

# Rapid Extraction of Water Area in Poyang Lake Based on Sentinel-1 Satellite Images

Ping Huang, Xiaohua Xu, Delong Li

Jiangxi Provincial Institute of Water Science, Nanchang Jiangxi  
Email: 472497182@qq.com

Received: Aug. 19<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 31<sup>st</sup>, 2018; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Satellite data is a powerful tool to obtain flood inundated area and evaluate flood disaster, which has high sensitivity to extract water area at any time in day or night and under all weather conditions. Sentinel-1A, is as the first satellite in ESA's Copernicus Programmer for monitoring environment. Based on the images taken by Sentinel-1A before and after rainstorm in Poyang Lake in June 2017, the water area is extracted quickly and effectively using the method of threshold and the superposition of the vector. It is proved that the method is simple and feasible, which can provide reference for the research and utilization of Sentinel-1 satellite data in flood disaster assessment.

## Keywords

Satellite Images, Poyang Lake, Water Area, Rapid Extraction

---

# 基于Sentinel-1卫星数据快速提取鄱阳湖水体面积

黄萍, 许小华, 李德龙

江西省水利科学研究院, 江西 南昌  
Email: 472497182@qq.com

收稿日期: 2018年8月19日; 录用日期: 2018年8月31日; 发布日期: 2018年9月11日

---

## 摘要

SAR数据具有对地观测的全天时、全天候等特点, 对水体提取较为敏感的优势, 是获取洪水淹没范围、评估洪水灾害灾情的有力工具。Sentinel-1A是欧洲宇航局哥白尼计划发射升空的第一颗环境监测卫星。根据雷达影像的成像原理, 以2017年6月鄱阳湖区遭受暴雨前后Sentinel-1A获取的影像为例, 运用阈值法和矢量叠加的方法,

作者简介: 黄萍(1990-), 女, 汉, 陕西省安康市, 工程师, 研究方向: 防洪减灾及水利信息化。

快速有效地提取出了湖区水体面积扩张范围,证明该方法简单、可行,能运用于洪水灾情评估工作,以期 Sentinel-1 卫星数据在洪水灾害评估中的研究利用提供参考。

## 关键词

卫星影像, 鄱阳湖, 水体面积, 快速提取

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

据统计,洪涝灾害作为目前影响最为严重的自然灾害,每年带来的灾害损失占有所有自然灾害造成的损失 40% 以上。我国两条大型河流的中下游聚集着农业与经济发达地区,一旦发生洪水,势必会造成的巨大的损失,严重者将会危害着社会的稳定、团结和国家的发展。及时准确地获取洪水的空间信息、淹没范围,并对洪水的发展趋势进行预报,对于尽可能减少洪涝灾害对人民对国家带来的损失就显得尤为重要。在监测和预警洪水灾害过程中,洪水淹没范围即水体面积变化是最重要的信息之一,如何科学、准确、快速地获取水体信息,及时掌握水资源环境的变化,对资源环境的监测、洪灾的预防、灾后救援等具有重大的现实意义[1]。

二十世纪中期至今,遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等空间信息处理技术,从形成与发展到现在已经日趋成熟。遥感的出现为洪水淹没范围的评估提供了先进的技术手段。光学传感器,如大尺度低空间分辨率的 NOAA AVHRR,中等空间分辨率的 Landsat MSS, Landsat TM 等均被用于提取洪水淹没范围。雷达数据不受云雾的影响,在恶劣的天气也能穿过云雾获取地表信息,因此其在洪水监测等方面有广泛的应用前景。随着遥感数据源的增多,应用光学遥感技术提取水体信息的研究和应用已有较多的发展。随着近年来星载合成孔径雷达 SAR (Synthetic Aperture Radar)技术的发展,大量星载 SAR 系统(如 Envisat ASAR、ALOS PALSAR、Terra SAR-X 及 Radarsat-2 等)投入运行,雷达遥感数据的应用得到了极大的发展[2]。鉴于 SAR 对地观测的全天时全天候特点,以及 SAR 对水体提取较为敏感的优势,开展 SAR 水体变化范围提取和监测研究,对提高水体变化监测的频率和准确性有着重要意义,为洪涝等的灾情评估提供了可能。

我国学者在利用遥感数据获取水体范围上做出了诸多研究,如郑伟[3]等人分析了表面粗糙度、几何角度和极化方式对水体等地物在雷达图像上成像特点的影响因素以及纹理特征对水体提取的作用,分别对基于单波段数据的域值法、基于双极化数据的最大似然分类法和基于双极化数据和纹理信息的最大似然分类法从 ENVISAT-ASAR 数据提取洪涝水体信息的方法进行了分析与探讨。段秋亚[4]等人分别采用归一化差分水体指数(normalized difference water index, NDWI)阈值法、支持向量机(support vector machine, SVM)和面向对象等方法对鄱阳湖区的 GF-1 影像进行水体信息提取实验,并根据提取结果分析和比较各种方法的优势与不足。陈秀万[1]在探讨不同遥感平台(卫星、飞机和地面)获得的不同种类(波段)遥感信息监测洪水灾害的基础上,分析了应用复合遥感信息监测洪水灾害的可能性和先进性。杨存建[5]等利用 Radarsat 和 DEM 雷达模拟图像提取 1998 年特大洪水期间洞庭湖周围的洪水区域等。

2017 年,江西省遭遇持续强降雨,6 月 20 日至 7 月 2 日,全省平均降雨量 268 mm,比多年均值偏多 132%,列历史第 1 位。6 月 20 日开始,强降雨过程持续时间长达 13 天之久,鄱阳湖星子站水位超警戒达 20 天,在长江流域各省中,长江江西段、鄱阳湖水水位超警戒时间最长,退出警戒水位时间最晚。目前,国内研究利用 Sentinel-1

卫星数据的相关文献还较少, 本文利用 2017 年 6 月鄱阳湖区遭受暴雨前后 Sentinel-1A 获取的影像为例, 运用阈值法和矢量叠加的方法, 快速有效地提取出了湖区水体面积扩张范围, 为接下来对 Sentinel-1 卫星数据在洪水灾害评估中的研究利用提供了参考, 同时可为相关政府部门的决策部署提供重要的技术支持。

## 2. Sentinel-1 卫星介绍

Sentinel-1 于 2014 年 4 月发射, 将以其大范围、多模式、多应用的特点为更多用户提供数据服务。Sentinel-1 是一个全天时、全天候雷达成像系统, 它是欧洲委员会和欧洲航天局针对哥白尼全球对地观测项目研制的首颗卫星, 于 2014 年月发射, 经过半年试运营后, 2014 年 10 月开始逐步走向应用。Sentinel-1 基于 C 波段的成像系统采用 4 种成像模式(分辨率最高 5 m、幅宽达到 400 km)来观测, 具有双极化、短重访周期、快速产品生产的能力, 可精确确定卫星位置和姿态角(如图 1 所示)。它采用预编程、无冲突的运行模式, 可以实现全球陆地、海岸带、航线的高分辨率监测, 也可以实现全球海洋的大区域覆盖, 这也为各种运营应用、同一地区的长时间序列监测提供了技术支撑[6]。

Sentinel-1 卫星在近极地太阳同步轨道上运行, 轨道高度约 700 km, 重访周期为 12 d。为获取较好的干涉产品, Sentinel-1 采用了严格的轨道控制技术。沿既定轨道运行时的卫星位置必须精确, 在试运营技术后, 它在既定轨道路径为圆心、半径为 50 m 的空间管道内运行, 从而确保空间基线足够小, 相干性增高, 干涉分析可以有效开展[6]。

## 3. 研究区介绍

鄱阳湖是中国第一大淡水湖, 也是中国第二大湖。鄱阳湖区示意图, 如图 2 所示。位于江西省北部、长江中下游南岸。介于北纬 28°22'~29°45', 东经 115°47'~116°45'之间。鄱阳湖水系以赣、抚、信、饶、修五大河流为主体, 因此称赣江、抚河、信江、饶河、修河为鄱阳湖“五河”, 此外还有直接入湖的清丰山溪、博阳河、



Figure 1. Sketch diagram of Sentinel-1 satellite  
图 1. Sentinel-1 卫星示意图

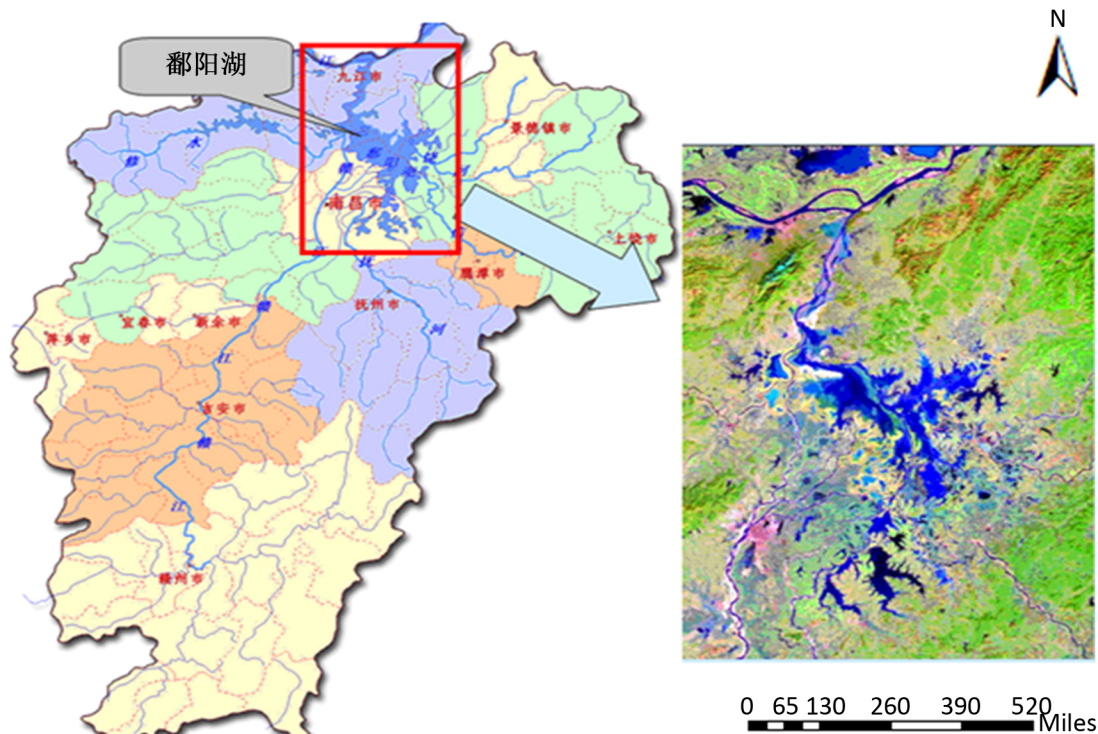


Figure 2. Sketch diagram of Poyang Lake  
图 2. 鄱阳湖区示意图

漳田河、潼津河等河流，从湖口汇入长江。鄱阳湖水位变化受五河及长江来水的双重影响，每当洪水季节，水位升高，湖水漫滩，湖面宽阔，碧波荡漾，茫茫一片；枯水季节，水位下降，湖水落槽，湖滩显露，湖面变小，蜿蜒一线，与河道无异。洪、枯水的湖体面积、湖体容积相差极大。鄱阳湖是我国十大生态功能保护区之一，同时，它也是长江干流重要的调蓄性湖泊，在长江流域发挥着重要的防洪及物种保护、调节气候、促进水循环等众多生态功能[7]。

## 4. 数据源及预处理

### 4.1. 数据源

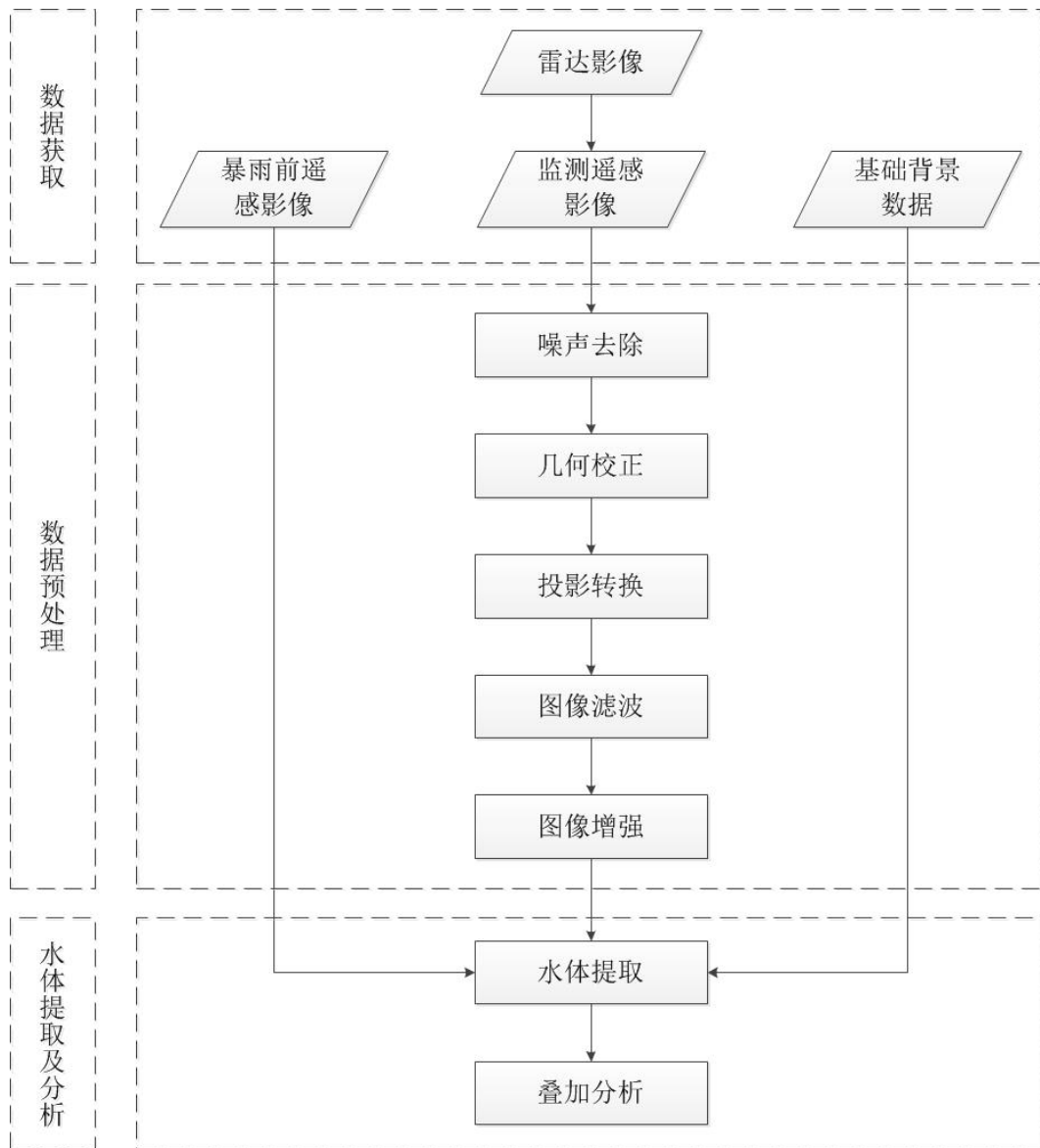
本文所使用的数据分别是在洪灾发生前 2017 年 6 月 12 日，以及洪灾发生后 2017 年 6 月 24 日 Sentinel-1A 卫星对鄱阳湖区采集的影像数据。雷达影像成像方式为干涉宽幅(IW, Interferometric Wide swath)模式，极化方式为 VV [6]。雷达影像中亮度大小代表雷达回波强度的大小，水体回波强度较小，陆地回波强度较大，因此，水体在影像中呈现暗色或黑色，陆地呈现灰白色或黑灰色。

### 4.2. 预处理

数据预处理主要流程如图 3 所示，主要包括以下几步：

1) 辐射校正：由于传感器自身的某些特征、影像拍摄时的太阳高度、研究区域的地形以及当地的大气条件等原因，导致从卫星传感器中得到的观测值和观测物体的光谱反射率或辐射亮度值等不同，因此要最大限度地消除这些差异，首先就要做辐射校正。Level 1 影像通常没有进行辐射校正，存在着显著的辐射偏差。对洪灾前后的影像进行辐射校正利用 S1TBX-SAR Processing-Radiometric-Calibrate 工具，得到影像地物雷达后向散射系数  $\sigma_0$ 。





**Figure 3.** Data treatment processing  
**图 3.** 数据处理流程

2) 斑点噪声抑制：由于合成孔径雷达发射的是相干电磁波，连续雷达脉冲的回波在相干处理时，由于表面粗糙，各散射体反射的电磁波的相干叠加，各基本散射体与传感器间距离不一，导致回波在相位上不相干，从而造成回波强度逐像素的变化，在模式上表现为颗粒状，从而使得 SAR 图像出现随机分布的黑白斑点，这被称为斑点(Speckle)噪声[8]。为了抑制噪声对影像解译的影响，本文利用 S1TBX-SAR Processing-Speckle Filtering 工具分别对经过辐射校正的洪灾前后影像进行斑点噪声抑制，其中滤波器选取 Refined Lee，可以在有效地消除平坦区域斑点噪声的同时保留了图像的边缘信息，阈值设置为 5000。

3) 影像配准：将洪灾前后获取的两幅影像实现最佳匹配，通过几何变换使两幅影像的坐标达到一致。影像配准是利用多时相同传感器或不同传感器遥感影像进行动态变化监测的基础[9]。本文以洪灾前获取的影像作为主影像，运用 S1TBX-SAR Processing-Coregistration-Automatic Coregistration 工具对斑点噪声后的洪灾前后两幅影像进行自动影像配准。

4) 几何校正: 由于合成孔径雷达侧视成像的特点, 地形起伏会对 SAR 影像造成很大的几何畸变, 导致透视收缩、迭掩、阴影等现象。为了进行多时相分析, 改正和消除遥感影像成像时因摄影材料变形、物镜畸变、大气折光、地球曲率、地球自转、地形起伏等因素导致的原始图像上各地物的几何位置、形状、尺寸、方位等特征与在参照系统中的表达要求不一致时产生的变形, 必须进行几何校正。本文运用 SITBX-SAR Processing-Geometric-Terrain Correction 工具, 选取 Range Doppler 方法对影像配准后的洪灾前后两幅影像进行几何校正。为了更好地将陆地和水体区别开来, 最后将经过辐射校正、斑点噪声抑制、影像配准和几何校正后的两幅影像由线性刻度转为对数刻度(dB)。图 4 和图 5 分别为经过数据预处理的受灾前后卫星影像。可发现, 原始雷达影像的斑点噪声被有效抑制, 倒置的原始影像被纠正, 水陆界线更为明显, 水体与陆地能够很好地区分开来, 水体轮廓更为清晰[9]。

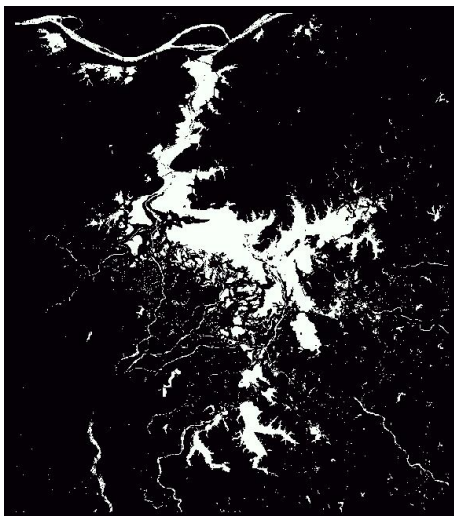


Figure 4. The binary images of water and land of Poyang Lake on June 12th

图 4. 6月12日鄱阳湖区水体、陆地二值图

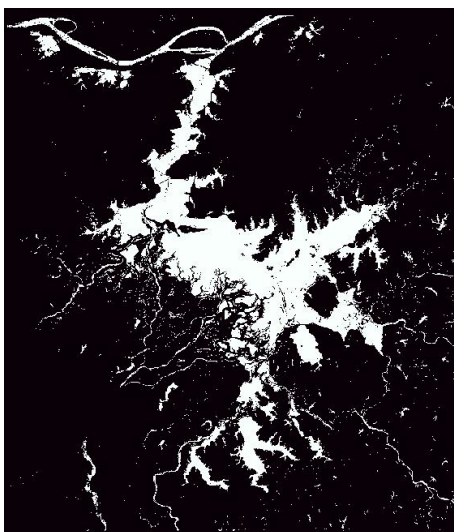


Figure 5. The binary images of water and land of Poyang Lake on June 24th

图 5. 6月24日鄱阳湖区水体、陆地二值图

## 5. 结果分析

目前, SAR 图像的水体提取方法主要包括: 基于纹理信息的提取、结合地形辅助信息的提取、独立成分分析和阈值分割。纹理提取是地物提取中较经典的方法, 描述纹理特征的方法很多, 其中灰度共生矩阵应用最为广泛, 其提取精度高, 但计算量大, 且纹理窗口需要不断调试才能取得最佳结果。结合地形辅助信息提取主要是结合 DEM 等信息, 通过影像和地形信息匹配实现水体提取。独立成分分析应用主成分分析对特征矢量进行特征提取, 算法适用于目标和背景反差较大的情况[10]。

阈值分割方法速度快, 原理简单, 应用最为广泛。依据水体在 SAR 图像中散射值低的特点, 设定相应阈值, 将图像中小于阈值部分和大于阈值部分分别标记为水体和背景, 形成二值图。本文运用 SITBX-Analysis-Histogram 工具分别生成经过预处理的洪灾前后两幅影像的散射值直方图(如图 6 和图 7 所示)。该图呈现明显的双峰, 根据目视判读的方法从直方图得出洪灾前和洪灾后影像分割的阈值分别为 $-25.5$  dB 和 $-24$  dB。图 5 为根据阈值分割方法生成的洪灾前后的水体、陆地二值图。

将 6 月 12 日和 24 日提取的鄱阳湖区水体图相互叠加, 图 8 中蓝色区域代表暴雨发生前的水域范围, 红色

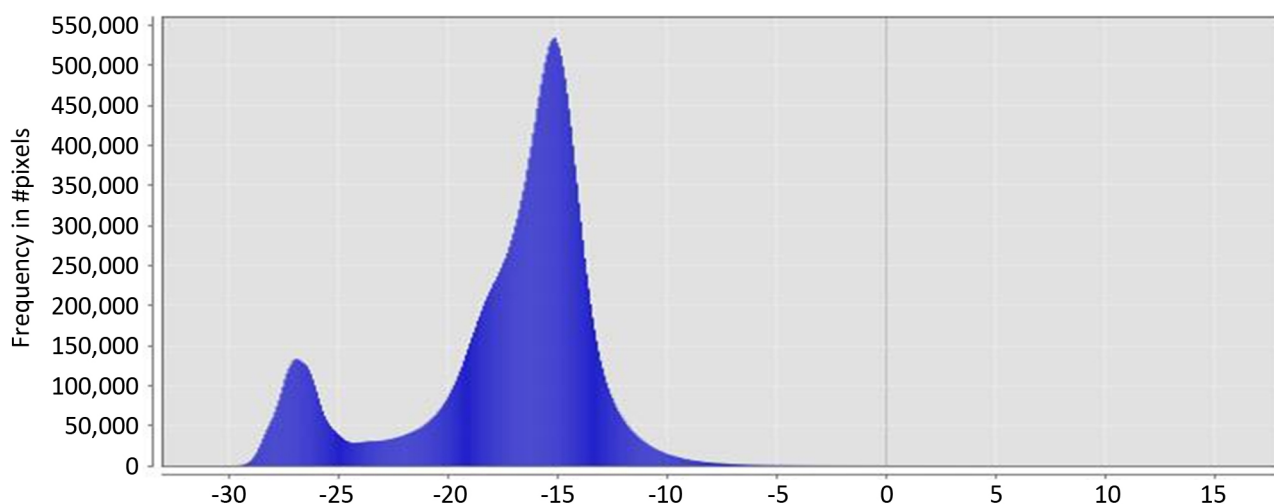


Figure 6. Histogram of Poyang Lake on June 12th

图 6. 6 月 12 日鄱阳湖区影像直方图

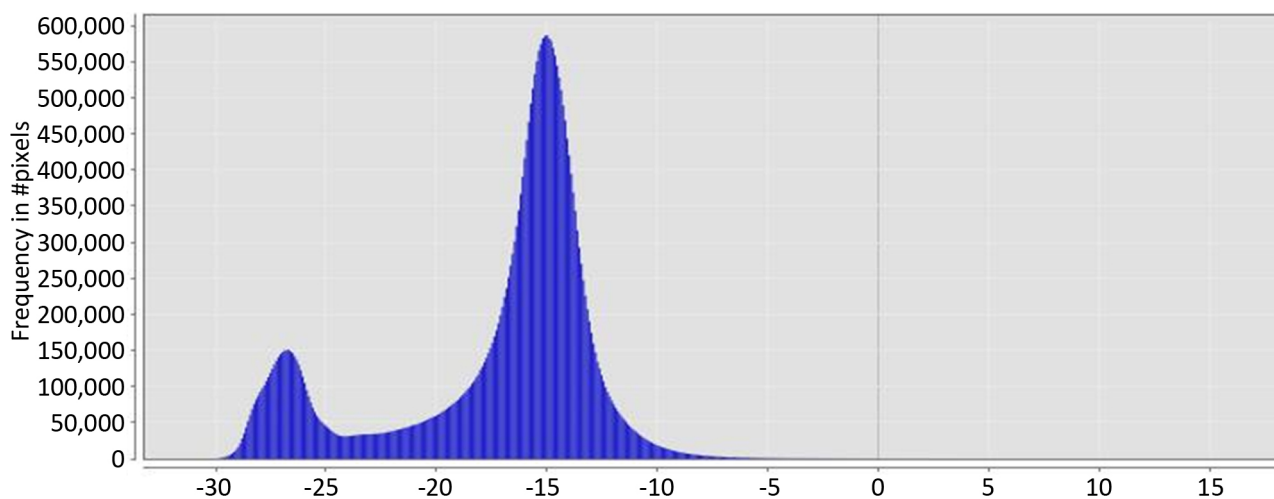
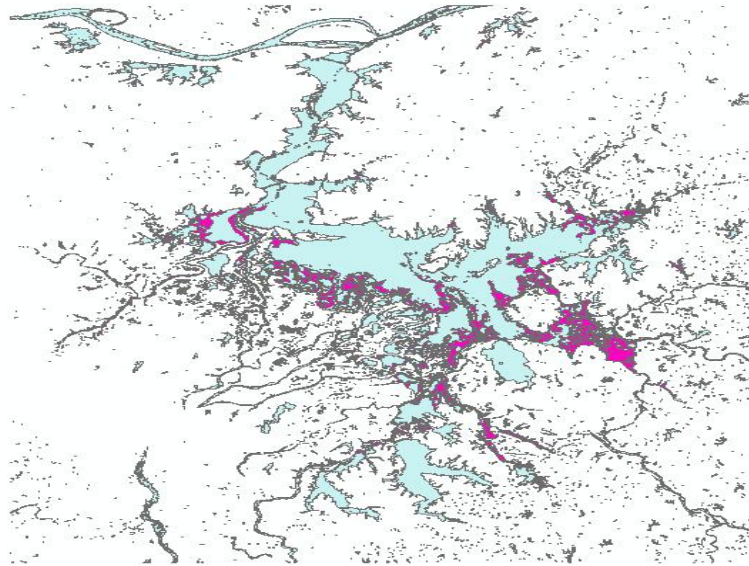


Figure 7. Histogram of Poyang Lake on June 24th

图 7. 6 月 24 日鄱阳湖区影像直方图



**Figure 8.** Comparison of water area before and after heavy rain  
**图 8.** 暴雨前后水体面积对比

区域为提取出的湖区水面扩大的范围。根据实际调查结果，显示提取结果与实际受淹面积相吻合，证明此种方法可行。

## 6. 结论

本文根据雷达影像的成像原理，提出了一种基于 Sentinel-1A 卫星 SAR 数据的洪水淹没范围快速提取方法，并运用该方法对 2017 年 6 月发生在鄱阳湖区的暴雨灾情进行分析，结果显示洪水淹没范围被有效提取，并与实际调查结果相吻合，证明该方法简单、可行，能运用于洪水灾情评估工作，可为抗灾救灾工作的开展争取宝贵时间。

## 参考文献

- [1] 陈秀万. 遥感与 GIS 在洪水灾情分析中的应用[J]. 水利学报, 1997(3): 71-74.  
CHEN Xiuwan. Application of remote sensing and GIS in flood disaster analysis. *Journal of Hydraulic Engineering*, 1997(3): 71-74. (in Chinese)
- [2] 王庆, 廖静娟. 基于 SAR 数据的鄱阳湖水体提取及变化监测研究[J]. 国土资源遥感, 2010(4): 91-97.  
WANG Qing, LIAO Jingjuan. Study on water extraction and change monitoring in Poyang Lake based on SAR data. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2010(4): 91-97. (in Chinese)
- [3] 郑伟, 刘闯, 王正兴. 基于 ENVISAT-ASAR 数据的洪涝水体空间分布信息提取[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(4): 120-124.  
ZHENG Wei, LIU Chuang, and WANG Zhengxing. Extraction of spatial distribution information of flood water based on ENVISAT-ASAR data. *Journal of Natural Disasters*, 2009, 18(4): 120-124. (in Chinese)
- [4] 段秋亚, 孟令奎, 樊志伟, 胡卫国, 谢文君. GF-1 卫星影像水体信息提取方法的适用性研究[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(4): 79-84.  
DUAN Qiuya, MENG Lingkui, FAN Zhiwei, HU Weiguo, and XIE Wenjun. Applicability of water information extraction methods from satellite images of GF-1. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2015, 27(4): 79-84. (in Chinese)
- [5] 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(3): 46-51.  
YANG Cunjian, WEI Yiming, and CHEN Deqing. Approach to obtaining flood disaster inundation range based on spaceborne radar. *Journal of Natural Disasters*, 1998(3): 46-51. (in Chinese)
- [6] 杨魁, 杨建兵, 江冰茹. Sentinel-1 卫星综述[J]. 城市勘测, 2015(2): 24-27.  
YANG Kui, YANG Jianbing, and JIANG Bingru. Sentinel-1 satellite survey. *Urban Geotechnical Investigation & Surveying*, 2015(2): 24-27. (in Chinese)



- [7] 张楠楠, 王文, 王胤. 鄱阳湖面积的卫星遥感估计及其与水位关系分析[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(6): 947-953.  
ZHANG Nannan, WANG Wen, and WANG Yin. Estimation of Poyang Lake area by satellite remote sensing and analysis of its relationship with water level. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(6): 947-953. (in Chinese)
- [8] 韩春明, 郭华东, 王长林. SAR 图像斑点噪声抑制的本质[J]. 遥感学报, 2002(6): 470-474.  
HAN Chunming, GUO Huadong, and WANG Changlin. The essence of speckle reduction in SAR images. Journal of Remote Sensing, 2002(6): 470-474. (in Chinese)
- [9] 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+107.  
ZENG Lingfang, LI Ling, and WAN Lihua. Rapid extraction of flood submerged area from satellite SAR data based on Sentinel-1. Geomatics World, 2015, 22(5): 100-103+107. (in Chinese)
- [10] 陈玲艳, 刘智, 张红. 基于水体散射特性的 SAR 图像水体检测[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(6): 963-969.  
CHEN Lingyan, LIU Zhi, and ZHANG Hong. Water quality detection of SAR images based on scattering characteristics of water bodies. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29(6): 963-969. (in Chinese)