

doi:10.3969/j.issn.1672-4623.2022.10.001

# 高分三号聚束模式数据在城市洪水灾害应急中的应用

林熙<sup>1,2</sup>, 罗鼎<sup>1,2\*</sup>, 连蓉<sup>1,2</sup>, 魏文杰<sup>1,2</sup>

(1. 重庆市地理信息和遥感应用中心, 重庆 401147; 2. 高分分辨率对地观测系统重庆数据与应用中心, 重庆 401147)

**摘要:** 高分三号卫星是我国首颗C频段多极化高分辨率合成孔径雷达卫星, 其聚束模式图像分辨率最高可达1 m。针对高分三号聚束模式数据在城区水面回波信号受干扰较多的问题, 使用面向对象的方法并结合DEM高程数据, 提取了2020年重庆820特大洪水朝天门区域洪水范围, 并通过无人机航拍数据对提取结果进行了验证。实验表明, 高分三号聚束模式数据的高分辨率以及迅速响应特征, 在洪水应急应用中具有较大的应用潜力。

**关键词:** 高分三号; 聚束模式; SAR; 洪水; 应急

**中图分类号:** P237

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1672-4623 (2022) 10-0001-04

## Application of GF-3 Spotlight Mode Data in Urban Flood Disaster Emergency Response

LIN Xi<sup>1,2</sup>, LUO Ding<sup>1,2</sup>, LIAN Rong<sup>1,2</sup>, WEI Wenjie<sup>1,2</sup>

(1. Chongqing Geographic and Remote Sensing Center, Chongqing 401147, China;

2. High-resolution Earth Observation System Chongqing Data and Application Center, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** The GF-3 satellite is my country's first C-band multi-polarization high-resolution synthetic aperture radar satellite. Its spotlight mode image resolution can reach up to 1 m. Aiming at the problem that the data from spotlight mode of GF-3 is more interfered with in the urban water surface echo signal, we used the object-oriented method and combined the DEM elevation data to extract the flood range of Chaotianmen area in Chongqing City in a catastrophic flood of 2020, and used UAV aerial photography data to verify the extraction results. Experimental results show that the high-resolution and rapid response characteristics of GF-3spotlight mode data have great application potential in flood emergency applications.

**Key words:** GF-3, spotlight mode, SAR, flood, emergency

高分三号(GF-3)卫星是“国家高分分辨率对地观测系统重大专项”中唯一的民用微波遥感成像卫星,也是我国首颗分辨率达到1 m的C频段多极化高分辨率合成孔径雷达卫星,具备聚束、全极化条带、波成像等12种成像模式<sup>[1-2]</sup>。在不同成像模式下,其空间分辨率从1~500 m,幅宽则从10~650 km,具备详查和普查功能<sup>[2]</sup>。尤其是GF-3聚束模式数据,分辨率达1 m,可为洪水应急监测中水域提取工作提供更高的精度和准确度。目前,我国的GF-3和欧洲的Sentinel-1已被应用于各地洪水监测<sup>[3-5]</sup>,本文以重庆市为例,探讨其洪水应急监测的应用价值。

### 1 研究区概况

研究区域位于长江、嘉陵江交汇处,重庆市朝天门一带,该区域属于重庆两江四岸的核心区,自古以来都是长江上游商贸最繁忙的水域。2020-08-19~

2020-08-20,长江上游最大洪峰“长江2020年第5号”洪水和“嘉陵江2020年第2号”洪水在重庆汇集并通过主城区,长江重庆寸滩站20日8:15时出现洪峰水位191.62 m,相应流量74 500 m<sup>3</sup>/s,超过保证水位8.12 m;嘉陵江磁器口站20日14:00时出现洪峰水位194.29 m,超过保证水位8.65 m<sup>[6]</sup>。“长江2020年第5号洪水”是我国长江流域自1981年以来发生的最大的洪水灾害,与“长江2020年第4号洪水”相差时间短,甚至在第4号洪汛过程尚未结束的情况下再次过境,多地发生了超历史洪水,造成了较大的经济损失,并导致长江干流全线大幅超过保证水位。三峡水库迎来了建库以来流量的最大值74 000 m<sup>3</sup>/s,并首次开启十一孔泄洪<sup>[7]</sup>。为了保护群众生命财产安全,重庆启动了防汛I级应急响应,全力应对。在本次应急中,重庆市应急救援队第一时间联系中国资源卫星应用中心,调动高分卫星对长江重庆区域进行及时拍摄,同时出动无人机对重

收稿日期: 2022-05-30。

项目来源: 重庆市自然科学基金面上项目(cstc2021jcyj-msxmX1203)。

(\*为通信作者)

点区域进行定点监控，为防洪救灾提供最新的地理信息数据。

## 2 实验数据及水体提取原理介绍

### 2.1 实验数据

本文所使用的实验数据为GF-3聚束模式数据，成像时间为2020-08-19（23：34时），方位向分辨率为1.0~1.5 m，距离向分辨率为0.9~2.5 m，成像宽度为10 km。所使用的其他辅助数据包括ALOS 12.5 m DEM地形数据，辅助进行地形纠正和水体提取。

### 2.2 SAR数据水体提取原理

SAR影像的灰度值代表了雷达回波强度的大小，雷达回波强度又定量地由雷达后向散射系数决定。后向散射系数受雷达系统的波长、极化方式、入射角、地面目标的表面粗糙度和复介电常数等因素影响。通常一个具体的雷达系统的波长、极化方式、入射角是固定的，地面复介电常数受多种因素的影响，与表层土壤的水分含量有较好的相关性。洪水期间，表层土壤的湿度相差不大。因此，可以认为地面分辨率单元内的回波强度由该单元范围内的平均粗糙度决定<sup>[8]</sup>，即当地表湿度较大时，SAR影像像元亮度就反映了该像元所对应的地面平均粗糙度。当表面粗糙程度愈大时，雷达回波强度较大，影像上表现为亮色调；而光滑表面由于雷达波束的侧视，镜面反射使回波的能量很弱，回波强度较小，在影像上表现为黑色调<sup>[9]</sup>。与SAR波长相比，陆地相对为粗糙表面，水面相对为光滑表面，因此在SAR微波遥感影像上陆地通常为灰白色或黑灰色，水体为暗色或黑色。然而，洪水一般带有较多泥沙和悬浮物，洪水周边高楼的漫反射同样会影响洪水表面信号的反射，因此洪水的雷达回波信号受多种因素影响，较非洪水期间河水雷达信号反射强度大，如图1所示。

聚束模式成像是卫星在运动过程中，通过控制天线方位向波束指向来调整雷达视线角，使其固定指向某一场景来提高方位向积累时间，从而通过等效的增加合成孔径长度的方法得到更高的方位分辨率<sup>[10]</sup>。如图2所示，卫星在对固定区域进行长时间拍摄时，在增加方位分辨率的同时，区域累计回波信号也更强，这使得高反射地物容易过度曝光，低反射地物反射信息也得到加强。因此，聚束模式数据上水体的反射强度更高，周边地物的信号漫反射对水体信号影响更大，传统阈值法或双峰法难以将水体和周边地物区分开。因此，本文使用光学遥感提取的思路，使用面向对象的方法，综合考虑亮度、形状、纹理、对象间关

系、高程等多种因素对SAR影像进行水体提取。

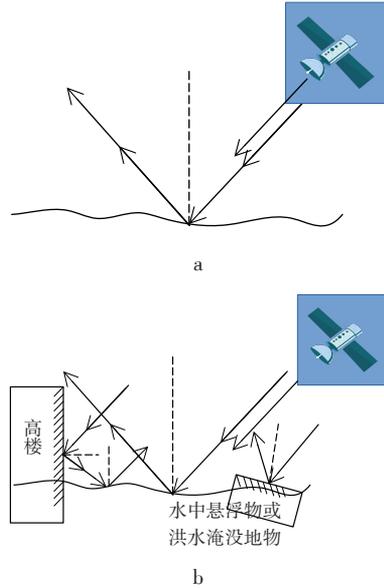


图1 雷达波在不同水面的反射情况

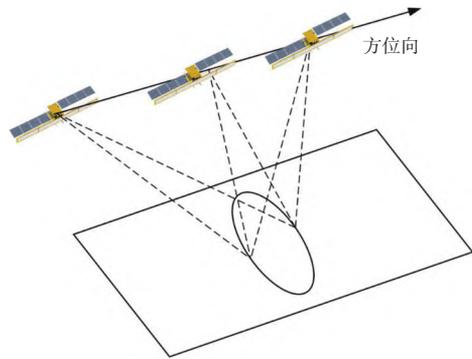


图2 聚束成像模式原理

## 3 高分三号聚束模式数据水体提取

### 3.1 数据预处理

本文使用GAMMA软件进行GF-3数据处理，处理流程如图3所示。首先将数据格式转换为GAMMA软件格式，然后进行多视处理，采用多视处理对单视复数数据进行方位向和距离向平均，抑制斑点噪声，提升影像的辐射分辨率。多视处理后的结果如图4所示，从图中可以看出，长江和嘉陵江的江面灰度值并不一致，在渝中半岛周边受密集高楼的影响，亮度较其他地方偏高；同时部分高反射地物出现了高曝光情况，如南滨路的双子楼，以及朝天门的来福士大楼。这对水体提取带来了一定程度的影响。对多视处理后的数据，结合DEM数据进行地理编码，得到地图坐标系下的SAR数据。由于SAR数据分辨率较高，为了在地理编码中不降低SAR数据分辨率，需要得到与之分辨率相对应的查找表，因此需要分辨率相近的DEM数据。由于所使用的DEM数据分辨率为12.5 m，因此将

其重采样分辨率为3 m, 再进行地理编码, 如图5所示。

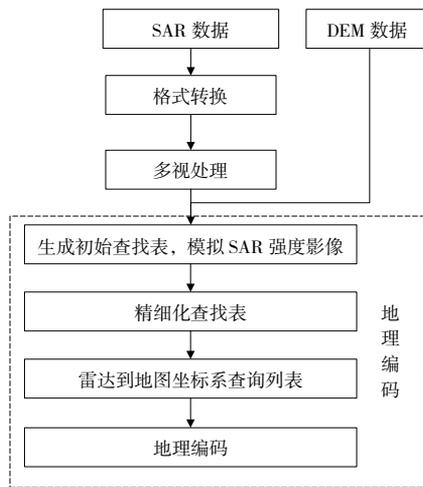


图3 GF-3数据预处理流程图

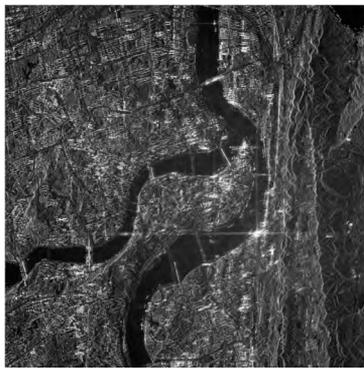


图4 多视处理后的结果

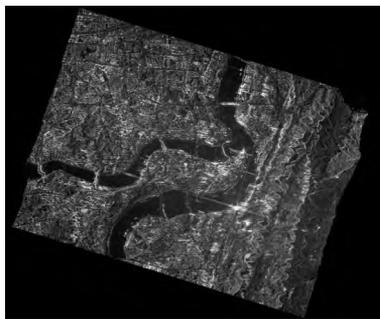


图5 地理编码后的结果

### 3.2 水域提取

由于洪水期间水面雷达反射回波情况受多种因素影响, 较难通过阈值法或双峰法来将其区分开来, 因此, 本文使用面向对象的方式, 对影像进行水域提取。基于面向对象分割的水域提取算法可以对SAR影像进行多尺度分割, 充分考虑地物的散射、形状和纹理等特征, 将整个图像分成众多的“同质均一”的斑块, 可以有效避免“椒盐现象”, 提取的结果更加具有完整性, 且对细小水体的提取更加有效<sup>[11]</sup>。

本文使用eCognition软件对GF-3数据进行水体提取, 考虑水体灰度的不均匀性, 实验引入DEM地形数据进行辅助提取。对SAR数据和DEM数据进行多尺

度分割, 设置SAR数据分割权重为2, DEM数据分割权重为1。分割后, 水体和其他地物轮廓有较好的体现。通过分析水体灰度直方图设置阈值, 并结合DEM高程进行水体提取。通过高程限定, 一定程度避免了高楼阴影和山体阴影对提取结果造成的影响。针对提取出的水体较零散, 部分高楼强曝光对水体提取造成的影响, 对已提取水体进行形态学修复, 最终提取结果如图6所示。



图6 水体提取结果

### 3.3 结果分析

从结果图可以看出, 洪水范围基本在长江、嘉陵江河谷, 这得益于重庆山地地形, 城区地势高, 即便本次洪水超保证水位8 m, 依然没有对城市主体生产生活造成影响。就具体细节来看, 如图7-1所示, 滨江道路部分已被水淹没, 沿江建筑物部分进水; 朝天门广场下面阶梯部分已全部被淹没。

由于洪水过境时间较短且受天气影响, 期间未拍摄到高分辨率的光学影像。因此, 为验证实验的准确性, 将实验结果与19日17:37时朝天门附近航拍照片进行对比, 通过无人机航拍影像获得典型位置洪水实际淹没范围, 再在该区域历史光学影像上量测洪水真实覆盖范围和提取范围, 进行精度验证。图7-2、3、4为图7-1中区域a、b、c分别对应的实际位置, 从航拍画面中可清晰看到洪水实际覆盖情况, 再在图8历史影像中量测洪水实际超过正常水位线分别是104 m、80 m、96 m, 而实验提取范围在相同位置量测的洪水超过正常水位线分别为94 m、70 m、120 m, 准确率分别为90%、88%、75%, 平均准确率为84%。

对比表明, 实验提取结果与航拍画面基本保持一致, 证明了提取的有效性。与传统统计方式相比, 遥感应急监测的快速性和准确性作用得到充分体现。同时提取结果与实际结果仍然存在一定的差异, 且江面仍然存在异常图斑, 这可能是城市高楼反射的雷达回波, 以及江面船只或杂物导致的反射异常。



图7 提取结果细节与航拍对比



图8 提取范围定量分析

### 4 结 语

利用GF-3聚束数据对“长江2020年第5号”洪水和“嘉陵江2020年第2号”洪水交汇时进行了应急监测，提取了洪水范围，与航拍照片对比，验证了提取的准确性。同时实验所采用的水体提取流程成熟、高效，在应急状态下可迅速提取结果供应急使用。实验充分发挥了遥感大面积监测特点以及GF3聚束数据的高分辨率特征，对沿江淹没情况有较好的反映。结果表明GF-3卫星在洪涝灾害应急监测中，可以提供有力的数据支持，当洪涝灾害发生时可以迅速启动应急响应，在最短的时间内获取灾区的SAR影像，通过

雷达图像解译进行受灾体的识别，从而为救灾工作提供实时、准确的信息。

### 参考文献

- [1] 梅安新,彭望球,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001
- [2] 张庆君. 高分三号卫星总体设计与关键技术[J]. 测绘学报, 2017,46(3):269-277
- [3] 周帆,张文君,雷莉萍,等. GF-3与Sentinel-1 洪灾淹没信息提取[J]. 地理空间信息,2021,19(6):17-21
- [4] 谷鑫志,曾庆伟,谌华,等. 高分三号影像水体信息提取[J]. 遥感学报,2019,23(3):555-565
- [5] 陈志国. 高分辨率SAR卫星影像洪水区域提取应用研究[D]. 武汉:武汉大学,2017
- [6] 新华社.“嘉陵江2020年第2号洪水”、“长江2020年第5号洪水”洪峰通过重庆主城区[EB/OL]. (2020-08-20) [2022-04-06]. [http://www.gov.cn/xinwen/2020-08/20/content\\_5536239.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2020-08/20/content_5536239.htm)
- [7] 百度百科. 长江2020年第5号洪水被命名,防汛形势极其严峻[EB/OL]. (2020-08-24)[2022-04-06]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1675911761961858719>
- [8] 杨存建,魏一鸣,陈德清. 基于星载雷达的洪水灾害淹没范围获取方法探讨[J]. 自然灾害学报,1998,6(3):46-51
- [9] 李胜阳,许志辉,陈子琪,等. 高分3号卫星影像在黄河洪水监测中的应用[J]. 水利信息化,2017,34(5):22-26
- [10] 刘寒艳,宋红军,程增菊. 条带模式、聚束模式和滑动聚束模式的比较[J]. 中国科学院研究生院学报,2011,28(3):410-417
- [11] 马建威,孙亚勇,陈德清,等. 高分三号卫星在洪涝和滑坡灾害应急监测中的应用[J]. 航天器工程,2017,26(6):161-166

**第一作者简介:** 林熙 (1989—), 硕士研究生, 工程师, 研究方向为遥感数据处理及应用。



## 本刊声明

为适应我国信息化建设，扩大本刊及作者知识信息交流渠道，本刊数据已被《中国核心期刊（遴选）数据库》《CNKI 中国期刊全文数据库》和《中文科技期刊数据库（全文版）》等收录。在《地理空间信息》发表的论文均默认将其在著作权保护期内的复制权、发行权、汇编权、翻译权以及网络传播权授权给《地理空间信息》编辑部，编辑部可将上述权利转授给第三方使用。作者不再许可他人以任何形式使用该篇论文，但可以在其后续作品中引用（或翻译）该论文中部分内容或将其汇编在作者的非期刊类文集中。如不同意，请事先声明，本刊另作处理。其文章的著作权使用费与本刊稿酬一次性给付（已在收取发表费时折减和换算为杂志赠阅）。

（本刊编辑部）