

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20210085

基于 GF-3 的 2020 年鄱阳湖洪水动态监测与影响评价

李磊¹, 崔倩¹, 张志新¹, 李鑫雨¹, 陈德清¹, 查晨峰², 王晓兴²

(1.水利部信息中心(水利部水文水资源监测预报中心), 北京 100053;

2.北京金水信息技术发展有限公司, 北京 101400)

摘要:选用高分三号雷达遥感影像对鄱阳湖洪水进行了动态监测和影响评价,结果表明 2020 年洪水范围为近 22 年来最大,仅次于 1998 年,淹没土地以林草地为主,受淹耕地和房屋的面积、比例均较 1998 年偏少,一定程度上反应了长江流域、鄱阳湖流域水旱灾害防御能力的提升成效,为全面评估鄱阳湖洪水影响提供了新方法。

关键词:高分三号; 卫星遥感; 鄱阳湖; 洪水监测; 2020 年

中图分类号: P407.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2022)03-0043-05

0 引言

近年来空间技术发展迅速,卫星遥感影像资料被广泛应用于资源调查、农业、气象和水利等行业领域^[1-3]。目前,对于洪涝灾害的遥感监测和评估研究,主要以光学遥感影像资料为主,如利用美国 NASA 的陆地卫星 Landsat、法国资源遥感卫星 SPOT 以及中国“高分一号”(GF-1)、“环境一号”卫星等^[4-7],少部分学者采用欧洲 Sentinel(哨兵系列)雷达卫星资料进行研究^[8-9]。“高分三号”(GF-3)作为中国首颗分辨率达到 1m 的 C 频段多极化合成孔径雷达(SAR)成像卫星,由于其投入时间较短,目前在洪涝灾害监测评估中的应用还较少。

2020 年 7 月,鄱阳湖发生了流域大洪水,受天气条件的限制,传统的光学影像资料无法支撑洪水监测和影响评估工作。为了能够及时动态监测鄱阳湖洪水变化情况,全面评估此次大洪水的影响程度,为后续研究提供重要参考资料,选择了具备高分辨率、全天候全天时工作,能够穿云透雾等诸多优点于一体的 GF-3 遥感影像,通过应用人工智能图像识别和地理空间分析技术,开展了鄱阳湖水体动态监测和影响评价工作。

1 研究区概况

鄱阳湖是中国最大的淡水湖,位于 115°49'E~

116°46'E, 28°11'N~29°51'N, 接纳五大河流来水(赣江、抚河、信江、饶河与修水)经调蓄后注入长江,其季节性特征明显,即丰水期与长江融为一体,枯水期则成为孤立水域,具有“高水是湖、低水似河、枯水成沟”的典型洪泛特征^[10],因此很难给出鄱阳湖水域一个明确的范围边界。部分学者从生态环境科考的角度出发,界定了鄱阳湖临湖区范围和界线^[11]。考虑到鄱阳湖与周边水体枯水期的连通性,以其成果为基础分为鄱阳湖主体以及周边水体范围进行研究(见图 1)。

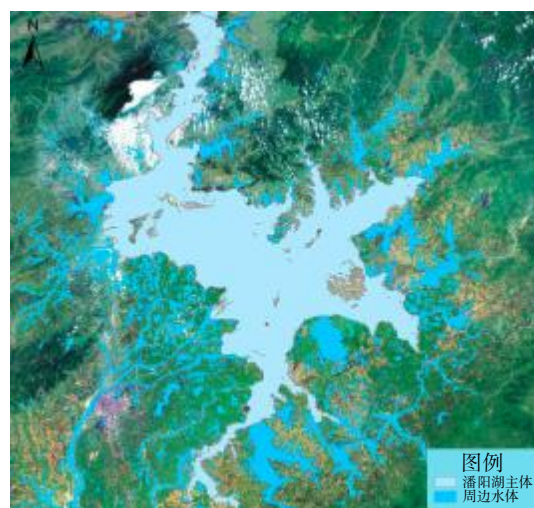


图 1 鄱阳湖主体及周边水体范围示意图

Fig.1 Main water body and surrounding water area of Poyang Lake

收稿日期:2021-02-10

网络首发日期:2022-06-01

网络首发地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1814.P.20220530.1539.017.html

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2021YFB3900603)

作者简介:李磊(1982—),男,河南平顶山人,博士,高级工程师,主要从事水利数据分析与应用工作。E-mail:lilei1982@mwr.gov.cn

2 数据源与研究方法

2.1 数据准备

GF-3 号遥感影像资料来自于水利部高分水体系统,该系统通过与中国资源卫星应用中心的专线推送,实现了定制区域相关遥感产品的及时推送。另外,为了便于与历史年份的洪水淹没情况进行对比,还选用了部分 Landsat、GF-1 等历史卫星遥感影像资料进行分析。

影像数据的查询、下载、预处理和水体提取全套工作均在水体遥感识别系统(见图 2)上完成,包括光学遥感影像预处理、雷达影像预处理、水体提取、结果优化、统计分析等功能模块,该系统直接对接高分水利遥感应用示范系统(一期)。根据需求向中国资源卫星应用中心申请订购监测范围内的 GF-3 影像数据,通过专用光纤接收由其推送的影像数据,数据为 L1A 级产品。对获取的 GF-3 影像进行数据预处理,包括多视处理、辐射定标、地理编码、滤波和影像裁剪,最终得到监测范围的影像数据。

2.2 模型方法

针对 GF-3 雷达影像的水面信息提取,主要选择利用高斯分布对影像建模的 KI(Kittler-Illingworth,最小错误率准则)算法,通过 KI 算法对 SAR 影像建模,重构代价函数,当满足总体分类代价最小时即可获得具有最小错分率的结果,以此提高水陆分割结果的精确度。首先,定义一个准则函数 $J(T)$ 来描述水体正确分类性能:

$$J(T) = \sum_{x=0}^{L-1} h(x) c(x, T) \quad (1)$$

式中: T 为从选择的阈值,取值范围从 0 到 $L-1$; $h(x)$ 为差异图像的灰度直方图函数,表示灰度值 x 的概率; $c(x, T)$ 为代价函数,公式如下:

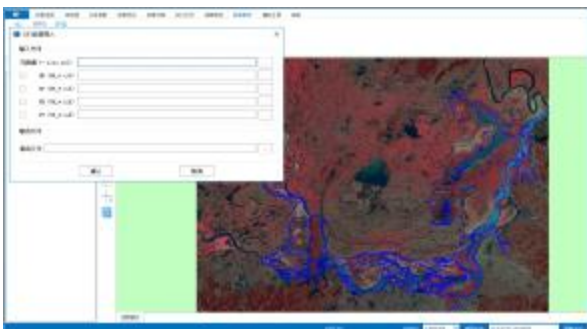


图2 水体遥感识别系统界面

Fig.2 System interface of water body extraction from remote sensing image

$$c(x, T) = \begin{cases} -2\ln P(\omega_0|x, T) & x < T \\ -2\ln P(\omega_1|x, T) & x > T \end{cases} \quad (2)$$

式中: $P(\omega_i|x, T)$ 分别代表了已知像元灰度值和阈值时的未变化类、变化类的后验概率。

为了选取最佳阈值使得图像分类误差最小,那么就要 $J(T)$ 取得最小值:

$$T^* = \arg \min_{T=0,1,\dots,L-1} J(T) \quad (3)$$

假设类条件概率 $P(\omega_i|x, T)$ 服从高斯分布,略去对代价函数没有影响的数值项,对分布模型的均值、方差和形状控制参数进行估计^[12-13],最终得到高斯分布下判别函数的最优解,自动提取得到最优解下的水体面积。

此外,为评价洪水淹没影响程度,引入了阿里达摩院的人工智能算法,通过前期样本训练之后,能够对遥感影像中的建筑物进行智能识别,将其与洪水水面进行叠加,进行淹没比例、面积分析。

3 结果分析

3.1 2020 年 7 月洪水过程

鄱阳湖水位自 7 月 6 日开始超警,7 月 12 日达到最高、之后波动缓退。通过 GF-3 获取到 7 月 8—15 日遥感影像分析,分析发现 7 月 12 日鄱阳湖主体及周边水体面积达到最大,为 5708 km²,其中鄱阳湖主体水体面积 3125 km²,周边水体面积 2583 km²(见表 1),鄱阳县、都昌县等地水体面积显著增加(见图 2),之后鄱阳湖主体水面面积缓慢减小,周边水体面积明显减小。

3.2 2020 年洪水影响分析

为评估此次洪水影响,选择鄱阳湖发生洪水前 5 月份的遥感影像资料,通过人工智能技术对鄱阳湖周边房屋建筑物进行提取,结合最新土地利用资料、AI 提取的房屋数据与 2020 年 7 月 12 日洪水最大时的水面进行叠加分析(见图 3)。

表1 2020年7月8—15日鄱阳湖水面面积提取成果
Table1 The results of water body extraction from Poyang Lake in July 8-15,2020

影像日期	来源	总面积/km ²	主体面积/ km ²	周边水体面积/ km ²
7月8日18时	GF3	4811	3050	1761
7月12日06时	GF3	5708	3125	2583
7月13日18时	GF3	4660	3032	1628
7月15日18时	GF3	4417	3020	1397

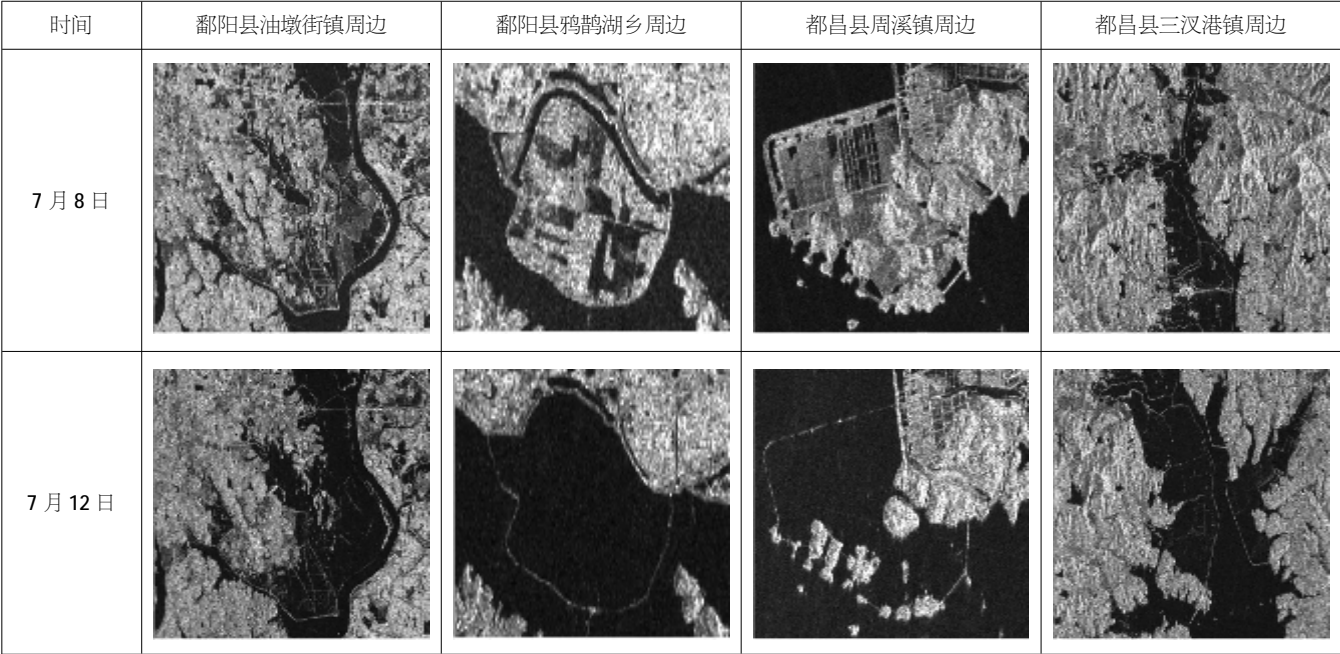


图2 鄱阳湖 7 月 8 日、12 日水体变化示意图(黑色为水体)
Fig.2 Variation of Poyang Lake in July 8 and 12(black areas are water bodies)



图3 沿河房屋受淹范围提取分析(鄱阳县昌洲乡南林村)
Fig.3 Extraction and analysis of inundated buildings along Poyang Lake

从土地类型上看,洪水淹没的土地类型以其他用地(林地、草地和荒地等)为主,占总淹没面积的 62%;耕地受淹面积约 1028 km²,占总淹没面积的 36%;受淹居民地和道路面积分别为 34.7 和 18.2 km²,共占总淹没面积的 2%。其中,AI 智能识别的房屋受淹面积约

4.57km²,与土地利用数据提取的结果基本一致(4.20km²),仅占受淹居民地面积的 13%。

从空间分布上看,淹没区主要集中在南昌市新建区和南昌县、上饶市鄱阳县和余干县、九江市的永修县等地,淹没总面积约 2008 km²,其中淹没面积最多的是上饶市鄱阳县,淹没面积约 525 km²,淹没居民地主要集中在上饶市的鄱阳县和南昌市南昌县,占居民地淹没总面积的 45%(见表 2)。

3.3 与历年洪水对比分析

根据 1998—2020 年鄱阳湖控制站湖口水文站历年最高水位的出现日期,挑选与该日期相近的 32 景卫星遥感影像资料进行对比分析。结果表明,2020 年 7 月 12 日鄱阳湖主体水面面积为近 22 年的第 2 位(第 1 位,1998 年 7 月 31 日,3188 km²)。从历年资料可以

表2 2020年7月12日鄱阳湖水面淹没土地利用类型统计
Table2 Statistics of inundated land use types of Poyang Lake in July 12, 2020

地市	县(区)	总淹没面积/km ²	耕地淹没面积/km ²	其他淹没面积/km ²	居民地淹没面积/km ²	道路淹没面积/km ²
南昌市	新建区	458.3	178.5	274.5	3.8	1.5
上饶市	鄱阳县	525.2	272.1	237	8.9	7.2
上饶市	余干县	395.8	130.3	258	5.2	2.3
南昌市	南昌县	271.9	180.3	83.2	6.7	1.7
九江市	永修县	356.4	90.1	264	1.3	1
其他县(区)		839.7	176.5	649.9	8.8	4.5
总计		2847.3	1027.8	1766.6	34.7	18.2



图 4 1998—2020 年鄱阳湖主体水面面积提取成果

Fig.4 Results of main water body extraction of Poyang Lake in 1998-2020

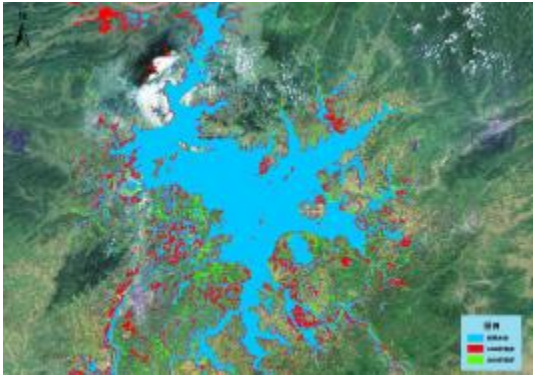


图 5 2020 年 7 月 12 日、1998 年 7 月 31 日鄱阳湖水体面积空间对比

Fig.5 Spatial comparison of water body area in Poyang Lake on July 31, 1998 and July 12, 2020

表3 假定1998年鄱阳湖洪水发生在2020年对比分析

Table3 Comparison of Poyang Lake flood in 1998 and 2020 under scenario analysis

日期	淹没区								
	总面积/km ²	居民地		耕地		其他用地		铁路道路	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
2020.07.12	2847	34.7	1	1027.8	36	1766.6	62	18.2	1
1998.07.31	3647	139.9	4	1412.7	39	2042.3	56	52.3	1

看出,当湖口站水位超过警戒水位(19.50 m)时,鄱阳湖主体水面面积均超过 2900 km²(见图 4)。

将 2020 年 7 月 12 日鄱阳湖最高水位时的水体面积,与 1998 年鄱阳湖最高水位(1998 年 7 月 31 日)时的水体面积进行对比分析。总体看,2020 年鄱阳湖及周边水面面积较 1998 年明显偏少。其中 2020 年,鄱阳湖主体水面面积与 1998 年基本相当(2020 年 3125 km², 1998 年 3188 km²),周边水体面积为 2583 km²,较 1998 年(3204 km²)少约 621 km²,相当于南昌县面积的三分之一。

空间上看,1998 年偏多水体主要集中在九江县、鄱阳县和余干县,2020 年偏多水体主要集中在南昌县(见图 5)。

3.4 与 1998 年假定情景评估

为便于对比分析,假定 1998 年洪水发生在当前下垫面情况下,将 1998 年 7 月 31 日鄱阳湖及周边地区水体面积叠加到当前土地利用图上进行情景分析。

结果表明,1998 年鄱阳湖水体面积最大时的淹没面积较 2020 年多 800 km²。从淹没土地组成上看,林地草地等其他用地面积占 56%,较 2020 年偏少 6%;耕地、居民地面积分别占 39%和 4%,均较 2020 年偏多

3%;道路面积所占比例相同,均为 1%(见表 3)。这反映了经过 20 多年的防洪工程建设和水旱灾害防御能力提升,虽然 2020 年遭遇了与 1998 年量级相当的洪水,但总体损失大为降低。

4 结论

研究表明,GF-3 影像能够有力支撑鄱阳湖洪水遥感动态监测,可对整个湖区的洪水淹没范围进行分析,结合历史遥感资料和人工智能识别技术,结果显示 2020 年鄱阳湖洪水淹没面积要少于 1998 年,位列近 22 年来第 2 位,淹没土地主要以林草地和荒地为主。通过情景分析假定,对比发现 2020 年洪水淹没造成的耕地、居民地损失均低于 1998 年,一定程度上表明长江流域、鄱阳湖流域水旱灾害防御能力的提升成效,为全面评估鄱阳湖洪水影响提供了新方法。

参考文献:

[1] 李栋,董正宏,刘晓昂. 遥感卫星应用发展现状及启示[J]. 中国航天, 2020,501(1):48-55. (LI Dong, DONG Zhenghong, LIU Xiao'ang. Current situation and enlightenment of satellite remote sensing application [J]. Aerospace China, 2020,501(1):48-55. (in Chinese))

[2] 谢武强. 卫星遥感技术在国土资源调查中的应用[J]. 工程技术研究, 2020,58(2):46-47.(XIE Wuqiang. Application of satellite remote sensing

- technology in land and resources investigation [J]. Engineering and Technological Research, 2020,58(2):46-47. (in Chinese))
- [3] 李加林, 曹罗丹, 浦瑞良. 洪涝灾害遥感监测评估研究综述[J]. 水利学报, 2014,45(3):253-260. (LI Jialin, CAO Luodan, PU Ruiliang. Progresses on monitoring and assessment of flood disaster in remote sensing [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2014,45(3):253-260. (in Chinese))
- [4] 张丽文, 梁益同, 李兰. 基于高分一号影像的武汉市洪涝遥感监测与分析[J]. 气象科技进展, 2018,8(5):51-57. (ZHANG Liwen, LIANG Yitong, LI Lan. Characteristic analysis of flood monitoring in Wuhan city based on GF-1 remote sensing data [J]. Advances in Meteorological Science and Technology, 2018,8(5):51-57. (in Chinese))
- [5] 沈秋, 高伟, 李欣, 等. GF-1 WFV 影像的中小流域洪涝淹没水深监测[J]. 遥感信息, 2019,34(1):90-95. (SHEN Qiu, GAO Wei, LI Xin, et al. Monitoring of flood depth in small and medium-sized basins using GF-1 WFV images [J]. Remote Sensing Information, 2019, 34(1):90-95. (in Chinese))
- [6] 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(7):8-10+14. (GAO Wei, SHEN Qiu, LI Mengfan, et al. Analysis of time-serial monitoring of flood extent based on multi-source remote sensing data [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2018(7):8-10+14. (in Chinese))
- [7] 马艳敏, 郭春明, 李建平, 等. 卫星遥感技术在吉林旱涝灾害监测与评估中的应用[J]. 干旱气象, 2019,37(1):159-165. (MA Yanmin, GUO Chunming, LI Jianping, et al. Application of satellite remote sensing technology in drought and flood monitoring and impact assessment in Jilin province [J]. Journal of Arid Meteorology, 2019, 37(1):159-165. (in Chinese))
- [8] 李小涛, 湛南渝, 路京选, 等. "哨兵"系列卫星数据在洪涝灾害监测中的应用[J]. 卫星应用, 2019(11):50-53. (LI Xiaotao, ZHAN Nanyu, LU Jingxuan, et al. Application of "Sentinel" series satellite remote sensing data in drought and flood monitoring [J]. Satellite Application, 2019(11):50-53. (in Chinese))
- [9] 路京选, 李小涛, 李琳, 等. 台风暴雨洪涝灾害全链路遥感动态监测方法与示范[J]. 卫星应用, 2019,11:23-28. (LU Jingxuan, LI Xiaotao, LI Lin, et al. Full-link remote sensing dynamic monitoring method and demonstration of typhoon, rainstorm and flood disaster [J]. Satellite Application, 2019,11:23-28. (in Chinese))
- [10] LI Y, ZHANG Q, YAO J, et al. Hydrodynamic and Hydrological Modeling of the Poyang Lake Catchment System in China [J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2014,19(3):607-616.
- [11] 黄宏胜, 陈美球, 蔡海生, 等. 鄱阳湖临湖区范围确定研究[J]. 人民长江, 2018,49(3):57-60. (HUANG Hongsheng, CHEN Meiqiu, CAI Haisheng, et al. Study on adjacent region delimitation of Poyang lake [J]. Yangtze River, 2018,49(3):57-60. (in Chinese))
- [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] 申邵洪, 谭德宝, 陈蓓青. 基于 KI 算法的多时相 ASAR 影像水面信息变化检测[J]. 长江科学院院报, 2008(2):29-32. (SHEN Shaohong, TAN Debao, CHEN Beiqing. Change detection of water surface in multitemporal ASAR images based on KI algorithm [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2008(2):29-32. (in Chinese))

Dynamic Monitoring and Impact Assessment of Poyang Lake Flood in 2020 Based on GF-3

LI Lei¹, CUI Qian¹, ZHANG Zhixin¹, LI Xinyu¹, CHEN Deqing¹, ZHA Chenfeng², WANG Xiaoxing²

(1. Information Center (Hydrology Monitor and Forecast Center), Ministry of Water Resources, Beijing 100053, China;

2. Beijing Goldenwater Information Technology Company Limited, Beijing 100053, China)

Abstract: This paper monitored and evaluated the Poyang Lake flood based on GF-3 radar remote sensing image. The result demonstrate that Poyang Lake flood of 2020 is the largest in recent 22 years except for 1998, the submerged land of which are mostly woodland, grassland and wasteland. Area and proportion of flooded farmland and building in 2020 were less than those in 1998, which means that the improvement of flood prevention capability in Yangtze River basin and Poyang Lake.

Keywords: GF-3; remote sensing; Poyang Lake; flood monitoring; 2020