ISSN 2185-6145

TẬP CHÍ

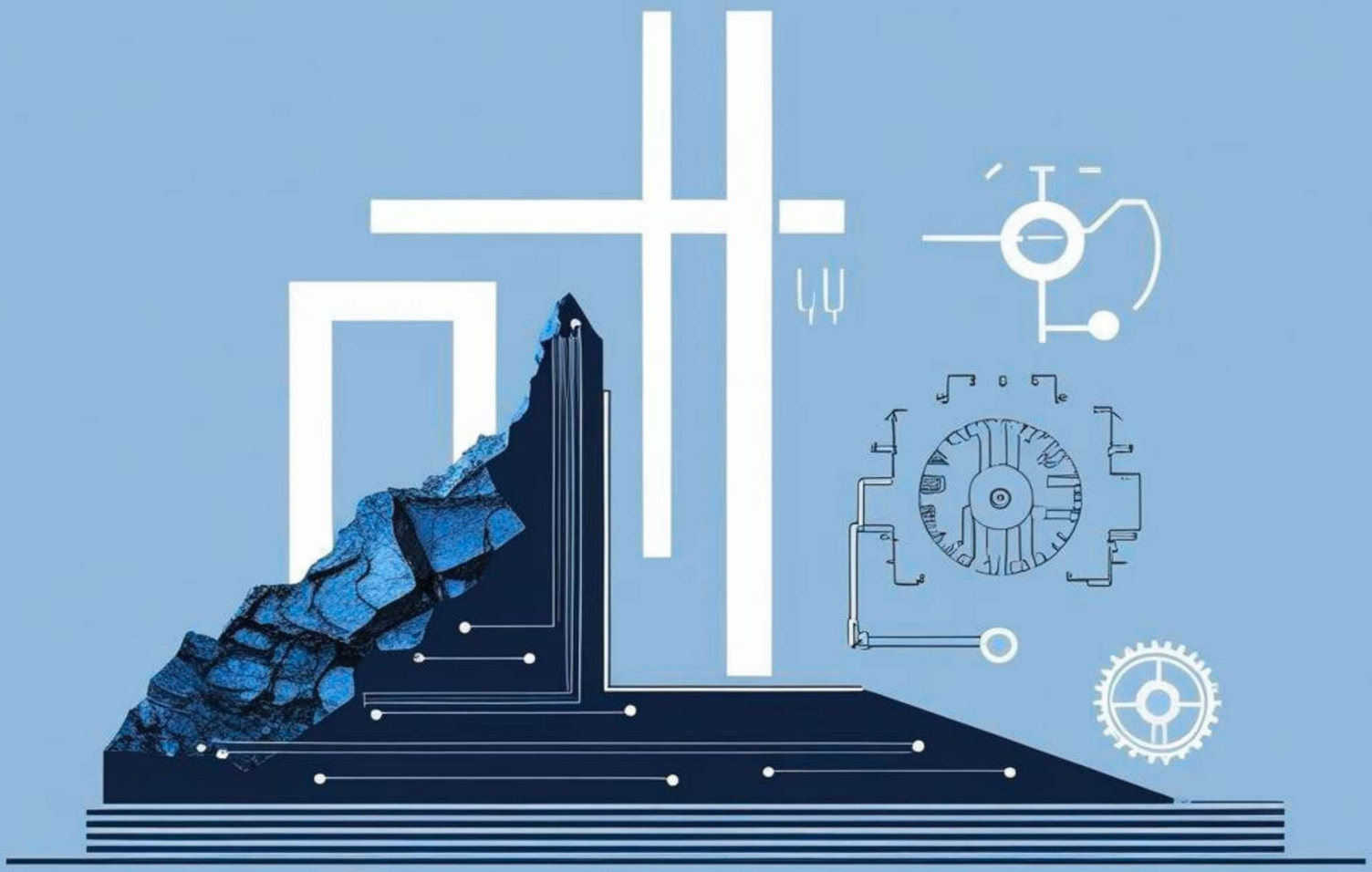
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

TẬP 04 - SỐ 02

06/2026

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH – QUANG NINH UNIVERSITY OF INDUSTRY



TẠP CHÍ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH

ISSN: 2185-6145 Tập 04, số 02, năm 2026

MỤC LỤC

TỔNG BIÊN TẬP
TS. Bùi Thanh Nhu

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
TS. Hoàng Hùng Thắng

ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP
TS. Nguyễn Ngọc Minh
TS. Phạm Đức Thang
TS. Tạ Văn Kiên
ThS. Hà Thị Ngọc Mai
ThS. Đặng Đình Đức
ThS. Nguyễn Thị Mai Hương

TÒA SOẠN
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh. Phường Mạo Khê, tỉnh Quảng Ninh
Điện thoại: 0203.3871.092
Email: nckh@qui.edu.vn
Website: https://jstqui.vn

Giấy phép xuất bản:
Số 606/GP-BTTTT của Bộ Thông tin và Truyền thông, ngày 29 tháng 12 năm 2022

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ MỎ

* Giải pháp xác định sạt lở lưu vực sông mã sử dụng GEE, dữ liệu vệ tinh LANDSAT và SENTINEL — **Nguyễn Gia Trọng & nhóm tác giả** — 6

* Đánh giá một số giả thiết tính áp lực tác dụng lên thành giếng đứng và kiến nghị trong tính toán thiết kế giếng đứng tại Việt Nam — **Vũ Đức Quyết, Đào Viết Đoàn** — 18

* Xác định chỉ số xáo trộn từ các nguồn dữ liệu lớp phủ, dân số và giao thông — **Nguyễn Thị Mai Anh & nhóm tác giả** — 26

* Nghiên cứu công nghệ chế tạo bê tông Geopolymer ứng dụng trên cơ sở tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân cho công trình kè đê biển — **Hồ Ngọc Hùng, Nguyễn Thu Thủy, Nguyễn Văn Trọng** — 41

CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

* Xây dựng và thực nghiệm phần mềm hỗ trợ đánh giá chất lượng đề thi theo hướng định lượng tại Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh — **Nguyễn Thu Hiền, Nguyễn Thị Phương, Trương Thị Khánh Ly, Phạm Thị Hải** — 55

KHOA HỌC KINH TẾ

* Định hướng triển khai ngành Logistics và quản lý chuỗi cung ứng tại Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh trong bối cảnh chuyển đổi số và Logistics xanh — **Nguyễn Thị Thu Hằng** — 63

TẠP CHÍ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH

ISSN: 2185-6145 Tập 04, số 02, năm 2026

MỤC LỤC

CHÍNH TRỊ - XÃ HỘI

* Đánh giá công tác khám sức khỏe định kỳ cho cán bộ, viên chức và người lao động tại Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh và một số đề xuất cải thiện — **Đặng Thị Thu Giang**, **Vũ Thị Dung** — 74

* Chỉ dấu lịch sử qua truyền thuyết và ca dao trong văn học dân gian tỉnh Quảng Ninh — **Đặng Vân Anh**, **Lê Thị Ngân** — 82

NỘI DUNG CHUYÊN ĐỀ CỦA TẠP CHÍ

- Khoa học về trái đất và mỏ;
- Kỹ thuật môi trường;
- Điện tử-tự động hóa;
- Tiết kiệm năng lượng-cơ khí;
- Công nghệ thông tin;
- Khoa học tự nhiên;
- Khoa học kinh tế;
- Chính trị, xã hội
- Quản lý giáo dục.

TẦN SUẤT XUẤT BẢN

Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ QUI được xuất bản với phiên bản điện tử, định kỳ với 4 số báo mỗi năm (vào các tháng 3, 6, 9, 12)

TẠP CHÍ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

QUANG NINH UNIVERSITY OF INDUSTRY

ISSN: 2185-6145 Vol. 04, Issue 02, 2026

CONTENTS

EDITOR-IN-CHIEF
Ph.D. Bui Thanh Nhu

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF
Ph.D. Hoang Hung Thang

EDITORIAL BOARD
Ph.D. Nguyen Ngoc Minh
Ph.D. Pham Đuc Thang
M.A. Ha Thi Ngoc Mai
M.A. Cao Hai An
M.E. Dang Dinh Duc
Nguyen Thi Mai Huong

EDITORIAL OFFICE
Quang Ninh University of Industry. Mao Khe Ward, Quang Ninh Province
Phone: 0203.3871.092
Email: nckh@qui.edu.vn
Website: https://jstqui.vn

License:
№ 606/GP-BTTTT of the Ministry of Information and Communications, December 29, 2022

SCIENCE OF EARTH AND MINES

* A solution for identifying landslides in the ma river basin using google earth engine (GEE), LANDSAT satellite data, and SENTINEL satellite data — **Nguyen Gia Trong & co-authors** — 6

* Evaluation of several assumptions for calculating pressure acting on vertical shaft linings and recommendations for vertical shaft design in Vietnam — **Vu Duc Quyet, Dao Viet Doan** — 18

* Some methods for constructing disturbance indices in assessing ecological landscape changes — **Nguyen Thi Mai Anh & co-authors** — 26

* Research on the manufacturing technology of geopolymer concrete using Vinh Tan thermal power plant fly ash for sea dike revetment applications — **Ho Ngoc Hung, Nguyen Thu Thuy, Nguyen Van Trong** — 41

INFORMATION TECHNOLOGY

* Development and experimental implementation of software supporting quantitative exam quality assessment at Quang Ninh University of Industry — **Nguyen Thu Hien, Nguyen Thi Phuong, Trương Thi Khanh Ly, Pham Thi Hai** — 55

ECONOMICS

* Orientations for implementing the logistics and supply chain management program at Quang Ninh university of industry in the context of digital transformation and green logistics — **Nguyen Thi Thu Hang** — 63

TẠP CHÍ
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUI
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY QUI

QUANG NINH UNIVERSITY OF INDUSTRY

ISSN: 2185-6145 Vol. 04, Issue 02, 2026

CONTENTS

POLITICAL AND SOCIAL SCIENCE

* Assessment of periodic health examination for staff and employees at Quang Ninh university of industry and proposed improvements — **Đang Thi Thu Giang**, **Vu Thi Dung** — 74

* Historical indicators in the legends and folk songs of Quang Ninh province — **Đang Van Anh**, **Le Thi Ngan** — 82

THEMATIC CONTENT OF THE JOURNAL

- Science of earth and mines;
- Enviromental engineering;
- Electrical engineering, Electronics-automation;
- Energy saving-mechanical;
- Information technology;
- Basic science;
- Economics;
- Political and social Science
- Education management.

PUBLICATION FREQUENCY

QUI Journal of Science and Technology is published with an electronic version, periodically with 4 issues per year (in March, June, September, and December).

GIẢI PHÁP XÁC ĐỊNH SẠT LỞ LƯU VỰC SÔNG MÃ SỬ DỤNG GEE, DỮ LIỆU VỆ TINH LANDSAT VÀ SENTINEL

Nguyễn Gia Trọng[1,*], Nguyễn Viết Nghĩa[1]
Phạm Ngọc Quang[1], Nguyễn Thị Mai Anh[2]
Nguyễn Văn Cương[3], Tô Thanh Vũ[4]
[1]*Trường Đại học Mỏ - Địa chất*
[2]*Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh*
[3]*Cục Biển và Hải đảo Việt Nam*
[4] *Công ty Cổ phần thiết kế xây dựng đo đạc thương mại dịch vụ Đức Sang*
[*]*Email: nguyengiatrong@humg.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu đề xuất một giải pháp xác định sạt lở bờ sông cho lưu vực sông Mã sử dụng Google Earth Engine (GEE) kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8/9 và Sentinel-2. Dựa trên cơ sở khoa học đề xuất, nghiên cứu đã xây dựng được quy trình tự động nhằm phát hiện các khu vực sạt lở từ dữ liệu viễn thám đa thời gian giai đoạn từ năm 2017 đến năm 2025. Để xác định được chính xác khu vực sạt lở, dữ liệu phụ trợ là dữ liệu mặt nước toàn cầu JRC Global Surface Water và mô hình số độ cao SRTM đã được sử dụng. Quy trình thực hiện gồm các bước xây dựng mặt nạ sông, trích xuất mặt nước, xác định biến động đường bờ và nhận diện khu vực sạt lở. Mặt nước được xác định thông qua chỉ số MNDWI và ngưỡng phân loại được xác định tự động bằng thuật toán Otsu. Với quy trình nêu trên, đã xây dựng chương trình phát hiện sạt lở tự động trên GEE. Kết quả cho thấy ảnh Sentinel-2 phát hiện được 1.211 vùng sạt lở với tổng diện tích 317,90 ha, trong khi ảnh Landsat xác định được 1.803 vùng sạt lở với tổng diện tích 485,86 ha. Cả hai nguồn dữ liệu đều cho thấy năm có diện tích sạt lở lớn nhất là năm 2025 và diện tích trung bình của mỗi vùng sạt lở xấp xỉ 0,26 ha. Để kiểm chứng kết quả, nghiên cứu đã đối chiếu với các vị trí sạt lở được công bố tại các xã Vĩnh Hòa, Lương Trung và Cẩm Vân. Kết quả cho thấy các điểm sạt lở tại các khu vực này đều được xác định bởi cả dữ liệu Sentinel-2 và Landsat 8/9, qua đó cho thấy khả năng ứng dụng của phương pháp trong giám sát sạt lở bờ sông.

Từ khóa: *GEE, Landsat, Sentinel, Sạt lở bờ sông, viễn thám.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ sinh thái bờ sông là thành phần quan trọng của cảnh quan tự nhiên, có vai trò kết nối giữa môi trường đất với nước, đồng thời cung cấp nhiều dịch vụ sinh thái thiết yếu. Thảm thực vật ven sông có khả năng lọc chất ô nhiễm, giữ lại bùn cát và các chất dinh dưỡng dư thừa, góp phần cải thiện chất lượng nước và duy trì cân bằng sinh thái. Hệ rễ cây giúp ổn định bờ, hạn chế xói lở và giảm tác động của lũ lụt, trong khi khu vực này còn tạo nơi cư trú, sinh sản và hành lang di chuyển cho nhiều loài sinh vật, qua đó bảo tồn đa dạng sinh học [1, 2].

Có nhiều công nghệ và giải pháp khác nhau được sử dụng để xác định sạt lở bờ sông như khảo sát thực địa (GNSS RTK, toàn đạc điện tử …), viễn thám quang học (Landsat, Sentinel-2 ..), viễn thám radar (Sentinel-1, Alos Palsar), UAV …

GEE (Google Earth Engine) là nền tảng điện toán đám mây mạnh mẽ cho phép xử lý khối lượng lớn dữ liệu viễn thám nhằm xác định biến động bờ sông trên quy mô không gian và thời gian rộng. Ưu điểm nổi bật của GEE là khả năng truy cập trực tiếp kho dữ liệu vệ tinh toàn cầu, giảm đáng kể thời gian xử lý và yêu cầu về hạ tầng tính toán. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của GEE trong giám sát biến động bờ sông và xác định các khu vực có nguy cơ sạt lở cao, hỗ trợ công tác quản lý tài nguyên nước và giảm nhẹ thiên tai [3, 4].

Trong những năm gần đây, khu vực lưu vực sông Mã thường xuyên xuất hiện các điểm sạt lở bờ sông với mức độ ngày càng phức tạp dưới tác động tổng hợp của mưa lũ, biến đổi dòng chảy và

các hoạt động của con người như khai thác cát, xây dựng công trình ven sông. Hiện tượng sạt lở gây mất đất sản xuất, ảnh hưởng đến khu dân cư, hạ tầng giao thông và công trình phòng chống thiên tai. Trong khi đó, việc theo dõi diễn biến sạt lở hiện nay vẫn chủ yếu dựa vào điều tra thực địa hoặc đánh giá tại từng vị trí riêng lẻ, chưa đáp ứng yêu cầu giám sát thường xuyên trên phạm vi rộng và trong thời gian dài. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng quy trình xác định tự động các khu vực sạt lở dựa trên GEE kết hợp chuỗi ảnh vệ tinh đa thời gian là cần thiết, góp phần cung cấp công cụ hỗ trợ giám sát, cảnh báo và quản lý sạt lở trên quy mô lưu vực.

Tại Đồng bằng sông Cửu Long, dữ liệu vệ tinh Landsat đa thời gian được kết hợp với các chỉ số nước như NDWI, MNDWI và kỹ thuật phân tích phổ SMA để xác định vị trí bờ sông và đánh giá mức độ xói lở trên sông Tiền. Kết quả cho thấy phương pháp này có khả năng nhận dạng bờ sông khá tốt và ghi nhận nhiều khu vực có diễn biến xói lở đáng kể trong giai đoạn nghiên cứu [5].

Nghiên cứu [6] cho thấy GEE có thể hỗ trợ theo dõi biến động bờ sông, sự dịch chuyển của lòng dẫn, vận chuyển trầm tích và các quá trình địa mạo ở quy mô lớn. Đối với sông Mekong, các nghiên cứu sử dụng ảnh hàng không, ảnh SPOT và GIS đã xác định được xu hướng xói lở, bồi tụ bờ sông cũng như sự thay đổi hình thái của các đảo giữa sông. Các kết quả này cho thấy hoạt động của con người và sự thay đổi chế độ thủy văn có ảnh hưởng đáng kể đến động lực lòng dẫn [7].

Tại Bangladesh, mô hình DCGCN-TransUNet kết hợp dữ liệu Sentinel-2 cho kết quả trích xuất đường bờ với độ chính xác rất cao và cho phép phân tích xu hướng dịch chuyển bờ sông theo thời gian [8]. Trong khi đó, nghiên cứu trên sông Mekong ở tỉnh Loei (Thái Lan) sử dụng ảnh Landsat dài hạn cùng các mô hình Random Forest và Support Vector Regression để dự báo xói lở, bồi tụ. Kết quả cho thấy Random Forest hoạt động hiệu quả hơn trong việc mô phỏng các biến động hình thái phức tạp và xác định được những khu vực có nguy cơ thay đổi bờ sông cao trong tương lai [9].

Tại Cần Thơ, dữ liệu ảnh vệ tinh đa thời gian được sử dụng để xác định sự thay đổi đường bờ và lượng hóa quá trình xói lở, bồi tụ theo thời gian. Kết quả cho thấy hình thái bờ sông biến động khá rõ, trong đó một số khu vực bị xói lở mạnh trong khi những nơi khác có xu hướng bồi tụ do tác động của dòng chảy, hoạt động khai thác và sử dụng đất ven sông [10]. Trên sông Chu, chỉ số AWEInsh được sử dụng để nhận dạng ranh giới nước - đất, qua đó xác định các khu vực xói lở liên quan đến hoạt động khai thác cát, sỏi [11]. Đối với hệ thống sông Tiền và sông Hậu, chuỗi ảnh Landsat giai đoạn 1989 - 2017 cùng chỉ số NDWI đã giúp xác định diện tích sạt lở lớn do sạt lở bờ sông, tập trung chủ yếu tại An Giang và Đồng Tháp [12]. Ngoài ra, nghiên cứu ven biển Đồng bằng sông Cửu Long đã tích hợp ảnh Landsat 8, GIS và công cụ DSAS để phân tích tốc độ và phạm vi bồi tụ - xói lở giai đoạn 2021 - 2023. Kết quả cho thấy xói lở vẫn chiếm ưu thế trên nhiều đoạn bờ biển, mặc dù một số khu vực có dấu hiệu giảm nhẹ so với giai đoạn trước, góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho công tác dự báo và quản lý sạt lở trong khu vực [13].

Các nghiên cứu đã có cho thấy hiệu quả khi ứng dụng dữ liệu viễn thám, GEE trong theo dõi biến động đường bờ (sông, biển). Tuy nhiên, các nghiên cứu thường lựa chọn một số thời điểm hoặc ảnh vệ tinh cụ thể để phân tích biến động. Cách tiếp cận này giúp đánh giá được xu thế biến động trong quá khứ nhưng chưa khai thác đầy đủ chuỗi ảnh liên tục . Bên cạnh đó, các nghiên cứu chủ yếu vào tập trung nhận dạng và thống kê bồi tụ, xói lở mà chưa chú trọng đến khả năng tự động hóa quy trình xử lý dữ liệu.

Từ khoảng trống nghiên cứu đó, nghiên cứu này sẽ thực hiện xác định sạt lở cho lưu vực sông Mã trên cơ sở tự động hóa tính toán dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat, Sentinel-2 trong một khoảng thời gian với thông số nhận diện sạt lở phù hợp theo đặc điểm của khu vực sử dụng công cụ GEE.

Điểm mới của nghiên cứu là xây dựng quy trình xử lý hoàn toàn tự động trên GEE để phát hiện sạt lở bờ sông từ chuỗi ảnh Landsat 8/9 và Sentinel-2 đa thời gian, tích hợp đồng thời dữ liệu JRC Global Surface Water, mô hình số độ cao SRTM, chỉ số MNDWI và thuật toán Otsu trong

một quy trình thống nhất. Chương trình được xây dựng để tính thực nghiệm có khả năng tự động phát hiện, thống kê và xuất kết quả dưới dạng vector phục vụ giám sát sạt lở trên phạm vi rộng, đồng thời tạo cơ sở để triển khai cho các lưu vực hoặc đoạn sông khác thông qua việc thay đổi vùng nghiên cứu và hiệu chỉnh các tham số phù hợp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Giới thiệu về GEE

GEE là một nền tảng điện toán đám mây được phát triển nhằm hỗ trợ lưu trữ, quản lý và xử lý dữ liệu địa không gian trên quy mô lớn. GEE được tích hợp nhiều nguồn dữ liệu viễn thám và môi trường như Landsat, Sentinel, MODIS, SRTM, ERA5 cùng nhiều bộ dữ liệu khí tượng, thủy văn và lớp phủ bề mặt khác. Người dùng có thể truy cập trực tiếp vào kho dữ liệu của GEE mà không cần tải về máy tính cá nhân, từ đó giảm đáng kể thời gian xử lý và yêu cầu về hạ tầng tính toán [14]. Với ưu điểm là cho phép xử lý dữ liệu song song trên hạ tầng máy chủ, hệ thống cho phép xử lý dữ liệu đa thời gian trên khu vực thực nghiệm rộng lớn. Nhờ đó, GEE đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như theo dõi biến động sử dụng đất, giám sát rừng, tài nguyên nước, thiên tai và biến đổi khí hậu. Các nghiên cứu cho thấy nền tảng này giúp rút ngắn đáng kể thời gian xử lý so với các phương pháp xử lý ảnh viễn thám truyền thống, đồng thời tạo điều kiện cho việc chia sẻ và tái sử dụng các quy trình phân tích giữa các nhà nghiên cứu [15, 16]. Nền tảng này được cung cấp dịch vụ dưới cả dạng miễn phí và trả phí đối với người sử dụng. Trong trường hợp trả phí, người sử dụng được kết nối trực tiếp với đội ngũ kỹ thuật để giải quyết vướng mắc trong quá trình xử lý dữ liệu hoặc phát triển các giải pháp của mình.

Trong nghiên cứu này, GEE được sử dụng làm môi trường xử lý dữ liệu viễn thám nhằm khai thác chuỗi ảnh Landsat 8/9 và Sentinel-2 trong giai đoạn 2017 - 2025. Việc sử dụng GEE cho phép tự động hóa các bước tiền xử lý, lọc mây, tính toán chỉ số phổ và tổng hợp dữ liệu theo thời gian. Cách tiếp cận này giúp nâng cao hiệu quả xử lý dữ liệu đa nguồn, đồng thời hỗ trợ theo dõi biến động bờ sông trên phạm vi rộng và trong khoảng thời gian dài

2.2 Giới thiệu về khu vực thực nghiệm và dữ liệu sử dụng

Lưu vực sông Mã là một trong những lưu vực sông lớn ở khu vực Bắc Trung Bộ, có diện tích khoảng 28.400 km² với khoảng một phần ba diện tích nằm trên lãnh thổ Lào. Sông Mã bắt nguồn từ vùng núi cao thuộc tỉnh Điện Biên, chảy qua các tỉnh Sơn La, Hòa Bình và Thanh Hóa trước khi đổ ra Vịnh Bắc Bộ. Lưu vực có địa hình đa dạng, từ vùng núi cao ở thượng nguồn đến đồng bằng thấp ở hạ lưu, tạo nên sự khác biệt lớn về điều kiện thủy văn và động lực dòng chảy. Với vai trò cung cấp nguồn nước cho sinh hoạt, sản xuất nông nghiệp và phát triển kinh tế - xã hội của khu vực, lưu vực sông Mã có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Tuy nhiên, những năm gần đây lưu vực thường xuyên chịu ảnh hưởng của mưa lớn, lũ lụt và các hiện tượng sạt lở bờ sông, gây nhiều thiệt hại cho môi trường và đời sống dân cư [17, 18].

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu Sentinel-2 và Landsat 8/9 trong giai đoạn từ 2017 đến 2025. Dữ liệu Sentinel-2 được khai thác từ bộ sản phẩm Sentinel-2 Surface Reflectance (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED) với độ phân giải không gian 10 m [19], trong khi dữ liệu Landsat được thu thập từ các bộ dữ liệu LANDSAT/LC08/C02/T1_L2 và LANDSAT/LC09/C02/T1_L2 có độ phân giải 30 m [20]. Ngoài ra, nghiên cứu còn sử dụng dữ liệu mặt nước toàn cầu JRC Global Surface Water để xây dựng mặt nạ sông, dữ liệu địa hình SRTM để xác định độ dốc và giới hạn khu vực phân tích. Trước khi đưa vào xử lý, ảnh được xử lý loại bỏ mây, tổng hợp theo từng năm để xác định sạt lở cho khu vực nghiên cứu.

Phạm vi không gian nghiên cứu được xác định là lưu vực sông Mã được giới hạn theo ranh giới hành chính tỉnh Thanh Hóa nhằm phục vụ quá trình xử lý trên nền tảng GEE. Trong phạm vi này, các thủy vực được trích xuất tự động từ bộ dữ liệu JRC Global Surface Water với tần suất xuất hiện nước lớn hơn 50%, sau đó tạo vùng đệm 200 m để xác định khu vực có khả năng xảy ra sạt lở. Vì vậy, nghiên cứu không chỉ phân tích riêng dòng chính sông Mã mà bao gồm toàn bộ các đoạn sông và thủy vực ổn định nằm trong

phạm vi tỉnh Thanh Hóa. Khi cần đánh giá riêng cho lưu vực hoặc một đoạn sông cụ thể, chỉ cần thay thế ROI bằng polygon tương ứng mà không phải thay đổi thuật toán xử lý.

2.3 Phương pháp xác định sạt lở bờ sông

Phương pháp phát hiện sạt lở bờ sông dựa trên GEE nhằm phát hiện tự động các khu vực sạt lở từ chuỗi dữ liệu Sentinel-2 và Landsat 8/9. Quy trình gồm các bước chính như sau:

(1) Xây dựng mặt nạ sông và khu vực phân tích;

(2) Trích xuất mặt nước từ ảnh vệ tinh;

(3) Xác định biến động đường bờ theo thời gian;

(4) Nhận diện các khu vực sạt lở.

Bốn bước trong quy trình được thực hiện tuần tự như minh họa trong Hình 1. Bước (1) nhằm xác định phạm vi phân tích thông qua việc xây dựng mặt nạ sông và hành lang bờ sông. Bước (2) thực hiện trích xuất mặt nước từ chuỗi ảnh Sentinel-2 và Landsat bằng chỉ số MNDWI kết hợp thuật toán Otsu. Bước (3) xác định biến động đường bờ thông qua so sánh lớp mặt nước giữa các thời điểm. Cuối cùng, bước (4) nhận diện các khu vực chuyển đổi từ đất sang nước, loại bỏ nhiễu và thống kê các vùng sạt lở.

Bước 1. Xây dựng mặt nạ sông và khu vực phân tích

Đầu tiên, khu vực nghiên cứu được giới hạn bằng cách sử dụng dữ liệu mặt nước toàn cầu JRC Global Surface Water và mô hình số độ cao SRTM. Pixel nào có tần suất xuất hiện nước lớn hơn 50% được xem là khu vực có lòng sông ổn định. Từ lớp dữ liệu này, tiếp tục tạo vùng đệm có chiều rộng 200m về phía hai bên bờ sông nhằm xác định được khu vực sạt lở chỉ liên quan đến sông. Đồng thời, các khu vực có độ dốc nhỏ hơn 2° được giữ lại để loại bỏ các đối tượng địa hình không liên quan đến quá trình biến động bờ sông.

Các tham số trong nghiên cứu được lựa chọn trên cơ sở kết hợp giữa đặc điểm địa hình khu vực nghiên cứu và thử nghiệm thực nghiệm. Vùng đệm 200 m được sử dụng để tập trung phân tích vào hành lang ven sông, hạn chế ảnh hưởng của các biến động không liên quan. Ngưỡng độ dốc 2° giúp loại bỏ các khu vực địa hình dốc ít có khả năng liên quan đến quá trình sạt lở bờ sông. Đối với MNDWI, ngưỡng phân loại được xác định tự động bằng thuật toán Otsu và giới hạn trong khoảng -0,05 đến 0,02 nhằm giảm ảnh hưởng của các giá trị bất thường do nhiễu ảnh.

Bước 2. Trích xuất mặt nước từ ảnh vệ tinh

Các ảnh vệ tinh Sentinel-2 được lọc mây bằng lớp Scene Classification Layer (SCL), trong khi dữ liệu Landsat 8/9 được xử lý bằng lớp QA_PIXEL để loại bỏ mây và bóng mây. Các ảnh sau đó được tổng hợp theo giá trị trung vị (Median Composite) cho từng năm nhằm giảm nhiễu và hạn chế ảnh hưởng của điều kiện khí quyển. Mặt nước được xác định thông qua chỉ số MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index).

Đối với dữ liệu ảnh Sentinel-2, giá trị được tính như sau [21]:

$$MNDWI = \frac{B3 - B11}{B3 + B11} \quad (1)$$

Trong đó B3 là kênh màu xanh lá cây (Green - bước sóng 0,56 μm) và B11 là kênh SWIR (bước sóng 1,61 μm).

Đối với dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat, công thức tương ứng là [21]:

$$MNDWI = \frac{B3 - B6}{B3 + B6} \quad (2)$$

Trong đó B3 là kênh màu xanh lá cây (Green - bước sóng 0,56 μm) và B11 là kênh SWIR (bước sóng 1,61 μm).

Giá trị MNDWI xác định được càng lớn thì giá trị điểm ảnh thuộc lớp mặt nước càng cao.

Sau khi xác định được giá trị MNDWI, thuật toán Otsu được ứng dụng để xác định ngưỡng phân tách nước và đất một cách tự động. Thuật toán lựa chọn giá trị ngưỡng tối ưu bằng cách cực đại hóa phương sai giữa hai lớp [22]:

$$\sigma^2 = \omega_0 (\mu_0 - \mu)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu)^2 \quad (3)$$

Trong đó ω_0 và ω_1 là tỷ lệ điểm ảnh của hai lớp; μ_0 và μ_1 là giá trị trung bình của từng lớp; μ là giá trị trung bình của toàn bộ ảnh.

Để hạn chế các giá trị bất thường phát sinh từ ảnh nhiễu, ngưỡng Otsu được giới hạn trong khoảng từ -0,05 đến 0,02. Các pixel có giá trị MNDWI lớn hơn ngưỡng được phân loại là nước, ngược lại được xác định là đất.

Bước 3. Xác định biến động đường bờ

Khu vực sạt lở được xác định dựa trên sự chuyển đổi từ đất sang nước giữa các thời điểm quan trắc. Gọi w_1 là lớp mặt nước tại thời điểm trước và w_2 là lớp mặt nước tại thời điểm sau, khu vực được coi là sạt lở được xác định như sau:

$$E = w_2 \cap (\hat{w}_1) \cap B \quad (4)$$

Trong đó E là khu vực sạt lở, B là vùng biên bờ sông được xây dựng từ lớp mặt nước ban đầu. Ký hiệu $\hat{w}_1$ biểu thị phần diện tích không thuộc mặt nước tại thời điểm trước. Điều kiện này cho phép xác định các vị trí trước đây là đất nhưng đã bị nước chiếm chỗ ở thời điểm tiếp theo, phản ánh trực tiếp quá trình sạt lở bờ sông.

Bước 4. Nhận diện khu vực sạt lở

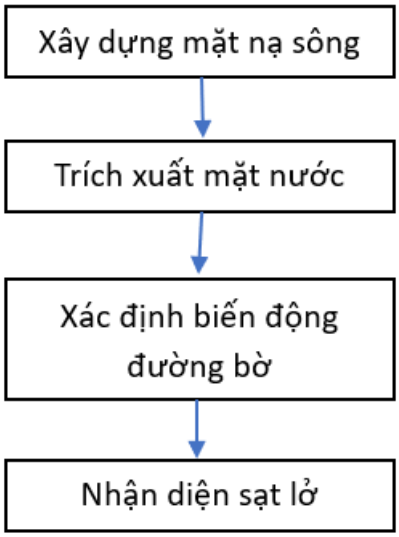
Để loại bỏ các đối tượng nhiễu có diện tích nhỏ, nghiên cứu sử dụng thuật toán Connected Pixel Count và chỉ giữ lại các vùng có từ 2 pixel liên thông trở lên. Với độ phân giải 10 m của Sentinel-2, diện tích tối thiểu được xem xét tương ứng khoảng 200 m²; đối với Landsat 8/9 có độ phân giải 30 m, diện tích tối thiểu tương ứng khoảng 1.800 m². Các điểm sạt lở có diện tích nhỏ hơn ngưỡng này có thể không được nhận dạng hoặc bị loại bỏ trong quá trình lọc nhiễu. Các khu vực sạt lở sau đó được chuyển sang dạng vector để tính toán diện tích, thống kê theo năm và so sánh giữa hai nguồn dữ liệu. Kết quả cuối cùng được sử dụng để đánh giá sự phân bố không gian và diễn biến thời gian của hiện tượng sạt lở trên lưu vực sông Mã.

Kết quả của chương trình GEE được lưu dưới dạng đối tượng vector (polygon), trong đó mỗi vùng sạt lở đều có thông tin vị trí không gian, diện tích và các thuộc tính liên quan (năm xảy ra, nguồn dữ liệu), phục vụ cho việc thống kê và kiểm chứng kết quả.

Trong chương trình Google Earth Engine, phạm vi nghiên cứu (ROI) được xác định theo ranh giới hành chính tỉnh Thanh Hóa bằng dữ liệu FAO/GAUL level 1 với đoạn mã như sau:

```
var ROI = ee.FeatureCollection
('FAO/GAUL/2015/level1')
.filter(ee.Filter.eq('ADM1_NAME','Thanh Hoa'))
.geometry();
```

Dựa trên cơ sở lý thuyết như trên, nhóm nghiên cứu đã xây dựng chương trình phân tích dữ liệu trên GEE với quy trình như trong hình 1.



Hình 1. Quy trình xác định sạt lở sử dụng GEE và dữ liệu vệ tinh Landsat, Sentinel

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Với quy trình đã xây dựng như trong mục 2.3, đã xác định được kết quả cho khu vực sông Mã như sau:

Bảng 1. Tổng hợp kết quả phát hiện sạt lở

Chỉ tiêu	Sentinel-2	Landsat
Giai đoạn phân tích	2018-2025	2017-2025
Tổng số vùng sạt lở phát hiện được	1211	1803
Tổng diện tích sạt lở (ha)	317,90	485,86
Diện tích trung bình vùng (ha)	0,263	0,269
Năm có diện tích sạt lở lớn nhất	2025	2025

Từ số liệu thống kê trong bảng 1 cho thấy, số

vùng sạt lở với ảnh vệ tinh Landsat lớn hơn số lượng tương ứng xác định được với ảnh Sentinel-2 xấp xỉ 49%. Cả hai loại dữ liệu đều cho thống kê sạt lở lớn nhất theo năm và diện tích trung bình của vùng sạt lở giống nhau (năm 2025 và xấp xỉ 0,26 ha/vùng).

Sự khác biệt về diện tích của các vùng sạt lở xuất phát từ độ phân giải của ảnh Sentinel-2 (10 m) và ảnh Landsat (30 m). Do có độ phân giải không gian cao hơn, Sentinel-2 phù hợp hơn để phát hiện các điểm sạt lở quy mô nhỏ, trong khi Landsat thích hợp cho giám sát xu thế biến động trên phạm vi rộng. Độ lớn của pixel làm tăng ảnh hưởng của hiện tượng trộn phổ và có thể tạo ra sự khác biệt trong quá trình phân loại mặt nước bằng ngưỡng MNDWI. Ngoài ra, thời gian thu nhận ảnh, số lượng ảnh sau khi lọc mây và ảnh tổng hợp theo từng năm của hai hệ thống vệ tinh cũng không hoàn toàn giống nhau, dẫn đến sự khác biệt về kết quả phát hiện sạt lở. Xét về khả năng xác định vị trí sạt lở, Sentinel-2 có tiềm năng nhận dạng cao hơn do có độ phân giải không gian cao, phù hợp để nhận dạng các biến động bờ sông quy mô nhỏ.

Cần lưu ý rằng, kết quả tính toán như trên, khu vực được tính toán là toàn bộ các vùng nước và hành lang ven bờ thỏa mãn điều kiện lựa chọn trong phạm vi tỉnh Thanh Hóa, không chỉ riêng lưu vực hoặc hành lang sông Mã. Trong chương trình GEE, vùng nghiên cứu (ROI) được xác định theo ranh giới hành chính tỉnh Thanh Hóa, sau đó sử dụng dữ liệu JRC Global Surface Water để trích xuất các vùng nước có tần suất xuất hiện lớn hơn 50%. Vì vậy, đối tượng phân tích bao gồm không chỉ sông Mã mà còn các hệ thống sông chính khác như sông Chu, sông Yên, sông Bưởi, sông Lèn, các hồ chứa lớn và một số khu vực cửa sông hoặc thủy vực ổn định khác. Trên cơ sở đó, vùng đệm rộng 200 m được thiết lập xung quanh toàn bộ các đối tượng nước được nhận dạng để xác định các khu vực có khả năng xảy ra sạt lở. Do đó, các kết quả thống kê diện tích và phân bố sạt lở trong nghiên cứu phản ánh hiện tượng biến động bờ của các thủy vực chính trong phạm vi tỉnh Thanh Hóa.

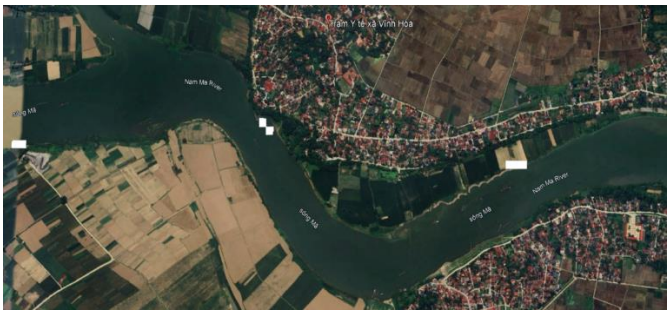
Để xác định sạt lở cho một lưu vực sông hoặc một khu vực cụ thể nào đó cần tạo polygon giới hạn khu vực để việc xác định được chính xác.

Do chưa có cơ sở dữ liệu tham chiếu về ranh giới và diện tích các điểm sạt lở, nghiên cứu sử dụng các thông tin sạt lở được công bố trên các nguồn thông tin chính thống để đối chiếu sơ bộ về vị trí xảy ra sạt lở [23-25]. Các dữ liệu này chỉ phục vụ đánh giá khả năng phát hiện của phương pháp, không được sử dụng để đánh giá định lượng độ chính xác.

Bảng 2. Thông tin về sạt lở tại Thanh Hóa

TT	Vị trí	Năm
1	Xã Vĩnh Hòa (thôn Nghĩa Kỳ, thôn Giang Đông), Vĩnh Lộc	2023
2	Xã Lương Trung (thôn Chòm Mốt), Bá Thước	2023
3	Xã Cẩm Vân (thôn Quan Phác, Vân Trai, Vân Quang, Vân Cát), Cẩm Thủy	2025

Kết quả xác định của nghiên cứu được cho trong các hình sau:



Hình 2. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại xã Vĩnh Hòa sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-2

Hình 3. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại xã Vĩnh Hòa sử dụng ảnh vệ tinh Landsat

Hình 4. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại khu vực Bá Thước sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-2

Hình 5. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại khu vực Bá Thước sử dụng ảnh vệ tinh Landsat

Hình 6. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại khu vực Cẩm Thủy sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-2

Hình 7. Kết quả xác định sạt lở bờ sông Mã tại khu vực Cẩm Thủy sử dụng ảnh vệ tinh Landsat

Các kết quả từ hình 2 và hình 7 cho thấy, tại các địa điểm có sạt lở bờ sông đã được thống kê trong bảng 2 đều xác định có điểm sạt lở. Điều đáng lưu ý, các điểm sạt lở đều được xác định đồng thời với hai dữ liệu là Sentinel-2 và Landsat 8/9.

Do chưa có dữ liệu khảo sát thực địa hoặc cơ sở dữ liệu tham chiếu về ranh giới và diện tích các điểm sạt lở, nghiên cứu mới chỉ thực hiện đối chiếu sơ bộ với các vị trí sạt lở đã được công bố trên các nguồn thông tin chính thống nhằm đánh giá khả năng phát hiện của phương pháp. Vì vậy, nghiên cứu chưa thể đánh giá định lượng độ chính xác hoặc độ tin cậy của kết quả xác định sạt lở. Đây là một hạn chế của nghiên cứu và sẽ được khắc phục trong các nghiên cứu tiếp theo thông qua việc bổ sung dữ liệu khảo sát thực địa hoặc ảnh viễn thám có độ phân giải cao để kiểm chứng.

Khả năng áp dụng phương pháp cho các lưu vực khác phụ thuộc vào mức độ đầy đủ của chuỗi ảnh Landsat/Sentinel, điều kiện mây che, đặc điểm hình thái sông và bề mặt sạt lở. Vì vậy, các tham số và kết quả cần được hiệu chỉnh, kiểm chứng riêng cho từng khu vực nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã xây dựng được giải pháp xác định sạt lở bờ sông sử dụng GEE kết hợp dữ liệu ảnh vệ tinh Landsat 8/9 và Sentinel-2. Trên cơ sở sử dụng dữ liệu mặt nước toàn cầu JRC Global Surface Water, mô hình số độ cao SRTM,

chỉ số MNDWI và thuật toán Otsu, quy trình xử lý tự động đã được xây dựng nhằm phát hiện các khu vực có biến động từ đất sang nước trong giai đoạn 2017 - 2025. Kết quả thực nghiệm cho thấy chương trình được xây dựng trên GEE có khả năng xử lý đồng thời khối lượng lớn dữ liệu viễn thám đa thời gian và tự động xác định các khu vực sạt lở. Đối với dữ liệu Sentinel-2, nghiên cứu xác định được 1.211 vùng sạt lở với tổng diện tích 317,90 ha, trong khi dữ liệu Landsat xác định được 1.803 vùng sạt lở với tổng diện tích 485,86 ha. Cả hai nguồn dữ liệu đều cho thấy năm 2025 là năm có diện tích sạt lở lớn nhất và diện tích trung bình của các vùng sạt lở xấp xỉ 0,26 ha.

Quy trình đề xuất và chương trình đã xây dựng cho phép xác định sạt lở bờ sông với quy mô bất kỳ với ưu điểm của dữ liệu đầu vào được cung cấp trên phạm vi rộng lớn.

Kết quả xác định khu vực sạt lở đều được so sánh sơ bộ với các thông tin về sạt lở được công bố trên internet. Kết quả cho thấy, quy trình đã xác định được các điểm sạt lở khu vực bờ sông tại tất cả các khu vực đã được công bố khẳng định được tính đúng đắn của quy trình cũng như chương trình đã đề xuất. Tuy nhiên, kết quả hiện tại phản ánh biến động bờ của các thủy vực chính trong phạm vi tỉnh Thanh Hóa do phạm vi xử lý được xây dựng từ các vùng nước ổn định và vùng đệm ven bờ. Để xác định chính xác sạt lở cho một lưu vực hoặc một đoạn sông cụ thể, cần bổ sung dữ liệu độ phân giải cao hoặc khảo sát thực địa trong tương lai.

5. LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả bài báo xin cảm ơn tới đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và Môi trường mã số TNMT.ĐL.2025.06.03 đã tài trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Symmank, L., et al., The impact of bioengineering techniques for riverbank protection on ecosystem services of riparian zones. Ecological Engineering, 2020. 158: p. 106040. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106040.

[2]. Riis, T., et al., Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. BioScience, 2020. 70(6): p. 501-514. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041.

[3]. Tha, T., et al., Assessment of riverbank erosion hotspots along the mekong river in cambodia using remote sensing and hazard exposure mapping. Water, 2022. 14(13): p. 1981. https://doi.org/10.3390/w14131981.

[4]. Freihardt, J. and O. Frey, Assessing riverbank erosion in Bangladesh using time series of Sentinel-1 radar imagery in the Google Earth Engine. Natural Hazards Earth System Sciences, 2023. 23(2): p. 751-770. https://doi.org/10.5194/nhess-23-751-2023.

[5]. Binh, D.V., et al., A novel method for river bank detection from landsat satellite data: a case study in the Vietnamese Mekong Delta. Remote Sensing, 2020. 12(20): p. 3298. https://doi.org/10.3390/rs12203298.

[6]. Boothroyd, R.J., et al., Applications of Google Earth Engine in fluvial geomorphology for detecting river channel change. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 2021. 8(1): p. e21496. https://doi.org/10.1002/wat2.1496.

[7]. Kummu, M., et al., Riverbank changes along the Mekong River: Remote sensing detection in the Vientiane–Nong Khai area. Quaternary International, 2008. 186(1): p. 100-112. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.10.015.

[8]. Cao, J., et al., Extraction and analysis of riverbank lines in Khulna district of Bangladesh based on an improved TransUNet model. International Journal of Digital Earth, 2026. 19(1): p. 2610123. https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2610123.

[9]. Kumkong, S., N. Srihanu, and J. Nontapon. Machine Learning-Based Estimation of Riverbank

Erosion and Deposition along the Mekong River in Loei Province, Thailand Using GEE (1988–2025). in 2025 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS). 2025. IEEE. doi: 10.1109/AGERS67633.2025.11446451.

[10]. Duy, Đ.V., T.H. Minh, and Đ.P. Tấn, Phân tích diễn biến đường bờ sông Cần Thơ bằng công nghệ ảnh viễn thám. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng, 2025. 15(04): p. 158-Trang 163. https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.1068.

[11]. Kha, V.T., T. Lê Hùng, and H.N. Huy, Nghiên cứu ảnh hưởng của công tác khai thác cát, sỏi đến biến động đường bờ sông Chu (đoạn chảy qua huyện Thọ Xuân, tỉnh Thanh Hóa) bằng dữ liệu viễn thám. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2020(44): p. 5-10.

[12]. Điệp, N.T.H., et al., Diễn tiến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu, vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 2019. 55: p. 125-133.

[13]. Phương, P.V.T. and P.T.H. Hạnh, Ứng dụng viễn thám, GIS đánh giá phạm vi và mức độ xói lở bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng. Tạp chí Khí tượng thủy văn, 2023. 754: p. 9 - 25. doi:10.36335/VNJHM.2023(754).9-25.

[14]. Gorelick, N., et al., Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 2017. 202: p. 18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

[15]. Tamiminia, H., et al., Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS journal of photogrammetry remote sensing, 2020. 164: p. 152-170. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001.

[16]. Amani, M., et al., Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations Remote Sensing, 2020. 13: p. 5326-5350. doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.

[17]. Hoa, P.V., et al., One-dimensional deep learning driven geospatial analysis for flash flood susceptibility mapping: A case study in North Central Vietnam. Earth Science Informatics, 2024. 17(5): p. 4419-4440. https://doi.org/10.1007/s12145-024-01285-8.

[18]. Tran, Q.A., et al., Rainfall-Runoff and Inundation of Ma River Basin Under Global Warming. Journal of Mining Earth Sciences, 2019. 60(6): p. 13-22.

[19]. Drusch, M., et al., Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote sensing of Environment, 2012. 120: p. 25-36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026.

[20]. Roy, D.P., et al., Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote sensing of Environment, 2014. 145: p. 154-172. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001.

[21]. Xu, H., Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International journal of remote sensing, 2006. 27(14): p. 3025-3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179.

[22]. Otsu, N., A threshold selection method from gray-level histograms. Automatica, 1979. 11(285-296).

[23]. Cục Quản lý đê điều và phòng, chống thiên tai. Thấp thỏm trước thực trạng sạt lở kinh hoàng ở bờ sông Mã (Thanh Hóa). 2023; Available from: https://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/thap-thom-truoc-thuc-trang-sat-lo-kinh-hoang-o-bo-song-ma-thanh-hoa.

[24]. Báo Nông nghiệp Môi trường. Bờ sông Mã sạt lở, huyện chờ kinh phí khắc phục. 2025; Available from: https://nongnghiepmoitruong.vn/bo-song-ma-sat-lo-huyen-cho-kinh-phi-khac-phuc-d742345.

[25]. VnEconomy. Thanh Hóa tìm giải pháp ngăn sạt lở nghiêm trọng tại sông Chu, sông Mã. 2023; Available from: https://vneconomy.vn/thanh-hoa-tim-giai-phap-ngan-sat-lo-nghiem-trong-tai-song-chu-song-ma.

Thông tin của tác giả:
PGS.TS Nguyễn Gia Trọng
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Điện thoại: +(84) 963124980 - Email: nguyengiatrong@humg.edu.vn
ThS Nguyễn Thị Mai Anh
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh
Điện thoại: +(84) 936898115 - Email: phuonganhtung@gmail.com
ThS Phạm Ngọc Quang
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Điện thoại: +(84) 973037551 - Email: phamngocquang@humg.edu.vn
PGS.TS Nguyễn Viết Nghĩa
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Điện thoại: +(84) 947868139 - Email: nguyenvietnghia@humg.edu.vn
TS. Nguyễn Văn Cương
Cục Biển và Hải đảo Việt Nam
Điện thoại: +(84) 915310007 - Email: nvcuong1981@gmail.com
ThS Tô Thanh Vũ
Công ty Cổ phần thiết kế xây dựng đo đạc thương mại dịch vụ Đức Sang
Điện thoại: +(84) 0962131751 - Email: thanhvuvpdkpg@gmail.com

A SOLUTION FOR IDENTIFYING LANDSLIDES IN THE MA RIVER BASIN USING GOOGLE EARTH ENGINE (GEE), LANDSAT SATELLITE DATA, AND SENTINEL SATELLITE DATA

Information about authors:
Nguyen Gia Trong, Assoc. Prof. Ph.D., Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology, Email: nguyengiatrong@humg.edu.vn
Nguyen Thi Mai Anh, M.Sc., Quang Ninh University of Industry, email: phuonganhtung@gmail.com
Pham Ngoc Quang, M. Sc., Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology, Email: phamngocquang@humg.edu.vn
Nguyen Viet Nghia, Assoc. Prof. Ph.D., Geodesy and Environment research group, Hanoi University of Mining and Geology, Email: nguyenvietnghia@humg.edu.vn
Nguyen Van Cuong, Ph.D., Viet Nam Agency of Seas and Islands, nvcuong1981@gmail.com
To Thanh Vu, M.Sc., Duc Sang Trading Service Measurement Construction Design Joint Stock Company, Email: thanhvuvpdkpg@gmail.com

ABSTRACT:

This study proposes a solution for identifying riverbank erosion in the Ma River Basin using the Google Earth Engine (GEE) platform in combination with Landsat 8/9 and Sentinel-2 satellite imagery. Based on the proposed scientific framework, an automated workflow was developed to detect erosion-prone areas from multi-temporal remote sensing data acquired during the period from 2017 to 2025. To accurately identify riverbank erosion areas, auxiliary datasets including the JRC Global Surface Water dataset and the SRTM Digital Elevation Model were utilized. The workflow consists of river mask generation, water body extraction, shoreline change detection, and erosion area identification. Water

bodies were extracted using the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), while the classification threshold was automatically determined using the Otsu algorithm. Based on this workflow, an automated erosion detection program was developed on the GEE platform. The results show that Sentinel-2 imagery detected 1,211 riverbank erosion areas with a total area of 317.90 ha, whereas Landsat imagery identified 1,803 riverbank erosion areas with a total area of 485.86 ha. Both data sources indicated that the largest erosion area occurred in 2025, and the average area of each erosion feature was approximately 0.26 ha. To verify the results, the identified erosion areas were compared with reported erosion locations in Vinh Hoa, Luong Trung, and Cam Van communes. The comparison showed that erosion sites in these areas were detected by both Sentinel-2 and Landsat 8/9 data, demonstrating the applicability of the proposed method for riverbank erosion monitoring.

Keywords: GEE, Landsat, Sentinel, River bank eronsion, Remote sensing

REFERENCES

[1]. Symmank, L., et al., The impact of bioengineering techniques for riverbank protection on ecosystem services of riparian zones. Ecological Engineering, 2020. 158: p. 106040. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106040.

[2]. Riis, T., et al., Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. BioScience, 2020. 70(6): p. 501-514. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041.

[3]. Tha, T., et al., Assessment of riverbank erosion hotspots along the mekong river in cambodia using remote sensing and hazard exposure mapping. Water, 2022. 14(13): p. 1981. https://doi.org/10.3390/w14131981.

[4]. Freihardt, J. and O. Frey, Assessing riverbank erosion in Bangladesh using time series of Sentinel-1 radar imagery in the Google Earth Engine. Natural Hazards Earth System Sciences, 2023. 23(2): p. 751-770. https://doi.org/10.5194/nhess-23-751-2023.

[5]. Binh, D.V., et al., A novel method for river bank detection from landsat satellite data: a case study in the Vietnamese Mekong Delta. Remote Sensing, 2020. 12(20): p. 3298. https://doi.org/10.3390/rs12203298.

[6]. Boothroyd, R.J., et al., Applications of Google Earth Engine in fluvial geomorphology for detecting river channel change. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 2021. 8(1): p. e21496. https://doi.org/10.1002/wat2.1496.

[7]. Kummu, M., et al., Riverbank changes along the Mekong River: Remote sensing detection in the Vientiane–Nong Khai area. Quaternary International, 2008. 186(1): p. 100-112. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.10.015.

[8]. Cao, J., et al., Extraction and analysis of riverbank lines in Khulna district of Bangladesh based on an improved TransUNet model. International Journal of Digital Earth, 2026. 19(1): p. 2610123. https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2610123.

[9]. Kumkong, S., N. Srihanu, and J. Nontapon. Machine Learning-Based Estimation of Riverbank Erosion and Deposition along the Mekong River in Loei Province, Thailand Using GEE (1988–2025). in 2025 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS). 2025. IEEE. doi: 10.1109/AGERS67633.2025.11446451.

[10]. Duy, Đ.V., T.H. Minh, and Đ.P. Tấn, Phân tích diễn biến đường bờ sông Cần Thơ bằng công nghệ ảnh viễn thám. Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng, 2025. 15(04): p. 158-Trang 163. https://doi.org/10.54772/jomc.04.2025.1068.

[11]. Kha, V.T., T. Lê Hùng, and H.N. Huy, Nghiên cứu ảnh hưởng của công tác khai thác cát, sỏi đến biến động đường bờ sông Chu (đoạn chảy qua huyện Thọ Xuân, tỉnh Thanh Hóa) bằng dữ liệu viễn thám. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, 2020(44): p. 5-10.

[12]. Điệp, N.T.H., et al., Diễn tiến tình hình sạt lở ven bờ sông Tiền và sông Hậu, vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 2019. 55: p. 125-133.

[13]. Phương, P.V.T. and P.T.H. Hạnh, Ứng dụng viễn thám, GIS đánh giá phạm vi và mức độ xói lở bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng. Tạp chí Khí tượng thủy văn, 2023. 754: p. 9 - 25. doi:10.36335/VNJHM.2023(754).9-25.

[14]. Gorelick, N., et al., Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote sensing of Environment, 2017. 202: p. 18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031.

[15]. Tamiminia, H., et al., Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS journal of photogrammetry remote sensing, 2020. 164: p. 152-170. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001.

[16]. Amani, M., et al., Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations Remote Sensing, 2020. 13: p. 5326-5350. doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.

[17]. Hoa, P.V., et al., One-dimensional deep learning driven geospatial analysis for flash flood susceptibility mapping: A case study in North Central Vietnam. Earth Science Informatics, 2024. 17(5): p. 4419-4440. https://doi.org/10.1007/s12145-024-01285-8.

[18]. Tran, Q.A., et al., Rainfall-Runoff and Inundation of Ma River Basin Under Global Warming. Journal of Mining Earth Sciences, 2019. 60(6): p. 13-22.

[19]. Drusch, M., et al., Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote sensing of Environment, 2012. 120: p. 25-36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026.

[20]. Roy, D.P., et al., Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote sensing of Environment, 2014. 145: p. 154-172. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001.

[21]. Xu, H., Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International journal of remote sensing, 2006. 27(14): p. 3025-3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179.

[22]. Otsu, N., A threshold selection method from gray-level histograms. Automatica, 1979. 11(285-296).

[23]. Cục Quản lý đê điều và phòng, chống thiên tai. Thấp thỏm trước thực trạng sạt lở kinh hoàng ở bờ sông Mã (Thanh Hóa). 2023; Available from: https://phongchongthientai.mard.gov.vn/Pages/thap-thom-truoc-thuc-trang-sat-lo-kinh-hoang-o-bo-song-ma-thanh-hoa.

[24]. Báo Nông nghiệp Môi trường. Bờ sông Mã sạt lở, huyện chờ kinh phí khắc phục. 2025; Available from: https://nongnghiepmoitruong.vn/bo-song-ma-sat-lo-huyen-cho-kinh-phi-khac-phuc-d742345.

[25]. VnEconomy. Thanh Hóa tìm giải pháp ngăn sạt lở nghiêm trọng tại sông Chu, sông Mã. 2023; Available from: https://vneconomy.vn/thanh-hoa-tim-giai-phap-ngan-sat-lo-nghiem-trong-tai-song-chu-song-ma.

Ngày nhận bài: 18/06/2026;
Ngày nhận bài sửa: 13/07/2026;
Ngày chấp nhận đăng: 14/07/2026.