

文章编号:1004-9045(2008)01-0064-04

EOS-MODIS 数据监测暴雨洪涝灾害的技术方法

梁益同¹, 刘可群¹, 周守华², 夏智宏¹, 黄靖¹

(1. 武汉区域气候中心, 武汉 430074; 2. 荆州农业气象试验站, 荆州 434100)

摘要: 简述了 EOS-MODIS 数据用于监测洪涝灾害的优点; 采用 EOS-MODIS 的可见光和近红外波段的比值模式识别水体信息; 通过比较位于江汉平原的长湖的 2007 年遥感估算面积与实际面积, 对水体识别精度进行了检验。在此基础上, 归纳出 EOS-MODIS 洪涝灾害监测流程。同时, 通过一个实例分析了 EOS-MODIS 数据用于监测暴雨洪涝的效果。结果表明, EOS-MODIS 数据可用于监测水体和暴雨洪涝灾害, 且精度较高。最后, 指出了 EOS-MODIS 数据监测洪涝灾害存在的若干问题。

关键词: 洪涝灾害; EOS-MODIS 数据; 水体识别; 暴雨

中图分类号: P407.8 **文献标识码:** B

1 引言

暴雨能够造成洪涝灾害, 特别是对于地形复杂且河流、湖泊众多的地区, 如华中地区。洪涝灾害一旦发生, 轻则淹没大量农田、冲毁村庄, 重则造成人民群众生命财产损失。洪灾发生之后, 各级政府部门需要及时掌握相关的灾情信息, 为防汛救灾决策提供科学依据。对于灾情信息的掌握, 传统方法一般是依靠人工调查。该方法既费人力、财力和时间, 且获取的灾情信息往往是局部的, 存在一定的主观性。卫星遥感技术和计算机技术的迅速发展, 为有效监测洪涝灾害提供了先进手段。卫星遥感信息因其动态性强、区域宏观性好、数据接收处理成本低, 已成为监测洪涝的重要手段。20 世纪 80 年代以来, 国内外相继将卫星遥感信息应用于洪水监测中^[1-9]。当初, 用于洪水监测的卫星主要有两种, 一是极轨气象卫星系列, 如美国的 NOAA 系列和我国的 FY 系列, 这种卫星时间分辨率很高, 每天都可过境 2 次, 但其空间分辨率太低, 星下点为 1.1 km; 二是陆地卫星系列, 如 Landsat 系列和 SPOT 系列, 这种卫星的空间分辨率很高, 星下点达到了数十米甚至十几米, 但其时间分辨率很低, 一般十几天才过境 1 次。20 世纪 90 年代末, 美国发射了 EOS(Earth Observation System, 地球观测系统)的第一颗卫星, MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, 中分辨率成像光谱仪)是 EOS 卫星上搭载的主要传感器之一。EOS-MODIS 数据是全世界均可免费接收的唯一的分辨率成像光谱仪数据, 共有 36 个光谱波段, 光谱范围在

0.4-14.4 μm 之间, 辐射分辨率达到 12 比特, 包含 250 m、500 m 和 1 000 m 三级空间分辨率, 带宽为 2 330 km。EOS-MODIS 的可见光和近红外波段空间分辨率与极轨气象卫星相比有了很大提高, 星下点达到 250 m, 而其时间分辨率与陆地卫星系列的相比也大为提高, 每天可以过境 2 次。这些特点使 EOS-MODIS 资料成为目前大范围、高频次监测洪涝灾害较为理想的卫星遥感资料。

然而, 利用 EOS-MODIS 数据监测水体和洪涝时, 监测对象一般是较大的河流和湖泊, 如张树誉等^[6]利用 MODIS 资料对 2003 年渭河洪涝灾害进行了动态监测, 殷青军等^[7]和龟山哲等^[8]利用 EOS-MODIS 数据分别对青海湖和洞庭湖进行了遥感监测。目前, 利用 MODIS 数据对暴雨造成的局地洪涝进行监测和评估的应用研究尚不多见。另外, 华中地区是一个暴雨和洪涝灾害频发的区域, 尚未建立完善的利用 EOS-MODIS 数据监测暴雨洪涝的业务流程。为此, 本文简述了水体信息识别的原理和方法, 采用 EOS-MODIS 可见光和近红外波段的比值模式进行水体识别; 在此基础上, 提出了利用 EOS-MODIS 数据监测暴雨洪涝灾害的技术方法和业务流程。

2 EOS-MODIS 数据洪涝灾害监测的技术方法

2.1 水体信息识别原理和方法

洪涝灾害卫星遥感监测的关键在于水体信息的精确识别和提取。由地物的光谱特性可知, 水体、植被、土壤等在可见光和近红外波段的反射光谱特性有

收稿日期: 2007-12-19; 定稿日期: 2008-02-17

基金项目: 武汉区域气象中心科技发展基金重点项目(QY-Z-200705)、中国气象局风云气象卫星遥感开发与应用项目(FIDAF-2-01)共同资助

作者简介: 梁益同, 男, 1968 年生, 高级工程师, 主要从事气象卫星遥感应用技术和方法研究。E-mail: yitong2007@hotmail.com

着较大的差异。水体在近红外通道有很强的吸收, 反射率很低, 在可见光通道的反射率较近红外通道的高; 植被在可见光通道的反射率较近红外的低, 在近红外通道波长范围内, 植被的反射率明显高于水体的, 而在可见光通道波长范围内, 水体的反射率高于植被的; 土壤的反射率在可见光通道波长范围要高于植被和水体的, 在近红外通道则高于水体而低于植被的。利用典型地物的这些光谱特征, 在可见光和近红外波段设定阈值, 一般就可识别水体信息。在暴雨洪涝发生期间, 水体的反射率由于其杂物及泥沙含量增多而增强, 同时土壤的反射率由于其含水量增加而减

弱, 这使水体和土壤的区分变得复杂。这时, 如果采用可见光和近红外比值增强模式^[9], 就可达到突出水体信息、抑制陆地(包括植被和土壤)信息的目的, 将水体从陆地中识别出来。其比值增强模式如下:

$$R=k \times(CH_2/CH_1) \quad (1)$$

式 (1) 中, R 为比值植被指数; CH₁、CH₂ 分别为 MODIS 可见光和近红外波段的反射率; k 为放大倍数, 取 100。

为了说明比值模式识别水体的优势, 在 MODIS 图像中选取一个包含水体和陆地两种目标的 100 ×100 像元区域, 分析其不同通道的直方图(图 1)。

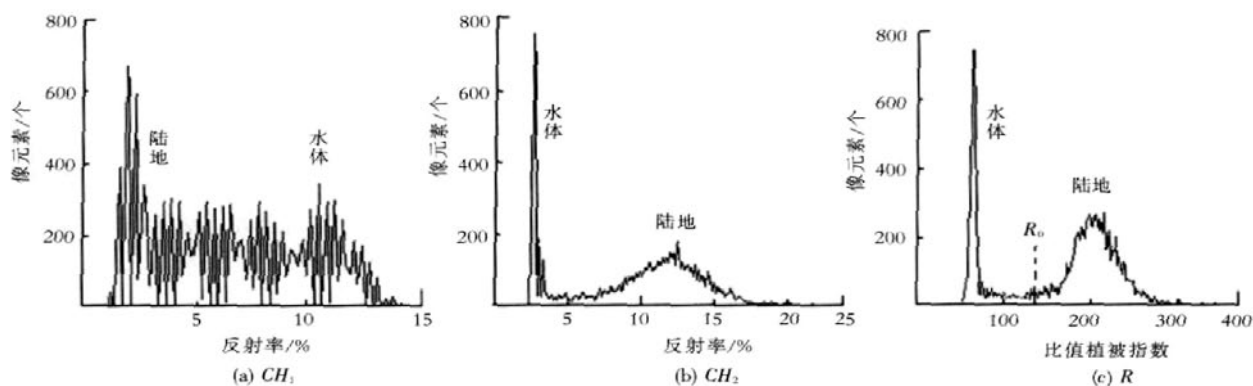


图 1 EOS-MODIS 不同通道和比值模式图像的直方图

图 1a 中, CH₁ 直方图水体和陆地像元分布相互交错, 难以区分; 图 2b、c 中, 水体和陆地像元分布各自形成一个波峰, 容易区分; 图 1c 的比值直方图与图 1b 的相比, 两峰更加陡峭, 距离拉得更远。图 1 说明了比值模式能够增大水体和陆地的差异, 更有利于识别水体。在比值直方图上选取适当的阈值 R₀(图 1c)即可区分水体和陆地。这里, R₀ 为比值植被指数水陆区分阈值, R₀ 一般应位于水体和陆地之间的波谷的最低处, 但具体值可通过目视解译, 或根据经验进行人机交互来确定。

比值增强方案不仅能有效识别晴空条件下的水体, 且对薄云覆盖下的水体和陆地也具有较好的区分效果。需要说明的是, 比值增强方案无法区分厚云和水体, 因为厚云和水体的比值均位于直方图的低值区, 但厚云在 CH₁ 和 CH₂ 有较高的反射率, 明显高于陆地和水体的反射率, 利用这些特点可区分厚云和水体。

2.2 水体面积计算

在遥感图像上, 某一像元对应着地球表面上某一梯形。有研究表明^[9], 该梯形面积计算公式为

$$S = \frac{2b^2 \cdot \Delta L}{\rho} \cdot [A \sin(\Delta B/2) \cos(B_m) - B \sin(3\Delta B/2) \cos(3B_m) + C \sin(5\Delta B/2) \cos(5B_m) -$$

$$D \sin(7\Delta B/2) \cos(7B_m) + \dots] \quad (2)$$

式(2)中, B=B₂-B₁, 为像元纬向差; B_m=(B₂+B₁)/2; L=L₂-L₁, 为像元经向差; b 为地球短半轴(6 356.863 km); ρ=180°; A、B、C、D 均为系数, A=1.0033636057, B=112.4027 ×10⁻⁵, C=1.6989 ×10⁻⁶, D=0.27 ×10⁻⁶。在计算像元面积的基础上, 可以统计水体面积。

2.3 水体识别精度的检验

为了检验 EOS- MODIS 提取水体信息的精度, 将 2007 年武汉区域气候中心一值班员对位于湖北江汉平原的长湖的遥感估算面积与实际面积进行对比, 其结果见表 1。表 1 中, 水位数据由水利部门提供, 实际面积是根据长湖水位与面积的关系推算而来 (因无法获取长湖同期的真实面积), 绝对误差为遥感面积与实际面积之差的绝对值, 相对误差为绝对误差与实际面积比值的百分率。

由表 1 可知, 在共 20 次遥感估算结果中, 最大相对误差为 15.6%, 平均相对误差为 7.04%, 这表明 EOS- MODIS 数据用于监测水体具有较高的精度, 在业务上是可行的。

2.4 EOS- MODIS 洪涝灾害监测流程

水体信息识别之后, 将暴雨前后的水体信息进行比较, 并叠加地理信息, 就可获得暴雨洪涝灾情分布

表 1 2007 年不同时间江汉平原长湖面积
遥感估算结果与其实际面积的对比

日期 (日/月)	水位 /m	实际面积 /km ²	遥感面积 /km ²	绝对误差 /km ²	相对误差 /%
1/2	30.78	126.0	131.55	5.55	4.40
5/2	30.85	127.5	122.59	4.91	3.85
27/3	31.33	134.0	144.07	10.07	7.51
29/3	31.30	133.0	133.56	0.56	0.42
5/4	31.12	130.5	146.87	16.37	12.54
10/4	31.10	130.0	128.10	1.90	1.46
19/4	30.43	120.0	126.24	6.24	5.20
30/4	30.58	123.0	136.35	13.35	10.85
4/5	30.57	123.0	137.42	14.42	11.72
16/6	30.20	117.5	127.17	9.67	8.23
7/7	31.32	134.0	144.66	10.66	7.96
31/7	32.70	153.0	139.27	13.73	8.97
14/8	32.06	144.0	136.88	7.12	4.94
16/9	31.68	138.0	138.81	0.81	0.59
18/9	31.62	137.5	129.69	7.81	5.68
20/9	31.53	137.0	117.07	19.93	14.55
4/10	31.06	130.0	109.79	20.21	15.56
6/10	30.99	129.7	129.79	0.09	0.07
9/10	30.88	127.6	121.49	6.11	4.79
5/11	30.49	122.5	136.54	14.04	11.46

信息。而在此之前,需要对接收到的 EOS/MODIS 数据做预处理(包括定位处理、定标处理和投影变换),生成区域图像,以备洪涝灾害监测之用。EOS/MODIS 洪涝灾害监测的业务流程如图 2 所示。

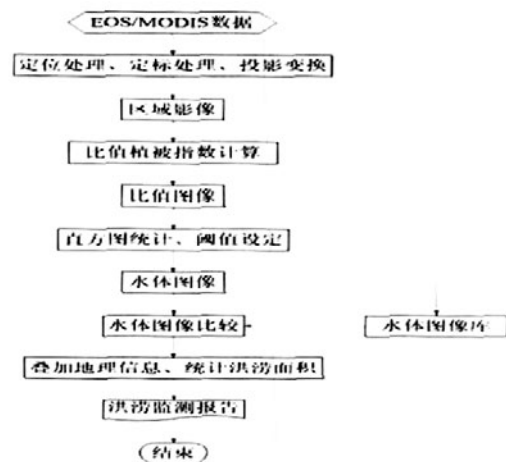


图 2 EOS/MODIS 数据洪涝灾害监测的业务流程

3 应用实例

2007 年 7 月 12~14 日,湖北省梅雨期尚未结束,江汉平原、鄂东北地区出现一次强降雨过程,有 9 站下了大暴雨,1 站下了特大暴雨。受此影响,上述地区发生不同程度的洪涝灾害。7 月 18 日,上述地区天气转晴,云量较少,有利于开展洪涝卫星监测。选取当天 10 时 46 分 EOS-MODIS 图像进行水体识别,获得暴雨后的水体分布信息,再选取暴雨前云量较少的两天(7 月 10 日、7 月 4 日)的 MODIS 图像进行水体识别,获得暴雨前水体分布信息。将暴雨前后水体信息进行对比分析,并叠加各县市边界,可得到 EOS-MODIS 洪涝灾害监测图像(图 3)。从图 3 中可见,江汉平原和鄂东北部分县(市、区)洪涝灾害较为严重。

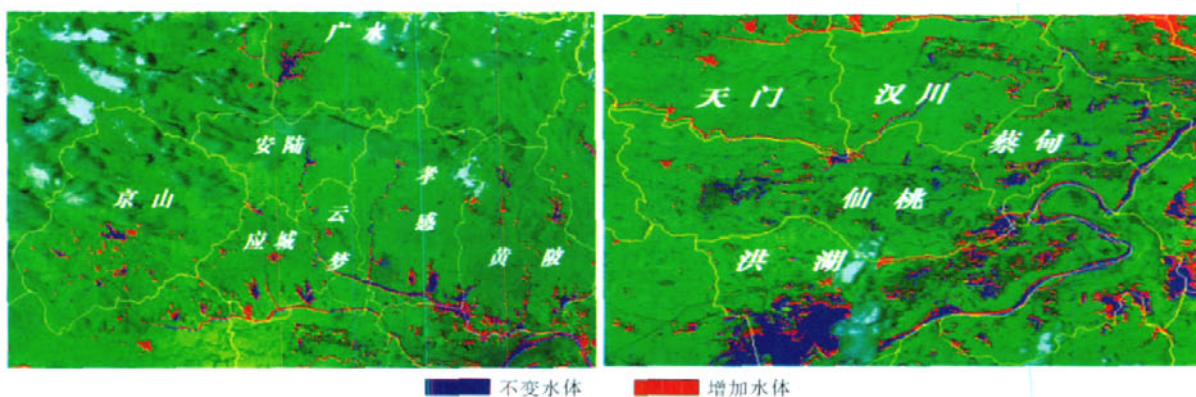


图 3 2007 年 7 月 18 日 EOS-MODIS 洪涝监测图像与暴雨前的 7 月 10 日(a)、7 月 4 日(b)监测图像的比较

另外,分别计算 2007 年 7 月 18 日、7 月 10 日、7 月 4 日 EOS-MODIS 监测的灾情较重的部分县(市)的水体面积,可获得此次暴雨过程前后的水体面积变化,结果见表 2。其中, S 是水体增加面积,即 7 月 18 日监测的水体面积(S_1)与 7 月 10 日(S_2)或 7 月 4 日(S_3)监测的水体面积之差($S=S_1-S_2$ 或 S_1-S_3)。

对照土地利用信息,从图 3 和表 2 中可以看出,

在鄂东北,灾情主要发生在中小河流及水库,其中汉北河流域和府河流域灾情较严重;江汉平原的主要灾害是农田渍涝,其中仙桃、洪湖、蔡甸等县(市、区)相对较为严重。

4 讨论

EOS-MODIS 数据因其信息的时空分辨率高、动

表 2 2007 年 7 月 18 日、7 月 10 日、7 月 4 日湖北省部分县(市) 水体面积的 EOS-MODIS 监测结果

县(市)名	S ₁ /km ²	S ₂ /km ²	S ₃ /km ²	S/km ²
京山	67.60	19.18	/	48.42
天门	104.83	8.42	/	96.41
应城	67.74	18.01	/	49.73
汉川	78.50	12.00	/	66.50
广水	46.07	24.45	/	21.62
安陆	12.13	5.27	/	6.86
孝感	100.05	48.48	/	51.57
黄陂	144.98	44.64	/	100.34
蔡甸	119.15	/	67.93	51.22
仙桃	133.39	/	69.16	64.23
洪湖	587.45	/	403.75	183.70

态性强、区域宏观性好、处理成本低,在监测暴雨洪涝灾害上有较大优势。本文利用 EOS-MODIS 数据,采用 MODIS 近红外和可见光波段的比值模式来识别水体信息,进而通过比较不同时期的水体信息变化,就可获得暴雨洪涝灾害的分布信息。实例分析结果表明, EOS-MODIS 数据不仅可用于监测洪涝灾害,且其精度较高。当然,使用 EOS-MODIS 数据监测洪涝灾害也存在若干问题。其主要包括:(1)由于水体识别的阈值调整存在一定的主观因素,不同值班员之间的估算结果难免会有误差,即使同一值班员对不同时期的估算也存在不同误差;(2)洪涝发生时往往存在大量的水陆混合像元,如何识别并精确提取混合像元中的水体信息,尚需进一步开展相关研究;(3)在云覆盖较严重的情况下,卫星无法获取来自地面的信息,导致洪涝灾害无法被有效监测。

目前,随着以遥感系统(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)组合的 3S 技术的迅速发展,一种全方位、多平台、多角度、多时相的洪涝灾害综合监测系统日渐形成。如彭定志等^[9]2004 年推出了一种基于 MODIS 和 GIS 的洪灾监测评估系统;魏显虎等^[10]从 2000 年以来开展了基于 RS/GIS 的四湖地区湖泊水域百年变迁研究,并取得若干有意义的结果。由此可预见,有关洪灾监测评估系统的研制成功和科研成果的取得,将使上述问题的解决、EOS-MODIS 洪涝灾害监测精度的提高成为可能。

参考文献:

- [1] 曹述互,丁力,肖清福.应用气象卫星图像监测辽河洪水[J].遥感信息,1987(3):42.
- [2] Barton I J, Bathols J M. Monitoring floods with AVHRR [J]. Remote Sensing of Environment, 1989, 30(1):89-94.
- [3] 陆家驹,李士鸿.TM 资料水体识别技术的改进[J].环境遥感,1992,7(1):17-23.
- [4] 侯常恭.用气象卫星信息监测黑龙江春涝[J].遥感信息,1989(3):4-7.
- [5] 盛永伟,肖乾广,陈维英.应用 FY-1B 气象卫星监测 1991 年江淮洪水的研究[J].环境遥感,1994,9(3):228-233.
- [6] 张树誉,李登科,李星敏,等.MODIS 资料在 2003 渭河洪涝灾害动态监测中的应用[J].气象科学,2005,25(2):173-178.
- [7] 殷青军,杨英莲.基于 EOS/MODIS 数据的青海湖遥感监测[J].湖泊科学,2005,17(4):356-36.
- [8] 龟山哲,张继群,王勤学,等.应用 Terra/MODIS 卫星数据估算洞庭湖蓄水量的变化[J].地理学报,2004,59(1):88-94.
- [9] 彭定志,郭生练,黄玉芳,等.基于 MODIS 和 GIS 的洪灾监测评估系统[J].武汉大学学报(工学版),2004,37(4):7-10.
- [10] 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):293-29.

The Technical Methods of Monitoring Flood Disaster Due to Torrential Rain Using EOS-MODIS

LIANG Yi-tong¹, LIU Ke-qun¹, ZHOU Shou-hua², XIA Zhi-hong¹, HUANG Jing¹

(1.Wuhan Regional Climate Centre, Wuhan 430074;

2.Jingzhou Agro-meteorological Experiment Station of Hubei Province, Jingzhou 434100)

Abstract: The advantages of EOS-MODIS data for monitoring flood disaster are firstly introduced. The information of water body is identified from MODIS images based on the ratio of NIR (near infrared) to VIS (visible light). The precision of identifying is verified by comparing the estimating area with the actual area of Chang Lake in Jiangnan Plain in 2007. Based on the above analysis, the flow of monitoring is concluded. Then the monitoring effects are analyzed by a practical instance. The result indicates that it is feasible to monitor water body and flood disaster by using EOS-MODIS data, and the monitoring precision is very satisfying. Finally, several existing problems are put forward.

Key words: Flood disaster; EOS-MODIS data; identifying water body; Torrential rain