

# NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG GIÁM SÁT VÀ DỰ BÁO BÃO THEO THỜI GIAN THỰC ỨNG DỤNG MÔ HÌNH BLENDING TECHNIQUES

Nguyễn Thanh Bằng, Lê Phương Hà, Phạm Quang Hiệp  
Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 15/10/2024; ngày chuyển phân biên: 16/10/2024; ngày chấp nhận đăng: 12/11/2024

**Tóm tắt:** Trong những năm gần đây, nhờ sự tiến bộ vượt bậc của công nghệ, các hệ thống giám sát và cảnh báo bão theo thời gian thực đã đạt được nhiều thành tựu đáng kể. Bài viết này giới thiệu hệ thống dự báo và cảnh báo bão do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu phát triển. Hệ thống này bao gồm 3 phần chính: Hệ thống lưu trữ và xử lý số liệu, mô hình dự báo bão Blending, hệ thống cung cấp thông tin và hỗ trợ ứng phó khẩn cấp. Hệ thống sử dụng dữ liệu đầu vào từ các trạm quan trắc mưa, gió, và áp suất không khí, cùng với dự báo từ các mô hình thời tiết toàn cầu. Các thông tin này được thu thập theo thời gian thực, giúp hệ thống đưa ra các dự báo chính xác về hướng đi, cường độ và tác động của cơn bão. Kết quả dự báo bão gồm tốc độ gió, lượng mưa, nhiệt độ, sóng biển, hướng và bán kính ảnh hưởng của bão, các khu vực có nguy cơ bị ảnh hưởng, cùng với các cảnh báo sớm giúp người dân và cơ quan chức năng chuẩn bị ứng phó. Hệ thống được xây dựng trên nền tảng WebGIS, mang đến giao diện thân thiện và trực quan. Nhờ đó, người dùng có thể dễ dàng theo dõi diễn biến của bão và nhận các cảnh báo kịp thời, hỗ trợ hiệu quả cho công tác phòng chống bão, giảm thiểu rủi ro và thiệt hại do bão gây ra.

**Từ khóa:** Webgis, Blending techniques, dự báo bão.

## 1. Giới thiệu chung

Bão là một trong những hình thái thiên tai nghiêm trọng và khó lường nhất, thường xuyên gây ra thiệt hại lớn về người và tài sản trên khắp thế giới. Mỗi năm, hàng triệu người bị ảnh hưởng bởi các cơn bão nhiệt đới, điển hình là ở các khu vực ven biển. Bão không chỉ phá hủy cơ sở hạ tầng mà còn ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp, sinh kế và môi trường, làm gia tăng nguy cơ nghèo đói và bất ổn xã hội. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, các hiện tượng bão ngày càng gia tăng về số lượng cũng như cường độ, đe dọa cuộc sống của con người trên diện rộng [1]. Điều này đặt ra yêu cầu cấp bách về việc phát triển các hệ thống giám sát và cảnh báo sớm nhằm giúp các quốc gia chuẩn bị tốt hơn cho thiên tai này.

Theo Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO), việc giám sát và dự báo bão đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ tính mạng và tài sản

của người dân. Các hệ thống cảnh báo sớm cần được xây dựng dựa trên dữ liệu từ nhiều nguồn như vệ tinh, trạm quan trắc, radar và mô hình dự báo khí tượng. Những năm gần đây, nhiều nghiên cứu và dự án trên thế giới đã tập trung vào việc nâng cao độ chính xác và tốc độ của các hệ thống dự báo bão nhằm giảm thiểu tác động của các cơn bão. Một trong những xu hướng mới phát triển gần đây là ứng dụng kỹ thuật hoà hợp (blending techniques) các thông tin trường quy mô lớn từ GFS và trường quy mô nhỏ từ mô hình khu vực độ phân giải cao có đồng hóa dữ liệu đa nguồn nhằm cải thiện chất lượng dự báo cường độ bão và mưa lớn gây ra do bão, áp thấp nhiệt đới trên Biển Đông như tại Hoa Kỳ đã xây dựng mô hình HWRF (Hurricane Weather Research and Forecasting) là một hệ thống dự báo thời tiết hiện đại, được phát triển đặc biệt để nghiên cứu và dự báo hành vi của các cơn bão nhiệt đới. Đây là công cụ tiên tiến tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn như vệ tinh, máy bay thám hiểm bão, và cảm biến đại dương, giúp phân tích chính xác quỹ đạo, cường độ, và cấu trúc của bão. Với độ phân giải cao (2-3 km) và khả

Liên hệ tác giả: Nguyễn Thanh Bằng  
Email: bangnt.imhen@gmail.com

năng kết hợp các yếu tố khí quyển và đại dương, HWRP có thể dự báo chi tiết sự tương tác giữa bão và môi trường xung quanh. Điều này giúp hỗ trợ hiệu quả cho các cơ quan khí tượng trong việc cảnh báo và ứng phó thiên tai [2].

Ngoài ra, các tổ chức quốc tế cũng đang hợp tác để phát triển và chia sẻ dữ liệu dự báo bão giữa các quốc gia. Chương trình Hợp tác Toàn cầu về Dự báo Bão (TIGGE), do WMO khởi xướng, là một nền tảng dữ liệu toàn cầu cung cấp các dự báo về bão từ các trung tâm khí tượng hàng đầu thế giới. Chương trình này đã giúp các quốc gia, đặc biệt là những nước đang phát triển, tiếp cận với các công nghệ và dữ liệu tiên tiến để cải thiện khả năng dự báo và cảnh báo bão [3].

Tại Việt Nam, nơi nằm trong vùng chịu ảnh hưởng nặng nề bởi bão nhiệt đới, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm cải thiện hệ thống cảnh báo và dự báo bão. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu đã triển khai hệ thống dự báo bão dựa trên mô hình WRF (Weather Research and Forecasting) và kết hợp với các dữ liệu quan trắc từ các trạm khí tượng, vệ tinh và radar thời tiết. Hệ thống này đã giúp nâng cao độ chính xác trong việc dự báo đường đi và cường độ bão, đặc biệt trong những năm gần đây khi tình hình thời tiết diễn biến phức tạp hơn do tác động của biến đổi khí hậu [4].

Tóm lại, các nghiên cứu và dự án trên thế giới đều nhấn mạnh tầm quan trọng của việc phát triển các hệ thống giám sát và cảnh báo bão chính xác, kịp thời. Những tiến bộ trong công nghệ quan trắc và mô hình dự báo bão đã và đang góp phần quan trọng vào việc giảm thiểu thiệt hại do bão gây ra, đặc biệt là kỹ thuật Blending. Việc đưa được những dự báo này lên Webgis theo thời gian thực, có hình ảnh trực quan là việc vô cùng cần thiết và cần được triển khai sớm.

## 2. Cơ sở lý thuyết hệ thống giám sát và cảnh báo bão

Hệ thống giám sát và cảnh báo bão bao gồm 3 thành phần chính:

*Hệ thống lưu trữ và xử lý số liệu:* Hệ thống này thu nhận và tích hợp dữ liệu từ nhiều

nguồn, bao gồm các trạm quan trắc khí tượng bề mặt và các mực trên cao, cung cấp thông tin về gió, nhiệt độ, độ ẩm, áp suất; cùng với dữ liệu radar thời tiết, dữ liệu vệ tinh ... . Đồng thời, hệ thống cũng sử dụng bộ số liệu dự báo toàn cầu GFS (Global Forecast System) để cung cấp thông tin điều kiện biên và điều kiện ban đầu của mô hình.

*Mô hình dự báo bão Blending:* Mô hình này sử dụng mô hình dự báo thời tiết WRF kết hợp với kỹ thuật Blending để dự báo Bão. Kỹ thuật Blending (hòa hợp sóng) là một phương pháp hiện đại được sử dụng trong mô hình dự báo thời tiết nhằm cải thiện chất lượng trường ban đầu của mô hình. Blending kết hợp thông tin quy mô lớn từ các mô hình toàn cầu như GFS (Global Forecast System) với thông tin quy mô địa phương từ các mô hình khu vực như WRF (Weather Research and Forecasting). Phương pháp này tận dụng ưu điểm của từng loại mô hình: GFS cung cấp thông tin chính xác về cấu trúc khí quyển quy mô lớn, trong khi WRF chi tiết hóa các đặc điểm khí quyển ở quy mô nhỏ hơn. Bằng cách hòa hợp sóng, trường ban đầu được tối ưu hóa, giúp tăng độ chính xác và chất lượng trong dự báo bão.

Số liệu trong hệ thống lưu trữ sẽ được đưa vào mô hình dự báo thời tiết thông qua phương pháp đồng hóa số liệu kết hợp với kỹ thuật Blending trong mô hình dự báo bão Blending. Kết quả của dự báo sẽ được chuyển lên hệ thống cung cấp thông tin và hỗ trợ ứng phó khẩn cấp.

*Hệ thống cung cấp thông tin và hỗ trợ ứng phó khẩn cấp:* Hệ thống này cung cấp các thông tin giám sát, cảnh báo một cách trực quan cho người dùng trên nền tảng WebGIS. Các thông tin cung cấp được chia thành các thông tin mở cho tất cả mọi người và thông tin phục vụ riêng cho các đối tượng sử dụng có tài khoản truy cập hệ thống. Tất cả người dùng sẽ được truy cập thông tin mưa, nhiệt, sóng và gió tại thời điểm hiện tại và 24 giờ vừa qua. Trong điều kiện bão xảy ra, người dùng có thể theo dõi quỹ đạo bão di chuyển, bán kính ảnh hưởng của cơn bão cũng như thông tin cảnh báo các khu vực mà bão có thể đi qua để người dân chủ động phòng chống.

### 2.1. Mô hình tổng quan của hệ thống

Người dùng truy cập vào hệ thống thông qua máy chủ web được đặt trong vùng DMZ, nơi có Reverse Proxy và Web Cache để bảo vệ và tăng tốc quá trình truy cập.

Dịch vụ địa lý nằm trong MAZ xử lý các yêu cầu liên quan đến bản đồ và dữ liệu không gian. Máy chủ WebGIS Application Server và Data Service Gateway tiếp tục quản lý và phân phối dữ liệu.

Dữ liệu được lưu trữ an toàn trong Database Server và SAN/NAS Storage ở vùng HAZ. Các công cụ bảo mật đảm bảo dữ liệu được mã hóa và chỉ có người dùng đã xác thực mới truy cập được.

Máy chủ Web sử dụng các công nghệ như MS IIS và PHP, trong khi MapServer và GeoServer đảm nhận việc cung cấp các dịch vụ không gian địa lý.

Dữ liệu không gian (như dữ liệu dự báo và vệ

ting) và dữ liệu phi không gian (như thông tin người dùng và tác động thiên tai) được quản lý và xử lý thông qua các máy chủ và lưu trữ trên hệ thống này.

### 2.2. Mô hình dữ liệu của hệ thống

Dữ liệu không gian: Bao gồm các lớp bản đồ, dữ liệu dự báo, và dữ liệu vệ tinh.

Dữ liệu phi không gian: Bao gồm thông tin người dùng, các tác động của thiên tai, và các dữ liệu liên quan khác.

Luồng dữ liệu:

Người dùng: Tương tác với hệ thống thông qua WebGIS Application Server để truy vấn và xem dữ liệu không gian.

Dữ liệu: Được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu (Database Server) và các kho lưu trữ (SAN/NAS Storage), sau đó cung cấp thông tin cho người dùng qua Data Service Gateway. Các thông tin chi tiết được tổng hợp tại Bảng 1.

Bảng 1. Mô tả các dữ liệu trong hệ thống

Loại dữ liệu	Thành Phần	Mô tả
Dữ liệu không gian	Dữ liệu dự báo	Thông tin về các dự báo thời tiết, thiên tai, được thể hiện dưới dạng bản đồ và các lớp không gian.
	Dữ liệu vệ tinh	Hình ảnh và thông tin thu thập từ vệ tinh, hỗ trợ phân tích các hiện tượng tự nhiên.
Dữ liệu phi không gian	Dữ liệu người dùng	Thông tin về người dùng hệ thống, bao gồm tài khoản, quyền truy cập, và lịch sử hoạt động.
	Tác động thiên tai	Dữ liệu liên quan đến các tác động của thiên tai như bão, lũ lụt, ảnh hưởng đến các khu vực cụ thể.
HAZ	Database Server	Lưu trữ toàn bộ dữ liệu hệ thống bao gồm dữ liệu không gian và phi không gian.
	SAN/NAS Storage	Lưu trữ dữ liệu lớn và cung cấp khả năng truy xuất dữ liệu nhanh chóng cho các máy chủ.

### 2.3. Mô hình kiến trúc công nghệ

Máy chủ Web: Sử dụng MS IIS và PHP để xử lý các yêu cầu web và chạy ứng dụng GIS.

Dịch vụ không gian địa lý: MapServer và GeoServer cung cấp dịch vụ bản đồ và dữ liệu không gian cho các ứng dụng.

Máy chủ CSDL: MS SQL Server lưu trữ và quản lý toàn bộ dữ liệu hệ thống.

Công cụ bảo mật: Bảo vệ dữ liệu và người dùng thông qua các cơ chế xác thực và mã hóa.

Hạ tầng lưu trữ: SAN/NAS Storage cung cấp lưu trữ dữ liệu lớn, đảm bảo tính an toàn và hiệu suất truy xuất cao.

Luồng dữ liệu:

Người dùng: Tương tác với hệ thống thông qua máy chủ Web và nhận dữ liệu từ dịch vụ không gian địa lý.

Dữ liệu: Được lưu trữ và quản lý bởi máy chủ CSDL và SAN/NAS Storage, với các lớp bảo mật đảm bảo an toàn.

## 2.4. Giao diện và các chức năng chính

Trang web được xây dựng tại địa chỉ <https://web-map.ombio.vn/> với giao diện

được thiết kế thân thiện với người dùng và các chức năng chính được thể hiện như Bảng 2.

Bảng 2. Các chức năng chính của trang Web

STT	Tên Chức năng	STT	Tên Chức năng
1.	Biểu diễn trường sóng	6.	Đánh giá, ước tính tác động thiên tai do bão
2.	Biểu diễn trường gió	7.	Lựa chọn mốc thời gian dự báo
3.	Biểu diễn trường lượng mưa	8.	Định vị cơn bão hiện có
4.	Biểu diễn trường nhiệt độ	9.	Xuất bản tin dự báo
5.	Biểu diễn vị trí, quỹ đạo bão dự báo		

## 3. Đánh giá thử nghiệm hệ thống

### 3.1. Kết quả đánh giá độ chính xác và kiểm định thực tế

Nghiên cứu đã chạy thử nghiệm cho 4 cơn bão trong mùa bão năm 2023 (Bảng 3) thông qua so sánh giữa phương pháp đồng hóa (BLD\_DA), không đồng hóa (CTL).

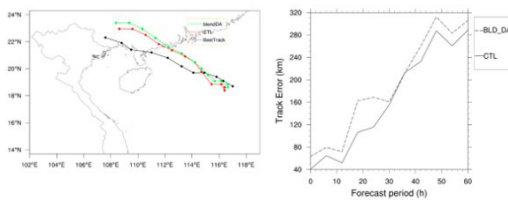
Với bão Talim, Phương pháp BLD\_DA cho thấy khả năng dự báo quỹ đạo bão tốt hơn phương pháp CTL, đặc biệt là trong giai đoạn

cuối. Đường dự báo của BLD\_DA gần sát với quỹ đạo thực tế hơn (Hình 1).

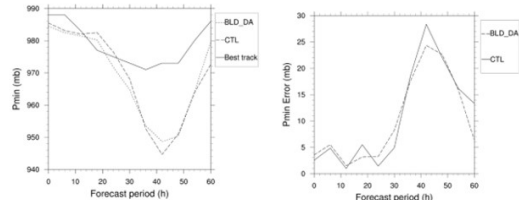
Phương pháp BLD\_DA cho thấy khả năng dự báo áp suất cực tiểu, vận tốc gió cực đại tốt hơn phương pháp CTL. Đường dự báo của BLD\_DA gần sát với đường thực tế (best track) hơn, đặc biệt là trong giai đoạn đầu. Về mô phỏng mưa tích lũy 24 h, BLD\_DA có sự tương đồng cao hơn với dữ liệu vệ tinh (GSMAP) so với hình ảnh CTL, cho thấy việc đồng hóa dữ liệu đã giúp cải thiện đáng kể độ chính xác của mô hình.

Bảng 3. Danh sách các cơn bão chạy thử nghiệm

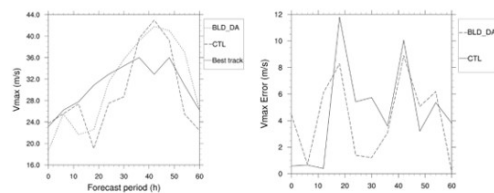
TT	Tháng	Tên quốc tế	Số hiệu VN	Pmin	Vmax	Bắt đầu	Kết thúc
1	7	TALIM	Bão số 1	970	65	13 h/15/7	13 h/18/7
2	8	SAOLA	Bão số 3	935	100	13 h/24/8	22 h/02/9
3	9	KOINU	Bão số 4	940	90	01 h/30/9	16 h/09/10
4	10	SANBA	Bão số 5	1000	40	11 h/18/10	10 h/20/10



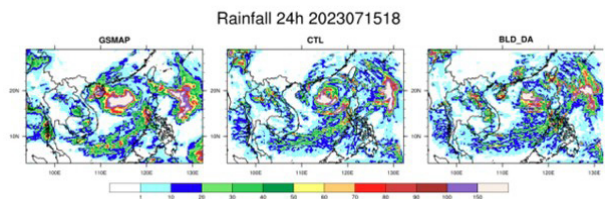
a) Quỹ đạo bão và sai số dự báo



b) Dự báo áp suất cực tiểu tại tâm bão

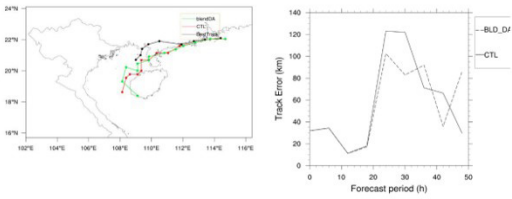


c) Dự báo vận tốc gió cực đại Vmax

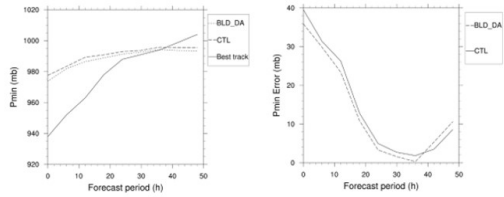


d) Mô phỏng lượng mưa tích lũy 24 h

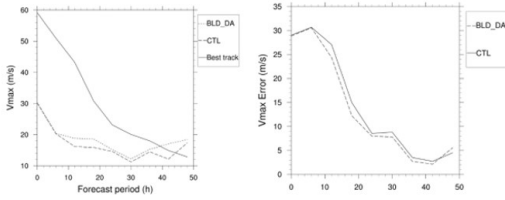
Hình 1. Kết quả thử nghiệm bão Talim



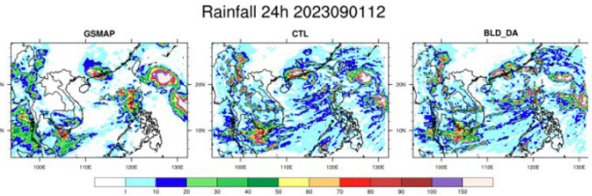
a) Quỹ đạo bão và sai số dự báo



b) Dự báo áp suất cực tiểu tại tâm bão

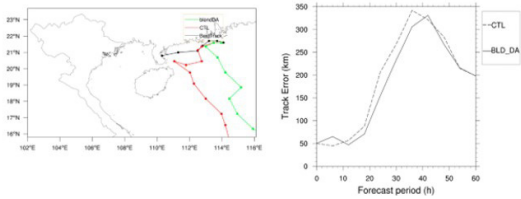


c) Dự báo vận tốc gió cực đại Vmax

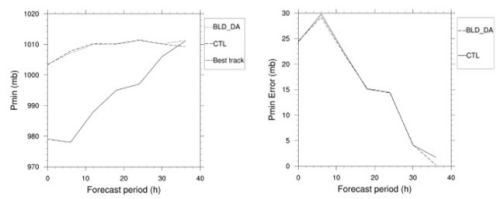


d) Mô phỏng lượng mưa tích lũy 24 h

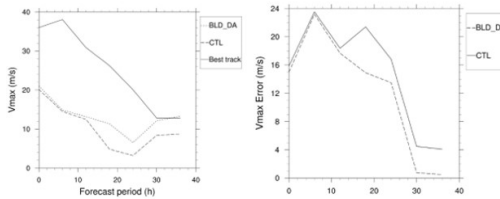
Hình 2. Kết quả thử nghiệm bão Saola



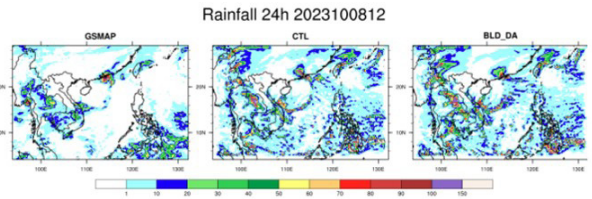
a) Quỹ đạo bão và sai số dự báo



b) Dự báo áp suất cực tiểu tại tâm bão

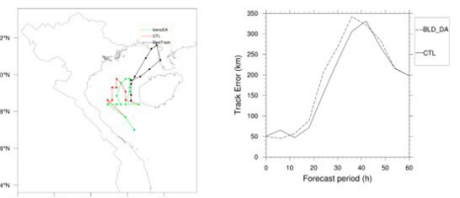


c) Dự báo vận tốc gió cực đại Vmax

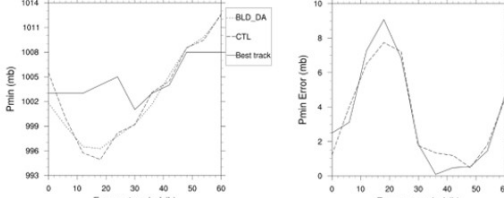


d) Mô phỏng lượng mưa tích lũy 24 h

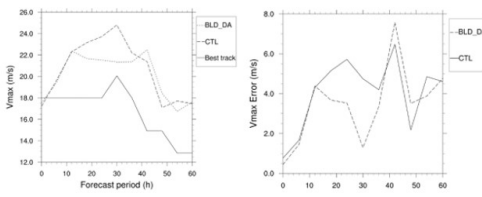
Hình 3. Kết quả thử nghiệm bão Koinu



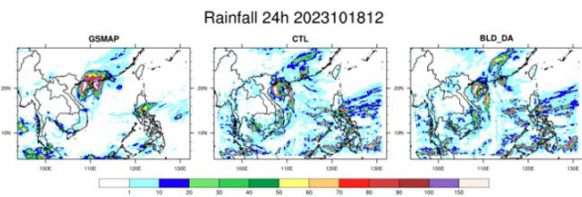
a) Quỹ đạo bão và sai số dự báo



b) Dự báo áp suất cực tiểu tại tâm bão



c) Dự báo vận tốc gió cực đại Vmax



d) Mô phỏng lượng mưa tích lũy 24 h

Hình 4. Kết quả thử nghiệm bão Sanba

Khi tiến hành chạy với bão Saola (Hình 2), bão Koinu (Hình 3) và bão Sanba (Hình 4) cũng cho kết quả tương quan hoàn toàn tương tự với bão Talim.

Có thể thấy rằng phương pháp BLD\_DA (đồng hóa dữ liệu) cho kết quả dự báo tốt hơn phương pháp CTL (không đồng hóa dữ liệu) về cả quỹ đạo, vận tốc gió cực đại, áp suất cực tiểu và lượng mưa của bão.

### 3.2. Kết quả giám sát bão trên WebGIS

Tự động cập nhật kết quả lên WebGIS: Các kết quả đã xử lý được tự động chuyển sang hệ thống WebGIS, giúp hiển thị trực quan và dễ dàng truy cập. Hệ thống WebGIS được cấu hình để tiếp nhận và cập nhật dữ liệu mới định kỳ, đồng thời cung cấp giao diện người dùng để sử dụng để xem các thông tin dự báo (Hình 5).

Xác định vùng ảnh hưởng: Sử dụng các công cụ phân tích không gian trên WebGIS để xác định:

- Các khu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp của

mưa lớn, gió mạnh và nhiệt độ thay đổi.

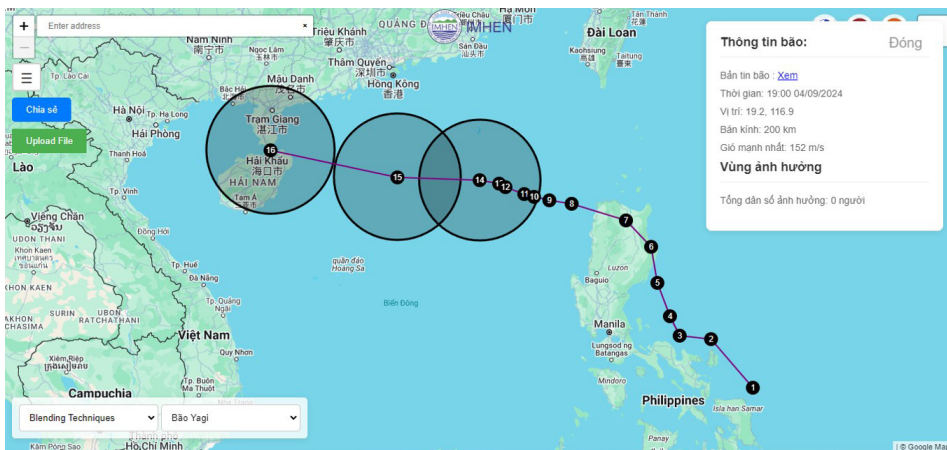
- Hiển thị kết quả: Tạo các lớp dữ liệu (layers) trên WebGIS để thể hiện các yếu tố dự báo như lượng mưa, gió và nhiệt độ trong từng khu vực. Mỗi lớp dữ liệu hiển thị màu sắc, kích thước và ký hiệu để giúp người dùng dễ dàng nhận biết mức độ nghiêm trọng của tình hình thời tiết.

- Trích xuất kết quả dự báo

- Trích xuất dữ liệu: Hệ thống WebGIS hỗ trợ trích xuất dữ liệu dự báo dưới dạng .docx.

Bản đồ tập trung vào giám sát và dự báo bão trên Biển Đông và lãnh thổ Việt Nam. Đường đi của cơn bão được thể hiện bằng một đường nối các điểm tròn đen, mỗi điểm đại diện cho vị trí dự báo của bão tại các thời điểm khác nhau. Các vòng tròn đồng tâm xung quanh mỗi vị trí dự báo cho thấy bán kính gió mạnh, biểu thị khu vực bị ảnh hưởng bởi gió mạnh tại mỗi vị trí dự báo.

Thông tin bão bao gồm: Thời gian, vị trí, tâm, bán kính, sức gió mạnh nhất vùng gần tâm bão và Vùng ảnh hưởng.



Hình 5. Kết quả giám sát và dự báo bão được thể hiện trên WebGIS

## 4. Kết luận

Nghiên cứu này trình bày một cách chi tiết về nguyên lý xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo bão dựa trên nền tảng WebGIS. Hệ thống này được thiết kế để sử dụng các số liệu mưa, nhiệt độ, gió theo thời gian thực, từ đó có khả năng dự đoán hướng đi, bán kính ảnh hưởng của các cơn bão, lũ lụt và cung cấp thông tin thống kê sơ bộ về thiệt hại. Các chức năng chính của hệ thống được thiết kế bao gồm hiển thị và tương tác với bản đồ, biểu diễn dữ liệu

thời tiết và khí tượng, dự báo và đánh giá bão, chỉnh sửa và quản lý dữ liệu, tìm kiếm và chia sẻ thông tin. Các chức năng có giao diện thân thiện, trực quan và dễ sử dụng, cho phép người dùng dễ dàng tiếp cận và hiểu rõ các thông tin cần thiết về tình hình thiên tai. Không chỉ dừng lại ở việc giám sát, hệ thống còn cung cấp khả năng tự động hóa quy trình từ việc thu thập và xử lý dữ liệu đầu vào, đến tính toán, mô phỏng và dự báo, đảm bảo cung cấp thông tin kịp thời cho người dùng.

Ngoài ra, hệ thống này được thiết kế với tính linh hoạt cao, có khả năng mở rộng để tích hợp và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau liên quan đến giám sát và quản lý thiên tai. Điều này đồng nghĩa với việc, hệ thống không chỉ giới hạn ở việc cảnh báo bão, mà còn có thể được phát triển để hỗ trợ các ứng dụng giám sát môi trường và các hiện tượng tự nhiên khác. Với khả năng hoạt động theo thời gian thực, hệ thống đảm bảo độ chính xác và hiệu quả trong việc cung cấp thông tin, giúp các cơ quan chức năng, tổ chức và chính quyền địa phương có thể nhanh chóng đưa ra các biện pháp ứng phó phù hợp, từ đó giảm thiểu thiệt hại do thiên tai gây ra.

Mặc dù hệ thống đã đạt được những kết quả ban đầu đáng khích lệ, nhưng nó vẫn đang trong quá trình phát triển và hoàn thiện. Để nâng cao hơn nữa tính hiệu quả và hỗ trợ tốt

hơn cho người dùng, các nhà phát triển dự kiến sẽ bổ sung một số cải tiến quan trọng trong thời gian tới. Trong đó, việc cải thiện giao diện người dùng để tăng cường trải nghiệm và tính trực quan, cũng như cải tiến các thuật toán dự báo để cung cấp thông tin nhanh chóng và chính xác hơn là những ưu tiên hàng đầu. Khi được hoàn thiện, hệ thống này hứa hẹn sẽ đóng góp tích cực vào các nỗ lực giảm thiểu tác động của bão và thiên tai tại Việt Nam, giúp bảo vệ an toàn cho người dân và tài sản, đồng thời hỗ trợ các cơ quan chức năng trong công tác ứng phó và quản lý thiên tai.

Hệ thống cung cấp giao diện trực qua, cho phép người dùng quản lý, truy vấn, phân tích và hiển thị dữ liệu trên bản đồ, đảm bảo bao gồm đầy đủ các tính năng, 8 đối tượng quản lý và 24 trường hợp sử dụng theo đúng thuyết minh đã được phê duyệt.

**Đóng góp của các tác giả trong bài báo:** Xây dựng ý tưởng: Nguyễn Thanh Bằng; Xử lý số liệu: Phạm Quang Hiệp; Viết bản thảo: Lê Phương Hà.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của Đề tài khoa học và công nghệ "Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật hoà hợp (blending techniques) kết hợp đồng Hóa dữ liệu độ phân giải cao dự báo cường độ, quỹ đạo bão, gió mạnh và mưa lớn trong bão trên khu vực Biển Đông và Việt Nam", Mã số TNMT.2016.06.11.

**Lời cam đoan:** Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, trước và trong thời gian chờ đăng ở tạp chí Khoa học Biển đổi khí hậu tập thể tác giả không gửi đăng bài này cho tạp chí hoặc nhà xuất bản nào khác. Tập thể tác giả không sao chép, đạo văn và không có sự tranh chấp về lợi ích trong nhóm tác giả.

### Tài liệu tham khảo

1. IPCC (2021), *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
2. NOAA (2018), *Hurricane Weather Research and Forecasting Model (HWRF)*, National Oceanic and Atmospheric Administration.
3. WMO (2019), *TIGGE: A Global Collaboration for Hurricane Forecasting*, World Meteorological Organization.
4. Nguyễn Văn Tuấn và cộng sự (2020), "Nghiên cứu ứng dụng mô hình WRF trong dự báo bão tại Việt Nam", *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 11, 45-55.

# RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A REAL-TIME TYPHOON MONITORING AND FORECASTING SYSTEM USING BLENDING TECHNIQUES

Nguyen Thanh Bang, Le Phuong Ha, Pham Quang Hiep

*The Viet Nam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change*

*Received: 15/10/2024; Accepted: 12/11/2024*

**Abstract:** *In recent years, bases on significant technological advancements, real-time typhoon monitoring and warning systems have achieved remarkable results. This paper introduces a typhoon forecasting and warning system developed by the Institute of Meteorology, Hydrology, and Climate Change. The system consists of three main components: A data storage and processing system, a Blending forecasting model, and an information delivery and emergency response support system. Input data is sourced from real-time observations of rainfall, wind, and atmospheric pressure stations, alongside forecasts from global weather models. These real-time inputs enable the system to provide accurate forecasts of typhoon trajectory, intensity, and impact. The forecast results include wind speed, rainfall, temperature, wave height, typhoon direction, radius of influence, areas at risk of impact, and early warnings to help citizens and authorities prepare for typhoon response. The system is built on a WebGIS platform, offering a user-friendly and intuitive interface. As a result, users can easily track typhoon developments and receive timely alerts, contributing effectively to typhoon prevention efforts, reducing risks, and minimizing damages caused by typhoons.*

**Keywords:** *Webgis, Blending techniques, Typhoon monitoring and forecasting.*