠加分析,提取不同积雪深度层的土地利用类型分 布图,获取统计结果。数据处理流程见图1。



图 1 积雪灾害监测评估数据处理流程



2008 年湖北特大雪灾监测评估 2

2.1 积雪范围、深度分析

图 2 是利用 1 月 29 日~ 2 月 3 日的多天 EOS-MODIS 数据经过 NDSI 计算、合成拼接、积雪深度 等级划分等处理后得到的湖北积雪范围和深度分布 图,结果与实况较为接近。由图可见,湖北省大部分

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

第9期

地区被积雪覆盖,积雪主要分布在鄂东北、鄂西北、 江汉平原、鄂东南以及鄂西部分地区,积雪面积约 159 500 km²,约占该省土地总面积的 88 4%。其 中,深度在 10 cm 以下的积雪面积约96 200 km²,占 该省面积的 53 3%,主要分布在鄂西南、鄂西北和 江汉平原局部;10~20 cm 深度的积雪面积约 57 200 km²,占该省面积的 31.7%,主要分布在江 汉平原、鄂东南、鄂东北以及鄂西北部分地区;20~ 30 cm 深度的积雪面积约6 100 km²,占该省面积的 3 4%,主要分布在江汉平原、鄂东南、鄂东北。



图 2 湖北省积雪范围、深度 EOS-MODIS 监测 (2008 0 + 29~02-03)



动态监测发现,从1月29日到2月1日,积雪 面积几乎没有变化,这是因为天气尚未完全转晴,全 省平均气温在0℃以下,地表温度较低,积雪尚未融 化。从2月2日起,由于天气转晴,积雪面积逐步减 少,到2月8日,除鄂西山地的局部地区外,湖北省 大部分的积雪融化,面积为9600 km²,见图3。



图 3 2008-01-29~ 02-08湖北省积雪面积逐日变化曲线 Fig. 3 Changes of Snow Area from Jan. 29 to Feb. 3 in 2008 in Hubei

2.2 不同土地利用类型积雪覆盖分析

将湖北土地利用类型栅格数据与不同积雪深度 层的掩膜图像进行叠加分析,可获得不同土地利用 类型不同积雪深度的面积统计结果(表 2)。由表 2 可见,不同土地利用类型受积雪影响程度不同。水 田和旱地积雪覆盖最严重,积雪面积分别达 370.16 ×10⁴ 和 273 14×10⁴ hm²,积雪深度大部分在 10~ 20 cm,其中 20~ 30 cm 积雪覆盖的面积分别达 21.46×10⁴ 和 13 26×10⁴ hm²,主要分布在江汉平 原、鄂北岗地以及鄂东南和鄂东北局部地区;湖泊、 水库坑塘、河渠等水面上的积雪冰冻面积分别为 29.02×10⁴、44.77×10⁴、19.95×10⁴ hm²,积雪深度 也以 10 cm 以上为多,主要分布在江汉平原和鄂东 南等地;城乡居民点用地的积雪面积共达 54 80× 10^4 hm²,深度也大部分在 10 cm 以上,居民生活受 到较大影响;各类林地积雪面积虽然较大,但深度大 部分在 10 cm 以下。

表 2 不同土地利用奀	型旳个同深度积雪面积统计
-------------	--------------

T ab. 2 Snow Area on Different Land U se in Different Deepness

十十十日米三	不同雪深的积雪面积(×10 ⁴ hm ²)				
工地利用关型	10 cm 以下	$10\sim~20~{\rm cm}$	20~ 30 cm	合计	
水田	124.15	224.54	21.46	370.16	
旱地	120.55	139.34	13.26	273.14	
有林地	270.13	33.51	13.26	304.10	
灌木林地	143.89	17.40	0.12	161.41	
疏林地	195.21	41.63	0.69	237.53	
其它林地	2.31	0.76	0.05	3.124	
高覆盖度草地	14.84	4.64	0.36	19.84	
中覆盖度草地	16.20	2.67	0.03	18.90	
低覆盖度草地	0.70	0.30	0.01	1.01	
河渠	7.56	9.81	2.58	19.95	
湖泊	5.06	15.24	8.72	29.02	
水库、坑塘	12.59	25.73	6.45	44.77	
滩涂	2.54	6.54	1.62	10.70	
城镇与农村居民点用地	16.41	34.37	4.02	54.80	
工交建设用地	1.19	1.28	0.05	2.52	
沼泽地	0.34	1.27	0.38	2.00	
裸土地	0.02	0.07	0.00	0.09	
裸岩、石砾地	0.01	0.19	0.00	0.20	
其他类型	28.54	13.24	0.36	42.13	
合计	962.29	572.49	60.61	1 595.40	

3 小结与讨论

(1) 这次特大雪灾,使湖北省近 90% 面积被雪 覆盖,其中江汉平原、鄂东北、鄂东南等地最为严重, 部分地区积雪深度在 20 cm 以上,2月3日以后积 雪面积逐日减少,到2月8日,除极少部分山区外, 积雪基本融化。

类型不同积雪深度的面积统计结果(表 2)。由表 2
 (2)不同土地利用类型受灾程度不同。水田和
 ◎ 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

旱地等农业用地受灾最为严重;湖泊、水库河渠等水 面积雪结冰较为严重;居民点用地也有较大范围的 积雪,居民生活受严重影响。

(3) 由于复杂的地理环境和气候背景, 长江中 下游地区出现稳定性的积雪几率不大, 利用 RS 和 GIS 技术对雪灾的进行监测评估的研究并不多见。 对 2008 年湖北特大雪灾的监测评估研究表明, 利用 RS 和 GIS 技术对积雪进行动态监测评估是可行 的, 其中的技术方法和业务流程对长江中下游地区 的积雪监测评估具有一定参考意义。

参考文献:

- HALL D K, MARTINEC J. Remote sensing on ice and snow
 [M]. London: Chapman and Hall Ltd, 1985.
- [2] LUCAS R M, HARRISON A R. Snow observation by satellite: A review[J]. Remote Sensing Reviews, 1990, 4(2): 285~348.
- [3] 刘玉洁, 王丽波, 刘 诚, 等. 卫星遥感雪灾监测与分析[C]//
 牧区雪灾的分析研究.北京: 气象出版社. 1998: 100~102.
- [4] 吴杨,张佳华,徐海明,等.卫星反演积雪信息的研究进展

- [5] 傅 华,沙依然,黄 镇,等. MODIS 积雪遥感监测系统的研制
 [J]. 气象, 2007, 33(3):114~118.
- [6] 徐虹. MODIS 数据在云南省积雪监测中的应用[J]. 云南地 理环境研究, 2007, 19(1): 60~62.
- [7] 张学霞, 薄立群, 张树文. 基于 RS 和 GIS 的长白山火山灾害风 险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 47~55.
- [8] 魏显虎,杜 耘, YASUNORI NAKAYAMA,等.基于 RS/GIS
 的四湖地区湖泊水域百年变迁研究[J].长江流域资源与环境, 2005,14(3):293~297.
- [9] 王振华,马海州,周笃珺,等.南水北调雅砻江工程区自然环境 评价[J].长江流域资源与环境,2007,16(5):651~654.
- [10] 刘玉洁,杨忠东. M OD 1S 遥感信息处理原理与算法[M].北 京:科学出版社, 2001: 180~198.
- [11] 周咏梅, 贾生海, 刘 萍. 利用 NOAA-AVHRR 资料估算积 雪参量[J]. 气象科学, 2001, 21(1): 117~121.
- [12] 梁天刚, 吴彩霞, 陈全功, 等. 北疆牧区积雪图像分类与雪深反 演模型的研究[J]. 冰川冻土, 2004, 26(2): 160~165.
- [13] 延 吴. NOAA16卫星积雪识别和参数提取[J].冰川冻土, 2004, 26(3): 367~373.
- [14] 黄 镇,崔彩霞.基于 EOS/MODIS 的新疆积雪监测[J].冰川 冻土, 2006, 28(3): 343~347.

LIANG Y+tong, XIA Zh+hong, LIU Jin-hui, Huang Jing (Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074, China)

Abstract: From the middle Jan. to the beginning of Feb. in 2008, an extreme weather and climate event with continuous low temperature, snow and sleet had occurred in the middle and lower reaches of the Yangtze River. The event had caused heavy snow disaster. Taking Hubei Province as an example, the snow disaster is dynamically monitored and evaluated based on RS and GIS. Using many days of successive satellite data from EOS/ MODIS and observation data of snow depth from Hubei weather stations, the normalized difference snow index (NDSI) was calculated, and then the snow distribution information was obtained with the support of geographical information system. According to different height above sea level, the thresholds of NDSI related to the snow depth at different levels were determined, and then the recognition of three levels snow depth (0~ 10, 10~ 20 and 20~ 30 cm) was implemented. Snow areas of different depth in the different land use type were respectively counted according to different land use classification data and snow distribution data. Dynamic monitoring result of the heavy snow disaster process expressly shows that about 90% land areas in Hubei Province were covered by heavy snow, the snow disasters in Jianghan plain, northeast and southeast Hubei were the worst, snow depth in parts of region in Hubei Province was above 20 cm; heavy snow worst affects farm land such as paddy field, dry land and water body such as lake, reservoir, ditch; biggish range in residential areas was also hit by snow; since Feb. 2, 2008, the area of heavy snow had gradually reduced; after Feb. 8, 2008, heavy snow almost thawed. Based on the study above, the operation flow of heavy snow monitoring in the middle and lower reaches of the Yangtze River with the support of remote sensing and geographical information system has been formed.

Key words: snow disaster; RS and GIS, NDSI; snow depth; land use

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net