ĐÁNH GIÁ ƯỚC TÍNH BỨC XẠ MẶT TRỜI TỪ VỆ TINH VÀ MÔ HÌNH TÁI PHÂN TÍCH TẠI VIỆT NAM

Pham Thi Thanh Nga[1,*], Nguyen Thi Phuong Hao[1], Nguen Tien Cong[1]
[1] *Vietnam National Space Center – VAST*; [*]Email: pttnga@vnsc.org.vn

TÓM TẮT
Điện mặt trời đang phát triển nhanh chóng trong những năm gần đây nhờ sự khuyến khích của Chính phủ trong lĩnh vực năng lượng tái tạo. Số liệu chính xác về bức xạ mặt trời đến bề mặt ngày càng quan trọng trong việc triển khai thành công các nhà máy quang điện mặt trời. Tuy nhiên, các đo đạc bức xạ chỉ hạn chế ở một số trạm trên toàn quốc. Ảnh vệ tinh cung cấp khả năng giám sát bức xạ bề mặt trên các khu vực rộng lớn với độ phân giải không gian và thời gian cao là một giải pháp thay thế với chi phí thấp. Bên cạnh đó là sản phẩm tái phân tích cũng đưa ra các tham số bức xạ tại bề mặt ở độ phân giải thô hơn. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã so sánh sản phẩm bức xạ AMATERASS ước tính từ vệ tinh Himawari-8 và ERA-Interim với quan trắc của 5 trạm đo bức xạ ở Việt Nam. Kết quả cho thấy tương quan cao giữa ước tính vệ tinh và dữ liệu quan trắc (0,91-0,93), tốt hơn nhiều so với tái phân tích. Các chỉ số thống kê về độ lệch của 2 dữ liệu so với quan trắc và so với nhau được tính toán và phân tích theo không gian và theo mùa.

Từ khóa: Bức xạ mặt trời, Himawari-8, ERA-Interim, đánh giá bức xạ.

1. GIỚI THIỆU

Ngoài ứng dụng chính của vệ tinh địa tĩnh là theo dõi và dự báo thời tiết, các dẫn suất khác như nhiệt độ và phản xạ bề mặt, và đặc biệt là bức xạ mặt trời cũng là những sản phẩm quan trọng và đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới từ những thế hệ đầu tiên của vệ tinh địa tĩnh ở cả qui mô toàn cầu, khu vực và quốc gia. Tuy nhiên, do ước tính từ vệ tinh giá trị bức xạ là gián tiếp thông qua các phương trình thực nghiệm hoặc phương trình truyền bức xạ nên có những sai số nhất định. Để sử dụng dữ liệu một cách hiệu quả, đã có những nghiên cứu để đánh giá sự sai số của dữ liệu. Zelenka và cộng sự (1999) đã đưa ra nhận định chung là các giá trị bức xạ theo giờ có độ chính xác tương đồng đối với các giá trị được nội suy từ các trạm mặt đất trong khoảng cách 25 km. Đặc biệt, các tính toán bức xạ từ vệ tinh METEOSAT trong vòng 3 thập kỷ đã được đánh giá một cách tổng thể trong nghiên cứu của Müller và cộng sự (2015) cho thấy đối với giá trị chiếu xạ trên bề mặt, độ lệch là 1.3 W/m2.

Một cách tiếp cận khác để đánh giá bức xạ tại bề mặt là sản phẩm tái phân tích, trong đó các mô hình thời tiết được sử dụng trong chế độ tái phân tích để mô phỏng lại trạng thái của hệ khí quyển – trái đất trên toàn cầu kết hợp với các quan sát bề mặt và dữ liệu vệ tinh. Mặc dù độ chính xác của ước tính bức xạ từ tái phân tích thường thấp hơn so với các ước tính từ vệ tinh (Urraca và cộng sự, 2017) nhưng chúng tương đồng nhau ở khía cạnh độ bao phủ không gian và thời gian cũng như sự sẵn có của dữ liệu, hoàn toàn miễn phí. Hai bộ dữ liệu tái phân tích toàn cầu được sử dụng rộng rãi nhất là ERA-Interim của ECMWF (Dee và cs, 2011) và MERRA-2 của NASA's GMAO. Gần đây, một so sánh toàn diện giữa các bức xạ mặt trời từ ERA-Interim và MERRA và các phép đo trên bề mặt ở Châu Âu, Châu Phi và Đại Tây Dương đã được thực hiện trong một nghiên cứu của Boilley và Wald (2015). Kết quả của họ cho thấy xu hướng ước tính cao hơn trong cả hai bộ dữ liệu tái phân tích.

Dữ liệu ước tính từ vệ tinh hoặc sản phẩm tái phân tích có thể là những thay thế của phép đo mặt đất chỉ với sự hiểu biết đúng đắn về những hạn chế và độ chính xác của dữ liệu. Do vậy, nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá chất lượng ước tính bức xạ mặt trời của vệ tinh và mô hình bằng so sánh với số liệu thực đo, đồng thời so sánh giữa chúng để xem xét sự vượt trội của

từng loại dữ liệu. Phần 2 sẽ trình bày về dữ liệu và phương pháp, kết quả về sự đánh giá sai số và biến động không gian của sai số được trình bày trong phần 3, cuối cùng là kết luận.

2. SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Số liệu

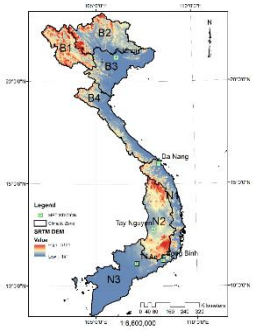
2.1.1. Ước tính bức xạ mặt trời từ vệ tinh Himawari-8 (AMATERASS) và ERA-Interim

Bức xạ ngang (GHI) trên bề mặt được ước tính từ vệ tinh thế hệ mới Himawari-8 sử dụng thuật toán EXAM (Nakajima và cs, 1995với sản phẩm với tên gọi AMATERASS được sửu dụng trong nghiên cứu này cho giai đoạn 12/2017-11/2018. Thuật toán ước tính dựa trên mạng thần kinh nhanh, tái tạo chính xác mô hình truyền bức xạ bằng phương pháp phân tích toàn diện cho phương pháp đo quang đám mây (CAPCOM, Nakajima và cs, 1995). AMATERASS có độ phân giải 4 x 4 km và mỗi 30 phút được cung cấp bởi JST/CREST (Nhật) tại trang Web (ftp.amaterass.org).

Dữ liệu ERA-Interim phiên bản thứ 4 của ECMWF (Dee và cs, 2011) với độ phân giải 0.125x0.125 độ kinh vĩ được sử dụng trong nghiên cứu này. Tham số bức xạ sóng ngắn tại bề mặt có được tại các bước thời gian 03,06,09,12 giờ từ 2 phiên chạy mô hình hàng ngày 00z và 12z. Chúng tôi sử dụng giai đoạn 1 năm tương ứng với dữ liệu vệ tinh và dữ liệu đo tại trạm cho nghiên cứu này. Dữ liệu ERA được đưa về lưới của vệ tinh và tổng bức xạ ngày được tính bằng cách tổng hợp dữ liệu tại 8 thời điểm phân tích.

2.1.2. Dữ liệu trạm đo mặt đất

Để đánh giá chúng tôi sử dụng dữ liệu của 5 trạm đo bức xạ bề mặt chất lượng cao mới được lắp đặt tháng 7/2017 của Điện lực do Ngân hàng thế giới tài trợ. Các trạm này đo liên tục 3 thành phần bức xạ mỗi 1 phút, từ đó có thể tính thành dữ liệu giờ và dữ liệu ngày. Thông tin vị trí các trạm như trong Hình 1.



Hình 1. Vị trí 5 trạm đo bức xạ và phân 7 vùng khí hậu Việt Nam (B1,B2,B3,B4,N1,N2,N3)

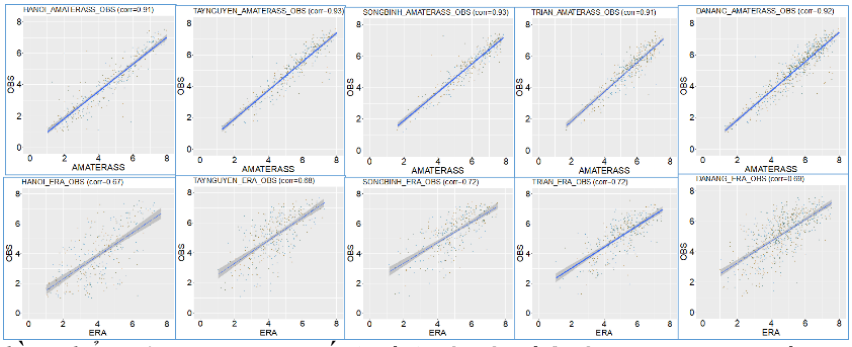
2.2. Phương pháp

Ước tính của AMATERASS và ERA-Interin được nội suy song tuyến tính về tọa độ của 5 trạm đo bề mặt. Sự sai lệch của các ước tính so với dữ liệu chính xác bề mặt được đánh giá thông qua các chỉ số thông thường, bao gồm: sai số trung bình (MBE), sai số tuyệt đối trung bình (MAE), sai số bình phương trung bình (RMSE) và hệ số tương quan. Các sai số tương đối được tính bằng cách chia cho giá trị trung bình của các quan trắc ở mỗi trạm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá ước tính từ vệ tinh và tái phân tích so với quan trắc bề mặt

Giản đồ tụ điểm so sánh giữa số liệu quan trắc ngày và ước tính từ vệ tinh AMATERASS và ERA được biểu diễn trên Hình 2. Nhìn chung, ước tính của AMATERASS tái hiện các quan trắc rất tốt ở hầu hết các trạm với hệ số tương quan trong cao, khoảng 0.91-0.93, trong khi tương quan với ERA chỉ trong khoảng 0.67-0.72. AMTERASS có xu hướng ước tính cao hơn so với bức xạ mặt trời quan sát được tại 5 địa điểm. Xu hướng này tương tự như kết quả của Dimiani và cộng sự (2018) tại 4 trạm ở Nhật Bản. Bằng cách đề cập đến tác động của sol khí đối với bức xạ mặt trời trên nhiều nghiên cứu trước đây, các tác giả giải thích rằng do không có hiệu ứng của sol khí trong thuật toán EXAM cho các sản phẩm AMATERASS, trong điều kiện không có mây, mô hình có thể dẫn đến sự đánh giá quá cao của bức xạ mặt trời trên tải khí dung thực tế tại các địa điểm. Tương quan thấp hơn của sản phẩm tái phân tích cũng rất phù hợp với các nghiên cứu trước đó vì chất lượng vượt trội trong các ước tính của vệ tinh (Jia và cs, 2013). Hơn nữa, có sai số lớn hơn trong phép toán nội suy từ lưới của ERA so với vệ tinh (Hakuba và cs, 2013).



Hình 2. Giản đồ tụ điểm của GHI quan trắc(ngày) và ước tính từ AMATERASS và ERA tại 5 trạm đo

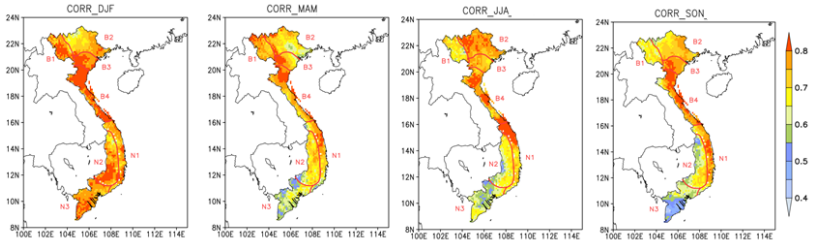
Các so sánh thống kê khác trong Bảng 1 cho thấy, trong khi AMATERASS có xu hướng ước tính cao hơn thực đo thì tái phân tích đưa ra các xu hướng khác nhau: thấp hơn ở 2 trạm Song bình và Tây nguyen, cao hơn ở các trạm còn lại. Sự trái ngược này làm cho khó lý giải hiệu suất của ERA-Interim, đặc biệt là trong biến động không gian vì số lượng trạm ít. Do đó, đáng để so sánh trực tiếp ERA-Interim với các ước tính dựa trên vệ tinh với giả thiết ước tính từ vệ tinh là xấp xỉ của các quan trắc mặt đất.

Bảng 1: So sánh thống kê giữa AMATERASS và ERA với số liệu quan trắc tại 5 trạm

Station	Ha Noi		Da Nang		Tay Nguyen		Song Binh		Tri An	
	AMA	ERA	AMA	ERA	AMA	ERA	AMA	ERA	AMA	ERA
R (%)	0.91	0.67	0.92	0.69	0.93	0.68	0.93	0.72	0.91	0.72
RMBE (%)	15.88	12.49	11.72	21.26	10.61	-11.19	13.33	-6.52	10.02	0.16
RMEA (%)	39.57	43.25	21.21	32.28	22.16	24.02	18.72	19.59	19.04	18.64
RRMSE (%)	42.76	55.19	46.35	51.98	30.4	30.58	25.85	25.53	25.38	24.38

3.2. Tương quan giữa ERA-Interim và AMATERASS

Chúng tôi tính hệ số tương quan giữa 2 bộ dữ liệu ở qui mô lưới cho 4 mùa khí hậu cho toàn Việt Nam như trên Hình 3. Hệ số tương quan lớn nhất ở khu vực Trung bộ ở cả 4 mùa, trong khi hệ số tương quan thấp nhất (dưới 0.5) ở khu vực Nam bộ (N3) vào các tháng 9-10-11. Vào các tháng mùa đông, ở tất cả các vùng hệ số tương quan đều lớn hơn 0.7 và thậm chí lớn hơn 0.8 ở nhiều vùng.

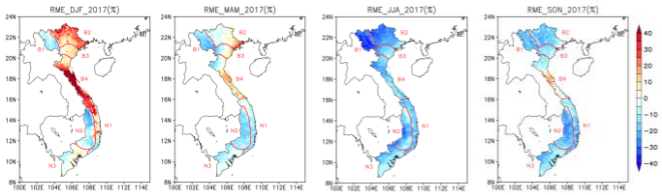


Hình 3. Tương quan giữa ERA và AMATERASS theo mùa

Sự biến động không gian của sai số trung bình tương đối theo mùa trên Hình 4 chỉ ra ước tính của ERA-Interim có xu hướng lệch âm so với AMATERASS trên cả nước ở các tháng 6-7-8 và 9-10-11, trong khi đó độ lệch dương thể hiện ở vùng phía bắc Việt Nam (B2,B3,B4), cao nhất đến 40% ở vùng B4 trong các tháng mùa đông (12-1-2). Mùa này, khu vực phía bắc thường chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc, do điều kiện địa hình nên có sự gia tăng của hoạt động của mây trên khu vực bắc Trung bộ (B4), như vậy, sự ước tính thiên cao của ERA-Interim có vẻ như do sự mô phỏng thấp hơn của bao phủ mây so với quan trắc vệ tinh.

Sự biến động không gian của sai số trung bình tương đối theo mùa trên Hình 4 chỉ ra ước tính của ERA-Interim có xu hướng lệch âm so với AMATERASS trên cả nước ở các tháng 6-7-8 và 9-10-11, trong khi đó độ lệch dương thể hiện ở vùng phía bắc Việt Nam (B2,B3,B4), cao nhất đến 40% ở vùng B4 trong các tháng mùa đông (12-1-2). Mùa này, khu vực phía bắc thường chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc, do điều kiện địa hình nên có sự gia tăng của hoạt động của mây trên

khu vực bắc Trung bộ (B4), như vậy, sự ước tính thiên cao của ERA-Interim có vẻ như do sự mô phỏng thấp hơn của bao phủ mây so với quan trắc vệ tinh.



Hình 4. BME tương đối giữa ERA-Interim và AMATERASS theo mùa

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả đánh giá sản phẩm bức xạ AMATERASS và ERA-Interim so với 5 trạm đo tại Việt Nam trong khoảng thời gian từ tháng 12 năm 2017 đến tháng 11 năm 2018 đã xác nhận sự vượt trội của ước tính từ vệ tinh so với tái phân tích ở Việt Nam. Ước tính bức xạ mặt trời AMATERASS hàng ngày có mối tương quan rõ rệt (0,91 đến 0,93) với các quan sát bề mặt với độ lệch chủ yếu là dương, trong khi ERA-Interim tương quan thấp hơn. Hiệu suất tốt hơn của các sản phẩm từ vệ tinh so với tái phân tích cho thấy ảnh hưởng lớn của sự biến đổi mây đối với sai số của bức xạ mặt trời. So sánh trực tiếp giữa hai sản phẩm cho thấy sự tương quan khá tốt giữa chúng theo mùa, nhưng ERA-Interim ước tính thấp hơn, đặc biệt trong các tháng mùa hè thu có sự hoạt động mạnh của mây đối lưu.

Tóm lại, trong điều kiện hạn chế của mạng lưới trạm đo bức xạ bề mặt ở Việt Nam, các ước tính bức xạ từ vệ tinh hoàn toàn có thể là lựa chọn thay thế nổi bật vì hiệu suất cao về độ chính xác và độ phân giải không gian và thời gian so với các sản phẩm tái phân tích. Tuy nhiên, sản phẩm tái phân tích lại lợi thế trong chuỗi thời gian dài hơn cho các nghiên cứu khí hậu. Do đó, hiệu chỉnh để sử dụng kết hợp các ước tính dựa trên vệ tinh và phân tích lại là cần thiết trong các nghiên cứu trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đề tài thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ cấp Quốc gia về Công nghệ Vũ trụ (mã số VT-CB.14/18-20). Dữ liệu AMATERASS được cung cấp bởi JST/CREST TEEDDA, Japan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Boilley, Alexandre, and Lucien Wald. 2015. "Comparison between meteorological re-analyses from ERA-Interim and MERRA and measurements of daily solar irradiation at surface. *Renewable Energy*, 75: 135-143.

[2] Damiani, Alessandro, et al 2018. Evaluation of Himawari-8 surface downwelling solar radiation by ground-based measurements. Atmospheric Measurement Techniques, 11(4): 2501-2521.

[3] Dee, Dick P., S. M. Uppala, et al. 2011. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the royal meteorological society*, 137 (656): 553-597.

[4] Hakuba, Maria Zyta,et al. 2013. Spatial representativeness of ground-based solar radiation measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118 (15) (2013): 8585-8597.

[5] Jia, Binghao, Zhenghui Xie, et al 2013. Evaluation of satellite and reanalysis products of downward surface solar radiation over East Asia: Spatial and seasonal variations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **118** (9): 3431-3446.

[6] Müller R., Pfeifroth U.,et al., 2015: Digging the METEOSAT treasure-3 decades of solar surface radiation. *Remote Sensing*, 7(6), 8067-8101.

[7] Nakajima, Takasm Y., and Teruyuki Nakajma, 1995. Wide-area determination of cloud microphysical properties from NOAA AVHRR measurements for FIRE and ASTEX regions. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 52: 4043-4059.

[8] Urraca, Ruben, Ana M. et al, 2017. "Extensive validation of CM SAF surface radiation products over Europe. *Remote sensing of environment*, 199: 171-186.

[9] Zelenka A., Perez R., et al. 1999: Effective accuracy of satellite-derived hourly irradiances. *Theoretical and Applied Climatology*, 62; pp. 199-207.

EVALUATION OF SATELLITE-BASED ESTIMATE AND REANALYSIS MODEL OF SOLAR RADIATION IN VIETNAM

Pham Thi Thanh Nga[1,*], Nguyen Thi Phuong Hao[1], Nguen Tien Cong[1]
[1] *Vietnam National Space Center – VAST*; [*]Email: pttnga@vnsc.org.vn

ABSTRACT

The development of Solar energy system is growing rapidly in Vietnam in recent years by encouragement of the Government in renewable energy. Requirement for accurate knowledge of the solar radiation reaching the surface is increasingly important in the successful deployment of Solar photovoltaic plants. However, measurements of different components of solar resources including direct normal irradiance (DNI) and global horizontal irradiance (GHI) are limited to few stations over whole country. Satellite imagery provides an ability to monitor the surface radiation over large areas at high spatial and temporal resolution as alternatives at low cost. Observations from the new Japanese geostationary satellite Himawari-8 produce imagery covering Asia-Pacific region, permitting estimation of GHI and DNI over Vietnam at 10-minute temporal resolution. However, accurate comparisons with ground observations are essential to assess their uncertainty. In this study, we evaluated the Himawari-8 radiation product AMATERASS provided by JST/CREST TEEDDA using observations recorded at 5 stations in different regions of Vietnam. The result shows good agreement between satellite estimation and observed data with high correlation of range 0.91-0.93, much better than reanalysis. Statistics of errors between 2 database were estimated and analysed in spatial and seasonal variations.

Key words: Solar radiation, Himawari-8, ERA-Interim, radiation evaluation.