

XÂY DỰNG BỘ CÔNG CỤ TÍNH TOÁN LAN TRUYỀN SÓNG BẰNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO ANN

Vũ Văn Ngọc^{1*}, Tạ Đức Hải²

TÓM TẮT

Tính toán lan truyền sóng từ ngoài khơi đến khu vực gần bờ là vấn đề quan trọng khi xem xét các hiện tượng thủy động lực khu vực gần bờ, được quan tâm hàng đầu trong các thiết kế công trình chính trị của sông, ven biển. Để tính toán lan truyền sóng, có thể dùng phương pháp truyền thống bằng công thức có xét các hệ số giảm sóng (hệ số sóng vỡ, khúc xạ, nhiễu xạ...). Theo hướng hiện đại, hiện nay dùng mô hình hóa theo hướng vật lý và được thực hiện qua chương trình thương mại như MIKE ZERO (Đan Mạch), DELFT3D (Hà Lan)... Bên cạnh đó, một số nghiên cứu có tính mới thông qua mô hình đó là, mô hình hóa theo hướng dữ liệu dựa trên các luật học, học sâu... Nghiên cứu này tính toán lan truyền sóng sẽ được thực hiện thông qua mô hình Mike 21SW và mô hình mạng nơ ron nhân tạo ANN, từ đó so sánh, đánh giá độ chính xác của hai phương pháp, sau đó xây dựng bộ công cụ tính toán lan truyền sóng bằng mô hình mạng nơ ron nhân tạo. Phương pháp ANN sử dụng với mạng nơ ron nhân tạo đa lớp (Multi-layer Perceptron - MLP) và giải thuật lan truyền ngược (Backpropagation algorithm).

Từ khóa: *Mạng nơ ron nhân tạo, Mike 21SW, dự báo sóng biển.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các tham số sóng gần bờ có vai trò quan trọng đối với nghiên cứu thủy động lực vùng ven biển, nó cũng là đầu vào cho hầu hết các tính toán kết cấu công trình bảo vệ khu vực cửa sông, ven biển.

Để tính toán lan truyền sóng, theo hướng truyền thống, việc tính toán bắt đầu từ sóng khởi điểm ở ngoài khơi có được qua phân tích số liệu thống kê sóng có sẵn ở khu vực nước sâu hoặc thông qua tính toán sóng khởi điểm từ tốc độ gió và đà gió. Sóng tại khu vực gần bờ được tính truyền dẫn theo các đường đẳng sâu thông qua công thức truyền sóng $H_i = H_o K_{sh} K_R$. Trong đó, K_i là hệ số giảm sóng do nước nông và hệ số giảm sóng do khúc xạ.

Theo hướng hiện đại, tính toán lan truyền sóng bằng phương pháp mô hình hóa theo quá trình vật lý. Việc mô hình hóa quá trình lan truyền sóng về bản chất được thể hiện như sơ đồ ở hình 1. Bộ công cụ phổ biến để tính toán sóng như

MIKEZERO, DELFT3D, TELEMAC, SWAN... Dữ liệu cung cấp cho mô hình gồm sóng ngoài khơi, gió ở độ cao 10 m trên mặt biển, mực nước trên toàn miền tính. Quá trình mô phỏng lan truyền sóng từ ngoài khơi vào bờ được xem xét khá đầy đủ các quá trình vật lý như sóng vỡ, sóng khúc xạ, nhiễu xạ, kết quả đáp ứng tốt theo thực tế, phương pháp này đang dần phổ biến tại Việt Nam.

Mô hình hóa theo hướng dữ liệu bằng mạng nơ ron nhân tạo trong các bài toán, tính toán mô phỏng cũng như dự đoán đang dần trở nên phổ biến. Một số nghiên cứu gần đây cho thấy, sự phát triển mạnh mẽ của các ứng dụng ANN trong lĩnh vực nghiên cứu sóng biển. Scott C. James và cs (2018) [1] mô phỏng sóng trên miền tính 2D tại khu vực biển hỏ, vịnh Monterey bằng mô hình SWAN và mô hình học máy (ML), so sánh tương quan kết quả đạt được độ chính xác trên 90%. Nghiên cứu của Jadran Berbić và cs (2017) [2] dự báo sóng trong vịnh kín Adriatic tại các điểm có dữ liệu quan trắc dài hạn theo chuỗi thời gian và kết quả cho độ chính xác đều trên 90%. D. J. Peres và cs (2015) [3] sử dụng ANN với dữ liệu đầu vào là tốc độ gió U, V tái phân tích của NCEP/NCAR ứng dụng cho vùng biển RON ở Italia, kết quả phân

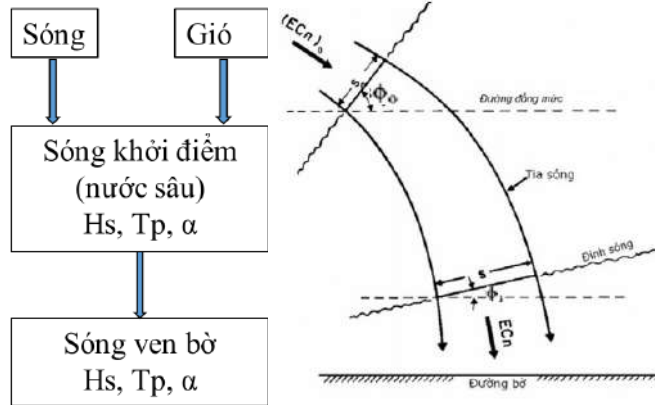
¹ Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sóng biển

² Khoa Hàng không vũ trụ, Học viện Kỹ thuật Quân sự

* Email: vuvanngoc85@gmail.com

tích bằng ANN được so sánh với kết quả từ mô hình tiên tiến như WaveWatch III/CFRS và chỉ ra mô hình hoạt động tốt, có tính thực tiễn cao. Bên cạnh đó, các nghiên cứu khác như dự báo sóng phản xạ do các công trình trong bể cảng, dự báo độ đục của nước biển, dự báo sự lan truyền sóng gần bờ từ dữ liệu sóng toàn cầu [4 - 6]. Tại Việt Nam, một số nghiên cứu có sử dụng ANN trong

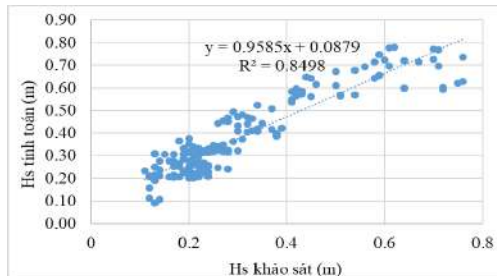
lĩnh vực thủy văn và hải văn cũng đã được công bố [7 - 9]. Nghiên cứu của Trần Hồng Thái và cs (2022) [10] dự báo độ cao sóng tại trạm Cồn Cỏ (tỉnh Quảng Trị) được thực hiện bằng mô hình ANN hồi quy, theo các hạn dự báo 6, 12, 18 và 24 giờ. Trong đó, sử dụng mô hình đơn biến và mô hình hai biến, kết quả cho thấy độ tin cậy cao của mô hình hai biến, hệ số tương quan đạt trên 58%.



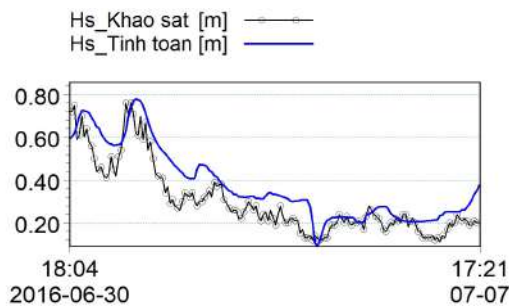
Hình 1. Sơ đồ tính toán lan truyền sóng từ ngoài khơi đến khu vực gần bờ

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21SW được dùng để tính toán lan truyền sóng nhằm mục đích so sánh đánh giá với mô hình ANN và đồng thời tạo chuỗi dữ liệu đầu vào cho ANN.

2. TÍNH TOÁN SÓNG BẰNG MÔ HÌNH MIKE 21SW



(a) Tương quan sóng giữa tính toán và khảo sát

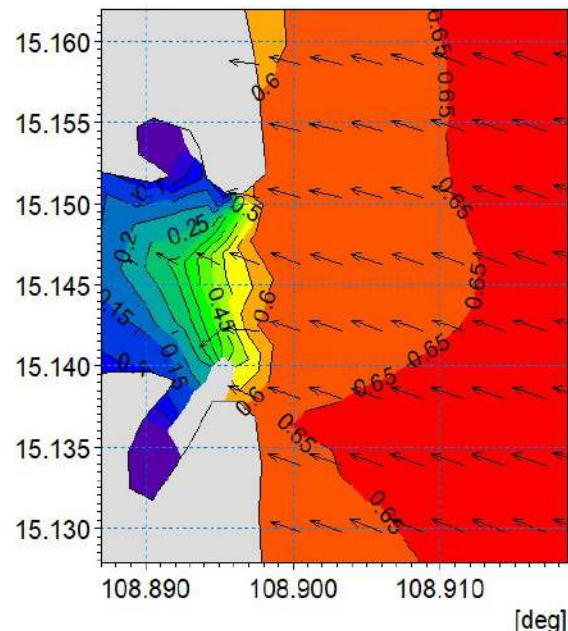


(b) So sánh sóng giữa tính toán và khảo sát

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Khu vực thực hiện nghiên cứu là biển cửa Đại, nằm trực diện cửa sông Trà Khúc thuộc tỉnh Quảng Ngãi.

2.2. Phương pháp tính toán

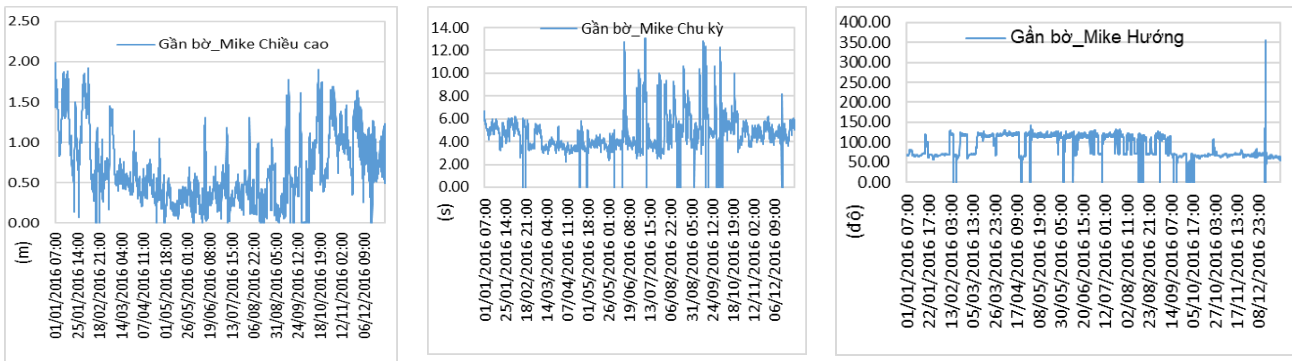


(c) Trường sóng tại khu vực cửa Đại được mô phỏng bằng mô hình Mike 21SW

Hình 2. Kết quả tính toán và so sánh chiều cao sóng giữa mô hình Mike 21SW và số liệu thực đo tại cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi

Tính toán lan truyền sóng được thực hiện bằng phương pháp mô hình hóa theo hướng quá trình vật lý thông qua bộ công cụ Mike 21SW. Số liệu sử dụng để tính toán gồm các thông số sóng ngoài khơi là H_s , T_p , α . Số liệu sóng ngoài khơi được trích xuất từ kết quả mô phỏng sóng toàn cầu được thực hiện bởi NOAA và mô phỏng bằng mô hình WaveWatch III. Số liệu mực nước được dự báo bằng bộ hàng số điều hòa tích hợp sẵn trong bộ mô hình Mike Zero. Số liệu sóng ven bờ được sử dụng để kiểm chứng kết quả mô phỏng là số liệu sóng được khảo sát tại cửa Đại từ 30/6 -

7/7/2016. Mô hình sóng Mike 21SW được thiết lập cho khu vực cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi để mô phỏng sóng trong thời gian khảo sát, qua đó kiểm chứng sự tương quan giữa kết quả tính toán và số liệu thực tế. Hình 2 thể hiện kết quả kiểm chứng cho thấy, mô phỏng chiều cao sóng tương đối tốt, mức tương quan giữa mô phỏng và thực đo đạt xấp xỉ 85%. Mô hình được tiếp tục sử dụng mô phỏng cho thời gian dài hơn để có số liệu xây dựng công cụ ANN. Kết quả mô phỏng cho 1 năm từ 1/1 - 30/12/2016 được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Kết quả tính toán sóng gần bờ bằng Mike 21SW từ 1/1 - 30/12/2016

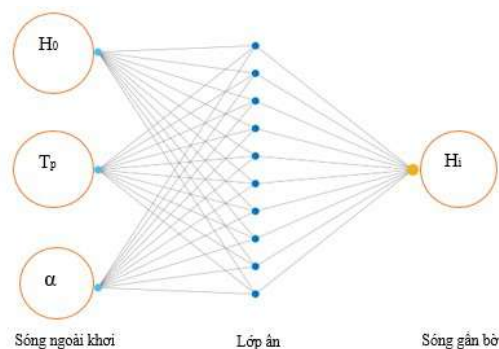
3. BỘ CÔNG CỤ TÍNH TOÁN LAN TRUYỀN SÓNG BẰNG NƠ- RON NHÂN TẠO

Trong nghiên cứu này, việc dự báo sóng ven bờ tại khu vực biển cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi được thực hiện bằng mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp (Multi-layer Perceptron - MLP) và giải thuật lan truyền ngược (Backpropagation algorithm). Hình 4 thể hiện sơ đồ khối của mạng nơ-ron lan truyền ngược. Hình 5 thể hiện cấu trúc mạng nơ-ron đa

lớp với 3 đầu vào và 1 đầu ra, trong đó chiều cao sóng ngoài khơi ký hiệu H_0 chiều cao sóng ven bờ ký hiệu H_i . Để huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo cần chuẩn bị một tập dữ liệu mẫu (bao gồm tập đầu vào và tập dữ liệu mục tiêu). Quá trình huấn luyện mạng nơ-ron sử dụng giải thuật lan truyền ngược là quá trình so sánh đầu ra của mạng với giá trị mục tiêu và điều chỉnh các trọng số để đưa sai số về giá trị nhỏ nhất.



Hình 4. Sơ đồ khối mạng nơ-ron nhân tạo với giải thuật lan truyền ngược



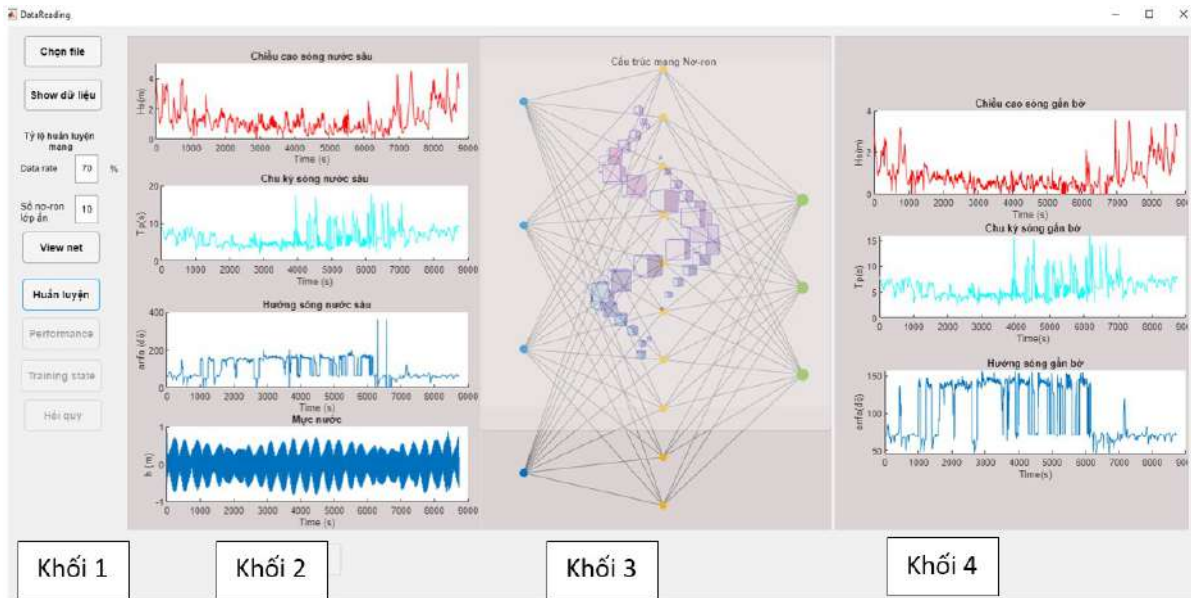
Hình 5. Cấu trúc mạng nơ-ron đa lớp, 3 đầu vào, 1 đầu ra

Để thực hiện mô phỏng sóng ven bờ từ số liệu sóng ngoài khơi bằng mô hình ANN có thể trực tiếp ứng dụng công cụ nntool trong Matlab. Tuy

nhiên, việc thực hiện với nntool đòi hỏi quá trình nghiên cứu để tiếp cận, khai thác, nó cũng không có giao diện nên việc thực hiện phải thông qua

một số câu lệnh trong Matlab. Trong nghiên cứu này, giới thiệu bộ công cụ được lập trình với giao diện tiếng Việt, các trình đơn được thể hiện rõ ràng để dễ dàng thao tác đối với người sử dụng. Bộ công cụ được xây dựng trên nền tảng Matlab có 4 mô đun chính gồm: Mô đun nhập dữ liệu, mô đun hiển thị dữ liệu, mô đun tính toán, mô đun phân tích kết quả. Hình 6 thể hiện giao diện của bộ công cụ đã được xây dựng. Trong đó, “Khối 1” là khu

vực các nút theo chức năng cụ thể như “chọn file”, “show dữ liệu”, “tỉ lệ huấn luyện”, “view net”, “huấn luyện”, “dự báo”, “hồi quy”. “Khối 2” thể hiện biểu đồ dữ liệu tương ứng theo chức năng từ nút “show dữ liệu”. “Khối 3” thể hiện sơ đồ mạng nơ ron với số lớp ẩn, số đầu vào và số đầu ra cần dự báo theo các thiết lập tương ứng từ các thông số ở “Khối 1”. “Khối 4” thể hiện kết quả tính toán của mạng nơ ron nhân tạo.



Hình 6. Giao diện tính toán của công cụ ANN

Để sử dụng bộ công cụ ANN trong tính toán sóng gần bờ, cần chuẩn bị tệp dữ liệu (Bảng 1), trong nghiên cứu này đã chuẩn bị một tệp dữ liệu gồm 8.760 hàng và 7 cột. Nguồn số liệu này gồm các thông số sóng ngoài khơi được trích xuất từ mô hình sóng toàn cầu WaveWatch III của NOAA, sóng ven bờ được trích xuất từ kết quả mô phỏng

lan truyền sóng trong năm 2016 bằng mô hình Mike 21SW (Hình 3), mực nước được dự báo từ bộ hàng số điều hòa toàn cầu tích hợp sẵn trong MikeZero. Tệp dữ liệu có 8.760 hàng tương ứng với 24 giờ trong ngày, lần lượt 365 ngày của năm 2016.

Bảng 1. Tệp dữ liệu chuẩn bị để sử dụng bộ công cụ ANN

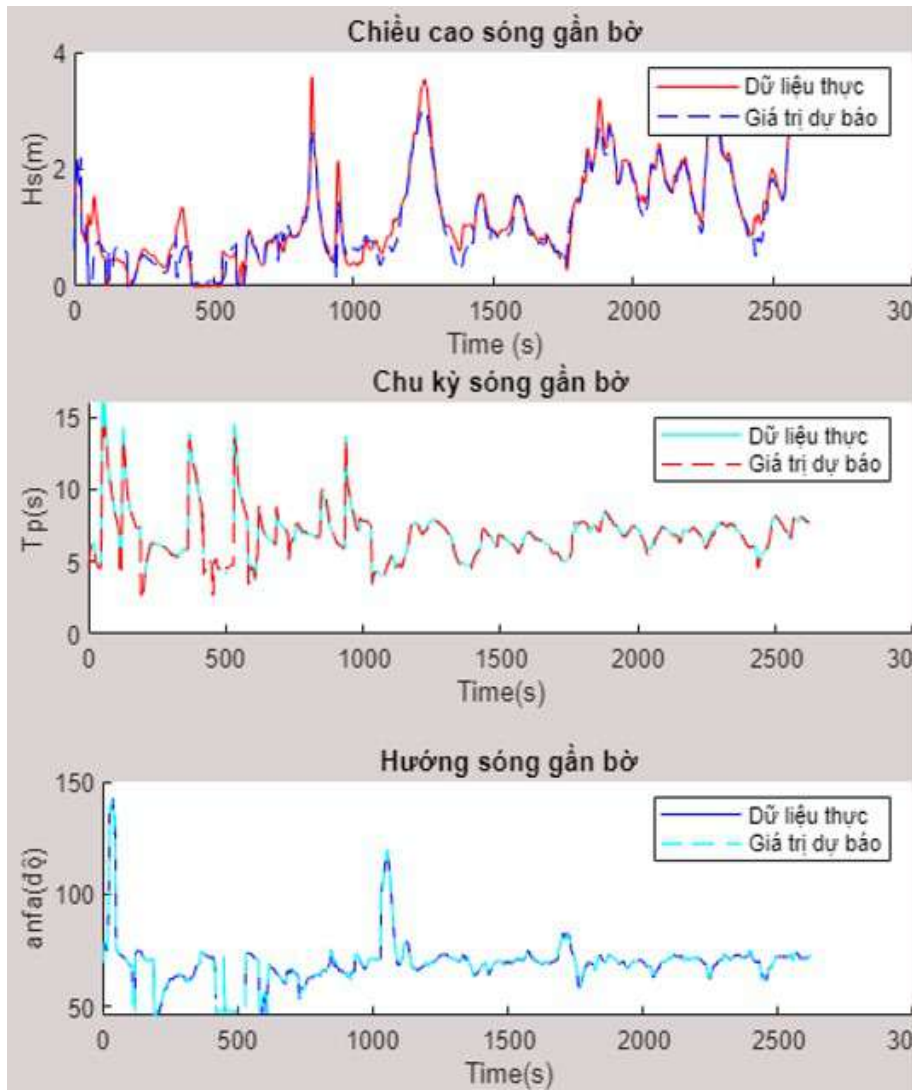
TT	Thông số sóng và mực nước gần bờ				Thông số sóng ngoài khơi		
	Hs	Ts	Dir	Hw	Hs_CD	Ts_CD	Dir_CD
1	3,97	9,44	61,29	-0,5	3,08	7,95	70,54
2	3,9	9,37	60,92	0,84	2,99	8,12	70,81
.....
.....
8.760	3,64	9,23	61,87	0,06	2,85	7,93	71,2

Hình 6 thể hiện dữ liệu sóng ngoài khơi, mực nước và sóng gần bờ được nạp vào chương trình tính và được hiển thị ở hai khu vực phía bên trái và

bên phải của giao diện tính toán. Chọn tỉ lệ huấn luyện là 70%, tỉ lệ kiểm định và dự báo là 30%. Như vậy số lượng dòng dữ liệu sẽ được dự báo là 30% x

8.760 = 2.628 dòng kết quả tính toán số liệu sóng ven bờ, kết quả sẽ được so sánh lại với dữ liệu nạp vào để đánh giá độ chính xác. Để thực hiện quá trình này, người dùng nhập 70 vào phần “data rate” để xác lập tỉ lệ huấn luyện. Để khởi tạo mạng, người dùng nhập số lượng lớp ẩn tùy ý, trong

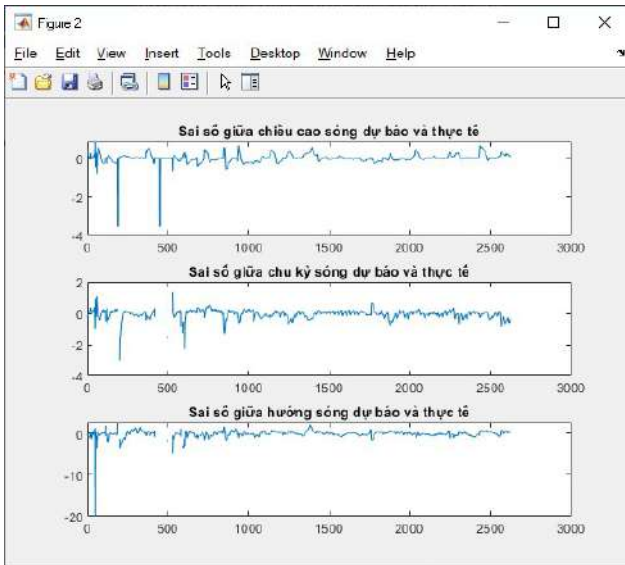
nghiên cứu này đã thực hiện minh họa với 10 lớp ẩn, khi đó khu vực giữa của giao diện sẽ hiện thị sơ đồ mạng gồm 3 đầu vào, 10 lớp ẩn, 3 đầu ra. Sau toàn bộ các bước trên, người dùng bấm vào nút “huấn luyện”, tiếp theo bấm vào nút “dự báo” (Hình 7).



Hình 7. Tương quan kết quả tính toán bằng bộ công cụ nơ ron nhân tạo và giá trị mô phỏng bằng Mike 21SW cho năm 2016

Hình 7 thể hiện kết quả tính toán sau khi mô hình ANN được huấn luyện, kết quả thể hiện 2.628 hàng, kết quả sóng gần bờ được tính bằng bộ công cụ đã xây dựng (biểu thị bằng nét đứt), kết quả có xu thế bám sát dữ liệu thực (biểu thị bằng nét liền), đánh giá tương quan so với kết quả của Mike 21SW đạt 98,6% đối với thông số H_s , đạt trên 99% đối với thông số T_p và α . Đồ thị sai số giữa giá trị tính toán và giá trị thực được tự động hiển thị cùng và thể hiện ở hình 8, tương

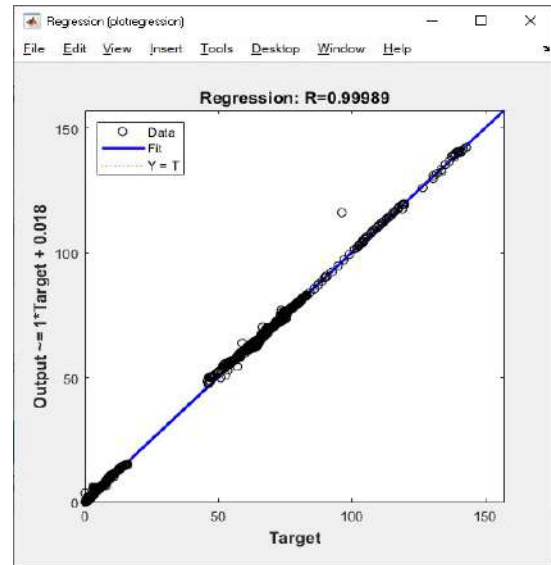
quan toàn bộ kết quả của quá trình huấn luyện và tính toán tương ứng 8.760 hàng dữ liệu (Hình 9). Qua các tính toán với bộ công cụ kể trên có thể thấy rằng, hiệu quả tính toán của bộ công cụ với mô hình mạng nơ ron nhân tạo khá tốt, độ chính xác của tính toán bằng mô hình ANN tương đương với Mike 21SW, tốc độ tính toán chỉ diễn ra trong vài giây trong khi đó với mô phỏng sóng trong 1 năm bằng mô hình Mike 21SW đến vài trăm giờ.



Hình 8. Sai số giữa giá trị tính toán và thực tế

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện tính toán sóng ven bờ khu vực cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi trong thời gian 365 ngày, năm 2016 bằng hai phương pháp mô hình hóa Mike 21SW và mô hình ANN. Việc thực hiện đều xuất phát từ sóng khởi điểm ngoài khơi của NOAA mô phỏng bằng WaveWatch III. Quá trình tính toán bằng mô hình Mike 21SW và mô hình ANN đều cho kết quả tốt. Đáng lưu ý, hiệu suất tính toán bằng mô hình ANN tương đối tốt, đạt độ chính xác tương đương với Mike 21SW, tốc độ tính toán chỉ mất vài giây cho một năm. Qua nghiên cứu này, đã giới thiệu về bộ công cụ tính toán được xây dựng với giao diện tiếng Việt khá trực quan và dễ sử dụng, chỉ cần thông qua một số thao tác đơn giản bằng các nút bấm có sẵn, người dùng có thể thuận tiện tính toán và điều chỉnh, đánh giá độ chính xác. Bộ công cụ được xây dựng với thử nghiệm dữ liệu huấn luyện được tái tạo từ mô phỏng Mike 21SW (có kiểm định mô hình trước khi mô phỏng) mặc dù vậy chưa xem xét được đầy đủ các tình huống sóng diễn biến trên thực tế, kết quả đạt được chỉ giới hạn ở tương đương kết quả mô phỏng của Mike 21SW. Trong điều kiện đó, ANN tương đương với Mike 21SW và do đó sai số so với số liệu thực tế cũng tương đương và ở mức khoảng 15% như đối với phần kiểm chứng mô hình (chỉ đạt tương quan khoảng 85%).



Hình 9. Tương quan toàn bộ quá trình huấn luyện và tính toán của 8.760 hàng dữ liệu

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài khoa học công nghệ tiềm năng cấp Bộ “Nghiên cứu mạng nơ ron nhân tạo ANN dự đoán tham số sóng gần bờ khu vực Cửa Đại, tỉnh Quảng Ngãi”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Scott C. James, Yushan Zhang, Fearghal O'Donncha (2018). A machine learning framework to forecast wave conditions, Coastal Engineering, Volume 137, pages 1 - 10.
2. Jadran Berbić, Eva Ocvirk, Dalibor Carević, Goran Lončar (2017). Application of neural networks and support vector machine for significant wave height prediction, Oceanologia, volume 59, issue 3, pages 331 - 349, ISSN 0078-3234, <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.007>.
3. D.J. Peres, C. Iuppa, L. Cavallaro, A. Cancelliere, E. Foti (2015). Significant wave height record extension by neural networks and reanalysis wind data, Ocean Modelling, volume 94, pages 128 - 140, ISSN 1463 - 5003, <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2015.08.002>.
4. Hyun-Doug Yoon, Daniel T. Cox, Munki Kim (2013). Prediction of time-dependent sediment suspension in the surf zone using artificial neural network, Coastal Engineering, volume 71, pages 78 - 86, ISSN 0378 - 3839, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.08.005>.

5. Yunwei Wang, Jun Chen, Hui Cai, Qian Yu, Zeng Zhou (2021). Predicting water turbidity in a macro-tidal coastal bay using machine learning approaches, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, volume 252, 107276, ISSN 0272 - 7714, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107276>.
6. Sooyoul Kim, Tracey H.A. Tom, Masahide Takeda, Hajime Mase (2021). A framework for transformation to nearshore wave from global wave data using machine learning techniques: Validation at the Port of Hitachinaka, Japan, *Ocean Engineering*, volume 221, 108516, ISSN 0029 - 8018, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108516>.
7. Lê Văn Nghinh, Hoàng Thanh Tùng, Nguyễn Ngọc Hải (2006). Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ ron thần kinh vào dự báo lũ các sông ở tỉnh Bình Định và Quảng Trị. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số. 14., tr 65 – 70.
8. Nguyễn Đăng Tinh (2008). Ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo để dự báo mưa và dòng chảy làm cơ sở cho công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai hạn hán trên một số lưu vực sông thuộc vùng Tây nguyên Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số. 22, tr 41 – 48.
9. Đặng Văn Tô (2010). Phục hồi dữ liệu sóng biển bằng mạng nơ-ron nhân tạo. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển T10*, số 1, tr 17 - 25.
10. Trần Hồng Thái, Mai Văn Khiêm, Nguyễn Bá Thủy, Bùi Mạnh Hà, Phạm Khánh Ngọc (2022). Xây dựng mô hình mạng nơ ron hồi quy dự báo độ cao sóng có nghĩa tại trạm Cồn Cỏ, Quảng Trị, Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, tập. 4, số. 736(1), tr 73 - 84.

INTRODUCING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) WAVE PROPAGATION CALCULATION TOOLKIT

Vu Van Ngoc¹, Ta Duc Hai²

¹*Key Laboratory of River and Coastal Engineering - Vietnam Academy for Water Resources (KLORCE)*

²*Faculty of Aerospace Engineering, Military Technical Academy.*

Summary

The calculation of wave propagation from offshore to nearshore is a well-known and important issue in studying nearshore hydrodynamic phenomena, especially in the design of river mouth and coastal engineering projects. Traditional methods for wave propagation calculations involve empirical formulas that consider wave attenuation coefficients (such as wave breaking coefficient, reflection coefficient, diffraction coefficient, etc.). In modern approaches, physical process modeling is used and implemented through commercial programs such as MIKE ZERO (Denmark), DELFT3D (Netherlands), etc. Additionally, there are some innovative studies using data-driven models based on machine learning, deep learning, and other learning algorithms. In this paper, the wave propagation calculation will be conducted using the MIKE 21SW model and an artificial neural network (ANN) model. The accuracy of the two methods will be compared and evaluated, and subsequently, a wave propagation calculation toolkit will be developed using the artificial neural network model.

Keywords: ANN, Mike 21SW, wave prediction.

Người phản biện: PGS.TS. Trần Thanh Tùng

Ngày nhận bài: 10/7/2023

Ngày thông qua phản biện: 9/8/2023

Ngày duyệt đăng: 16/8/2023