

BIẾN ĐỘNG BỨC XẠ QUANG HỢP VÙNG BIỂN NAM TRUNG BỘ TỪ DỮ LIỆU VỆ TINH

CHANGE OF PHOTOSYNTHETICALLY AVAILABLE RADIATION ON THE COASTAL AREA OF CENTRAL VIETNAM FROM SATELLITE DATA

Nguyễn Trịnh Đức Hiệu¹, Trần Thị Vân², Nguyễn Hữu Huân³

^{1,2} Viện Hải dương học, VAST

³ Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

Tóm tắt: Bức xạ quang hợp có chức năng kiểm soát sự sinh trưởng và phát triển của thực vật phù du, do đó nó có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái biển. Bài báo sử dụng nguồn dữ liệu MODIS - Aqua trung bình tháng và mô hình ARIMA để thảo luận, đánh giá và dự báo biến động bức xạ quang hợp tại vùng biển Nam Trung Bộ giai đoạn 2007 - 2017. Kết quả nghiên cứu cho thấy bức xạ quang hợp dao động trong khoảng 15,01-79,26 Einstein/m²/day, trung bình đạt 43,78 ± 8,44 Einstein/m²/day. Bức xạ quang hợp biến thiên mạnh giữa các tháng và giữa các năm. Nó có tính chu kỳ biến thiên theo mùa, đạt giá trị cực đại trong mùa xuân và cực tiểu trong mùa đông. Phân bố không gian của chúng cũng khác nhau giữa các tháng khác nhau. Mô hình ARIMA đã được xây dựng để dự báo bức xạ quang hợp trong khoảng thời gian 2018 - 2020. Kết quả của bài báo cung cấp dữ liệu đầu vào phục vụ mô hình hóa năng suất sơ cấp trên biển.

Từ khóa: Mô hình ARIMA, MODIS-Aqua, bức xạ quang hợp, ngôn ngữ R.

Chỉ số phân loại: 2.3

Abstract: Photosynthetically available radiation (PAR) has the function of controlling the growth and development of phytoplankton, so it plays an important role in marine ecosystems. This paper was based on MODIS - Aqua monthly data and ARIMA model to discuss, describe and forecast variation of PAR value on the coastal area of central Vietnam in 2007 - 2017. The results showed that the average photosynthetically available radiation was 43.78 ± 8.44 Einstein/m²/day, ranging from 15.01-79.26 Einstein/m²/day. PAR value strongly varied between months and years. It expressed a seasonal variation, that was highest in spring and lowest in winter. Its spatial distribution also varied from month to month. The ARIMA model has been developed to forecast photosynthetic radiation for the period 2018 - 2020. The results of this paper provide input data for modeling marine primary productivity.

Key words: ARIMA model, MODIS-Aqua, Photosynthetically available radiation, R language.

Classification number: 2.3

1. Giới thiệu

Hiện nay, trên thế giới và tại Việt Nam đã đang ứng dụng thành công dữ liệu viễn thám trong giám sát và quản lý tài nguyên và môi trường biển. Mặc dù tại Việt Nam, công nghệ viễn thám đã được phát triển và ứng dụng từ những năm 1990, tuy nhiên những công trình nghiên cứu về ứng dụng tư liệu viễn thám cung cấp dẫn liệu đầu vào (PAR, chl_a, SST, K_{d490}) phục vụ mô hình hóa năng suất sinh học trên biển vẫn còn rất hạn chế và rời rạc. Trong đó bức xạ quang hợp (Photosynthetically Available Radiation - PAR) được định nghĩa như là thông lượng năng lượng lượng tử từ Mặt trời trong dải bước sóng 400 – 700 nm (NASA Goddard Space Flight Center, 2014; Tang et al., 2017). Bức xạ quang hợp có chức năng kiểm soát sự

sinh trưởng và phát triển của thực vật phù du, do đó nó có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái biển (Frouin, McPherson, Ueyoshi, & Franz, 2012). Đối với các ứng dụng của viễn thám màu đại dương, PAR được xem như là một thông số đầu vào phổ biến trong mô hình năng suất sơ cấp của đại dương (NASA Goddard Space Flight Center, 2014). Những thông tin về phân bố và biến động PAR theo không gian, thời gian trên biển giúp gia tăng sự hiểu biết về chu trình sinh địa hóa của các bon, các hợp chất dinh dưỡng và ô xy. Bên cạnh đó nó còn giúp giải quyết các vấn đề về khí hậu và những thay đổi mang tính toàn cầu (Frouin et al., 2012; Tang et al., 2017). Từ những thông tin trên cho thấy việc khai thác dữ liệu PAR nhằm cung cấp dữ liệu đầu

vào cho các mô hình hệ sinh thái biển là rất cần thiết phải thực hiện.

Hiện tại có ba phương pháp đo đặc PAR gồm đo đặc hiện trường; mô hình hóa từ bức xạ Mặt trời, điều kiện khí tượng và phương pháp viễn thám (Nwokolo, S. C., & Amadi, S. O, 2018; (Tang et al., 2017; Feng, L et al., 2018). Phương pháp đo đặc hiện trường mặc dù đơn giản nhưng có những hạn chế như đầu tư trang thiết bị, tốn nhiều thời gian, nhân lực, độ phủ không gian nhỏ và do đó nó không được đo đặc thường xuyên tại các trạm khí quyển (Tang et al., 2017). Những nghiên cứu về mô hình hóa PAR đều có chung đặc điểm là ước tính PAR từ bức xạ Mặt trời và các điều kiện khí tượng khác tại các trạm quan sát thực nghiệm (Tang et al., 2017). Các nghiên cứu đều chỉ ra rằng có tồn tại mối tương quan mạnh giữa bức xạ Mặt trời và PAR; do đó các mô hình được hiệu chuẩn bằng các thông số chuyển đổi đã được xây dựng để có thể ước tính giá trị PAR với độ chính xác cao từ bức xạ mặt trời (Nwokolo, S. C., & Amadi, S. O, 2018; Tang et al., 2017; Feng, L et al., 2018). Tuy nhiên, các thông số chuyển đổi của các mô hình thực nghiệm ấy phụ thuộc vào điều kiện khí tượng của trạm quan sát và kết quả là có sự khác biệt giữa các trạm đo thực nghiệm, điều này có thể dẫn đến sai số lớn trong ước lượng PAR ở bề mặt tại các địa điểm mà không có các thông số hiệu chỉnh cục bộ (Tang et al., 2017; Nwokolo, S. C., & Amadi, S. O, 2018). Trong khi đó, những nghiên cứu về PAR từ tư liệu viễn thám có thể khắc phục được nhược điểm này thông qua quá trình hiệu chỉnh khí quyển. Ngoài ra, với độ phủ không gian và thời gian rộng, dữ liệu viễn thám ngày càng được sử dụng rộng rãi tại nhiều khu vực trên thế giới và trong nhiều ngành khoa học khác nhau, đặc biệt là khoa học biển. Một vài nghiên cứu ứng dụng công nghệ viễn thám đánh giá biến động PAR

được thực hiện như (Mueter F et al., 2016; Lee, Y. J et al., 2015; Frouin et al., 2012; Tang et al., 2017). Sự ra đời của công nghệ viễn thám màu đại dương cho phép người dùng khai thác miễn phí nguồn dữ liệu có độ phủ toàn cầu với thông tin hàng ngày, hàng tháng hoặc hàng năm.

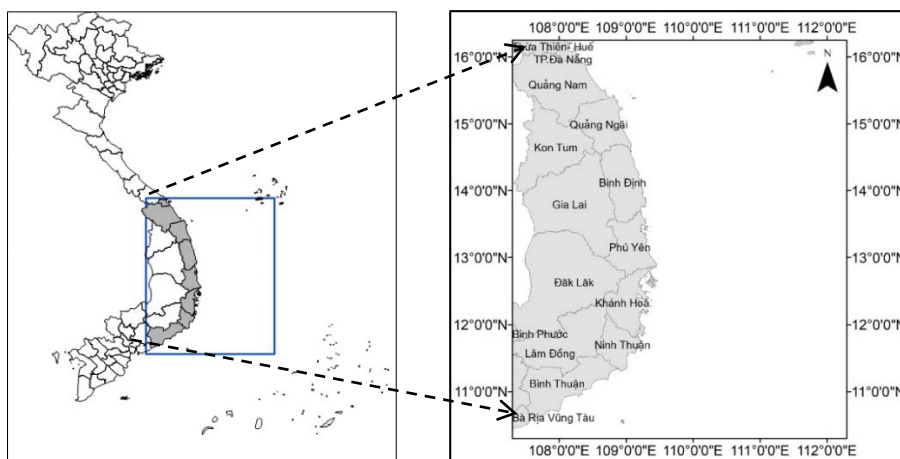
Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá biến động bức xạ quang hợp trên vùng biển Nam Trung Bộ giai đoạn 2007 – 2017 từ dữ liệu MODIS-Aqua nhằm hỗ trợ cung cấp dữ liệu đầu vào phục vụ mô hình hóa năng suất sơ cấp trên biển.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguồn dữ liệu và phương pháp trích xuất dữ liệu

Khu vực nghiên cứu thuộc vùng biển Nam Trung Bộ, giới hạn trong tọa độ $10,30^{\circ}$ – $16,25^{\circ}$ N và $107,30^{\circ}$ – $112,30^{\circ}$ E (hình 1). Dữ liệu bức xạ quang hợp (PAR) trung bình tháng từ nguồn ảnh MODIS-Aqua (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), cấp độ 3 với độ phân giải 9km trong giai đoạn 01/2007 – 09/2018. Dữ liệu được chia làm hai phần: phần một từ tháng 01/2007 đến tháng 12/2017 được sử dụng để phân tích thống kê, phân tích chuỗi thời gian và xây dựng mô hình ARIMA; phần hai từ tháng 01/2018 đến tháng 09/2018 dùng để kiểm định độ chính xác của mô hình ARIMA đã xây dựng.

Ảnh MODIS - Aqua sau khi tải về có độ phủ toàn cầu và được lưu trữ mặc định với định dạng netCDF - Network Common Data Form (phần tập tin mở rộng có dạng *.nc). Sử dụng ngôn ngữ lập trình mã nguồn mở R để xử lý, bao gồm: Đọc, cắt ảnh theo khu vực nghiên cứu, trích xuất dữ liệu từ ảnh MODIS - Aqua và thực hiện các phép tính trung bình, độ lệch chuẩn. Sử dụng phần mềm mã nguồn mở SeaDAS để xây dựng bản đồ phân bố PAR theo không gian năm 2017.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2.2. Phương pháp kiểm định thống kê

Phương pháp kiểm định thống kê được thực hiện với việc sử dụng kiểm định One - way ANOVA để kiểm tra sự khác biệt giá trị PAR giữa các tháng hoặc giữa các năm. Trong trường hợp có sự khác biệt giá trị PAR mang ý nghĩa thống kê, sử dụng kiểm định post - hoc Tukey HSD để tìm những cặp thời gian có sự khác biệt (Hoàng Trọng & Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2008; Mangiafico, 2015). Sử dụng kiểm định One sample t - test để kiểm tra sự khác biệt giá trị PAR giữa trung bình từng tháng hoặc trung bình năm với trung bình 11 năm (2007 – 2017) (Hoàng Trọng & Chu Nguyễn Mộng Ngọc, 2008; Mangiafico, 2015). Hình ảnh hóa kết quả kiểm định bằng các biểu đồ tương tác. Trong các kiểm định One - way ANOVA và One sample t - test, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi $P < 0.05$; tất cả các kiểm định thống kê được thực hiện trên ngôn ngữ R.

2.3. Phương pháp phân tích chuỗi số liệu theo thời gian

Phân tích dữ liệu theo thời gian bao gồm các phương pháp chiết xuất những chỉ số thống kê phản ánh những đặc điểm của dữ liệu. Trong đó, phần dữ liệu thô thu thập (observed) được phân rã và phân tích theo ba thành phần: Phân xu hướng (trend), phân mùa (seasonal) và phần ngẫu nhiên (random) (Hyndman & Athanasopoulos, 2014).

Sử dụng mô hình ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) để dự báo xu hướng biến động của dữ liệu PAR trong tương lai (2018 – 2020) từ dữ liệu PAR trong quá khứ (2007 – 2017).

Mô hình tổng quát của ARIMA được viết như sau (Hyndman & Athanasopoulos, 2014):

$$\Delta Y_t = \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \phi_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + \phi_p \Delta Y_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q}$$

Trong đó: ΔY_{t-i} là giá trị sai phân và ϵ_{t-i} là các nhiễu trắng (white noise).

ARIMA về bản chất là sự kết hợp của (Hyndman & Athanasopoulos, 2014):

- AutoRegression (AR - Tự hồi quy): Tự hồi quy một giá trị của chuỗi thời gian dựa trên giá trị trễ của nó; độ trễ lớn nhất ở đây (hay còn gọi là bậc tự hồi quy) là p ;

- Integrated (I - Đồng tích hợp): Là bậc để chuỗi sai phân có tính dừng. Chẳng hạn nếu sai phân bậc 1 là ΔY_t là dừng thì chúng ta có giá trị của đồng tích hợp là $d = 1$. Nếu chuỗi ban đầu (chưa lấy sai phân) có tính dừng thì $d = 0$, kí hiệu I (0). Sử dụng kiểm định ADF (Augmented Dickey – Fuller) để kiểm tra tính dừng của chuỗi;

- Moving Average (MA - Trung bình trượt): Bậc của trung bình trượt, kí hiệu là q ;

Một mô hình ARIMA (p, d, q) được hiểu là tự hồi quy bậc p , đồng tích hợp bậc d và trung bình trượt bậc q . Sử dụng ngôn ngữ R để xác định được các tham số p, d, q nhằm dự báo giá trị PAR giai đoạn 2018 – 2020.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Biến động giá trị PAR giai đoạn 2007 - 2017

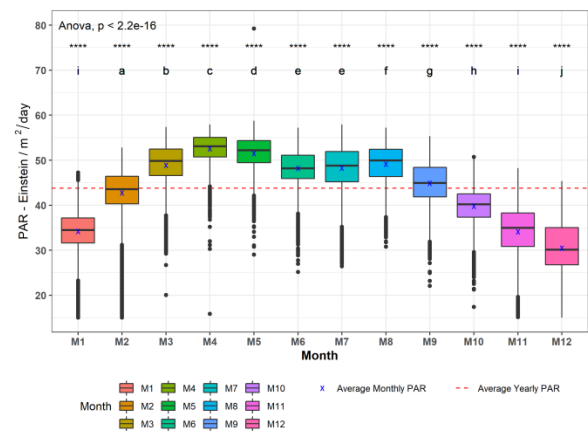
Giá trị PAR trong 11 năm (giai đoạn 2007 – 2017) dao động trong khoảng rộng 15,01 – 79,26 Einstein/m²/day, trung bình đạt $43,78 \pm 8,44$ Einstein/m²/day. Diễn biến PAR

trung bình trong 11 năm được chia làm hai giai đoạn, giai đoạn một từ tháng 3 đến tháng 9 và giai đoạn hai từ tháng 10 đến tháng 2 như thể hiện trên hình 2. Cụ thể trong giai đoạn một, giá trị PAR trung bình tháng lớn hơn trung bình 11 năm (lớn hơn 43,78 Einstein/m²/day). Trong khi đó giai đoạn hai, trung bình tháng PAR thấp hơn so với trung bình 11 năm (nhỏ hơn 43,78 Einstein/m²/day). Sự khác biệt về giá trị PAR giữa trung bình của từng tháng và trung bình 11 năm thì có ý nghĩa về mặt thống kê (t - test, $P < 0,0001$) (hình 2). Kết quả kiểm định ANOVA cho thấy, có sự khác biệt mang ý nghĩa thống kê về giá trị trung bình PAR giữa các tháng trong giai đoạn 2007 - 2017 (ANOVA, $P < 2,20 \times 10^{-16}$). Tuy nhiên không tìm thấy sự khác biệt trung bình PAR giữa tháng 1 và tháng 11 (Tukey, $P = 0,14$); giữa tháng 6 và tháng 7 (Tukey, $P = 0,99$). Trung bình hóa giá trị PAR cho thấy, PAR đạt cực đại trong tháng 4 và cực tiểu trong tháng 12 với các giá trị tương ứng đạt $52,58 \pm 3,15$ Einstein/m²/day và $30,53 \pm 5,43$ Einstein/m²/day (hình 2). Sự chênh lệch PAR giữa giá trị cực đại và cực tiểu là hơn 1,7 lần.

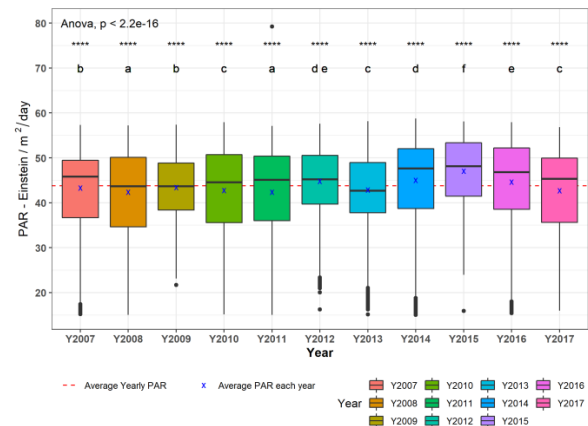
Trong giai đoạn 2007 – 2017, giá trị PAR trung bình năm biến động không theo xu hướng rõ ràng và có tìm thấy sự khác biệt về giá trị PAR giữa các năm (ANOVA, $P < 2,2 \times 10^{-16}$) (hình 3). Tuy nhiên trong một số năm, giá trị PAR không có khác biệt mang ý nghĩa thống kê (Tukey, $P > 0,05$): Năm 2007 và năm 2009; năm 2008 và năm 2011; năm 2010 và năm 2013; năm 2010 và năm 2017; năm 2012 và năm 2014; năm 2012 và năm 2016; năm 2013 và năm 2017 như thể hiện trên hình 3. Trong khoảng thời gian 11 năm, PAR đạt giá trị cao nhất trong năm 2015 và thấp nhất trong năm 2011 với giá trị tương ứng đạt $47,07 \pm 7,25$ Einstein/m²/day và $42,38 \pm 9,72$ Einstein/m²/day, dao động PAR giữa các năm thấp, lớn nhất chỉ đạt khoảng

1,11 lần. Kết quả kiểm định t - test cho thấy có sự chênh lệch về giá trị PAR giữa trung bình từng năm và trung bình 11 năm (t - test, $P < 0,0001$) (hình 3).

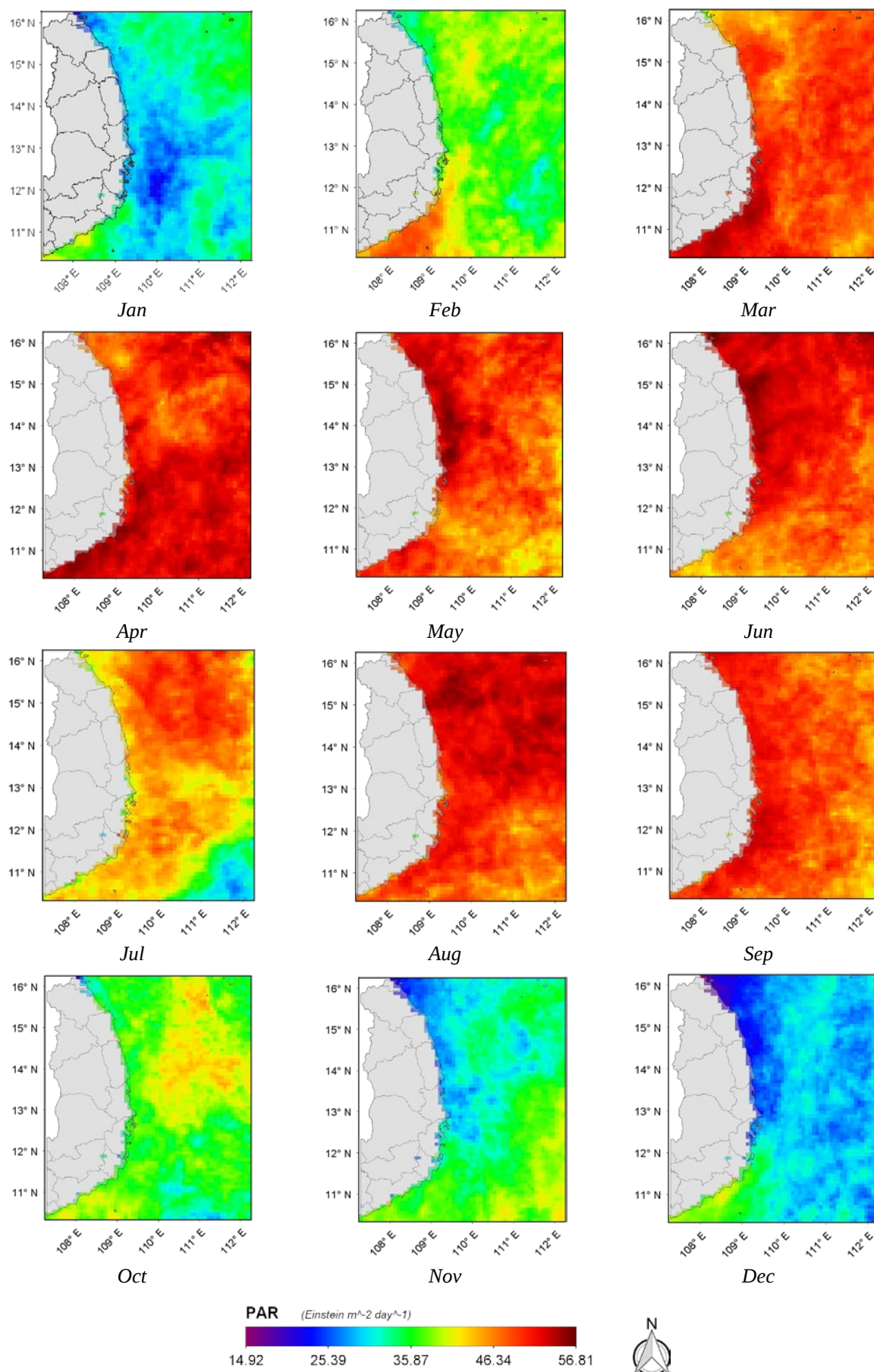
Kết quả phân bố không gian của PAR trong năm 2017 được trình bày chi tiết trên Hình 4. Trong thời gian từ tháng 1 đến tháng 4 và từ tháng 9 đến tháng 12 cho thấy PAR tập trung cao tại vùng biển phía Nam từ Ninh Thuận đến Bình Thuận, đặc biệt là dải ven bờ (107,30°E - 110°E). Trong khi đó từ tháng 5 đến tháng 9, giá trị PAR lớn tập trung tại vùng biển phía Bắc của vùng nghiên cứu, từ Đà Nẵng đến Bắc Khánh Hòa.



Hình 2. Diễn biến PAR theo tháng giai đoạn 2007 – 2017 (****: $P < 0.0001$).



Hình 3. Diễn biến PAR theo năm giai đoạn 2007 – 2017 (****: $P < 0.0001$).



Hình 4. Phân bố không gian PAR năm 2017.

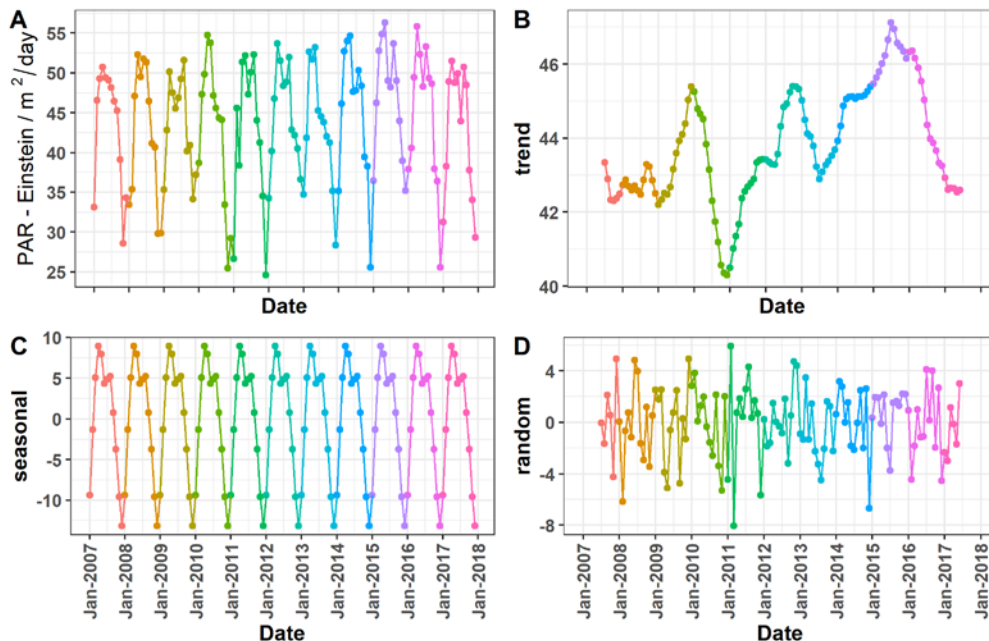
3.2. Phân tích chuỗi số liệu PAR giai đoạn 2007 - 2017

Dữ liệu PAR thu thập (observed) (Hình 5A) được phân rã và phân tích theo 3 thành phần: phần xu hướng (trend) (hình 5B), phần mùa (seasonal) (hình 5C) và phần ngẫu nhiên (random) (hình 5D). Theo đó trong giai đoạn 2007 – 2017, giá trị PAR thu thập tương đối ổn định, hầu như không có biến động giữa các năm (hình 5A). Phần xu hướng biến thiên không rõ ràng, tăng giảm theo từng giai đoạn, trong đó đạt cực đại trong năm 2015 và cực tiểu trong năm 2010 (hình 5B). Dữ liệu PAR có chu kỳ biến thiên theo mùa, đạt giá trị cao nhất trong mùa xuân (tháng 3 đến tháng 5) và thấp nhất trong mùa đông (tháng 12 đến tháng 2) và xu hướng biến thiên theo mùa này lặp lại trong từng năm (hình 5C). Thành phần ngẫu nhiên thì độc lập với thời gian (hình 5D).

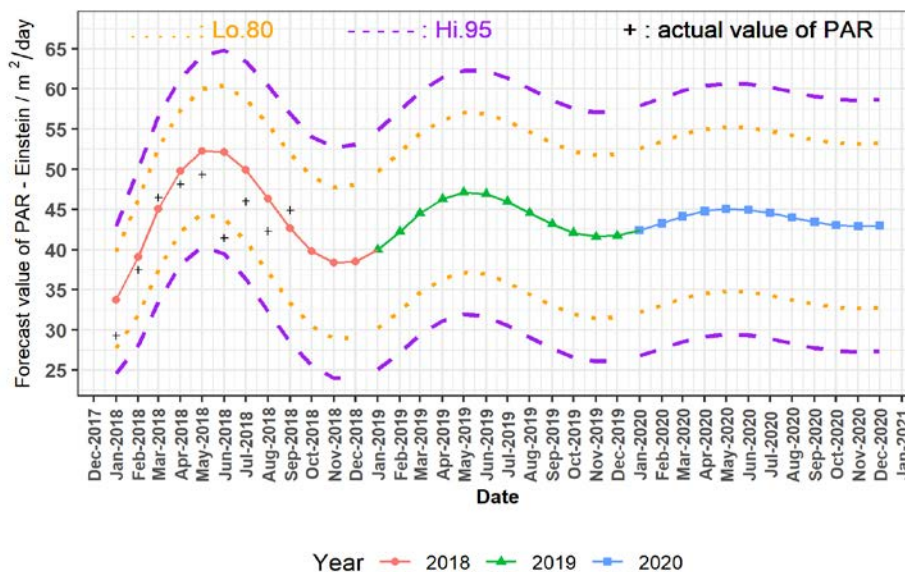
Kết quả kiểm định ADF cho thấy chuỗi dữ liệu PAR ban đầu có tính dừng, do đó giá trị $d = 0$ (ADF test, $P = 0,01$). Thông qua phân tích biểu đồ tương quan liên hoàn và biểu đồ tương quan liên hoàn từng phần, xác định được $p = 3$ và $q = 2$. Do đó mô hình ARIMA (3, 0, 2) cần xây dựng có tự hồi quy bậc 3, đồng tích hợp bậc 0 và trung bình

trượt bậc 2. Kiểm định độ chính xác của mô hình ARIMA (3, 0, 2) bằng cách so sánh giá trị PAR dự báo từ mô hình với giá trị PAR thực tế trích xuất từ ảnh MODIS-Aqua giai đoạn 01/2018 – 09/2018. Kết quả kiểm định cho thấy mô hình ARIMA (3, 0, 2) dự báo chính xác giá trị PAR giai đoạn tháng 01/2018 – tháng 09/2018 với giá trị RMSE đạt 4,55 và MAE đạt 3,65. Hầu hết giá trị PAR thực tế có xu hướng phân bố trong khoảng tin cậy 80% (Lo.80), ngoại trừ giá trị PAR tháng 06/2018; bên cạnh đó tất cả các giá trị PAR thực tế đều nằm trong khoảng tin cậy 95% (Hi.95) (hình 6).

Sử dụng mô hình ARIMA (3, 0, 2) để dự báo giá trị PAR trong khoảng tương lai gần (2018 – 2020) (hình 6). Biểu đồ này cho thấy được khuynh hướng biến động PAR trong từng năm tương quan với những năm trước đó. The đó trong mỗi năm 2018, 2019 và 2020, giá trị PAR dự báo có chu kỳ biến thiên theo mùa, đạt giá trị cực đại trong mùa xuân và cực tiểu trong mùa đông, tương đương với xu hướng mùa trong giai đoạn 2007 – 2017. Bên cạnh đó, biểu đồ cũng cho thấy khoảng dao động giữa cực đại và cực tiểu giá trị PAR dự báo trong năm giảm theo thời gian từ năm 2018 đến 2020.



Hình 5. Phân tích PAR theo chuỗi thời gian (2007 – 2017).



Hình 6. Kết quả dự báo giá trị PAR giai đoạn 2018 – 2020.

4. Kết luận

Giá trị PAR trong 11 năm (giai đoạn 2007 – 2017) dao động trong khoảng rộng 15,01 – 79,26 Einstein/m²/day, trung bình đạt $43,78 \pm 8,44$ Einstein/m²/day. Bức xạ quang hợp biến thiên mạnh giữa các tháng khác nhau (ANOVA, $P < 0.05$) và giữa các năm khác nhau (ANOVA, $P < 0.05$). Dữ liệu PAR có chu kỳ biến thiên theo mùa, đạt giá trị cực đại trong mùa xuân và cực tiểu trong mùa đông; và xu hướng biến thiên theo mùa này lặp lại trong từng năm. Phân bố không gian của chúng cũng khác nhau giữa các tháng khác nhau

Kết quả dự báo giá trị PAR trong khoảng thời gian từ 2018 – 2020 từ mô hình ARIMA cho thấy trong mỗi năm 2018, 2019 và 2020, giá trị PAR dự báo cũng có chu kỳ biến thiên theo mùa, đạt giá trị cực đại trong mùa xuân và cực tiểu trong mùa đông, tương đương với xu hướng mùa trong giai đoạn 2007 – 2017 □

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn chủ nhiệm đề tài ĐTDL.CN-28/17 đã hỗ trợ và tạo điều kiện để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Feng, L., Qin, W., Wang, L., Lin, A., & Zhang, M. (2018). *Comparison of Artificial Intelligence and Physical Models for Forecasting Photosynthetically -Active Radiation*. Remote Sensing, 10(11), 1855.
- [2] Frouin, R., McPherson, J., Ueyoshi, K., & Franz, B. A. (2012). *A time series of photosynthetically available radiation at the ocean surface from SeaWiFS and MODIS data*. Paper presented at the Remote Sensing of the Marine Environment II.
- [3] Hoàng Trọng, & Chu Nguyễn Mộng Ngọc. (2008). *Phân tích dữ liệu nghiên cứu với SPSS*. Đại học kinh tế thành phố Hồ Chí Minh.
- [4] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2014). *Forecasting: principles and practice*: OTexts.
- [5] Lee, Y. J., Matrai, P. A., Friedrichs, M. A., Saba, V. S., Antoine, D., Ardyna, M., Benoît-Gagné, M. (2015). *An assessment of phytoplankton primary productivity in the Arctic Ocean from satellite ocean color/in situ chlorophyll-a based models*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 120(9), 6508-6541.
- [6] Mangiafico, S. S. (2015). *An R companion for the handbook of biological statistics, version 1.09c*. New Brunswick, NJ: Rutgers Cooperative Extension.
- [7] Mueter, F., Shotwell, S., Atkinson, S., Coffin, B., Doyle, M., Hinckley, S., Waite, J. (2016). *NORTH PACIFIC RESEARCH BOARD GULF OF ALASKA INTEGRATED ECOSYSTEM RESEARCH PROGRAM*.
- [8] NASA Goddard Space Flight Center. (2014). *MODIS Daily Mean Photosynthetically Available Radiation*. Retrieved 06-14, 2018, from <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/par.php>
- [9] Nwoko, S. C., & Amadi, S. O. (2018). *A Global Review of Empirical Models for Estimating Photosynthetically Active Radiation*. Trends in Renewable Energy, 4(2), 236-327.

- [10] Tang, W., Qin, J., Yang, K., Niu, X., Min, M., & Liang, S. (2017). *An efficient algorithm for calculating photosynthetically available radiation with MODIS products*. Remote sensing of environment, 194, 146-154.

Ngày nhận bài: 26/11/2018

Ngày chuyển phản biện: 29/11/2018

Ngày hoàn thành sửa bài: 17/12/2018

Ngày chấp nhận đăng: 24/12/2018