引文格式：樊航, 王恒, 刘伟男. 利用国产高分卫星影像数据提取洪涝灾害影响分析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 65-67. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.08.016

利用国产高分卫星影像数据提取洪涝灾害影响分析

樊　航[1]，王　恒[1]，刘伟男[1]，张　宁[2]，王晓宏[1]，陈思豫[1]
（1. 航天宏图信息技术股份有限公司，北京 100195；2. 中华人民共和国住房和城乡建设部遥感应用中心，北京 100044）

摘　要：河南“7.20”特大暴雨造成了巨大的经济损失，尤其是位于沿岸低洼区的城镇受灾情况严重。基于国产高分辨率雷达数据，采用KI阈值分割法提取河南省卫河流域洪涝灾害期间洪水淹没范围，并结合无人机数据进行精度验证。在此基础上，结合高分辨率光学数据分析淹没区域地物特征，同时利用作物NDVI时间序列数据分析洪涝灾害对农作物生长状况造成的影响。结果表明水体提取精度达到86%，Kappa系数为0.68，可以较好地提取水体。研究区域内卫辉市受灾最为严重，其中耕地受灾面积最大，受灾区域农作物生长状况受到严重影响。

关键词：国产高分辨率卫星数据；洪涝灾害；NDVI；河南省卫河流域
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0065-03

Analysis of Flood Disaster Impact Based on Domestic High-resolution Satellite Data

FAN Hang[1], WANG Heng[1], LIU Weinan[1], ZHANG Ning[2], WANG Xiaohong[1], CHEN Siyu[1]
(1. PIESAT International Information Technology Co., Ltd., Beijing 100195, China; 2. Remote Sensing Application Center, Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, Beijing 100044, China)

Abstract: The “7.20” heavy rainstorm in Henan caused huge economic losses, especially the towns located in the low-lying areas along the river. Based on domestic high-resolution SAR data, we used the KI threshold segmentation method to extract water information during the flood disaster from WeiRiver basin in Henan Province. Then, we used the UAV data to verify the accuracy of water information extraction, andanalyzed the features of submergence area based on high-resolution optical data. To further evaluate the impact of flood disaster on the growth of crops, we compared the NDVI time series data of two consecutive years. The results show that the total accuracy of water extraction is 86% and the Kappa coefficient is 0.68, verifying the water extraction method is available. Meanwhile, Weihui City was the most severely vulnerable, with the largest affected arable land and the growth of crops.

Key words: domestic high-resolution satellite data, flood disaster, NDVI, Wei River basin in Henan Province

采用遥感数据监测洪涝灾害，相比传统方法，可以实现快速、动态、准确的洪涝灾情评估，为防洪减灾及后续灾后重建奠定基础[1,2]。目前国内外已有一定的研究基础，主要集中在光学遥感数据和雷达数据[3-6]，其中光学遥感数据易受云、雨的影响受灾期间难以获取高质量影像，而雷达数据可穿透云层，反映地表物体的特征，更能准确地提取洪涝灾害发生时水体淹没范围。

本文在已有研究的基础上应用国产雷达数据处理软件PIE-SAR采用阈值法提取河南省卫河流域GF-3影像水体淹没范围，并用无人机数据进行精度验证。之后，结合研究区域地物特征数据和作物连续2 a的NDVI数据分析洪涝灾害造成的影响，为河南省灾后科学评估受灾情况提供参考依据。

1　研究区域及数据来源

1.1　研究区域

本次研究主要涉及河南省淇县、浚县、滑县和卫辉市，位于豫北平原，是玉米的主要产区。

1.2　数据来源

采用我国首颗国产高分辨率雷达卫星高分三号（GF-3）FSII成像模式的HV极化二级影像数据，分析研究区域洪水淹没范围，并选取洪涝灾害发生前的影像数据作为对比数据（见表1）。为验证水体信息提取的准确性，采用与影像时相相近日期的无人机数据作为参考数据，通过水体提取结果与无人机数据的对照分析，可评估洪水淹没范围的提取精度。

为分析洪涝灾害造成的影响，本研究结合高精度

收稿日期：2022-03-30；修回日期：2023-05-30。
项目来源：高分城市精细化管理遥感应用示范系统（二期）（06-Y30F04-9001-20/22）。
第一作者简介：樊航（1993—），硕士，工程师，研究方向为遥感技术应用，E-mail：1395450917@qq.com。

光学影像数据高分一号和MODIS NDVI时间序列数据分析淹没区域的地物特征以及作物生长状况，从多角度分析洪涝灾害造成的影响。

表1 数据来源

数据源	分辨率/m	产品时相	获取渠道
高分三号（GF-3）	5	2021年7月20日 2021年7月25日	http://36.112.130.153:7777/DSSPlatform/index.html
无人机数据	0.06	2021年7月26日	/
高分一号（GF-1）	2	2021年1月19日 2021年2月17日	http://36.112.130.153:7777/DSSPlatform/index.html
MODIS（MOD13Q1）	250	2020年1-12月每半月一期 2021年1-12月每半月一期 （缺少2021年9月下旬数据）	http://ladsweb.nascom.nasa.gov/

2 研究方法与流程

暴雨期间，光学影像易受到云、雨的影响无法获取高质量影像数据，而雷达数据具有一定的穿透性，不受云、雨影响，可用来分析暴雨期间洪涝灾害影响范围。但是仅依靠雷达数据无法具体分析受到洪涝灾害影响的地物特征，因此需结合高精度光学影像数据进行分析。另外，河南省是产粮大省，据已有灾情报道可知此次洪涝灾害造成总产量相比2020年减少了数百万吨，尤其是处于生长关键期的玉米受到强烈影响。为分析对作物的影响，选取受灾年及前一年的NDVI时间序列数据对比分析作物的生长状况，评估洪涝灾害造成的影响。

通过利用水体与植被、建筑物等其他地物对雷达波束的不同后向散射强度可以提取雷达影像上的水体信息[9-11]。本研究应用的国产雷达数据处理软件PIE-SAR即应用该原理采用KI阈值分割法对GF-3影像数据进行分析处理。在Bazi[12]研究基础上，先定义一个代价函数。

$$c(g,T)=\begin{cases}-\ln Pr^{(1)}(g,T) & g\leqslant T\\ -\ln Pr^{(2)}(g,T) & g>T\end{cases} \quad (1)$$

$$Pa_{jT}=\frac{N_j(T)}{\sum h(g)},\ j=1,2 \quad (2)$$

式中，$Pr^{(1)}$ 和 $Pr^{(2)}$ 分别为根据先验概率 Pa_{jT}（式2）和贝叶斯公式求得的后验概率。先验概率可用类别内像元个数表示，因此后验概率为像元个数和类条件概率 Pj（$j=1,2$）的乘积。在最佳阈值满足总体错分代价最小的前提下，假设先验概率 Pa_{jT} 服从高斯分布，省去对代价函数没有影响的数值项，最终得到高斯分布下判别函数的表达式为：

$$J(T)=\sum_{j=1}^{2}Pa_{jT}[\ln(\sigma_{jT})-\ln(Pa_{jT})] \quad (3)$$

当 $J(T)$ 为最小值时，T 为最佳阈值。此外，运用ENVI软件监督分类的方法提取研究区域土地利用数据，结合地物特征分析洪涝灾害造成的影响。同时，应用MRT软件提取受灾年和受灾前一年作物的NDVI均值[13]，并进行波段运算，获取真实反射率[3]，分析洪涝对作物生长状况的影响。

3 受灾范围与影响分析

3.1 水体淹没范围

通过提取受灾前后水体范围（图1）可以看出，此次河南省卫河流域受灾范围主要集中在3个部分：一是卫河和长虹渠沿岸，主要涉及浚县、滑县和卫辉市；二是无名河沿岸，主要涉及淇县；三是共产主义渠和卫河沿岸，主要涉及卫辉市。利用受灾前后水体淹没范围差值，进一步统计各区域水体淹没情况发现，在研究区域内卫辉市受灾情况最为严重，淹没区域占比高达25.49%。结合已有相关报道，卫辉市是新乡全市最低处，是共产主义渠、卫河交互处，上游排水必经之地。在连日暴雨、上游溢洪、排水困难等多重因素叠加下卫辉市遭受到严重的洪涝灾害，使得城区积水、农田被淹，造成严重的人员和经济损失。

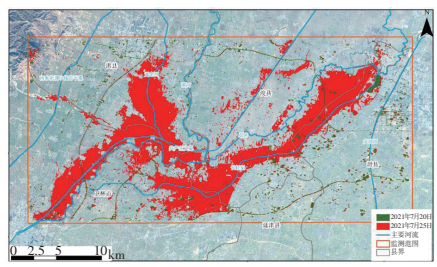


图1 灾害前后水体淹没范围

3.2 成果精度验证

为验证水体提取成果的精度，采用2021年7月26日无人机拍摄的数据作为对照数据，通过对比水体提取结果和无人机数据上对应位置的地物特征，评估水体提取结果的准确性。无人机数据主要分布在浚县境内，沿卫河和共产主义渠拍摄灾后受灾情况。在该数据范围内随机生成100个精度验证点，采用人工目视解译的方法，由经验丰富的解译人员识别验证点地物类型，建立混淆矩阵（表2），评估水体提取的精度。可知提取结果的总体精度为86%，Kappa系数为

表2 评价矩阵

提取数据	参考数据			用户精度/%
	水体	非水体	总计	
水体	25	5	30	83.33
非水体	9	61	70	87.14
总计	34	66	100	/
生产者精度/%	73.53	92.42	/	/
总体精度/%：86				Kappa系数：0.68

0.68。表明研究区域内洪水淹没范围的提取具有较高的精度。

3.3　地物特征分析

为进一步评估此次洪涝灾害对研究区域的影响，本研究结合应用2021年上半年GF-1影像数据提取的淹没区域内土地利用数据，分析各类型地物被水淹没情况。从表3可以看出，研究区域内耕地被水淹没范围最大，占比高达85%，说明洪涝灾害对该区域农作物产生重大影响，可能造成农作物大面积绝产。另外，滑县、浚县、淇县和卫辉市均有一定程度的建筑物被淹情况，其中浚县和卫辉市建筑物被淹面积较大。分析被淹区域发现村庄大多临河而建，分布在长虹渠、卫河两侧，由于雨量过大河流排水不畅，导致两岸村庄被水淹没，造成大量人员损伤和经济损失。

表3　研究区域内各地区不同地物洪水淹没面积统计表/km^2

区域	耕地	建筑物	林地	水体	裸地	总计
滑县	11.83	4.20	0	0.11	1.75	17.89
浚县	41.19	6.00	0	0.08	0.49	47.76
淇县	27.79	3.15	0.21	0.2	0.07	31.42
卫辉市	51.98	5.26	0.05	0.2	0.59	58.08
总计	132.80	18.60	0.25	0.59	2.91	155.15

3.4　作物生长状况分析

研究区域位于豫北平原玉米主要产区，《2021年河南省国民经济和社会发展统计公报》指出，2021年玉米种植面积比2020年增加34 200 hm^2，而产量却减少约2 900 000 t。结合受灾区域地物特征分析，耕地受灾面积最大，因此很可能受到洪涝灾害影响导致作物产量显著下降。

为具体评估此次洪涝灾害对农作物的影响，本研究在被水淹没的耕地处选取一定的样本区，并在未被水淹没的耕地处选取相同数量的样本区作为对照数据，分析样本区内的作物在受灾前后2 a生长状况（假设连续两年样本区种植作物相同）。

2021年受灾区域作物从7月上旬NDVI值陡然下降，仅半月从0.73下降至0.22，并从7月下旬开始至9月上旬持续保持低值，NDVI几乎没有变化，数值在0.25左右。同时，2021年未受灾区域作物NDVI值也从7月上旬开始成下降状态，但下降幅度较小且逐月下降。而2020年受灾区和未受灾区作物NDVI值明显高于2021年，且作物生长状态大体保持一致。

假设在前后2 a同一区域种植作物相同的情况下，通过以上分析可知2021年洪涝灾害期间农作物生长状态受到严重影响。在被水淹没区域，农作物从7月下旬开始受到影响，与上一年相比NDVI持续负增长，在8月份达到0.6左右的负增长，并持续1个月，说明在8月份受灾区域作物已停止生长。在未被水淹没区域，虽然农作物未被洪水淹没直接停止生长，但是通过对比前后2 a作物NDVI值在8月上旬开始持续负增长情况可知，未被淹没区域作物生长状态也受到显著影响，将导致作物产量明显下降。

4　结　论

本文利用国产高分卫星影像数据提取了研究区域内洪涝灾害受灾范围并进行受灾影响分析，实现了对洪水淹没范围的准确提取以及对主要地物影响程度的分析，对灾后修复具有借鉴意义。

参考文献

[1] 李香颜,陈怀亮,李有. 洪水灾害卫星遥感监测与评估研究综述[J]. 中国农业气象,2009,30(1):102-108

[2] 高伟,沈秋,李梦璠,等. 基于多源遥感数据的洪涝淹没范围时序监测分析[J]. 测绘与空间地理信息,2018,41(7):8-10

[3] 苏亚丽. 耕地暴雨洪水灾害多源卫星遥感监测方法研究[D]. 西安:西安科技大学,2018

[4] 王景旭,邱士可,王正,等. 基于GF-3号遥感影像水体信息提取的郑州市洪涝灾害监测 [J]. 河南科学,2021,39(10):1 701-1 706

[5] 曾玲方,李霖,万丽华. 基于Sentinel-1卫星SAR数据的洪水淹没范围快速提取[J]. 地理信息世界,2015,22(5):100-103

[6] Dech S,Li X,Leinenkugel P,et al. Flood Mapping and Flood Dynamics of the Mekong Delta: Envisat-Asar-Wsm Based Time Series Analyses[J]. Remote Sensing,2013(5):687-715

[7] 李军,张维,许欣. 基于Sentinel-1的洞庭湖区洪涝灾害信息提取与分析[J]. 安徽农学通报,2020,26(19):151-153

[8] Shrestha R,Di L,Yu G,et al. Detection of Flood and Its Impact on Crops Using NDVI - Corn Case[C]//2013 Second International Conference on Agro-geoinformatics (Agro-geoinformatics),2013:200-204

[9] 周晗. 基于Sentinel1/2的斯里兰卡洪涝淹没范围提取研究[D]. 北京:中国科学院大学,2018

[10] 经波,宁文怡. 基于阈值分割与决策树的SAR影像水体信息提取[J]. 地理空间信息,2021,19(3):46-49

[11] 李成绕,薛东剑,张露,等. 基于Sentinel-1A卫星SAR数据的水体提取方法研究[J]. 地理空间信息,2018,16(1):38-40

[12] Bazi Y , Bruzzone L , Melgani F. An Unsupervised Approach Based on the Generalized Gaussian Model to Automatic Change Detection in Multitemporal SAR Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing, 2005, 43(4):874-887

[13] 裴雪原,臧淑英,那晓东. MODIS MOD13Q1植被产品介绍及快速预处理[J]. 哈尔滨师范大学学报(自然科学版),2014,30(2):65-67