

NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỘNG SÔNG SUỐI BIÊN GIỚI PHÍA BẮC SỬ DỤNG ẢNH VỆ TINH ĐỘ PHÂN GIẢI CAO

Hoàng Đức Vinh, Nguyễn Ngọc Quỳnh, Đào Văn Khương, Đỗ Văn Long
Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển

Tóm tắt: Sau hơn 10 năm ký nghị định thư phân giới cắm mốc biên giới trên đất liền, các sông suối vùng biên giữa Việt Nam và Trung Quốc đã tương đối ổn định. Tuy nhiên, dưới sự tác động của các yếu tố tự nhiên và việc đẩy mạnh xây dựng hệ thống công trình đã gây biến động lòng dẫn, làm thay đổi địa hình, địa vật dẫn đến xói lở, bồi tụ các sông suối ở đây. Trong nghiên cứu này, lần đầu tiên, ảnh viễn thám độ phân giải cao Planet NICFI được đưa vào phân tích biến động sông suối. Thuật toán Random Forest được áp dụng để phân loại và phân tách vùng nước dựa trên 6 lớp giá trị gồm 4 kênh phổ B, G, R, NIR và 2 chỉ số NDVI, NDWI trên nền tảng Google Earth Engine. Nghiên cứu đã đưa ra hình thái sông suối cho 3 giai đoạn 2016 – 2017, 2018 – 2019 và 2020 – 2021. Kết quả phân tích biến động cho thấy, xét trên tổng diện tích bề mặt dòng chảy, có 8/14 sông suối bị thu hẹp dòng chảy và 6/14 sông suối bị xói lở. Trong đó, đáng chú ý là suối Nậm Thi, sông Xanh (Lào Cai) có tỷ lệ xói lở lớn nhất trong khi Nậm Cu, Nho Quế (Hà Giang) và Kỳ Cùng (Lang Sơn) bị thu hẹp dòng chảy đáng kể. Kết quả của nghiên cứu là cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp kỹ thuật phù hợp nhằm ổn định sông suối, góp phần đảm bảo ổn định lãnh thổ, chủ quyền Quốc gia.

Từ khóa: Sông suối biên giới, ổn định sông suối, Planet, random forest, GEE.

Summary: After more than a decade of signing the protocol on demarcation and planting of border markers on land, the rivers and streams in the border areas between Vietnam and China have been relatively stable. However, under the impact of natural factors and the rising of riverside constructions, the rate of erosion and accretion of rivers/streams have been increased, leading to changes in river morphology. In this study, the Planet NICFI high-resolution remote sensing images were analyzed for the first time of river channel dynamics. Random Forest algorithm was applied to classify and extract water areas based on 6 value classes, including spectrum channels B, G, R, NIR and NDVI, NDWI indexes on Google Earth Engine platform. The study provided river and stream morphology for 3 periods 2016 - 2017, 2018 – 2019, and 2020 - 2021. The analysis results showed that, in terms of total flow surface area, 8/14 rivers and streams have their flows narrowed and 6/14 rivers and streams eroded. Notably, Nam Thi, Xanh river (Lao Cai) have the largest erosion rate while Nam Cu, Nho Que (Ha Giang), and Ky Cung (Lang Son) have significantly narrowed flows. The results of the study are the scientific basis for proposing appropriate technical solutions to stabilize rivers and streams, contributing to ensuring territorial stability and national sovereignty.

Keywords: Northern border rivers, rivers stability, Planet, random forest, GEE.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Nghiên cứu về biến động sông suối

Biến động về hình thái của dòng sông vốn là quy luật tự nhiên xảy ra không ngừng trong suốt quá trình hình thành phát triển và ổn định của nó. Bờ sông bị xói lở hay bồi tụ có nguyên

nhân chủ yếu từ tự nhiên như khí hậu, địa hình, địa chất, thổ nhưỡng và chế độ thủy văn. Tuy nhiên, các hoạt động phát triển kinh tế, xã hội của con người trên lưu vực như xây dựng hồ chứa, xây dựng cơ sở hạ tầng dọc theo bờ sông, thay đổi lớp phủ bề mặt, thậm chí xây dựng các công trình bảo vệ bờ sông hoặc thay đổi hướng dòng chảy đều là những tác nhân thúc đẩy quá trình biến động hình thái dòng sông [1]. Những tác nhân nhân tạo đã tác động ngày càng lớn hơn so với những yếu tố tự

Ngày nhận bài: 05/3/2024

Ngày thông qua phản biện: 10/5/2024

Ngày duyệt đăng: 12/6/2024

nhiên như lũ lụt và hạn hán [2], và đe dọa thay đổi chế độ động lực học tự nhiên của con sông dẫn đến suy thoái lòng dẫn, giảm hàm lượng phù sa và giảm chất lượng tự nhiên của con sông đó.

Trong những năm gần đây, các công cụ và kỹ thuật không gian địa lý như viễn thám và GIS (RS & GIS) đã trở thành một công cụ mạnh mẽ, hiện đại để áp dụng trong việc phát hiện sự biến động hình thái của các con sông trên quy mô lớn [3]. Những ưu điểm vượt trội của phương pháp này là chúng cung cấp các công cụ tuyệt vời để khai thác, xử lý, lưu trữ, hiển thị và phân tích dữ liệu không gian và thời gian của sông, suối. Ưu điểm khác nữa của RS & GIS là sử dụng dữ liệu vệ tinh mã nguồn mở, chi phí rẻ và dễ dàng truy cập, cho phép phát hiện nhanh chóng các động thái và những thay đổi của các con sông. Mặc dù vẫn có một vài nhược điểm như sai số do yếu tố che phủ, bóng của các thảm thực vật ven sông, nhưng RS & GIS là công cụ rất quan trọng đối với việc đánh giá, giám sát thủy văn, sử dụng cho các nghiên cứu cơ bản chi tiết và chính xác về động lực học sông ngòi của hiện tại cũng như dự đoán xu thế thay đổi trong tương lai [3].

Các dữ liệu viễn thám chủ yếu được khai thác để phân tích lòng dẫn sông suối là Landsat và Sentinel [4]. Đây là những dữ liệu miễn phí cho tất cả người dùng, có độ phân giải đủ tốt và thời gian đủ dài để phân tích sự biến động. Hệ thống vệ tinh Landsat với độ phân giải không gian 30 x 30m, bắt đầu được đưa vào quỹ đạo từ năm 1972 được sử dụng nhiều nhất trong các nghiên cứu về biến động thảm phủ, rừng, cũng như sông ngòi. Trong khi đó, Sentinel được đưa vào vận hành từ năm 2015, với các chuỗi vệ tinh Radar (Sentinel 1) và vệ tinh quang học (Sentinel 2) có độ phân giải không gian 10 m x 10m đang ngày được áp dụng nhiều hơn trong phân tích biến động của thảm phủ. Những tư liệu viễn thám này phù hợp cho việc đánh giá biến động những con sông lớn hoặc vùng cửa sông. Ở Việt Nam, ảnh Landsat và Sentinel được sử dụng khá nhiều, như biến động cửa sông Tiên Châu, Phú Yên bằng ảnh Landsat [5] hay biến động đường

bờ sông Tiên, sông Hậu [6], hoặc dùng ảnh Sentinel phân tích biến động đường bờ sông Chu, Thanh Hóa [7]. Tuy nhiên, nếu áp dụng cho các sông suối nhỏ như vùng biên giới Việt – Trung, thì những ảnh vệ tinh này vẫn khó đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác do hạn chế về độ phân giải của chúng.

Trước đây, một số sản phẩm vệ tinh có độ phân giải cao khác cũng được khai thác như PlanetScope (độ phân giải 3 – 5m), WorldView (1.24m) nhưng có giá thành rất đắt. Bắt đầu vào tháng 9 năm 2021, ảnh vệ tinh Planet nền được cung cấp miễn phí có điều kiện cho các tài khoản không thương mại (được cấp phép) bởi tổ chức Sáng kiến khí hậu và rừng quốc tế của Na Uy (Norway's International Climate and Forests Initiative (“NICFI”). Sản phẩm ảnh vệ tinh Planet NICFI có độ phân giải cao với kích thước điểm ảnh là 4.77m x 4.77 m. Với độ phân giải này là rất cần thiết để phân tích và giám sát chi tiết những thay đổi về độ che phủ rừng, phá rừng, thay đổi sử dụng đất và biến động các sông suối.

Bộ dữ liệu NICFI là sản phẩm hoàn chỉnh bao phủ các vùng nhiệt đới trên Thế giới, bao gồm Amazon, Trung Phi, Đông Nam Á và Nam Á. Dữ liệu có sẵn hàng tháng, bắt đầu từ tháng 12 năm 2015 [8]. Ảnh nền khu vực châu Á (Hình 1) đã được hiệu chỉnh khí quyển, hiệu chỉnh hình học, lọc mây và chuẩn hóa tối ưu giá trị cho vùng nhiệt đới châu Á [9]. Ảnh được cung cấp với 4 dải phổ (Blue, Green, Red, và Near-infrared).

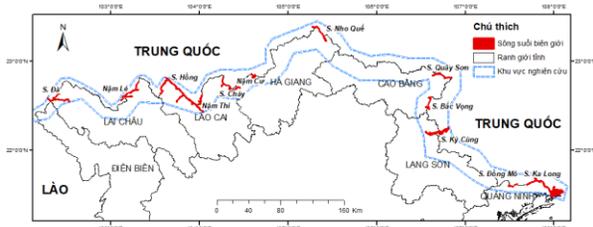


Hình 1: Ảnh Planet cho khu vực nhiệt đới châu Á trên nền Google Earth Engine

1.2. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là toàn tuyến biên giới

trên đất liền giữa Việt Nam và Trung Quốc trải dài trên 7 tỉnh phía Bắc gồm Điện Biên, Lai Châu, Lào Cai, Hà Giang, Cao Bằng, Lạng Sơn và Quảng Ninh. Tuyến biên giới Việt Trung trên đất liền dài 1449.556km trong đó đường biên giới trên sông suối gồm 34 con sông với tổng chiều dài 383.914 km chiếm 27% chiều dài toàn tuyến. Một số sông suối có chiều rộng nhỏ, mùa kiệt thường bị che khuất bởi tán cây trong rừng rậm, nên khó để phát hiện từ ảnh viễn thám. Do đó, trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào 14 con sông chính bao gồm sông Ka Long ở Quảng Ninh, sông Kỳ Cùng ở Lạng Sơn, sông Bắc Vọng, Quây Sơn ở Cao Bằng, sông Nho Quế, Nậm Cừ ở Hà Giang, sông Chảy, sông Xanh, Nậm Thi, Lũng Pô, sông Hồng ở Lào Cai và Nậm Là, Nậm Lé, sông Đà ở Lai Châu (Hình 2). Tổng cộng 14 con sông này dài 294.15 km và là những con sông/suối đủ rộng hoặc ở những khu vực ít bị che phủ bởi tán cây để có thể nhìn thấy từ ảnh vệ tinh.



Hình 2: Khu vực nghiên cứu và vị trí các sông suối biên giới được nghiên cứu

Từ năm 2009, Việt Nam và Trung Quốc đã ký nghị định thư phân giới cắm mốc biên giới trên đất liền. Sau hơn 10 năm, tình hình biên giới giữa 2 nước về cơ bản là ổn định, đảm bảo trật tự an toàn xã hội ở khu vực biên cương. Các sông suối biên giới tương đối ổn định và được bảo vệ. Tuy nhiên, dưới sự tác động của các yếu tố tự nhiên và việc đẩy mạnh xây dựng hệ thống công trình trên sông suối biên giới đã gây biến động lòng dẫn, làm thay đổi địa hình, địa vật dẫn đến thay đổi hướng dòng chảy và gây xói lở, bồi tụ 2 bên bờ sông. Thậm chí, bên phía Trung Quốc cho xây dựng nhiều kè mả hàn nhằm hướng dòng chảy sang bờ Việt Nam như ở khu vực mốc 1348, 1349, 1352

trên sông Ka Long hoặc đổ vật liệu xuống sông gây thu hẹp lòng dẫn (mốc 221 -224) ở khu vực biên giới với tỉnh Hà Giang. Những hoạt động này làm cho các con sông suối biên giới thêm mất ổn định, ảnh hưởng trực tiếp đến ổn định chủ quyền Quốc gia và đời sống người dân vùng biên.

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định sự biến động của 14 đoạn sông suối biên giới phía Bắc nhằm làm cơ sở khoa học cho việc đề xuất giải pháp kỹ thuật phù hợp để ổn định sông suối vùng biên. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tính toán cho cả 2 bờ sông, nghĩa là bao gồm cả phía Việt Nam và Trung Quốc, và coi đó là 1 đoạn sông hoàn chỉnh. Đây cũng là nghiên cứu đầu tiên sử dụng ảnh vệ tinh độ phân giải cao Planet NICFI trong việc phân tích biến động sông ngòi. Do đó, ngoài ý nghĩa thực tiễn về ổn định sông suối biên giới, nghiên cứu này còn đóng góp cho nền khoa học trong việc sử dụng công nghệ RS & GIS sử dụng ảnh viễn thám miễn phí độ phân giải cao.

2. DỮ LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu sử dụng

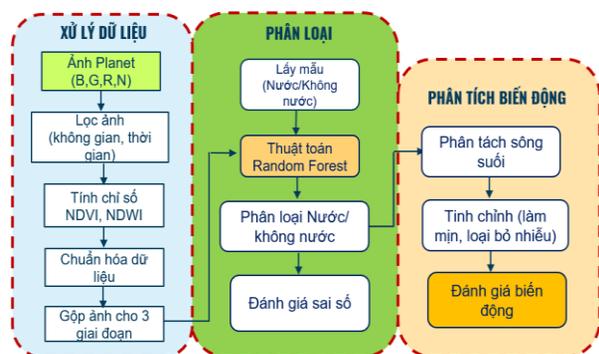
Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng ảnh Planet nên được cung cấp bởi NICFI. Các ảnh được lọc theo không gian là vùng biên giới phía Bắc và theo thời gian từ tháng 1/2016 đến 11/2021. Từ 2016 đến 2019, sản phẩm NICFI chỉ có 2 ảnh 1 năm (tổng hợp 6 tháng 1 ảnh), năm 2020 có 5 ảnh và 2021 có 10 ảnh. Do đó, tổng số 23 ảnh được đưa vào phân tích. Trong đó, từ 1/2016 đến 12/2017 (viết tắt là 2016-2017) được sử dụng làm thời đoạn nền của sông suối. Các giai đoạn sau từ 2018 - 2019 và 2020 - 2021 được phân tích để đánh giá mức độ biến động của chúng so với giai đoạn nền.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thiết kế với 3 bước tính toán chính gồm: bước 1 – Xử lý dữ liệu; bước 2 – phân loại nước và không nước; bước 3 – phân tích biến động sông suối (Hình 3). Bước 1 và bước 2 được tính toán trên nền tảng Google Earth Engine bằng ngôn ngữ lập trình JavaScript. Bước thứ 3 được xử lý trên phần

mềm ArcGIS 10.5 và phân tích kết quả trên Microsoft Excel.

Trong bước thứ nhất, ảnh Planet được khai thác với 4 kênh phổ (B, G, R, NIR), được lọc ảnh theo không gian của khu vực nghiên cứu, và lọc theo thời gian theo các giai đoạn tính toán 2016 – 2017; 2018 – 2019; và 2020 – 2021. Toàn bộ ảnh của từng giai đoạn 2 năm được tổ hợp (composite) để trở thành 1 ảnh đại diện của giai đoạn đó. Giá trị các kênh phổ của ảnh đại diện được lấy trung bình (median) từ tất cả ảnh. Từ các kênh phổ của ảnh đại diện, chúng tôi tính toán thêm các chỉ số NDVI và NDWI. NDVI là chỉ số khác biệt thực vật (Normalized Difference Vegetation Index) được tính từ 2 kênh phổ NIR và R (công thức 1). NDWI là chỉ số khác biệt về nước (Normalized Difference Water Index) được tính từ 2 kênh phổ G và NIR (công thức 2). Các giá trị của 2 chỉ số này cùng với giá trị của 4 kênh phổ có sẵn được chuẩn hóa nhằm đưa dữ liệu về cùng dải từ 0-1. Sau đó, ứng với mỗi ảnh đại diện cho từng giai đoạn nghiên cứu, 6 lớp giá trị (B, G, R, NIR, NDVI, NDWI) sẽ được sử dụng trong bài toán phân loại ở bước thứ 2.



Hình 3: Các bước tính toán trong nghiên cứu

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

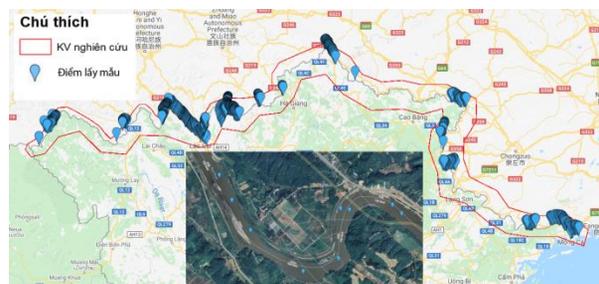
$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR} \quad (2)$$

trong đó: NIR là kênh phổ cận hồng ngoại; R là kênh đỏ Red; G là kênh xanh lá Green

Trong bước thứ 2, thuật toán Rừng ngẫu nhiên (Random Forest-RF) được áp dụng để phân loại từ ảnh vệ tinh với 2 lớp chính: nước và

không-nước. RF là thuật toán nổi bật trong học máy (machine learning). Đây là thuật toán linh hoạt, dễ sử dụng và được áp dụng nhiều nhất trong học máy và phân loại ảnh viễn thám [10] do tính đơn giản và thực tế của nó. Đầu vào của mô hình RF là 6 lớp giá trị của 3 ảnh đại diện cho 3 giai đoạn 2016-2017, 2018-2019, và 2020-2021. Thuật toán được huấn luyện (training) và kiểm tra (test) từ 938 điểm mẫu nước và 938 điểm mẫu không – nước. Toàn bộ 1876 điểm mẫu được lấy từ nền ảnh Google Earth (Hình 4). Số lượng mẫu được chia ra thành 2 tập: tập training chiếm 70% (1313 mẫu) và tập testing chiếm 30% (563 mẫu). Kết quả của việc huấn luyện là phân loại ra khu vực nước (sông, hồ) và không-nước. Sau đó, mô hình được đánh giá sai số thông qua hệ số chính xác và ma trận sai số.

Cuối cùng, trong bước thứ 3, phần “nước” được phân tách và xóa bỏ các khu vực là ao, hồ và để lại phần sông suối. Khu vực ao, hồ nằm riêng biệt với sông suối, do đó, chúng được xóa bỏ một cách thủ công bằng phần mềm ArcGIS 10.5. Phần sông suối được tinh chỉnh qua các bước làm mịn, loại nhiễu, sau đó so sánh, phân tích biến động theo thời gian trên phần mềm ArcGIS 10.5.



Hình 4: Tổng cộng 938 điểm mẫu nước được sử dụng trong thuật toán phân loại

3. KẾT QUẢ

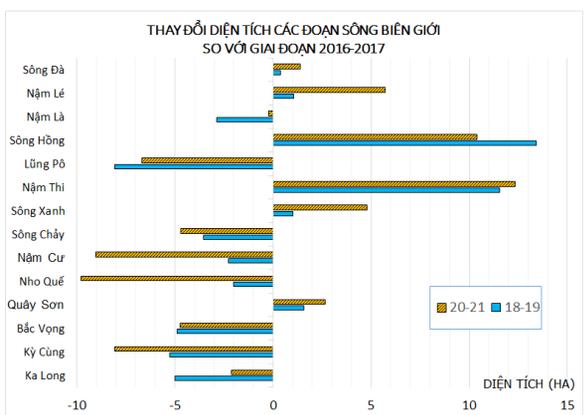
Kiểm định mô hình cho giai đoạn 2016 – 2017 cho độ chính xác tổng thể (overall accuracy) là 94.2%; giai đoạn 2018 – 2019 với độ chính xác tổng thể là 94.1% và giai đoạn 2020 – 2021 với độ chính xác tổng thể là 94.8%. Kết quả kiểm định trên cho thấy, mô hình có độ chính xác cao, đảm bảo chất lượng để phân tích các bước tiếp theo.

Kết quả phân tích biến động cho 14 đoạn sông suối biên giới được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 5. Trong khi có tới 8 con sông/suối bị thu hẹp thì 6 con sông khác lại mở rộng diện tích bề mặt dòng chảy. Cụ thể, so với giai đoạn 2016 – 2017, sông Ka Long, Kỳ Cùng, Bắc Vọng, Nho Quế, Nậm Cư, sông Cháy, Lũng Pô và suối Nậm Là bị thu hẹp diện tích bề mặt trong 2 giai đoạn 2018-2019 và 2020-2021. Trong đó, sông Kỳ Cùng, Nho Quế, Nậm Cư và sông Cháy có

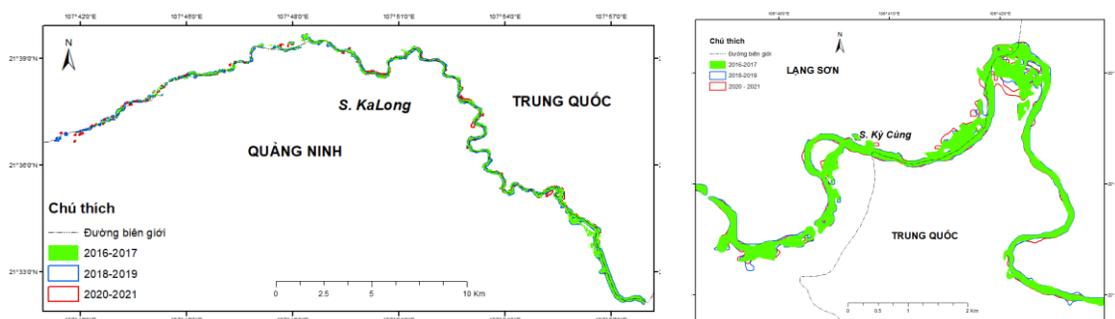
xu thế ngày càng bị thu hẹp, trong khi Nậm Là, Bắc Vọng và Ka Long lại có xu hướng đỡ bị thu hẹp hơn. Ngược lại, các đoạn sông Đà, suối Nậm Lé, sông Hồng, Nậm Thi, sông Xanh, và sông Quây Sơn bị mở rộng diện tích bề mặt so với giai đoạn 2016-2017. Trong đó, 5/6 sông (trừ sông Hồng) có xu thế ngày càng bị mở rộng thêm. Các kết quả phân tích biến động được thể hiện thêm ở Hình 6 đến Hình 10.

Bảng 1: Biến động sông suối so với giai đoạn 2016-2017

TT	Sông	Chiều dài (km)	Diện tích mặt nước (ha)			Thay đổi so với gđ 16-17		Tỷ lệ biến động (%)	
			16-17	18-19	20-21	18-19	20-21	18-19	20-21
1	Ka Long	46.44	493.28	488.30	491.16	-4.98	-2.12	-1.01	-0.43
2	Kỳ Cùng	4.11	84.22	78.97	76.13	-5.25	-8.09	-6.24	-9.61
3	Bắc Vọng	17.65	76.64	71.75	71.90	-4.89	-4.74	-6.38	-6.18
4	Quây Sơn	17.14	202.67	204.27	205.33	1.59	2.66	0.79	1.31
5	Nho Quế	16.21	151.91	149.89	142.10	-2.02	-9.81	-1.33	-6.46
6	Nậm Cư	13.13	131.14	128.86	122.10	-2.28	-9.04	-1.74	-6.89
7	Sông Cháy	8.90	92.23	88.69	87.50	-3.54	-4.72	-3.83	-5.12
8	Sông Xanh	11.24	23.64	24.65	28.42	1.02	4.78	4.30	20.22
9	Nậm Thi	24.74	121.89	133.45	134.22	11.56	12.33	9.49	10.12
10	Lũng Pô	31.12	336.66	328.60	329.95	-8.06	-6.71	-2.39	-1.99
11	Sông Hồng	52.91	1824.03	1837.43	1834.40	13.40	10.38	0.73	0.57
12	Nậm Là	14.46	86.86	83.97	86.63	-2.89	-0.23	-3.33	-0.27
13	Nậm Lé	32.38	269.69	270.74	275.39	1.05	5.70	0.39	2.11
14	Sông Đà	3.73	47.49	47.88	48.86	0.39	1.36	0.82	2.87



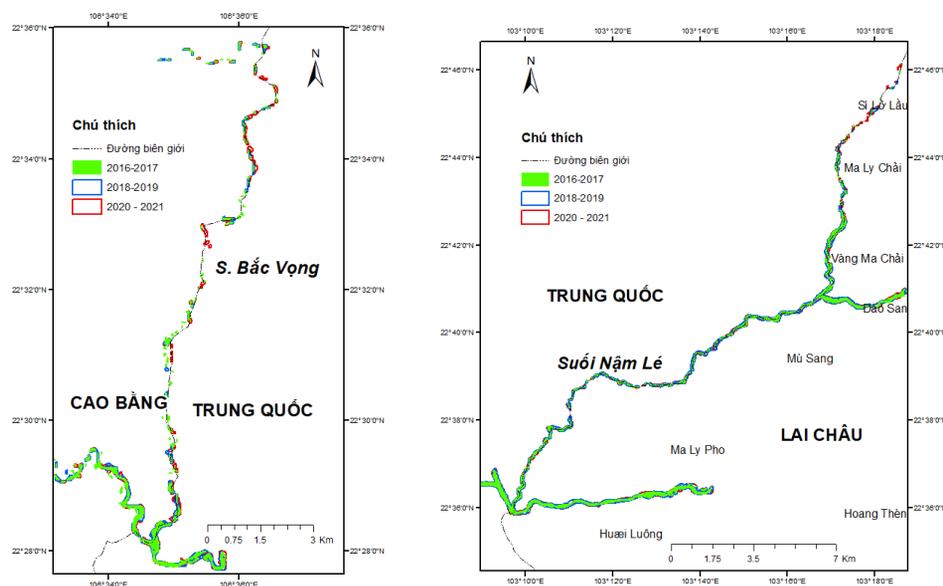
Hình 5: Biểu đồ biến động diện tích các đoạn sông biên giới so với giai đoạn 2016 – 2017



Hình 6: So sánh đường bờ sông Ka Long và Kỳ Cùng cho 3 giai đoạn nghiên cứu

Sông Ka Long đoạn biên giới giữa tỉnh Quảng Ninh và tỉnh Quảng Tây, Trung Quốc (TQ) có chiều dài 46.44 km. Tổng diện tích mặt nước giai đoạn 2016-2017 là 493.28 ha. Sau 2 năm, vào giai đoạn 2018-2019, diện tích mặt nước bị thu hẹp xuống còn 488.30 ha (giảm 4.98 ha). Tuy nhiên, tình trạng thu hẹp mặt nước được cải thiện vào giai đoạn 2020 – 2021, khi tổng diện tích tăng lên 491.16 ha (giảm chỉ còn 2.12 ha so với 2016-2017) (Hình 6).

Đoạn sông Kỳ Cùng là biên giới giữa tỉnh Lạng Sơn và tỉnh Quảng Tây (TQ) chỉ có chiều dài 4.11 km, tuy nhiên, nó có sự biến động khá lớn theo chiều hướng thu hẹp dòng chảy. Nếu như giai đoạn 2016-2017, diện tích mặt nước của đoạn sông này là 84.22 ha thì sau đó bị giảm mất 5.25 ha và 8.09 ha tương ứng với các giai đoạn 2018-2019 và 2020 - 2021. (Hình 6)



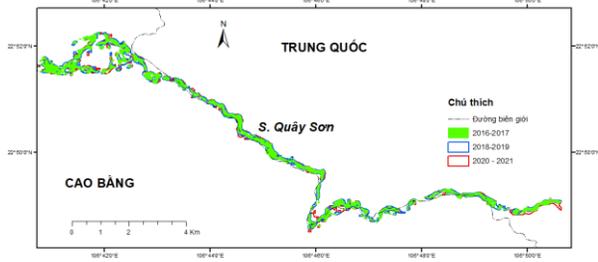
Hình 7: So sánh đường bờ suối Bắc Vọng và Nậm Lế cho 3 giai đoạn nghiên cứu

Sông Bắc Vọng và Quây Sơn ở tỉnh Cao Bằng là đường biên giới với tỉnh Quảng Tây (TQ) có chiều dài gần bằng nhau, đều khoảng hơn 17km. Tuy nhiên, trong khi Bắc Vọng có xu hướng thu hẹp diện tích bề mặt dòng chảy (giảm 4.89 ha so với giai đoạn 2016-2017) (Hình 7) thì sông Quây Sơn lại mở rộng dòng chảy nhưng không lớn lắm (1.59 ha và 2.66 ha

tương ứng với 2 giai đoạn 2018-2019 và 2020-2021). (Hình 8)

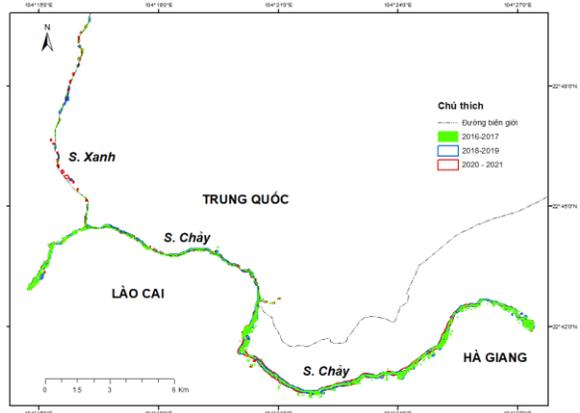
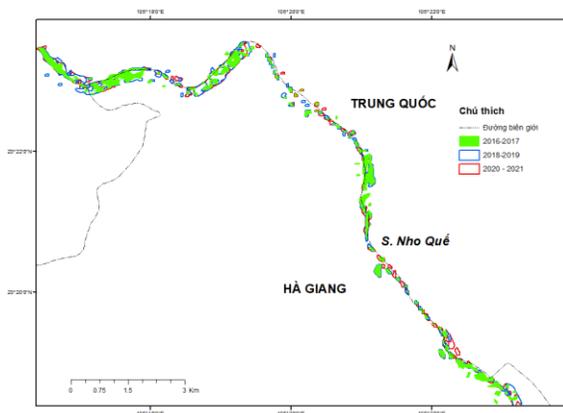
Sông Nho Quế và Nậm Cư ở Hà Giang đoạn biên giới với tỉnh Vân Nam (TQ) có chiều dài lần lượt là 16.21 km và 13.13 km. Cả 2 sông này đều có biến động tương đối giống nhau. Giai đoạn 2018-2019, cả 2 sông đều bị giảm diện tích dòng chảy khoảng 2 ha thì đến giai

đoạn 2020-2021, diện tích bị giảm ở 2 con sông đều lên tới hơn 9 ha.

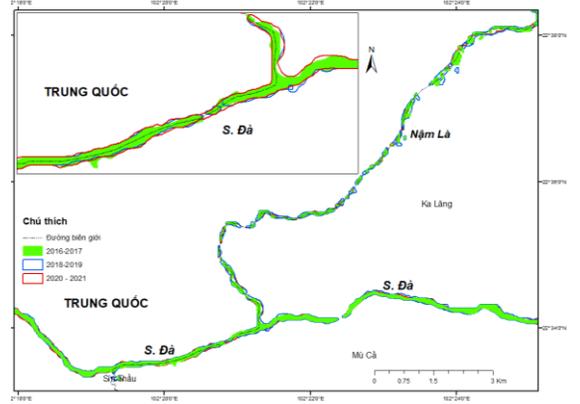
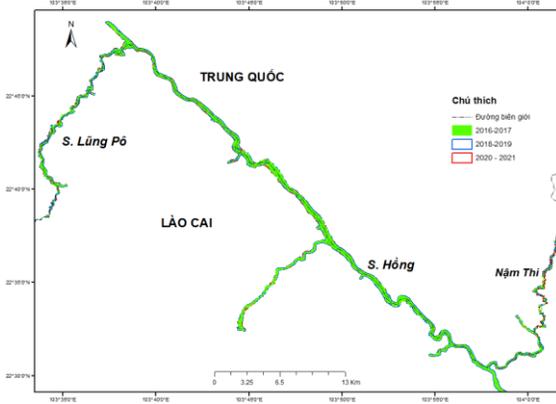


Hình 8: So sánh đường bờ sông Quây Sơn cho 3 giai đoạn nghiên cứu

Tỉnh Lào Cai có 5 đoạn sông biên giới với Vân Nam (TQ), trong đó sông Hồng có chiều dài và chiều rộng lớn nhất. Biến động của sông Hồng giai đoạn 2018-2019 và 2020 – 2021 so với giai đoạn 2016-2017 lần lượt là 13.40 ha và 10.38 ha. Bên cạnh đó, suối Nậm Thi là suối nhỏ, tuy nhiên lại biến động lớn lên tới 11.56 ha và 12.33 ha.



Hình 9: So sánh đường bờ sông Nho Quế, sông Chảy và sông Xanh cho 3 giai đoạn nghiên cứu



Hình 10: So sánh đường bờ sông Hồng, sông Đà và suối Nậm Là cho 3 giai đoạn nghiên cứu

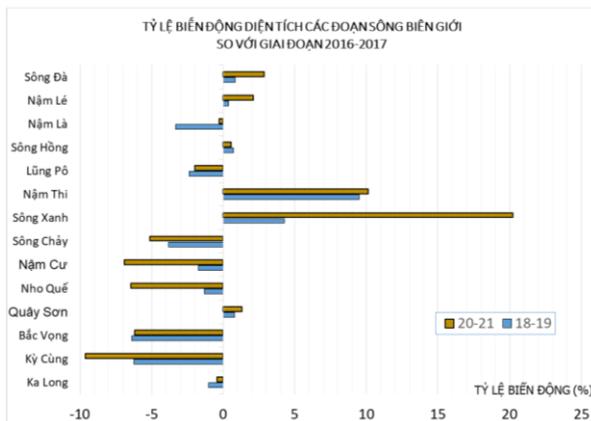
Các đoạn sông biên giới ở tỉnh Lai Châu gồm sông Đà (3.73 km), Nậm Là (14.46km) và Nậm Lè (32.38km) giáp với tỉnh Vân Nam (TQ). Trong khi đoạn sông Đà và Nậm Là khá ổn định, thì Nậm Lè giai đoạn 2020-2021 có sự mở rộng khá đáng kể. Diện tích mở rộng trong giai đoạn này so với 5 năm trước đó lên tới 5.70 ha.

4. THẢO LUẬN VỀ KẾT QUẢ

Nghiên cứu này đã phân tích chi tiết hình thái của 14 sông suối biên giới phía theo không gian và thời gian về xói lở và bồi tụ trong giai đoạn ngắn 6 năm gần đây (từ 2016 – 2021) bằng cách khai thác ảnh vệ tinh độ phân giải cao Planet & NICFI qua các kỹ thuật viễn thám và GIS. Các kết quả chính có thể được

rút ra từ nghiên cứu này như sau:

- Về tổng thể, tất cả các đoạn sông suối đều biến động cả về xói lở và bồi tụ, tuy nhiên, xét trên tổng diện tích, có 8/14 sông suối bị bồi tụ (thu hẹp dòng chảy) và 6/14 sông suối bị xói lở (mở rộng dòng chảy).
- Sông Nho Quế và Nậm Thi là 2 sông bị thu hẹp dòng chảy lớn nhất về diện tích, tuy nhiên, sông Kỳ Cùng có tỷ lệ biến động cao nhất khi đoạn sông chỉ dài 4.11 km nhưng bị thay đổi đến 9.61% (Hình 11).
- Sông Hồng và Nậm Thi là 2 sông bị mở rộng dòng chảy nhiều nhất về diện tích, tuy nhiên so với chiều dài và tổng diện tích của đoạn sông Hồng, thì tỷ lệ biến động chỉ là 0.57%. Do đó có thể thấy rằng, sông Hồng khá ổn định trong giai đoạn này. Trong khi đó, suối Nậm Thi vừa biến động mạnh cả về diện tích lẫn tỷ lệ. Sông Xanh ở Lào Cai có tỷ lệ biến động mạnh nhất, khi diện tích mặt nước tăng lên 20.22% so với giai đoạn 2016-2017 (Hình 11).
- Một số con sông ít bị thay đổi gồm Ka Long, Quây Sơn, sông Hồng, Nậm Là khi chúng đều có tỷ lệ biến động khoảng 1%.



Hình 11: Tỷ lệ biến động diện tích bề mặt (%) các đoạn sông biên giới so với giai đoạn 2016 – 2017

Mỗi dòng sông vốn dĩ tuân theo quy luật tự nhiên, đều biến động không ngừng theo thời

TÀI LIỆU THAM KHẢO

gian. Trong giai đoạn ngắn 6 năm từ 2016 đến 2021, kết quả nghiên cứu cũng đã thể hiện được điều đó, 14 con sông suối biên giới phía Bắc đều ít nhiều thay đổi theo chiều hướng bị xói lở hoặc bị bồi tụ diện tích bề mặt.

Một số hạn chế của nghiên cứu là (1) thời đoạn phân tích ngắn (chỉ 6 năm từ 2016 – 2021) nên chưa chỉ rõ được xu thế biến động dài hạn của các sông suối; (2) các sông suối khu vực biên giới thường bị lấn khuất bởi tán cây trong rừng rậm, điều này tác động đến độ chính xác của nghiên cứu; (3) Nghiên cứu chưa xét đến biến đổi mực nước theo các giai đoạn, mà mới chỉ lấy khu vực nước trung bình cho từng giai đoạn 2 năm. Những hạn chế này nên được khắc phục bằng cách tiếp tục phân tích cho các thời đoạn xa hơn trong tương lai cũng như kết hợp đo đạc thực địa để kiểm chứng kết quả.

Mặc dù vậy, việc khai thác thành công ảnh vệ tinh độ phân giải cao Planet bằng kỹ thuật viễn thám và GIS đã trực quan hóa và định lượng được biến động sông suối khu vực biên giới phía Bắc. Cách tiếp cận này có rất nhiều giá trị bởi vì nó có thể phân tích theo cả không gian và thời gian một cách nhanh chóng với chi phí rất thấp so với các cách truyền thống khác, đặc biệt là những khu vực thiếu dữ liệu đo đạc hiện trường và nhạy cảm về an ninh quốc phòng.

Kết quả của nghiên cứu chính là cơ sở khoa học để đưa ra các giải pháp kỹ thuật phù hợp nhằm ổn định sông suối, đồng thời phát triển kinh tế, xã hội khu vực biên giới và góp phần đảm bảo ổn định lãnh thổ, chủ quyền Quốc gia.

LỜI CẢM ƠN

Các tác giả xin cảm ơn tổ chức Planet & NICFI đã cung cấp miễn phí tư liệu ảnh viễn thám độ phân giải cao sử dụng trong nghiên cứu này.

- [1] J. A. Ortega, L. Razola, and G. Garzón, “Recent human impacts and change in dynamics and morphology of ephemeral rivers,” *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 713–730, 2014, doi: 10.5194/nhess-14-713-2014.
- [2] Z. Yao, W. Ta, X. Jia, and J. Xiao, “Bank erosion and accretion along the Ningxia-Inner Mongolia reaches of the Yellow River from 1958 to 2008,” *Geomorphology*, vol. 127, no. 1–2, pp. 99–106, 2011, doi: 10.1016/j.geomorph.2010.12.010.
- [3] P. K. Langat, L. Kumar, and R. Koech, “Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques,” *Geomorphology*, vol. 325, pp. 92–102, 2019, doi: 10.1016/j.geomorph.2018.10.007.
- [4] M. Mobariz and G. Kaplan, “Monitoring Amu Darya river channel dynamics using remote sensing data in Google Earth Engine,” *ECWS*, p. 8012, 2021, doi: 10.3390/ecws-5-08012.
- [5] N. T. B. Phạm Duy Huy Bình, Hoàng Thu Thảo, “Đánh giá biến động cửa sông Tiên Châu, tỉnh Phú Yên bằng công nghệ viễn thám,” *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, vol. 722, pp. 77–78, 2021.
- [6] H. N. N. Quỳnh, “Ứng dụng viễn thám và GIS đánh giá biến động đường bờ sông Tiên và sông Hậu,” *Tạp chí khí tượng thủy văn*, vol. 06, 2018.
- [7] V. T. Kha, T. L. 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 KH đo đạc và bản đồ*, vol. 44–6, pp. 5–10, 2020.
- [8] Planet Team, “Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>,” p. 2017, 2017.
- [9] N. Basemaps, “Addendum to Planet Basemaps Product Specifications,” no. September, 2021.
- [10] M. Belgiu and L. Drăgu, “Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions,” *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 114, pp. 24–31, 2016, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011.