引文格式：赵静,崔长露,吴仪邦,等. 基于GEE平台的水体淹没频率的湖泊水域岸线提取方法[J]. 地理空间信息, 2025, 23(8):68-71. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.08.013

基于GEE平台的水体淹没频率的湖泊水域岸线提取方法

赵　静[1,2]，崔长露[1,2]，吴仪邦[1,2]，李经纬[1,2]，陈　喆[1,2*]
（1. 长江水利委员会长江科学院，湖北 武汉 430010；2. 武汉市智慧流域工程技术研究中心，湖北 武汉 430010）

摘　要：为了快速、高效、自动地提取湖泊水域岸线，测定岸线位置和属性的动态，实现岸线的动态提取和监测，本研究依托GEE云计算平台，创新性地采用JRC（joint research centre）全球地表水体数据集，基于水体淹没频率计算模型构建岸线提取算法。选取太湖为研究区，与阈值法（NDWI）、边缘检测法（sobel）和目视解译结果进行对比，研究结果表明：JRC的湖泊水域岸线提取结果精度较高（误差在16%以内，精度在20 m以内），拟合效果较好；Sobel与实际岸线的偏移量较大；NDWI与目视解译的误差最大。基于JRC的方法提取的岸线与实际较为吻合，能够简单、快速、自动地提取湖泊水域岸线，实现岸线的动态提取和监测，为全球大尺度范围的岸线相关研究提供基础。

关键词：海岸线；JRC数据；淹没频率；提取方法；GEE
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）08-0068-04

Coastline Extraction Method for Water Inundation Frequency Based on GEE Platform

ZHAO Jing[1,2], CUI Changlu[1,2], WU Yibang[1,2], LI Jingwei[1,2], CHEN Zhe[1,2]
(1. Chang Jiang Water Resources Commission Chang Jiang River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China;
2. Wuhan Center for Intelligent Engineering Technology Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to quickly, efficiently, and automatically extract the coastline of lake water bodies, determine the dynamic position and attributes of coastlines, and achieve dynamic extraction and monitoring of coastlines, we used the GEE platform and joint research center (JRC) water body data to obtain coastline results by calculating the frequency of water inundation, and explored a coastline extraction method of lake water bodies based on satellite remote sensing land surface water body data. Taking Tai Lake as the study area, we compared the results with the threshold method (NDWI), edge detection method (Sobel) and visual interpretation. The results indicate that the accuracy of JRC's lake shoreline extraction results is high (with an error of less than 16%), and the fitting effect is good. The deviation between Sobel and actual shoreline is significant. The error between NDWI and visual interpretation is the largest. The coastline extracted by the JRC method is in good agreement with the actual situation. The JRC method can easily, quickly, and automatically extract the coastline of lake water bodies, achieving dynamic extraction and monitoring of coastlines, providing a foundation for global large-scale coastline related research.

Key words: coastline, JRC data, inundation frequency, extraction method, GEE

随着遥感技术的突破性发展，卫星影像的空间解析度实现显著提升。众多研究者已转向利用遥感数据直接识别海岸线特征，充分发挥遥感技术在大范围覆盖、周期性监测及数据客观性方面的独特优势，有效解决了传统勘测方式存在的资源消耗难题。

如何快速且准确的从遥感影像中自动提取海岸线，是岸线提取研究需要关注的重点问题，多年来大量学者利用Landsat、SPOT、激光雷达点云数据和QuickBird等数据，借助卫星遥感影像包含的空间关系和光谱特性来实现海岸线的自动提取[1-3]。与人工解译和自动解译方法相比，阈值分割法在岸线提取方面具有较高的计算效率，且易于实现。阈值分割法借助GEE平台在数据处理和计算方面，使其解译效率大大的提高[4-13]。

鉴于此，本研究创新性地采用GEE平台的JRC全球地表水体数据集，有效规避了传统遥感影像中水体指数选取的差异性及阈值设定不确定性问题。基于该数据集的水体覆盖时空序列信息，通过计算水体淹没概率分布，构建了融合淹没频率特征的湖泊水域岸线提取模型，最终实现高精度、全自动化的岸线识别目标。

1　研究方法

1.1　研究区概况

研究区坐落于长江三角洲南翼的太湖流域，地理坐标介于119°52′32"~120°36′10"E、30°55′40"~31°32′

项目来源：中央基本科研业务费资助项目（CKSF2023403/KJ）；湖北省自然科学基金资助项目（2022CFD173）；湖南省水利科技项目（XSKJ2022068-12）。
第一作者简介：赵静（1988—），硕士，工程师，从事水土保持、水利遥感与利用等相关工作，E-mail：237313866@qq.com。
通信作者：陈喆（1985—），博士，高级工程师，主要从事水利遥感，水旱灾害防御等相关工作，E-mail：airmicheal@126.com。

58"N之间，地跨江苏、浙江两省行政区域。其北接无锡城区，南邻湖州辖区，西靠常州地界，东邻苏州境域。该区域属亚热带温暖湿润气候区，具有显著的季风气候特征。太湖流域河网密布，形成复杂的水系网络，包含50多条主要出入河道。水体运动呈现自西向东的汇流趋势，年均流出径流量达75亿m^3，库容量约44亿m^3。湖区内散布着50余座岛屿，其中18个为常年有人定居的岛屿，总水域面积达2 427.8 km^2，实际水面面积覆盖2 338.1 km^2，岸线总长393.2 km。地形特征表现为西侧及西南部以低山丘陵地貌为主，东部则以冲积平原与河网密布区为典型地理景观。

1.2　JRC数据

Google Earth Engine（GEE）是Google开发的新一代基于云的地球科学数据分析和应用平台，用户可以访问和使用海量的遥感影像，并利用平台进行快速、批量的数据计算和分析[5-17]。GEE的公共数据档案目前提供了大概600多种地球科学数据集，且每天都在不断更新和扩大[11]。JRC全球地表水探索者数据集包含五类产品：地图图层（Map layers）、年度季节性（Yearly Seasonality）、月度历史（Monthly History）、月度重现率（Monthly Recurrence）以及元数据（Metadata）[8]。其中Monthly History数据利用1984年3月16日—2021年12月31日期间的Landsat数据，通过将每个像素单独分类为水域/非水域形成不同地物的光谱库，按月记录了地表水位置和时间分布，并提供水面范围和变化的统计数据。JRC数据不仅空间分辨率较高且时间范围广，还能够快速方便的获取全球30 m空间分辨率的水体分布数据，为后续众多水体时空变化的研究提供了重要数据源[12]。本文将目视解译数据集作为验证数据集，用于与本研究所采用的水体淹没频率的湖泊水域岸线提取方法进行对比。

1.3　水体提取方法

在ArcGIS平台上，以太湖2022年的影像为数据源，选取阈值法（NDWI）、边缘检测法（sobel）、JRC数据3种方法来提取太湖沙塘岗公园、福禅寺周边的岸线，以目视解译岸线为基准参照，通过对比各方法获取的岸线长度差异，系统评估不同技术的提取精度。

目视解译法主要依靠先验知识，其工作量大，虽具有劳动密集型特征和较强抗干扰能力，但更适用于小范围研究区域；阈值法（NDWI）作为岸线提取的常用方法之一，能够有效区分水体与非水体，但其精度受限于水陆边界的光谱对比度；边缘检测法（Sobel）如今在提取岸线方面的研究已经比较成熟，对于处理噪声较多的图像效果较好，但存在边界连续性不足的缺陷，在应对复杂地物背景和微弱边缘特征时存在识别局限性，易产生虚假边界现象[10]。本文采用的JRC数据提取过程如下。

1）获取多时相JRC水体数据。根据研究区的矢量范围，利用GEE遥感云计算平台直接获取JRC水体数据，由于JRC对多时间属性的Landsat卫星数据以及辅助数据已经通过了一系列处理，自动获取了过去38 a地表水时空分布信息，本文仅需要对其进行裁剪处理，以获取对应时间的水体数据。研究区范围如图1所示。

2）淹没频率计算。通过为JRC数据集添加数据有效性标识字段（存在有效数据时赋值为1，无效数据赋值为0）和水体状态标识字段（水域区域赋值为1，非水域区域赋值为0），可分别统计各像元年度有效观测次数与水体存在次数。基于这2个统计量，运用以下数学关系式可计算各像元年度水域覆盖比例，从而获得研究区年度水域淹没频率空间分布数据。



图1　研究区局部范围



图2　淹没频率



图3　边缘检测

图4举例说明像元的属性1和和属性2在不同情况下的赋值情况。图中蓝色表示水体，黄色表示非水体，白色表示无数据（即由于轨道设计原因，当前区域没有像素值），编号表示像元位置。每个像元的属性如表1所示，具体描述如下：像元1由于没有数据，所以其属性1和属性2分别为0；像元1有数据，其属性1为1，且像元1为水体，其属性2为1；像元2有数据，其属性1为1，但是像元2为非水体，其属性2为0；像元4和像元1类型，其属性1和属性2分别为0。通过设置属性1和属性2，可以获取像元有数据次数和水体次数，便于计算淹没频率。

3）边缘检测。采用以下参数在GEE平台中对淹没频率数据进行Canny边缘检测：梯度阈值Threshold=60，即某像元一年中有7个月以上被判定为水体，才将其视为潜在边缘点；高斯平滑参数sigma=1。处理结果即为水体边界栅格影像。

4）修正边界信息。为提取主要的水陆边界，删除边缘检测中的面积大于一定阈值的内陆小水体和小岛，根据太湖的提取结果，本文删除水体像元数小于2 000及陆地像元数小于1 000的区域，结果如图5所

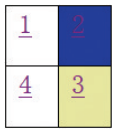


图4 像元属性示例

表1 像元属性示例

像元	属性1	属性2
1	0	0
2	1	1
3	1	0
4	0	0
4	0	0

示。随后对二值化的栅格数据进行矢量化操作，生成湖泊水域岸线数据，如图6所示。



图5 删除内陆水体和海洋小岛的二值化结果



图6 岸线提取叠加

1.4 精度评价方法

平面定位精度评估采用目视解译岸线作为基准，通过对比分析算法提取岸线与基准岸线的长度差异进行量化评价。这一方法可直观展示不同算法在局部水域的提取效果差异[1,6]。

$$m=\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\left(L_i-L_i^{'}\right)^2/N} \tag{1}$$

式中，m 为算法提取的岸线到基准岸线的最短距离；N 为样本数量。通常情况下，每条岸线会进行3次样本采集，每次采集50个样本，最终将3次结果的均值作为平面位置精度的评估依据。

2 结果分析

本文提取的岸线范围如图7所示，通过比较3个方法的岸线在典型岸段的提取结果（表2和图8）发现，3种方法皆可提取太湖沙塘港公园、福禅寺周边的岸线，其中JRC数据的误差最小，Sobel和NDWI的误差较大，利用阈值法和边缘检测法的岸线长度误差是负数。JRC数据方法提取的岸线误差在16%以内，是因为JRC数据可以提取沙塘港的岸线，与真实岸线拟合程度较高。Soble与NDWI的长度均小于目视解译结果，岸线位置与真实有较大差异。

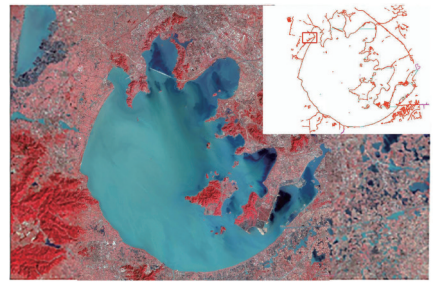


图7 岸线提取范围图

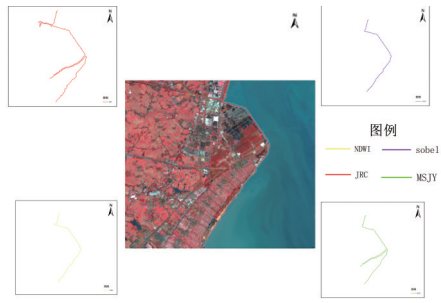


图8 岸线提取结果图

表2 岸线提取结果对比

提取方法	长度/km	误差/%	平面位置精度/m
目视解译	15.67		
NDWI	8.85	−43.51	34.75
Sobel	11.25	−28.19	49.06
JRC数据	18.04	15.15	20.27

各方法的岸线提取结果误差主要在于曲折处的偏移量，在3种算法中，JRC对形态复杂、曲折度高的水体表现最优，其精度高。NDWI精度受限的原因在于其指数设计主要针对植被，未充分考量土壤和建筑物等地物影响，一定程度上影响了提取结果。前人研究表明，Roberts算子更适用于人工岸线，Sobel算子则对砂质岸线效果较佳[18-20]。值得注意的是，Sobel算法的结果虽然不是最低，但其在复杂地物区域提取的岸线与基准线偏移较大，与实际岸线的位置平均相差一个像素。综上，JRC、NDWI和Sobel均能较为准确地获取湖泊水域岸线，其提取结果与真实岸线在空间分布上吻合度较高。取出湖泊水域岸线，与真实岸线拟合程度较高。

通过视觉分析及验证推理，并结合先验知识与GEE云平台的计算处理能力，通过进一步完善JRC结果，其水体分类总体误差少于1%，总体漏分误差少于5%[14]，该数据为海岸线提供了准确的水陆分界线。本研究利用遥感云计算平台公开的陆表水体数据，有效避免了不同水体指数的结果差异及阈值稳定性问题，同时解决了传统地面勘测效率低、成本高、周期长、精度不足等局限。

本方法实现了湖泊水域岸线简单、快速、自动

地大范围提取，方法简单且具备可重复性，应用价值显著。

3 结　语

本文利用GEE平台获取JRC水体数据，通过计算水体淹没频率，探索一种从卫星遥感陆表水体数据中提取湖泊水域岸线的方法。与阈值法（NDWI）、边缘检测法（sobel）和目视解译结果进行对比，结果表明JRC数据在提取水体方面精度较高，成功实现了广域湖泊水域岸线的快速、精准和智能化提取。

但是本文仍然存在很多不足之处，后续拟从数据采集与算法优化两方面深化海岸线提取研究。方法层面，拟基于深度学习对湖泊水域岸线进行提取，充分挖掘更多的已知数据，从而使其提取结果更精准；数据层面，拟探索多个波段的高光谱数据和亚像素级精度对湖泊水域岸线进行提取，为湖泊水域岸线的提取提供了一条新思路，便于岸线监测与监管。此外，由于当前阶段无法直接从遥感影像及其他相关的数据集中提取湖泊水域岸线，后续将尝试建立共享的湖泊水域岸线影像数据集，以期为科研提供丰富的数据，为各种算法性能的评价与比较提供统一的平台[11]。

参考文献

[1] 苏倩欣,李高聪,李志强,等. 基于遥感数据的水边线提取方法比较:以海南岛为例[J]. 海洋技术学报,2022,41(2):20-27

[2] Wu X L, Liu C X, Wu G F. Spatial-temporal Analysis and Stability Investigation of Coastline Changes: A Case Study in Shenzhen China[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2018, 11(1):45-56

[3] Congalton R G, Green K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices[M]. Boca Raton:CRC Press,2019

[4] 薛允传,马圣媛,周成虎. 基于遥感和GIS的现代黄河三角洲岸线变迁及发育演变研究[J]. 海洋科学,2009,33(5):36-40

[5] 陈正华,毛志华,陈建裕. 利用4期卫星资料监测1986—2009年浙江省大陆海岸线变迁[J]. 遥感技术与应用,2011,6(1):68-73

[6] 杨立君,张荣春,姜杰,等. 滩涂水边线Landsat-5影像提取方法:以长江口崇明东滩为例[J]. 海洋学报,2021,43(3):146-156

[7] 赵宗泽,刘荣杰,马毅,等. 近30年来湄洲湾海岸线变迁遥感监测与分析[J]. 海岸工程,2013,32(1):19-27

[8] Pekel J F, Cottam A, Gorelick N, et al. High-resolution Mapping of Global Surface Water and Its Long-term Changes[J]. Nature,2016,540(7 633):418-422

[9] 林旺,付石林,秦艳芳,等. 基于Landsat影像的福州市海岸线变迁特征分析[J]. 闽江学院学报,2020,41(2):82-91

[10] 柯丽娜,刘亚楠,王权明,等. 海域集约利用概念及其评价方法探讨[J]. 海洋开发与管理,2016,33(5):16-19

[11] 金岩丽. 基于云平台的Landsat卫星数据水体提取方法研究[D]. 沈阳:辽宁科技大学,2021

[12] 范兰馨,吴艳红,迟皓婧,等. 暖湿化下西北地区水体变化趋势遥感监测[J]. 地球信息科学学报,2023,25(9):1 842-1 854

[13] 吴一全,刘忠林. 遥感影像的海岸线自动提取方法研究进展[J]. 遥感学报,2019,23(4):582-602

[14] 金岩丽. 基于云平台的Landsat卫星数据水体提取方法研究[D]. 沈阳:辽宁科技大学,2021

[15] 曹博文,杨现坤,邱俊良. 基于Google Earth Engine的遥感大数据分析研究进展与应用[J]. 地理空间信息,2021,19(4):13-19

[16] 闫戈丁,景海涛,王磊. 小浪底水库水体时空变化特征与驱动因素分析[J]. 地理空间信息,2024,22(3):72-75

[17] 李晓阳,尹永会. 基于GEE云平台的舟山海域船只多源遥感监测[J]. 地理空间信息,2023,21(1):143-147

[18] 马小峰,赵冬至,邢小罡,等. 海岸线卫星遥感提取方法研究[J]. 海洋环境科学,2007,26(2):185-189

[19] 庄翠蓉. 厦门海岸线遥感动态监测研究[J]. 海洋地质动态,2009,16(3):13-17

[20] 殷飞,田林亚,王涛,等. 海岸线遥感解译和提取方法研究[J]. 地理空间信息,2018,16(8):64-66

（上接第50页）

[16] 包琛,汪云海. 词云可视化综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2021,33(4):532-544

[17] 高华玲,张晶. 基于情感词典的酒店评论情感分析与可视化[J]. 软件,2021,42(1):45-47

[18] 王一帆,许楠. 自然灾害事件网络舆情情感演化特征分析:以“河南暴雨事件”为例[J]. 情报探索,2023,42(3):55-61

[19] 章蓬伟,贾钰峰,邵小青,等. 基于文本情感分析的电商产品评论数据研究[J]. 微处理机,2020,41(6):58-62

[20] 曹智,刘彦随,李裕瑞,等. 中国专业村镇空间格局及其影响因素[J]. 地理学报,2020,75(8):1 647-1 666

[21] 路娜. 黄河中下游聚落地名文化景观的时空演变及影响因素分析[D]. 济南:山东师范大学,2023

[22] 林琳,王馨儿,曾娟. 基于GIS的新会地名文化景观分布、演进及影响因素[J]. 中山大学学报(自然科学版),2021,60(5):72-85

[23] 陈优良,连伟海,卞焕. 客家地名文化景观的空间分布特征及成因[J]. 测绘科学,2019,44(3):70-77