

Bài báo khoa học

## **Xây dựng bản đồ vị trí bãi rác, bãi chôn lấp, đánh giá nguy cơ thất thoát rác thải nhựa thông qua dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao từ chương trình Copernicus**

**Vũ Đình Hiếu<sup>1</sup>, Phạm Văn Hiếu<sup>1\*</sup>, Nguyễn Thị Thúy<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Diệu Thúy<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Mỹ Quỳnh<sup>2</sup>, Caleb Kruse<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Viện Nghiên cứu biển và hải đảo, Bộ Tài nguyên và Môi trường;

vudinhhiu@gmail.com; hieupv.env@gmail.com; thuynt34@gmail.com

<sup>2</sup> Tổ chức Quốc tế về Bảo tồn Thiên nhiên tại Việt Nam (WWF-Việt Nam);

thuy.nguyendieu@wwf.org.vn; quynh.nguyenmy@wwf.org.vn

<sup>3</sup> Earthrise Media; caleb@earthrise.media

\*Tác giả liên hệ: hieupv.env@gmail.com; Tel.: +84-986967661

Ban Biên tập nhận bài: 13/5/2023; Ngày phản biện xong: 22/6/2023; Ngày đăng bài: 25/6/2023

**Tóm tắt:** Dựa trên các dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao từ Cơ quan Vũ trụ Châu Âu, nền tảng Global Plastic Watch (GPW) đã được thiết lập nhằm theo dõi và đánh giá khả năng rò rỉ tại các bãi chôn lấp tại một số quốc gia trên thế giới. GPW sử dụng công cụ phân tích dữ liệu vệ tinh để phát hiện các bãi rác, bãi chôn lấp dựa vào hai mạng nơ-ron tích chập (*Convolutional Neural Network (CNN)*), phân tích và kết hợp các tín hiệu quang phổ, không gian và thời gian từ dữ liệu do vệ tinh Sentinel-2 thu thập và xác định được 198 bãi rác, bãi chôn lấp nằm trong 10 địa phương thuộc phạm vi Dự án Giảm thiểu Rác thải Nhựa đại dương tại Việt Nam do Tổ chức Quốc tế về Bảo tồn thiên nhiên WWF-Đức và WWF-Việt Nam tài trợ. Căn cứ vào các kết quả kiểm định, xác thực về vị trí, diện tích, mật độ dân cư, độ cao và độ dốc bãi, khoảng cách từ bãi tới dòng chảy, thủy vực, nghiên cứu đã đề xuất được tiêu chí đánh giá khả năng rò rỉ rác thải nhựa từ các bãi rác, bãi chôn lấp, kiểm định lại số liệu từ kết quả mô hình và ảnh viễn thám và xác định được 17 vị trí có nguy cơ rò rỉ rác thải nhựa ra sông và biển cao nhất tại Việt Nam.

**Từ khóa:** Bãi rác; Bãi chôn lấp; Rác thải nhựa; Thất thoát; Ảnh vệ tinh.

### **1. Mở đầu**

Báo cáo của Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD) cho thấy, 460 triệu tấn nhựa đã được sử dụng vào năm 2019, con số này tăng gần gấp đôi kể từ năm 2000 (234 triệu tấn). Tuy nhiên, chỉ 9% rác thải nhựa trên toàn thế giới được tái chế mỗi năm, trong đó, 19% được xử lý theo phương pháp thiêu hủy và gần 50% được chuyển đến các bãi chôn lấp hợp vệ sinh. 22% rác thải nhựa còn lại được xử lý tại các bãi rác không được kiểm soát, trong các bãi chôn lấp lộ thiên hoặc rò rỉ ra môi trường [1].

Tại Việt Nam, rác thải nhựa phát sinh ra môi trường chủ yếu từ nguồn chất thải rắn sinh hoạt với tỉ lệ thành phần nhựa trung bình là 12%. Khối lượng rác thải nhựa phát sinh năm 2021 tại Việt Nam khoảng 2,93 triệu tấn/năm. Khối lượng rác thải nhựa có xu thế gia tăng trong những năm gần đây (xấp xỉ 2,7 triệu tấn vào năm 2018; 2,83 triệu tấn vào năm 2019; khoảng 2,93 triệu tấn vào năm 2021). Khối lượng rác thải nhựa phát sinh ở 28 tỉnh/thành phố ven biển là khoảng 4.286 tấn/ngày (tương đương 1,56 triệu tấn/năm), so với 3.753 tấn/ngày

(tương đương 1,37 triệu tấn/năm) của các tỉnh/thành phố còn lại. Ở khu vực đô thị, rác thải nhựa phát sinh với khối lượng 4.460 tấn/ngày, tương ứng với 1,63 triệu tấn/năm. Ở khu vực nông thôn, rác thải nhựa phát sinh khoảng 3.561 tấn/ngày, tương ứng 1,3 triệu tấn/năm. Tỷ lệ rác thải nhựa được thu gom ở khu vực đô thị khá cao, nhưng lại tương đối thấp ở khu vực nông thôn. Tổng khối lượng rác thải nhựa được phân loại cho tái chế là 0,79 triệu tấn từ nguồn thu gom và khoảng 0,11 triệu tấn từ nguồn không được thu gom chính thức. Khối lượng nhựa được đưa vào tái chế xấp xỉ 0,78 triệu tấn. Tổng khối lượng rác thải nhựa không thể tái chế từ nguồn thu gom và thất thoát từ quá trình tái chế được chôn lấp hoặc xử lý phù hợp (đốt, phát điện,...) là 1,81 triệu tấn [2]. Khoảng 70% khối lượng chất thải rắn sinh hoạt được thu gom được xử lý bằng phương pháp chôn lấp với khối lượng khoảng 35.000 tấn/ngày nhưng chỉ có khoảng 20% trong số các bãi chôn lấp là bãi chôn lấp hợp vệ sinh, còn lại là các bãi chôn lấp không hợp vệ sinh hoặc các bãi tập kết chất thải cấp xã [3]. Lượng rác thải thất thoát từ đất liền đi vào môi trường các thủy vực (sông, suối, ao hồ, biển,...) ở Việt Nam năm 2022 là khoảng 0,07 triệu tấn/năm [2] thấp hơn nhiều so với công bố của tác giả [4].

Báo cáo của WorldBank [5] và tác giả [6] về kết quả giám sát rác thải tại một số bãi biển tại Việt Nam đã chỉ ra rác thải nhựa là loại chất thải phổ biến nhất được thu thập trong các cuộc khảo sát thực địa, trong đó ngư cụ và mảnh nhựa mềm đóng góp nhiều nhất. Quá trình phân hủy rác thải nhựa kích thích lớn thành vi nhựa trong môi trường biển đã trở thành một mối quan tâm về môi trường trên toàn thế giới và tác động tới hệ sinh thái và sức khỏe con người [7] do 77% rác nhựa lượng rác thải thất thoát ra biển có nguồn gốc đất liền và tập trung tại khu vực đường bờ hoặc trôi nổi trong vùng nước gần bờ [8].

Đã có các nghiên cứu trên thế giới trong đánh giá ô nhiễm rác thải nhựa trên biển đều tập trung vào phát hiện và phân loại rác thải nhựa trên biển và dự đoán các khu vực có nguy cơ ô nhiễm rác thải nhựa trên cơ sở phân tích mối quan hệ với các đặc trưng về thủy, hải văn. [9–10] đã chỉ ra rằng các chỉ số thu được từ dữ liệu Sentinel-2 đa phổ là đủ để xác định rác thải nhựa trôi nổi trên biển. Trên đất liền, sự đa dạng quang phổ của rác thải và lớp phủ khiến cho việc đưa ra các chỉ số quang phổ có thể phân biệt rác thải một cách hiệu quả trở nên khó khăn. Nghiên cứu [11] đã phát triển phương pháp phát hiện các bãi chôn lấp lớn, được quản lý ở Kuwait dựa trên sự gia tăng nhiệt độ bề mặt đất từ ảnh Landsat. Nghiên cứu [12] đã phát triển một phương pháp phân loại áp dụng với rác thải nhựa và lớp xe ở Scotland sử dụng dữ liệu Sentinel-1 và Sentinel-2.

Tại Việt Nam, nghiên cứu [13] đã sử dụng công nghệ GIS/GPS trong quan trắc rác thải nhựa khu vực dân cư ven sông Hàn, Đà Nẵng. Nghiên cứu [14] sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel-2 để đánh giá tải lượng rác thải nhựa thất thoát ra biển tại lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Các bãi rác và bãi chôn lấp, tiếp nhận chất thải rắn sinh hoạt chưa được phân loại tại nguồn, có thành phần hữu cơ cao nên tính ổn định thấp, chiếm dụng diện tích đất lớn, gây ô nhiễm môi trường do mùi hôi, khí thải, nước rỉ rác, nhiều trường hợp gây ra sự cố phải xử lý phức tạp và tốn kém và sẽ bị thất thoát vào các thủy vực gây ô nhiễm nguồn nước và điếm cuối là biển và đại dương [15] nhưng số lượng và vị trí các bãi rác thải chưa được quản lý đầy đủ. Cơ sở dữ liệu về các bãi rác thải đã được xây dựng nhưng chưa được cập nhật thường xuyên và kịp thời hiện trạng của các bãi rác thải đã tồn tại cũng như các bãi rác thải phát sinh mới. Chiến lược Quốc gia về Quản lý chất thải rắn đã đặt mục tiêu thu gom, vận chuyển và xử lý 100 % chất thải ngoài hộ gia đình vào năm 2025 và 85 % chất thải của các hộ gia đình vào năm 2025 ở các khu vực đô thị. Dự kiến ưu tiên các cơ sở xử lý quy mô lớn sử dụng công nghệ hiện đại và tập trung đáng kể vào việc tái chế và nâng cấp các bãi chôn lấp để ngăn chặn các tác động môi trường và sức khỏe [3]. Do đó, cần có hệ thống thông tin thống nhất quản lý về chất thải rắn trong đó các thông tin về bãi rác, đánh giá nguy cơ thất thoát rác thải nhựa được cập nhật với phạm vi trên toàn quốc nhằm đề ra những biện pháp mang tính thực tế và bền vững, giảm thiểu rác thải nhựa thất thoát ra môi trường.

Từ năm 2019, nền tảng số Giám sát nhựa toàn cầu (*Global Plastic Waste - GPW*) đã thành lập bản đồ ô nhiễm nhựa trên thế giới theo thời gian thực sử dụng hình ảnh vệ tinh có

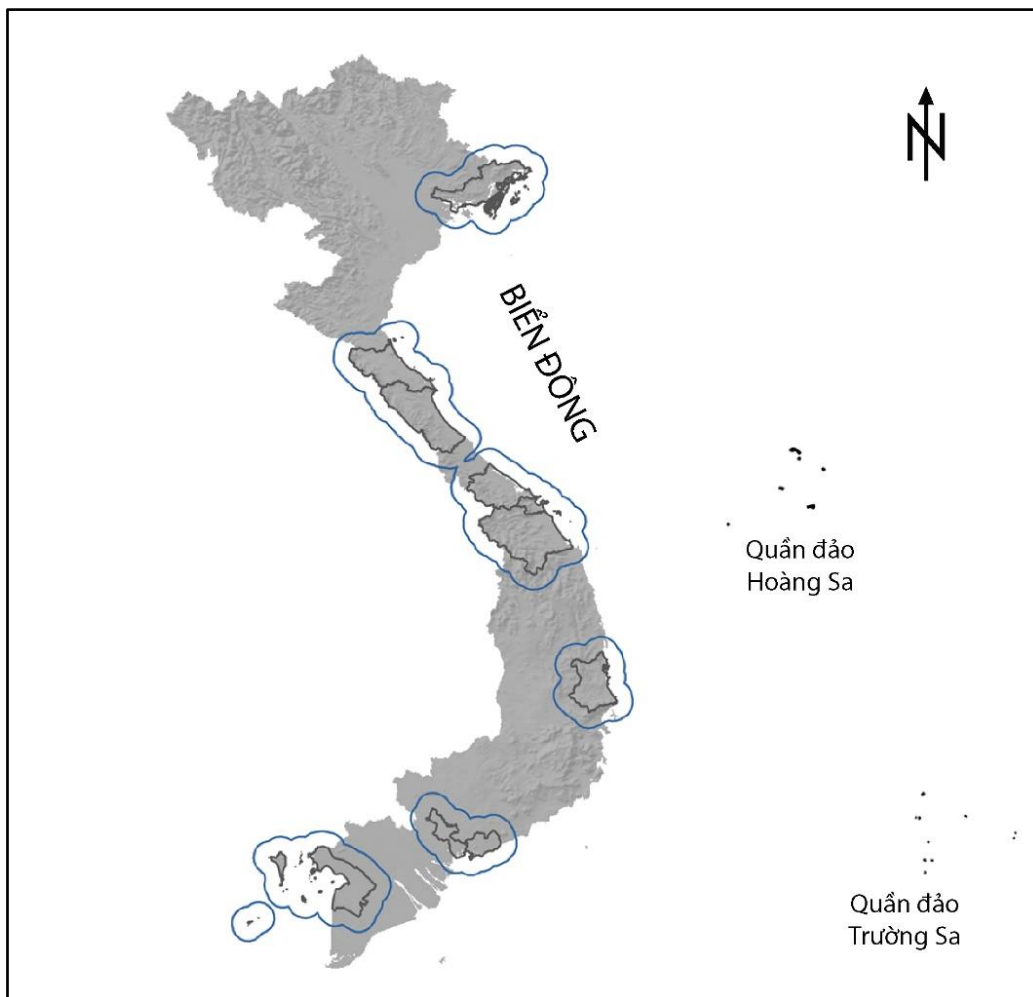
độ phân giải cao từ Cơ quan Vũ trụ Châu Âu và trí tuệ nhân tạo nhằm xác định, theo dõi biến động và đánh giá khả năng rò rỉ tại các bãi chôn lấp tại một số quốc gia trên thế giới [16]. Thông qua sự hỗ trợ của Tổ chức Quốc tế về Bảo tồn thiên nhiên WWF-Đức và WWF-Việt Nam, chúng tôi đã phối hợp với GPW thực hiện nghiên cứu “Xây dựng bản đồ vị trí bãi rác, bãi chôn lấp, đánh giá nguy cơ thất thoát rác thải nhựa thông qua dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao từ Chương trình Copernicus”.

## 2. Phạm vi và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phạm vi nghiên cứu

GPW đã đánh giá toàn bộ các pixel ảnh Sentinel-2 10×10 m được chụp trên toàn Việt Nam ( $3,30 \times 10^5 \text{ km}^2$ ) ở chín giai đoạn từ tháng 1 năm 2019 đến tháng 6 năm 2022 tạo ra 39,6 tỷ dự đoán ở cấp độ pixel và 110 triệu phân loại từ các bản cập nhật. Để giảm phương sai, GPW tính trung bình các đầu ra theo từng giai đoạn để đi đến đánh giá cuối cùng về sự hiện diện của rác thải.

GPW đã sử dụng mô hình giải đoán và tính toán cho cả nước, tập trung vào 10 địa phương thuộc phạm vi Dự án Giảm thiểu Rác thải Nhựa đại dương tại Việt Nam. Theo các nghiên cứu trước đây, khoảng 80% rác thải nhựa toàn cầu thất thoát ra biển qua các hệ thống sông [17], do đó, một số khu vực bãi rác nằm ngoài phạm vi nghiên cứu cũng được xem xét, đánh giá. Bên cạnh đó, rác thải có thể được vận chuyển giữa các địa phương, do đó, phạm vi áp dụng mô hình giải đoán và tính toán được mở rộng cho các địa phương thêm 0.25° (Hình 1).



**Hình 1.** Các địa phương thuộc phạm vi nghiên cứu (phần màu xanh là vùng lân cận, được mở rộng tính toán trong nghiên cứu).

## 2.1. Phương pháp nghiên cứu

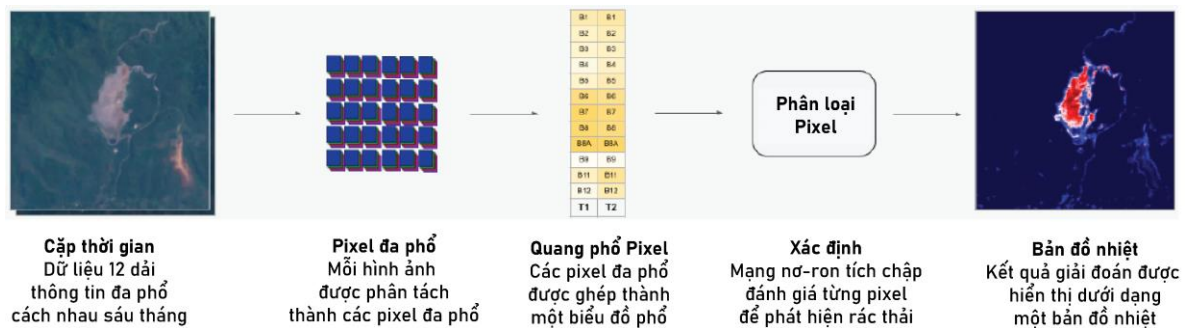
### 2.2.1. Phân tích và giải đoán hình ảnh

Sự đa dạng quang phổ đặc trưng của đối tượng rác thải và thổ nhưỡng đã gây khó khăn cho việc lựa chọn các chỉ số quang phổ để phân biệt rác thải và các đối tượng khác nhau. Chính vì vậy, GPW đã phát triển công cụ phân tích dữ liệu vệ tinh để phát hiện các bãi rác, bãi chôn lấp dựa vào hai mạng nơ-ron tích chập (*Convolutional Neural Network (CNN)*), phân tích và kết hợp các tín hiệu quang phổ, không gian và thời gian từ dữ liệu do vệ tinh Sentinel-2 thu thập. Dữ liệu này gồm 12 dải quang phổ, thu được ánh sáng hồng ngoại và khả kiến. Độ phân giải của dữ liệu là 10 mét trên mỗi pixel, thấp hơn đáng kể so với không ảnh có độ phân giải cao thường bao phủ 30 cm trên mỗi pixel, nhưng dữ liệu Sentinel 2 được cập nhật thường xuyên hơn là điều kiện cần thiết để xác định chính xác vị trí các bãi rác, bãi chôn lấp. Ví dụ về một bãi rác trong hình ảnh có độ phân giải cao với biên màu đỏ ở bên trái và vị trí tương tự trong dữ liệu Sentinel-2 ở hình bên phải (Hình 2).



**Hình 2.** So sánh dữ liệu ảnh có độ phân giải cao với biên màu đỏ (hình bên trái) và vị trí tương ứng trong dữ liệu Sentinel-2 (hình bên phải).

Trước tiên, công cụ phân tích dữ liệu sẽ đánh giá từng pixel trong khu vực được dự đoán là bãi rác, bãi chôn lấp để phân loại xem có rác thải ở đó không. Đối với mỗi pixel, CNN sẽ phân tích tất cả 12 dải thông tin quang phổ tại hai thời điểm để xác định xem có phát hiện rác thải hay không. Những dự đoán pixel này sau đó được kết hợp thành một bản đồ nhiệt, mô tả quá trình biến động diện tích bãi rác, bãi chôn lấp. Sơ đồ phân tích và xử lý ảnh được mô tả tại Hình 3.



**Hình 3.** Sơ đồ giải đoán và phân loại hình ảnh để xác định các bãi rác, bãi chôn lấp.

Kết quả giải đoán kết hợp được đánh giá bởi hệ nơ-ron phân loại thứ cấp (*neural network classifier - NNC*) để đánh giá xem địa điểm này có phải điểm nóng về rò rỉ rác thải nhựa hay không. Đối với mỗi bãi rác, bãi chôn lấp được xác định, GPW tập hợp thêm tham số địa vật lý và môi trường bao gồm: Thông tin về loại đất (tỷ lệ phần trăm đất sét và cát, tỷ trọng và



nhóm đất (OpenLandMap), độ cao và độ dốc của địa điểm (SRTM), loại địa hình (Dạng địa hình ALOS toàn cầu), dân số lân cận (WorldPop), tốc độ gió trung bình (Bản đồ gió toàn cầu) và khoảng cách đến thủy vực và dòng chảy gần nhất được tính toán từ dữ liệu có sẵn thông qua OpenStreetMap (đây là yếu tố quan trọng nhất để đánh giá nguy cơ thất thoát rác thải).

### 2.2.2. Xác thực và kiểm định kết quả

Các địa điểm được xác định bởi 2 mạng CNN và NNC được tiếp tục xác thực bằng các dữ liệu có sẵn thông qua phân tích ảnh vệ tinh có độ phân giải rất cao được lưu trữ trên nền tảng Google Earth và Mapbox (có độ phân giải từ dưới 60 cm đến tối đa 5 m). Với độ phân giải này, có thể xác định được những đặc trưng thường thấy ở các bãi rác, bao gồm kết cấu công trình, màu sắc, giao thông, hoạt động của máy móc vận chuyển và xử lý rác thải, khói từ lò đốt.

Ngoài ra, có thể dựa vào dữ liệu từ tính năng xem trực tiếp từ hiện trường (Street view) để bổ sung thông tin về loại hình rác thải. Một số, nguồn dữ liệu từ Planet Planetscope và OpenStreetMap có thể được sử dụng làm nguồn thông tin bổ sung để xác thực địa điểm. Dữ liệu từ các nguồn này giúp rà soát sơ bộ về kết quả giải đoán, tuy nhiên, các dữ liệu có độ phân giải cao thường cũ hơn dữ liệu được sử dụng để phát hiện trong nghiên cứu. Do đó, một số địa điểm sẽ được đánh dấu là “chưa chắc chắn”, cần xác thực bằng các thông tin bổ sung.

Nghiên cứu đã thực hiện cập nhật thông tin bản đồ bãi rác, bãi chôn lấp tại 9 tỉnh, thành phố (Hà Tĩnh, Quảng Bình, Thừa Thiên Huế, Quảng Nam, Đà Nẵng, Phú Yên, Côn Đảo (Bà Rịa - Vũng Tàu), Long An, Kiên Giang) trong khoảng thời gian từ 20/8/2022 đến 15/9/2022. Trong đó, chỉ có Long An là địa phương không giáp biển, 08 địa phương còn lại đều có địa giới hành chính giáp biển. Các địa phương tập trung chủ yếu ở khu vực Bắc Trung Bộ (Hà Tĩnh, Quảng Bình, Thừa Thiên - Huế), Nam Trung Bộ (Quảng Nam, Đà Nẵng, Phú Yên), Đông Nam Bộ (Bà Rịa - Vũng Tàu), Tây Nam Bộ (Long An, Kiên Giang). Nguồn thông tin, dữ liệu phục vụ đánh giá hiện trạng bãi rác, bãi chôn lấp bao gồm: (1) Thông tin thu thập từ Sở Tài nguyên và Môi trường 09 tỉnh, thành phố thuộc phạm vi nghiên cứu; (2) Thông tin, dữ liệu từ các Niên giám thống kê của Tổng cục Thống kê và của cơ quan thống kê các cấp ở địa phương; (3) Báo cáo hiện trạng môi trường; Quy hoạch xử lý chất thải rắn; (4) Bản đồ hiện trạng và quy hoạch sử dụng đất của các địa phương thuộc phạm vi nghiên cứu; (5) Báo cáo Đánh giá tác động môi trường các dự án Xây dựng và vận hành bãi chôn lấp chất thải. Dữ liệu về bãi rác, bãi chôn lấp sau được thu thập và thể hiện trên bản đồ kèm theo các thông tin về đặc tính của bãi rác: vị trí, diện tích, công suất. Các số liệu mật độ dân cư, độ cao và độ dốc bãi, khoảng cách từ bãi tới khu dân cư, dòng chảy được đo đạc, tính toán trực tiếp trên bản đồ và hiệu chỉnh cùng GPW trước khi công bố kết quả trên trang web: <https://globalplasticwatch.org/map#vietnam>.

### 2.2.3. Đánh giá nguy cơ thất thoát rác thải nhựa

Nguy cơ thất thoát rác thải được đánh giá tổng hợp dựa trên diện tích địa điểm (càng nhỏ càng tốt), khoảng cách tới thủy vực và dòng chảy (càng xa càng tốt), dân số trong phạm vi 5 km (càng ít càng tốt), tỷ lệ đất sét (càng cao càng tốt để tránh ô nhiễm nước ngầm).

Điểm số z (khoảng cách của biến so với mức trung bình) được tính cho từng biến tại mọi địa điểm bằng cách sử dụng giá trị dân số của tất cả các địa điểm rác thải được phát hiện trên toàn cầu. Bởi vì tất cả các biến khác với % đất sét đều tuân theo phân phối log-chuẩn, nên log của giá trị được lấy trước khi tính toán điểm z. Khoảng cách đến đường thủy được bù bằng +10 mét để tránh giá trị log bằng 0.

Về mặt toán học, điểm số z được thể hiện như sau:

$$Z_{\text{variable}}(x) = \frac{\mu_{\text{variable}} - x}{\sigma_{\text{variable}}} \quad (1)$$

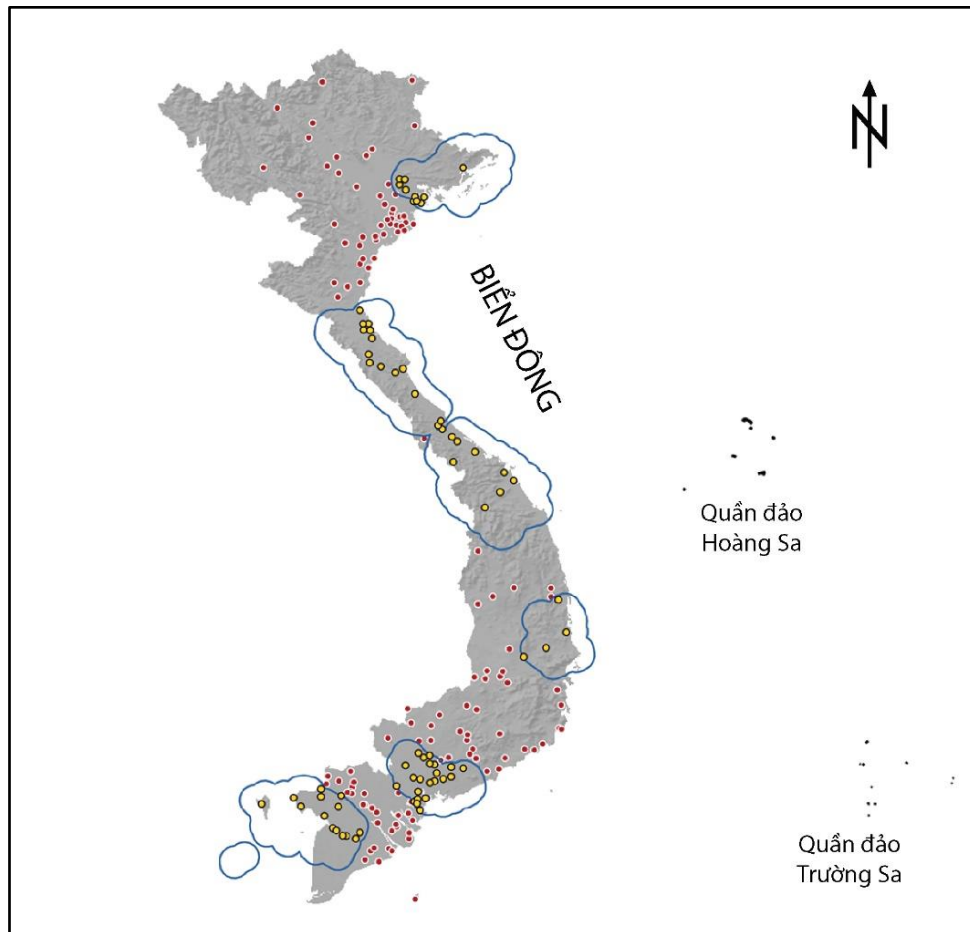
Trong đó  $\mu$  biểu thị giá trị trung bình của biến và  $\sigma$  biểu thị độ lệch chuẩn của biến đó. Giá trị điểm  $z$  được nhân với hệ số tỷ lệ theo phương pháp được phát triển bởi [18]. Kết quả này phản ánh thực tế là bãi rác gần dòng chảy có rủi ro lớn hơn nhiều so với bãi rác nằm gần khu dân cư. Hệ số rủi ro của các bãi rác, bãi chôn lấp (risk) liên hệ với giá trị về dòng chảy, dân số và lượng rác thải theo ngày theo công thức sau:

$$\text{risk}(x) = \frac{69 \times z_{\log(\text{water.dist})}(\log(x+10)) + 41 \times z_{\text{day}}(x) - 61 \times z_{\log(\text{area})}(\log(x)) - 21 \times z_{\log(\text{population})}(\log(x))}{69 + 41 + 61 + 21} \quad (2)$$

### 3. Kết quả nghiên cứu

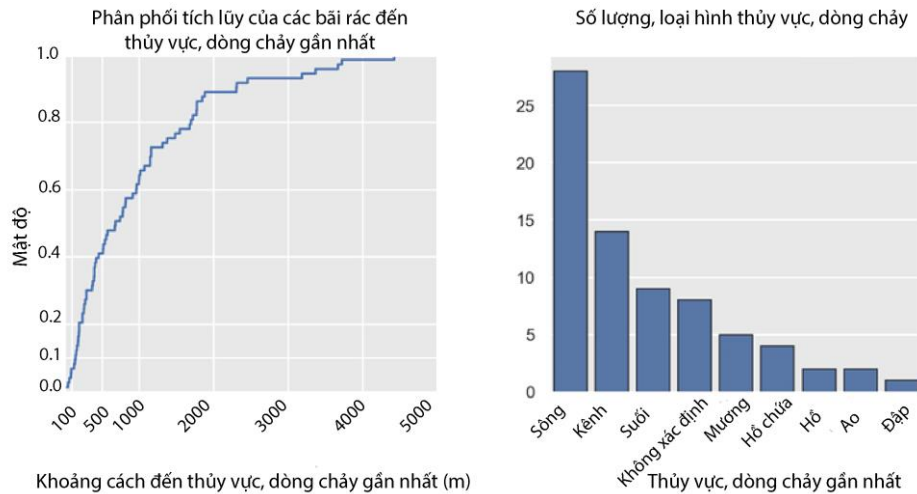
#### 3.1. Giải đoán hình ảnh, thành lập bản đồ các bãi rác, bãi chôn lấp

GPW đã xác định được 198 bãi rác thải trên toàn quốc, trong đó có 17 địa điểm tập trung chất thải công nghiệp. Các bãi thải công nghiệp là những bãi chứa chất thải từ xây dựng, khai thác mỏ, nhà máy hoặc các hoạt động liên quan khác. 16 địa điểm không thể xác thực. 31 trong số các địa điểm được xác định nằm trong phạm vi nghiên cứu “Giảm thiểu Rác thải Nhựa đại dương tại Việt Nam” và 80 địa điểm nằm trong các địa bàn lân cận (Hình 4).



**Hình 4.** Kết quả giải đoán, xác định các vị trí các bãi rác, bãi chôn lấp của GPW (điểm màu vàng).

Trong số 80 địa điểm được xác định trong khu vực nghiên cứu, 18 (23%) được tìm thấy nằm cách thủy vực và dòng chảy 250 mét và 5 (6,2%) nằm cách 100 mét. Loại hình dòng chảy gần nhất đến các bãi rác, bãi chôn lấp là sông (35% địa điểm). Đáng lưu ý là tới 60% số bãi rác nằm cách thủy vực và dòng chảy chưa đến 1 km (Hình 5). Các địa điểm có nguy cơ thất thoát rác thải nhựa đã được đánh giá và xác định vị trí, chi tiết tại: <https://earthrise-media.github.io/vietnam-waste/vietnam-chips-v1.0>.

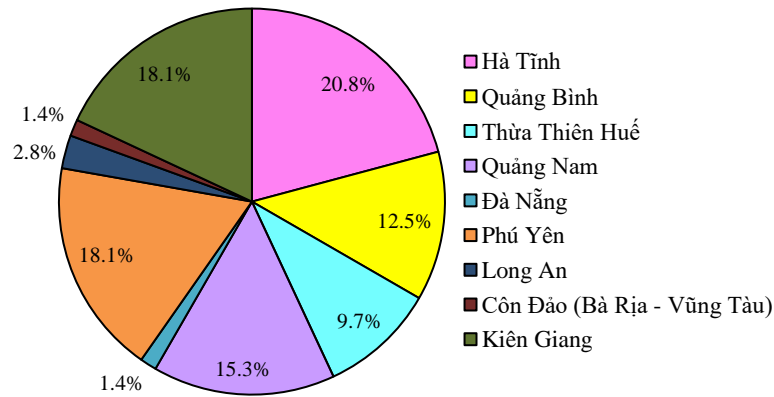


**Hình 5.** Phân bố tích lũy thể hiện tỷ lệ các bãi rác trong các tỉnh nghiên cứu thủy vực và dòng chảy gần nhất (hình bên trái) và loại hình dòng chảy được liệt kê trên OpenStreetMap (hình bên phải).

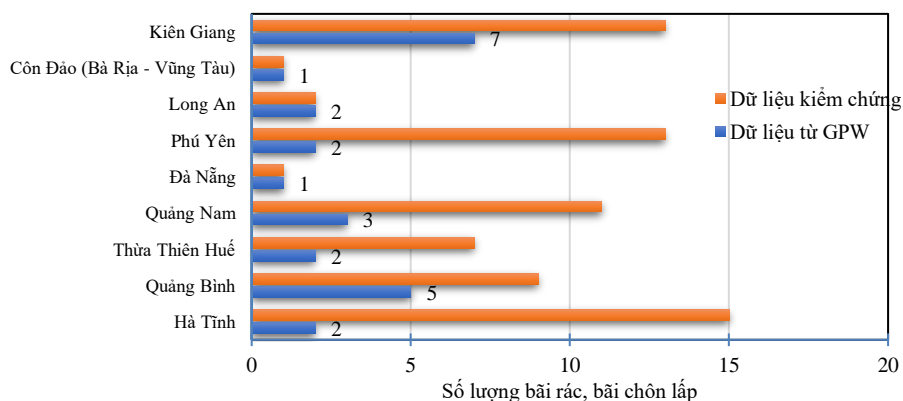
### 3.2. Xác thực và kiểm định kết quả

#### 3.2.1. Số lượng và vị trí các bãi rác

Nghiên cứu đã thu thập xác định được 72 bãi rác, bãi chôn lấp nhiều hơn 47 bãi so với dữ liệu sẵn có của GPW. Dữ liệu từ một số địa phương không có sự khác biệt so với các dữ liệu từ GPW như Đà Nẵng, Côn Đảo (Bà Rịa - Vũng Tàu). Một số địa phương như Phú Yên, Hà Tĩnh có số lượng dữ liệu được thu thập trong nghiên cứu này gấp 6-7 lần so với dữ liệu của GPW. So sánh số liệu bãi rác từ nghiên cứu và GPW được thể hiện tại Hình 6 và Hình 7.



**Hình 6.** Tỷ lệ các cơ sở xử lý rác thải theo các địa phương khảo sát.



**Hình 7.** So sánh số lượng bãi rác, bãi chôn lấp được thu thập, kiểm chứng và dữ liệu từ GPW.

### 3.2.2. Đặc tính của bãi chôn lấp

Về diện tích, nghiên cứu đã khảo sát, thu thập và xác định được diện tích của toàn bộ 72 cơ sở xử lý rác thải. Hầu hết các bãi rác, bãi chôn lấp đều có diện tích nhỏ (dưới 1 ha) và vừa (1-20 ha), đây đều là các cơ sở xử lý rác nội bộ của địa phương, có phạm vi phục vụ ở quy mô nhỏ (huyện, xã). Số lượng bãi rác có diện tích lớn (> 20 ha) chiếm số lượng nhỏ. Diện tích của các bãi rác, bãi chôn lấp cũng có sự khác biệt giữa dữ liệu của GPW và dữ liệu kiểm định thực tế tại các địa phương.

Về khoảng cách đến dòng chảy và loại hình dòng chảy (Bảng 1), nghiên cứu đã làm rõ được tên các dòng chảy (tên sông, kênh, rạch) so với số liệu của GPW. Các bãi rác, bãi chôn lấp ở khu vực Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ đều nằm lân cận các sông, suối, có độ cao địa hình lớn, xa trung tâm đô thị, các cụm dân cư, các công trình văn hoá du lịch (các cơ sở thuộc tỉnh Hà Tĩnh, Quảng Bình, Thừa Thiên Huế). Khoảng cách đến dòng chảy theo kết quả đo đạc, kiểm định thực tế tại các địa phương đều nhỏ hơn giá trị của GPW. Trong khi đó, các bãi rác thuộc khu vực Nam Bộ đều nằm tại các khu vực bằng phẳng, gần các kênh rạch. Hầu hết các bãi rác, bãi chôn lấp đều nằm ở khu vực đồi, núi, xa trung tâm đô thị, các cụm dân cư, các công trình văn hoá du lịch (các cơ sở thuộc tỉnh Hà Tĩnh, Quảng Bình, Thừa Thiên Huế), chỉ có một số ít cơ sở xử lý nằm tại các khu vực ven biển như bãi rác Bãi Nhát (Côn Đảo) chỉ nằm cách bờ biển 500 m.

Mật độ dân số theo dữ liệu thu thập nghiên cứu đều thấp hơn so với dữ liệu cung cấp từ GPW (Bảng 1), tuy nhiên, các từ nghiên cứu được cập nhật từ địa phương có tính chính xác hơn so với dữ liệu về mật độ dân số từ GPW. Ví dụ, theo dữ liệu GPW, bãi rác xã Lâm Hóa (tọa độ 17°56'27.41" N, 105°48'39.40" E) nằm trên địa bàn các tỉnh Quảng Bình lại có mật độ dân số cao (232 người/km<sup>2</sup>) nhưng theo dữ liệu của nghiên cứu, khu vực này chỉ có mật độ dân số ở mức rất thấp (12 người/km<sup>2</sup>) (Bảng 1). Một số bãi rác nằm trong khu du lịch, danh lam thắng cảnh như rác khu vực Phong Nha đã được địa phương đóng cửa để đảm bảo phát triển du lịch.

Ngoài các dữ liệu cơ bản về tọa độ, địa điểm, diện tích, các dữ liệu khảo sát, thu thập từ nghiên cứu còn bao gồm các thông tin về công nghệ xử lý rác thải, thời gian bắt đầu vận hành, tình trạng hoạt động và đơn vị quản lý vận hành bãi chôn lấp, xử lý rác thải ở các địa phương. Đây là các thông tin quan trọng, phục vụ cho việc xây dựng tiêu chí môi trường được đề xuất nhằm đánh giá khả năng rò rỉ, thất thoát rác thải từ các bãi rác, bãi chôn lấp.

**Bảng 1.** So sánh các thông tin về bãi rác, bãi chôn lấp được thu thập, kiểm định và Dữ liệu từ GPW.

TT	Tỉnh	Vĩ độ	Kinh độ	So sánh dữ liệu							
				Khoảng cách đến dòng chảy (m)		Loại dòng chảy		Tổng diện tích (m <sup>2</sup> )		Mật độ dân số (người/km <sup>2</sup> )	
				GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định
1	Thừa Thiên Huế	16°34'46.82"	107°19'33.40"	423.9067644	536	Hồ chứa	Hồ chứa	4409	16500	1318	496
2	Thừa Thiên Huế	16°23'51.12"	107°38'14.90"	242.5454406	54	Suối	Hồ Đồng Lục	2721	48000	3647	1580
3	Quảng Nam	15°54'17.29"	108°18'13.27"	1696.262315	75	Mương	Mương	533	13000	436	173
4	Quảng Nam	15°42'3.83"	108°4'19.03"	516.9894892	406.85	Suối	Hồ Trung Lộc	Không có thông tin	10200	185	244
5	Quảng Nam	15°26'3.72"	107°48'26.04"	165.4883881	250.76	Mương	Hồ chứa	Không có thông tin	32000	274	566
6	Quảng Bình	17°52'34.79"	106°0'17.92"	1315.164512	0	Ao	Ao	1856	62,000	232	12
7	Quảng Bình	17°56'27.41"	105°48'39.40"	1015.888413	914.8	Sông	Sông Gianh	479	7178	624	133
8	Quảng Bình	17°24'07.9"	106°35'46.0"	370.3159755	927	Sông	Hồ chứa Tróc Trâu	Không có thông tin	44000	329	64
9	Quảng Bình	17°46'18.66"	106°15'28.01"	967.3148678	766.25	Sông	Sông Gianh	Không có thông tin	8111	792	172
10	Quảng Bình	17°50'20.1"	106°23'17.8"	542.6459492	480.22	Hồ chứa	Hồ chứa	Không có thông tin	16000	479	662



TT	Tỉnh	Vĩ độ	Kinh độ	So sánh dữ liệu							
				Khoảng cách đến dòng chảy (m)		Loại dòng chảy		Tổng diện tích (m <sup>2</sup> )		Mật độ dân số (người/km <sup>2</sup> )	
				GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định	GPW	Kiểm định
11	Phú Yên	13°16'20.91"	109°13'1.84"	3664.130702	3639	Sông	Sông	2076	10000	292	26
12	Phú Yên	13° 0'2.16"	108°52'7.26"	1677.304441	1326.26	Sông	Hồ thủy điện sông Ba Hạ	506	100000	202	177
13	Long An	10°36'33.00"	106°16'48.00"	126.9851413	36	Kênh	Kênh	Không có thông tin	250000	1148	601
14	Long An	10°30'38.38"	106°39'2.92"	48.9150592	20	Sông	Sông Cần Giuộc	Không có thông tin	7407	1073	320
15	Kiên Giang	09°45'29.34"	105°21'17.16"	85.69631471	244.62	Kênh	Kênh	984	14100	1651	291
16	Kiên Giang	9°52'40.45"	105°10'15.39"	396.9755168	81.42	Kênh	Kênh	3412	12000	2679	880
17	Kiên Giang	9°54'27.83"	105°17'12.16"	241.3833628	253.33	Kênh	Kênh	1851	5500	399	838
18	Kiên Giang	10°15'12.41"	104°37'53.94"	817.6458501	1187.29	Mương	Kênh Ba Hòn	8718	182000	594	104
19	Kiên Giang	10°17'43.30"	103°56'20.44"	399.1138434	374.82	Sông	Sông Cửa Cạn	Không có thông tin	30000	323	225
20	Kiên Giang	10°24'8.19"	104°29'39.46"	294.3022763	244.8	Kênh	Kênh	3300	100000	839	629
21	Kiên Giang	10° 5'32.60"	105° 1'30.24"	195.2107148	204.88	Ao	Kênh	Không có thông tin	5100	1485	1987
22	Hà Tĩnh	18°30'42.00"	105°42'19.63"	1000.279136	1214.02	Sông	Sông Vuông Lộc	1498	42000	276	51
23	Hà Tĩnh	18° 5'19.20"	105°47'36.17"	180.0856789	1203.38	Ao	Sông Ngàn Sâu	255	2496	4237	3023
24	Đà Nẵng	16° 2'29.66"	108° 8'29.50"	1158.647452	125	Ao	Hồ chứa	3979	138300	120	140
25	Bà Rịa - Vũng Tàu	8°38'43.49"	106°36'3.10"	194.1421149	196.69	Bờ biển	Bờ biển	Không có thông tin	3800	210	104

#### 4. Kết luận

Các kết quả của nghiên cứu của GPW được coi là một điểm khởi đầu để xác định các địa điểm tập trung rác thải từ ảnh vệ tinh và nguy cơ gây ô nhiễm từ các địa điểm đó. Các thuật toán đã được phát triển, thử nghiệm và xác thực ở nhiều khu vực địa lý, tuy nhiên, cần được cải thiện nhằm nâng cao tính chính xác thông qua việc cập nhật hình ảnh có độ phân giải cao, dữ liệu báo cáo từ địa phương, kết hợp với các mô hình thủy văn nhằm xác định chính xác vị trí, địa điểm các bãi rác, khu tập trung rác thải và đánh giá nguy cơ rò rỉ rác thải từ các địa điểm này. Bên cạnh đó, cần phát triển công nghệ và thuật toán đánh giá cấu trúc vật chất của một bãi thải, tỷ lệ chất thải nhựa có trong đó.

Các dữ liệu thu thập từ địa phương đã bổ sung, đáp ứng đủ yêu cầu cơ bản để bổ sung dữ liệu của GPW. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã so sánh, đối chứng nhận xét các dữ liệu thu thập trong nghiên cứu và dữ liệu công bố của GPW. Để tiếp tục xây dựng và mở rộng nghiên cứu, đánh giá khả năng rò rỉ, thất thoát rác thải từ các bãi rác, bãi chôn lấp, cần tiếp tục thu thập kiểm chứng thông tin về các bãi chôn lấp, xử lý rác thải ở các địa phương trên phạm vi 54 tỉnh/thành phố còn lại. Trong đó, bổ sung các hoạt động đánh giá, kiểm chứng tại thực địa tại một số tỉnh/thành phố nhằm đánh giá, hiệu chỉnh chính xác khả năng thất thoát rác thải nhựa ra môi trường.

**Đóng góp tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: V.Đ.H., P.V.H., C.K., N.T.D.T.; Xử lý số liệu: P.V.H., N.T.T.; Viết bản thảo bài báo: V.Đ.H., P.V.H.; Chỉnh sửa bài báo: C.K., N.T.D.T., N.T.M.Q.

**Lời cảm ơn:** Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Dự án “Giảm thiểu Rác thải Nhựa đại dương tại Việt Nam” do Tổ chức Quốc tế về Bảo tồn thiên nhiên WWF-Đức và WWF-Việt Nam trong việc thực hiện và công bố nghiên cứu này.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

#### Tài liệu tham khảo

1. OECD, Global Plastics Outlook. 2022.
2. WWF-Việt Nam, Báo cáo hiện trạng chất thải nhựa năm 2022. 2023.
3. Worldbank-Việt Nam. Đánh giá công tác quản lý chất thải rắn sinh hoạt và công nghiệp nguy hại. Các phương án và hành động nhằm thực hiện chiến lược quốc gia. 2018, tr. 156.
4. Jambeck, J.R.; Geyer, R.; Wilcox, C.; Siegler, T.R.; Perryman, M.; Andrady, A.; Narayan, R.; Law, K.L. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* **2015**, *347*(6223), 768.
5. WorldBank, Vietnam. Plastic Pollution Diagnostics, in Vietnam: Plastic Pollution Diagnostics, M.P.S. East Asia and Pacific Region, Editor. 2021.
6. Nguyen, T.T.T.; Ha, N.H.; Bui, T.K.L.; Nguyen, K.L.P.; Tran, D.P.T.; Nguyen, H.Q.; El-Arini, A.; Schuyler, Q.; Nguyen, T.T.L. Baseline Marine Litter Surveys along Vietnam Coasts Using Citizen Science Approach. *Sustainability* **2022**, *14*, 4919. <https://doi.org/10.3390/su14094919>.
7. Kieu-Le, T.C.; Abeynayaka, A.; Pham, N.B.; Pham, V.H.; Sang, T.N.; Strady, T.E.; Gamaralalage, P.J.D.; Nguyen, P.D. Training Needs Assessment Report (TNA) Towards Microplastic Monitoring and Evidence-Based Policy Measures in Vietnam. 2022, pp. 43.
8. Onink, V. et al. Global simulations of marine plastic transport show plastic trapping in coastal zones. *Environ. Res. Lett.* **2021**, *16*(6), 064053.
9. Biermann, L. et al. Finding Plastic Patches in Coastal Waters using Optical Satellite Data. *Sci. Rep.* **2020**, *10*(1), 5364.
10. Themistocleous, K.; Papoutsas, C.; Michaelides, S.; Hadjimitsis, D. Investigating Detection of Floating Plastic Litter from Space Using Sentinel-2 Imagery. *Remote Sen.* **2020**, *12*, 2648. Doi: 10.3390/rs12162648.
11. Al-Zawaidah, H.; Ravazzolo, D.; Friedrich, H. Macroplastics in rivers: present knowledge, issues and challenges. *Environ. Sci. Process. Impacts* **2021**, *23*(4), 535–552.
12. Gill, J. et al. Detection of waste dumping locations in landfill using multi-temporal Landsat thermal images. *Waste Manage. Res.* **2019**, *37*(4), 386–393.
13. Aguilera, M.A.; Broitman, B.R.; Thiel, M. Artificial breakwaters as garbage bins: Structural complexity enhances anthropogenic litter accumulation in marine intertidal habitats. *Environ. Pollut.* **2016**, *214*, 737–747.
14. Atwood, E.C. et al. Keeping it SiMPLER: Sensing Marine Plastic Litter using Earth Observation in River Outflows. 2020.
15. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2019 - Quản lý chất thải rắn sinh hoạt. 2020, tr. 104.
16. Kruse, C. et al. Satellite Monitoring of Terrestrial Plastic Waste. arXiv preprint arXiv:2204.01485, 2022.
17. Meijer, L.J.J. et al. More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv.* **2021**, *7*(18), eaaz5803.
18. Widayarsana, I.M.W. et al. Risk assessment and rehabilitation potential of municipal solid waste landfills in Bali Province, Indonesia. *GEOMATE J.* **2019**, *17*(63), 164–171.

## **Satellite monitoring of terrestrial plastic waste and assess the risk of plastic leakage using the available high-resolution data from the Copernicus Copernicus**

**Vu Dinh Hieu, Pham Van Hieu<sup>1\*</sup>, Nguyen Thi Thuy<sup>1</sup>, Nguyen Thi Dieu Thuy<sup>2</sup>, Nguyen Thi My Quynh<sup>2</sup>, Caleb Kruse<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Vietnam Institute of Seas and Islands (VISI), Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE); vudinhhieu@gmail.com, hieupv.env@gmail.com; thuynt34@gmail.com

<sup>2</sup> World Wide Fund for Nature in Viet Nam (WWF-Viet Nam); thuy.nguyendieu@wwf.org.vn; quynh.nguyenmy@wwf.org.vn

<sup>3</sup> Earthrise Media; caleb@earthrise.media

**Abstract:** In 2022, the Vietnam Institute of Seas and Islands (VISI), WWF-Vietnam, and Global Plastic Watch (GPW) used (freely) available high-resolution data from the Copernicus program and other sources to locate open landfills in a defined vicinity to a water body to assess their potential leakage risk of plastic waste in Vietnam. The results showed 198 landfill sites with data on total area, population, drainage direction, distance to a waterway, nearest water type, landform, slope, elevation, upstream drainage area, fine earth density, soil clay content, and soil sand content. Actual data from nine provinces were collected using an official document to the Department of Natural Resources and Environment in Ha Tinh, Quang Binh, Thua Thiên Hue, Da Nang, Quang Nam, Phu Yen, Con Dao (BRVT), Long An, and Kien Giang. Research verified 17 landfill sites with the highest risk of plastic leakages into the river.

**Keywords:** Landfill; Dumpsites; Plastic waste; Satellite data; Leakage.