

doi: 10. 6046/gtzyyg. 2015. 04. 12

引用格式: 马丽云,李建刚,李帅. 基于 FY-3/MERSI 数据的新疆融雪性洪水灾害监测[J]. 国土资源遥感,2015,27(4):73-78. (Ma L Y, Li J G, Li S. Snowmelt flood disaster monitoring based on FY-3/MERSI in Xinjiang[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(4): 73-78. )

# 基于 FY-3/MERSI 数据的新疆融雪性洪水灾害监测

马丽云<sup>1</sup>, 李建刚<sup>2</sup>, 李 帅<sup>1</sup>

(1. 乌鲁木齐气象卫星地面站, 乌鲁木齐 830011; 2. 新疆气象台, 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 基于风云 3 号(FY-3)卫星中分辨率成像光谱仪(medium resolution spectral imager, MERSI)数据的归一化差异水体指数(normalized difference water index, NDWI)和基于蓝光波段的归一化差异水体指数(normalized difference water index based on blue light, NDWI-B),通过直方图分析获取了水体指数判识阈值,并对新疆北疆沿天山一带 2009—2011 年发生的融雪性洪水灾害天气进行了监测。对比基于环境 1 号卫星 CCD 数据的监测结果表明:利用 FY-3/MERSI 的 250 m 空间分辨率数据可实现对新疆融雪性洪水灾害的监测,其中利用 FY-3/MERSI NDWI-B<sub>FY</sub> 数据的判识效果最好。

**关键词:** 风云 3 号(FY-3); 融雪性洪水; 归一化差异水体指数(NDWI-B); 新疆

**中图法分类号:** TP 79    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1001-070X(2015)04-0073-06

## 0 引言

在洪涝灾害发生时,快速、动态、准确地提取水体信息并确定洪水淹没区域和受灾程度,对政府开展救援工作有着十分重要的意义。遥感技术以其高重复频率和大范围观测能力,为决策部门提供了大量洪涝地区淹没过程的实时信息。闫强等<sup>[1]</sup>利用 SWAT 模型(soil and water assessment tool)和 TM/ETM<sup>+</sup>图像提取了乌兰乌拉湖水体面积;周成虎等<sup>[2]</sup>提出基于光谱知识的 AVHRR 影像水体自动提取描述模型,并将其应用于太湖、淮河和渤海等地区;曲伟等<sup>[3]</sup>利用 HJ 星数据和 ETM<sup>+</sup>数据比较了基于蓝光波段的归一化差异水体指数(normalized difference water index based on blue light, NDWI-B)和归一化差异水体指数(normalized difference water index, NDWI)提取水体的效果;杨斌等<sup>[4]</sup>分析了植被、城镇、土壤及水体等典型地物在中分辨率成像光谱仪(medium resolution spectral imager, MERSI)图像上的表现特征,进而提出 NDWI 结合红外通道的归一化差异水体指数的扩展模型,提高了水体判识在城镇区域的准确率,为提高洪涝判识的准确度提供了借鉴;胡卫国等<sup>[5]</sup>用归一化植被指数和 NDWI 进

行龙羊峡库区水体信息提取,提出了决策树水体信息提取方法。新疆地区洪水主要受降水、气温及山区积雪 3 个因素影响,不同情况产生不同类型的洪水。按其成因和灾害特点可分为暴雨型洪水、升温型洪水、暴雨升温型洪水及溃决型洪水等 4 种类型。新疆融雪性洪水是洪水灾害的一种特殊类型,属于季节性积雪融雪性洪水,也是暴雨升温型洪水的一种,主要发生在天山山区北部阿勒泰山区和准噶尔西部山区春季。有关新疆融雪性洪水研究有很多,但运用卫星监测融雪性洪水灾害的研究较少。本文基于以往学者对水体提取的研究经验<sup>[6]</sup>,利用 FY-3 卫星 250 m 空间分辨率数据,对新疆积雪性洪涝灾害进行了监测研究。

## 1 数据分析及预处理

### 1.1 研究区概况和数据源

研究区位于北疆沿天山一带,属温带大陆性干旱气候,降水稀少且四季分布不均。北部塔城地区的额敏河和西部伊犁地区的伊犁河分支喀什河均为内陆河;东南部乌鲁木齐地区地处天山北麓中段,是准噶尔盆地南缘的内陆河流域,流域内有乌鲁木齐河、头屯河、白杨河、阿拉沟及柴窝铺湖 5 个水系。

收稿日期: 2014-06-11; 修订日期: 2014-07-30

基金项目: 国家自然科学基金项目“新疆积雪消融与产流机制研究”(编号: 41271098)、中国沙漠气象科学研究基金项目“基于 SWAP 系统的新疆暴雨应用研究”(编号: SQJ2013011)、气象关键技术集成与应用项目“新疆长序列积雪遥感数据集建设与应用”(编号: CMAGJ2014M62)及自治区科技援疆项目“北疆雪水资源遥感监测分析服务平台建设”(编号: 2013911104)共同资助。

本文所用地面数据来源于新疆维吾尔自治区气象局信息中心——2009 年 2 月和 2011 年 2—5 月塔城地区的额敏河、伊犁地区伊犁河分支喀什河以及准噶尔盆地南缘内陆河流域的积雪参数野外观测数据,实测点位置如图 1 所示。

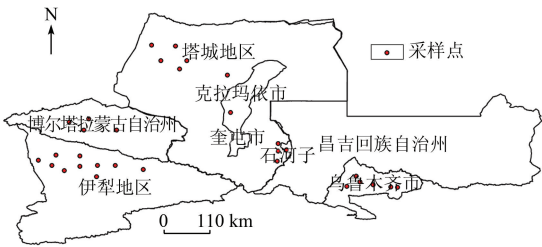


图 1 北疆实测样点位置示意图

Fig.1 Schematic diagram of measured sample locations in the region of Northern Xinjiang

本文所用遥感数据有 FY-3/MERSI 数据和 2011 年 4 月 9 日覆盖乌鲁木齐地区的 HJ-CCD 数据。MERSI 有 20 个通道,其中 250 m 空间分辨率的有 5 个通道,各通道参数见表 1。

表 1 MERSI 仪器 250 m 分辨率通道主要参数

Tab.1 Main parameters of 250 m resolution channels in MERSI equipment

| 通道  | 中心波长/ $\mu\text{m}$ | 光谱带宽/ $\mu\text{m}$ | 空间分辨率/m |
|-----|---------------------|---------------------|---------|
| CH1 | 0.47                | 0.05                | 250     |
| CH2 | 0.55                | 0.05                |         |
| CH3 | 0.65                | 0.05                |         |
| CH4 | 0.865               | 0.05                |         |
| CH5 | 11.25               | 2.50                |         |

1.2 主要地物的光谱特征分析

以乌鲁木齐地区为例,选择 2011 年 4 月 9 日覆盖该地区 250 m 空间分辨率的 MERSI 数据对城镇、植被、云阴影和水体 4 类典型地物进行采样,采样 63 个,其分布如图 2 所示。

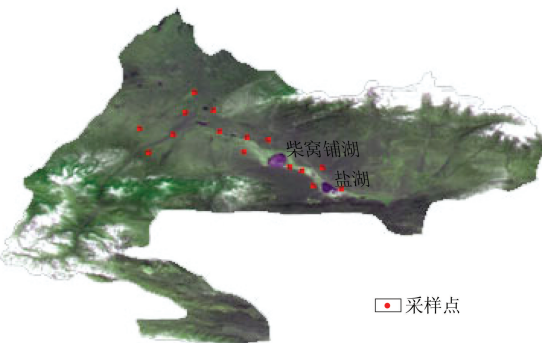


图 2 FY-3/MERSI B4(R) B3(G) B2(B) 彩色合成图像和样点位置示意分布

Fig.2 FY-3/MERSI color composite of B4(R) B3(G) B2(B) remote sensing image and schematic distribution of sample points

4 类典型地物的光谱特征曲线如图 3 所示。

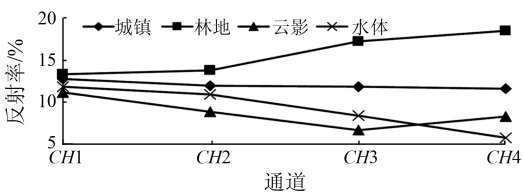


图 3 典型地物光谱特征曲线

Fig.3 Typical surface spectral characteristic curves

从图 3 可以看出,CH1 通道的 DN 值为  $DN_{城镇} > DN_{植被} > DN_{水体} > DN_{云阴影}$ ; CH2 通道的 DN 值为  $DN_{植被} > DN_{城镇} > DN_{水体} > DN_{云阴影}$ ; CH3 通道的 DN 值为  $DN_{植被} > DN_{城镇} > DN_{水体} > DN_{云阴影}$ ; CH4 通道的 DN 值为  $DN_{植被} > DN_{城镇} > DN_{云阴影} > DN_{水体}$ 。250 m 可见光波段,各类地物 DN 值满足  $CH1 > CH2 > CH3$ 。CH4 近红外波段范围内植被和城镇反射率高出水体反射率值<sup>[7]</sup>,云阴影反射率稍高于水体。除水体外,其他 3 类地物光谱值满足  $CH4 > CH3$ 。因此,选择 CH4 通道数据用于判别水体。

1.3 遥感数据预处理

对 FY-3/MERSI 数据进行地图投影和几何纠正等预处理。将 FY-3/MERSI 空间分辨率 250 m 数据 HDF(hierarchical data format,可以存储不同类型的图像和数码数据的文件格式)数据叠加地理信息,并进行几何纠正;然后,转投影数据 LDF(laser doppler flowmetry,LDF 是 SQL server 数据库的日志文件);裁切影像数据;最后进行波段运算。

选取 2011 年 4 月 9 日乌鲁木齐地区 HJ-CCD (HJ-1A/B)分辨率 30 m 数据(图 4),并参照 2010 年乌鲁木齐 Landsat 5 TM 图像对其进行几何精纠正,误差小于 0.5 个像元。控制点 GCP 主要选在乌鲁木齐柴窝铺湖和盐湖周围,重采样方法为双线形内插(bilinear interpolation)。利用矢量文件进行图像掩模,去除与本研究无关的其他地物,提出测试研究的融雪型洪水区域。



图 4 HJ-CCD B4(R) B3(G) B2(B) 彩色合成图像  
Fig.4 HJ-CCD color composite of B4(R) B3(G) B2(B) remote sensing image

2 洪水灾害监测原理

2.1 监测方法及流程

选取 2009 年 3 月 18 日、2010 年 4 月 11 日、2011 年 4 月 9 日 FY-3A/MERSI 和 HJ-CCD 数据,针对塔城地区额敏河、伊犁地区伊犁河分支喀什河、乌鲁木齐河和昌吉回族自治州的玛纳斯河等河流,应用时间分辨率较高的 FY-3A/MERSI 数据,对水体进行自动识别;然后,运用空间分辨率较高的 HJ-CCD 数据,引入 NDWI-B 模型,确定阈值,判识水体,比较其精度。具体流程如图 5 所示。



图 5 监测方法流程图

Fig. 5 Flow chart of monitoring methods

2.2 监测指数的计算

归一化指数可以在一定程度上消除太阳高度角、卫星天顶角及大气辐射产生的影响,有效识别目标物<sup>[8-9]</sup>。本文利用 FY-3A/MERSI 和 HJ-CCD 各自通道 CH1、CH2、CH4 数据计算 NDWI<sup>[10]</sup>和 NDWI-B<sup>[11-12]</sup>指数,即

$$NDWI = (CH2 - CH4) / (CH2 + CH4), \quad (1)$$

$$NDWI - B = (CH1 - CH4) / (CH1 + CH4)。 \quad (2)$$

2.3 归一化差异水体指数阈值的选取

选取 2011 年 4 月 9 日乌鲁木齐地区 FY-3A/MERSI 和 HJ-CCD 数据,计算得到图 6。

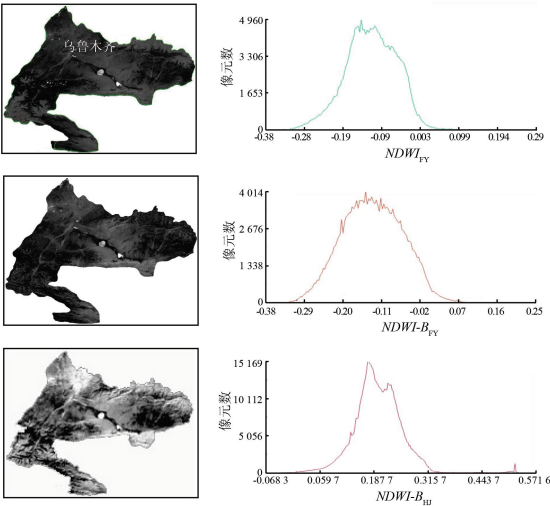


图 6 FY-3/MERSI NDWI<sub>FY</sub> (上), NDWI-B<sub>FY</sub> (中) and HJ-CCD NDWI-B<sub>HJ</sub> (下) 指数及其直方图  
Fig. 6 FY-3/MERSI NDWI<sub>FY</sub> (above), NDWI-B<sub>FY</sub> (middle) and HJ-CCD NDWI-B<sub>HJ</sub> (below) index and its histogram

从图 6 可以看出, FY-3A/MERSI 数据 NDWI 指

数(即 NDWI<sub>FY</sub>)上有 3 个峰值,峰值出现在 NDWI<sub>FY</sub> 较小的区域,应为类型较复杂的背景地物,而 NDWI<sub>FY</sub> 值较大的部分为水体和湿地,故阈值选取为 0.02; FY-3A/MERSI 数据 NDWI-B 指数(NDWI-B<sub>FY</sub>)直方图中在 NDWI-B<sub>FY</sub> 低值区也有 1 个很明显峰值,也是背景地物的反映,而 NDWI-B<sub>FY</sub> 值较大的部分为水体和湿地,所以阈值选取为 0.01; HJ-CCD 数据 NDWI-B 指数(NDWI-B<sub>HJ</sub>)直方图上情况类似,通过选取适当阈值可以把地物分为 2 类, NDWI-B<sub>HJ</sub> 指数值大的类别是水体和湿地, NDWI-B<sub>HJ</sub> 指数值小的类别是其他背景地物,阈值确定为 0.14。

3 监测结果与分析

2011 年 4 月 9 日新疆乌鲁木齐地区乌鲁木齐河 FY-3A/MERSI 数据和 HJ-CCD 数据水体判识结果及其相应阈值如图 7 所示。



图 7 乌鲁木齐河 HJ-CCD (左) 和 FY-3A/MERSI (右) 的水体判识结果  
Fig. 7 Identification results of Urumqi river of HJ-CCD (left) and FY-3A/MERSI (right)

用 NDWI-B<sub>FY</sub> 指数提取出的塔城额敏河范围叠加在 FY-3A/MERSI 图像上,可以很清晰地看到该河流洪涝的情况(图 8)。

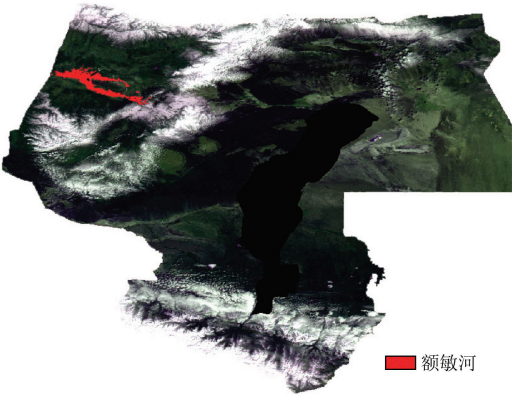


图 8 NDWI-B<sub>FY</sub> 提取出的塔城地区额敏河与 FY-3A/MERSI 图像的叠加

Fig. 8 Superposition of Emin River in Tacheng extracted by NDWI-B<sub>FY</sub> and FY-3A/MERSI image

基于 2009—2011 年 FY-3A/MERSI 和 HJ-CCD 数据采用不同水体指数模型判识洪水面积的提取结果如表 2 所示。

表 2 HJ - CCD 和 FY - 3A/MERSI 洪涝水体面积判识结果

Tab.2 Flood water area identification results of HJ - CCD and FY - 3A/MERSI

| 洪水后数据时相<br>和数据源                 | 空间分辨率/m | 河流湖泊  | 洪水后面积/km <sup>2</sup> |             | 洪水前面积/km <sup>2</sup><br>及其数据时相 |
|---------------------------------|---------|-------|-----------------------|-------------|---------------------------------|
|                                 |         |       | NDWI 模型               | NDWI - B 模型 |                                 |
| 2009 - 03 - 18<br>HJ - CCD      | 30      | 柴窝铺湖  |                       | 42.7        |                                 |
|                                 |         | 乌鲁木齐河 |                       | 610.7       |                                 |
|                                 |         | 喀什河   |                       | 2 760.5     |                                 |
| 2009 - 03 - 18<br>FY - 3A/MERSI | 250     | 柴窝铺湖  | 32.8                  |             | 49.3 (2009 - 03 - 05)           |
|                                 |         | 乌鲁木齐河 | 501.5                 |             | 400.4 (2009 - 03 - 05)          |
|                                 |         | 喀什河   | 2 049.1               | 3 549.1     | 1 608.8 (2009 - 03 - 05)        |
| 2010 - 04 - 11<br>HJ - CCD      | 30      | 柴窝铺湖  |                       | 43.1        |                                 |
|                                 |         | 玛纳斯河  |                       | 11 980.9    |                                 |
|                                 |         | 额敏河   |                       | 341.5       |                                 |
| 2010 - 04 - 11<br>FY - 3A/MERSI | 250     | 柴窝铺湖  | 37.3                  |             | 44.0 (2010 - 04 - 02)           |
|                                 |         | 玛纳斯河  | 10 947.5              | 19 472.5    | 482.0 (2010 - 04 - 02)          |
|                                 |         | 额敏河   | 272.8                 |             | 269.0 (2010 - 04 - 06)          |
| 2011 - 04 - 09<br>HJ - CCD      | 30      | 柴窝铺湖  |                       | 42.6        |                                 |
|                                 |         | 乌鲁木齐河 |                       | 5 670.1     |                                 |
| 2011 - 04 - 09<br>FY - 3A/MERSI | 250     | 柴窝铺湖  | 39.3                  |             | 42.9 (2011 - 04 - 02)           |
|                                 |         | 乌鲁木齐河 | 539.9                 | 6 510.6     | 505.4 (2011 - 04 - 02)          |

由表 2 可以看出,NDWI - B<sub>FY</sub> 指数模型提取的洪水面积 > NDWI - B<sub>HJ</sub> 模型提取面积 > NDWI<sub>FY</sub> 模型提取面积,其中采用 NDWI - B<sub>FY</sub> 指数模型判识水体面积最大,判识结果与实际洪水灾害分布数据最接近,应用效果较好。

由 FY - 3A/MERSI 数据判识 2009 年 3 月 18 日新疆发生洪水地区的乌鲁木齐河面积为 501.5 km<sup>2</sup>,洪水发生前面积为 400.4 km<sup>2</sup>,明显增大 101.1 km<sup>2</sup>。伊犁哈萨克自治州伊犁河的分支额敏河也是由洪水前 1 608.8 km<sup>2</sup> 增大至洪涝发生时的 2 049.1 km<sup>2</sup>,河流面积明显增大;2010 年 4 月 11 日塔城额敏河由洪水前 269.0 km<sup>2</sup> 增大至洪涝发生时 272.8 km<sup>2</sup>。

4 结论与讨论

新疆北疆沿天山一带地区融雪性洪水的形成过程与前期气温和大尺度降水天气有直接关系,冬季积雪是产生洪水的物质来源。根据 FY - 3A/MERSI 和 HJ - CCD 两种数据获取的 NDWI,确定判识阈值,对不同地区洪涝水体面积进行判识,可以直观地反映出该时段不同区域洪涝的情况,为抗洪救灾提供依据。本研究得出以下结论:

- 1) 基于 FY - 3A/MERSI 数据,运用 NDWI 对融雪性洪水灾害进行监测是可行的。
- 2) 借鉴以往学者对水体提取的研究经验,结合环境减灾小卫星的数据特点,采用 HJ - CCD 数据 NDWI - B 监测融雪性洪水灾害天气,不仅可以准确提取大范围水体,还可以区分小范围水体。本研究对比不同水体指数判识洪涝水体面积的结果表明,

运用 NDWI - B<sub>FY</sub> 判识面积大于运用 NDWI - B<sub>HJ</sub> 或 NDWI<sub>FY</sub> 的判识面积,且与实际洪水灾害数据最接近,应用效果最好。

3) 被动微波可全天候不受云层影响获取雪层信息和穿透雪层获取地表信息,但其空间分辨率较低还难以准确获取积雪空间信息。FY - 3A/MERSI 数据 250 m 与 HJ - CCD 数据分辨率和光谱范围都有一定的区别,阈值确定有一定程度的不准确性<sup>[13-16]</sup>。水体指数判断阈值的选取因地制宜,本文在综合研究的基础上确定 NDWI - B<sub>FY</sub> 指数的阈值选为 0.01,NDWI - B<sub>HJ</sub> 指数的阈值为 0.14,并取得了较好的效果。

4) 限于各种条件,本次研究没有对混合水体(纯水体、浑浊水体和湿地)进行区分研究;另外因湖泊面积变化与影响洪涝的因素没有线性关系,判识过程与河流有区别<sup>[17-19]</sup>,本文也未作研究。由于新疆地区水体流域面积不大,洪水多形成于山区,但融雪和降雨混合性洪水过程长、灾害大,应用 FY - 3A/MERSI 数据对洪涝影像进行判识,能为决策部门提供大量的洪涝地区淹没过程的实时信息<sup>[20]</sup>。

5) 雪水当量是反映地表积雪量变化的重要因子,也是融雪性洪水灾害区地表水文模型和气候模型中的一个重要参数。MODIS 和 FY - 3A/MERSI 等可见光 - 短波红外遥感数据能较准确地获取晴空条件下较高空间分辨率的雪盖信息,但应用于反演雪水当量的研究较少,今后的研究可以分析不同深度积雪光谱特征,挖掘雪深响应波谱范围,确定对应 FY - 3A/MERSI 通道,基于实测雪压建立 FY - 3A/MERSI 雪压算式和反演雪水当量、雪层深度的模型<sup>[21-24]</sup>。

志谢:感谢国家卫星气象中心杨昌军博士对本文的指导和帮助。

## 参考文献(References):

- [1] 闫强,廖静娟,沈国状.近40年乌兰乌拉湖变化的遥感分析与水文模型模拟[J].国土资源遥感,2014,26(1):152-157. doi:10.6046/gtzyyg.2014.01.26.
- Yan Q, Liao J J, Shen G Z. Remote sensing analysis and simulation of change of Ulan Ul Lake in the past 40 years[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2014, 26(1): 152-157. doi:10.6046/gtzyyg.2014.01.26.
- [2] 周成虎,万庆,黄诗峰,等.基于GIS的洪水灾害风险区划研究[J].地理学报,2000,55(1):15-24.
- Zhou C H, Wan Q, Huang S F, et al. A GIS-based approach to flood risk zonation[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(1): 15-24.
- [3] 曲伟,路京选,李琳,等.环境减灾小卫星影像水体和湿地自动提取方法研究[J].遥感应用,2011,6(4):28-33.
- Qu W, Lu J X, Li L, et al. Research on automatic extraction of water bodies and wetlands on HJ satellite CCD images[J]. Remote Sensing Applications, 2011, 6(4): 28-33.
- [4] 杨斌,李文慧.基于NDWI和热红外混合的水体识别方法[J].淮阴师范学院学报:自然科学版,2012,11(4):362-366.
- Yang B, Li W H. Water recognition based on NDWI and thermal infrared[J]. Journal of Huaiyin Teachers College: Natural Science, 2012, 11(4): 362-366.
- [5] 胡卫国,孟令奎,张东映,等.资源一号02C星图像水体信息提取方法[J].国土资源遥感,2014,26(2):43-47. doi:10.6046/gtzyyg.2014.02.08.
- Hu W G, Meng L K, Zhang D Y, et al. Methods of water extraction from ZY-1 02C satellite imagery[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2014, 26(2): 43-47. doi:10.6046/gtzyyg.2014.02.08.
- [6] 杜云艳,周成虎.水体的遥感信息自动提取方法[J].遥感学报,1998,2(4):265-269.
- Du Y Y, Zhou C H. Automatic Extraction Remote sensing information for water bodies[J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(4): 265-269.
- [7] 黄永磷,农民强,孙涵.基于FY-3A/MERSI的洪涝灾害遥感监测初探[J].气象研究与应用,2009,30(2):59-62.
- Huang Y L, Nong M Q, Sun H. Flood disaster remote monitoring based on FY-3A/MERSI data[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2009, 30(2): 59-62.
- [8] 温克刚.中国气象灾害大典·新疆卷[M].北京:气象出版社,2006:76-77.
- Wen K G. Chinese Meteorological Disasters Ceremony, Xinjiang Volume[M]. Beijing: Meteorological Press, 2006: 76-77.
- [9] 宋小宁,赵英时.MODIS图像的云检测及分析[J].中国图像图形学报,2003,8(9):1079-1083.
- Song X N, Zhao Y S. Cloud detection and analysis of MODIS image[J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(9): 1079-1083.
- [10] 杨昌军.韦伯定律及时间序列在FY2C云检测中的应用研究[D].南京:南京信息工程大学,2007.
- Yang C J. Study on the Application of Weber's Law and Time Series in FY2C Cloud Detection[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science and Technology, 2007.
- [11] 赵英时.遥感应用分析原理与方法[M].北京:科学出版社,2006.
- Zhao Y S. Analysis Principles and Methods of Remote Sensing Applications[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [12] SPOT Imaging. SPOT Satellite Geometry Handbook[ED/OL]. <http://www-img.univ-mlv.fr/~riazano/publications/GAEL-P135-DOC-001-01-04.PDF>, 2012.
- [13] 杨斌,李文慧.基于NDWI和热红外混合的水体识别方法[J].淮阴师范学院学报:自然科学版,2012,11(4):362-366.
- Yang B, Li W H. Water recognition based on NDWI and thermal infrared[J]. Journal of Huaiyin Teachers College: Natural Science, 2012, 11(4): 362-366.
- [14] 黄永磷,农民强,孙涵.基于FY-3A/MERSI的洪涝灾害遥感监测初探[J].气象研究与应用,2009,30(2):59-62.
- Huang Y L, Nong M Q, Sun H. Flood disaster remote monitoring based on FY-3A/MERSI data[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2009, 30(2): 59-62.
- [15] 丁太胜,胡雯,马晓群,等.江淮流域旱涝灾害气象卫星遥感监测和预报方法研究[J].高原气象,2003,22(2):147-154.
- Ding T S, Hu W, Ma X Q, et al. Research on satellite monitoring and prediction of drought and flood disasters in Jiang-Huai Valley[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(2): 147-154.
- [16] 都金康,黄永胜,冯学智,等.SPOT卫星影像的水体提取方法及分类研究[J].遥感学报,2001,5(3):214-219.
- Du J K, Huan Y S, Feng X Z, et al. Study on water bodies extraction and classification from SPOT image[J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(3): 214-219.
- [17] Rao P K. 气象卫星——系统、资料及其在环境中的应用[M].许健民译.北京:气象出版社,1994:178-201.
- Rao P K. Meteosat—System, Data and its Application in the Environment[M]. Translated by Xu J M. Beijing: Meteorological Press, 1994: 178-201.
- [18] Gong P, Wang J, Yu L, et al. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(7): 2607-2654.
- [19] Martinec J, Rango A, Roberts R. Snowmelt Runoff Model (SRM) User's Manual[R]. Las Cruces: New Mexico State University.
- [20] 李文慧,杨斌,黄永磷.基于MERSI的洪涝灾害遥感监测技术应用研究[J].科技信息,2012(32):61-62,65.
- Li W H, Yang B, Huang Y L. Application of remote sensing technology based MERSI floods[J]. Science Technology Information, 2012(32): 61-62, 65.
- [21] 丁凤.基于新型水体指数(NWI)进行水体信息提取的实验研究[J].测绘科学,2009,34(4):155-157.
- Ding F. Study on information extraction of water body a new water index(NWI)[J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(4): 155-157.
- [22] 潘励,何潇.环境减灾卫星CCD影像精纠正方法研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2013,38(6):631-636.
- Pan L, He X. Rectification method of linear CCD image from HJ-1A/1B satellites[J]. Geomatics and Information Science Wuhan

University,2013,38(6):631-636.

[23] 张佳华,吴 杨,姚凤梅,等. 利用卫星遥感和地面实测积雪资料分析近年新疆积雪特征[J]. 高原气象,2008,27(3):551-557.

Zhang J H,Wu Y,Yao F M,et al. Analyses of recent Xinjiang snow cover feature utilizing satellite remote sensing and surface observation data[J]. Plateau Meteorology,2008,27(3):551-557.

[24] 李晓静,刘玉洁,朱小祥,等. 利用 SSM/I 数据判识我国及周边地区雪盖[J]. 应用气象学报,2007,18(1):12-20.

Li X J,Liu Y J,Zhu X X,et al. Snow cover identification with SSM/I data in China[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2007,18(1):12-20.

Snowmelt flood disaster monitoring based on FY-3/MERSI in Xinjiang

MA Liyun<sup>1</sup>, LI Jiangang<sup>2</sup>, LI Shuai<sup>1</sup>

(1. Urumqi Meteorological Satellite Ground Station, Urumqi 830011, China; 2. Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002, China)

**Abstract:** On the basis of normalized difference water index (NDWI) of FY-3/medium resolution spectral imager (MERSI) and normalized difference water index based on blue light (NDWI-B), the authors analyzed histograms and obtained the thresholds for the recognition of water bodies with NDWI. The thresholds were utilized in the monitoring of the snowmelt flood disaster along the Tianshan Mountains in the north of Xinjiang during 2009 to 2011. The results achieved by the authors suggest that it is feasible to monitor the snowmelt flood disaster in Xinjiang with the data both from FY-3/MERSI and from HJ-1A/CCD. The effect of using FY-3/MERSI (NDWI-B<sub>FY</sub>) data to identify large area of flood water is the best.

**Keywords:** FY-3; snowmelt flood; normalized difference water index based on blue light (NDWI-B); Xinjiang

第一作者简介: 马丽云(1964-),女,高级工程师,主要从事气象和遥感应用方面的研究。Email:shzmly@163.com。

(责任编辑: 邢 宇)