

BIẾN ĐỘNG KHÔNG GIAN – THỜI GIAN CỦA HÀM LƯỢNG CHLOROPHYLL-A TẦNG MẶT VÙNG BIỂN NAM TRUNG BỘ GIAI ĐOẠN 2012-2019

Spatial – temporal variations of Chlorophyll-a concentration in the coastal marine area of South Central Vietnam during the period of 2012-2019

ThS. Nguyễn Trịnh Đức Hiệu

Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST)

TÓM TẮT

Chlorophyll-A (chl-a) có vai trò quan trọng trong đại dương và chúng được sử dụng như thông số đại diện cho sinh khối các bon của thực vật phù du. Phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm được sử dụng để đánh giá biến động không gian - thời gian hàm lượng chl-a tại vùng biển Nam Trung Bộ từ dữ liệu MODIS Aqua giai đoạn 2012-2019. Kết quả cho thấy chl-a dao động từ 0,05 - 19,31 mg/m³; hàm lượng chl-a biến động mạnh giữa các tháng, các mùa trong năm. Hai thành phần trực giao đầu tiên giải thích 61,8% tổng biến động không gian - thời gian của chuỗi số liệu chl-a. Thành phần trực giao đầu tiên giải thích 37,1%, mô tả phân bố và biến động chl-a trong thời kỳ hoạt động của nước trời với xu hướng hình thành “lưỡi” chl-a với hàm lượng cao, có tâm nằm ở vùng ven bờ tỉnh Bình Thuận và lan rộng theo hướng Đông Bắc. Thành phần trực giao thứ hai chiếm 24,7%, đại diện cho phân bố và biến động chl-a trong mùa hè và mùa đông với xu hướng gia tăng chl-a tại vùng ven bờ vĩ tuyến 11°N do ảnh hưởng của nước trời trong mùa hè; và ảnh hưởng bởi gió mùa Đông Bắc và nguồn thải từ lục địa trong mùa đông.

Từ khóa: biển Nam Trung Bộ, biến động không gian-thời gian, Chlorophyll-A, hàm trực giao thực nghiệm

ABSTRACT

Chlorophyll-a (chl-a) plays an important role in the ocean and it has been used as an index of phytoplankton biomass. The Empirical Orthogonal Function (EOF) method was used to analyze the spatial-temporal variations of chl-a concentration in the coastal marine area of South Central Vietnam from MODIS Aqua data during the period of 2012-2019. The results showed that chl-a concentration ranged from 0.05 to 19.31 mg/m³; it varied strongly between months and seasons yearly. The first EOF and second EOF modes accounted for 61.8% of the total chl-a variability in this study. The first EOF mode explained 37.1% of the total variation of chl-a, representing the distribution and variability of chl-a during upwelling activity, and the highest chl-a concentration was centered on Binh Thuan coastal region and spread in the northeast direction. The second EOF mode explained 24.7% of the total variation of chl-a, representing the variation of the chl-a distribution in summer and winter with the trend of increasing content of chl-a in the coastal region of 11°N due to the influence of upwelling in summer; and influence by northeast monsoon and mainland waste in winter.

Keywords: coastal marine area of South Central Vietnam, spatial-temporal variations, Chlorophyll-a, Empirical Orthogonal Function

1. Giới thiệu

Chlorophyll-a (chl-a) là một sắc tố quang hợp được tìm thấy trong tảo, thực vật phù du... và được sử dụng như thông số đại diện cho sinh khối các bon của thực vật phù du và được xem là một trong những chỉ số đánh giá hiện trạng sinh thái của môi trường biển [1- 2]. Hiện nay có hai phương pháp quan trắc chl-a trên biển, bao gồm đo đặc mẫu hiện trường và quan sát bằng vệ tinh [3]. Đối với các hệ sinh thái lớn như tại vùng biển và đại dương, phương pháp đo đặc hiện trường có những nhược điểm do độ bao phủ không gian nhỏ và thời gian đo đặc ngắn. Ngày nay, quan trắc hàm lượng chl-a là một trong những ứng dụng truyền thống và quan trọng nhất của viễn thám để đánh giá hệ sinh thái và theo dõi hiện tượng phú dưỡng trong môi trường nước [1].

Vùng biển Nam Trung Bộ là một khu vực có tầm quan trọng đặc biệt đối với kinh tế biển Việt Nam, vì vùng biển này thường xuất hiện hiện tượng nước trời trong mùa gió Tây Nam [4]. Khi nước trời hoạt động, các lớp nước lạnh ở tầng sâu di chuyển thẳng đứng lên trên bề mặt mang theo nhiều chất dinh dưỡng tạo điều kiện thích hợp cho quá trình quang hợp của thực vật phù du. Do đó, việc sử dụng nguồn dữ liệu viễn thám để giám sát phân bố và biến động hàm lượng chl-a tại vùng biển Nam Trung Bộ là vấn đề thiết thực cần thực hiện.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã được thực hiện nhằm đánh giá biến động hàm lượng chl-a trên biển từ nguồn dữ liệu vệ tinh. Năm 2002, Liu và cộng sự [5] mô phỏng phân bố chl-a và năng suất sơ cấp vùng Biển Đông (South China Sea) trong các mùa gió, kết quả cho thấy chl-a gia tăng nhanh tại vùng biển Đông Nam Việt Nam

vào mùa hè do ảnh hưởng của nước trời. Năm 2011, Qiu và cộng sự [6] đã đánh giá biến động theo mùa hàm lượng chl-a ở trung tâm phía tây Biển Đông từ dữ liệu SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) giai đoạn 1998-2007, thành phần trực giao đầu tiên trong nghiên cứu này được đặc trưng bởi hàm lượng chl-a cao dọc theo bờ biển Việt Nam, chl-a đạt hai đỉnh cực đại vào mùa hè và mùa đông. Năm 2019, Yi và cộng sự [7] nghiên cứu biến động hàm lượng chl-a và mối liên hệ của nó với các yếu tố động lực học tại vùng Biển Đông. Kết quả nghiên cứu cho thấy chl-a có hàm lượng cao phân bố dọc theo vùng bờ biển Trung Quốc và Việt Nam với xu hướng gia tăng theo thời gian. Tại vùng biển phía Đông Bắc Trung Quốc và Đông Nam Việt Nam, hàm lượng chl-a biến đổi theo mùa trong năm, đạt cực đại trong mùa đông và cực tiểu trong mùa xuân. Năm 2020, Huynh và cộng sự [8] đã có nghiên cứu phân tích hàm lượng chl-a tầng mặt liên quan đến nhiệt độ nước biển và gió tầng mặt tại Biển Đông. Nghiên cứu này cũng cho thấy chl-a đạt cực đại trong mùa đông và cực tiểu trong mùa xuân; chl-a có hàm lượng cao được tìm thấy tại phía Đông Nam Việt Nam với xu hướng giảm từ bờ ra khơi và hiện tượng này là do ảnh hưởng của nước trời trong tháng 7 và tháng 8. Trong khoảng thời gian gió mùa Đông Bắc hoạt động, chl-a cao cũng được tìm thấy tại vùng biển Đông Nam Việt Nam (12 - 17oN). Tổng quan những nghiên cứu trên thế giới cho thấy phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm được sử dụng có hiệu quả trong việc đánh giá biến động hàm lượng chl-a theo không gian và thời gian.

Đã có một số nghiên cứu sử dụng nguồn dữ liệu viễn thám để đánh giá phân bố hàm lượng chl-a tại vùng biển Việt

Nam. Năm 2014, Vũ Văn Tác [9] đã đánh giá phân bố hàm lượng chl-a tầng mặt trung bình tháng ở vùng Biển Đông (8/2011- 7/2012) trên ảnh MODIS Aqua (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Nghiên cứu này đã xây dựng được tập sơ đồ mô tả phân bố hàm lượng chl-a trung bình tháng vùng Biển Đông, từ tháng 8/2011 đến tháng 7/2012. Năm 2015, Son và cộng sự [10] đã đánh giá biến động không gian - thời gian hàm lượng chl-a và xác định tảo nở hoa tại vùng nước trời biển Nam Trung Bộ bằng dữ liệu viễn thám độ phân giải cao. Nghiên cứu này cho thấy vùng tảo nở hoa khác nhau ở những thời gian, vị trí, với hình dạng khác nhau. Gia tăng chl-a và tảo nở hoa do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc, gió mùa Tây Nam và nguồn dinh dưỡng từ hệ thống sông Mê Kông. Năm 2018, Vũ Văn Tác và cộng sự [11] đã nghiên cứu bất thường của hàm lượng chl-a tầng mặt tại vùng biển ven bờ Nam Trung Bộ liên quan đến hiện tượng El Nino - Dao động Nam (ENSO - El Nino Southern Oscillation) bằng ảnh MODIS Aqua. Nghiên cứu này đã cho thấy dưới tác động của hiện tượng ENSO, vào những năm trung tính và những năm xảy ra hiện tượng El Niño thì chỉ số bất thường chl-a không có sự khác biệt lớn. Năm 2020, Vũ Văn Tác [12] sử dụng dữ liệu chl-a trung bình tháng từ nguồn MODIS Aqua trong giai đoạn 6/2002-12/2018 để đánh giá biến động hàm lượng chl-a liên quan đến hiện tượng ENSO tại vùng biển nam Việt Nam, kết quả chỉ ra rằng có sự biến động chl-a theo mùa, theo tháng trong năm và chl-a bị ảnh hưởng bởi hiện tượng ENSO.

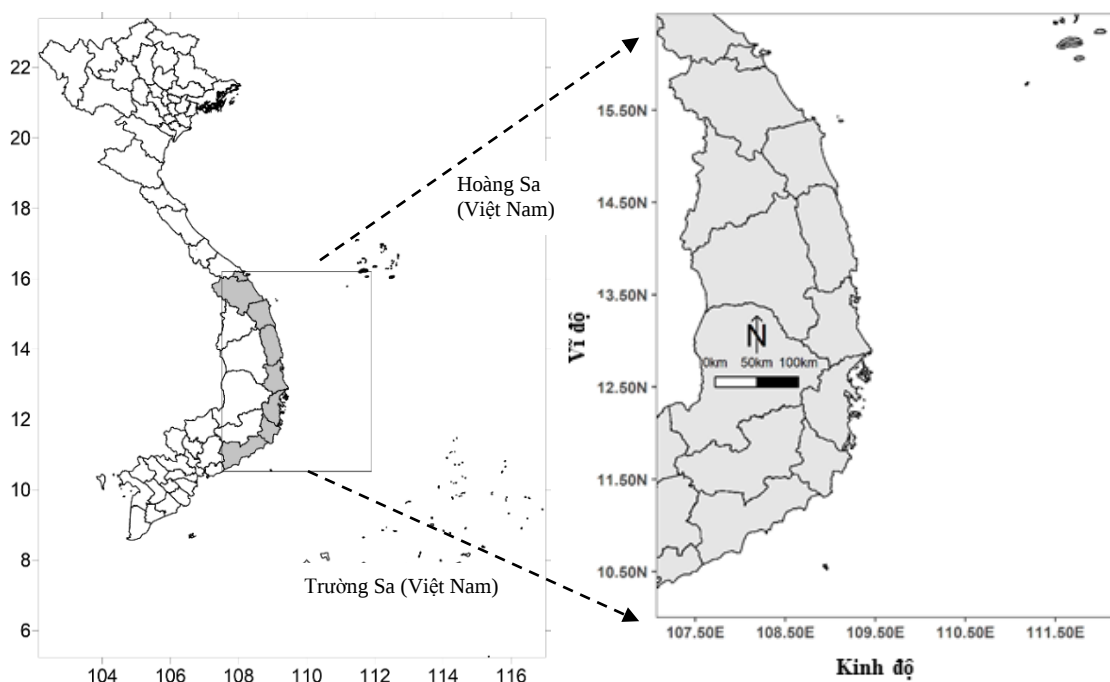
Kết quả nghiên cứu từ các đề tài trên cho thấy nguồn số liệu chl-a thu thập từ

ảnh viễn thám là đáng tin cậy và được sử dụng rộng rãi để giám sát biến động không gian - thời gian của chl-a. Bên cạnh đó, phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm cũng được sử dụng có hiệu quả trong việc đánh giá phân bố và biến động hàm lượng chl-a theo không gian và thời gian. Tuy nhiên, những nghiên cứu được tổng quan tại vùng biển Việt Nam phần lớn chưa khai thác phương pháp này để đánh giá biến động hàm lượng chl-a trên vùng biển Nam Trung Bộ. Do đó, bài báo này sử dụng phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm nhằm mục đích xác định các đặc trưng phân bố và biến động theo không gian - thời gian của chl-a trong giai đoạn 2012-2019 tại vùng biển Nam Trung Bộ.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu thuộc vùng biển Nam Trung Bộ (từ Đà Nẵng đến Bình Thuận) với giới hạn trong khoảng tọa độ từ $10,30^{\circ}$ đến $16,25^{\circ}\text{N}$ và từ $107,30^{\circ}$ đến $112,00^{\circ}\text{E}$ (Hình 1). Khu vực nghiên cứu chịu sự chi phối của khí hậu nhiệt đới gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Gió mùa Đông Bắc hoạt động từ tháng 12 năm trước đến tháng 2 năm sau; mùa gió chuyển tiếp từ Đông Bắc sang Tây Nam hoạt động từ tháng 3 đến tháng 5; gió mùa Tây Nam hoạt động trong khoảng thời gian từ tháng 6 đến tháng 8; và mùa chuyển tiếp giữa gió Tây Nam sang gió mùa Đông Bắc từ tháng 9 đến tháng 11 [13]. Vùng biển Nam Trung Bộ chịu ảnh hưởng của nước trời với phạm vi không gian có ảnh hưởng của nước trời trải dài từ Khánh Hòa đến Bình Thuận, thời gian tồn tại từ tháng 5 đến tháng 9, mạnh nhất là vào tháng 7 và tháng 8 [4].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu

2.2. Dữ liệu

Ảnh MODIS Aqua cấp độ 3 trung bình tháng, độ phân giải 4 km, được sử dụng để đánh giá biến động không gian - thời gian của hàm lượng chl-a. Dữ liệu được khai thác miễn phí trên website của Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ [14]; khai thác ảnh trong khoảng thời gian từ tháng 1/2012 đến tháng 12/2019.

2.3. Phương pháp tính toán chlorophyll-a trung bình theo không gian và thời gian

Trung bình theo không gian giá trị chl-a, kí hiệu $\mu_{z,s}(s_i)$ được xác định bằng cách tính trung bình theo thời gian theo phương trình (1) [15]:

$$\mu_{z,s}(s_i) = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T \text{chl} - a(s_i; t_j) \quad (1)$$

Trong đó: T là thời gian; chl-a ($s_i; t_j$) là giá trị chl-a tại không gian s_i và tại thời gian t_j .

Tương tự, trung bình theo thời gian giá trị chl-a, kí hiệu $\mu_{z,s}(t_j)$ được xác định bằng cách tính trung bình theo không gian theo phương trình (2) [15]:

$$\mu_{z,s}(t_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \text{chl} - a(s_i; t_j) \quad (2)$$

Trong đó: m là số lượng phần tử ảnh (pixel) của mỗi cảnh ảnh

2.4. Phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm

Phương pháp phân tích hàm trực giao thực nghiệm (EOF - Empirical Orthogonal Function) được sử dụng nhằm phân rã một chuỗi dữ liệu đa biến theo không gian - thời gian $\{Z(m, T)\}$ thành các hàm trực giao. Khi thực hiện phương pháp EOF, yêu cầu dữ liệu chl-a đầu vào phải đầy đủ về mặt không gian. Phương pháp nội suy khoảng cách nghịch đảo có trọng số (IDW - Inverse Distance Weighted) được sử dụng để tái cấu trúc bộ dữ liệu chl-a [16].

Phương pháp IDW đã được ứng dụng hiệu quả trong việc tái cấu trúc dữ liệu chl-a tại vùng biển Nam Trung Bộ [17]. Sau khi tái cấu trúc, phương pháp phân rã giá trị đơn (SVD - Singular value decomposition) được sử dụng nhằm phân rã ma trận $Z_{T \times m}$ thành tích của ba ma trận như công thức (3) [18-20]:

$$Z_{T \times m} = U_{T \times T} \Sigma_{T \times m} (V_{m \times m})' \quad (3)$$

Trong đó:

- $U_{T \times T}$ và $V_{m \times m}$ lần lượt đặc trưng cho phân bố chl-a theo thời gian và không gian.

- $\Sigma_{T \times m}$ là một ma trận đường chéo, được sử dụng để tính phương sai giải thích hay còn gọi là giá trị riêng của mỗi thành phần trực giao theo công thức (4) [20]:

$$\% \text{ Phương sai giải thích} = \frac{\sigma_k^2}{\sum_{k=1}^N \sigma_k^2} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó: σ_k là các phần tử trên đường chéo chính của ma trận đường chéo.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Kiểm định one way ANOVA (và Tukey HSD) được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt giá trị chl-a giữa các tháng/ các năm trong giai đoạn 2012-2019 [21]. Kiểm định one sample t-test được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt giá trị chl-a giữa trung bình từng tháng hoặc trung bình năm với trung bình 8 năm [21]. Trong các kiểm định trên, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi $P < 0,05$; tất cả các tính toán, kiểm định thống kê và đồ thị được thực hiện trên ngôn ngữ R phiên bản 3.6.0.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân bố chl-a trung bình theo thời gian và không gian

Kết quả thống kê cho thấy hàm lượng chl-a dao động từ 0,05 – 19,31 mg/m³, với

giá trị chl-a trung bình đạt $0,28 \pm 0,48$ mg/m³. Hình 2a trình bày phân bố hàm lượng chl-a trung bình theo tháng tại vùng biển Nam Trung Bộ giai đoạn 2012-2019. Kết quả thống kê chỉ ra rằng hàm lượng chl-a biến thiên mạnh giữa các tháng, chl-a lớn nhất được tìm thấy trong tháng 1 và bé nhất được tìm thấy trong tháng 5 với các giá trị tương ứng đạt $0,39 \pm 0,69$ mg/m³ và $0,17 \pm 0,17$ mg/m³. Trên vùng Biển Đông chl-a cũng đạt cực đại trong tháng 12 hoặc tháng 1 và cực tiểu vào tháng 5 [8]. Có sự khác biệt chl-a giữa 12 tháng trong giai đoạn 2012-2019 (ANOVA, $P < 2,20 \times 10^{-16}$), tuy nhiên không có sự khác biệt về giá trị chl-a theo từng cặp giữa tháng 2 và tháng 10, giữa tháng 9 và tháng 11 (Hình 2a). Bên cạnh đó, hầu hết các giá trị chl-a trung bình từng tháng đều có sự khác biệt với giá trị chl-a trung bình giai đoạn 2012-2019 (t.test, $P < 0,05$); ngoại trừ tháng 7 (t.test, $P > 0,05$).

Phân bố chl-a theo trung bình năm được trình bày chi tiết trong Hình 2b. Phân tích diễn biến chl-a trung bình theo từng năm trong giai đoạn 2012-2019 cho thấy chl-a đạt giá trị cao nhất trong năm 2017 và thấp nhất trong năm 2013 với các giá trị tương ứng đạt $0,31 \pm 0,53$ mg/m³ và $0,26 \pm 0,38$ mg/m³. Kiểm định ANOVA chỉ ra rằng có sự khác biệt về giá trị chl-a trung bình giữa các năm (ANOVA, $P < 2,2 \times 10^{-16}$), tuy nhiên không tìm thấy sự khác biệt giá trị chl-a mang ý nghĩa thống kê theo từng cặp thời gian trong hai năm 2012 và năm 2015, năm 2013 và năm 2015, năm 2014 và 2016, và năm 2014 và năm 2018. Giá trị $P < 0,05$ trong kiểm định t.test chỉ ra rằng có sự chênh lệch về giá trị chl-a giữa trung bình từng năm và trung bình giai đoạn 2012-2019 (Hình 2b).

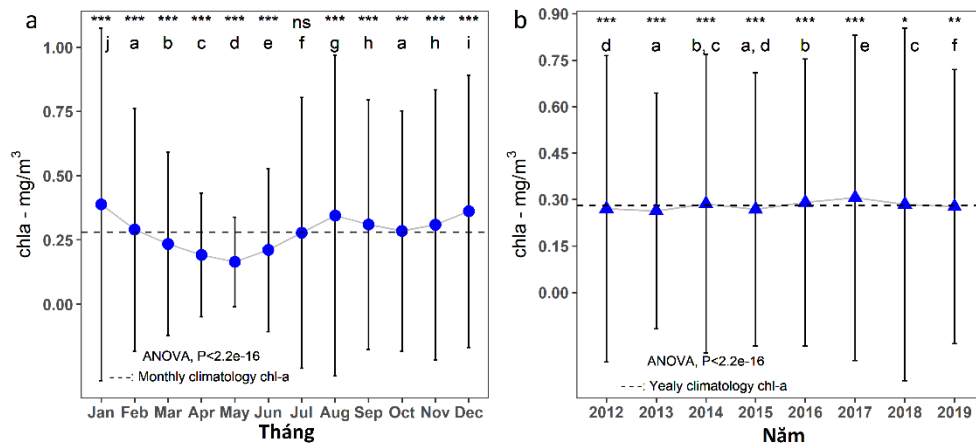
Thống kê theo mùa cho thấy hàm

lượng chl-a tăng liên tục từ mùa xuân sang mùa đông, chl-a cực đại trong mùa đông với hàm lượng trung bình đạt $0,35 \pm 0,57 \text{ mg/m}^3$; và cực tiểu trong mùa xuân với hàm lượng trung bình đạt $0,20 \pm 0,27 \text{ mg/m}^3$. Giá trị chl-a trung bình trong mùa hè và mùa thu lần lượt đạt $0,28 \pm 0,51 \text{ mg/m}^3$ và $0,30 \pm 0,49 \text{ mg/m}^3$. Nghiên cứu trước đây cũng cho thấy trên Biển Đông chl-a đã từng đạt giá trị cực đại trong mùa đông và đạt giá trị cực tiểu vào mùa xuân [7, 10, 11]. Tuy nhiên cũng có nghiên cứu cho thấy chl-a đạt cực đại vào mùa thu trong vùng biển Nam Trung Bộ [11].

Hình 3 trình bày phân bố theo không gian của chl-a trung bình tháng nhiều năm trong giai đoạn 2012-2019, kết quả cho thấy phân bố không gian của chl-a có xu hướng giảm từ bờ ra khơi và biến đổi theo các mùa gió trong năm. Trong thời kỳ hoạt động của gió mùa Đông Bắc, chl-a tăng cao với hàm lượng đạt $0,8\text{-}2,0 \text{ mg/m}^3$ tại vùng ven bờ ($109,50^\circ\text{E}$ trở vào bờ) trên toàn vùng biển Nam Trung Bộ. Vào mùa gió chuyển tiếp giữa gió mùa Đông Bắc sang gió mùa Tây Nam, vẫn còn tồn tại dải chl-a với hàm lượng cao phân bố dọc ven vùng bờ; tuy nhiên dải chl-a này có hàm lượng thấp hơn (nằm trong khoảng $0,3$ đến $0,9 \text{ mg/m}^3$) và phạm vi phân bố không gian hẹp hơn so với mùa gió Đông Bắc. Vào thời kỳ gió mùa Tây Nam hoạt động, xuất hiện “lưỡi” chl-a với hàm lượng lớn hơn 1 mg/m^3 phân bố dọc theo vùng bờ biển khu

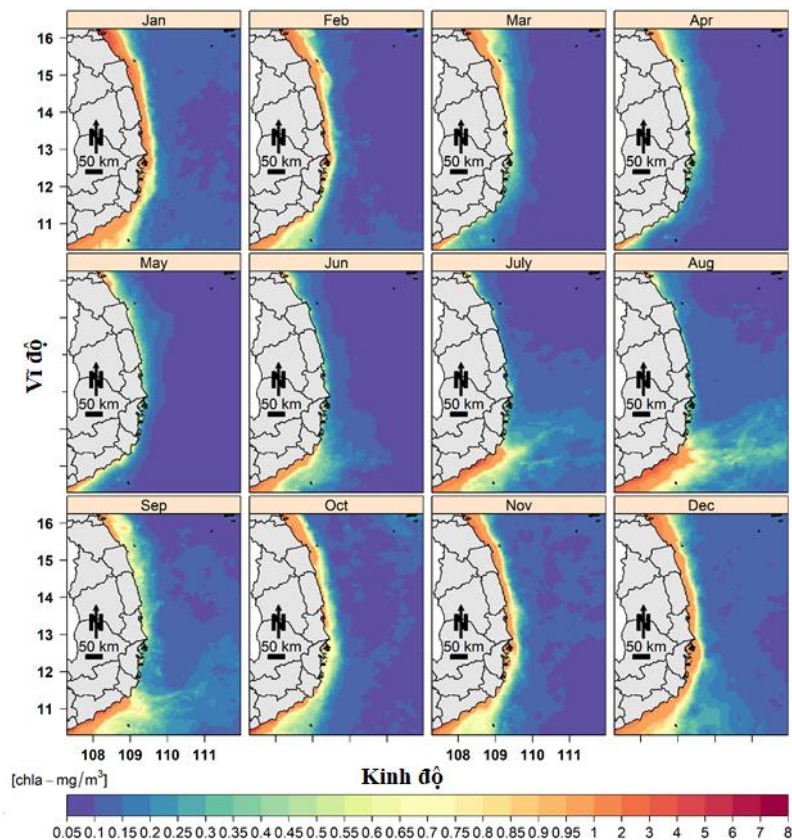
vực Ninh Thuận - Bình Thuận, bắt đầu xuất hiện vào tháng 6 và tăng dần hàm lượng chl-a qua các tháng 7 và tháng 8. “Lưỡi” chl-a này có tâm nằm ở phía nam của vùng ven bờ tỉnh Bình Thuận (vĩ tuyến 11°N) và lan rộng theo hướng Đông Bắc trong vùng nghiên cứu. Chuyển sang thời kỳ chuyển tiếp giữa gió mùa Tây Nam sang gió mùa Đông Bắc, “lưỡi” chl-a với hàm lượng cao (như đã mô tả trong mùa gió Tây Nam) vẫn còn tồn tại vào tháng 9, tuy nhiên phạm vi không gian hẹp hơn so với thời gian trước đó; và nó không còn xuất hiện vào tháng 10 và tháng 11. Đặc biệt, trong suốt 4 mùa gió trên hàm lượng chl-a đạt giá trị cao trong vùng ven bờ tại vĩ tuyến 16°N và tại vĩ tuyến 11°N .

Từ những phân tích về phân bố không gian của chl-a cho thấy “lưỡi” chl-a có hàm lượng cao hình thành và tồn tại trong khoảng thời gian từ tháng 6 đến tháng 9, tương đương với khoảng thời gian hoạt động của nước trời Nam Trung Bộ (tháng 5 đến tháng 9) [4]. Những nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng nước trời hoạt động tại dải ven bờ và thềm lục địa từ Bình Thuận đến Bình Định, mạnh nhất tại vùng Ninh Thuận - Bắc Bình Thuận, nhưng nghiên cứu này cho thấy tâm của “lưỡi” chl-a có hàm lượng cao lại lệch về phía Nam Bình Thuận; điều này cũng đã được nhiều tác giả xác nhận khi đánh giá phân bố không gian của hàm lượng chl-a trong vùng nước trời mạnh Nam Trung Bộ [22].



Hình 2. Diễn biến chl-a trung bình theo tháng (a) và trung bình theo năm (b)

***: t -test, $P < 0,001$; **: t -test, $P < 0,01$; *: t -test, $P < 0,05$; ns – not significant: $P > 0,05$
 Những chữ cái khác nhau (a, b, c...) thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, Tukey, $P < 0,05$

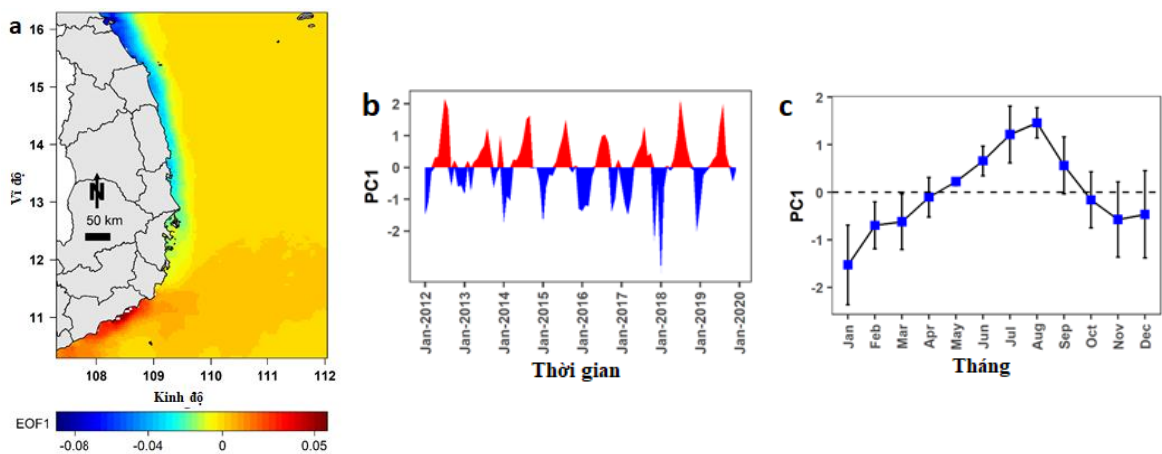


Hình 3. Phân bố không gian của chl-a theo trung bình tháng giai đoạn 2012-2019

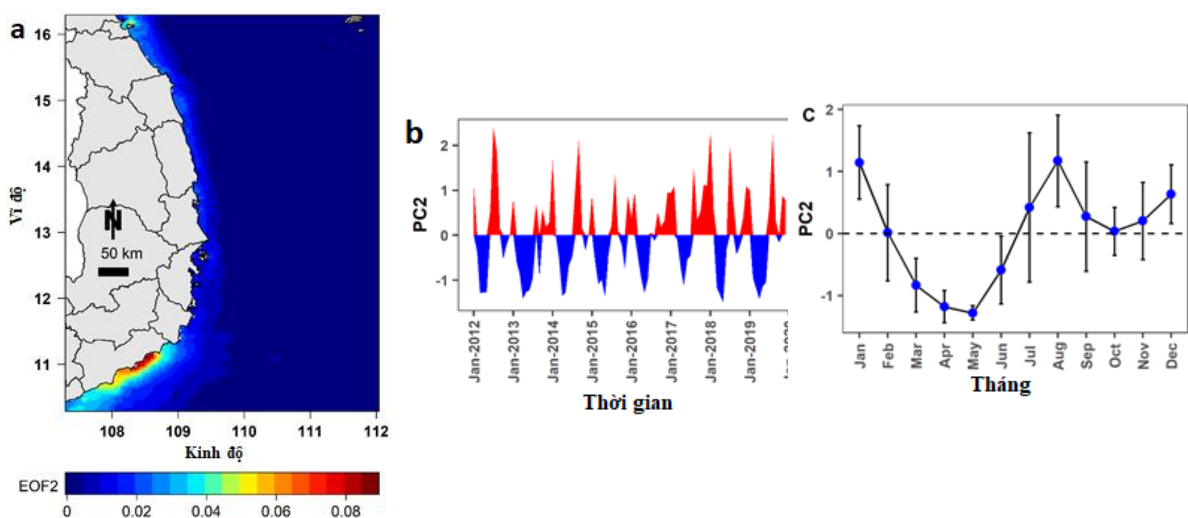
3.2. Biến động không gian - thời gian của chl-a theo hàm trực giao thực nghiệm

Kết quả phân rã giá trị đơn chuỗi số liệu chl-a cho thấy, hai thành phần EOF đầu tiên (kí hiệu EOF1 và EOF2) giải thích 61,8% tổng biến động không gian - thời gian hàm lượng chl-a. Kết quả phân tích hàm trực giao thực nghiệm được trình bày ở Hình 4 và Hình 5, trong đó Hình 4a và Hình 5a trình bày kiểu phân bố không gian tương ứng của tải EOF1 và tải EOF2

(EOF loading), được sử dụng để mô tả sự thay đổi về mặt không gian của giá trị chl-a. Hình 4b và Hình 5b mô tả sự thay đổi của hệ số chuỗi thời gian của thành phần EOF1 (kí hiệu PC1) và thành phần EOF2 (kí hiệu PC2), cho biết khả năng xảy ra của kiểu phân bố không gian của tải EOF tương ứng. Hình 4c và Hình 5c trình bày giá trị trung bình hóa theo tháng của hệ số chuỗi thời gian của 2 thành phần EOF đầu tiên.



Hình 4. Phân bố không gian của tải EOF1 (Hình 4a), diễn biến theo thời gian của PC1 (Hình 4b) và trung bình hóa theo tháng giá trị PC1 (Hình 4c) của thành phần EOF1



Hình 5. Phân bố không gian của tải EOF2 (Hình 5a), diễn biến theo thời gian của PC2 (Hình 5b) và trung bình hóa theo tháng giá trị PC2 (Hình 5c) của thành phần EOF2

Thành phần trực giao đầu tiên giải thích 37,1% tổng biến thiên, được sử dụng để mô tả phần lớn biến động của hàm lượng chl-a. Tải EOF1 có xu hướng tăng từ Bắc xuống Nam, phân bố không gian của tải EOF1 cho thấy có sự xuất hiện “lưỡi” chl-a với hàm lượng cao ở vùng biển Ninh Thuận – Bình Thuận, tương tự như phân bố không gian của chl-a trong mùa gió Tây Nam (Hình 4a). Hình 4b và Hình 4c cho thấy PC1 thay đổi theo chu kỳ, theo đó PC1 đạt giá trị dương từ tháng 5 đến tháng 9 và đạt giá trị âm từ tháng 10 đến tháng 4 năm sau, giá trị PC1 đạt cực đại trong mùa gió Tây Nam và cực tiểu trong mùa gió Đông Bắc. Kết hợp EOF1 và PC1 cho thấy trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 9, hàm lượng chl-a khu vực ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận lớn hơn so với hàm lượng chl-a trung bình, và phân bố không gian của chl-a trong khu vực này có xu hướng giảm từ bờ ra khơi do hiệu ứng sinh thái của dòng nước trời. Những kết quả nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng tại khu vực nghiên cứu thường xuất hiện “lưỡi” chl-a có hàm lượng cao trong mùa gió Tây Nam [8, 10, 22]. Nguyên nhân được giải thích là do khi nước trời hoạt động mạnh, dòng nước trời phát sinh từ dưới đáy biển sẽ mang lên tầng mặt một lượng lớn muối dinh dưỡng, tạo điều kiện thuận lợi cho thực vật phù du phát triển, làm gia tăng sinh khối và gia tăng hàm lượng chl-a tại khu vực ven bờ Ninh Thuận - Bình Thuận [4, 22]. Từ những phân tích trên cho thấy thành phần trực giao đầu tiên đại diện cho phân bố và biến động chl-a trong thời kỳ hoạt động của nước trời với xu hướng hình thành “lưỡi” chl-a với hàm lượng cao, có tâm nằm ở vùng ven bờ tỉnh Bình Thuận và lan rộng theo hướng Đông Bắc trong vùng nghiên cứu.

Thành phần trực giao thứ hai chiếm 24,7% biến động của chuỗi số liệu chl-a. Tải EOF2 có giá trị dương trên toàn vùng nghiên cứu với phân bố không gian giảm từ vùng ven bờ ra ngoài khơi, giá trị lớn nhất của tải EOF2 được tìm thấy tại vùng ven bờ vĩ tuyến 11°N và vĩ tuyến 16°N (Hình 5a). PC2 đạt giá trị dương trong khoảng thời gian từ tháng 7 đến tháng 2 năm sau và đạt giá trị âm từ tháng 3 đến tháng 6 (Hình 5b và Hình 5c); trong đó PC2 cực đại trong mùa hè và mùa đông mỗi năm. Kết hợp tải EOF2 và PC2 cho thấy hàm lượng chl-a đạt hai đỉnh cực đại trong mỗi năm, một đỉnh xuất hiện vào mùa hè và đỉnh còn lại xuất hiện vào mùa đông. Tại vùng phía Tây Biển Đông và vùng biển Đông Nam Việt Nam cũng xuất hiện hai đỉnh cực đại chl-a vào mùa hè và mùa đông mỗi năm, đỉnh chl-a xuất hiện vào mùa hè có liên quan đến hiện tượng nước trời trong mùa gió Tây Nam và đỉnh chl-a vào mùa đông có thể là do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc [6, 8]. Gió mùa Đông Bắc hoạt động mạnh có thể tăng cường sự pha trộn của nước biển ở phía Tây Biển Đông, đặc biệt là ở vùng nước nông dọc theo đường bờ biển. Sự pha trộn theo chiều thẳng đứng đã mang vật chất dinh dưỡng từ các tầng sâu hơn đi lên vùng ưu quang, quá trình bổ sung muối dinh dưỡng này làm gia tăng hàm lượng chl-a. Ngoài ra, nhiệt độ mặt nước biển vào mùa đông cũng thích hợp cho sự gia tăng hàm lượng chl-a ở phía Tây Biển Đông [6]. Bên cạnh đó, nguồn vật chất hữu cơ hòa tan từ các hệ thống sông cũng có thể làm gia tăng hàm lượng chl-a vào mùa đông, và vấn đề này cần được nghiên cứu thêm ở tương lai. Nhìn chung, những phân tích trên cho thấy thành phần trực giao thứ hai đại diện cho phân bố và biến

động chl-a trong mùa hè và mùa đông với xu hướng gia tăng chl-a tại vùng ven bờ vĩ tuyến 11°N do ảnh hưởng của nước trời vào mùa hè; và ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc và nguồn thải từ sông trong mùa đông.

4. Kết luận

Hàm lượng chl-a dao động từ 0,05 – 19,31 mg/m³, trung bình đạt $0,28 \pm 0,48$ mg/m³, nó biến động mạnh giữa các tháng và các mùa trong năm. Phân bố không gian của chl-a có xu hướng giảm từ bờ ra khơi và biến đổi theo các mùa gió trong năm. Trong thời kì hoạt động của gió mùa Đông Bắc, chl-a tăng cao tại vùng ven bờ. Vào thời kì gió mùa Tây Nam hoạt động, xuất hiện “lưỡi” chl-a có hàm lượng cao phân bố dọc theo vùng bờ biển khu vực Ninh Thuận – Bình Thuận, có tâm nằm ở phía Nam của vùng ven bờ tỉnh Bình Thuận và lan rộng theo hướng Đông Bắc trong vùng nghiên cứu.

Hai thành phần EOF đầu tiên giải thích 61,8% tổng biến động không gian - thời gian của chuỗi số liệu chl-a. Thành phần

EOF1 giải thích 37,1% tổng biến thiên, được sử dụng để mô tả cho phân bố và biến động chl-a trong thời kỳ hoạt động của nước trời với xu hướng hình thành “lưỡi” chl-a với hàm lượng cao, có tâm nằm ở vùng ven bờ tỉnh Bình Thuận và lan rộng theo hướng Đông Bắc trong vùng nghiên cứu. Thành phần trực giao thứ hai chiếm 24,7% biến động, đại diện cho phân bố và biến động chl-a trong mùa hè và mùa đông với xu hướng gia tăng chl-a tại vùng ven bờ vĩ tuyến 11°N do ảnh hưởng của nước trời trong mùa hè; và ảnh hưởng bởi gió mùa Đông Bắc và nguồn thải từ sông trong mùa đông.

Lời cảm ơn: Công trình này là một phần của nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp cơ sở cho cán bộ trẻ của Viện Hải dương học: “Nội suy số liệu chlorophyll-a vùng biển Nam Trung Bộ bằng phương pháp nghịch đảo khoảng cách có trọng số”. Tác giả xin chân thành cảm ơn Viện Hải dương học, phòng Sinh thái biển đã hỗ trợ kinh phí và chuyên môn để tôi hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. K. Şeyma and A. Ersin, "Estimating chlorophyll-a concentration using remote sensing techniques," *Annals of Reviews and Research*, vol. 4, pp. 33-35, 2018.
- [2] S. Azmi, Y. Agarwadkar, M. Bhattacharya, M. Apte, and A. Inamdar, "Indicator based ecological health analysis using chlorophyll and sea surface temperature along with fish catch data of Mumbai Coast," *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 15, pp. 923-930, 2015.
- [3] N. Zhao, G. Zhang, S. Zhang, Y. Bai, S. Ali, and J. Zhang, "Temporal-spatial distribution of chlorophyll-a and impacts of environmental factors in the Bohai Sea and Yellow Sea," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 160947-160960, 2019.
- [4] Bùi Hồng Long, *Hiện tượng nước trời trong vùng biển Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, 2009.

- [5] K.-K. Liu, S.-Y. Chao, P.-T. Shaw, G.-C. Gong, C.-C. Chen, and T. Tang, "Monsoon-forced chlorophyll distribution and primary production in the South China Sea: observations and a numerical study," *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, vol. 49, pp. 1387-1412, 2002.
- [6] F. Qiu, W. Fang, and G. Fang, "Seasonal-to-interannual variability of chlorophyll in central western South China Sea extracted from SeaWiFS," *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, vol. 29, pp. 18-25, 2011.
- [7] Y. Yu, X. Xing, H. Liu, Y. Yuan, Y. Wang, and F. Chai, "The variability of chlorophyll-a and its relationship with dynamic factors in the basin of the South China Sea," *Journal of Marine Systems*, vol. 200, p. 103230, 2019.
- [8] H.-N. T. Huynh, A. Alvera-Azcárate, and J.-M. Beckers, "Analysis of surface chlorophyll a associated with sea surface temperature and surface wind in the South China Sea," *Ocean Dynamics*, vol. 70, pp. 139-161, 2020.
- [9] Vũ Văn Tác, "Phân bố hàm lượng chlorophyll trung bình tháng vùng biển Đông từ tháng 8/2011 đến 7/2012," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, tập 14, tr. 25-31, 2014.
- [10] Tong Phuoc Hoang Son, Truong Minh Chuan, and Hoang Cong Tin, "Detecting chlorophyll-a concentration and bloom patterns at upwelling area in South central Vietnam by high resolution multi-satellite data," *Journal of Environmental Science and Engineering*, vol. 4, pp. 215-224, 2015.
- [11] Vũ Văn Tác and Đoàn Như Hải, "Bất thường của hàm lượng chlorophyll a tầng mặt tại vùng biển ven bờ Nam Trung Bộ Việt Nam liên quan đến hiện tượng ENSO," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, tập 18, tr. 70-78, 2018.
- [12] Vu Van Tac, "Variability of sea surface chlorophyll_a concentration in the South Vietnam coastal waters related to ENSO phenomenon," *Vietnam journal of Earth Sciences*, vol. 42, pp. 67-74, 2020.
- [13] Trần Văn Chung and Bùi Hồng Long, "Ảnh hưởng của trường nhiệt độ và biến đổi bất thường của mực nước trong Biển Đông liên quan đến biến đổi khí hậu," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển*, tập 16, tr. 255-266, 2016.
- [14] NASA Goddard Space Flight - Center Ocean Ecology Laboratory - Ocean Biology Processing Group. (09/02/2020). Available: <https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.
- [15] N. Cressie and C. K. Wikle, *Statistics for spatio-temporal data*, John Wiley & Sons, 2015.
- [16] J. Li and A. D. Heap, *A review of spatial interpolation methods for environmental scientists*, Geoscience Australia, 2008.
- [17] Nguyễn Trịnh Đức Hiệu, "Phân bố không gian – thời gian hàm lượng Chlorophyll-a, nhiệt độ nước biển tầng mặt vùng biển Nam Trung Bộ từ dữ liệu Modis aqua năm 2017," *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, số 3, tr. 40-51, 2020.

- [18] N. Kabbara and T. Courp, "Empirical orthogonal function analysis of sea surface temperature patterns in the Levantine basin," *Lebanese Science Journal*, vol. 5, p. 3, pp. 3-12, 2004.
- [19] A. Hannachi, I. Jolliffe, and D. Stephenson, "Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review," *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 27, pp. 1119-1152, 2007.
- [20] M. H. Taylor, M. Losch, M. Wenzel, and J. Schröter, "On the sensitivity of field reconstruction and prediction using empirical orthogonal functions derived from gappy data," *Journal of Climate*, vol. 26, pp. 9194-9205, 2013.
- [21] S. S. Mangiafico, "An R companion for the handbook of biological statistics, version 1.09c," New Brunswick, 2015.
- [22] Nguyễn Hữu Huân and Phan Minh Thụ, "Đặc trưng phân bố chlorophyll-a trong nước vùng thềm lục địa nam Việt Nam," *Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Quốc gia Biển Đông-2007*", tr. 261-267, 2007.

Ngày nhận bài: 08/4/2021

Biên tập xong: 15/6/2021

Duyệt đăng: 20/6/2021