

文章编号:1673-8411 (2016) 01-0083-05

基于 GF-1 遥感数据监测的岩溶洼地洪涝灾害特征分析

钟仕全^{1, 2}, 莫建飞^{1, 2}, 罗永明^{1, 2}, 卢保英³, 覃日辉⁴

(1. 广西气象减灾研究所, 南宁 530022; 2. 国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 南宁 530022; 3. 都安气象局, 广西 都安 530700; 4. 马山气象局, 广西 马山 530600)

摘要:2015 年 6 月中旬, 强降水引发了广西马山县、都安县、大化县岩溶洼地严重洪涝灾害, 利用高分卫星数据获取周期快、空间分辨率高的优势对此次洪涝受灾情况开展监测评估。根据岩溶洼地遥感影像特征和多时相归一化植被指数变化特征识别岩溶洼地受淹信息, 依托 GIS 空间叠置分析技术耦合遥感本底信息和基础地理数据, 分析岩溶洼地洪涝灾害时空特征。本研究充分验证了 GF-1 卫星遥感数据监测岩溶洼地洪涝灾情的有效性, 并可细致描绘岩溶洼地洪涝灾害淹没时间长、受灾面积小、数量多、分布广泛的特点。

关键词:GF-1 岩溶洼地; 洪涝灾害监测; 特征

中图分类号:S42

文献标识码:A

Characteristic analysis of floods monitoring in Karst depressions based on GF-1 remote sensing data

ZHONG Shi-quan^{1,2}, Mo Jian-fei^{1,2}, LUO Yong-ming^{1,2}, LU Bao-ying³, QIN Ri-hui⁴(1. Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute¹, Nanning 530022, China; 2. Remote Sensing Application and Validation Base of National Satellite Meteorological Center², Nanning 530022, China; 3. Duan County Meteorological Service³, Duan Guangxi 530700, Mashan County Meteorological Service⁴, Mashan Guangxi 530600)

Abstract: In the middle of June 2015, severe flooding occurred in Mashan, Duan and Dahua three counties located in the northern Guangxi province, which was monitored and evaluated by GF-1 satellite remote sensing images. Based on its image characteristics and multiple NDVI change rule, the flooded area in Karst area were identified. And the space-time characteristics of the disaster were analyzed by coupling flood characteristics and remote sensing background data and basic geographic information by GIS spatial overlay analysis technology. This study fully verified the effectiveness of GF-1 satellite remote sensing data to monitor the flood disaster in karst depressions and the advantages in drowning out the features, like: long time flooding, the small flooding area, much in quantity and wide in distribution. As the karst depression floods have remarkable characteristics, such as long covered time, small area, widely distribution, this flood case study validates the effectiveness of GF-1 remote sensing data in monitoring flood disaster in these areas.

Key words:GF-1; karst depressions; floods monitoring; characteristics;

20 世纪 60 年代发展起来的卫星遥感监测技术具有覆盖范围广、周期短、时效性强, 且不受地面监测条件控制等特点, 在洪涝灾害中得到越来越多的

应用^[1]。不同类型的遥感数据源在洪涝灾情信息提取中具有各自的优势和特点, 洪涝灾害遥感监测中, 应用比较广泛的光学数据主要有 TM、ETM、MSS、

收稿日期: 2015-10-13

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目资助(桂科攻 1355010-9、桂科攻 14124004-4-9)

作者简介: 钟仕全(1964-), 男, 广西桂平人, 高级工程师。研究方向: 遥感应用。E-mail: zhongsq@sina.com。

SPOT、CBERS、AVHRR、MODIS、CCD、HRV、HRG、MERSI 等,微波遥感数据主要有 SAR、ASAR、SSM/I、MRI 等^[2]。在这些遥感应用中,针对岩溶洼地洪涝灾害监测评估方面的研究比较少见。

广西喀斯特地区面积为 8.95 万 km², 占全区总面积的 37.8%^[3]。喀斯特地区植被覆盖率低,一遇强降水,易发山洪汇集于洼地,因地表河流水位的升高,地表水的倒灌而致使地下河水面比降下降甚至成负比降,地下水沿天窗或漏斗上涌而造成洼地内积水成涝。目前国内关于岩溶洼地内涝成因、特征、治理等取得了一定的进展^[4-8],但基于高分卫星遥感数据监测的岩溶洼地洪涝灾害特征方面研究较少报道。利用可见光卫星遥感技术开展洪涝灾害监测具有较大的难度。GF-1 卫星突破了高空间分辨率、多光谱与高时间分辨率结合的光学遥感技术,实现在同一颗卫星上高分辨率和宽幅成像能力的结合,有效地解决了空间分辨率和时间分辨率的矛盾,在国土资源调查、灾害监测、精准农业等方面发挥重要作用^[9]。本文以广西的马山、都安、大化等县为研究对象,利用 GF-1 卫星获取数据周期快、卫星遥感数据空间分辨率高、能提供丰富的地物细节技术优势^[10],研究岩溶地区洼地洪涝受灾情况。根据岩溶洼地遥感影像特征、多时相的 NDVI 变化特征,识别受灾岩溶洼地信息,采用 GIS 技术将遥感本底信息、基础地理新进行空间叠置分析,总结岩溶地区洼地的洪涝灾害特征,为研究地区洪涝灾害的成因、监测评估及防治对策提供参考依据、对促进研究区农业的防灾减灾及其可持续发展具有重要的现实意义。

1 背景

1.1 研究区概况

研究区(马山、都安、大化县)位于广西的中西部,属于红水河流域,该地下河流域区地貌上地处桂西山地与桂中盆地的过渡带之间,地形大部分以岩溶峰丛为主,总的地势大致由西北向东南倾斜。研究区内地层出露较齐全,其中 80%以上的土地面积为碳酸盐岩地层分布区,山高坡陡,岩溶洼地、谷地负地形众多,岩溶发育强烈。研究区降雨时空分配极不均匀,加上这一特殊脆弱的地质环境系统,且人为因素的作用,导致洪涝灾害频发。

1.2 灾害性降水过程

2015 年 6 月 13 日 20 时至 15 日 20 时,受高空槽和低涡切变线共同影响,广西北部、东北部出现了

大暴雨,特大暴雨的天气过程(图 1,见彩页)。雨量大于 250mm 特大暴雨有 38 个站,主要分布在大化县、都安县和马山县。本次强降雨造成研究区遭遇严重洪涝灾害,受淹面积虽小,但受灾人口多,农作物受淹严重。马山县里当乡、加方乡、乔利乡、白山镇、古零镇、百龙滩镇等多个乡镇数 10 个村屯外道路中断,上万名群众受困;都安县地苏镇、龙湾乡、澄江镇、安阳镇、东庙乡、菁盛乡、高岭镇、保安乡等乡镇不同程度受灾,受灾农作物上千公顷。

2 数据源与方法技术

2.1 数据源

卫星遥感资料:2014 年 06 月 15 日、2015 年 6 月 28 日,2015 年 7 月 7 日成像 GF1 卫星遥感数据,分辨率 16m,辅助数据,LC82015.06.17 成像数据、GOOGEL。

气象降水资料:2015 年 6 月 13 日 20 时至 6 月 15 日 20 时广西全区自动站和国家气象站逐时雨量数据。

广西遥感本底数据:主要包括广西耕地、居民地、道路、林地、灌草地等遥感本底信息^[11]。

基础地理信息:主要包括研究区县界、乡镇界、县级行政中心、乡级行政中心、行政村、道路等信息,30m 分辨率 DEM 数据。

2.2 方法技术

根据气象部门的灾害监测资料,2015 年 6 月 15 日研究区发生了严重的洪涝灾害。由于天气原因,直至 2015 年 06 月 28 日才获得晴空的 GF-1 卫星遥感资料,但此时洼地洪涝已有部分消退,如果采用常规的遥感水体监测方法,则无法识别洼地洪涝淹没的有效范围。因此,可利用洼地受淹植被的变化情

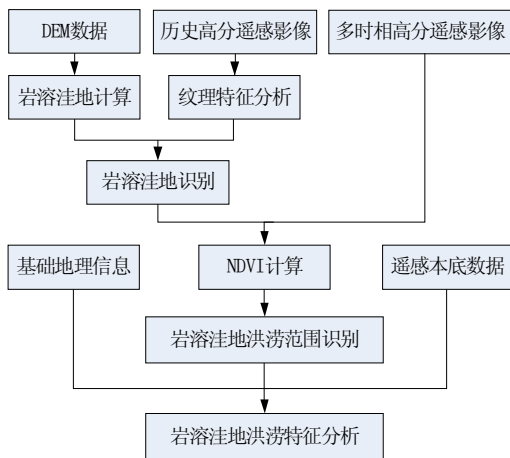


图 2 技术路线

表 1 3 时相岩溶洼地 NDVI 像元数统计

NDVI 值	时相 1	时相 2	时相 3
-0.1-0.0	0	1124	320
0.0-0.1	131	1291	1103
0.1-0.2	259	2087	3820
0.2-0.3	1793	3000	2951
0.3-0.4	8843	2557	1937
0.4-0.5	419	1613	1071
0.5-0.6	312	276	657
0.6-0.7	203	12	101

况,以此识别洼地淹没范围(图 2)。

首先以 DEM 数据、高分辨率遥感影像数据为基础数据,利用 GIS 技术,采用水文模型提取洼地、计算洼地深度,确定洼地范围,然后利用 RS 技术,分析历史高分辨率遥感影像数据的洼地纹理特征,结合目视判断方法提取岩溶洼地范围,再计算历史和实时多时相高分遥感数据洼地的 NDVI 值,分析多时相的 NDVI 变化特征,监测岩溶洼地洪涝淹没范围,评估岩溶洼地承灾体受淹情况,分析岩溶洼地洪涝灾害特征。本文利用 2014 年 6 月 15 日的 GF1 卫星数据,通过纹理分析,结合 GIS 技术提取了研究区的洼地范围。利用 2014 年 6 月 15 日(时相 1)、2015 年 06 月 28 日(时相 2)、2015 年 07 月 07(时相 3)日 GF-1 卫星数据计算岩溶洼地的 NDVI,统计分析岩溶洼地范围内的 NDVI 值分布特征(表 1、图 3(见彩页))。

根据 3 个时相 NDVI 像元统计:洼地 NDVI 平均值,时相 1 为 0.33,时相 2 为 0.23,时相 3 为 0.24;洼地 NDVI 值在 $[-1,0)$,时相 1 像元数为 0,时相 2 像元数为 1124,时相 3 的像元数为 320,表明时相 1 无水体淹没,时相 2、时相 3 遭遇水体淹没,且到时相 3 时淹没的水体已经消退一部分;在 $[0,0.3)$,时相 1 像元数为 2183,时相 2 像元数为 6378,时相 3 的像元数为 7874,表明洼地受到水体淹没后低值区间的 NDVI 像元数量增多,即植被指数变差;在 $[0.3,0.5)$,时相 1 像元数为 9262,时相 2 像元数为 4170,时相 3 像元数为 3008,表明洼地受到水体淹没后中值区间的 NDVI 像元数量变少,即植被指数变差;在 $[0.5,0.7]$,时相 1 像元数为 515,时相 2 像元数 288,时相 3 像元为 758,表明少数洼地受到水体淹没后高值区间的 NDVI 像元数先变少后变多,即少部分植被随着洪涝消退后一段时间植被指数开

始变好,这是由于部分甘蔗等抗洪涝灾害较强的作物,长期受干旱灾害后,突然获得充足的水分而迅速生产。

岩溶洼地遭遇洪涝灾害后 NDVI 的变化特征为:大部分洼地的低值 $[0,0.3)$ DNVI 像元数量增多,中值 $[0.3,0.5)$ NDVI 像元数量减少,只有少部分高值 $[0.5,0.7]$ NDVI 像元数量先减少后增多,即岩溶洼地遭遇洪涝灾害后大部分植被指数变差,当

表 1 3 时相岩溶洼地 NDVI 像元数统计

县名	乡镇名	居民地 面积 (hm^2)	耕地 面积 (hm^2)	道路 长度 (km)	洪涝 面积 (hm^2)
大化	百马	2.8	44.0	3.6	134.1
大化	大化	107.0	771.9	56.7	1186.0
大化	都阳	0.3	3.1	0.3	18.9
大化	共和	119.0	654.5	49.3	1071.7
大化	贡川	52.2	287.1	23.2	439.9
大化	古河	17.2	104.0	7.9	198.2
大化	古文	35.3	154.3	20.3	514.0
大化	江南	0.6	2.3	1.0	43.1
大化	六也	153.6	1215.9	102.9	2115.6
大化	雅龙	3.4	22.5	2.7	131.6
都安	百旺	1.3	4.7	1.0	18.1
都安	保安	26.2	161.9	22.9	426.3
都安	澄江	1.5	12.8	3.0	121.5
都安	大兴	2.3	5.7	1.0	23.3
都安	地苏	162.9	942.2	65.8	1765.4
都安	东庙	103.5	503.8	49.6	1006.1
都安	高岭	14.1	51.8	12.6	407.2
都安	菁盛	0.0	1.3	0.3	7.1
都安	拉烈	0.1	2.3	0.1	27.2
都安	拉仁	0.0	0.2	0.1	19.8
都安	龙湾	14.9	89.0	10.9	227.7
都安	三只羊	0.3	4.4	0.2	23.6
都安	下坳	3.3	70.4	2.9	141.5
都安	永安	1.9	31.7	1.4	61.9
马山	白山	52.5	527.6	49.9	1142.1
马山	百龙滩	23.1	331.1	22.4	601.5
马山	古零	145.6	1210.1	83.3	1930.3
马山	古寨	142.3	693.2	71.1	1134.3
马山	加方	93.9	649.7	64.9	1229.8
马山	金钗	6.4	30.5	3.1	48.0
马山	里当	10.8	52.5	6.0	110.3
马山	乔利	2.4	19.6	2.1	69.1
马山	永州	27.2	182.9	12.8	296.4
合计		1328.1	8839.0	755.3	16691.5

NDVI 平均值降低到小于 0.25 时,可初步确定为受灾洼地。

3 岩溶洼地洪涝监测结果

3.1 岩溶洼地洪涝灾害面积统计

本次灾害性降水过程造成研究区 33 个乡镇 187 个行政村的岩溶洼地发生洪涝灾害,受淹总面积为 16691.5hm²,其中,居民地受淹面积 1328.1 hm²,占受淹总面积的 8.0%;耕地受淹面积 8839.0hm²,占受淹总面积的 53.0%,道路受淹 755.3km。大化县有 10 个乡镇 65 个行政村受淹,受淹面积 5853.1hm²,其中,居民地受淹面积 491.5hm²,耕地受淹面积 3259.6hm²,道路受淹 268.0km;都安县 14 个乡镇 55 个行政村受淹,受淹面积为 4276.5 hm²,其中,居民地受淹面积 332.3hm²,耕地受淹面积 1882.2hm²,道路受淹 171.8km;马山县 9 个乡镇 67 个行政村受淹,受淹面积为 6561.9hm²,其中,居民地受淹面积 504.3hm²,耕地受淹面积 3697.2hm²,道路受淹 315.5km。研究区各乡镇岩溶洼地承灾体受淹情况统计见表 2 所示。

3.2 岩溶洼地洪涝灾害特征分析

根据降水资料的统计,本次灾害性降水过程研究区平均降水量为 290.4mm,通过 2015 年 7 月 7 日 GF1 卫星遥感数据对研究区岩溶洼地洪涝监测可知,研究区部分岩溶洼地淹没时间已有 23 天,表明岩溶地区洼地洪涝灾害具有受灾时间长的特征。根据前人研究成果^[8],岩溶洼地洪涝灾害主要出现在每年汛期,特别是 5~8 月,日降水量在 100mm 以上,即发生洪涝灾害,一年少则发生 1~4 次,多者达 5~8 次。洪涝的消退速度取决于洪涝程度和管道的排泄能力,当属小范围内涝和有较强的消水通道时,2~3 天可自行消毕,但在消水不畅通的地区,有时长达 1~2 个月。

根据研究区各乡镇岩溶洼地洪涝面积统计可知,研究区有 33 个乡镇 187 个行政村受淹,表明岩溶地区洼地洪涝灾害具有受灾分布广的特征;研究区洪涝灾害的主要承灾体为居民地、耕地、道路,其中,居民地受淹面积占 8%,耕地受淹面积占 53%,受淹道路 755.3km,表明岩溶地区洼地洪涝灾害对当地的生活、交通、农业生产造成极大的影响。

根据研究区岩溶洼地洪涝面积等级统计可知,研究区岩溶洼地洪涝灾害有 1030 处,其中,面积小于 10ha 淹没区有 615 处,占总数 60%,平均面积为

表 2 研究区各乡镇岩溶洼地承灾体受淹情况统计

县名	乡镇名	居民地 面积 (hm ²)	耕地 面积 (hm ²)	道路 长度 (km)	洪涝 面积 (hm ²)
大化	百马	2.8	44.0	3.6	134.1
大化	大化	107.0	771.9	56.7	1186.0
大化	都阳	0.3	3.1	0.3	18.9
大化	共和	119.0	654.5	49.3	1071.7
大化	贡川	52.2	287.1	23.2	439.9
大化	古河	17.2	104.0	7.9	198.2
大化	古文	35.3	154.3	20.3	514.0
大化	江南	0.6	2.3	1.0	43.1
大化	六也	153.6	1215.9	102.9	2115.6
大化	雅龙	3.4	22.5	2.7	131.6
都安	百旺	1.3	4.7	1.0	18.1
都安	保安	26.2	161.9	22.9	426.3
都安	澄江	1.5	12.8	3.0	121.5
都安	大兴	2.3	5.7	1.0	23.3
都安	地苏	162.9	942.2	65.8	1765.4
都安	东庙	103.5	503.8	49.6	1006.1
都安	高岭	14.1	51.8	12.6	407.2
都安	菁盛	0.0	1.3	0.3	7.1
都安	拉烈	0.1	2.3	0.1	27.2
都安	拉仁	0.0	0.2	0.1	19.8
都安	龙湾	14.9	89.0	10.9	227.7
都安	三只羊	0.3	4.4	0.2	23.6
都安	下坳	3.3	70.4	2.9	141.5
都安	永安	1.9	31.7	1.4	61.9
马山	白山	52.5	527.6	49.9	1142.1
马山	百龙滩	23.1	331.1	22.4	601.5
马山	古零	145.6	1210.1	83.3	1930.3
马山	古寨	142.3	693.2	71.1	1134.3
马山	加方	93.9	649.7	64.9	1229.8
马山	金钗	6.4	30.5	3.1	48.0
马山	里当	10.8	52.5	6.0	110.3
马山	乔利	2.4	19.6	2.1	69.1
马山	永州	27.2	182.9	12.8	296.4
合计		1328.1	8839.0	755.3	16691.5

4.7hm², 面积在 10hm² 至 50hm² 之间淹没区有 357 处,占总数 35%,平均面积为 20.3hm²,表明岩溶地区洼地洪涝灾害具有数量多,面积小的特征。研究区岩溶洼地洪涝面积等级统计见表 3。

由于研究区地形地貌、地质构造的特点,洪涝灾害空间上呈现一定的规律性。都安县主要分布在西南部的保安乡—东庙乡—地苏乡由北向南呈线状或带状分布;马山县主要集中分布于古零的古龙、古寨

