

TẠP CHÍ

KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Vietnam Journal of Hydro - Meteorology

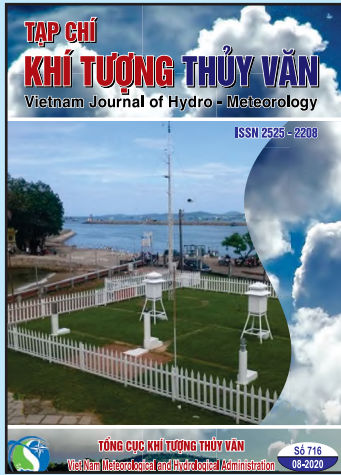
ISSN 2525 - 2208



TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

Số 716

08-2020



Q. TỔNG BIÊN TẬP
TS. Bạch Quang Dũng

Thư ký - Biên tập
TS. Đoàn Quang Trí

Trị sự và Phát hành
Đặng Quốc Khánh

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. GS. TS. Trần Hồng Thái | 14. TS. Đoàn Quang Trí |
| 2. GS. TS. Trần Thục | 15. PGS. TS. Mai Văn Khiêm |
| 3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận | 16. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy |
| 4. GS. TS. Phan Văn Tân | 17. TS. Tống Ngọc Thanh |
| 5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng | 18. TS. Đinh Thái Hưng |
| 6. GS. TS. Phan Đình Tuấn | 19. TS. Võ Văn Hòa |
| 7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi | 20. GS. TS. Kazuo Saito |
| 8. PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn | 21. GS. TS. Jun Matsumoto |
| 9. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng | 22. GS. TS. Jaecheol Nam |
| 10. PGS. TS. Dương Văn Khảm | 23. TS. Keunyong Song |
| 11. PGS. TS. Dương Hồng Sơn | 24. TS.. Lars Robert Hole |
| 12. TS. Hoàng Đức Cường | 25. TS. Sooyoul Kim |
| 13. TS. Bạch Quang Dũng | |

Giấy phép xuất bản

Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền
thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn

Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 04.39364963; Fax: 04.39362711
Email: tapchikttv@yahoo.com

Chế bản và In tại:

Công ty TNHH Mỹ thuật Thiên Hà
ĐT: 04.3990.3769 - 0912.565.222

Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc

Giá bán: 25.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
SỐ 716 - 8/2020

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

- 1 Nguyễn Thị Hiền, Trương Tiến Phúc, Ngô Văn Mạnh, Nguyễn Thị Quyên, Hoàng Hải Vân:** Phương pháp dự báo nước biển dâng do bão dựa trên lập trình di truyền
- 12 Hoàng Thị Tố Nữ, Đoàn Thanh Vũ, Lê Văn Phùng, Cấn Thu Văn:** Mô phỏng mức độ ngập và đề xuất giải pháp thoát nước chống ngập cho khu vực Văn Thánh–thành phố Hồ Chí Minh
- 26 Trần Đỗ Bảo Trung, Lương Quang Huy, Trần Đỗ Trà My:** Thử nghiệm tính toán phát thải khí nhà kính của giao thông vận tải hành khách trên nền Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050
- 40 Nguyễn Nghĩa Hùng, Lê Quân Quân:** Sự thay đổi dòng chảy trên các nhánh: Tonle Sap, Bassac và Mê Công, do hạ thấp đáy sông ở hệ thống sông Cửu Long
- 51 Hoàng Ngọc Khắc, Trịnh Quang Tú, Trần Văn Tam:** Xây dựng bộ tiêu chí đánh giá các hệ thống nuôi trồng thủy sản ven biển thông minh thích ứng với biến đổi khí hậu cho vùng ven biển Bắc Bộ– Bắc Trung Bộ
- 63 Nguyễn Cao Văn, Nguyễn Lê Tuấn, Nguyễn Thục Anh, Phạm Văn Hiếu:** Đánh giá tính dễ bị tổn thương và khả năng thích ứng do xâm nhập mặn đối với sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại khu vực cửa sông ven biển tỉnh Nam Định
- 79 Trần Thị Mai Hương, Nguyễn Thị Hằng, Nguyễn Văn Tín, Trần Văn Sơn, Phạm Thị Minh:** Thử nghiệm đồng hóa số liệu gió vệ tinh và số liệu cao không để mô phỏng quỹ đạo và cường độ cơn bão Haiyan 2013
- 96 Tổng kết tình hình khí tượng thủy văn**
Bản tin Dự báo Khí tượng Thủy văn tháng 8 năm 2020–Thông báo Khí tượng Nông nghiệp tháng 7 năm 2020

Phương pháp dự báo nước biển dâng do bão dựa trên lập trình di truyền

Nguyễn Thị Hiền¹, Trương Tiên Phúc², Ngô Văn Mạnh³, Nguyễn Thị Quyên⁴, Hoàng Hải Vân⁵

¹ Học viện Kỹ thuật quân sự; nguyenthihienqn@gmail.com.

² Văn phòng Zalo Hà nội; truong.t.phuc@gmail.com.

³ Trung tâm TTDL KTTV; manh.ngovan@gmail.com.

⁴ Đại học Lâm nghiệp Việt Nam; quyen14121982@gmail.com.

⁵ Đại học quản lý và công nghệ Hải Phòng; hoangvan041078@gmail.com.

* Tác giả liên hệ: nguyenthihienqn@gmail.com; Tel.: +84-912092486.

Ban Biên tập nhận bài: 5/5/2020; Ngày phản biện xong: 18/7/2020; Ngày đăng bài: 25/7/2020

Tóm tắt: Nước dâng bão là hiện tượng dâng lên của mực nước biển cao hơn mực thủy triều vốn có bởi do tác động của bão vì thế việc dự báo chính xác mực nước dâng là nhiệm vụ quan trọng để tránh thiệt hại về tài sản và con người do nước dâng gây ra. Lập trình di truyền (Genetic Programming – GP) là một kỹ thuật học máy có thể giúp ta tìm được mô hình ở dạng công thức toán học. Tuy nhiên trước đây GP hầu như chưa được áp dụng triệt để cho bài toán dự báo nước biển dâng do bão cho nên trong bài báo này nhóm tác giả đề xuất phương pháp sử dụng GP để phát hiện các mô hình dự báo nước biển dâng do bão. Kết quả thực nghiệm trên dữ liệu nước biển dâng do bão tại trạm Hòn Dấu của Việt Nam cho thấy phương pháp này có thể đưa ra các mô hình dự báo nước dâng do bão chính xác hơn một số phương pháp học máy phổ biến thường sử dụng. Hơn nữa GP đưa ra mô hình dự báo dễ hiểu hơn các mô hình mà được xây dựng bằng các phương pháp khác (hộp đen) như là mạng nơ-ron. Ngoài ra mô hình dự báo do GP đưa ra sẽ giúp ta phát hiện các đặc trưng ảnh hưởng trực tiếp khi phát triển các mô hình dự báo nước biển dâng do bão.

Từ khóa: Lập trình di truyền; dự báo nước biển dâng do bão, Hòn Dấu.

1. Đặt vấn đề

Dự báo nước dâng do bão là rất quan trọng đối với quá trình ra quyết định trong quản lý ven biển để giảm rủi ro lũ lụt ở vùng trũng và đối với bài toán dự báo nước dâng do bão này người ta cần các mô hình nhanh và chính xác. Ngoài bão, sóng thần thì gió mùa mạnh cũng là nguyên nhân chính gây nước dâng vùng ven bờ. Nước dâng do bão là một thiên tai nghiêm trọng và đặc biệt nguy hiểm khi chúng xảy ra khi thủy triều lên khi đó sự kết hợp tác động của nước dâng và thủy triều.

Với hơn 600 triệu người sống ở các vùng ven biển trũng, nước dâng ven biển có thể có tác động nghiêm trọng tới xã hội. Con bão Katrina (2005) tại Mỹ gây ra mực nước dâng cao tới 6 m, làm hơn 1000 người chết, gây thiệt hại tài sản khoảng 81,2 tỷ đô la. Con bão Hải Yến (11/2013) tại Philippin khiến tổng số người thiệt mạng lên đến 7000 người (chủ yếu là do nước dâng do bão). Không những thế trong tương lai các cơn bão có ảnh hưởng lớn sẽ tiếp tục xảy ra vì vậy việc dự báo nước dâng do bão chính xác sẽ làm giảm đáng kể thiệt hại về người và tài sản [1–3]. Trước đây, cách tiếp cận thông thường để dự báo nước dâng do bão là sử dụng mô hình dự báo số trị, tuy nhiên các mô hình này đòi hỏi mất nhiều năng lực

tính toán. Một cách tiếp cận khác là sử dụng các thuật toán học máy như mạng nơ-ron [1] để dự đoán các mối quan hệ giữa mực nước dâng và các đặc trưng tương ứng như là mực nước biển, gió, khí áp trên mặt biển và các đặc tính của cơn bão nhiệt đới. Người ta đã xây dựng mô hình dự báo nước dâng do bão sử dụng một số mô hình trí tuệ nhân tạo [4] để dự báo mực nước dâng cao nhất sử dụng các tham số của cơn bão nhiệt đới: áp suất tâm bão, bán kính gió lớn nhất,.. Kết quả cho thấy việc dùng mạng nơ-ron nhân tạo cho kết quả tốt hơn so với máy hỗ trợ véc-tơ. Các kết quả đã chỉ ra rằng phương pháp sử dụng trí tuệ nhân tạo và khung lưới tự do hoàn toàn đáp ứng được độ chính xác với tốc độ dự báo nhanh. So sánh với các mô hình thông thường các mô hình dựa trên mạng nơ-ron có thời gian tính toán nhanh trong khoảng 10 phút sẽ cho ra kết quả dự báo sau khi huấn luyện xong mô hình. Tuy nhiên mô hình dựa trên mạng nơ-ron này là dạng hộp đen vì vậy rất khó để giải thích chúng hơn nữa các mô hình loại này thường không đạt được khả năng ước lượng tại các cao điểm điều này rất quan trọng khi dự báo nước dâng do bão.

Lập trình di truyền (GP) là một sơ đồ tiến hóa để tìm ra lời giải bài toán. Khả năng của GP là tự học định nghĩa của một hàm từ các mẫu điều này giúp GP là một sự lựa chọn phù hợp cho việc giải bài toán hồi quy ký hiệu [5]. Chính vì vậy GP được sử dụng rộng rãi để xây dựng các mô hình hồi quy cho các ứng dụng thực tế. Chẳng hạn như mô hình dự đoán giá cổ phiếu sử dụng GP để tạo ra một chiến lược đầu tư sinh lãi [6]. Trong [7] GP được sử dụng để xây dựng mô hình dự báo sóng thời gian thực. Các kết quả của các nghiên cứu trên đã chỉ ra rằng GP là một công cụ đầy hứa hẹn cho các ứng dụng dự báo cho dữ liệu các vùng biển. Trong nghiên cứu [8] GP được sử dụng để dự báo độ xói mòn ống xảy ra ở lòng sông và kết quả cho thấy việc sử dụng GP có kết quả khả thi hơn so với sử dụng phương trình hồi quy và hệ thống nơ-ron nhân tạo trong việc mô hình hóa dự đoán độ sâu xói mòn xung quanh các “ống”. Tuy nhiên GP đã và chưa được áp dụng trong dự báo nước dâng do bão vì vậy trong bài báo này tác giả đề xuất nghiên cứu áp dụng GP để xây dựng mô hình “hộp trắng” (một dạng mô hình dễ hiểu) cho việc dự báo nước biển dâng.

Do đó, đóng góp chính của bài viết này là chúng tôi đề xuất sử dụng GP với một số thay đổi nhỏ áp dụng cho bài toán dự báo nước biển dâng do bão và so sánh hiệu suất dự báo của nó so với các phương pháp học máy khác thường được áp dụng cho những bài toán dự báo tương tự.

Phần còn lại của bài báo này được tổ chức như sau. Phần 2 sẽ trình bày về GP bao gồm giới thiệu chung, và một số điểm riêng dùng cho bài toán dự báo nước biển dâng do bão. Phần 3 sẽ đưa ra các tham số cụ thể của GP khi chạy thực nghiệm, dữ liệu để thí nghiệm, cùng với các phương pháp học máy khác để so sánh với GP. Phần 4 trình bày kết quả của thí nghiệm đánh giá, phân tích, so sánh kết quả của các phương pháp. Cuối cùng, phần 5 kết luận lại những phát hiện và đề xuất các nghiên cứu trong tương lai.

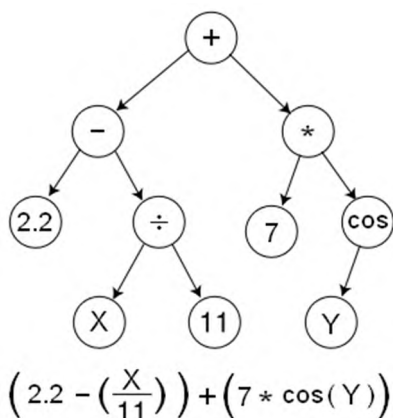
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Lập trình di truyền

Lập trình di truyền (*Genetic Programming – GP*) ra đời vào năm 1992 [5] với tham vọng nhằm đưa ra một quần thể các chương trình mà chúng có thể tiến hóa một cách tự động trên những dữ liệu huấn luyện. Với nghĩa này, GP được xem như là một phần của học máy. Dựa trên lý thuyết tiến hóa của Darwinian, GP đưa ra các chương trình mã hóa dưới dạng các chuỗi di truyền thông qua quá trình tiến hóa và chọn lọc tự nhiên để tìm được chuỗi di truyền (chương trình) tốt đáp ứng được yêu cầu bài toán.

2.1.1 Biểu diễn chương trình

Chương trình trong GP được biểu diễn dưới dạng cây, trong đó mỗi nút được gán nhãn là một ký hiệu thuộc tập hàm (F) hay tập kết (T).



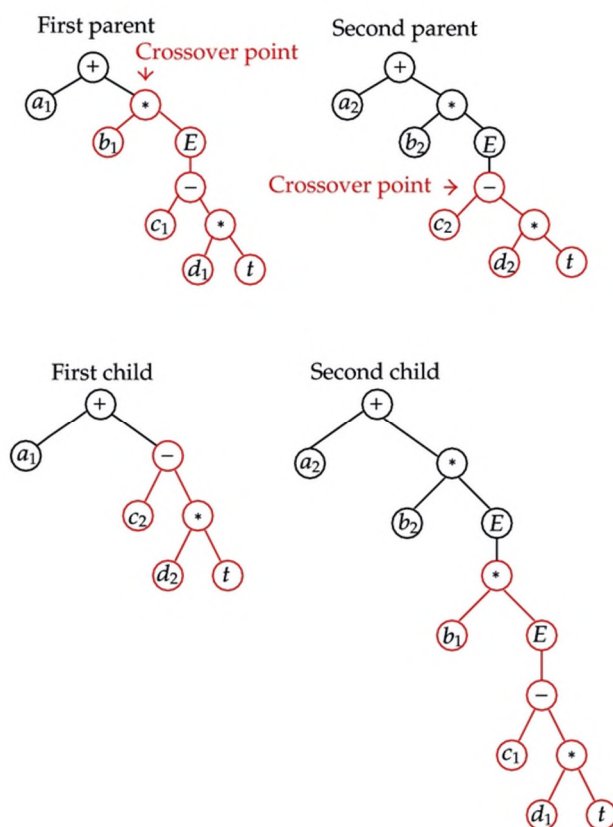
Hình 1. Biểu diễn chương trình GP.

2.1.2 Toán tử di truyền

a) Toán tử lai ghép (*crossover*)

Thể hiện quá trình trao đổi nhiễm sắc thể giữa hai cây bố mẹ. Toán tử gồm các bước sau:

- Chọn một nút ngẫu nhiên trên mỗi cây bố mẹ;
- Hoán đổi hai cây con có gốc tại hai nút vừa chọn và trao đổi chúng cho nhau.



Hình 1. Toán tử lai ghép.

b) Toán tử đột biến (*Mutation*)

Là quá trình đột biến của một bộ nhiễm sắc thể được tạo ra. Gồm các bước sau:

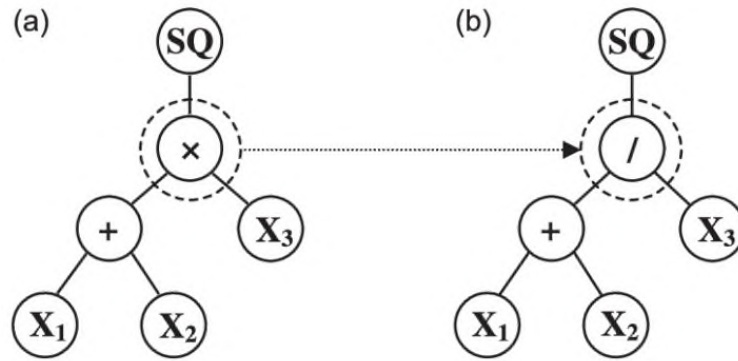
- Chọn ngẫu nhiên một nút bất kì trên cây cha (mẹ);
- Xóa cây con thuộc nút được chọn;
- Sinh ngẫu nhiên một cây con mới vào vị trí vừa xóa.

c) Tái sinh (*reproduction*)

Nếu một cá thể được tái sinh chúng sẽ được sao chép y nguyên vào quần thể, hay nói cách khác là sẽ có hai cá thể giống nhau trong quần thể.

2.1.3 Đánh giá độ phù hợp (*fitness*)

Mỗi một chương trình được gán một giá trị được gọi là độ phù hợp, giá trị này sẽ có ảnh hưởng quan trọng đến việc cá thể có được lựa chọn để thực hiện các toán tử di truyền hay không.



Hình 2. Toán tử đột biến (a) cây trước khi thực hiện toán tử, (b) cây sau khi thực hiện.

Như vậy các bước để chạy một thuật toán GP:

- 1) Khởi tạo ngẫu nhiên một quần thể (thế hệ 0) các cá thể được tạo ra từ tập hàm và tập kết.
- 2) Thực hiện lặp (các thế hệ) theo các bước phụ sau cho đến khi thỏa mãn điều kiện kết thúc (tìm thấy lời giải tối ưu hoặc đạt đến số thế hệ nào đó):
 - a) Đánh giá độ tốt của các cá thể.
 - b) Chọn 1 hoặc 2 cá thể từ quần thể với xác suất phụ thuộc vào độ tốt của chúng để tham gia vào các toán tử di truyền c.
 - c) Tạo các cá thể mới cho quần thể bằng việc áp dụng các phép toán di truyền sau với một xác suất đã định.
 - Tái sinh
 - Lai ghép
 - Đột biến

Sau khi kết thúc quá trình tiến hóa, cá thể tốt nhất của toàn bộ quá trình chạy được coi như là kết quả của quá trình chạy.

Bên cạnh các phương pháp truyền thống: cây quyết định, tập luật quyết định, hàm thống kê và mạng nơron các nghiên cứu đã cho thấy rằng GP cũng là một phương pháp giải bài toán dự báo với độ chính xác cao bằng cách tiến hóa ra cây biểu thức. Một trong những lý do cho phép ta tin tưởng điều này là quá trình tìm kiếm của GP có kết quả tốt đối với những bài toán có không gian tìm kiếm lớn.

2.2. Lập trình di truyền cho bài toán dự báo nước biển dâng do bão

Việc sử dụng lập trình di truyền (GP) để dự báo nước biển dâng sau bão gần đây cũng đã được một số nghiên cứu áp dụng. Các tác giả trong bài báo [9] đã đề xuất sử dụng GP để dự đoán nước dâng do bão và ngập lụt do các cơn bão nhiệt đới. Các thí nghiệm được thực

hiện trên các bộ dữ liệu từ bờ biển Odisha đến tiếp giáp với Vịnh Bengal. Các kết quả đã chỉ ra rằng cả mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và GP đều dự báo rất tốt so với dữ liệu thực tế. Tuy nhiên, GP đã không được nghiên cứu sâu hơn nữa về các mô hình để dự báo sau khi thực hiện với thời gian dự báo khác nhau. Hơn nữa, tính linh hoạt của GP để tự động chọn các đặc trưng để xây dựng các mô hình có thể hiểu được để dự báo nước dâng do bão cũng chưa được nghiên cứu. Do đó, bài viết này tiếp tục nghiên cứu khả năng của GP để xây dựng các mô hình dự báo mức độ nước dâng sau bão.

Ở trong nước, đã có một số nghiên cứu về dự báo nước biển dâng do bão và gió mùa; tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về sử dụng công cụ học máy/ trí tuệ nhân tạo để dự báo nước biển dâng.

3. Thí nghiệm

Phần này sẽ trình bày cách thiết kế thí nghiệm và các tham số của GP đã được hiệu chỉnh cho phù hợp với bài toán dự báo nước biển dâng do bão.

3.1 Tham số của GP

Bảng 1 trình bày các tham số cụ thể để chạy GP. Ở đây hàm đánh giá độ tốt của mỗi cá thể chúng tôi sử dụng hàm RMSE (*root mean square error*).

Bảng 1. Các tham số khi cài đặt GP.

Tham số	Giá trị
Tập hàm	+, -, x, /, sin, cos, ln, √
Tập kết	Biến thuộc tính
Kích thước quần thể	1000
Thuật toán khởi tạo	Ramped half-and-half
Độ cao lớn nhất của cây	15
Số thế hệ	200
Xác suất thực hiện lai ghép	0,9
Xác suất thực hiện đột biến	0,1
Phương pháp chọn lựa	Tranh đấu kích thước bằng 3

Thực hiện chạy GP 30 lần độc lập, mỗi lần chạy với giá trị khởi tạo khác nhau, sau mỗi lần chạy ta sẽ nhận được một lời giải tốt nhất. Sau 30 lần chạy ta có 30 lời giải tương ứng, sắp xếp các lời giải đó theo thứ tự tăng dần giá trị độ phù hợp, lựa chọn lời giải trung vị (*median*) của dãy đó dùng làm mô hình cuối cùng.

3.2 Dữ liệu bài toán

Dữ liệu thử nghiệm là dữ liệu nước dâng của 12 cơn bão đo tại trạm Hòn Dấu trước thời điểm nước dâng cao nhất 24h trong Bảng 2.

Bảng 2. Một số cơn bão dùng để thu thập dữ liệu nước biển dâng.

STT	Tên bão	Thời điểm bắt đầu	Thời điểm kết thúc
1.	Bão số 14 (Haiyan)	05/11/2013	11/11/2013
2.	Bão số 1	13/06/2014	17/06/2014

STT	Tên bão	Thời điểm bắt đầu	Thời điểm kết thúc
3.	Bão Rammasun	12/07/2014	21/07/2014
4.	Bão số 1 (Kujira)	19/06/2015	25/06/2015
5.	Bão số 4 (Mujigae)	01/10/2015	05/10/2015
6.	Bão số 1 (Mirinae)	25/07/2016	28/07/2016
7.	Bão số 2 (NIDA)	28/7/2016	03/08/2016
8.	Bão số 3 (DIANMU)	15/08/2016	19/08/2016
9.	Bão số 7(Sarika)	13/10/2016	19/10/2016
10.	Bão số 8 (HAIMA)	15/10/2016	23/10/2016
11.	Bão số 6 (Hato)	20/08/2017	24/08/2017
12.	Bão Talim	10/09/2017	18/9/2017

Dựa trên nghiên cứu [1], thu thập dữ liệu các tham số đầu vào bao gồm:

- Tham số khí tượng: tốc độ gió (WS) (m/s), hướng gió (WD) (độ), khí áp trên mặt biển (hPa) và độ giảm khí áp trong bão trên mặt biển (DSL_P) (1013 hPa).
- Tham số hải văn: mực nước bề mặt biển (SS), thủy triều (SSL).
- Tham số theo cơn bão: kinh độ (LG), vĩ độ (LT) (độ), áp suất tâm bão (CAP) (hPa) và tốc độ gió cao nhất gần tâm bão (HWS) (m/s).

Giá trị đầu ra là giá trị nước biển dâng do bão. Các giá trị dữ liệu thu thập sẽ được chuẩn hóa theo công thức sau:

$$\eta_i^t = \tilde{\eta}_i^t \text{ với giá trị mực nước dâng}$$

$$v_{SSL} = \tilde{v}_{SSL} \text{ với giá trị mực nước thủy triều}$$

$$v_{SLP} = \tilde{v}_{SLP}/1013 \text{ hPa cho khí áp trên mặt biển}$$

$$v_{DSL_P} = \tilde{v}_{DSL_P}/100 \text{ hPa cho độ giảm khí áp trong bão trên mặt biển.}$$

$$v_{WS} = \tilde{v}_{WS}/100 \text{ m/s với tốc độ gió}$$

$$v_{WD} = \tilde{v}_{WD}/360 \text{ deg với hướng gió}$$

$$v_{LG} = \tilde{v}_{LG}/150^\circ E \text{ với kinh độ của bão}$$

$$v_{LT} = \tilde{v}_{LT}/50^\circ N \text{ với vĩ độ của bão}$$

$$v_{CAP} = \tilde{v}_{CAP}/1013 \text{ hPa với áp suất tâm bão}$$

$$v_{HWS} = \tilde{v}_{HWS} \text{ với tốc độ gió lớn nhất gần tâm bão.}$$

Trong đó dấu (~) bên phải của các phương trình thể hiện giá trị gốc của các tham số.

3.3 Các kỹ thuật học máy khác để so sánh

Để so sánh GP với các kỹ thuật học máy khác khi giải quyết bài toán dự báo nước biển dâng do bão, chúng tôi lựa chọn 5 kỹ thuật học máy đưa ra mô hình dự báo chỉ dựa vào dữ liệu và có khả năng phản ánh tốt được mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra (bài toán dự báo) mà không cần xem xét trực tiếp các quy luật vật lý của cơ chế nước biển dâng do bão. Những mô hình này hoàn toàn dựa trên thông tin có được từ việc thu thập dữ liệu. Đó là các mô hình sau:

3.3.1. Máy vec-tơ hỗ trợ (Support Vector Machine)

Máy vec-tơ hỗ trợ hồi quy (Support Vector Regression –SVR) [10], là một phương pháp thành công để phạt sự phức tạp mô hình bằng cách cộng thêm giá trị này vào hàm lỗi. Để minh họa ta xem xét một mô hình tuyến tính dự báo cho bởi công thức (2):

$$f(x) = w^T x + b \tag{2}$$

Trong đó w là véc-tơ trọng số, b là độ dốc và x là véc-tơ đầu vào. Gọi x_m và y_m lần lượt là véc-tơ đầu vào, giá trị đầu ra thứ m của tập huấn luyện. Công thức tính hàm lỗi như công thức (3):

$$J = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n |y_m - f(x_m)|_\varepsilon \quad (3)$$

Số hạng thứ nhất của hàm lỗi chính là giá trị phạt độ phức tạp của mô hình, còn số hạng thứ hai là giá trị lỗi nhạy cảm với ε . Nếu hàm lỗi nhỏ hơn ε thì sẽ không phạt, đây là tham số được đưa thêm vào để điều chỉnh giảm độ phức tạp của mô hình. Chính vì vậy lời giải sẽ cực tiểu hóa hàm lỗi như công thức (4):

$$f(x) = \sum_{m=1}^M (\alpha_m^* - \alpha_m) x_m^T x + b \quad (4)$$

Trong đó α_m^*, α_m là nhân tử Lagrange. Véc-tơ huấn luyện đưa ra các số nhân Lagrange khác không được gọi là các véc-tơ hỗ trợ và đây là một khái niệm chính về lý thuyết SVR. Các véc-tơ không hỗ trợ không đóng góp trực tiếp vào lời giải và số lượng vectơ hỗ trợ là độ đo độ phức tạp của mô hình. Mô hình này được mở rộng cho trường hợp phi tuyến tính thông qua khái niệm nhân κ sinh ra công thức (5):

$$f(x) = \sum_{m=1}^M (\alpha_m^* - \alpha_m) \kappa(x_m^T x) + b \quad (5)$$

Trong thí nghiệm chúng tôi sẽ sử dụng nhân Gauss.

3.3.2. Cây quyết định (*Decision Tree – DCT*)

DCT [11] là một kiểu mô hình dự báo. Mỗi một nút trong của cây tương ứng với một biến; cạnh nối giữa nó với nút con của nó thể hiện một giá trị cụ thể cho biến đó. Mỗi nút lá đại diện cho giá trị dự báo của biến mục tiêu, cho trước các giá trị của các biến được biểu diễn bởi đường đi từ nút gốc tới nút lá đó. Kỹ thuật học máy dùng trong cây quyết định được gọi là học bằng cây quyết định, hay chỉ gọi với cái tên ngắn gọn là cây quyết định.

Cây quyết định có thể được học bằng cách chia tập hợp nguồn thành các tập con dựa theo một kiểm tra giá trị thuộc tính. Quá trình này được lặp lại một cách đệ quy cho mỗi tập con dẫn xuất. Quá trình đệ quy hoàn thành khi không thể tiếp tục thực hiện việc chia tách được nữa, hay khi một phân loại đơn có thể áp dụng cho từng phần tử của tập con dẫn xuất. Một bộ phân loại rừng ngẫu nhiên (*random forest*) sử dụng một số cây quyết định để có thể cải thiện tỉ lệ phân loại.

3.3.3. k-láng giềng gần nhất (*k Nearest Neighbor – kNN*)

kNN [12] là phương pháp để phân lớp các đối tượng dựa vào khoảng cách gần nhất giữa đối tượng cần xếp lớp và tất cả các đối tượng trong tập dữ liệu. Một đối tượng được phân lớp dựa vào k láng giềng của nó, k là số nguyên dương được xác định trước khi thực hiện thuật toán. Người ta thường dùng khoảng cách Euclidean để tính khoảng cách giữa các đối tượng.

3.3.4. Mạng Perceptron nhiều lớp (*Multi-layer Perceptron – MLP*)

MLP [13] là mạng nơ-ron nhân tạo được gọi là perceptron nhiều lớp bởi vì nó là tập hợp của các perceptron chia làm nhiều nhóm, mỗi nhóm tương ứng với một layer. Hoạt động của chúng có thể được mô tả như sau tại tầng đầu vào các nơron nhận tín hiệu vào xử lý (tính tổng trọng số, gửi tới hàm truyền) rồi cho ra kết quả (là kết quả của hàm truyền); kết quả này sẽ được truyền tới các nơron thuộc tầng ẩn thứ nhất; các nơron tại đây tiếp nhận như là tín hiệu đầu vào, xử lý và gửi kết quả đến tầng ẩn thứ 2; quá trình tiếp tục cho đến khi các nơron thuộc tầng ra cho kết quả.

3.3.5 Rừng ngẫu nhiên (Random Forest – RF)

RF [14] là một tập các mô hình (ensemble). Mô hình RF rất hiệu quả cho các bài toán dự báo vì nó sử dụng cùng lúc rất nhiều mô hình nhỏ hơn bên trong với quy luật khác nhau để đưa ra quyết định cuối cùng. Mỗi mô hình bên trong đó có thể tốt hoặc chưa tốt khác nhau, nhưng khi tổng hợp, ta sẽ có cơ hội dự báo chính xác hơn so với khi sử dụng một mô hình đơn lẻ bất kì nào.

Rừng ngẫu nhiên (Random Forest – RF) cho độ chính xác dự báo khá cao khi so sánh với các thuật toán học có giám sát hiện nay bao gồm Boosting, Baging, k-láng giềng gần nhất (k nearest neighbors), SVM, ANN, C4.5,..

Các mô hình trên được sử dụng rất phổ biến cho các bài toán học máy và cũng đã cho thấy hiệu năng đáng kể của chúng.

4. Phân tích kết quả

Trong phần này, ta sẽ xem xét các kết quả khi chạy GP so với các thuật toán học máy điển hình. Để so sánh hiệu suất của GP với các phương pháp khác chúng tôi sử dụng hai độ đo như công thức (6, 7):

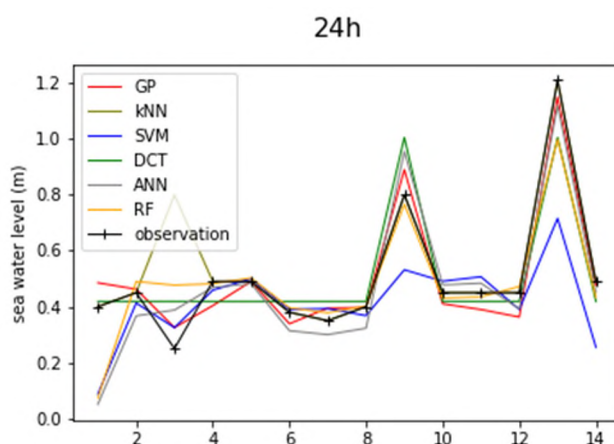
$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{obs,i} - y_{pre,i})^2}}{(y_{obs,max} - y_{obs,min})} \quad (6)$$

$$CC = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{obs,i} - \bar{y}_{obs})(y_{pre,i} - \bar{y}_{pre})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{obs,i} - \bar{y}_{obs})^2 \sum_{i=1}^n (y_{pre,i} - \bar{y}_{pre})^2}} \quad (7)$$

Trong đó NRMSE (normal root mean squared error) là RMSE chuẩn hóa tính theo phần trăm, CC (correlation coefficient) là hệ số tương quan.

Trong công thức trên n là độ lớn tập huấn luyện, $y_{pre,i}$ là giá trị dự báo của điểm mẫu i còn $y_{obs,i}$ là giá trị đo được ở điểm mẫu i.

Mục đích của GP là quá trình tiến hóa làm sao tìm cây lời giải có giá trị NRMSE nhỏ và CC lớn.

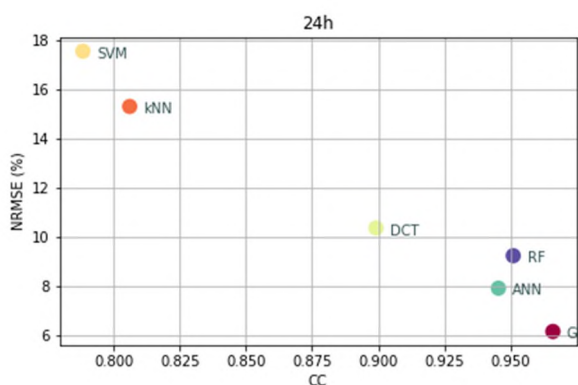


Hình 4. Giá trị dự báo theo thời gian của các mô hình dự báo và dữ liệu thực tế đo đạc được tại trạm Hòn Dấu của 12 cơn bão.

Từ Hình 4 (trong đó trục ngang thể hiện các điểm dữ liệu, trục đứng là giá trị nước dâng do bão – đơn vị đo là m) thể hiện các giá trị dự báo của 6 mô hình và giá trị thực tế ta nhận thấy mô

hình kết quả của GP (màu xanh) bám sát nhất với đường màu đen (giá trị thực tế) đặc biệt tại các điểm cao. Điều đó cho thấy rằng mô hình dự báo do GP đưa ra có khả năng đoán nhận gần đúng nhất các điểm dữ liệu thực tế.

Kết luận trên được khẳng định một lần nữa rõ ràng hơn trong Hình 5, trong đó giá trị NRMSE của 6 phương pháp dự báo nằm trong khoảng từ 6% đến 18%, còn giá trị CC nằm trong khoảng từ 0,75 đến 0,97. Và ta cũng thấy phương pháp GP vừa cho kết quả giá trị NRMSE nhỏ (sai số ít nhất) và CC lớn nhất (gần gũi với giá trị thực nhất kể cả các điểm cao) trong số 6 phương pháp.



Hình 5. Giá trị NRMSE và CC của các mô hình dự báo với dữ liệu tại Hòn Dấu.

Như vậy trên tập dữ liệu thực tế của 12 cơn bão khác nhau, GP cho mô hình dự báo tốt nhất so với các phương pháp còn lại. Kết quả khẳng định hiệu năng của GP vượt trội so với các mô hình dự báo khác.

Mô hình kết quả tiến hóa GP

Dưới đây là một cây lời giải cho bài toán dự báo nước biển dâng do bão là kết quả của quá trình tiến hóa của GP có dạng:

$\sqrt{\text{mul}(X10, 0.921279(\log(\text{mul}(X3, \text{sub}(X8, X9))))), \text{mul}(X10, \text{mul}(\log(\text{add}(\cos(\sqrt{\text{div}(\text{sub}(X5, \text{sub}(X2, \log(0.299569(X10))))}, X9))), \text{add}(\cos(\sqrt{\text{div}(\text{sub}(X5, \text{sub}(\cos(\text{mul}(X2, \text{add}(X7, X10))), \text{mul}(\text{mul}(X2, X2), X10))), \text{mul}(\cos(X10), X9))), X3))), \sqrt{\text{mul}(X10, \cos(\log(X4))))))}$

Biểu thức tương ứng với cây trên là:

$$\sqrt{x_{10} \times 0.921279 \log(x_3 \times (x_8 - x_9)) - \log(\cos \sqrt{\frac{(x_5 - x_2 + \log 0.299569 x_{10})}{x_9}} + \cos \sqrt{\frac{x_5 - \cos(x_2 \times (x_7 + x_{10})) - x_2^2 \times x_{10}}{\cos x_{10} \times x_9}} + x_3) \times \sqrt{\frac{x_{10}}{\cos \log x_4}} \times x_{10}} \tag{8}$$

Với mô hình kết quả như (8) việc dự báo trở nên khá dễ dàng với các biến x_i chính là các giá trị đầu vào (trong đó x_1 là giá trị WS, x_2 là WD, x_3 là SLP, x_4 là DSLP, x_5 là SSL, x_6 là LG, x_7 là LT, x_8 là CAP, x_9 là HWS và x_{10} là SS. Và với mô hình nhận được ta nhận thấy sự phụ thuộc của kết quả vào các tham số đó cũng là một tham khảo để lựa chọn đặc trưng cho phù hợp bài toán. Đây chính là ý nghĩa hộp trắng của GP mà chỉ có mô hình DCT trong số 5 mô hình trên mới có.

5. Kết luận

Bài báo trình bày việc sử dụng GP để dự báo nước biển dâng do bão tại trạm Hòn Dấu Việt Nam, các kết quả cho thấy GP vượt trội hơn về hiệu năng so với các phương pháp dự báo khác (MLP, SVM, kNN, DCT, RF). Chính vì vậy, trong tương lai chúng tôi sẽ tiếp tục cải tiến GP để thu được kết quả dự báo tốt hơn nữa. Ngoài ra chúng tôi cũng sẽ dùng GP để áp dụng cho dữ liệu tại các trạm khác, với các cơn bão khác và với thời gian dự báo trước ngắn hơn (12h, 5h) để có được kết quả dự báo phù hợp với yêu cầu thực tế.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.T.H, T.T.P, N.V.M., N.T.Q., H.H.V.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.T.H, T.T.P; Xử lý số liệu: N.V.M; Phân tích mẫu: T.T.P, N.T.Q., H.H.V.; Lấy mẫu: N.V.M, N.T.H; Viết bản thảo bài báo: N.T.H., T.T.P.; Chỉnh sửa bài báo: N.T.H.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học và giải pháp ứng dụng trí tuệ nhân tạo để nhận dạng, hỗ trợ dự báo và cảnh báo một số hiện tượng khí tượng thủy văn nguy hiểm trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại Việt Nam”, số hiệu của đề tài BDKH.34/16–20, thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ ứng phó với biến đổi khí hậu, quản lý tài nguyên và môi trường giai đoạn 2016–2020, mã số BDKH/16–20.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Kim, S.; Matsumi, Y.; Pan, S.; Mase, H. A real-time forecast model using artificial neural network for after-runner storm surges on the tottoricoast, Japan. *Ocean Eng.* **2016**, *122*, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.06.017>.
2. Kim, S.W.; Lee, A.; Mun, J. A surrogate modeling for storm surge prediction using an artificial neural network. *J. Coastal Res.* **2018**, *85*, 866–870. <https://doi.org/10.2112/SI85-174.1>.
3. Thuy, N.B.; Kim, S.; Chien, D.D.; Dang, V.H.; Cuong, H.D.; Wettre, C.; Hole, L.R. Assessment of storm surge along the coast of central vietnam. *J. Coastal Res.* **2016**, *33*, 518–530.
4. Lee, T.L. Prediction of storm surge and surge deviation using a neural network. *J. Coastal Res.* **2008**, *24*, 76–82.
5. Koza, John, R. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1992.
6. Kaboudan, M.A. Genetic programming prediction of stock prices. *Comput. Econ.* **2000**, *16*, 207–236.
7. Gaur, D.S.; Deo, M.C. Real-time wave forecasting using genetic programming. *Ocean Eng.* **2008**, *35*, 1166–1172. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2008.04.007>.
8. Azamathulla, H.M.; Ghani, A.A. Genetic Programming to Predict River Pipeline Scour. *J. Pipeline Syst. Eng. Pract.* **2010**, *1*, 127–132. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000060](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000060)
9. Sahoo, B.; Bhaskaran, P.K. Prediction of storm surge and inundation using climatological datasets for the indian coast using soft computing techniques. *Soft Comput.* **2019**, *23*, 12363–12383. <https://doi.org/10.1007/s00500-019-03775-0>.
10. Smola, A.J.; Schölkopf, B.; 2004. A tutorial on support vector regression. *Stat. Comput.* **2004**, *14*, 199–222. <https://doi.org/10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88>
11. Rokach, L.; Maimon, O. Data mining with decision trees: Theory and applications. World Scientific Pub. Co. Inc. 2014, pp. 328.

12. Hastie, T.; Tibshirani, R.; Friedman, J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction. New York: Springer, 2009.
13. Rosenblatt, Frank. x. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington DC: Spartan Books, 1961.
14. Breiman, L. Random Forests. *Mach. Learn.* **2001**, *45*, 5–32.

A genetic programming–based storm surge for prediction

Nguyen Thi Hien¹, Truong Tien Phuc², Ngo Van Manh³, Nguyen Thi Quyen⁴, Hoang Hai Van⁵

¹ LeQuyDon Technical University; nguyenthienqn@gmail.com

² Zalo Office, Hanoi; truong.t.phuc@gmail.com

³ Vietnam National Hydrometeorological Forecasting Center Hanoi; manh.ngovan@gmail.com

⁴ Vietnam National University of Forestry; quyen14121982@gmail.com.

⁵ Haiphong Private University, Haiphong; hoangvan041078@gmail.com.

Abstract: Storm surge could be a genuine fiasco coming from the ocean. Therefore, an exact forecast of surges is a vital assignment to dodge property misfortunes and to decrease chance caused by tropical storm surge. Genetic Programming (GP) is an evolution–based model learning technique that can find both the functional form and the numeric coefficients for the model. From our perspective, Genetic Programming has not been enough applied to the problem of storm surge forecasting. In the reserach paper, we propose a new approach to using Genetic Programming to evolve models for storm surge forecasting. Experimental results of storm surge forecasting on HonDau station, Vietnam show that Genetic Programming could be evolved more accurate models of storm surge forecasting than other common machine learning methods tried for the problem in the literature. Moreover, the model evolved by Genetic Programming is more interpretable than the models built by other (black–box) methods such as neural networks. Additionally, Genetic Programming could automatically select relevant features when evolving storm surge forecasting models.

Keywords: Genetic Programming; Storm surge prediction; HonDau.

Bài báo khoa học

Mô phỏng mức độ ngập và đề xuất giải pháp thoát nước chống ngập cho khu vực Văn Thánh – thành phố Hồ Chí Minh

Hoàng Thị Tố Nữ^{1*}, Đoàn Thanh Vũ¹, Lê Văn Phùng¹, Cấn Thu Văn¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP.HCM; nu.htt@hcmunre.edu.vn; dtvu@hcmunre.edu.vn; phunglv@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

* Tác giả liên hệ: nu.htt@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-908817694

Ban Biên tập nhận bài: 05/7/2020; Ngày phản biện xong: 10/8/2020; Ngày đăng: 25/8/2020

Tóm tắt: Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) được xác định là trung tâm kinh tế, trung tâm giao dịch quốc tế và du lịch của nước ta với quá trình đô thị hóa nhanh kéo theo nhiều hệ lụy về cơ sở hạ tầng, trong đó vấn đề ngập lụt đô thị là một trong những vấn đề nhức nhối nhất. Lưu vực Nhiêu Lộc-Thị Nghè thuộc 7 quận của TP.HCM là một trong những nơi có mức độ ngập cao. Nghiên cứu đã ứng dụng Mô hình SWMM để mô phỏng quá trình sản sinh dòng chảy từ mưa và quá trình tiêu thoát nước mưa trên lưu vực, từ đó đề xuất các giải pháp giảm ngập. Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp hồ điều hòa có tính hiệu quả hơn so với giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị. Các kịch bản cho thấy chỉ với 186 ha diện tích hồ điều hòa có thể cơ bản xóa ngập cho khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè.

Từ khóa: Ngập lụt đô thị Thành phố Hồ Chí Minh; Mô hình SWMM.

1. Mở đầu

Với vị trí địa lý và điều kiện tự nhiên tương đối thuận lợi, TP.HCM được xác định là trung tâm kinh tế, trung tâm giao dịch quốc tế và du lịch của nước ta là đầu mối giao thông thuận lợi để giao lưu khu vực phía nam, trong nước và quốc tế. Song còn tồn tại nhiều bất cập, mà bất cập lớn nhất là tình trạng ngập, lụt ở thành phố. Nhiều năm qua, TP.HCM đã đầu tư nhiều tiền của và công sức cho vấn đề này như: nâng cấp hệ thống thoát nước thành phố, khơi thông hệ thống kênh rạch, góp phần thoát nước và làm đẹp, trong sạch môi trường thành phố. Song, thực tế tình trạng ngập lụt càng lan rộng. Nhiều năm qua, các công trình xây dựng chủ yếu nâng cốt xây dựng lên hàng mét để vì họ sợ tình trạng ngập lụt khó cho việc kinh doanh... và thực tế đó đã tạo ra tình trạng đô thị này đổ nước vào đô thị kia, các đô thị ngăn cản nhau trong việc thoát nước và xảy ra tình trạng “càng chống càng ngập” [1].

Xét về điều kiện địa hình: Nhìn chung, TP.HCM có địa hình tương đối bằng phẳng và thấp với một số gò triền phía Tây-Bắc và Đông-Bắc, độ cao mặt đất có xu hướng giảm dần từ phía Tây-Bắc về phía Nam và Đông Nam. Khu vực có dạng gò triền lượn sóng phân bố lớn ở các huyện: Củ Chi, Hóc Môn, phía bắc quận Thủ Đức, quận 9, phía bắc huyện Bình Chánh. Cao độ từ 4–10 m chiếm khoảng 19% tổng diện tích; vùng có độ cao trên 10m chiếm 11% tổng diện tích. Khu vực địa hình dạng thấp phân bố ở nội thành phố, phần đất của huyện Hóc Môn, quận Thủ Đức nằm dọc theo sông Sài Gòn và phần phía nam huyện Bình Chánh. Cao độ thay đổi từ 2–4 m chiếm khoảng 15% diện tích. Khu vực địa hình dạng trũng thấp tạo thành một vệt kéo dài từ phía nam huyện Củ Chi (xã Thảo Mỹ, Tam Tân vòng về phía tây từ Bình Chánh (dọc kênh An Hạ, Lê Minh Xuân, Tân Nhật, đến phía nam huyện Nhà Bè, Cần Giờ và đông nam huyện Bình Phước, huyện Bình Chánh). Cao độ từ 0–2 m chiếm khoảng từ 55% diện tích đất (cao độ Quốc gia).

Xét về điều kiện thủy văn: Nằm ở vùng lưu vực hệ thống sông Đồng Nai–Sài Gòn, chế độ thủy văn–thủy lực của kênh rạch, sông ngòi không những chịu ảnh hưởng của địa hình thành phố (phần lớn thấp dưới 2 m) chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều biển Đông mà còn chịu tác động rất rõ nét của việc khai thác các hồ bậc thang ở thượng lưu hiện nay và trong tương lai như các hồ chứa Trị An, Dầu Tiếng, Thác Mơ...

Hệ thống sông rạch chằng chịt với tổng chiều dài 7.955 km; tổng diện tích mặt nước chiếm 16%; mật độ dòng chảy trung bình 3,80 km²... Như vậy phần địa hình thấp trũng có độ cao dưới 02 m và mặt nước chiếm 61% diện tích tự nhiên, lại nằm trong vùng cửa sông với nhiều công trình điều tiết lớn ở thượng nguồn nên nguy cơ ngập úng lớn [1].

Về lượng mưa: Tổng lượng mưa trung bình TP.HCM khá cao từ 1800 mm đến 2700 mm, tập trung vào 7 tháng từ tháng 5 đến tháng 11 chiếm tới 90% lượng mưa.

Về chế độ thủy văn: Do trong năm có 2 mùa chính mùa mưa và mùa khô nên chế độ dòng chảy ở 2 hệ thống sông Sài Gòn và sông Đồng Nai cũng hình thành 2 chế độ dòng chảy tương ứng. Đồng thời do tác động của biển Đông nên các sông rạch của vùng nội thành TP.HCM chịu ảnh hưởng triều một cách mạnh mẽ và quanh năm. Triều cường vào mùa Xuân (các tháng 10,11,12,1 dương lịch) thời kỳ này được tăng cường bởi dòng lũ mùa mưa trên địa bàn nội thành nên triều cường thường kéo dài từ tháng 9 đến tháng 1 dương lịch [1, 2].

Về tình hình lún sụt tại TP.HCM: Qua tổng hợp kết quả đo kiểm mốc độ cao khu vực TP.HCM và các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long năm 2014, 2015 của Cục bản đồ đo đạc và bản đồ Việt Nam thuộc Bộ Tài nguyên Môi trường cho thấy khu vực TP.HCM đang diễn ra với tốc độ lún lớn trên 10cm trong vòng 10 năm tại quận Bình Chánh, nam quận Bình Tân, quận 8, quận 7, đông quận 12, tây quận Thủ Đức, bắc huyện Nhà Bè với tổng diện tích 239 km². Cá biệt có những nơi lún tới 73 cm/10 năm, từ năm 2005–2015. (Tại mốc trên sân Trung tâm văn hóa Thể dục Thể thao tại phường An Lạc quận Bình Tân; 44 cm/10 năm (mốc tại sân Trung tâm Y tế Bình Chánh, xã Tân Túc huyện Bình Chánh [1,3].

Qua nghiên cứu tình hình về điều kiện khí hậu, thủy văn khu vực TP.HCM; kết quả quan trắc hiện tượng lún sụt, kịch bản nước biển dâng tại Việt Nam; có thể nói cuối thế kỷ này, toàn bộ những vùng đất có độ cao nhỏ hơn 4 m tại TP.HCM có nguy cơ ngập nước và những phần diện tích xây dựng không thuận lợi chiếm tới 60–70% tổng diện tích tự nhiên TP.HCM.

Nhiều khu vực của TP.HCM có mặt đất tự nhiên thấp khoảng 75% diện tích có cao độ dưới 2 m, lại nằm trong vùng ảnh hưởng mạnh bởi thủy triều biển Đông, nên hoàn toàn có thể bị ngập khi gặp đỉnh triều cao. Do biến đổi khí hậu, nước biển ngày càng dâng cao. mà hậu quả là tăng nguy cơ gây ngập cho khu vực TP.HCM, cả về tần suất và mức độ [4].

Đặc biệt, trận siêu mưa vừa qua ngày 25 tháng 11 năm 2018, do ảnh hưởng của bão số 9 (USAGI) trên địa bàn Thành phố đã xuất hiện mưa từ lúc 07giờ 00 và đến 15giờ 00 phút bắt đầu xuất hiện mưa to trên diện rộng kết hợp với triều lên. Vũ lượng mưa lớn nhất đo được là 401 mm (trạm Tân Sơn Hòa), đỉnh triều đo tại trạm Phú An là +1,29 m (vào lúc 18 giờ 30 phút). Trong khi đó, tần suất thiết kế cống hiện nay ở TP.HCM đến năm 2020: Vũ lượng thiết kế với chu kỳ tràn cống đối với tuyến cống cấp 3 là mưa 75,88 mm; tuyến cống cấp 2 là mưa 85,36 mm; kênh, rạch chính cấp 1 là 95,91 mm trong 3 giờ; đỉnh triều thiết kế là +1,32 m).

Từ thực tế trên cho thấy, ngập úng nặng tại TP.HCM không chỉ xảy ra trong trường hợp tổ hợp bất lợi “lũ cao + triều cường + mưa lớn”, mà có thể còn xảy ra ngay trong trường hợp lũ+triều bình thường nhưng gặp siêu mưa có lượng mưa gấp nghé hoặc vượt xa lượng mưa thiết kế hệ thống cống thoát nước đô thị của thành phố hiện tại (200 mm/trận trong vài giờ). [4].

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Lưu vực nghiên cứu

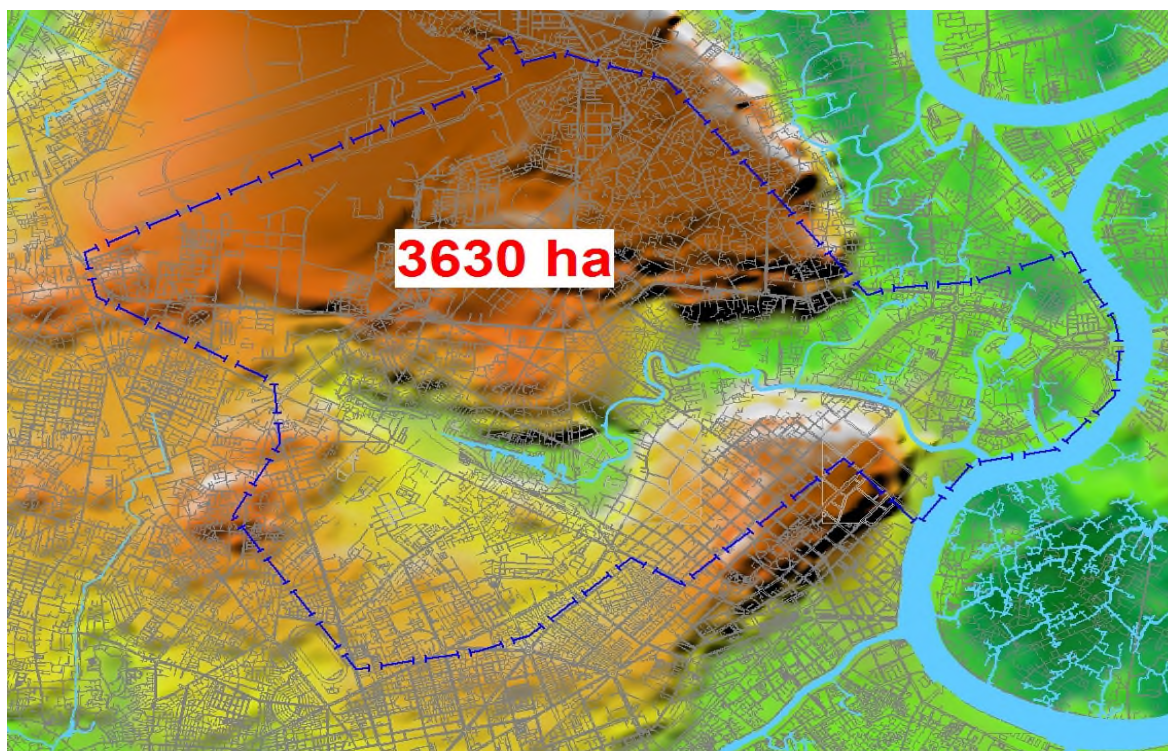
Tình trạng ngập nước tại TP.HCM nói chung và trên lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè đang là một trong những vấn đề quan tâm chính của các cấp chính quyền và nhân dân. Lưu vực

Nhiều Lộc–Thị Nghè là khu vực có địa hình mặt đất tự nhiên thấp vì vậy là khu vực bị ngập thường xuyên, về mùa khô ngập do triều cường, về mùa mưa ngập do mưa lớn hoặc do mưa kết hợp với triều. Riêng khu vực quận Bình Thạnh, một quận nằm ở.

Lưu vực rạch Văn Thánh, phía cuối của lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè tình trạng ngập lụt xảy ra nguy kịch nhất, có một bộ phận địa hình thấp trùng tiếp giáp với vùng có địa hình cao hơn, với diện tích ngập lụt do triều cường lên tới 30–50% diện tích tự nhiên. Tình trạng ngập úng đã ảnh hưởng nhiều đến các mặt kinh tế, xã hội và môi trường của khu vực thêm vào đó tình hình ngập đang diễn biến ngày càng xấu đi [5].

Lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè thuộc khu vực trung tâm kinh tế, chính trị và văn hóa của thành phố Hồ Chí Minh, với diện tích 3630 ha nằm trên địa bàn của 7 quận (quận 1, 3, 10, Phú Nhuận, Tân Bình, Bình Thạnh và Gò Vấp), số dân sống trên lưu vực lên tới 1,2 triệu người.

Rạch Văn Thánh thuộc kênh Nhiều Lộc–Thị Nghè chiều dài khoảng 2000 m, chiều rộng của Rạch khoảng 15–30m. Lưu vực rạch Văn Thánh nằm ở phía Đông Bắc, ven sông Sài Gòn, phía cuối của lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè (quận Bình Thạnh) với diện tích khoảng 200 ha, tình trạng ngập lụt xảy ra ở lưu vực này là nguy kịch nhất, với diện tích ngập lụt do triều cường lên tới 30–50% diện tích tự nhiên (Hình 1).



Hình 1. Khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiều Lộc–Thị Nghè.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Các bài toán khoa học–kỹ thuật thường có thể được giải quyết theo ba phương pháp: phương pháp quan sát–đo đạc thực tế, phương pháp mô hình vật lý và phương pháp mô hình toán. Đối với bài toán thoát nước đô thị này, phương pháp mô hình vật lý sẽ rất là khó khăn phức tạp, nếu không muốn nói là không thể được. Vì vậy trong luận văn, sẽ chỉ sử dụng phương pháp mô hình toán số (mô hình PC. SWMM) kết hợp với các dữ liệu quan sát–đo đạc thực tế. Đã có các báo cáo, nghiên cứu: Báo cáo đặc biệt hữu ích do sử dụng SWMM trên khu vực đô thị với những đặc điểm tương tự kênh Tân Hóa–Lò Gò. Đồng thời trình bày lại lượng mưa và các phân tích thủy văn khác cũng như chi tiết về phương pháp luận dòng chảy, được sử dụng cho việc áp dụng mô hình SWMM ở TP.HCM [6]; Mô hình tính

toán thoát nước mưa cho những đô thị chịu ảnh hưởng thủy triều [7], báo cáo đã tính toán thoát nước mưa cho những đô thị chịu ảnh hưởng thủy triều bằng một mô hình có sẵn—mô hình SWMM. Bên cạnh, tác giả cũng trình bày một số khía cạnh về thủy văn đô thị, chủ yếu theo quan điểm Âu—Mỹ; Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP.HCM [8]. Nghiên cứu hiện trạng tình hình ngập nước đô thị (vị trí địa lý, địa hình, dân số, hệ thống thoát nước, tính chất mặt đệm ảnh hưởng đến sự hình thành dòng chảy, nhận định về yếu tố mặt đệm). Đồng thời đã đưa ra mô hình tính toán thủy lực hệ kênh rạch khu vực nội thành TP.HCM (mô hình toán, phương pháp giải); Nghiên cứu, báo cáo Quy hoạch thủy lợi phục vụ tìm kiếm giải pháp chống ngập lụt cho TP.HCM [9]. Trên cơ sở phân tích nguyên nhân và hiện trạng ngập ở TP.HCM lũ, mưa và các tổ hợp của chúng, nghiên cứu đã đề xuất các biện pháp kiểm soát lũ, kiểm soát triều nhằm giải quyết bài toán chống úng ngập cho toàn thành phố trong điều kiện có lũ lớn ở thượng lưu và nước biển dâng trong tương lai từ đó đề xuất các giải pháp.

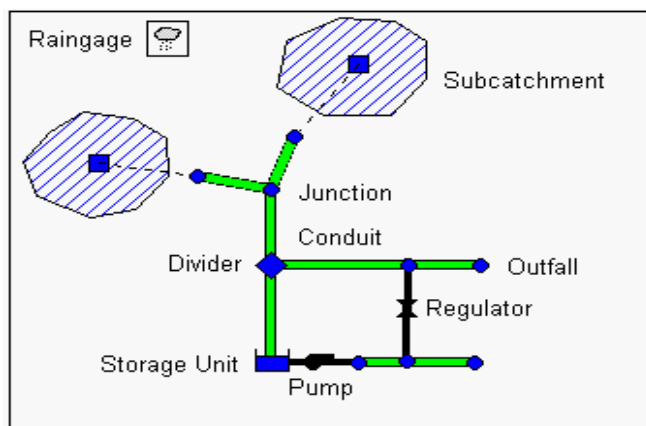
Hiện nay có nhiều mô hình khác nhau được nghiên cứu, ứng dụng và phát triển để phục vụ việc mô phỏng và đề xuất các giải pháp chống ngập đô thị trên thế giới, trong đó phải kể đến: mô hình toán như: Pervious and impervious runoff in urban catchments. Mưa và những độ sâu lớp nước chảy tràn được kiểm tra cho 763 trận bão trong 26 lưu vực đô thị ở 12 quốc gia. Có 17 lưu vực có những bề mặt không thấm là những nhân tố đóng góp chính cho dòng chảy mặt [10]; Nghiên cứu GIS (Hệ thống thông tin địa lý) hiện nay, đây là dự án thuộc khu vực Tweed vùng biển bắc New South Wales. Nội dung chính tập trung vào những vấn đề quản lý thoát nước kết hợp với những mô hình thủy lực cho phép mô phỏng động lực học của hệ thống thoát nước tương ứng với trường hợp dòng chảy mặt do mưa [11]. Những nghiên cứu thủy văn của những quá trình mưa—dòng chảy mặt cung cấp cơ sở cho việc ước lượng thiết kế dòng chảy trong những hệ thống thoát nước đô thị. Hệ thống mà kiểm soát lũ, chuyển tải bùn tải và các chất ô nhiễm. Bài báo phát thảo lý thuyết của những quá trình mưa—dòng chảy mặt và định rõ sự phát triển của mô hình thực tiễn và hiện tại sử dụng cho việc tính toán những mô hình [12]; Mô hình thoát nước đô thị nhiều cấp [10]. Nghiên cứu sử dụng hệ thống thoát nước kép, mạng lưới kênh hở phía trên mặt đường, hệ thống cống kín phía dưới để giảm lưu lượng đỉnh của hệ thống. Đặc biệt trong mô hình này nghiên cứu thấy được mối quan hệ thủy động lực giữa những dòng chảy ở mạng trên và mạng dưới [5]. Ngoài ra, các mô hình được sử dụng rộng rãi như mô hình Storm (*Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model*), mô hình HEC—HMS, mô hình TOPMODEL, mô hình Mouse, mô hình MIKE Urban, ... Trong nghiên cứu này sẽ ứng dụng mô hình PC.SWMM để mô phỏng mức độ ngập và đề xuất các giải pháp cho tiểu lưu vực rạch Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc—Thị Nghè.

2.3 Cơ sở lý thuyết mô hình SWMM

SWMM (*Storm Water Management Model*) được xây dựng ở hai trường đại học San Phansico và Florida (Mỹ) do cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) xây dựng từ năm 1971—1999 để mô phỏng chất và lượng nước của lưu vực thoát nước đô thị và tính toán quá trình chảy tràn từ mỗi lưu vực bộ phận đến cửa nhận nước của nó. Mô hình quản lý nước mưa SWMM là một mô hình toán học toàn diện, dùng để mô phỏng khối lượng và tính chất dòng chảy đô thị do mưa và hệ thống cống thoát nước thải chung. Mọi vấn đề về thủy văn đô thị và chu kỳ chất lượng đều được mô phỏng, bao gồm dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm, vận chuyển qua mạng lưới hệ thống tiêu thoát nước, hồ chứa và khu xử lý.

Mô hình bao gồm các khối sau: (1) Khối “dòng chảy” (*Runoff block*) tính toán dòng chảy mặt và ngầm dựa trên biểu đồ quá trình mưa (và/hoặc tuyết tan) hàng năm, điều kiện ban đầu về sử dụng đất và địa hình; (2) Khối “truyền tải” (*Transport block*) tính toán truyền tải vật chất trong hệ thống nước thải; (3) Khối “chảy trong hệ thống” (*Extran block*) diễn toán thủy lực dòng chảy phức tạp trong cống, kênh...; (4) Khối “Trữ/xử lý” (*Storage/Treatment block*)

biểu thị các công trình tích nước như ao hồ... và các công trình xử lý nước thải, đồng thời mô tả ảnh hưởng của các thiết bị điều khiển dựa trên lưu lượng và chất lượng các ước toán chi phí cơ bản cũng được thực hiện; (5) Khối “nhận nước” (Receiving block) Môi trường tiếp nhận (Hình 2).



Hình 2. Các thành phần trong hệ thống mô phỏng SWMM.

Modul EXTRAN, module chính của SWMM, là mô hình tính toán thủy lực dòng chảy trong hệ thống lòng dẫn hở và/hay kín. Module này nhận dữ liệu thủy văn tại những vị trí nút ấn định trước từ module trước đó (ví dụ module RUNOFF) và/hay từ dữ liệu do người sử dụng nhập trực tiếp.

Hệ phương trình đạo hàm riêng cơ bản cho hệ thống dòng chảy trong công thoát nước xuất phát từ hệ phương trình dòng không ổn định 1D Saint-Venant.

a. Phương trình liên tục của dòng không ổn định:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + V \frac{\partial A}{\partial x} + A \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \tag{1}$$

Trong đó A là diện tích mặt cắt ngang; V là lưu tốc trung bình mặt cắt ngang dòng chảy; x là khoảng cách dọc theo lòng dẫn; t là thời gian.

Gọi Q là lưu lượng dòng chảy:

$$V = Q/A \tag{2}$$

Thay (2) vào (1), tìm được:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \tag{3}$$

b. Phương trình động lượng của dòng không ổn định:

$$S_f = S_o - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{1}{g} \cdot \frac{\partial V}{\partial t} \tag{4}$$

Trong đó S_f là độ dốc thủy lực; S_o là độ dốc đáy; g là gia tốc trọng trường.

Từ (2) và (4), tìm được:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \tag{5}$$

Trong đó $H = z + h$ là cột nước đo áp (z là cao độ đáy, h là chiều sâu nước); Độ dốc đáy $S_o = dz/dx$ được bao hàm trong gradient của H.

Ta có phương trình động lượng được dùng trong các ống và phương trình liên tục được

dùng tại các nút. Như vậy động lượng được bảo toàn trong ống và liên tục tại nút.

Phương trình động lượng kết hợp với phương trình liên tục dưới dạng sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (6)$$

Trong (10), độ dốc thủy lực được xác định nhờ biểu thức Manning:

$$S_f = \frac{n^2}{AR^{4/3}} Q|V| \quad (7)$$

Trong đó n là hệ số nhám Manning; R là bán kính thủy lực. Dấu giá trị tuyệt đối trong (7) làm cho S_f là một đại lượng có hướng và bảo đảm rằng lực ma sát luôn luôn ngược chiều dòng chảy.

Như vậy phương trình cuối cùng để giải là:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{gn^2}{R^{4/3}} Q|V| - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (8)$$

Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn với sơ đồ hiện áp dụng vào phương trình (12), sau một số biến đổi ta nhận được phương trình rời rạc sau đây:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{gn^2}{\bar{R}^{4/3} |\bar{V}|}} \left[Q_t + 2\bar{V} \Delta t \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t + \bar{V}^2 \Delta t \left(\frac{A_2 - A_1}{L} \right) \right] - g\bar{A} \Delta t \left(\frac{H_2 - H_1}{L} \right) \quad (9)$$

Trong đó $Q_{t+\Delta t}$ và Q_t lần lượt là lưu lượng ở cuối và đầu thời đoạn Δt ; $\bar{V}, \bar{A}, \bar{R}$ là trung bình có gia trọng của những giá trị tương ứng ở hai đầu ống vào thời điểm t; $(\Delta A/\Delta t)_t$ là đạo hàm theo thời gian của A từ bước thời gian trước. Các ẩn số trong (13) là $Q_{t+\Delta t}$, H_2 và H_1 . Các đại lượng $\bar{V}, \bar{A}, \bar{R}$ đều có quan hệ với Q và H.

Do đó, ta cần có một phương trình liên hệ giữa Q và H. Đó chính là phương trình liên tục tại một nút:

$$\partial H/\partial t = \Sigma Q/A_s \quad (10)$$

hay dưới dạng sai phân:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \Sigma Q_t \Delta t / A_{st} \quad (11)$$

Với A_s là diện tích mặt thoáng của nút.

Các phương trình (9) và (11) có thể được giải liên tiếp nhằm xác định lưu lượng trong mỗi ống và cột nước tại mỗi nút cho mỗi bước thời gian Δt .

Ưu điểm của phương pháp sai phân hữu hạn theo sơ đồ hiện là đơn giản, dễ lập trình trên máy tính nhưng có nhược điểm là bị hạn chế về bước thời gian. Để bảo đảm sự ổn định của lời giải số, bước thời gian Δt phải thỏa mãn điều kiện Courant sau đây:

* Đối với ống:

$$\Delta t \leq L / (gD)^{1/2} \quad (12)$$

Trong đó D là chiều sâu tối đa trong ống. Vế phải của (16) là thời gian cần cho một sóng động lực truyền trên chiều dài L của ống.

* Đối với nút:

$$\Delta t \leq 0,1 A_s \Delta H_{\max} / \Sigma Q \quad (13)$$

Trong đó ΔH_{\max} là độ dâng lớn nhất của mặt nước trong một bước thời gian; ΣQ là tổng lưu lượng thực chảy vào nút.

Bước thời gian Δt được chọn sẽ là giá trị nhỏ nhất trong hai giá trị cho bởi (12) và (13). Theo kinh nghiệm, $\Delta t = 15-30$ giây là thích hợp.

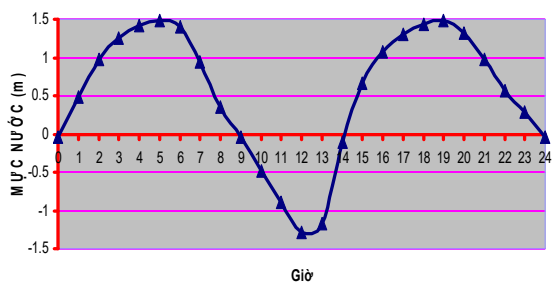
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Mô phỏng ngập lụt hiện trạng

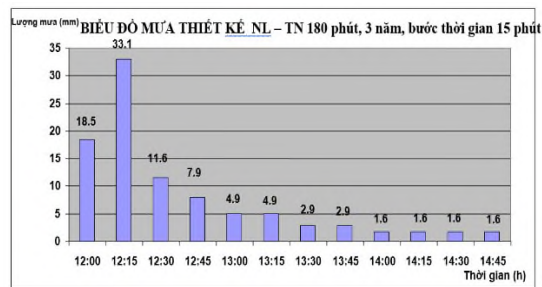
3.1.1 Cơ sở dữ liệu

a. Biên mực nước:

Dao động mực nước theo triều được gán tại nút 135, giao của rạch Nhiêu Lộc–Thị Nghè với sông Sài Gòn là mô hình triều tiêu được tính toán trên mô hình tổng thể ứng với mực nước sông Sài Gòn tại trạm Phú An tương ứng với tần suất thiết kế là 10% (Hình 3).



Hình 3. Quá trình mực nước triều đặc trưng ngày 28/10/2007.



Hình 3. Biểu đồ mưa thiết kế.

b. Mô hình mưa thiết kế:

Mô hình mưa được sử dụng trong tính toán được lấy theo trạm Tân Sơn Nhất với chu kỳ tràn công lập lại là 3 năm (Hình 4).

c. Các thông số khác:

Lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè có tổng diện tích khoảng 3630 ha chảy qua 7 quận (1, 3, 10, Tân Bình, Phú Nhuận, Gò Vấp, Bình Thạnh). Độ dốc địa hình của từng tiểu lưu vực trong lưu vực được xác định trực tiếp trên bản đồ số hóa của lưu vực.

Tỉ lệ phần không thấm so với tổng diện tích được ước tính theo cơ cấu sử dụng đất về lâu dài là 55–85%. Giả thiết bỏ qua bốc hơi do thời đoạn tính toán ngắn.

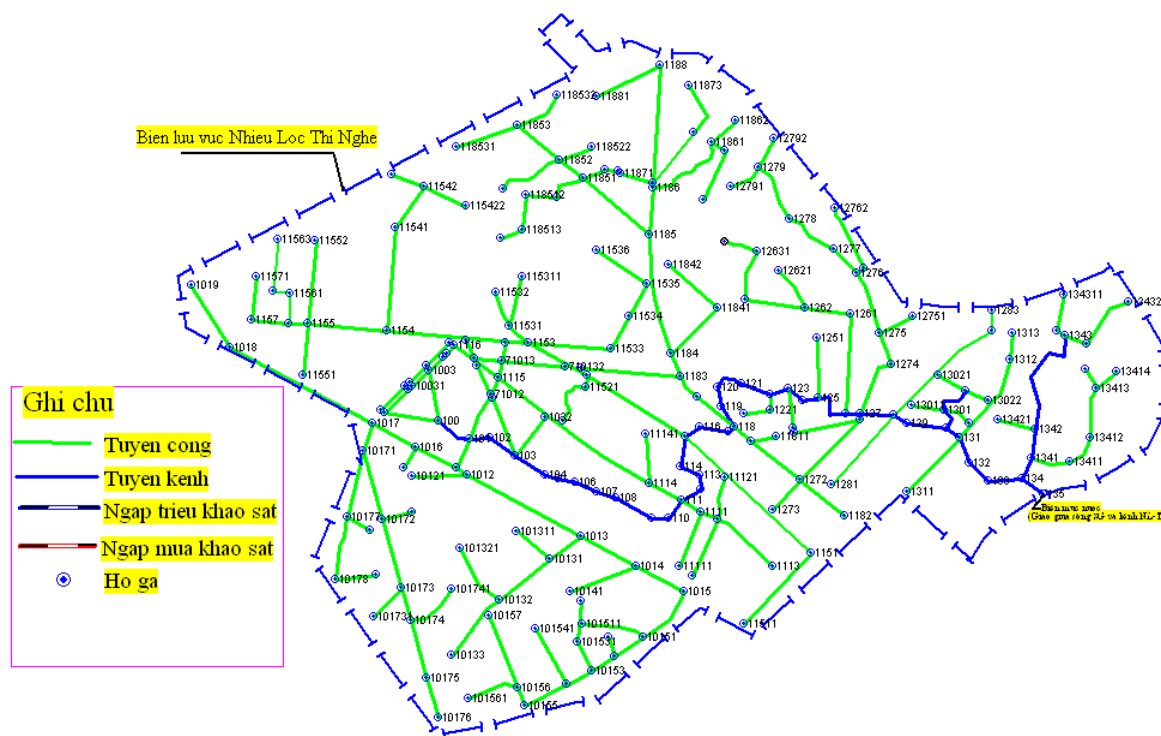
Các số liệu về mặt cắt các tuyến kênh rạch được lấy theo dự án vệ sinh môi trường Nhiêu Lộc–Thị Nghè.

Cao độ mặt đất được lấy theo cao độ tự nhiên xác định trên bản đồ số hóa, tuy nhiên đối với vùng trũng thấp, cao độ mặt đất được giả định bằng cao độ san nền tối thiểu +2m (theo quyết định số 752/QĐ–TTg của Thủ Tướng Chính Phủ ngày 19/06/2001 về việc phê duyệt Quy Hoạch tổng thể hệ thống thoát nước TP HCM đến năm 2020).

Hệ thống công thoát nước: Rạch Văn Thánh thuộc kênh Nhiêu Lộc–Thị Nghè nằm ở phía cuối kênh, tình trạng ngập úng xảy ra ở lưu vực rạch Văn Thánh xảy ra thường xuyên và nghiêm trọng mỗi khi triều lên, mưa xuống và đặc biệt là khi mưa triều kết hợp. Bên cạnh

địa hình ở lưu vực này tương đối thấp chịu ảnh hưởng của sông Sài Gòn và các lưu vực xung quanh. Do đó, để giải quyết bài toán ngập cho lưu vực này ta cần giải quyết trên phương diện tổng thể cụ thể là tính cho toàn bộ lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè.

Toàn bộ lưu vực được sơ đồ hóa thành 220 nút, 119 tiêu lưu vực, 221 tuyến công với biên mực nước được gán tại nút 135 (giao giữa kênh Nhiêu Lộc–Thị Nghè với sông Sài Gòn). Với sơ đồ hiện trạng như sau (hình 5).



Hình 5. Sơ đồ thủy lực phương án hiện trạng.

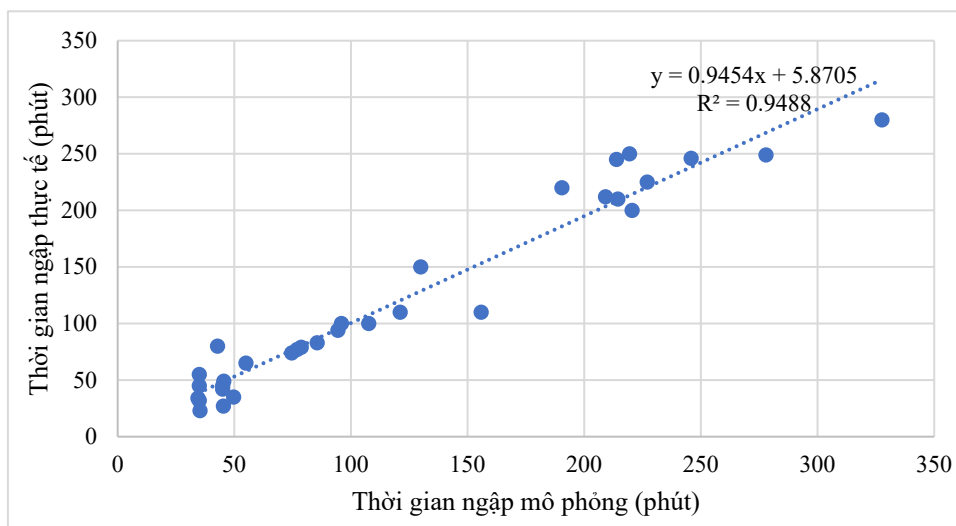
3.1.2 Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Dùng phương án hiện trạng để kiểm nghiệm mô hình bằng cách so sánh những điểm ngập có được từ việc mô phỏng bằng mô hình với điểm ngập từ khảo sát thực tế.

Sau khi tiến hành mô phỏng lưu vực bằng mô hình PC. SWMM kết quả tính toán cho thấy với kích thước kênh, cống như trong hiện trạng, dòng chảy mặt đất hình thành khắp nơi trong lưu vực và tràn về khu vực trũng thấp gây ngập kéo dài tại nhiều nơi.

Kết quả mô phỏng và so sánh với thực tế được gọi là phương án hiện trạng. Kết quả được thể hiện trong hình 6.

Dựa vào kết quả trên, ta so sánh số điểm ngập từ khảo sát thực tế trùng với kết quả từ việc chạy mô hình là (32) với số điểm ngập có được do chạy mô hình (50), như vậy tỉ lệ mô phỏng thành công của mô hình khoảng 64%. Với hệ số Nash giữa thực đo và mô phỏng của 32 điểm ngập đạt 0,96. Với kết quả hiệu chỉnh hiện trạng, cho thấy mô hình có khả năng tái hiện tình hình ngập ở lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè.



Hình 6. Biểu đồ so sánh các node ngập mô phỏng và thực tế.

3.4. Mô phỏng giải pháp thoát nước chống ngập

Nghiên cứu đã thiết lập vận hành công kiểm soát triều Nhiều Lộc–Thị Nghè ứng với các kịch bản sau:

- Kịch bản tăng diện tích bề mặt thấm cho lưu vực;
- Kịch bản xây dựng hồ điều hòa phân tán.

3.4.1 Giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị

Nước mưa rơi xuống đất chia làm ba thành phần chính: một phần ngấm xuống đất bổ sung cho nguồn nước ngầm, một phần bốc hơi lên tạo thành mây, phần còn lại tạo thành dòng chảy chảy vào hệ thống thoát nước mưa.

Việc đô thị hóa–bê tông hóa–Thành phố Hồ Chí Minh đã làm giảm đáng kể bề mặt thấm của lưu vực, làm thay đổi hệ số dòng chảy góp phần làm tăng dòng chảy tràn và tình trạng ngập của lưu vực. Do đó, tăng diện tích bề mặt thấm nhằm giảm thiểu tình hình ngập hiện nay cho lưu vực, đồng thời bổ sung trữ lượng cho nước ngầm là một giải pháp cần xem xét. Cụ thể nghiên cứu tiến hành giảm diện tích phần không thấm với các trường hợp 85%, 75%, 65%, 55%, 45%, 35%, 25% dưới ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu dự kiến mưa tăng 0,8mm/năm, triều tăng 1cm/năm theo thời gian biểu kiến.

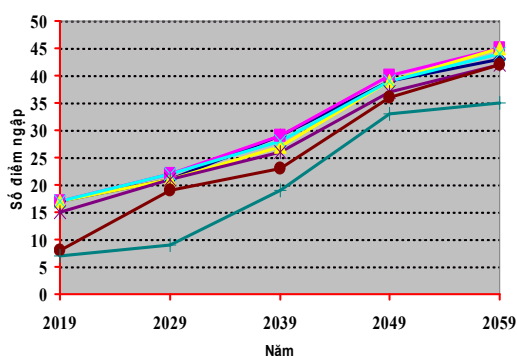
- Dữ liệu mực nước triều được tính toán cho các năm 2019, 2029, 2039, 2049 và 2059;
- Dữ liệu mưa thiết kế dự kiến 180 phút – 3 năm – bước thời gian 15 phút (Bảng 1).

Kết quả mô phỏng về mối tương quan giữa phần trăm diện tích không thấm và số điểm ngập ứng với từng năm như hình 7 và hình 8.

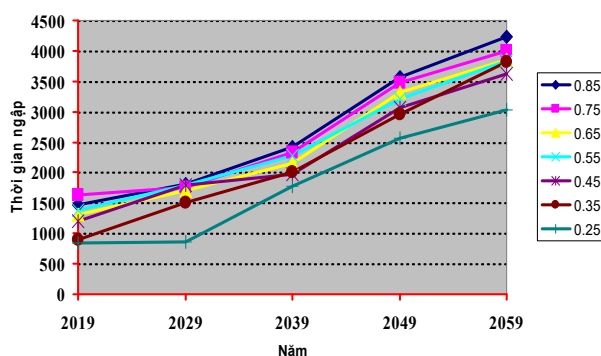
Bảng 1. Bảng mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu.

Giờ	Mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu				
	2019	2029	2039	2049	2059
12:00	20.1	21.7	23.3	24.9	26.4
12:15	35.9	38.8	41.6	44.5	47.3
12:30	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6

Giờ	Mô hình mưa thiết kế dự kiến ứng với biến đổi khí hậu				
	2019	2029	2039	2049	2059
12:45	8.6	9.3	9.9	10.6	11.3
13:00	5.3	5.7	6.2	6.6	7.0
13:15	5.3	5.7	6.2	6.6	7.0
13:30	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1
13:45	3.1	3.4	3.6	3.9	4.1
14:00	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:15	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:30	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3
14:45	1.7	1.9	2.0	2.1	2.3



Hình 7. Diễn biến số điểm ngập trường hợp thay đổi % thấm.



Hình 8. Diễn biến số thời gian ngập trường hợp thay đổi % thấm.

Thấy rằng giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị (tăng phần diện tích thấm) có tác dụng nhất định trong việc giảm thiểu tình trạng quá tải của cống trong tương lai khi vũ lượng mưa tăng dần theo thời gian. Tuy nhiên trên thực tế giải pháp này không mang lại hiệu quả cao, thời gian ngập và số điểm ngập giảm không bao nhiêu khi thay đổi mặt phủ đô thị mặc dù ta tiến hành quy hoạch đô thị đến 25% diện tích không thấm. Bên cạnh, Thành phố Hồ Chí Minh nói chung và lưu vực Nhiêu Lộc-Thị Nghè nói riêng việc giảm diện tích không thấm một cách đáng kể (25%) là không khả thi và không thực hiện được.

3.4.2 Giải pháp hồ điều hòa

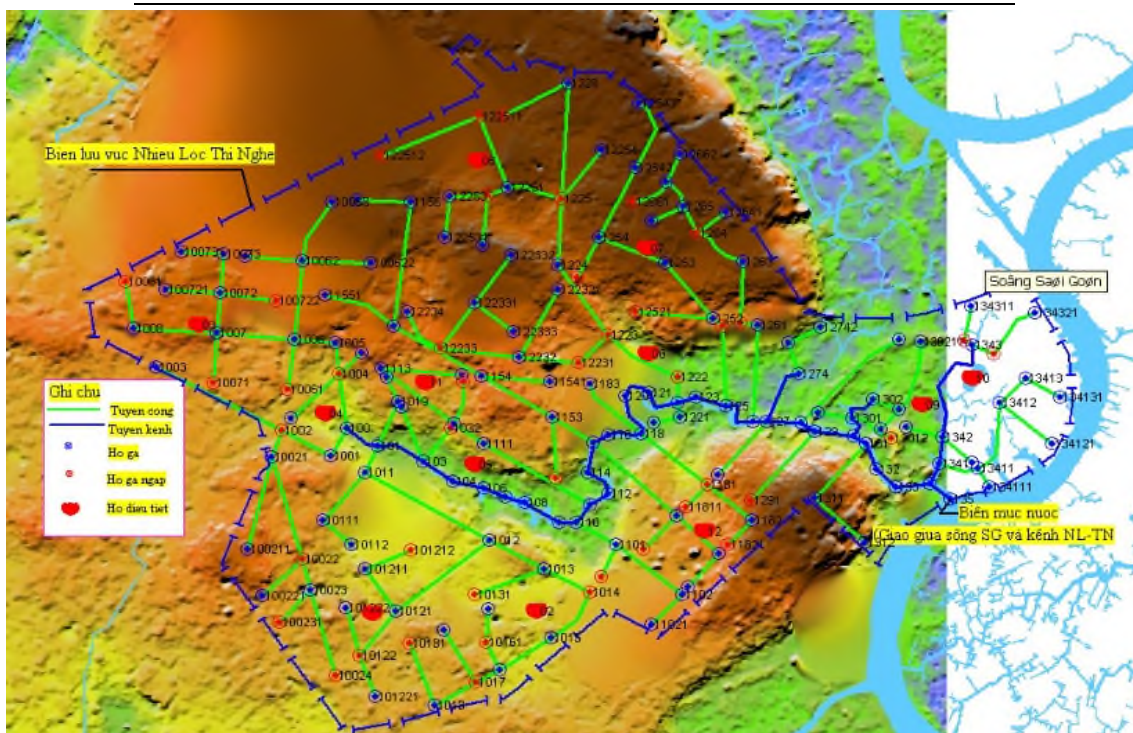
Sau khi đánh giá thực trạng tiêu thoát nước, nghiên cứu các kế hoạch phát triển và hệ thống dữ liệu, nghiên cứu tiến hành quy hoạch xây dựng hồ điều hòa cho lưu vực. Ngoài chức năng chính là góp phần giảm thiểu ngập lụt, hồ điều hòa còn cải tạo cảnh quan, môi trường, là điểm vui chơi của người dân trong vùng. Trong tương lai không xa, khi mà nguồn nước ngọt hạn chế, hồ điều hòa còn có thêm nhiệm vụ cung cấp nước cho đời sống và sản xuất. Các tiêu chí chọn vị trí hồ điều hòa được xem xét về cao độ, dòng chảy, dân cư và công trình xung quanh.

Với tiêu chí trên nghiên cứu tiến hành quy hoạch bố trí hồ điều hòa và tính thử dần dưới ảnh hưởng của mưa và triều theo thời gian ứng với quy hoạch đô thị.

Ví dụ điển hình như trường hợp 85% không thấm ứng với năm 2059 nghiên cứu bố trí 12 hồ điều hòa, trong đó có tận dụng hồ Văn Thánh như là một hồ điều tiết nước (Bảng 2, Hình 9).

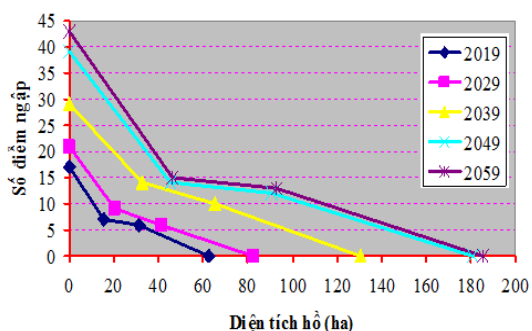
Bảng 2. Bảng kích thước hồ trường hợp 85% không thấm năm 2059.

STT	Rộng (m)	Dài (m)	Sâu (m)	Diện tích hồ (ha)
1	200	440	1.0	8.8
2	500	840	1.0	42
3	100	270	1.0	2.7
4	300	550	1.0	16.5
5	300	520	1.0	15.6
6	250	460	1.0	11.5
7	200	290	1.0	5.8
8	500	890	1.0	44.5
9	300	490	1.0	14.7
10	200	360	1.0	7.2
11	200	450	1.0	9
12	200	410	1.0	8.2
Tổng cộng				186.5

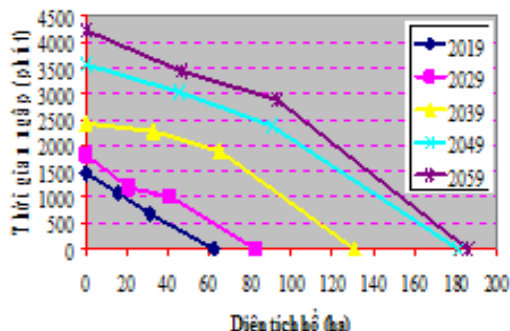


Hình 9. Sơ đồ vị trí hồ điều hòa trường hợp 85% năm 2059.

Sau khi bố trí nghiên cứu tiến hành mô phỏng và tính thử dần thể tích hồ cho đến khi hết ngập hoàn toàn cho lưu vực theo quy hoạch đô thị dưới sự ảnh hưởng của biến đổi khí hậu (mưa và triều tăng như dự kiến với các thời điểm), được kết quả thể hiện trên hình 10, hình 11.



Hình 10. Diễn biến số điểm ngập theo V hồ trường hợp 85% không thấm.



Hình 11. Diễn biến thời gian ngập theo V hồ trường hợp 85% không thấm.

Bảng 3. Diện tích hồ cần thiết để xóa ngập.

Năm	V hồ							
	85%		75%		65%		55%	
Đơn vị	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
2019	1.720	62	1.610	58	1.277	46	1.090	40
2029	2.269	82	2.053	75	1.694	62	1.542	56
2039	3.597	131	3.059	111	2.617	95	2.407	87
2049	4.989	181	4.649	169	4.216	153	3.739	136
2059	5.115	186	4.963	180	4.384	159	4.176	152

Qua kết quả trên nghiên cứu thấy hồ điều tiết là một giải pháp mang lại hiệu quả cao, chỉ với 186 ha (trường hợp bất lợi nhất) có thể cơ bản xóa ngập hoàn toàn cho lưu vực. 186 ha là một diện tích không nhỏ nhưng so với tổng diện tích lưu vực chỉ chiếm khoảng 5% thì không đáng kể so với hiệu quả mà nó mang lại. Ứng với từng thời điểm xác định và theo từng quy hoạch đô thị nghiên cứu có diện tích hồ cần thiết để xóa ngập cho lưu vực.

4. Kết luận

Mô hình SWMM được sử dụng để mô phỏng chất và lượng nước của lưu vực thoát nước đô thị và tính toán quá trình chảy tràn từ mỗi lưu vực bộ phận đến cửa nhận nước của nó. Hơn nữa mô hình quản lý nước mưa SWMM là 1 mô hình toán học toàn diện, dùng để mô phỏng khối lượng và tính chất dòng chảy đô thị do mưa và hệ thống cống thoát nước thải chung. Mọi vấn đề về thủy văn đô thị và chu kỳ chất lượng đều được mô phỏng, bao gồm dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm, vận chuyển qua mạng lưới hệ thống tiêu thoát nước, hồ chứa và khu xử lý. Nghiên cứu đã ứng dụng cho khu vực Văn Thánh thuộc lưu vực Nhiêu Lộc–Thị Nghè với kết quả mô phỏng hiện trạng ở mức tốt. Trên cơ sở đó nghiên cứu sử dụng bộ thông số để tính toán cho các kịch bản giảm ngập khi công kiểm soát triều Nhiêu Lộc–Thị Nghè hoạt động ứng với 2 giải pháp là cải tạo mặt phủ đô thị và xây dựng hồ điều hòa. Kết quả cho thấy giải pháp hồ điều hòa có tính hiệu quả và khả dĩ hơn so với giải pháp cải tạo mặt phủ đô thị. Tuy nhiên mỗi phương án đều có những mặt trái của nó. Vì thế để có được một phương án tối ưu nhất đối với khu vực Văn Thánh thì cần có thêm các nghiên cứu và đánh giá chuyên sâu khác để hiệu quả nhất về kinh tế và xã hội.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.T.T.N; Đ.T.T; L.V.P; C.T.V; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: H.T.T.N.; Xử lý số liệu: H.T.T.N; Đ.T.V; L.V.P; Mô hình hóa: H.T.T.N; Phân tích kết quả: H.T.T.N, C.T.V; Chỉnh sửa bài báo: H.T.T.N, C.T.V.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Sở Quy hoạch – Kiến trúc TPHCM. Giải pháp hạn chế tình trạng ngập lụt tại TP.HCM và tình hình biến đổi khí hậu trong tương lai. 2017. Trang online: <https://qhkt.hochiminhcity.gov.vn/do-thi-xanh/giai-phap-han-che-tinh-trang-ngap-lut-tai-tphcm-va-tinh-hinh-bien-doi-khi-hau-trong-tuong-lai-1031.html>
2. Dũng, Đ.Đ.; Anh, N.N.; Hà, Đ.T. Đánh giá biến động tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai và vùng phụ cận. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 2014, 47, 1–9.
3. Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam (Bộ Tài nguyên và Môi trường). Báo cáo tình hình sụt lún khu vực TP.HCM và ĐBSCL, 2016. Trang online: <https://baotainguyenmoitruong.vn/bao-cao-tinh-hinh-sut-lun-khu-vuc-tp-hcm-va-dbscl-246240.html>
4. Trường, T.V. Nhìn lại bài toán ngập lụt Thành phố Hồ Chí Minh, 2018. Trang online: <https://ashui.com/mag/tuongtac/phanbien/14844-nhin-lai-bai-toan-ngap-lut-thanh-pho-ho-chi-minh.html>
5. Nữ, H.T.T. Nghiên cứu giải pháp thoát nước chống ngập cho lưu vực rạch Văn Thánh Thành phố Hồ Chí Minh. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật Đại học Bách Khoa TP.HCM, 2010.
6. Dresser, C.; McKee International. Nghiên cứu khả thi và thiết kế sơ bộ dự án Thoát nước Tp.HCM Lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè. Tài liệu báo cáo kết quả nghiên cứu giai đoạn thiết kế khả thi thuộc dự án Thoát nước TP.HCM lưu vực Nhiêu Lộc – Thị Nghè, 1999.
7. Điềm, N.V.; Sơn, H.T. Mô hình tính toán thoát nước mưa cho những đô thị trong vùng bị ảnh hưởng thủy triều. Trường đại học Bách Khoa TP HCM, 2002.
8. Hiếu, T.V. Nghiên cứu phương pháp phân vùng ngập và thoát nước đô thị nội thành TP.HCM (2000–2002). Báo cáo tổng kết đề tài Phân viện Khí tượng Thủy văn và BDKH.
9. Vân, T.C. Quy hoạch thủy lợi phục vụ tìm kiếm giải pháp chống ngập lụt cho TP. Hồ Chí Minh. Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn TP.HCM, 2008.
10. Boyd, J.M.; Bufill, M.C.; Knee, R.M. Pervious and impervious runoff in urban catchments. *Hydrol. Sci. J.* 1993, 38, 463–478.
11. Zhou, Q.; Yang, X.; Melville, M.D. A GIS network model for sugarcane field drainage management (1996), School of Geography, University of New South Wales Sydney 2052, Australia. Proceedings of 8th Australasian Remote Sensing Conference, 25–29 March 1996, Canberra, 1996, 2, 366–372.
12. O’Loughlin, G.; Huber, W.; Chocat, B. (1996), Rainfal – runoff process and modeling. *J. Hydraul. Res.* 1996, 34, 733–751.

Calculation of current flooding level and solutions to flooding prevention in Van Thanh area – Ho Chi Minh City

Hoang Thi To Nu^{1*}, Can Thu Van¹

¹ HCMC University of Natural Resources and Environment; nu.htt@hcmunre.edu.vn; ctvan@hcmunre.edu.vn

Abstract: Ho Chi Minh City (HCMC) is defined as an economic center, an international trading, and tourism center of Vietnam. With the rapid urbanization process which has many negative impacts on infrastructure, the urban flooding in the city is one of the most painful problems in recent years. Nhieu Loc–Thi Nghe basin which spread over 7 districts of Ho Chi Minh City is one of the places where the depth of flooding is high. This study applied the SWMM model to simulate the process of producing rainwater runoff and stormwater drainage in the basin, thereby proposing solutions to reduce flooding. The research results show that water regulation is more effective than the solution to improve the urban surface. The scenarios show that with 186 ha of the reservoir area, it is possible to eradicate the flooding in Van Thanh area of Nhieu Loc–Thi Nghe basin.

Keywords: Urban flooding in Ho Chi Minh City; SWMM model.

Bài báo khoa học

Thử nghiệm tính toán phát thải khí nhà kính của giao thông vận tải hành khách trên nền Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050

Trần Đỗ Bảo Trung^{1*}, Lương Quang Huy¹, Trần Đỗ Trà My²

¹ Cục Biến đổi khí hậu, Bộ Tài nguyên và Môi trường; tdbtrung@monre.gov.vn; huylq98@gmail.com;

² Quỹ Bảo vệ môi trường Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường; mytranvepf@gmail.com;

*Tác giả liên hệ: tdbtrung@monre.gov.vn; Tel: +84-904620310

Ban Biên tập nhận bài: 20/6/2020; Ngày phản biện xong: 10/08/2020; Ngày đăng: 25/08/2020

Tóm tắt: Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 519/QĐ-TTg ngày 31 tháng 3 năm 2016. Trong quy hoạch này, vấn đề phát thải khí nhà kính chưa được đề cập một cách thấu đáo. Nghiên cứu này đã thử nghiệm tính toán phát thải khí nhà kính của giao thông vận tải hành khách trên địa bàn Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 trên nền số liệu của Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội. Tính toán phát thải khí nhà kính được thực hiện theo phương pháp từ dưới–lên theo mô hình ASIF của Lee Schipper. Nghiên cứu đã xây dựng, thiết lập sơ đồ lô–gic để tính toán. Có tất cả 7 kịch bản khác nhau đã được lập ra theo nguyên tắc: khoa học, khả thi, có khả năng nhận được sự đồng thuận cao của cộng đồng. Kết quả nghiên cứu đã đạt được gồm: đã tính toán lượng phát thải khí nhà kính do hoạt động giao thông vận tải hành khách trên địa bàn Thủ đô Hà Nội trong giai đoạn 2020–2030 cho cả 7 kịch bản. Các kết quả nghiên cứu này có giá trị tạo ra cơ sở khoa học cho các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong vùng nghiên cứu.

Từ khóa: Phát thải khí nhà kính; Giao thông vận tải hành khách; Mô hình ASIF; Thủ đô Hà Nội.

1. Mở đầu

Trên thế giới, cho đến thời điểm này, tồn tại hai hướng tiếp cận có thể được sử dụng để tính phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải, bao gồm: tiếp cận trên–xuống (*top–down*) và tiếp cận dưới–lên (*bottom–up*). Hướng tiếp cận trên–xuống sử dụng hệ số phát thải do IPCC cung cấp và số liệu hoạt động dựa trên tổng mức tiêu thụ nhiên liệu quốc gia (Bảng cân bằng năng lượng quốc gia). Hướng tiếp cận này thường được sử dụng cho các quốc gia đang phát triển với khả năng tập hợp số liệu hoạt động còn nhiều hạn chế. Hướng tiếp cận từ dưới–lên được sử dụng để tính phát thải khí nhà kính cho các ngành, lĩnh vực trên một địa bàn không quá rộng lớn.

Ở Việt Nam, việc kiểm kê khí nhà kính đã được thực hiện trong các báo cáo khí hậu quốc gia [1–5]. Các báo cáo này sử dụng hướng tiếp cận từ trên–xuống. Tuy nhiên, nó không đảm

bảo độ chính xác cao trong điều kiện Việt Nam khi kiểm kê khí nhà kính cho các lĩnh vực hoạt động chuyên biệt.

Hướng tiếp cận từ dưới–lên cũng sử dụng hệ số phát thải do IPCC cung cấp, tuy nhiên, tổng mức tiêu thụ nhiên liệu được tính theo từng loại phương tiện thông qua việc xác định quãng đường di chuyển và mức tiêu thụ nhiên liệu của đối tượng phát thải. Hướng tiếp cận từ dưới–lên sẽ cho kết quả kiểm kê có mức độ chính xác cao hơn để định lượng phát thải thực tế trong một khoảng thời gian, không gian nhất định [6].

Ở Việt Nam, việc tính phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải theo hướng tiếp cận từ dưới–lên cũng đã được một số tác giả thực hiện [7, 8]. Điểm đặc trưng của loại nghiên cứu này là phạm vi nghiên cứu ở quy mô nhỏ và rất nhỏ, nhờ đó, việc kiểm đếm các loại phương tiện giao thông và số lượng của chúng không gặp nhiều khó khăn. Việc thống kê hoạt động của các loại phương tiện giao thông ở phạm vi nghiên cứu nhỏ cũng dễ đạt được với độ chính xác khá cao.

Nghiên cứu này sử dụng hướng tiếp cận từ dưới–lên để tính phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách giai đoạn 2020–2030 của Thủ đô Hà Nội trên nền số liệu quy hoạch phát triển giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội. Nói cách khác, đây là việc định lượng phát thải khí nhà kính cho một lĩnh vực cụ thể trong tương lai. Quy trình và các công thức tính toán do chúng tôi thiết lập trên cơ sở tham khảo mô hình ASIF của Lee Schipper.

Mục đích nghiên cứu này là định lượng phát thải khí nhà kính của hoạt động giao thông vận tải hành khách giai đoạn 2020–2030 của Thủ đô Hà Nội. Việc tính toán được thực hiện theo các kịch bản khác nhau thỏa mãn nguyên tắc: khoa học, khả thi, có khả năng nhận được sự đồng thuận cao của cộng đồng. Số liệu định lượng được đưa ra theo các năm. Các kết quả tính toán này là cơ sở khoa học cần thiết để xác lập các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động giao thông vận tải hành khách trên địa bàn Thủ đô.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1 Khu vực nghiên cứu

Năm 2020, Thủ đô Hà Nội là một thành phố lớn thứ hai trong 76 đô thị của Việt Nam, diện tích 3.359 km², dân số đạt 8.053.663 người. Sau thời kỳ đổi mới, diện mạo của Thủ đô đã có những khởi sắc. Thành phố bắt đầu có những nét của một đô thị lớn, đang từng bước hiện đại. Trong những năm gần đây, Thủ đô Hà Nội đã đạt được nhiều tiến bộ trong phát triển kinh tế–xã hội. Năm 2019, GRDP của Thủ đô đạt mức 7,46%. Từ năm 2010 đến nay, nền kinh tế của Thủ đô liên tục tăng trưởng. Thu nhập bình quân đầu người của công dân Hà Nội năm 2019 đạt mức 120.100.000 VNĐ/năm tương đương 5.222 USD/năm. An ninh xã hội trên địa bàn Thủ đô được đảm bảo. Môi trường ở Thủ đô xanh, sạch, đẹp hơn trước. Tuy vậy, chính quyền và nhân dân Thủ đô Hà Nội cũng đang phải đối mặt với nhiều thách thức trong quá trình phát triển. Một trong những thách thức lớn mà nhiều người gọi đó là thảm họa là sự ách tắc giao thông diễn ra thường xuyên, liên tục trên hệ thống giao thông vận tải vốn chưa thực sự phát triển cả về cơ sở hạ tầng, phương tiện, ý thức tuân thủ luật giao thông.

Năm 2020, mạng lưới giao thông đường bộ của Thủ đô Hà Nội mới chỉ đạt 9% quỹ đất thành phố. Đây là một con số rất nhỏ so với các đô thị phát triển trên thế giới–con số này đạt 20–22% (Seoul: 20%; London: 23% và New York: 22%) [9]. Giao thông tĩnh của Hà Nội chỉ đạt trên 1% quỹ đất của thành phố, con số này cần thiết đạt mức 4–6% quỹ đất của thành phố.

Đến năm 2020, tại Hà Nội, tổng số phương tiện vận chuyển hành khách cá nhân vẫn chiếm ở mức rất cao: 86%. Vận tải hành khách bằng phương tiện công cộng vẫn chủ yếu bằng xe buýt, taxi với tốc độ lưu thông rất chậm 15–18 km/h. Tỷ lệ hành khách đi xe buýt chỉ đạt mức 13% của tổng số hành khách. Tuyến xe buýt nhanh Kim Mã–Lê Văn Lương–Yên Nghĩa đã được đưa vào hoạt động từ năm 2018 nhưng năng lực vận chuyển toàn tuyến chỉ đạt 50% công suất kỳ vọng.

Về đường sắt đô thị, tuyến số 2A (Tuyến Cát Linh): Cát Linh–Hà Đông, và tuyến số 3 (Tuyến Văn Miếu), đoạn Nhôn–Ga Hà Nội là hai tuyến đường sắt đầu tiên được xây dựng. Quá trình xây dựng các tuyến đường sắt hiện đang chậm tiến độ và bị đội vốn rất nhiều do quá trình xây dựng kéo dài. Tuyến số 2A đã có 8 lần lỡ tiến độ hoàn thành và đến nay (tháng 7 năm 2020) vẫn chưa xác định được chính xác thời điểm đi vào khai thác thương mại. Tuyến số 3 đoạn Nhôn–Ga Hà Nội cũng đã phải điều chỉnh tiến độ 2 lần và dự kiến sẽ khai thác thương mại toàn tuyến vào cuối năm 2022. Có thể mô tả một cách tổng quát là hệ thống vận tải hành khách của Thủ đô Hà Nội còn nhiều khiếm khuyết và vì thế nó chưa có vai trò tương xứng với một thành phố có quy mô lớn đang trên đà phát triển.

2.2. Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050

Mục tiêu quy hoạch: a) Xây dựng hệ thống giao thông vận tải hoàn thiện đáp ứng được các tiêu chí: Bền vững, đồng bộ, hiện đại trên cơ sở định hướng của Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050; b) Cụ thể hóa định hướng Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội trong Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2050; c) Xây dựng kế hoạch đầu tư hệ thống giao thông vận tải theo các giai đoạn, xác định các dự án ưu tiên; d) Làm cơ sở cho việc lập dự án đầu tư xây dựng các công trình kết cấu hạ tầng giao thông trên địa bàn Thủ đô Hà Nội.

Các nội dung quy hoạch liên quan đến giao thông vận tải hành khách: a) Dự báo nhu cầu vận tải trên toàn mạng lưới giao thông; b) Quy hoạch mạng lưới vận tải hành khách công cộng, xác định lộ trình thực hiện và ước tính kinh phí tương ứng: Đường sắt đô thị khu vực đô thị trung tâm: Trong giai đoạn 2016 đến sau năm 2030, sẽ phát triển 8 tuyến đường sắt đô thị, bao gồm 3 tuyến vành đai và 5 tuyến xuyên tâm. Tổng nhu cầu vốn được dự toán là: 18,28 tỷ USD. Các tuyến tàu điện một ray (monorail): Xây dựng 3 tuyến tàu điện một ray. Các tuyến tàu điện một ray, theo ý đồ của những người làm quy hoạch sẽ được bố trí theo các tuyến vành đai của Thủ đô Hà Nội, nhằm chia sẻ nhu cầu vận tải hành khách rất lớn của các tuyến này. Mạng lưới xe buýt nhanh (BRT): Xây dựng 11 tuyến xe buýt nhanh trên địa bàn Thủ đô Hà Nội. Các tuyến xe buýt nhanh của Hà Nội chủ yếu được phát triển dọc theo các đường phố lớn, có mật độ lưu chuyển phương tiện cao, chạy xuyên tâm trong vùng nội thành. Các dự án phát triển xe buýt nhanh được bắt đầu từ năm 2016 và hoàn thành trước năm 2025. Tổng số xe buýt nhanh là 771 xe, sức chở tối đa 90 người/xe. Tổng vốn đầu tư cho 11 dự án này là 2,26 tỷ USD.

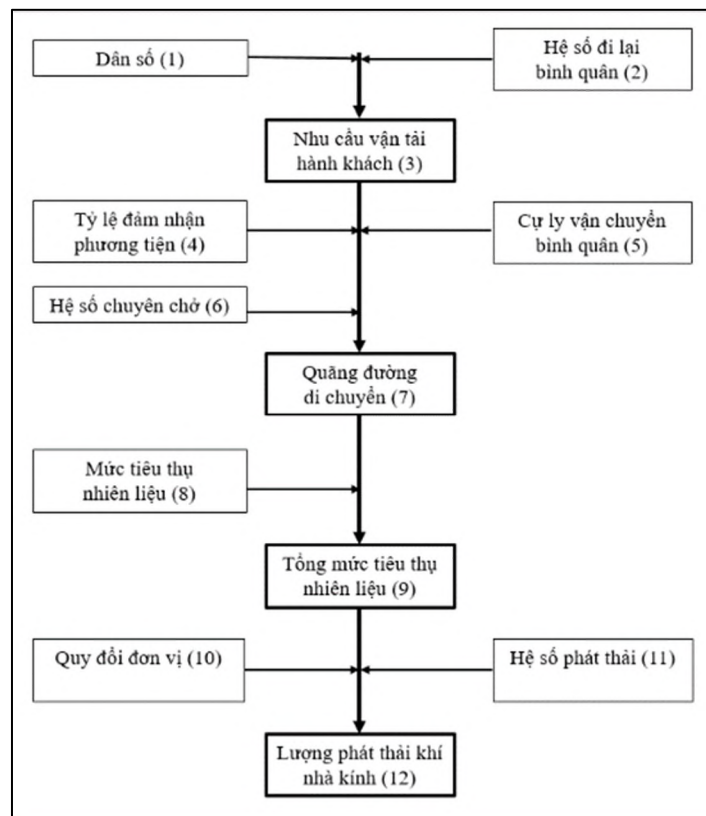
2.3. Phương pháp định lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách theo hướng tiếp cận từ dưới–lên

Để định lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông theo hướng tiếp cận từ dưới–lên, người ta sử dụng rộng rãi mô hình: Số liệu hoạt động–Cấu trúc giao thông–Mức

tiêu thụ nhiên liệu–Hàm lượng các–bon trong nhiên liệu (*Activity–Modal structure–Intensity of fuel use–Fuel carbon content*), viết tắt là ASIF. Đây là mô hình được xây dựng bởi Lee Schipper thuộc Viện Tài nguyên Thế giới (WRI). Mô hình ASIF cho phép biểu diễn mối quan hệ giữa các chỉ số chính, có mức ảnh hưởng lớn đến phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải [10]. Theo Lee Schipper, phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực này phụ thuộc chủ yếu chỉ số: Số liệu hoạt động (*Activity*): số chuyến đi và quãng đường di chuyển của các loại phương tiện, ký hiệu là A; Tỷ lệ đảm nhận phương tiện (*Modal structure*): ký hiệu là S; Mức tiêu thụ nhiên liệu của các loại phương tiện (*Intensity of fuel use*): ký hiệu là I; Hệ số phát thải của các loại nhiên liệu (*Fuel carbon content*): ký hiệu là F.

Mô hình ASIF của Lee Schipper rất thuận tiện để kiểm kê khí nhà kính trong trường hợp việc phát thải đã diễn ra từ trước cho đến thời điểm thực hiện tính toán. Vấn đề đặt ra trong nghiên cứu này có phần khác với việc kiểm kê nói trên. Chúng ta sẽ phải định lượng khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách ở các đô thị của Việt Nam trong tương lai kể từ năm 2020 đến năm 2030. Nói theo cách khác, chúng tôi sẽ tính toán phát thải khí nhà kính của giao thông vận tải hành khách trên nền số liệu Quy hoạch giao thông vận tải của Thủ đô Hà Nội. Chính vì thế, nghiên cứu sẽ sử dụng thuật ngữ “định lượng” thay cho thuật ngữ “kiểm kê” phát thải khí nhà kính. Việc định lượng phát thải khí nhà kính vẫn có thể dựa vào mô hình ASIF.

Trên cơ sở mô hình ASIF, nhóm nghiên cứu đề xuất sơ đồ lô–gic định lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách tại các đô thị của Việt Nam theo quy hoạch. Nghiên cứu sẽ mô tả cách xác định các chỉ số trong sơ đồ lô–gic này theo thứ tự đã được đánh dấu ở các ô trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ lô–gic định lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách.

1. Dân số ký hiệu là P: Dân số được xác định theo Niên giám thống kê của thành phố cần định lượng khí nhà kính. Theo chuỗi số liệu về dân số trước thời điểm tính toán, chúng ta có thể tính được tỷ lệ tăng trưởng dân số của thành phố (%/năm). Triển khai tuyến tính chuỗi số liệu từ thời điểm tính toán đến mốc thời gian cần hướng đến.

2. Hệ số đi lại bình quân ký hiệu là T: Để có hệ số đi lại bình quân, các tác giả của Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 đã thực hiện các nghiên cứu chuyên đề về nhu cầu đi lại của một người dân Thủ đô trong một ngày đêm bằng phương pháp khảo sát trực tiếp cộng đồng. Kết quả nhận được là 2,73 chuyến đi/người/ngày đêm.

3. Nhu cầu vận tải hành khách tính theo năm (chuyến đi/năm)

$$A = P \cdot T \cdot 365 \quad (1)$$

Trong đó A là nhu cầu vận tải hành khách theo năm (chuyến đi/năm); P là dân số (người); T là hệ số đi lại bình quân (chuyến đi/ngày đêm).

4. Tỷ lệ đảm nhận phương tiện, ký hiệu là S: Tỷ lệ này được xác định trong các quy hoạch phát triển giao thông đô thị của Việt Nam. Nó chính là mục tiêu của việc thay đổi cơ cấu các phương thức vận chuyển hành khách để thỏa mãn nhu cầu đi lại trong tương lai của cộng đồng cư dân đô thị.

5. Cự ly vận chuyển bình quân, ký hiệu là M: Giá trị M được là cự ly di chuyển trung bình cho một chuyến đi theo từng loại phương tiện. Đơn vị tính là km/chuyến. Có thể nhận được thông tin về M bằng phương pháp khảo sát trực tiếp cộng đồng dân cư (xe máy: 6,49 km/chuyến; ô tô: 14,74 km/chuyến; xe buýt: 19,68 km/chuyến; đường sắt đô thị: 5,3 km/chuyến).

6. Hệ số chuyên chở, ký hiệu là O: Giá trị O là được tính bằng số người trung bình được vận chuyển trên một loại phương tiện. Đơn vị tính là người/phương tiện. Có thể nhận được thông tin về O bằng phương pháp khảo sát trực tiếp cộng đồng dân cư (xe máy: 1,24 người/phương tiện; ô tô: 1,72 người/phương tiện; xe buýt: 40,1 người/phương tiện; đường sắt đô thị 914 người/phương tiện).

7. Quãng đường di chuyển của phương tiện trong một năm (km/phương tiện/năm), ký hiệu là VKT:

$$VKT = \frac{A \cdot S \cdot M}{O} \quad (2)$$

Trong đó O là hệ số chuyên chở bình quân của phương tiện (người/chuyến); S là tỷ lệ đảm nhận của phương tiện giao thông vận tải hành khách (%); M là cự ly vận chuyển bình quân của phương tiện (km/chuyến).

8. Mức tiêu thụ nhiên liệu của phương tiện, ký hiệu là E: Mức tiêu thụ nhiên liệu của từng loại phương tiện vận tải hành khách đô thị của Việt Nam được tính toán theo phương pháp thống kê, lấy kết quả trung bình (Xe máy chạy xăng: 1,37 L/100km; xe máy chạy điện: 4,32 kWh/100km; ô tô chạy xăng: 10,02 L/100km; xe buýt chạy dầu diesel: 29,26 L/100km; Xe buýt chạy điện: 98,1 kWh/100km; Đường sắt đô thị: 2.280 kWh).

9. Tổng mức tiêu thụ nhiên liệu, ký hiệu là I:

$$I = \sum_{n=1}^M (E_n \cdot VKT_n) \quad (3)$$

Trong đó I là tổng mức tiêu thụ nhiên liệu (L hoặc kWh); E_n là mức tiêu thụ nhiên liệu của phương tiện (L hoặc kWh); VKT_n là quãng đường di chuyển của phương tiện trong 01 năm (km/phương tiện/năm); n là loại nhiên liệu sử dụng ($n = 1, 2, \dots, M$).

Đối với đường sắt đô thị, nhóm nghiên cứu sẽ sử dụng vận tốc dự tính và quãng đường di chuyển của phương tiện để tính lượng điện tiêu thụ của đường sắt đô thị theo công thức:

$$I = \frac{VKT \times E}{V} \tag{4}$$

Trong đó I là tổng mức tiêu thụ nhiên liệu (kWh); VKT là tổng quãng đường di chuyển của phương tiện (km); E là mức tiêu thụ nhiên liệu của đường sắt đô thị (kWh); V là vận tốc di chuyển (km/h).

10. Công thức quy đổi đơn vị

$$I \text{ (TJ/năm)} = I \text{ (L/năm)} \cdot \text{Hệ số quy đổi (tấn/L)} \cdot \text{Nhiệt trị ròng (TJ/tấn)} \tag{5}$$

11. Hệ số phát thải, ký hiệu là EF : Hệ số phát thải của các loại nhiên liệu xăng, dầu diesel được tra cứu từ tài liệu của IPCC. Hệ số phát thải khi sử dụng năng lượng điện tại Việt Nam được tra cứu theo số liệu của Cục Biến đổi khí hậu (năm 2018).

Bảng 1. Hệ số phát thải khí nhà kính của các loại nhiên liệu [11–12].

Nhiên liệu	Hệ số phát thải khí CO ₂	Hệ số phát thải khí CH ₄	Hệ số phát thải khí N ₂ O
Xăng	68.607,0 kg CO ₂ /TJ	20,0 kg CH ₄ /TJ	0,6 kg N ₂ O/TJ
Diesel	73.326,0 kg CO ₂ /TJ	5,0 kg CH ₄ /TJ	0,6 kg N ₂ O/TJ
Điện			0,913kg CO ₂ td/kWh

12. Lượng phát thải khí nhà kính, ký hiệu là E (tấn CO₂td):

$$E = \sum_{n=1}^M (I_n \cdot EF_n) \tag{6}$$

Trong đó E là tổng lượng phát thải khí nhà kính (tấn CO₂td); I_n là tổng mức tiêu thụ nhiên liệu (TJ); EF_n là hệ số phát thải của nhiên liệu tiêu thụ j (kg/TJ); n là loại nhiên liệu sử dụng ($n = 1, 2, \dots, M$).

Theo sơ đồ lô-gic đã trình bày với 12 bước, nghiên cứu sẽ tính toán phát thải khí nhà kính trên nền số liệu Quy hoạch phát triển giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030. Việc tính toán sẽ được thực hiện cho 7 kịch bản. Nội dung mỗi kịch bản sẽ được đề cập trong các mục tương ứng. Bảy kịch bản được lựa chọn theo nguyên tắc: có cơ sở khoa học, có tính khả thi cao, có nhiều khả năng được chính quyền và nhân dân đồng thuận.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo quy hoạch theo kịch bản 01

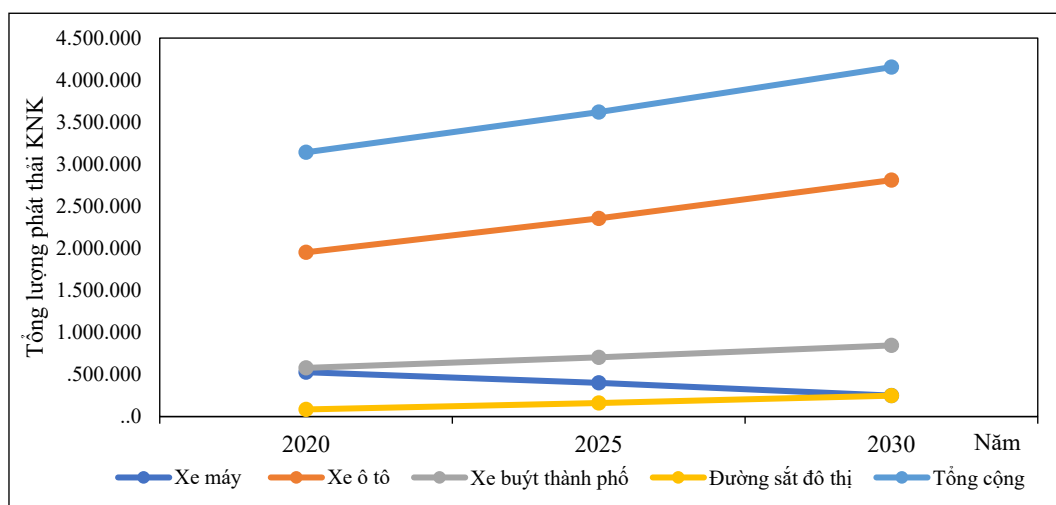
Ở kịch bản này, tất cả các chỉ tiêu phục vụ tính toán đều dựa trên số liệu của quy hoạch [13]. Nghiên cứu giả định rằng, đến năm 2030, quy hoạch phát triển giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội sẽ được thực hiện một cách hoàn hảo.

Việc định lượng phát thải khí nhà kính sẽ được thực hiện được thực hiện cho ba loại khí thải nhà kính: CO₂, CH₄, N₂O. Đây là ba khí thải có trọng lượng đáng kể trong hoạt động giao

thông vận tải. Khối lượng phát thải khí CH₄ và N₂O sau đó được khi nhân với tiềm năng làm nóng toàn cầu (GWP) tương ứng để quy đổi thành khối lượng khí CO₂ tương đương. Dưới đây sẽ đưa ra những kết quả tính toán cuối cùng.

Bảng 2. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 01 (tấn CO₂tđ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng lượng phát thải khí nhà kính
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	400.120,47	2.355.211,62	703.486,78	160.617,78	3.619.436,65
2030	249.395,45	2.810.947,70	845.442,90	248.179,80	4.153.965,86



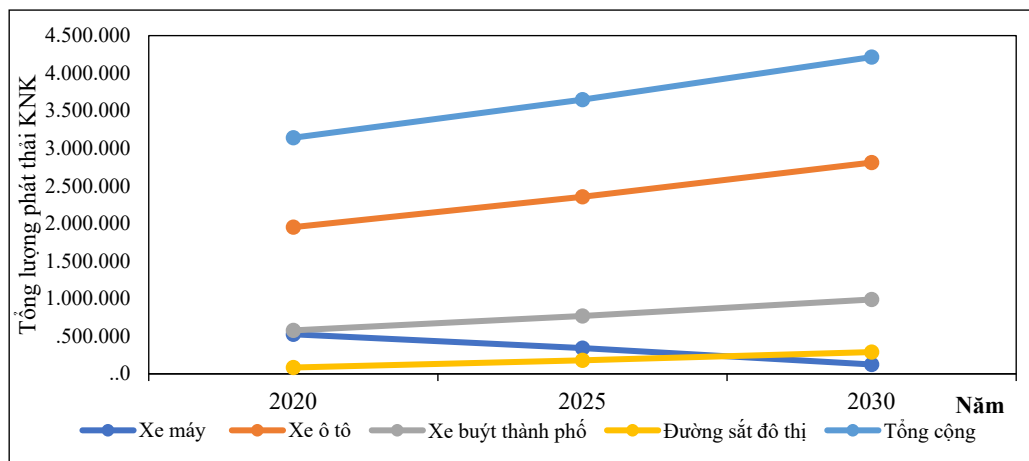
Hình 2. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 01 (tấn CO₂tđ).

3.2. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 02

Theo kịch bản này, sẽ giảm dần tỷ lệ đảm nhận của xe máy ở mức 3,35%/năm, tăng hoạt động vận tải hành khách công cộng. Tỷ lệ đảm nhận của xe máy vào năm 2030 chỉ còn 8,5% bằng một nửa so với kịch bản 01.

Bảng 3. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 02 (tấn CO₂tđ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng cộng
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	342.475,99	2.355.211,62	769.927,20	180.121,37	3.647.736,19
2030	124.697,72	2.810.947,70	989.168,20	290.370,37	4.215.183,99



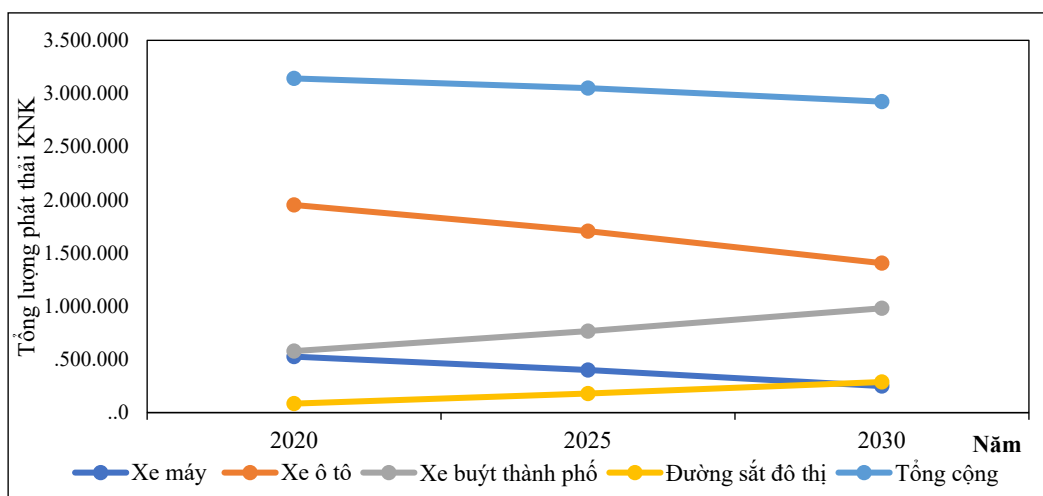
Hình 3. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 02 (tấn CO₂đ).

3.3. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 03

Theo kịch bản này, từ năm 2020, mỗi năm giảm 0,5% tỷ lệ đảm nhận vận chuyển của ô tô cá nhân, tăng hoạt động vận tải hành khách công cộng. Tỷ lệ đảm nhận của ô tô vào năm 2030 chỉ còn 8% bằng một nửa so với kịch bản 01.

Bảng 4. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 03 (tấn CO₂đ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng cộng
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	400.120,47	1.705.498,07	766.018,94	178.974,10	3.050.611,58
2030	249.395,45	1.405.473,85	980.713,77	287.888,57	2.923.471,64



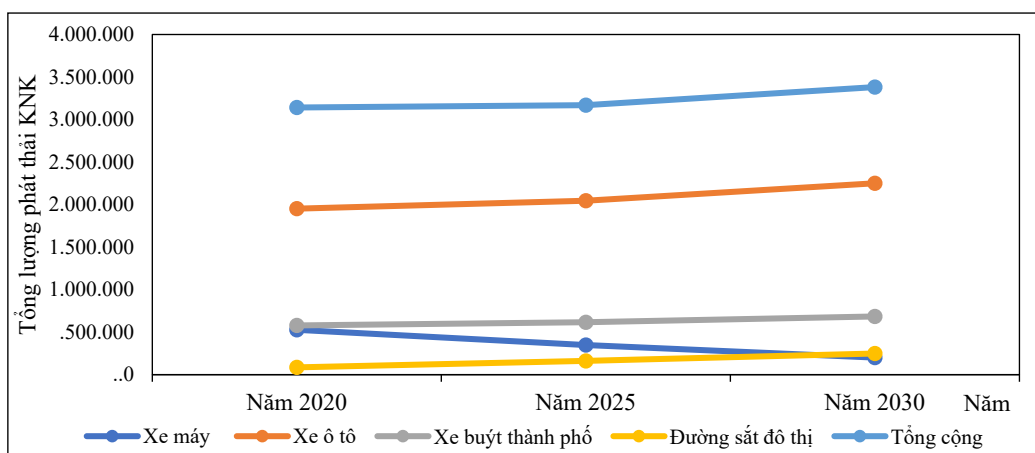
Hình 4. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 03 (tấn CO₂đ).

3.4. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 04

Kịch bản 4 đề xuất giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách theo lộ trình giảm 1%/năm bắt đầu từ năm 2021.

Bảng 5. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 4 (tấn CO₂đ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng cộng
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	380.510,59	2.239.782,82	669.008,93	152.745,91	3.442.048,24
2030	225.548,77	2.542.170,71	764.603,41	224.449,37	3.756.772,26



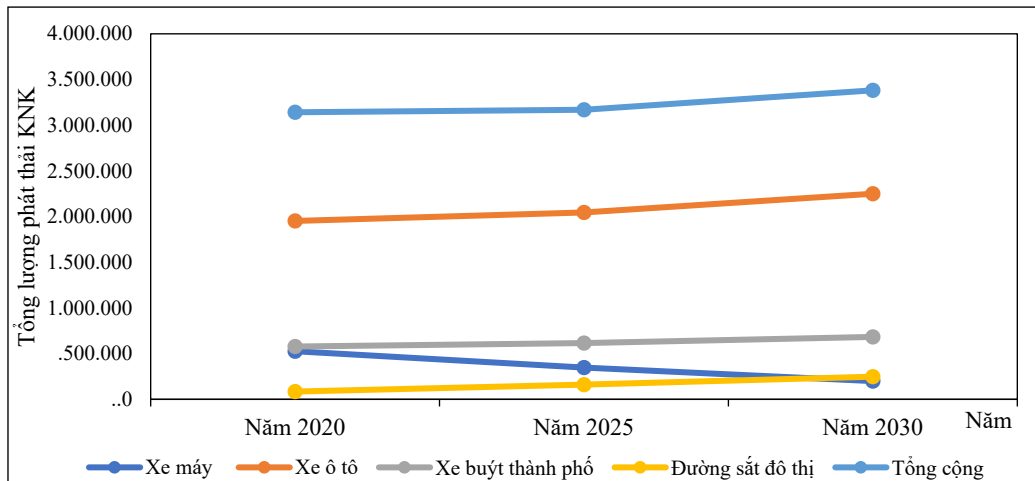
Hình 5. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 4 (tấn CO₂đ).

3.5. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 05

Kịch bản 5 đặt vấn đề tăng tốc độ lưu chuyển của các phương tiện giao thông vận tải hành khách của Thủ đô Hà Nội lên 10%/năm so với tốc độ hiện nay (20km/h). Với mức tăng này, đến năm 2030, các phương tiện giao thông vận tải hành khách của Thủ đô sẽ có thể lưu chuyển với tốc độ trung bình 40km/h.

Bảng 6. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 5 (tấn CO₂đ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng cộng
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	347.549,90	2.044.944,22	703.486,78	147.232,97	3.243.213,87
2030	200.244,52	2.249.880,30	845.442,90	209.998,30	3.505.566,02



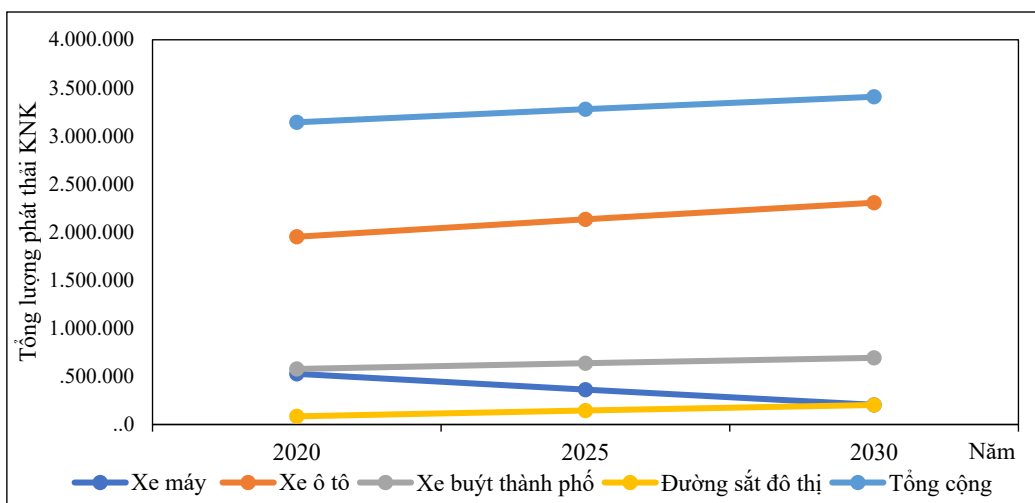
Hình 6. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 5 (tấn CO₂đ).

3.6. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 06

Từ năm 2021, hệ số chuyên chở của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách được giả định tăng dần mỗi năm 2% so với hệ số chuyên chở năm 2020.

Bảng 7. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 6 (tấn CO₂đ).

Năm	Xe máy	Xe ô tô	Xe buýt thành phố	Đường sắt đô thị	Tổng cộng
2020	526.680,45	1.952.245,52	578.139,40	84.856,42	3.141.921,80
2025	362.401,44	2.133.187,73	637.169,65	145.476,48	3.278.235,29
2030	204.591,13	2.305.956,17	693.557,65	203.593,88	3.407.698,83



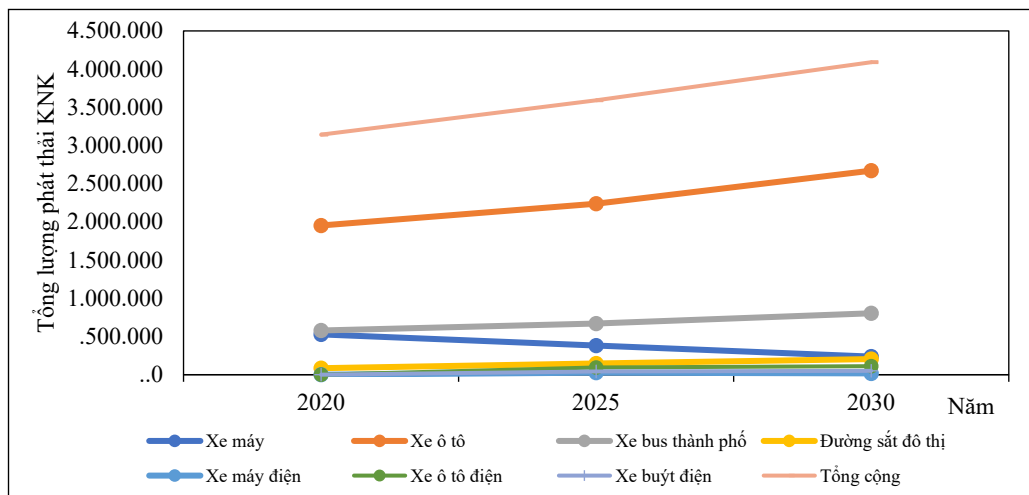
Hình 7. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 6 (tấn CO₂đ).

3.7. Định lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội theo kịch bản thực hiện theo kịch bản 07

Kịch bản này đặt vấn đề dùng xe máy điện và ô tô điện thay thế dần xe máy và ô tô chạy xăng, dầu. Mỗi năm chuyển 5% nhu cầu đảm nhận từ ô tô, xe máy chạy xăng, dầu sang cho ô tô, xe máy chạy điện.

Bảng 8. Tổng lượng phát thải khí nhà kính chia theo loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 7 (tấn CO₂đ).

Loại phương tiện	Năm 2020	Năm 2025	Năm 2030
Xe máy chạy xăng	526.680,45	380.114,45	236.925,68
Xe ô tô chạy xăng	1.952.245,52	2.237.451,04	2.670.400,32
Xe buýt chạy dầu	578.139,40	668.312,44	803.170,76
Đường sắt đô thị	84.856,42	145.476,48	203.593,88
Xe máy điện	0,00	25.467,28	15.873,78
Xe ô tô điện	0,00	93.087,16	111.099,63
Xe buýt điện	0,00	41.360,52	49.706,63
Tổng cộng	3.141.921,80	3.591.269,36	4.090.770,67



Hình 8. Tổng lượng phát thải khí nhà kính của các loại phương tiện giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội giai đoạn 2020–2030 theo kịch bản 7 (tấn CO₂đ).

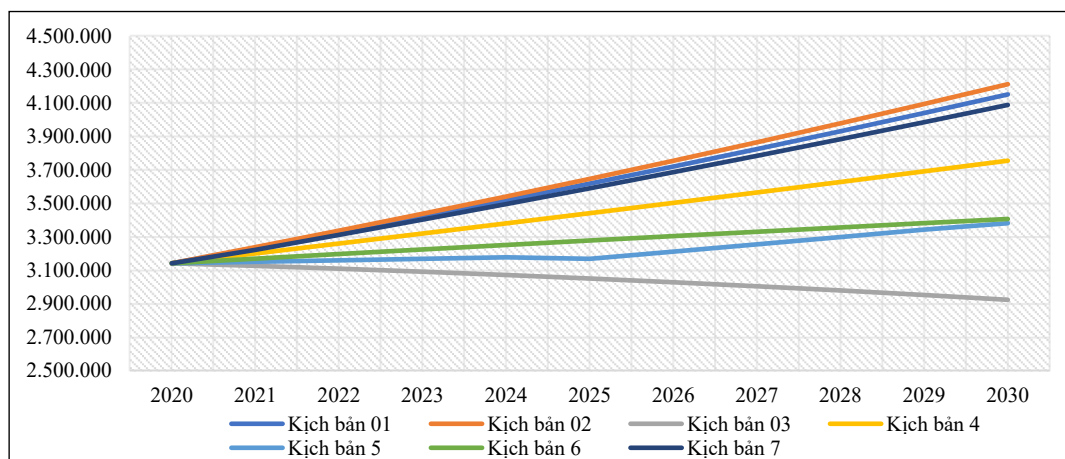
3.8. Tổng hợp kết quả tính toán phát thải khí nhà kính trong giao thông vận tải hành khách Thủ đô Hà Nội cho 7 kịch bản

Từ các bảng tính tổng lượng phát thải khí nhà kính cho các kịch bản phát triển giao thông vận tải hành khách ở trên, cho phép lập bảng tổng hợp về phát thải khí nhà kính theo các kịch bản của Thủ đô Hà Nội (Bảng 9, hình 9).

Bảng 9. Tổng lượng phát thải khí nhà kính trong giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội (triệu tấn CO₂đ).

Năm	Kịch bản 01	Kịch bản 02	Kịch bản 03	Kịch bản 04	Kịch bản 05	Kịch bản 06	Kịch bản 07
2020	3,142	3,142	3,142	3,142	3,142	3,142	3,142
2025	3,619	3,648	3,051	3,442	3,169	3,278	3,591
2030	4,154	4,215	2,923	3,757	3,382	3,408	4,091
TỔNG	39,939	40,261	33,478	37,895	35,459	36,046	39,604
G							

Để tiện quan sát, chúng ta sẽ biểu diễn kết quả này thành đồ thị:



Hình 9. Biểu đồ tổng lượng phát thải khí nhà kính của các kịch bản phát triển giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội (tấn CO₂đ).

Nhìn vào đồ thị này, dễ dàng nhận thấy, mức phát thải khí nhà kính từ cao đến thấp theo thứ tự: kịch bản 02, kịch bản 01, kịch bản 7, kịch bản 4, kịch bản 6, kịch bản 5, kịch bản 03. Để thấy rõ hiệu quả của việc giảm phát thải khí nhà kính theo các kịch bản, chúng ta sẽ tính toán các giá trị Δ theo công thức sau:

$$\Delta = E_{01} - E_i \tag{7}$$

Trong đó Δ là tổng lượng phát thải khí nhà kính giảm được của kịch bản thứ i ; E_{01} là tổng lượng phát thải khí nhà kính của kịch bản cơ sở (kịch bản 01); E_i là tổng lượng phát thải khí nhà kính của kịch bản thứ i . Theo công thức này, chúng ta lần lượt tính được Δ của các kịch bản. Kết quả trình bày trong bảng sau:

Bảng 10. Giá trị các Δ của các kịch bản phát triển giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội (tấn CO₂đ).

Năm	Kịch bản 02	Kịch bản 03	Kịch bản 04	Kịch bản 05	Kịch bản 06	Kịch bản 07
2021	-5.315,60	106.844,47	32.331,38	82.510,83	63.394,87	11.037,33
2025	-28.299,53	568.825,07	177.388,41	450.728,34	341.201,36	28.167,29
2030	-61.218,14	1.230.494,22	397.193,60	771.889,01	746.267,03	63.195,19
Tổng	-321.453,87	6.461.273,60	2.044.560,73	4.480.381,58	3.893.686,32	334.740,79

Từ bảng trên, chúng ta sẽ tính được tỷ lệ phần trăm giảm phát thải khí nhà kính của các kịch bản phát triển giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội so với kịch bản cơ sở ($\Delta / E_{01} \times 100\%$).

Bảng 11. Tỷ lệ giảm phát thải khí nhà kính của các kịch bản phát triển giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội (%).

Năm	Kịch bản 02	Kịch bản 03	Kịch bản 04	Kịch bản 05	Kịch bản 06	Kịch bản 07
2021	-0,16	3,30	1,00	2,55	1,96	0,34
2025	-0,78	15,72	4,90	12,45	9,43	0,78
2030	-1,47	29,62	9,56	18,58	17,97	1,52
Tổng	-0,80	16,18	5,12	11,22	9,75	0,84

4. Kết luận

Việc tính toán phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách của Thủ đô Hà Nội và phân tích, tổng hợp số liệu cho phép đi đến một số kết luận sau đây:

1. Lượng phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách của Thủ đô Hà Nội trong giai đoạn 2020 – 2030 sẽ gia tăng cùng với sự gia tăng dân số và phát triển giao thông vận tải hành khách đô thị. Đến năm 2030, tại Thủ đô Hà Nội, tổng lượng phát thải khí nhà kính theo kịch bản cơ sở sẽ đạt đến con số 4.153.965,86 tấn CO₂tđ. Việc tính toán để đi đến những con số này đồng nghĩa với việc xem xét một cách cẩn trọng vấn đề phát thải khí nhà kính đi kèm quy hoạch phát triển giao thông vận tải của Thủ đô Hà Nội. Nó xác lập cơ sở khoa học cho mục đích giảm phát thải khí nhà kính trong tương lai.

2. Việc giảm phát thải khí nhà kính trong hoạt động giao thông vận tải hành khách của Thủ đô Hà Nội, theo tính toán ở trên, còn nhiều dư địa. Các nhà quản lý giao thông vận tải và môi trường, tùy theo yêu cầu giảm phát thải khí nhà kính ở mức nào để lựa chọn tổ hợp các giải pháp tương ứng.

3. Bảy kịch bản được đề xuất và định lượng phát thải khí nhà kính ở trên có thể được sử dụng làm cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực giao thông vận tải hành khách tại Thủ đô Hà Nội. Việc tích hợp các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong quá trình thực hiện quy hoạch phát triển giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội là một sự lồng ghép hữu ích. Nó mang lại những giá trị đồng lợi ích đáng kể, có thể tính toán được.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T.D.B.T., L.Q.H.; Viết bản thảo bài báo: T.D.B.T.; Chỉnh sửa bài báo: L.Q.H.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên Môi trường. Thông báo quốc gia lần thứ nhất của Việt Nam cho công ước khung liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu, 2013.
2. Bộ Tài nguyên Môi trường. Thông báo quốc gia lần thứ 2 của Việt Nam cho công ước khung liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu, 2010.
3. Bộ Tài nguyên Môi trường. Thông báo quốc gia lần thứ 3 của Việt Nam cho công ước khung liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu, 2019.
4. Bộ Tài nguyên Môi trường. Báo cáo hai năm một lần lần thứ nhất cho Công ước khung liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu, 2014.

5. Bộ Tài nguyên Môi trường. Báo cáo hai năm một lần lần thứ hai cho Công ước khung liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu, 2017.
6. David, N.; Barnes, F.; Acrea, F.; Chen, C.; Buluç, L.Y.; Parker, M.M. Top-down and bottom-up approaches to greenhouse gas inventory methods – A comparison between national- and forest-scale reporting methods. USDA Forest Service – General Technical Report PNW-GTR. 2015, 1–30.
7. Hue, P.T. Energy consumption and air emission inventory for transportation sectors of Viet Nam. *VN J. Sci. Technol.* **2018**, *56*, 30–35. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/56/2C/13026>.
8. Tuan, T.A. Greenhouse gas emission inventory of hue tourism sector based on the bilan carbone® version 6. Proceeding of Geo-engineering for responding to climate change and sustainable development of infrastructure At: Hue City, Vietnam Volume: Hue Geo-engineering, 2012, 1–8.
9. Vasconcellos, E.A. Urban Transport, Environment And Equity–The Case For Developing Countries, Earthscan (www.earthscan.co.uk), 2001.
10. Schipper, L.; Marie-Lilliu, C.; Gorham, R. Flexing the Link Between Transport and Greenhouse Gas Emissions: A Path for the World Bank, 2000.
11. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Công văn số 263/BĐKH-TTBVTOD về việc Thông báo hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2018, 2020.
12. IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2003.
13. Tổng công ty tư vấn thiết kế giao thông vận tải (TEDI). Quy hoạch giao thông vận tải Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, 2016.

Evaluation of greenhouse gases emissions for passenger transport sector based on the transportation planning of Hanoi capital by 2030, with a vision to 2050

Tran Do Bao Trung^{1*}, Luong Quang Huy¹, Tran Do Tra My²

¹ Department of Climate Change, Ministry of Natural Resources and Environment; tdbtrung@monre.gov.vn; huy1q98@gmail.com;

² Vietnam Environment Protection Fund, Ministry of Natural Resources and Environment; mytranvepf@gmail.com

Abstract: The transportation planning of Hanoi capital by 2030, with a vision to 2050 has been approved by the Prime Minister in Decision 519/QĐ-TTg dated March 31, 2016. However, in this plan, the issue of greenhouse gas emissions have not been fully addressed. This study calculates the greenhouse gas emissions of the passenger transport sector in Hanoi from 2020 to 2030 based on the transportation planning of Hanoi. The emission evaluation is proceeded based on the ASIF framework of Lee Schipper, using the bottom-up approach. The logical diagrams and formulas are established by a group of authors. 7 different scenarios have been set up on the principle of scientific, feasibility, and the high consensus of the community. The research results achieved include greenhouse gas emissions due to passenger transportation activities in Hanoi in the period 2020–2030 for all 7 scenarios. The results provide a scientific basis for solutions to mitigate greenhouse gases emission in the study area.

Keywords: Greenhouse gases emissions; Passenger transport; Sector; ASIF framework; Hanoi.

Bài báo khoa học

Sự thay đổi dòng chảy trên các nhánh: Tonle Sap, Bassac và Mê Công, do hạ thấp đáy sông ở hệ thống sông Cửu Long

Nguyễn Nghĩa Hùng^{1*}, Lê Quân Quân¹

¹ Viện khoa học Thủy lợi miền Nam; hungsiwrr@gmail.com; lequan2005@gmail.com

* Tác giả liên hệ: hungsiwrr@gmail.com; Tel.: +84-988.485.575

Ban Biên tập nhận bài: 22/6/2020; Ngày phản biện xong: 13/8/2020; Ngày đăng bài: 25/8/2020

Tóm tắt: Trước sự thay đổi hạ thấp đáy sông trong 20 năm trở lại đây ở trên hệ thống sông Cửu Long theo kết quả địa hình 1998, 2008 và 2018 như các bài báo đã đăng. Nội dung bài báo này nghiên cứu sự tác động của việc hạ thấp tới sự thay đổi tỷ dòng chảy tại nút phân lưu trên sông Mê Công (sông Tiền) và Bassac (sông Hậu), đồng thời xem xét sự thay đổi về sự trao đổi nguồn nước giữa sông Mê Công và biển Hồ. Bài báo sử dụng mô hình toán 1 chiều MIKE11 cho toàn hệ thống sông, sử dụng biên tính toán trong giai đoạn 1998–2018 và áp dụng cho 3 loại địa hình nêu trên để xem xét sự khác biệt. Kết quả cho thấy, xu thế trao đổi nguồn nước vào và ra của sông Mê Công đến biển Hồ khá giảm rõ rệt với sai lệch chuẩn khoảng $\pm 2,9$ tỷ m^3 /năm và số ngày trao đổi cũng thay đổi khoảng ± 18 ngày. Đồng thời, tỉ lệ phân nước trên sông Mê Công chảy về sông Tiền có xu thế tăng trong mùa lũ và mùa kiệt khoảng 7–9%, ngược lại sông Bassac giảm, điều này làm cho việc điều tiết nguồn nước giữa các khu vực có sự thay đổi đáng kể.

Từ khóa: Hạ thấp lòng dẫn; Tỷ lệ phân lưu; Tonle Sap; Đồng bằng sông Cửu Long.

1. Mở đầu

Dòng chảy tại khu vực Phnôm Pênh, trong đó có sự kết nối giữa dòng sông Mê Công với biển Hồ thông qua dòng sông Tonle Sap, dòng chảy phân nhánh tại Chatomuk nơi có sông Mê Công (chảy về Việt Nam gọi là sông Tiền) và sông Bassac (sông Hậu). Đây là khu vực có vai trò rất quan trọng trong việc phân chia nguồn nước về khu vực đồng bằng sông Cửu Long ở Việt Nam (Hình 1). [1] nghiên cứu cho thấy sự kết nối giữa sông Mê Công và biển Hồ đã được hình thành ở thời kỳ đầu kỷ nguyên Holocene (khoảng hơn 11,5 ngàn năm), lúc đó, biển Hồ đang chịu sự tác động của biển Đông. Nguồn nước trung bình hàng năm vào biển hồ khoảng từ 50–80 tỷ m^3 vào khoảng từ cuối tháng 5 đến đầu tháng 3 hàng năm, với mực nước từ 1 m lên đến 9 m [2], các tác động đến chế độ thủy văn khu vực Phnom Pênh sẽ tác động rất lớn đến hệ sinh thái [3]. Nếu nói rằng Đồng Tháp Mười và Tứ giác Long Xuyên là “hai lá phổi” của đồng bằng sông Cửu Long thì biển Hồ chính là “trái tim” giữ nhịp đập của dòng chảy và hệ sinh thái trên vùng châu thổ Mê Công. Chính vì thế, nghiên cứu sự trao đổi nước giữa biển Hồ và sông Mê Công đã được nhiều nhóm nghiên cứu làm rõ, nhưng chi tiết và đầy đủ nhất có thể nói là nghiên cứu của dự án WUP–FIN hợp tác giữa Phần Lan và Ủy hội sông Mê Công thực hiện [4].



Hình 1. Bản đồ khu vực nghiên cứu.

Theo Ủy ban sông Mê Công, dòng sông Mê Công có khoảng 84 nhánh (phía bờ trái 60 nhánh sông, phía bờ phải 24 nhánh sông) là đóng góp chính cho dòng chảy sông Mê Công. Phía sau Kratie dòng sông bắt đầu có bãi tràn ngập lũ và dòng chảy có xu thế đồng bằng, dòng sông có nhiều nhánh nhưng chủ yếu là sự phân chia lưu lượng mà không góp phần tăng hoặc giảm nguồn nước, lượng mưa trên vùng diện tích sau Kratie không đóng góp đáng kể [2]. Tác động của dòng chảy mùa đến sự trữ nước và cấp nước trở lại nhằm nuôi dưỡng hệ sinh thái biển hồ, đồng thời tạo ra dòng nước ngọt về mùa kiệt thông qua hệ thống sông Tién và sông Hậu (sông Bassac). Theo tính toán của [5] khi mực nước trên sông Mê Công giảm so với mực nước trên hệ thống sông Tonle Sap, dòng chảy ngược trở lại dòng sông từ biển Hồ ra sông Mê Công bắt đầu xảy ra với thời gian trung bình 238 ngày với tổng lượng nước chảy ngược trở ra là 69,4 tỷ m³, chiếm khoảng 29,7% tổng lượng nước trên dòng sông Mê Công trong mùa khô. Tuy nhiên nghiên cứu này chỉ ở thời đoạn ngắn và thời kỳ nhiều nước (1999–2001) ba năm liên tục có lũ lớn và đặc biệt lớn. [2] cho thấy lưu lượng lũ tại Kratie có thể đạt 70.000 m³/s tương ứng với tần suất 2% và 72.500 m³/s ứng với tần suất 1% năm, thực tế đã diễn ra lũ xấp xỉ đỉnh lũ 2% (lũ năm 2000, 56.000 m³/s) và lũ năm 1978 vượt 1% (76.000 m³/s) [6]. Trong khi đó theo tài liệu tính toán từ mực nước thực đo, lưu lượng kiệt nhất tại Kratie khoảng 1.250 m³/s diễn ra trong năm 1964, như vậy chênh lệch giữa lưu lượng lũ 1% và lưu lượng kiệt nhất khoảng 58 lần. [7] Phân tích so sánh kết quả so sánh địa hình đáy sông (1998, 2008, 2018) và phân tích tài liệu mực nước giai đoạn 1998–2018, để đánh giá thực trạng hạ thấp đáy sông và sự thay đổi chế độ thủy triều trong giai đoạn 20 năm trở lại đây thuộc hệ thống sông Cửu Long. Kết quả cho thấy, tổng lượng chênh lệch bùn cát thay đổi giai đoạn 1998–2008 là –388,86 triệu m³ (38,9 triệu m³/năm) và giai đoạn 2008–2018 là –685,64 triệu m³ (68,6 triệu m³/năm). Xu thế hạ thấp đáy sông trên hệ thống sông Tién và sông Hậu giai đoạn 1998–2008 là –8,7 cm/năm, giai đoạn 2008–2018 là –15,3 cm/năm. Tại Tân Châu giai đoạn 1998–2018, mực nước lớn cao giảm –20 cm, mực nước ròng thấp giảm –70 cm, trong khi đó dải triều tăng +50 cm, xu thế càng ra biển sự thay đổi càng mạnh. Như vậy,

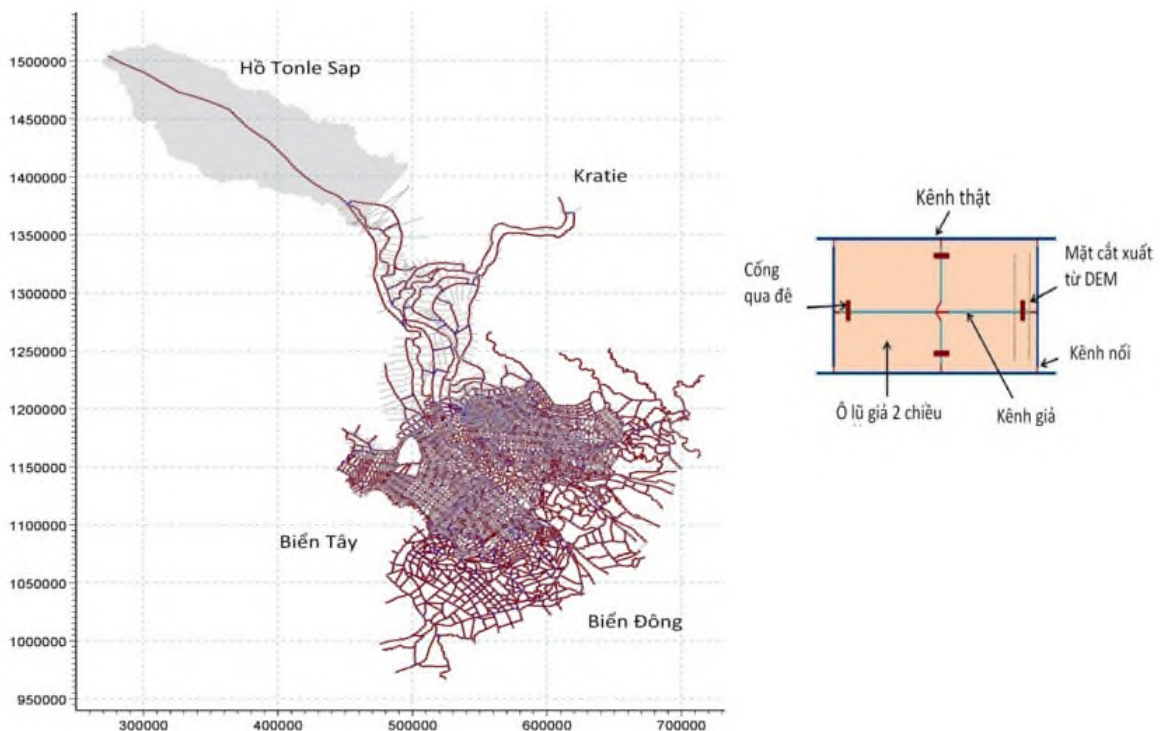
câu hỏi đặt ra là liệu việc hạ thấp đáy sông trên hệ thống sông Cửu Long tác động đến tỷ lệ phân chia nguồn nước ở tại nút phân lưu Mê Công và Bassac và sự thay đổi quá trình trao đổi nước với Biển Hồ hay không?

Nghiên cứu này sử dụng mô hình toán 1D tính toán thủy lực cho vùng châu thổ từ Kratie ra đến biển, có xét đến các kết nối ô lũ để tạo giả 2D, ở phía Việt Nam, lòng dẫn sông được thay đổi theo tài liệu địa hình của nhóm nghiên cứu sẵn có (1998, 2008 và 2018), để xem xét một cách định lượng cho câu trả lời của câu hỏi trên.

2. Phương pháp và tài liệu sử dụng nghiên cứu

2.1 Sử dụng mô hình toán 1 chiều

Mô hình toán 1 chiều sử dụng phần mềm MIKE 11 kết hợp với việc khai báo bãi ngập lũ để tạo giả 2D tính toán cho bài toán thủy động lực đã được xây dựng và áp dụng từ lâu cho vùng ĐBSCL, được Viện khoa học Thủy lợi miền Nam xây dựng từ những năm 2002 đến nay. Do đây là một vùng rộng lớn và có hệ thống công trình, sông ngòi, kênh rạch phức tạp vào bậc nhất thế giới, đồng thời cũng là vùng phát triển kinh tế xã hội nhanh mạnh, nên công trình hạ tầng thay đổi nhiều, vì vậy việc có được bộ cơ sở dữ liệu đồng bộ về mặt thời gian và không gian là khó khả thi. Song để đáp ứng được thực tiễn, đã nhiều nghiên cứu phát triển mô hình đã được công bố và được sử dụng cho việc tính toán dự báo hiện đang thực hiện [8–13].



Hình 2. Hệ thống mạng lưới tính toán và các biên sử dụng trong mô hình.

Mô hình được xây dựng với 3.402 nhánh sông, các công trình cống kiểm soát nước 2.260, có 22 biên lưu lượng và 59 biên mực nước (Hình 2). Biên thượng nguồn của mô hình là biên lưu lượng được lấy tại vị trí Kratie, biển Hồ và các nhánh sông phụ lưu, biên hạ nguồn là các biên mực nước trên các cửa sông biển Đông và biển Tây. Các số liệu biên lưu lượng

và mực nước được cập nhật từ MRC và Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ. Hệ thống công trình thủy lợi được cập nhật ở vùng ĐBSCL đến năm 2012 và hệ thống địa hình sông, kênh rạch được cập nhật ở mức tối đa theo từng vùng của dự án mà đơn vị nghiên cứu thực hiện.

Tài liệu địa hình lòng dẫn sông: khu vực thuộc hệ thống sông Cửu Long ở Việt Nam, sử dụng tài liệu địa hình lòng dẫn sông 1998, 2008 do MRC cung cấp, 2018 do nhóm nghiên cứu đo đạc. Địa hình lòng sông ở phía Campuchia sử dụng địa hình cũ năm 1998 do MRC cung cấp.

2.2 Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Dựa trên mô hình cơ sở đã được xây dựng, chúng tôi tiến hành sử dụng 3 tài liệu địa hình các năm 1998, 2008, 2018, so đó tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định trong các năm đó: năm 1998 sẽ hiệu chỉnh và kiểm định cho tài liệu năm 1998 trên toàn vùng tính toán, tương tự cho 2008 và 2018, từ đó chúng tôi có được 3 bộ thông số thủy lực tương ứng cho ba mô hình trên để tính toán cho thời đoạn dài 21 năm (1998–2018). Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định đều được đánh giá bằng hệ số Nash–sutcliffe, tính theo công thức dưới đây.

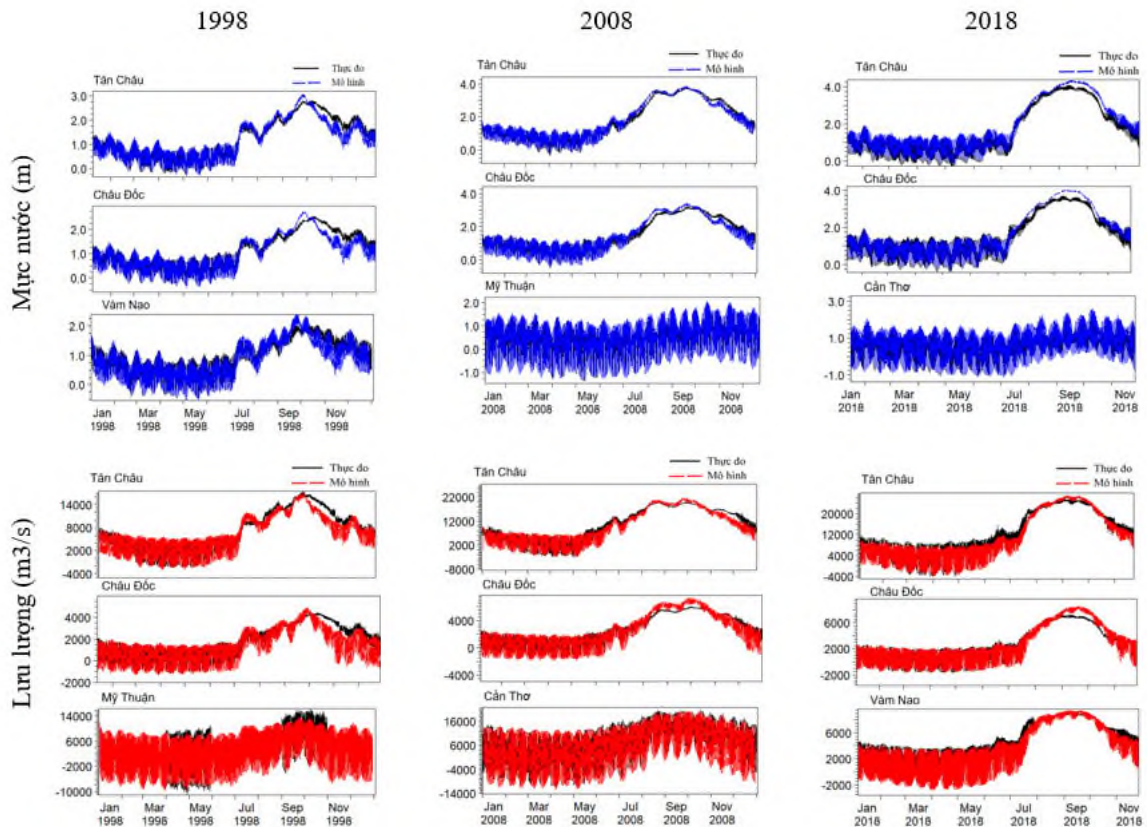
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y^{mean})^2} \quad (1)$$

Trong đó Y_i^{obs} là giá trị thực đo, Y_i^{sim} là giá trị mô phỏng, Y^{mean} là giá trị trung bình trong chuỗi thực đo và n là tổng số giá trị thực đo. $NSE > 0,75$ cho kết quả rất tốt; $0,65 < NSE < 0,75$ cho kết quả tốt; $0,50 < NSE < 0,65$ cho kết quả trung bình; $NSE < 0,50$ cho kết quả kém.

Bảng 1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Trạm	NSE (1998)		NSE (2008)		NSE (2018)	
	Q	WL	Q	WL	Q	WL
Tân Châu	0,9	0,94	0,95	0,98	0,96	0,98
Châu Đốc	0,75	0,89	0,9	0,96	0,91	0,94
Vàm Nao		0,89	0,95	0,95	0,85	0,98
Mỹ Thuận	0,88	0,84	0,87	0,87	0,8	0,97
Cần Thơ	–	0,95	0,88	0,93	0,83	0,89

Rõ ràng, trong một hệ thống sông ngòi, kênh rạch rất phức tạp, việc đạt được mở mức độ kiểm định chấp nhận được của mô hình đòi hỏi quá trình thực hiện liên tục và lâu dài. Hình 3 thể hiện kết quả kiểm định sau khi sử dụng các bộ thông số cho các địa hình từng năm 1998, 2008 và 2018.



Hình 3. Kết quả kiểm định mực nước, lưu lượng tại trạm Tân Châu, Châu Đốc, Mỹ Thuận.

Kết quả kiểm định các mô hình tương ứng với các tài liệu địa hình khác nhau cho thấy sự tin cậy để đánh giá và phân tích dòng chảy phía thượng nguồn khu vực Phnôm Pênh. Kiểm định mực nước và lưu lượng đều cho kết quả rất tốt, tuy ở một số trạm có sự lệch pha giữa tính toán và thực đo, nhưng với vùng rộng lớn và phức tạp về thủy lực, thì đây là kết quả hoàn toàn có thể sử dụng để thực hiện các nhiệm vụ phân tích đánh giá sau này.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thay đổi tỉ lệ phân lưu ở sông Mê Công và sông Bassac

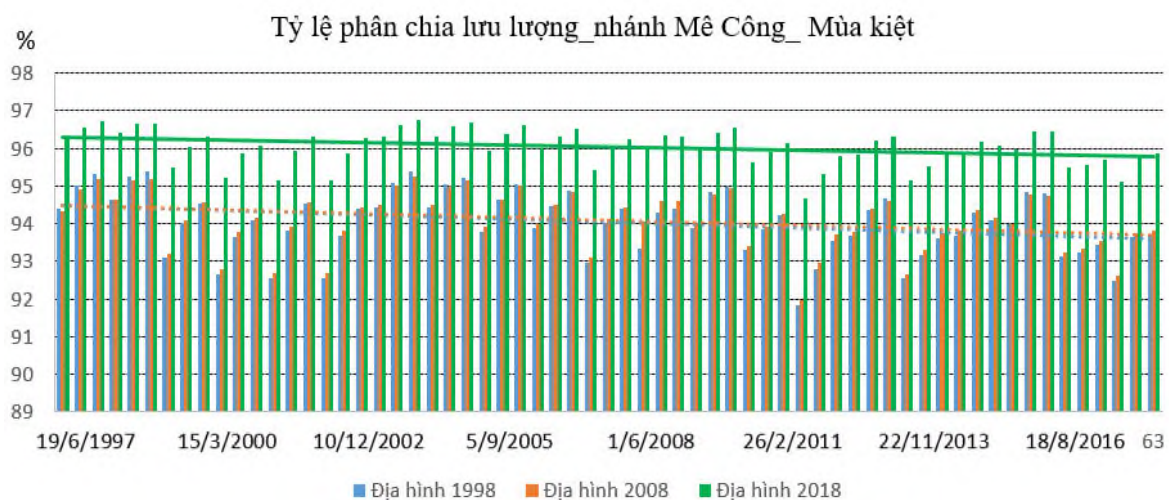
Nguồn nước về ĐBSCL dựa trên hai dòng sông chính là sông Bassac và sông Mê Công tại nút phân lưu Chatomuk phía hạ du của Phnôm Pênh. Đây là khu vực đang phát triển mạnh của nước bạn Campuchia, nhiều hạ tầng đang được đầu tư xây dựng, khai thác cát cũng đã diễn ra khu vực này (trước 2017, sau 2017 đang cấm khai thác) [14], việc khai thác cát cũng sẽ ảnh hưởng đến tỷ lệ phân lưu của khu vực, tuy nhiên do thiếu tài liệu nên chúng tôi không phân tích các tác động về phát triển hạ tầng và khai thác cát ở vùng Campuchia.

Tác động của việc hạ thấp đáy sông ở vùng ĐBSCL có ảnh hưởng đến tỷ lệ phân lưu này hay không được xem xét bằng công cụ mô hình trong giai đoạn 1998–2018. Kết quả tỉ lệ phân lưu được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tỉ lệ phân lưu trên sông Mê Công và sông Bassac.

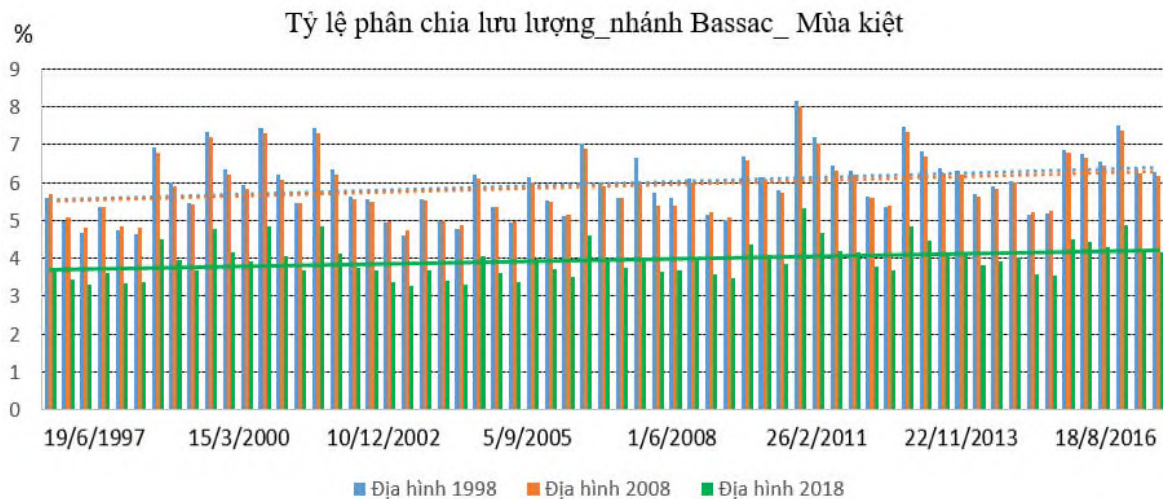
Giá trị	Địa hình 1998		Địa hình 2008		Địa hình 2018	
	Q	Q	Q	Q	Q	Q
	Q Mê Công (m ³ /s)	Bassac (m ³ /s)	Q Mê Công (m ³ /s)	Bassac (m ³ /s)	Q Mê Công (m ³ /s)	Bassac (m ³ /s)
Lớn nhất (Max)	24.726	9.819	24.977	10.395	26.470	6.545
Nhỏ nhất (Min)	1.888	48	1.710	86	1.725	20
Trung bình (Average)	9.545	1.700	9.507	1.779	10.054	991
Trung vị (Median)	7.448	579	7.428	624	7.737	313
Sai lệch chuẩn (Stdev)	6.040	2.177	6.133	2.294	6.634	1.396
Tỷ lệ phân lưu giữa các nhánh (về sông Hậu và sông Tiền)						
Lớn nhất (Max)	72%	28%	71%	29%	80%	20%
Nhỏ nhất (Min)	98%	2%	95%	5%	99%	1%
Trung bình (Average)	85%	15%	84%	16%	91%	9%
Trung vị (Median)	93%	7%	92%	8%	96%	4%
Sai lệch chuẩn (Stdev)	74%	26%	73%	27%	83%	17%

Bảng 2 cho thấy, lưu lượng trong mùa lũ (max) chảy về sông Hậu (Bassac) giảm từ 9.819 m³/s tương ứng với địa hình 1998 xuống 6.545 m³/s ứng với địa hình 2018. Như vậy, nước lũ chảy về sông Tiền tăng lên một cách đáng kể trong giai đoạn 2008–2018, trong khi đó giai đoạn 1998–2008 có xu hướng tăng hơn (576 m³/s), tương ứng với tỷ lệ dòng chảy trên sông Tiền/sông Hậu là 72/28 với địa hình 1998 và 80/20 địa hình 2018, tăng trên sông Tiền lên 8% và giảm bên sông Hậu xuống 8%. Dòng chảy mùa kiệt (min) và dòng chảy trung bình có xu thế tương tự, trong đó mùa kiệt giảm gần 50% từ 48 m³/s xuống 20 m³/s), nhưng dòng chảy trung bình giảm 7% (từ 15% trên sông Hậu còn 9%).



Hình 4. Kết quả tỷ lệ phân lưu nước qua nhánh Mê Công (sông Tiền) trong mùa lũ.

Hình 4 cho thấy tỷ lệ phân lưu trong mùa lũ qua sông Tiền ở địa hình năm 2018 cao hơn hẳn so với địa hình 1998 và 2008. Điều này cho thấy nếu tiếp tục khai thác cát như hiện nay ở trên sông Tiền sẽ còn có sự thay đổi lớn về tỷ lệ phân lưu trong tương lai.



Hình 5. Kết quả tỷ lệ phân lưu nước qua nhánh Bassac (sông Hậu) trong mùa kiệt.

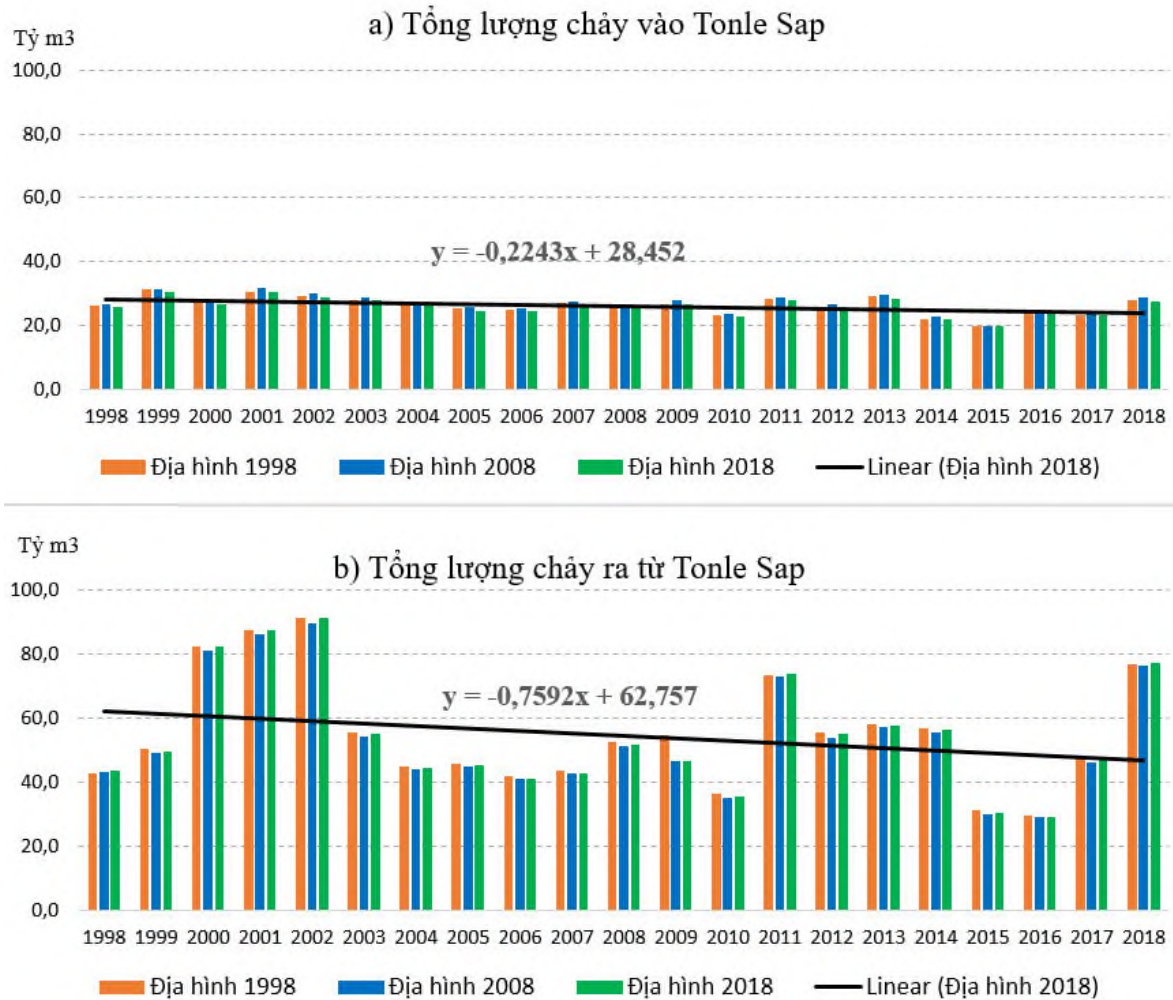
Tương tự, trong mùa kiệt ứng với địa hình 2018, Hình 5 cho thấy tỷ lệ chia nước cho sông Bassac (sông Hậu) giảm hẳn so với những năm trước đây, như vậy việc này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến dòng chảy của vùng sông Hậu và đặc biệt là khu vực vùng cao của phía Campuchia.

3.1. Thay đổi quá trình trao đổi nước của sông Mê Công và biển Hồ

Hình 6 cho thấy xu thế giảm sự trao đổi nước khá rõ rệt vào vùng biển Hồ khi có sự thay đổi về địa hình ở vùng hạ lưu sông Cửu Long. Mặt khác, lưu lượng nước chảy vào có phần khá ổn định, song lưu lượng chảy ra do phụ thuộc vào các nhánh sông khác đổ vào vùng biển Hồ nên có sự thay đổi theo hàng năm khá lớn. Ở giai đoạn lũ lớn 2000–2002, đây là 3 năm liên tiếp có lũ khá lớn về vùng ĐBSCL, nguồn nước chảy ra từ khu vực Tonle Sap khá rõ rệt, trong khi đó nguồn nước chảy vào vùng này không thay đổi nhiều, tương tự giai đoạn 2011–2013 và năm 2018 trở lại đây.

Bảng 3 cho thấy, hầu hết địa hình 2018 cho tỷ lệ dòng chảy vào và ra ít hơn so với 1998 và 2008. Nếu tính giá trị trung bình, dòng chảy vào trong giai đoạn 1998–2018 cho thấy, ứng với địa hình 1998, dòng chảy vào biển Hồ nhiều hơn 0,3 tỷ m³ so với địa hình năm 2018, đồng thời dòng chảy ra cũng giảm 0,7 tỷ m³, và thời gian chảy vào giảm đi 4 ngày, thời gian chảy ra giảm đi 3 ngày.

Tuy nhiên, điều đáng quan tâm hơn ở đây là mức độ giao động của lượng nước chảy vào và chảy ra rất lớn, tùy thuộc theo điều kiện thủy văn của từng năm mà có sự khác biệt rất rõ rệt trong quá trình trao đổi nước của biển Hồ và Mê Công. Sự chênh lệch giữa dòng chảy vào như thể hiện ở bảng dưới đây cho thấy +2,7 tỷ m³ tương ứng với địa hình 2018 và dòng chảy ra ±18 tỷ m³ điều đó cho thấy, địa hình có tác động đến tỷ lệ trao đổi nước của biển Hồ và sông Mê Công một cách rõ rệt, tuy vậy thời gian chảy vào/ra không có sự khác biệt nhiều so với ±17 đến ±18 ngày.



Hình 6. Kết quả tổng lượng nước chảy vào/ra biển Hồ theo các địa hình khác nhau.

Bảng 3. Tóm tắt kết quả tính dòng chảy và thời gian nước từ Mê Công ra/vào biển Hồ.

Năm	Tổng lượng chảy vào (tỷ m ³)			Tổng lượng chảy ra (tỷ m ³)			Thời gian chảy vào (ngày)			Thời gian chảy ra (ngày)		
	1998	2008	2018	1998	2008	2018	1998	2008	2018	1998	2008	2018
1998	26,1	26,5	25,8	-42,5	-43,3	-43,4	127	128	127	238	237	238
1999	31,1	31,5	30,5	-50,2	-49,2	-49,5	145	145	146	220	220	219
2000	26,9	27,9	26,7	-82,4	-81,3	-82,5	105	108	108	230	227	227
2001	30,5	31,6	30,3	-87,5	-86,0	-87,3	105	109	109	260	256	256
2002	29,1	30,0	28,6	-91,3	-89,8	-91,1	99	99	100	266	266	265
2003	27,9	28,6	27,8	-55,3	-54,3	-55,1	121	121	122	244	244	243
2004	26,5	27,1	26,1	-44,9	-44,0	-44,3	125	129	130	241	237	236
2005	25,2	25,8	24,7	-45,8	-45,0	-45,2	115	112	116	250	253	249
2006	24,8	25,5	24,6	-41,6	-40,8	-41,0	131	134	135	234	231	230
2007	26,9	27,6	26,5	-43,6	-42,5	-42,9	149	153	154	216	212	211
2008	26,1	26,8	25,9	-52,3	-51,2	-51,7	126	126	126	240	240	240
2009	26,5	27,9	26,5	-54,6	-46,6	-46,6	127	143	142	238	222	223
2010	23,1	23,5	23,0	-36,4	-35,1	-35,5	134	144	143	231	221	222

Năm	Tổng lượng chảy vào			Tổng lượng chảy ra			Thời gian chảy vào			Thời gian chảy ra		
	(tỷ m ³)			(tỷ m ³)			(ngày)			(ngày)		
	1998	2008	2018	1998	2008	2018	1998	2008	2018	1998	2008	2018
2011	28,3	28,8	27,8	-73,5	-72,9	-73,8	117	115	117	248	250	248
2012	25,6	26,4	25,7	-55,4	-53,7	-54,9	120	121	122	246	245	244
2013	29,2	29,8	28,5	-58,2	-57,0	-57,5	145	150	151	220	215	214
2014	22,1	22,9	22,1	-56,8	-55,6	-56,5	73	80	78	292	285	287
2015	19,7	19,8	19,6	-31,0	-30,0	-30,4	113	119	118	252	246	247
2016	24,7	24,9	24,5	-29,5	-29,1	-29,2	135	142	142	231	224	224
2017	23,3	23,8	23,1	-47,4	-46,3	-47,0	118	116	119	247	249	246
2018	27,8	28,6	27,4	-76,9	-76,2	-77,2	117	121	122	248	244	243
TB	26,3	26,9	26,0	-55,1	-53,8	-54,4	121	125	125	242	239	239
STD	2,8	2,9	2,7	17,7	17,6	18,0	17	18	18	17	18	18

Ghi chú: 1998, 2008, 2018 là tương ứng với địa hình của các năm; dấu (-) là dòng chảy ra khỏi biển Hồ; TB là giá trị trung bình, STD là giá trị lệch chuẩn.

4. Kết luận

+ Hạ thấp đáy sông trên hệ thống sông Cửu Long có sự tác động rất đáng kể đến tỉ lệ chia phân nước ở vùng Phnôm Pênh nơi có sự kết nối giữa Biển Hồ và sông Mê Công thông qua sông Tonle Sap, đồng thời là nơi phân lưu tại nút Chatomuk để chia nước về sông Tiền và sông Hậu. Dòng chảy vào biển Hồ có tổng lượng trung bình khoảng $26 \pm 2,9$ tỷ m³, tương ứng với thời gian chảy vào khoảng 125 ± 18 ngày, trong khi đó thời gian tổng lượng nước chảy ra khoảng $55,1 \pm 18$ tỷ m³ tương ứng với thời gian chảy ra 242 ± 18 ngày, điều này cũng khớp với các nghiên cứu trước đây.

+ Địa hình thay đổi ở trên hệ thống sông Cửu Long có tác động đến chế độ trao đổi nước ở vùng biển Hồ và tỷ lệ phân nước trên sông Tiền và sông Hậu, cụ thể lượng nước vào biển Hồ giảm trung bình trong giai đoạn 1998–2018 là 0,3 tỷ m³ chảy vào và chảy ra là 0,7 tỷ m³. Tỷ lệ phân nước lưu lượng trong mùa lũ (max) chảy về sông Hậu (Bassac) giảm từ 9.819 m³/s tương ứng với địa hình 1998 xuống 6.545 m³/s ứng với địa hình 2018. Như vậy, nước lũ chảy về sông Tiền tăng lên một cách đáng kể trong giai đoạn 2008–2018, trong khi đó giai đoạn 1998–2008 có xu hướng tăng hơn (576 m³/s), tương ứng với tỷ lệ dòng chảy trên sông Tiền/sông Hậu là 72/28 với địa hình 1998 và 80/20 địa hình 2018. Dòng chảy mùa kiệt (min) và dòng chảy trung bình có xu thế tương tự, trong đó mùa kiệt giảm gần 50% từ 48 m³/s xuống 20 m³/s, nhưng dòng chảy trung bình giảm 7% (từ 15% trên sông Hậu còn 9%).

+ Sử dụng mô hình toán 1 chiều để phân tích tính toán cho hệ thống sông phức tạp là có tính khả thi, đồng thời kết quả cho thấy sự thay đổi đối với dòng chảy tại khu vực Phnôm Pênh một cách định lượng.

+ Khu vực bãi ngập lũ và địa hình lòng sông phía Campuchia đóng vai trò hết sức quan trọng đối với việc tính toán và dự báo vùng hạ du vùng đồng bằng sông Cửu Long, tuy nhiên toàn bộ tài liệu địa hình này chưa có sự cập nhật, do đó cần thiết trong tương lai phải vận dụng và nghiên cứu quốc tế và hợp tác quốc tế để bổ sung cho phần dữ liệu quan trọng nhưng còn thiếu này của vùng.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.N.H; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.N.H; Xử lý số liệu: L.Q.Q.; Viết bản thảo bài báo: N.N.H.; Chỉnh sửa bài báo: L.Q.Q.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của đề tài nghiên cứu khoa học cấp nhà nước thuộc chương trình KC08 mã số KC08.12/16–20 “Nghiên cứu tác động bất lợi

của biến đổi hình thái lòng dẫn và hạ thấp mực nước hệ thống sông Cửu Long, đề xuất giải pháp giảm thiểu”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Penny, D. The Holocene history and development of the Tonle Sap, Cambodia. *Quat. Sci. Rev.* **2006**, *25*, 310–322. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.03.012>.
2. Mekong River Commission. Overview of the Hydrology of the Mekong Basin, 2005, ISSN: 1728 3248.
3. Lamberts, D. Little impact, much damage: the consequences of mekong river flow alterations for the tonle sap ecosystem. *Modern Myths of the Mekong*, Helsinki University Of Technology, 2008, TKK & Lamberts ISBN 978–951–22–9102–1.
4. MRCS/WUP–FIN. Tonle Sap Review and Integration Report. Final Draft. WUPFIN Phase 2 – Hydrological, Environmental and Socio–Economic Modelling Tools for the Lower Mekong Basin Impact Assessment. Mekong River Commission and Finnish Lower Mekong Modelling Project (WUP–FIN), Mekong River Commission 124 MRCS/WUP–FIN Environment Institute Consultancy Consortium, Vientiane, Lao PDR, 2005, pp. 113. Available online: <http://www.eia.fi/wup-fin/wup-fin2/publications.htm>
5. Xu, Z.M.; Li, C.W.; Li, A.Q.; You, Z.Q.; Yao, W.; Chen, Y.S.; Huang, L.Y. Morphological Characteristics of Cambodia Mekong Delta and Tonle Sap Lake and Its Response to River–Lake Water Exchange Pattern. *J. Water Res. Prot.* **2020**, *12*, 275–302.
6. MRC. Annual Mekong Flood Report 2009, Mekong River Commission, Office of the Secretariat in Phnom Penh, 2010, pp. 80.
7. Hung, N.N.; Quan, L.Q.; Thanh, N.C. Tác động của hạ thấp đáy sông đến chế độ thủy triều trên hệ thống sông Cửu Long và đề xuất một số giải pháp quản lý. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, *715*, 59–67. [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020\(715\).59-67](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020(715).59-67).
8. Dung, N.V.; Merz, B.; Bárdossy, A.; Thang, T.D.; Apel, H. Multi–objective automatic calibration of hydrodynamic models utilizing inundation maps and gauge data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2011**, *15*, 1339–1354. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1339-2011>.
9. Manh, N.V.; Dung, N.V.; Hung, N.N.; Merz, B.; Apel, H. Large–scale suspended sediment transport and sediment deposition in the Mekong Delta. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2014**, *18*, 3033–3053. <https://doi.org/10.5194/hess-18-3033-2014>.
10. Hùng, N.N.; Thành, N.C.; Quân, L.Q. Đánh giá tác động của hạ thấp lòng dẫn đến thoát lũ hệ thống sông cửu long giai đoạn 1998–2018. Tuyển tập báo cáo khoa học lần thứ 2, Chương trình KC08/16–20, 2018.
11. Toàn, T.Q.; Tuấn, T.M. Biến động nguồn nước mùa lũ hàng năm do ảnh hưởng của các hồ đập thượng lưu và diễn biến lũ năm 2018 ở đồng bằng sông Cửu Long. Kỷ yếu hội thảo Khoa học công nghệ thủy lợi phục vụ phát triển bền vững vùng Nam Bộ, Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2019.
12. Thắng, T.Đ.; Hoàng, T.B.; Toàn, T.Q.; Vượng, N.Đ.; Tuấn, T.M.; Thịnh, L.V. Một số vấn đề về dòng chảy và xu thế mặn xâm nhập vùng đồng bằng sông Cửu Long. Kỷ yếu hội thảo Khoa học công nghệ thủy lợi phục vụ phát triển bền vững vùng Nam Bộ, Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2019.

13. Hùng, N.N. Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang diễn ra biến động lớn về hình thái trên sông Tiền, sông Hậu. Viện khoa học Thủy lợi miền Nam, Kết quả đề tài KC08.21/11–15/2015.
14. <https://www.phnompenhpost.com/national/sand-facility-allowed-operate>.

The change of flow regime on branches: Tonle Sap River, Bassac River and the Mekong River, due to the bed degradation of the Cuu Long River system

Nguyen Nghia Hung^{1*}, Le Quan Quan¹

¹ Southern Institute of Water Resources Research, Vietnam; hungsiwrr@gmail.com; lequan2005@gmail.com

Abstract: In the previous articles, the bed degradation in the mainstream Mekong river has been analysed through the topographic comparison between three years bathymetry 1998, 2008 and 2018 data. The content of this paper examines the impact of the Mekong bed lowering to the change of the distributary ratio at Chatomuk bifurcation where contributes water flow to three river branches, the Mekong (Tien river), Bassac (Hau river) and Great lake through Tonle Sap River. On the article, one-dimensional hydrodynamics model MIKE11 for entire Mekong delta river system had been applied, by using three bathymetries data (1998, 2008, 2018) and simulating for the period time from 1998 to 2018. The results showed the trend of water fluxes in and out reducing from the Mekong River to the sea and Tonle Sap lakes is quite clear with a standard deviation of about +2.9 billion m³/year and the number of exchange days also changes by around +18 days in the period of 21 years (1998–2018). The proportion of water distribution in the Mekong River flowing to the Tien River tends to increase during the flood and dry season by around 7–9%, whereas the Bassac River decreases, which makes the water regulation between regions change significantly.

Keywords: River bed degradation; Bifurcation flow ratio; Tonle Sap; Mekong Delta.

Bài báo khoa học

Xây dựng bộ tiêu chí đánh giá các hệ thống nuôi trồng thủy sản ven biển thông minh thích ứng với biến đổi khí hậu cho vùng ven biển Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ

Hoàng Ngọc Khắc^{1,2*}, Trịnh Quang Tú³, Trần Văn Tam³

¹ Viện Nghiên cứu Biến đổi toàn cầu và Phát triển bền vững; hnkhac@hunre.edu.vn;

² Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội;

³ Viện Kinh tế và Quy hoạch Thủy Sản; tiquatuwagen@gmail.com; hanhtam.vifep@gmail.com.

* Tác giả liên hệ: hnkhac@hunre.edu.vn; Tel.: +84–987.8220723

Ban Biên tập nhận bài: 15/6/2020; Ngày phản biện xong: 13/8/2020; Ngày đăng bài: 25/8/2020

Tóm tắt: Nuôi trồng thủy sản (NTTS) thông minh thích ứng với Biến đổi khí hậu (*Climate Smart Aquaculture*), được đề xuất bởi Tổ chức Nông nghiệp và Lương thực Liên Hợp Quốc–FAO (2010) trong khuôn khổ tiếp cận nông nghiệp thông minh thích ứng với Biến đổi khí hậu (CSA), là hướng tiếp cận tổng hợp thúc đẩy sự cải tiến, chuyển đổi trong lĩnh vực NTTS ở tất cả các cấp độ (trang trại, địa phương, vùng quốc gia) nhằm giải quyết những thách thức và nâng cao tính thích ứng của các hệ thống NTTS trước tác động gia tăng của BĐKH. Việc áp dụng các mô hình NTTS thông minh thích ứng với BĐKH tại Việt Nam, hiện đang được áp dụng và nhân rộng, đặc biệt là tại các tỉnh, thành phố ven biển vùng Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ. Để đánh giá các hệ thống NTTS thông minh thích ứng với BĐKH, Bộ tiêu chí đánh giá được xây dựng, trên cơ sở ba nhóm trụ cột chính trong tiếp cận CSA, bao gồm nhóm tiêu chí về đảm bảo an ninh lương thực (ANLT), nhóm tiêu chí thích ứng và phục hồi với BĐKH, và nhóm tiêu chí về giảm phát thải khí nhà kính (KNK). Bộ tiêu chí được áp dụng có ý nghĩa thiết thực trong việc đánh giá tính hiệu quả và cải thiện các hệ thống NTTS thông minh thích ứng với BĐKH cho vùng Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ cũng như mở rộng cho các tỉnh thành ven biển Việt Nam.

Từ khóa: An ninh lương thực; Bộ tiêu chí; Khí nhà kính; NTTS thông minh.

1. Đặt vấn đề

Trong khái niệm của tổ chức nông lương thế giới [1], nông nghiệp trong CSA được hiểu là bao gồm cả trồng trọt, chăn nuôi, thủy sản và lâm nghiệp. Theo [1] CSA là một cách tiếp cận nhằm xác định các hệ thống sản xuất và cơ chế quản lý phù hợp nhất để thích ứng được với các thay đổi của khí hậu tại một địa điểm cụ thể. Theo các tiêu chí về CSA được định nghĩa bởi [2] thì các giải pháp ứng phó trong nuôi trồng thủy sản ven biển để triển khai các thực hành nuôi trồng thủy sản thông minh với BĐKH bao gồm như sau: (1) Cải thiện việc sử dụng yếu tố đầu vào cho sản xuất: Tối ưu hoá các yếu tố đầu vào hướng tới việc sử dụng có hiệu quả các nguyên liệu đầu vào thông qua các biện pháp kỹ thuật để giảm chi phí sản xuất, giảm ô nhiễm môi trường và giảm phát thải KNK. Đồng thời, khai thác sử dụng bền vững nguồn nước: áp dụng các biện pháp/kỹ thuật nuôi ít thay nước, tuần hoàn nước, xử lý nước thải từ ao nuôi...; (2) Đa dạng hóa và thay đổi cơ cấu con giống nuôi trồng để thích ứng với BĐKH: thực hiện các thực hành

nuôi trồng thủy sản luân canh, xen canh để tận dụng cơ sở thức ăn tự nhiên, thân thiện với môi trường, hoặc nghiên cứu các giống mới có đặc điểm chống chịu tốt hơn với BĐKH; (3) Tiếp cận thị trường: kết nối với doanh nghiệp để đẩy mạnh tiêu thụ, quảng bá các sản phẩm nuôi trồng thân thiện với môi trường, các sản phẩm nuôi trồng có trách nhiệm và giúp giảm thiểu BĐKH để nhân rộng các giải pháp và thực hành về CSA.

Nhận thức được vai trò của NTTS như một ngành sản xuất lương thực quan trọng và trên cơ sở tiếp cận CSA, FAO [1] đã khuyến nghị ba nhóm thực hành và các hoạt động cụ thể trong việc xây dựng các chiến lược CSA khác nhau cho ngành NTTS: (i) Tăng sản lượng/năng suất và hiệu quả một cách bền vững, khởi đầu tập trung vào việc tăng mức độ thâm canh, áp dụng tốt hơn các hệ thống canh tác kết hợp, cải thiện chất lượng nguồn giống, nâng cao hiệu quả sử dụng thức ăn và giảm thiệt hại do dịch bệnh; (ii) Giảm tính tổn thương và tăng khả năng phục hồi đối với các hệ thống NTTS như: cải tiến việc lựa chọn và thiết kế các trang trại NTTS; áp dụng hình thức bảo hiểm theo trang trại/nhóm trang trại; sử dụng các loài nuôi bản địa hoặc đơn tính (không thể sinh sản) để giảm thiểu các tác động đến đa dạng sinh học, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên nước, chuyển từ hoạt động khai thác sang NTTS ven biển, lựa chọn các đối tượng nuôi ngắn ngày, nâng cao hiệu quả sử dụng nước và hoặc chia sẻ nguồn nước, cải thiện chất lượng và hiệu quả của các giống NTTS; và (iii) Giảm thiểu và loại bỏ KNK. Đối với nhóm thực hành này, các giải pháp trước mắt là áp dụng hệ thống NTTS đa tầng kết hợp (nuôi kết hợp nhiều đối tượng với các tầng thức ăn khác nhau) và cải thiện/nâng cao hoạt động quản lý trại/ao NTTS.

Tác động của BĐKH và các tổn thất liên quan là không thể tránh khỏi trong vài thập kỷ tới trong bối cảnh gia tăng BĐKH và nước biển dâng ngay cả với những nỗ lực giảm thiểu tối đa [3]. Điều này chỉ ra rằng thích ứng với BĐKH mang tính cấp thiết và bắt buộc. Các giải pháp thích ứng phù hợp có thể làm giảm thiểu đáng kể thiệt hại do tác động của BĐKH, trong khi các giải pháp thích ứng không hiệu quả có thể làm gia tăng chi phí [4]. Tuy nhiên, bằng cách sử dụng kết quả nghiên cứu như một chỉ số, [5] cho thấy rằng, trong gần một thập kỷ, nghiên cứu về thích ứng BĐKH ít được quan tâm so với các đánh giá tác động BĐKH. Gần đây, nghiên cứu về thích ứng BĐKH có chiều hướng gia tăng, trong đó một số nghiên cứu đã có sự phân tích về vấn đề chi phí và lợi ích của các giải pháp thích ứng BĐKH [6].

Nhằm đưa ra phương pháp cho lựa chọn các thực hành CSA trong bối cảnh nguồn lực hạn chế, đặc biệt đối với các quốc gia đang và kém phát triển, năm 2015, CIAT và CCAFS [7] đưa ra khung phân tích CSA–PF, trong đó, khung phân tích đề xuất phương pháp: (i) xác định các hệ thống canh tác nông nghiệp, chăn nuôi và các vùng trọng yếu (dễ bị tổn thương) cho vấn đề NBLT quốc gia/vùng; (ii) xác định các lựa chọn CSA hiện có và có tiềm năng (thực hành, công nghệ, dịch vụ) liên quan đến các hệ thống sản xuất và các vùng trọng điểm; (iii) đánh giá các kết quả cụ thể của các thực hành về năng suất/ ANLT, các chỉ số thích ứng/khả năng phục hồi và giảm phát thải; (iv) phân tích chi phí–lợi ích của việc triển khai thực hành CSA, cũng như các cơ hội và rào cản đối với việc áp dụng các thực hành CSA; và (v) xác định các chiến lược và chính sách có trong hỗ trợ triển khai, và/ hoặc nhân rộng áp dụng các thực hành CSA (ví dụ như các chương trình bảo hiểm và tín dụng, các hệ thống cảnh báo sớm...).

Các chiến lược về thích ứng và giảm thiểu thông minh với BĐKH được giới thiệu ở Nigeria giúp tăng khả năng phục hồi và thích ứng của cộng đồng và các hệ sinh thái [8]. Nghiên cứu cũng chỉ ra tính dễ bị tổn thương của NTTS trong bối cảnh BĐKH tác động tới tài nguyên thiên nhiên liên quan đến việc xây dựng các mô hình NTTS như nước, đất, con giống, loài, năng lượng và nguồn thức ăn. Việc xây dựng các mô hình NTTS thông minh thích ứng BĐKH do đó, được đề xuất triển khai cho Nigeria nhằm đảm bảo năng suất ngành NTTS và môi trường sinh thái. Tuy nhiên, đề tài cũng cho thấy vấn đề trong việc áp dụng các mô hình NTTS thông minh bao

gồm chi phí áp dụng cao từ giai đoạn đầu, hạn chế trong việc tiếp cận các dịch vụ khuyến nông và thông tin và gặp khó khăn với các yếu tố văn hóa địa phương như truyền thống, quy định và các chuẩn mực. Do đó, việc áp dụng các mô hình NTTS thông minh còn cần phải được đánh giá cụ thể mức độ hiệu quả và tiềm năng thực hiện cho từng vùng khác nhau dựa trên công tác xây dựng các bộ tiêu chí đánh giá mô hình.

Như vậy, việc áp dụng các mô hình NTTS thông minh thích ứng với BĐKH còn cần phải được đánh giá và xem xét cụ thể để đạt được ba mục tiêu trụ cột của CSA. Do đó, nghiên cứu tập trung xây dựng các tiêu chí, bộ tiêu chí phù hợp với ba mục tiêu để đánh giá khả năng và hiệu quả áp dụng của các mô hình NTTS cho các vùng Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ là bước đầu để thực hiện triển khai mô hình cho các vùng ven biển Việt Nam. Các tiêu chí đánh giá cần được đề ra và tính điểm theo từng mục tiêu cho các vùng nghiên cứu dựa trên số liệu thực tế thu thập và ý kiến chuyên gia.

Vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ (BB–BTB), bao gồm 11 tỉnh, thành phố ven biển, trải dài từ Quảng Ninh tới Thừa Thiên Huế, là khu vực phát triển chủ yếu dựa vào sản xuất nông nghiệp và thủy sản (Hình 1). Đây cũng là vùng có sự đa dạng về hệ thống canh tác, phương thức cũng như đối tượng nuôi và đóng vai trò quan trọng đến thương mại và kinh tế – xã hội ở Việt Nam. Vùng duyên hải Bắc Bộ có bãi triều rộng và phù sa dày là cơ sở nuôi trồng thủy hải sản, nuôi rong câu và chăn vịt ven bờ. Trong khi đó, khu vực Bắc Trung Bộ có đường bờ biển kéo dài, biển vùng này khá sâu ở sát bờ, nhiều eo biển, cửa sông, vũng, vịnh thuận lợi cho phát triển kinh tế biển du lịch, giao thông biển, đánh bắt cá, phát triển các hải cảng lớn.

Do đây là khu vực có tiềm năng phát triển NTTS lớn của cả nước, việc đánh giá khả năng ứng dụng các mô hình NTTS thông minh thích ứng BĐKH là cần thiết để tiến hành lựa chọn và triển khai các mô hình phù hợp cho từng tỉnh thành cũng như nhân rộng trên cả nước, đảm bảo các mục tiêu giảm thiểu tác động tiêu cực của BĐKH và đảm bảo được an ninh lương thực quốc gia cũng như đóng góp thúc đẩy kinh tế Việt Nam trong bối cảnh của BĐKH toàn cầu.



Hình 1. Các tỉnh thành ven biển vùng BB–BTB.

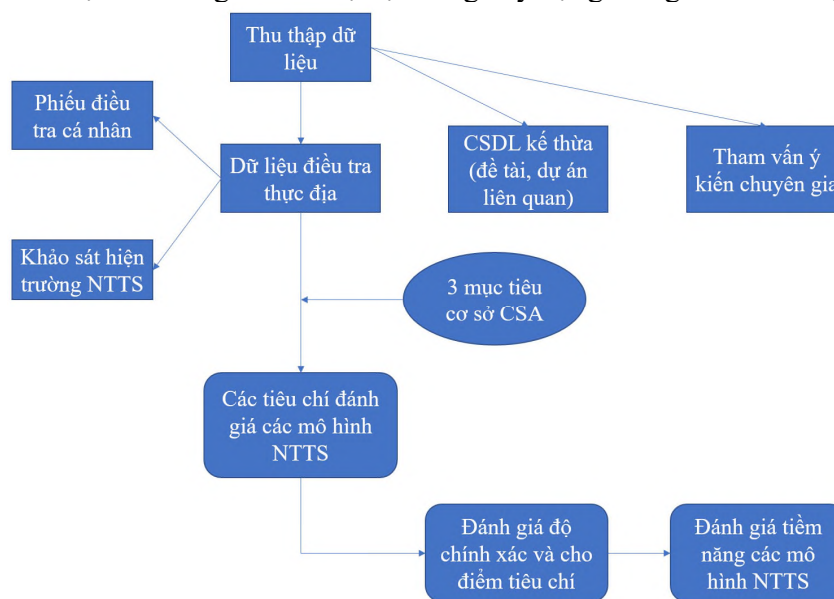
2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

Từ mục tiêu xác lập bộ chỉ số đánh giá các mô hình NTTS thông minh thích ứng BĐKH khu vực Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ, bài báo đã tiến hành điều tra trên diện rộng và chi tiết tại các vùng NTTS các yếu tố đảm bảo được ba mục tiêu trụ cột của CSA. Do đó, ngoài việc thu thập thống kê các tài liệu, tư liệu từ các kết quả nghiên cứu từ các dự án có liên quan song song với việc điều tra khảo sát thực địa tại các tỉnh, vùng, địa phương, đề tài còn tiến hành các bảng điều tra phỏng vấn và đánh giá nhanh nông thôn.

Dữ liệu thu thập từ các tỉnh thành và các khu vực NTTS được thực hiện từ các hộ NTTS, các mô hình NTTS tại địa phương qua các bảng câu hỏi và phiếu điều tra. Thông tin về điều kiện môi trường, vị trí và số hộ NTTS, số mô hình NTTS, các loại hình NTTS, sản lượng và năng suất NTTS, diện tích NTTS và các ứng dụng công nghệ được sử dụng tại các ao nuôi được thu thập nhằm đánh giá định tính và định lượng tiềm năng phát triển của mô hình.

Công tác phỏng vấn dựa vào các phiếu điều tra với bảng câu hỏi dựa trên ba mục tiêu đánh giá trụ cột đến người dân tại khu vực nghiên cứu. Các câu hỏi với nội dung nhằm phân tích đánh giá các yếu tố kinh tế, xã hội, môi trường, tai biến cũng như khả năng thích ứng và chống chịu của hệ thống xã hội. Ngoài ra, thực hiện tham vấn cộng đồng để đóng góp, hoàn thiện và kiểm chứng lại các tiêu chí đưa ra... Đối tượng phỏng vấn được chia thành hai, bao gồm cán bộ cấp huyện, xã và người dân, bảng câu hỏi vì thế được thiết kế với các nội dung phù hợp với đối tượng được phỏng vấn. Trước đợt phỏng vấn, các điều tra viên được tập huấn, nắm rõ nội dung của phiếu và phỏng vấn trực tiếp các hộ gia đình, sau đó và tự ghi thông tin thu thập được vào phiếu.

Đồng thời, phương pháp đánh giá nhanh nông thôn có sự tham gia được sử dụng trong nghiên cứu này để thu thập các thông tin của các cộng đồng NTTS khu vực ven biển Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, phục vụ cho việc đánh giá, phân tích hiện trạng NTTS ven biển, làm cơ sở cho việc xây dựng tiêu chí đánh giá, kế hoạch, triển khai thử nghiệm và đánh giá áp dụng các thực hành CSA trong các hệ thống NTTS ven biển. Bên cạnh đó, việc tham vấn ý kiến các cán bộ có kinh nghiệm và trình độ chuyên môn về các lĩnh vực khí tượng thủy văn, BDKH, môi trường, thủy sản và các cán bộ hiện đang làm việc tại các ban ngành thuộc vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ tiếp xúc trực tiếp với người dân, đồng thời nắm được thông tin trong các lĩnh vực mà mình quản lý trên địa bàn đóng vai trò trụ cột trong xây dựng thang điểm cho bộ tiêu chí.



Hình 2. Phương pháp tiếp cận trong đề tài.

Sau khi thu thập được các thông tin về thực trạng và điều kiện môi trường NTTS, đề tài tiến hành chọn lọc các yếu tố nhằm đánh giá mô hình dựa trên 3 mục tiêu trụ cột của CSA. Các chỉ tiêu này, sau đó được đánh giá xếp hạng theo thang điểm từ 1 đến 5 tương ứng với mô hình không có tiềm năng phát triển đến có tiềm năng phát triển (≥ 4).

3. Đề xuất bộ tiêu chí đánh giá các mô hình NTTS thông minh thích ứng BDKH

Dựa trên cơ sở lý thuyết về NTTS ven biển thông minh với BDKH (CSA) được trình bày ở trên, bộ tiêu chí được xây dựng hướng tới ba mục tiêu của CSA song song với các tiêu chí về điều kiện tự nhiên, kinh tế cũng như tính ổn định và phù hợp của môi trường nuôi. Trong đó, thứ

nhất là tiêu chí về điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội, cơ sở vật chất để ứng dụng mô hình thủy sản ứng phó với BĐKH. Thứ hai là tiêu chí về năng suất, hiệu quả kinh tế, bền vững đối với hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH. Tiếp đó, tiêu chí về sự phù hợp và ổn định của môi trường nuôi trong hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH; Cuối cùng là 3 tiêu chí về khả năng phục hồi đối với hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH, về an ninh lương thực đối với hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH, về giảm phát thải khí nhà kính đối với hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH.

3.1 Nhóm tiêu chí đảm bảo ANLT (mục tiêu 1)

An ninh lương thực có thể hiểu là lúc nào cũng có đủ nguồn cung cấp lương thực, thực phẩm cơ bản của thế giới để đảm bảo việc tiêu dùng lương thực, thực phẩm ngày một nhiều hơn và để bù đắp được những biến động trong sản xuất và giá cả, theo đó, an ninh lương thực không chỉ là vấn đề sản xuất mà bao gồm cả vấn đề chất lượng thực phẩm, giá cả. ANLT ở các cấp độ cá nhân, hộ gia đình, khu vực và toàn cầu khi tất cả mọi người lúc nào cũng tiếp cận được về mặt vật lý và kinh tế đối với nguồn lương thực đầy đủ, an toàn và đảm bảo dinh dưỡng, để đáp ứng nhu cầu bữa ăn và sở thích đối với thức ăn, nhằm đảm bảo một cuộc sống năng động và khoẻ mạnh. Mặt khác, ANLT còn hiểu theo nghĩa rộng, nghĩa là an ninh lương thực của đất nước phải chuyển dịch từ khả năng chỉ có lúa gạo sang các vấn đề toàn diện hơn là an ninh và cân bằng dinh dưỡng, an toàn thực phẩm cũng như khả năng cung ứng các nguồn thức ăn cho chăn nuôi gia súc, gia cầm, thủy hải sản.

Theo định nghĩa như trên thì có nhóm tiêu chí để xét đến an ninh lương thực gồm có: (1) Mở rộng quy mô diện tích NTTS thâm canh; (2) Ứng dụng công nghệ cao nâng cao năng suất NTTS; (3) Lựa chọn giống thủy sản cho năng suất cao; (4) Giảm tổn thất do dịch bệnh, môi trường; (5) Thu nhập người NTTS tăng; (6) Chi phí sản xuất giảm; (7) Giá bán sản phẩm NTTS tốt, ổn định; (8) Hiệu quả kinh tế tăng; (9) Chất lượng sản phẩm NTTS đảm bảo; (10) Khả năng tiếp cận sản phẩm NTTS thuận lợi.

3.2 Nhóm tiêu chí thích ứng/phục hồi với BĐKH (mục tiêu 2)

Khả năng hồi phục là khả năng của đối tượng (hệ thống NTTS ven biển) duy trì các chức năng sinh lý ở trạng thái thích ứng và phục hồi nhanh chóng sau thay đổi đột biến (shock and stress) và các tác động của BĐKH.

Khả năng thích ứng mặt khác là khả năng của đối tượng (hệ thống NTTS ven biển) trong việc hòa nhập, thích nghi nhanh chóng với sự thay đổi khi có sự trợ giúp của con người. Ví dụ chọn đối tượng nuôi có khả năng thích ứng tốt với sự thay đổi của các yếu tố môi trường (độ mặn, nhiệt độ,...), thì có khả năng thích ứng được với những tác động của BĐKH.

Đối với lĩnh vực thủy sản, xây dựng mô hình thích ứng và phục hồi là thực hiện những việc để làm giảm mức độ bị tổn thương hoặc tránh không bị tổn thương do tác động của BĐKH đối với con người, các hệ thống sản xuất và hệ thống tự nhiên, hoặc để tận dụng cơ hội có lợi do BĐKH mang lại, hoặc để khắc phục các hậu quả của BĐKH, phục hồi sau khi bị ảnh hưởng bởi BĐKH. Có thể thích ứng bằng các cách: (i) tránh các nguy cơ bị tác động của BĐKH, (ii) giảm mức độ bị tổn thương do BĐKH, và (iii) tăng khả năng thích nghi BĐKH.

Theo định nghĩa như trên thì có nhóm tiêu chí để xét thích ứng với biến đổi khí hậu gồm có: (1) Sử dụng giống thủy sản có khả năng thích ứng với biến động môi trường (đối tượng nuôi rộng muối, rộng nhiệt,...) đồng thời lựa chọn địa điểm nuôi có điều kiện tự nhiên phù hợp với hệ thống NTTS ít chịu tác động của BĐKH; (2) Cải thiện hệ thống cơ sở hạ tầng vùng NTTS đồng thời đa dạng hóa hệ thống NTTS và đối tượng NTTS vùng ven biển; (3) Thay đổi mùa vụ NTTS

phù hợp và cải tiến quy trình kỹ thuật, giúp các loài thủy sản mau lớn; (4) Sử dụng công nghệ cao (công nghệ tuần hoàn nước, NTTS trong nhà kính,..) hạn chế các tác động môi trường bên ngoài; (5) Nhận thức người NTTS về tác động của BĐKH; (6) Cải tiến, nâng cao hệ thống giám sát môi trường và dịch bệnh; (7) Hệ thống nuôi tiếp cận được với nơi an toàn khi gặp thiên tai.

3.3 Nhóm tiêu chí nhằm giảm phát thải KNK (mục tiêu 3)

Khí Nhà Kính là những khí có khả năng hấp thụ các bức xạ sóng dài (hồng ngoại) được phản xạ từ bề mặt Trái Đất khi được chiếu sáng bằng ánh sáng mặt trời, sau đó phân tán nhiệt lại cho Trái Đất, gây nên hiệu ứng nhà kính. Có 06 loại khí nhà kính theo quy định của Nghị định thư Kyoto là: Carbon dioxide (CO₂), Methane (CH₄), Nitrous oxide (N₂O), Hydrofluorocarbons (HFCs), Perfluorocarbons (PFCs), Sulphur hexafluoride (SF₆). Đây là nguyên nhân chính dẫn tới BĐKH toàn cầu và gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường cũng như hệ sinh thái hiện nay. Tuy nhiên, mỗi lĩnh vực kinh tế khác nhau có các phương án và hoạt động tương ứng giúp giảm phát thải KNK.

Các hoạt động, biện pháp giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực nông nghiệp bao gồm: (1) Ứng dụng các biện pháp canh tác lúa tiên tiến theo hướng tiết kiệm nước và giảm chi phí đầu vào; (2) Các biện pháp kỹ thuật nâng cao hiệu quả sử dụng phân đạm, giảm phát thải N₂O trong canh tác lúa; (3) Các giải pháp tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu trong làm đất, tưới nước cho các cây trồng công nghiệp; (4) Ứng dụng các biện pháp canh tác tối thiểu nhằm giảm phát thải KNK; (5) Thu gom, tái chế, tái sử dụng các phụ phẩm nông nghiệp; (6) Phát triển và ứng dụng công nghệ xử lý chất thải hữu cơ trong canh tác rau màu, mía, cây công nghiệp ngắn và dài ngày; (7) Thay đổi khẩu phần thức ăn trong chăn nuôi gia súc, gia cầm; (8) Cung cấp bánh dinh dưỡng MUB cho bò sữa; (9) Ứng dụng quy trình Thực hành sản xuất nông nghiệp tốt ở Việt Nam (VIETGAP) trong chăn nuôi; (10) Sử dụng kháng sinh từ vi khuẩn, vi khuẩn đường ruột để giảm mức độ phát thải khí nhà kính từ chăn nuôi; (11) Phát triển công nghệ khí sinh học và hệ thống thu gom, lưu giữ, xử lý phân chuồng trong chăn nuôi gia súc, gia cầm.

Các hoạt động và phương án giảm phát thải KNK trong lĩnh vực sử dụng đất, thay đổi sử dụng đất, lâm nghiệp như: (1) Hoạt động tăng khả năng hấp thụ bằng cách bảo vệ rừng; (2) Trồng rừng, tái trồng rừng; (3) Đẩy mạnh phục hồi rừng, tái sinh tự nhiên; (4) Giảm phát thải khí nhà kính thông qua nỗ lực hạn chế mất rừng và suy thoái rừng, quản lý bền vững tài nguyên rừng, bảo tồn và nâng cao trữ lượng các-bon rừng (REDD+).

Các hoạt động và phương án giảm phát thải KNK trong lĩnh vực chất thải như: (1) Thu hồi và sử dụng khí mê-tan (CH₄) từ các bãi chôn lấp rác; (2) Xử lý nước thải công nghiệp.

Dựa trên các khái niệm và các biện pháp giảm phát thải KNK, nghiên cứu đưa ra nhóm tiêu chí về giảm phát thải KNK đối với hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH như sau: (1) Giảm phát thải KNK thông qua việc sử dụng hợp lý các nguyên liệu đầu vào; (2) Trong quá trình NTTS sử dụng các thiết bị tiết kiệm điện năng (máy bơm, máy quạt, sục khí, ...); (3) Cắt giảm việc sử dụng các nguồn năng lượng hóa thạch thay bằng các nguồn năng lượng tự nhiên (năng lượng mặt trời, năng lượng gió,...); (4) Ứng dụng kỹ thuật vào xử lý chất thải NTTS, sử dụng hệ thống Biogas để xử lý chất thải và thu hồi và sử dụng khí CH₄; (5) Phát triển hệ thống nuôi sử dụng thức ăn tự nhiên, các đối tượng ăn lọc, công nghệ nuôi giảm hệ số thức ăn FCR (Feed Conversion Efficiency); (6) Phát triển mô hình NTTS kết hợp với rừng ngập mặn RNM và trồng rong biển để tăng khả năng hấp thụ KNK; (7) Ứng dụng VietGAP trong NTTS và sử dụng hệ thống sinh học trong thu gom và xử lý các chất thải NTTS.

Từ việc đánh giá chi tiết các yếu tố cấu thành và đảm bảo ba mục tiêu cơ sở của CSA, cùng với các tiêu chí được xây dựng trên việc đánh giá các điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội, cơ sở vật

chất để ứng dụng mô hình thủy sản ứng phó với BĐKH, nghiên cứu tiến hành tổng hợp bộ tiêu chí như trong Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp bộ tiêu chí đánh giá các hệ thống NTTS ven biển thông minh thích ứng BĐKH cho vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ.

Mục tiêu	Các tiêu chí thành phần	Thang điểm đánh giá (từ 1–2–3–4–5)	Điểm đánh giá
1. Đảm bảo ANLT	1. Mở rộng quy mô diện tích NTTS thâm canh, ứng dụng công nghệ cao.		
	2. Năng suất NTTS tăng		
	3. Giống thủy sản cho năng suất cao		
	4. Giảm tổn thất do dịch bệnh, môi trường		
	5. Thu nhập người NTTS tăng		
	6. Chi phí sản xuất giảm		
	7. Giá bán sản phẩm NTTS tốt, ổn định		
	8. Hiệu quả kinh tế tăng		
	9. Chất lượng sản phẩm NTTS đảm bảo		
	10. Khả năng tiếp cận sản phẩm NTTS thuận lợi		
2. Thích ứng với BĐKH	1. Sử dụng giống thủy sản có khả năng thích ứng với biến động môi trường (đối tượng nuôi rộng muối, rộng nhiệt,...)		
	2. Lựa chọn địa điểm nuôi có điều kiện tự nhiên phù hợp với hệ thống NTTS ít chịu tác động của BĐKH.		
	3. Cải thiện hệ thống cơ sở hạ tầng vùng NTTS		
	4. Đa dạng hóa hệ thống NTTS và đối tượng NTTS ven biển.		
	5. Thay đổi mùa vụ NTTS phù hợp.		
	6. Cải tiến quy trình kỹ thuật, giúp các loài thủy sản mau lớn.		
	7. Sử dụng công nghệ cao (công nghệ tuần hoàn nước, NTTS trong nhà kính,..) hạn chế các tác động môi trường bên ngoài		
	8. Nhân thức người NTTS về tác động của BĐKH.		
	9. Cải tiến, nâng cao hệ thống giám sát môi trường, dịch bệnh.		
	10. Hệ thống nuôi tiếp cận được nơi an toàn khi gặp thiên tai.		
3. Giảm phát thải KNK	1. Giảm phát thải khí nhà kính thông qua việc sử dụng hợp lý các nguyên liệu đầu vào (thức ăn, hóa chất,...)		
	2. Sử dụng các thiết bị tiết kiệm điện năng (máy bơm, máy quạt, sục khí,...)		
	3. Cắt giảm việc sử dụng các nguồn năng lượng hóa thạch thay bằng các nguồn năng lượng tự nhiên (năng lượng mặt trời, năng lượng gió,...)		
	4. Ứng dụng kỹ thuật vào xử lý chất thải NTTS, sử dụng hệ thống Biogas để xử lý chất thải và thu hồi và sử dụng khí CH ₄ .		
	5. Phát triển hệ thống nuôi sử dụng thức ăn tự nhiên, các đối tượng ăn lọc, công nghệ nuôi giảm hệ số thức ăn FCR.		
	6. Phát triển mô hình NTTS kết hợp với RNM và trồng rong biển để tăng khả năng hấp thụ KNK.		
	7. Ứng dụng VietGAP trong NTTS.		
	8. Sử dụng hệ thống sinh học thu gom và xử lý các chất thải.		

Ghi chú: Điểm đánh giá trung bình các tiêu chí; Có tiêu chí bị đánh giá điểm 1

Việc lượng hóa các chỉ tiêu trong bộ tiêu chí hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH được thực hiện theo hình thức quy đổi các giá trị theo thang điểm từ 1 đến 5. Trong đó, các chỉ tiêu định danh được cho điểm dưới dạng Có/Không có với Có: Tương đương 5; Không có: Tương đương 1. Các chỉ tiêu định tính ở dạng liên tục: Chia làm 5 mức (cho điểm từ 1–5):

Mức thấp nhất: 1; Mức áp dưới trung bình: 2; Mức trung bình: 3; Mức áp trên trung bình: 4; Mức cao nhất: 5. Với các chỉ tiêu có thể tính theo tỷ lệ, các chỉ tiêu được tính theo tỷ lệ % và quy đổi từ tỷ lệ % ra hệ số từ 1 đến 5 như sau: Tỷ lệ $\leq 20\%$ tương đương 1, Tỷ lệ từ khoảng $> 20\%$ đến $\leq 40\%$ tương đương 2; Tỷ lệ từ khoảng $> 40\%$ đến $\leq 60\%$ tương đương 3; Tỷ lệ từ khoảng $> 60\%$ đến $\leq 80\%$ tương đương 4; Tỷ lệ từ khoảng $> 80\%$ đến 100% tương đương 5.

3.4. Cách sử dụng bộ tiêu chí trong đánh giá hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH

Chuyên gia hay cán bộ địa phương quản lý, cán bộ kỹ thuật, cán bộ cộng đồng... đều có thể sử dụng bộ tiêu chí để đánh giá nếu được tập huấn để hiểu được cơ sở hình thành nên bộ tiêu chí và cách thức cho điểm, cách thức tính toán hoặc điều chỉnh một số tiêu chí khi cần cho phù hợp với điều kiện đặc thù của từng loại hình, khu vực nuôi cụ thể. Khi tiến hành đánh giá hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH, nên áp dụng phương pháp PRA theo đó một nhóm 1–2 người đánh giá thảo luận với một nhóm khoảng 5–10 người gồm cán bộ cộng đồng, cán bộ địa phương và số còn lại là người NTTS. Giá trị của một tiêu chí cụ thể là giá trị thống nhất trong nhóm sau khi đã được thảo luận kỹ.

Căn cứ vào tổng số điểm đánh để lựa chọn mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH. Mô hình được chọn là mô hình NTTS có số điểm đánh giá trung bình của các tiêu chí ≥ 3 và không có tiêu chí nào có điểm = 1. Dựa trên tổng số điểm đánh giá các tiêu chí để phân loại các mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH theo các mức như sau:

+ Tổng điểm trung bình các tiêu chí: > 4 và không có tiêu chí nào có điểm bằng 1 là mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH rất có tiềm năng phát triển (được ưu tiên lựa chọn và nhận rộng).

+ Tổng điểm trung bình các tiêu chí nằm trong khoảng: ≥ 3 đến ≤ 4 và không có tiêu chí nào có điểm bằng 1 là mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH có tiềm năng phát triển (được lựa chọn và nhận rộng).

+ Tổng điểm trung bình các tiêu chí nằm trong khoảng: > 2 đến < 3 và không có tiêu chí nào có điểm bằng 1 là mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH ít tiềm năng phát triển (Không nên lựa chọn và không nhận rộng).

+ Tổng điểm trung bình các tiêu chí ≤ 2 hoặc có tiêu chí có điểm bằng 1 là mô hình NTTS ven biển thông minh với BĐKH không có tiềm năng phát triển (Tuyệt đối không được lựa chọn và không nhận rộng).

Nội dung bộ tiêu chí đánh giá các hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH cho vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ đã bao quát hầu hết các khía cạnh về hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH; tiêu chí đánh giá cụ thể ở cả 03 mục tiêu CSA: (i) Đảm bảo được an ninh lương thực; (ii) Thích ứng với BĐKH; (iii) Giảm phát thải KNK. Các bộ tiêu chí này cần được áp dụng tùy theo vùng nuôi, đối tượng nuôi và điều kiện nuôi để thay đổi và cho điểm. Ưu điểm của các tiêu chí áp dụng cho việc đảm bảo ANLT là đảm bảo năng suất và hiệu quả kinh tế cho mô hình áp dụng trong khi bộ tiêu chí thích ứng BĐKH giúp đối tượng nuôi được đa dạng hóa, hiệu quả đối với sự thay đổi của các điều kiện thời tiết và môi trường và bộ tiêu chí giảm phát thải KNK giúp tăng cường sử dụng nguồn thức ăn tự nhiên, giảm chi phí. Tuy nhiên, để đảm bảo các tiêu chí giảm phát thải KNK và ANLT, các chi phí cho việc mở rộng vùng nuôi và áp dụng các phương pháp kỹ thuật xử lý chất thải tiến bộ còn cao. Bên cạnh đó, phần lớn các tiêu chí trên còn chủ yếu dựa vào đánh giá chủ quan để phân cấp và thay đổi theo vùng, đối tượng, điều kiện áp dụng mô hình vì vậy kết quả còn cần có sự đánh giá cụ thể của chuyên gia cũng và phụ thuộc vào điều kiện kinh tế-xã hội của vùng áp dụng.

3. Kết quả áp dụng thí điểm bộ tiêu chí đánh giá hệ thống NTTS thông minh với BĐKH

Nghiên cứu đã tiến hành áp dụng bộ tiêu chí đề xuất để đánh giá cho một số mô hình NTTS hiện đang triển khai tại các tỉnh ven biển Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ. Kết quả tính toán các tiêu chí chi tiết bước đầu được thực hiện thí điểm cho hai mô hình nuôi ngao bãi triều–đề xuất và mô hình nuôi ngao công nghiệp tỉnh Thái Bình được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Điểm đánh giá các tiêu chí thành phần cho tỉnh Thái Bình.

Mục tiêu	Các tiêu chí thành phần	Mô hình nuôi ngao bãi triều – đề xuất		Mô hình nuôi ngao công nghiệp	
		Thang điểm đánh giá	Điểm đánh giá quy đổi	Thang điểm đánh giá	Điểm đánh giá quy đổi
1. Đảm bảo ANLT	1. Mở rộng quy mô diện tích NTTS thâm canh, ứng dụng công nghệ cao.	60–80%	4	20–40%	2
	2. Ứng dụng công nghệ cao nâng cao năng suất NTTS tăng	cao nhất	5	trên TB	4
	3. Lựa chọn giống thủy sản cho năng suất cao	cao nhất	5	cao nhất	5
	4. Giảm tổn thất do dịch bệnh, môi trường	60–80%	4	60–80%	4
	5. Giá bán sản phẩm NTTS tốt, ổn định	cao nhất	5	Trên TB	4
	6. Chất lượng sản phẩm NTTS đảm bảo	cao nhất	5	Tb	3
2. Thích ứng với BĐKH	10. Khả năng tiếp cận sản phẩm NTTS thuận lợi	cao nhất	5	cao nhất	5
	1. Sử dụng giống thủy sản có khả năng thích ứng với biến động môi trường (đôi tượng nuôi rộng muối, rộng nhiệt,...)	trên TB	4	cao nhất	5
	2. Lựa chọn địa điểm nuôi có điều kiện tự nhiên phù hợp với hệ thống NTTS ít chịu tác động của BĐKH.	trên TB	4	trên TB	4
	3. Cải thiện cơ sở hạ tầng vùng NTTS	trên TB	4	cao nhất	5
	4. Đa dạng hóa hệ thống NTTS và đối tượng NTTS vùng ven biển.	60–80%	4	40–60%	3
	5. Thay đổi mùa vụ NTTS phù hợp.	cao nhất	5	Trên TB	4
	6. Cải tiến quy trình kỹ thuật, giúp các loài thủy sản mau lớn.	cao nhất	5	cao nhất	5
	7. Sử dụng công nghệ cao (công nghệ tuần hoàn nước, NTTS trong nhà kính,..) hạn chế các tác động môi trường bên ngoài	trên TB	4	cao nhất	5
	8. Cải tiến, nâng cao hệ thống giám sát môi trường và dịch bệnh.	40–60%	3	40–60%	3
9. Hệ thống nuôi tiếp cận được với nơi an toàn khi gặp thiên tai.	40–60%	3	40–60%	3	
3. Giảm phát thải KNK	1. Sử dụng các thiết bị tiết kiệm điện năng (máy bơm, máy quạt, sục khí,..)	trên TB	4	Có	5
	2. Cắt giảm việc sử dụng các nguồn năng lượng hóa thạch thay bằng các nguồn năng lượng tự nhiên (năng lượng mặt trời, năng lượng gió,...)	cao nhất	5	trên TB	4
	3. Ứng dụng kỹ thuật vào xử lý chất thải NTTS, sử dụng hệ thống Biogas để xử lý chất thải và thu hồi và sử dụng khí CH ₄ .	cao nhất	5	cao nhất	5
	4. Phát triển mô hình NTTS kết hợp với với	trên TB	4	dưới tb	2

Mục tiêu	Các tiêu chí thành phần	Mô hình nuôi ngao bãi triều – đề xuất		Mô hình nuôi ngao công nghiệp	
		Thang điểm đánh giá	Điểm đánh giá quy đổi	Thang điểm đánh giá	Điểm đánh giá quy đổi
	RNM và trồng rong biển để tăng khả năng hấp thụ KNK.				
	5. Ứng dụng VietGAP trong NTTS.	cao nhất	5	cao nhất	5
	6. Sự dụng hệ thống sinh học trong thu gom và xử lý các chất thải NTTS.	trên TB	4	Có	5
	– Điểm đánh giá trung bình các tiêu chí		4,46		3,82
	– Có tiêu chí bị đánh giá điểm 1		Có		Không

Kết quả cho thấy mô hình nuôi ngao bãi triều đề xuất phù hợp và có tiềm năng phát triển hơn ở tỉnh Thái Bình với điểm đánh giá trung bình cho bộ tiêu chí tổng hợp thu được khá cao, đạt 4.46. Trong đó các tiêu chí đảm bảo ANLT đều đảm bảo cao nhất và quy mô mở rộng diện tích cũng như khả năng ứng dụng công nghệ cao đều đạt từ 60%–80%. Trên cơ sở đảm bảo tính thích ứng với BĐKH, mặc dù hầu hết các tiêu chí đều đạt mức trên trung bình thì các tiêu chí về khả năng thay đổi mùa vụ và khả năng cải tiến quy trình cũng như kỹ thuật của mô hình này tại Thái Bình cũng cho thấy tiềm năng cao nhất. Bên cạnh đó, đôi với việc áp dụng các công nghệ, ứng dụng cao nhằm giảm thiểu phát thải KNK cũng có tiềm năng cao khi đánh giá tất cả các tiêu chí thành phần cho Thái Bình. Các tính toán tiêu chí thành phần cũng được thực hiện tương tự cho các tỉnh thành còn lại tại Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ. Kết quả đánh giá tổng hợp bộ tiêu chí cho các tỉnh như ở Bảng 3.

Trên cơ sở đánh giá thông qua bộ tiêu chí đề xuất, cho thấy một số các mô hình NTTS được đánh giá là thông minh thích ứng với BĐKH như sau:

+ Mô hình NTTS trong rừng ngập mặn: cung cấp sinh kế ổn định hơn, ít rủi ro hơn và thích ứng với khí hậu, đặc biệt cho những hộ nghèo, không có lựa chọn thay thế đồng thời cung cấp một vùng đệm ven biển chống lại gió bão và nước biển dâng cao.

+ Mô hình nuôi xen ghép kết hợp: từ hai đối tượng trở lên trên cùng 1 diện tích ao nuôi nhằm tận dụng diện tích ao nuôi. Mô hình này vừa tận dụng được nguồn dinh dưỡng và thức ăn thừa giữa các đối tượng, giảm chi phí sản xuất vừa tăng năng suất và đa dạng hóa sản phẩm trên cùng diện tích nuôi.

+ Mô hình nuôi nhuyễn thể bãi triều và trong ao đầm nước lợ: giúp cải thiện chất lượng nước bằng cách lọc bùn cát và chất dinh dưỡng thừa, không tiêu thụ thức ăn công nghiệp.

+ Mô hình nuôi cá biển lồng bè là mô hình nuôi hờ trong eo vịnh kín. Ưu điểm là tận dụng mặt nước biển còn nhiều, không chiếm đất nông nghiệp, năng suất, sản lượng cao, hiệu quả kinh tế cao, giải quyết vấn đề nguồn lợi cá biển ngày càng giảm. Tuy nhiên lại phụ thuộc nhiều vào khí hậu thời tiết và biến động của môi trường do đó hiệu quả kinh tế không ổn định.

Bảng 3. Kết quả đánh giá một số mô hình NTTS theo bộ tiêu chí đề xuất.

Địa phương	Mô hình NTTS đánh giá	Điểm đánh giá trung bình	Có tiêu chí đánh giá = 1	Ghi chú
	Mô hình nuôi ngao bãi triều đề xuất	4,46	không	Mô hình rất có tiềm năng phát triển
Thái Bình	Mô hình nuôi ngao truyền thống	2,57	Có	Mô hình không có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi ngao công nghiệp	3,82	Không	Mô hình không có tiềm năng phát triển

Địa phương	Mô hình NTTS đánh giá	Điểm đánh giá trung bình	Có tiêu chí đánh giá = 1	Ghi chú
Nam Định	Mô hình nuôi kết hợp trong rừng ngập mặn đề xuất	4,29	không	Mô hình rất có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi 1 đối tượng (cua/tôm...) trong rừng ngập mặn	3,96	không	Mô hình có tiềm năng phát triển
Quảng Ninh	Mô hình nuôi cá lồng bè vịnh kín ven biển đề xuất	4,25	không	Mô hình rất có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi quảng canh truyền thống	2,64	Có	Mô hình không có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi công nghiệp, nuôi thâm canh	3,54	Có	Mô hình không có tiềm năng phát triển
T.T. Huế	Mô hình hệ thống nuôi kết hợp trong ao đầm nước lợ đề xuất	4,36	không	Mô hình rất có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi trồng thủy sản trong ao đầm nước lợ nuôi ghép nhiều đối tượng đang triển khai ở đại phương	4,07	không	Mô hình có tiềm năng phát triển
	Mô hình nuôi thủy sản trong ao đầm nước lợ nuôi 1 đối tượng truyền thống	2,71	Có	Mô hình không có tiềm năng phát triển

4. Kết luận

Bộ tiêu chí đánh giá các hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH cho vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ đã bao quát hầu hết các khía cạnh về hệ thống NTTS ven biển thông minh với BĐKH; tiêu chí đánh giá cụ thể ở cả 03 mục tiêu CSA: (i) Đảm bảo được an ninh lương thực; (ii) Thích ứng với BĐKH; (iii) Giảm phát thải KNK. Trong mỗi tiêu chí chính có các nhóm tiêu chí phụ; các tiêu chí phụ đã được cụ thể hóa làm cơ sở cho việc đánh giá.

Kết quả sơ bộ tính toán cho các tỉnh thành ở Bắc Bộ–Bắc Trung Bộ cho thấy các mô hình nuôi quảng canh, thâm canh truyền thống tại Quảng Ninh, hay mô hình nuôi ngao bãi triều truyền thống tại Thái Bình và mô hình NTTS trong ao đầm nước lợ truyền thống 1 đối tượng đều không cho thấy tiềm năng phát triển. Ngược lại, việc áp dụng các mô hình cải tiến thích ứng BĐKH cho kết quả khả quan với tiềm năng phát triển cao cho tất cả các tỉnh thành. Tùy theo hình thức và công nghệ nuôi, đối tượng nuôi và điều kiện của vùng nuôi có thể chứng minh việc không áp dụng một tiêu chí phụ nào đó. Việc không áp dụng chỉ được chấp nhận khi chuyên gia đánh giá xem xét thực tiễn.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.N.K., T.Q.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T.V.T., T.Q.T.; Xử lý số liệu: T.V.T.; Viết bản thảo bài báo: T.Q.T.; Chỉnh sửa bài báo: H.N.K.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu giải pháp phát triển nuôi trồng thủy sản ven biển thông minh thích ứng với biến đổi khí hậu vùng duyên hải Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ”, mã số BĐKH.18/16–20, thuộc Chương trình Khoa học và Công nghệ ứng phó với Biến đổi khí hậu, Quản lý tài nguyên và môi trường giai đoạn 2016–2020.

Tài liệu tham khảo

1. Climate smart agriculture sourcebook, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

2. Climate change adaptation in fisheries and aquaculture: compilation of initial examples, FAO Fisheries and Aquaculture, 2014.
3. Smit, B.; Pilifosova, O. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity in Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2001; pp. 877–912.
4. Mendelsohn, R.; Dinar, A. Climate Change and Agriculture an Economic Analysis of Global Impacts, Adaptation and Distributional Effects. Edward Elgar Publishing, UK–USA, 2009, p. 1.
5. Suraje, D.; Jeroen van der, S. Uncertainty and Climate Change Adaptation A Scoping Study. Utrecht, Netherlands: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, 2007.
6. Mendelsohn, R. Efficient Adaptation to Climate Change. *Clim. Change* **2000**, *45*, 583–600. <https://doi.org/10.1023/A:1005507810350>.
7. CC–Doloff, A.M.; Loboguerrero, M.; Lizarrazo, A.; Nowak, F.; Howland, N.; Andrieu, A.; Jarvis. Decision–support framework for targeting investment towards climate–smart agriculture practices and programs, Our Common Future Under Climate Change Paris, 2015.
8. Onada, O.A.; Ogunola, O.S. Climate Smart Aquaculture: A Sustainable Approach to Increasing Fish Production in the Face of Climate Change in Nigeria. *Int. J. Aquac. Fish Sci.* **2016**, *3*, 444–448. <http://www.fisheriesjournal.com/archives/2016/vol4issue3/PartF/4–2–110.pdf>.

Development of the set of criteria to evaluate the Climate Smart Aquaculture system in the Northern–North Central Coast Vietnam

Hoang Ngoc Khac^{1,2*}, Trinh Quang Tu³, Tran Van Tam³

¹ Global Change and Sustainable Development Research Institute; hnhkac@hunre.edu.vn;

² Hanoi University of Natural Resources and Environment;

³ Vietnam Institute of Fisheries Economics and Planning; tiquatuwagen@gmail.com; hanhtam.vifep@gmail.com.

Abstract: Climate–smart fisheries and aquaculture as a part of Climate–smart Agriculture (CSA) have become an advanced approach in coping and adapting to climate change for aquaculture. These climate–smart aquaculture models are being introduced and implemented in the North–North Central area of Vietnam. However, to apply and set up these models effectively, it is necessary to develop a set of criteria of evaluation based on three main objectives of CSA. The research has developed sets of criteria to achieve sustainable food systems, climate change adaptation, greenhouse gas emissions reduction, and criteria to maintain productivity and model stabilization. These criteria have been calculated and evaluated for each province in the research areas. The results show that set of criteria plays a considerable role in evaluating and improve CSA models in the Northern–North Central Coast Vietnam and other coastal areas in Vietnam.

Keywords: Climate-smart aquaculture; Criteria; Greenhouse gas; Sustainable food system.

Bài báo khoa học

Đánh giá tính dễ bị tổn thương và khả năng thích ứng do xâm nhập mặn đối với sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại khu vực cửa sông ven biển tỉnh Nam Định

Nguyễn Cao Văn¹, Nguyễn Lê Tuấn¹, Nguyễn Thục Anh¹, Phạm Văn Hiếu¹

¹ Viện Nghiên cứu biển và hải đảo, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam, Bộ Tài nguyên và môi trường; nguyencaovan.k56@gmail.com; ngletuan1618@gmail.com; thucnguyen.dav@gmail.com; hieupv.env@gmail.com

* Tác giả liên hệ: hieupv.env@gmail.com; Tel.: +84-986967661

Ban Biên tập nhận bài: 20/7/2020; Ngày phản biện xong: 15/8/2020; Ngày đăng: 25/8/2020

Tóm tắt: Nghiên cứu đưa ra kết quả phân tích, đánh giá về tính dễ bị tổn thương của yếu tố xâm nhập mặn đến sản xuất nông nghiệp và khả năng thích ứng của ngành nông nghiệp ở Nam Định trong bối cảnh biến đổi khí hậu dựa trên các số liệu khảo sát thực tế, bộ chỉ số đánh giá và mô hình thủy văn. Trong đó, mô hình thủy văn tính toán chỉ số độ mặn trong các giai đoạn theo kịch bản biến đổi khí hậu năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường và bộ chỉ số đánh giá được xây dựng dựa trên báo cáo của Ban Liên chính phủ về Biến đổi khí hậu năm 2007 và một số các tài liệu liên quan khác. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đã đánh giá được khả năng thích ứng của ngành nông nghiệp; diễn biến xâm nhập mặn tại 3 cửa sông Ba Lạt, Ninh Cơ và Đáy (tỉnh Nam Định); đưa ra đánh giá mức độ tổn thương của từng huyện ven biển. Tuy chưa xét được hết tất cả các khía cạnh nhưng các kết quả nghiên cứu đã góp phần cung cấp thông tin cho tỉnh Nam Định, phục vụ kế hoạch và quy hoạch ngành nông nghiệp trước bối cảnh biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Tính dễ bị tổn thương; Xâm nhập mặn; Nông nghiệp; Cửa sông ven biển.

1. Mở đầu

Theo định nghĩa của Tổ chức Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) đưa ra năm 2007 [1] “Tính dễ bị tổn thương” (TDBTT) là mức độ mà hệ thống dễ bị tác động và không có khả năng chống chịu trước những tác động bất lợi (bao gồm các hình thái thời tiết cực đoan và BĐKH). Trong đó, IPCC đã chỉ ra 7 yếu tố quan trọng khi đánh giá tổn thương, đó là: (1) cường độ tác động; (2) thời gian tác động; (3) mức độ dai dẳng và tính thuận nghịch của tác động; (4) mức độ tin cậy trong đánh giá tác động và tính dễ bị tổn thương; (5) năng lực thích ứng; (6) sự phân bố các khía cạnh của tác động và tính dễ bị tổn thương, và (7) tầm quan trọng của hệ thống khi gặp nguy hiểm. Các yếu tố này có thể được sử dụng kết hợp với việc đánh giá những hệ thống có độ nhạy cảm (S) cao với các điều kiện về khí hậu như đới ven biển, hệ sinh thái, các chuỗi thức ăn,...[2].

Hiện nay, các nghiên cứu về TDBTT do biến đổi khí hậu (BĐKH) đã rất phong phú, nhưng các nghiên cứu từng thành phần trong BĐKH lại rất khiêm tốn. Theo kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng, sự gia tăng nhiệt độ, biến động lượng mưa và nước biển dâng (NBD) là những mối đe dọa lớn đối với Việt Nam trong tương lai không xa [1]. Cùng với mực NBD, tình trạng hạn hán và xâm nhập mặn (XNM) đang gia tăng rõ rệt tại nhiều vùng trên cả nước [3]. Trong khi đó, XNM tác động tiêu cực đến hàng loạt các lĩnh vực chính bao gồm sản xuất nông nghiệp, hệ sinh thái, môi trường và cơ sở hạ tầng [4], đặc biệt ngành nông

ng nghiệp tại những vùng cửa sông ven biển của Việt Nam. Vì vậy hướng nghiên cứu về XNM đang là hướng nghiên cứu mới cho các nhà nghiên cứu.

Để nghiên cứu đánh giá tác động của XNM đến nông nghiệp, nhóm tác giả đã sử dụng 6 phương pháp trong đó 2 phương pháp chủ đạo, xuyên suốt để đi đến kết luận là ứng dụng mô hình tính toán thủy văn (MIKE11) và phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương [1]. Với các mục tiêu: Xây dựng được bộ chỉ số đánh giá tính dễ bị tổn thương do XNM đến nông nghiệp; Xây dựng được mô hình lan truyền mặn tại các cửa sông; Đánh giá khả năng thích ứng của ngành nông nghiệp tại các khu vực ven biển trước bối cảnh XNM gia tăng.

2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu gồm 3 huyện Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng thuộc địa bàn tỉnh Nam Định, đây là vùng đất thấp, với phần lớn diện tích có độ cao dưới 2,5 m so với mực nước biển. Trong đó có phần nước mặt thuộc 3 cửa sông là cửa Ba Lạt, cửa Ninh Cơ, cửa Đáy và không gian phần đất liền tính từ đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm đến đường ranh giới phân chia 3 huyện trên với các huyện khác thuộc tỉnh Nam Định [5].

Ngành nông nghiệp tỉnh Nam Định là ngành chiếm tỉ trọng lớn với gần 18% giá trị sản xuất toàn tỉnh tương đương với hơn 25.000 nghìn tỉ đồng.

2.2. Dữ liệu

Để chạy mô hình tính toán thủy văn (MIKE11), nghiên cứu kế thừa số liệu thủy văn từ báo cáo của Vũ Việt Đức [6]; Số liệu mặt cắt địa hình kế thừa từ dự án phòng chống lũ Đồng bằng sông Hồng của Viện Khoa học Thủy lợi (Bảng 1); Số liệu kiểm định mô hình từ số liệu khảo sát Đề tài “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và môi trường khu vực cửa sông ven biển vùng đồng bằng sông Hồng và đề xuất giải pháp khai thác sử dụng hợp lý – BĐKH.33/16-20” của Viện Nghiên cứu biển và hải đảo. Để tính toán bộ chỉ số đánh giá TDBTT do XNM đến nông nghiệp, dữ liệu cũng được lọc ra từ khảo sát từ Đề tài của Viện Nghiên cứu biển và hải đảo.

Bảng 1. Số lượng mặt cắt địa hình lòng dẫn sông.

STT	Tên sông	Số mặt cắt	Năm đo
1	Sông Hồng	112	2017
2	Sông Đào	18	2011
3	Sông Ninh Cơ	27	2011
4	Sông Đáy	54	2011

Căn cứ vào các tài liệu và số liệu đã có, nghiên cứu đã đưa ra bộ số liệu thủy văn như sau:

- Biên trên: Các số liệu lượng dòng chảy (m^3/s) được đo tại trạm không chế phía thượng lưu $Q(t)$. Số liệu biên trên gồm 4 vị trí: Sông Hồng tại mặt cắt nơi độ dài là 154113 m, cách cửa Ba Lạt 82,6 km và sông Đáy tại vị trí 156745 m, cách cửa Đáy khoảng 79,6 km.

- Biên dưới: Các số liệu mực nước triều (m) tại các trạm không chế phía hạ lưu $H(t)$. Số liệu biên dưới gồm 3 vị trí: Sông Đáy tại vị trí mặt cắt 236310 m, sông Ninh Cơ tại vị trí mặt cắt 52212 m và sông Hồng (cửa Ba Lạt) tại vị trí mặt cắt 236757 m. Số liệu mực nước trước

khi cho vào mô hình để tính toán đã được hiệu chỉnh theo kịch bản BĐKH và NBD (2016) RCP 4.5 (Bảng 2). Các năm chạy tương ứng với những năm 2030, 2050 và 2100.

- Biên mặn: Các số liệu về độ mặn (‰) được thu thập trong khoảng đầu tháng 1, ứng với đúng một trong hai tháng kiệt nhất. Số liệu mặn được lấy từ các mặt cắt dọc theo các con sông tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Mức nước biển dâng theo kịch bản RCP 4.5 [1].

Năm	Kịch bản BĐKH – NBD 2016 (Kịch bản RCP 4.5)		
	2030	2050	2100
Mức nước dâng (cm)	13	23	55

2.3. Phương pháp nghiên cứu

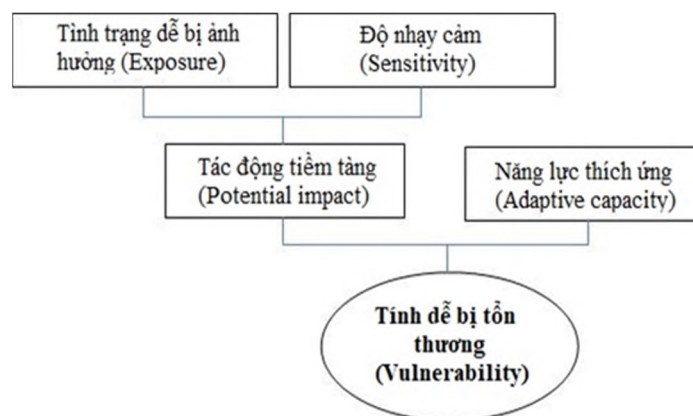
Nghiên cứu đã lựa chọn và sử dụng 6 phương pháp như sau:

- Phương pháp kế thừa và tổng hợp tài liệu: Phương pháp này được sử dụng trong việc tổng hợp và kế thừa các kết quả nghiên cứu về đặc điểm khí tượng thủy văn, đặc điểm địa chất, địa mạo, môi trường, các dạng tài nguyên, yếu tố xã hội...

- Phương pháp điều tra khảo sát thực địa: Phương pháp này được sử dụng phổ biến trong hầu hết các đề tài, vì nó giúp thị sát tình hình thực tế, có cái nhìn khách quan khi tiến hành đánh giá, đồng thời bổ sung được những nội dung, những thông tin mà các đề tài trên tài liệu chưa phản ánh được hết.

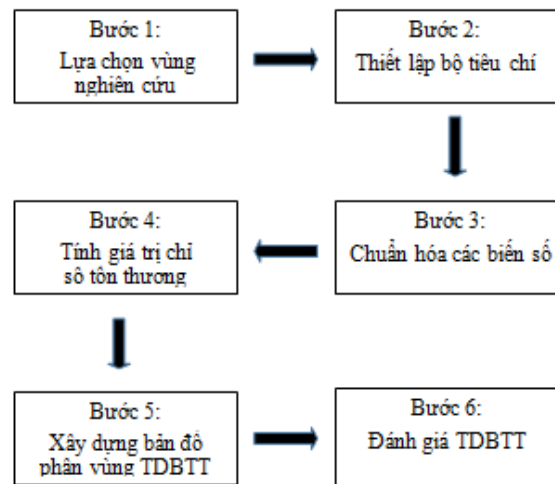
- Phương pháp và quy trình đánh giá tính dễ bị tổn thương dưới tác động của xâm nhập mặn: Tính dễ bị tổn thương là hàm số của đặc tính, quy mô và tốc độ của biến đổi khí hậu và nhiễu động mà một hệ thống bị lộ diện, tính nhạy cảm và năng lực thích ứng của hệ thống đó (Công thức 1). Tính dễ bị tổn thương được xem xét dựa trên 3 yếu tố là tình trạng dễ bị ảnh hưởng (*Exposure*), độ nhạy cảm (*Sensitivity*) và năng lực thích ứng (*Adaptive capacity*) [7]. Dưới đây là hàm đánh giá TDBTT, môi tương quan được mô tả cụ thể tại Hình 1.

$$V (\text{Tính dễ bị tổn thương}) = f(\text{Exposure (tình trạng dễ bị ảnh hưởng)}, \text{Sensitivity (độ nhạy cảm)}, \text{Adaptive capacity (năng lực thích ứng)}) \quad (1)$$



Hình 1. Phương pháp đánh giá tính dễ tổn thương [7].

Quy trình đánh giá được chia thành 6 bước (Hình 2).



Hình 2. Quy trình đánh giá tính dễ bị tổn thương.

- Ứng dụng mô hình MIKE 11 trong việc phân tích xâm nhập mặn:

MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng mô phỏng lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở cửa sông, sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác. Do vậy, mô hình giải quyết những bài toán liên quan thông qua các mô đun độc lập được tích hợp lại với nhau để thực hiện các quy trình tính toán cần thiết. Để nghiên cứu, chúng tôi sử dụng 2 mô đun là mô đun thủy lực (*Hydrodynamic – HD*) và mô đun tải khuếch tán (*Advection Dispersion – AD*).

- Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) trong việc xây dựng bản đồ phân vùng tính dễ bị tổn thương:

Với ưu điểm mang tính khái quát cao, phương pháp tích hợp bản đồ đã bổ sung một cách có hiệu quả khi kết hợp với các thông tin thu thập từ phiếu điều tra xã hội học và các thông tin khảo sát thực địa. Từ đó, cơ sở dữ liệu các hợp phần tự nhiên được thể hiện dưới dạng bản đồ là những đặc trưng có tính ổn định theo thời gian, sự tích hợp chúng là bức tranh đầy đủ nhất về mức độ tổn thương tại vùng nghiên cứu, đặc biệt xét theo tiêu chí (E) và (S). Nhìn chung, dựa trên phương pháp này, có thể khoanh vùng các khu vực đồng nhất tương đối về mức độ tổn thương.

- Phương pháp chuyên gia: được sử dụng hầu hết trong các quá trình xây dựng và đánh giá của nghiên cứu. Đặc biệt ý kiến của các chuyên gia rất quan trọng trong việc xây dựng nên bộ chỉ số cho các yếu tố gây tổn thương như (E), (S), (AC).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tác động của xâm nhập mặn đến ngành nông nghiệp và khả năng thích ứng

BĐKH nói chung hay nước biển dâng (NBD) và XNM nói riêng đã và đang là vấn đề nan giải với ngành nông nghiệp tại vùng ven biển tỉnh Nam Định. Nghiên cứu đưa ra một số tác động trực tiếp như: Làm giảm diện tích đất canh tác; Giảm năng suất, chất lượng cây trồng, vật nuôi, gia tăng chi phí sản xuất và giảm sức cạnh tranh của sản phẩm; Ảnh hưởng đến đa dạng sinh học và nguồn lợi thủy sản; Suy giảm khả năng canh tác và mất khả năng canh tác.

Theo báo cáo của Kế hoạch ứng phó biến đổi khí hậu của tỉnh Nam Định, các huyện là Giao Thủy, Nghĩa Hưng, Hải Hậu hằng năm có khoảng 12 nghìn ha đất canh tác bị nhiễm mặn, trong đó có khoảng 5 nghìn ha nhiễm mặn, không sản xuất được. Hay nhiều loài đặc hữu bị suy giảm nghiêm trọng như: cá Chuối sộp, cua Giận, cò Thìa, ... Sự dâng lên của nước biển kiến mặn lấn sâu vào đất liền, gây ngập úng thường xuyên khu vực Cồn Lu và Cồn Ngạn huyện Giao Thủy, làm chết rừng phi lao, làm thu hẹp diện tích rừng ngập mặn [8].

XNM còn tác động mạnh hơn khi cộng hưởng từ các điều kiện thời tiết. Độ mặn là yếu tố quan trọng hàng đầu trong nghề nuôi trồng thủy sản, Việc thay đổi độ mặn trong ao do mưa kéo dài và NBD theo chiều hướng tăng hay giảm một cách đột ngột sẽ dẫn tới vật nuôi bị sốc, chậm lớn và nặng hơn là có thể chết. Nhưng bão và áp thấp nhiệt đới gây mưa lớn, sóng mạnh và kéo theo nước biển tràn vào bờ có thể tàn phá hệ thống đê bao, các ao nuôi và lồng bè nuôi, tác động đến cả hệ sinh thái của vùng nuôi, mất nhiều thời gian để phục hồi.

Hạn hán ngoài ảnh hưởng tới trồng trọt một cách rõ ràng mà mất thường cũng có thể thấy được như làm cây trồng chết do thiếu nước, làm giảm nguồn nước tưới,... thì XNM khi lấn sâu vào đất liền dẫn đến cường hóa ảnh hưởng càng nặng nề. Trong nuôi trồng thủy sản cũng gây ảnh hưởng tương tự, hạn hán làm thiếu nước cung cấp cho các ao hồ nuôi trồng thủy sản, làm gia tăng nhiệt độ dẫn đến thay đổi môi trường sống của các loại thủy hải sản. Nói sâu hơn, nó làm thay đổi quá trình trao đổi chất, tốc độ phát triển, sinh sản của các sinh vật sống trong nước, làm chúng trở nên dễ nhiễm bệnh. Ngoài ra, hạn hán làm bốc hơi nước, dẫn đến độ mặn cao lại càng cao thêm.

3.2. Khả năng thích ứng của ngành nông nghiệp

Trước bối cảnh XNM mặn nói riêng và NBD nói chung đang ngày càng gia tăng trong tương lai. Nhiều biện pháp thích ứng đã được tỉnh đưa ra, trong đó các 3 biện pháp về công trình điển hình như (1) Xây dựng công trình trữ ngọt ngăn mặn; (2) Xây dựng công trình cấp nước phục vụ sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản; (3) Nâng cấp hệ thống đê và công trình trên đê.

Năm 2012, Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn (NN&PTNT) đã phê duyệt Dự án “Quy hoạch tổng thể thủy lợi đồng bằng sông Hồng có xét đến BĐKH–NBD đến năm 2020 và định hướng đến năm 2050”, theo đó có 10 công trình ngăn mặn, trữ ngọt được đề xuất (Bảng 3). Cũng theo báo cáo, hệ thống đê điều giúp phòng chống lụt bão đã được hình thành từ lâu, từng bước được bổ sung, tu sửa, nâng cấp đến nay đã có 663 km đê. Đê cấp I đến cấp III có 365 km (91 km đê biển, 274 km đê sông), 298 km đê dưới cấp III, với với khoảng 100 km kè bảo vệ tuyến đê sông và đê biển [4].

Bảng 3. Tổng hợp đề xuất xây dựng công trình trữ ngọt ngăn mặn [8].

TT	Tên công trình	Địa điểm (xã, huyện, tỉnh)	Lưu vực
1	Cống đập sông Đào	Nam Phong – Nam Trực – N.Định và Mỹ Tân – Mỹ Lộc – Nam Định	sông Hồng
2	Cống Quản Liêu	Nghĩa Sơn – Nghĩa Hưng – Nam Định	sông Hồng
3	Âu Kim Đài	Thượng Kiệm – Kim Sơn – N.Bình và Kim Chính – Kim Sơn – N.Bình	sông Đáy

TT	Tên công trình	Địa điểm (xã, huyện, tỉnh)	Lưu vực
4	Công đập sông Hồng	Phà Cồn Nhất thuộc Hồng Tiến – Kiến Xương và Ngô Đồng – Giao Thủy	sông Hồng
5	Công đập sông Ninh Cơ	Phà Thịnh Long (Nghĩa Bình – Nghĩa Hưng) và Hải Châu – Hải Hậu – Nam Định	sông Hồng
6	Công đập sông Đáy	Phà Quỳ Nhất (Nghĩa Hưng– N.Định) và Kim Sơn – Ninh Bình	sông Hồng



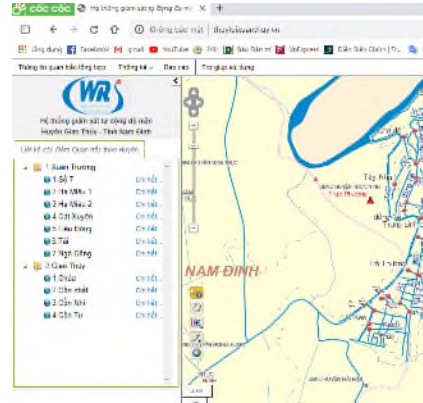
Hình 3. Đê biển tại 3 huyện Nghĩa Hưng, Hải Hậu và Giao Thủy tỉnh Nam Định [8].

Ngoài ra rất nhiều các biện pháp phi công trình khác như: (1) Vận hành hợp lý công trình lấy nước phục vụ sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản nước ngọt; (2) Tự động hóa giám sát mặn và cảnh báo, nâng cao năng lực và quản lý vận hành công trình; (3) Đổi mới quy trình công nghệ trong nông nghiệp thích ứng với xâm nhập mặn; (4) Khai thác và sử dụng hợp lý bãi bồi cửa sông ven biển; (5) Chuyển đổi giống cây trồng, vật nuôi; (6) Chuyển đổi cơ cấu sản xuất ngành nghề cho một số cộng đồng dễ bị tổn thương; (7) Nâng cao năng lực quản lý vận hành công trình; (8) Đào tạo nâng cao nhận thức cộng đồng; (9) Nghiên cứu, áp dụng khoa học công nghệ.

Ví dụ điển hình như giám sát nồng độ mặn tự động đã được áp dụng tại một số khu vực trên địa bàn tỉnh, điển hình như Xuân Thủy – Nam Định có số liệu quan trắc tức thời tại các công này luôn được cập nhật liên tục trên trang: <http://thuyloixuanthuy.vn>.



Hình 1. Hệ thống giám sát mặn tự động tại TTN Xuân Thủy – Nam Định.



Hình 2. Giao diện trang web cập nhật số liệu quan trắc mặn.

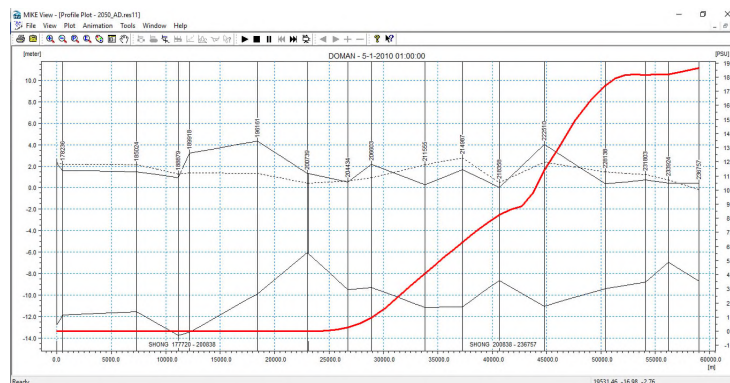
3.3. Diễn biến xâm nhập mặn theo mô hình MIKE 11

Sau khi tổng hợp đủ số liệu phục vụ tính toán, số liệu sẽ được đưa vào mô hình MIKE11 chạy với kịch bản trung bình thấp (RCP4.5). Kết quả cho ra tương đối chuẩn xác khi xét hệ số tương quan giữa số liệu đầu ra mô hình với số liệu thực đo (Bảng 4). Từ kết quả đó, diễn biến XNM tại các cửa sông tỉnh Nam Định được xét theo 2 khía cạnh: khoảng cách và thời gian.

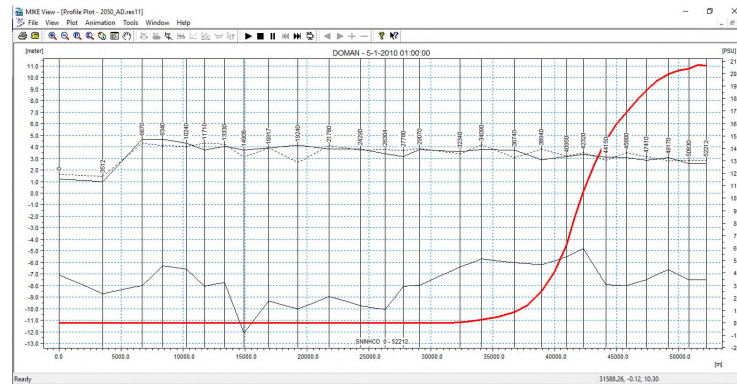
Bảng 2. Chỉ số đánh giá độ tương quan.

Tên sông	Sông Hồng	Sông Ninh Cơ	Sông Đáy
Hệ số tương quan	0,73	0,79	0,76

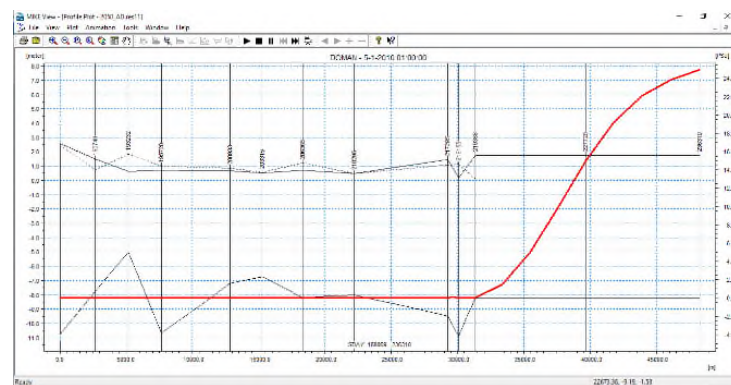
Theo tổ chức FAO, chỉ ra rằng nông nghiệp khi nước có độ mặn lớn hơn 1.5‰ sẽ gây ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất [1]. Do vậy, nghiên cứu xét đến các vị trí độ mặn đạt 1,5‰ trên các con sông. Kết quả cho thấy độ mặn xâm nhập vào đất liền theo các năm ngày càng tăng, trong đó sông Hồng có khoảng cách xâm nhập mặn sâu nhất. Năm 2050, độ mặn 1,5‰ xuất hiện tại vị trí 51,78 km tại cửa Ba Lạt, cửa Ninh Cơ là 33,72 km và cửa Đáy là 47,35 km (Hình 6–8).



Hình 3. Diễn biến xâm nhập mặn năm 2050 tại cửa Ba Lạt theo kịch bản RCP4.5.



Hình 4. Diễn biến xâm nhập mặn năm 2050 tại cửa Ninh Cơ theo kịch bản RCP4.5.



Hình 5. Diễn biến xâm nhập mặn năm 2050 tại cửa Đáy theo kịch bản RCP4.5.

Về thời gian, nghiên cứu xét theo thời gian duy trì độ mặn tại các mặt cắt sông. Kết quả cho thấy sông Hồng là sông có thời gian duy trì độ mặn liên tục dài nhất với giá trị trung bình là 156 giờ, sau đó đến sông Ninh Cơ với 15,67 giờ và cuối cùng là sông Đáy với 13,67 giờ (Bảng 5).

Bảng 3. Thời gian duy trì độ mặn 1,5‰ liên tục dài nhất tại các con sông.

Đơn vị: Giờ

Sông	Khoảng thời gian duy trì độ mặn liên tục 1,5‰			Trung bình
	5 km	10 km	15 km	
Hồng	207	154	107	156
Ninh Cơ	34	13	0	15,67
Đáy	31	10	0	13,67

3.4. Đánh giá tính dễ bị tổn thương do xâm nhập mặn đến lĩnh vực nông nghiệp

3.4.1. Kết quả tính toán độ phơi nhiễm (E)

Bộ chỉ số (E) trong nghiên cứu chỉ mức độ tác động XNM và các yếu tố ảnh hưởng đến XNM do BĐKH gây ra. Bộ chỉ số xây dựng gồm 3 biến phụ với 18 hợp phần phụ (Bảng 6).

Bảng 4. Chỉ số phơi nhiễm (E) với vấn đề xâm nhập mặn.

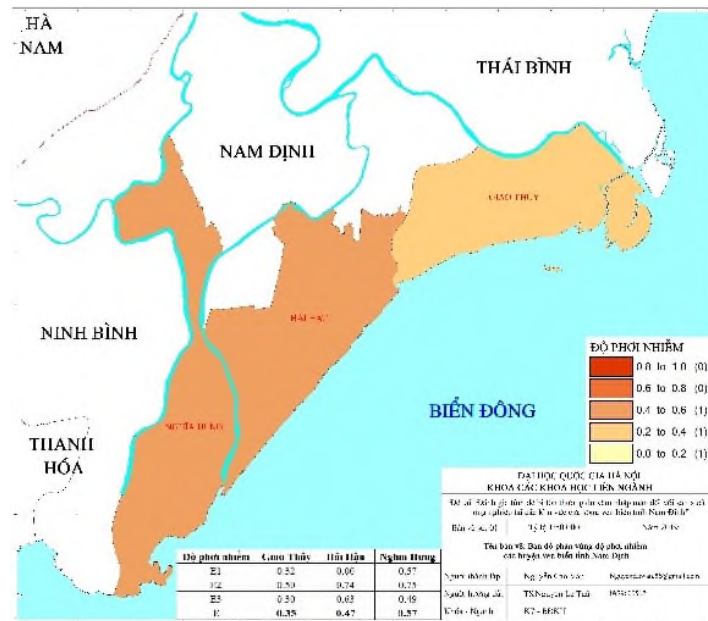
Biến chính	Biến phụ	Hợp phần phụ (Biến thành phần)	Kí hiệu
Độ phơi nhiễm (E)	Độ mặn (E ₁)	Thời gian nhiễm mặn trên 1,5‰	E ₁₁
		Thời gian nhiễm mặn trên 4‰	E ₁₂
		Chiều dài sông nhiễm mặn trên 1,5‰ (tại điểm sâu nhất)	E ₁₃
		Chiều dài sông nhiễm mặn trên 4‰ (tại điểm sâu nhất)	E ₁₄
	Hiện tượng thời tiết (E ₂)	Khô hạn (Tăng)	E ₂₁
		Nước biển dâng (Theo kịch bản RCP4.5 năm 2030)	E ₂₂
		Triều cường (Tăng)	E ₂₃
	Tổng thể mức độ bị ảnh hưởng (E ₃)	Bão lũ, sóng lớn (Tăng)	E ₂₄
		Diện tích đất có nguy cơ ngập (với mực NBD 50 cm)	E ₃₁
		Diện tích cây lương thực có hạt	E ₃₂
Diện tích cây ngắn ngày (ngô, khoai, sắn)		E ₃₃	
Diện tích cây hàng năm		E ₃₄	
Diện tích cây trồng lâu năm		E ₃₅	
	Diện tích rừng hiện có	E ₃₆	
	Diện tích nuôi trồng thủy sản	E ₃₇	
	Số lượng gia cầm	E ₃₈	
	Số lượng gia súc (Trâu, bò, lợn)	E ₃₉	
	Số lượng trang trại	E ₃₁₀	

Nam Định là một tỉnh dựa chủ yếu vào nông nghiệp nên diện tích đất nông nghiệp chiếm phần lớn diện tích của 3 huyện. Với mức độ BĐKH và NBD dâng như hiện nay và kết quả từ khảo sát cũng như mô hình mô phỏng đã cho thấy quá trình XNM của 3 khu vực là rất khác nhau. Điều này đã được thể hiện rõ ràng hơn qua kết quả tính toán độ chỉ số phơi nhiễm của 3 huyện. Kết quả cho thấy huyện Nghĩa Hưng là huyện chịu ảnh hưởng nặng nhất so với mặt bằng các huyện khác (Bảng 7).

Bảng 5. Kết quả tính toán chỉ số độ phơi nhiễm E.

Độ phơi nhiễm	Giao Thủy	Hải Hậu	Nghĩa Hưng
E ₁	0.32	0.00	0.57
E ₂	0.50	0.74	0.75
E ₃	0.30	0.63	0.49
E	0.35	0.47	0.57

Sau khi ra được kết quả, số liệu phân tích sẽ được đưa vào phần mềm Mapinfo để xử lý với mục đích ra được dạng bản đồ phân vùng độ phơi nhiễm cho khu vực ven biển tỉnh Nam Định (Hình 9).



Hình 6. Bản đồ phân vùng độ phơi nhiễm E.

3.4.2. Kết quả tính toán độ nhạy cảm (S)

Chỉ số nhạy cảm với XMN (S) được đánh giá theo 4 biến phụ: Xã hội, sinh kế, điều kiện tự nhiên và nguồn nước; tương ứng với 23 chỉ số khác nhau được đưa vào sử dụng trong tính toán (Bảng 8).

Bảng 6. Bộ chỉ số nhạy cảm (S) với vấn đề xâm nhập mặn.

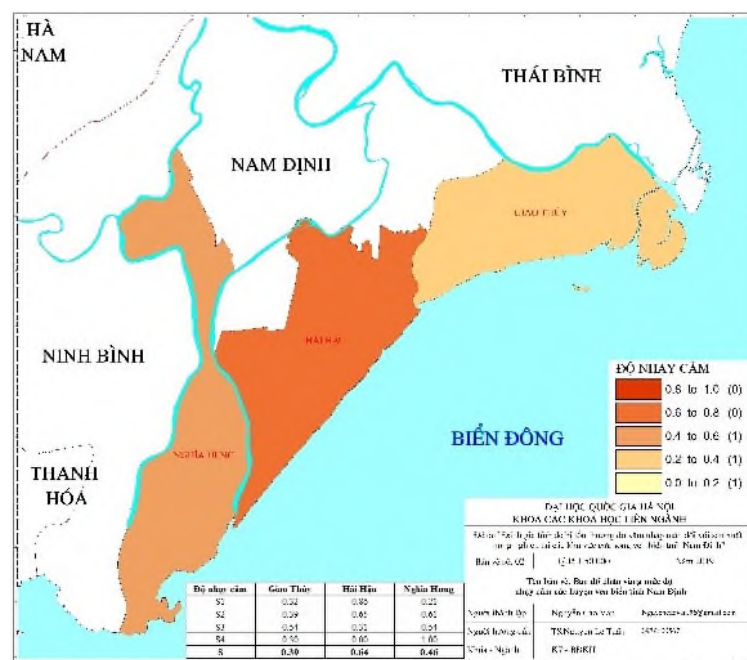
Biến chính	Biến phụ	Hợp phần phụ (Biến thành phần)	Kí hiệu
Độ nhạy (S)	Xã hội (S ₁)	Dân số trung bình	S ₁₁
		Mật độ dân số	S ₁₂
		Tỉ lệ nữ giới	S ₁₃
		Tỉ lệ dân thành thị và nông thôn	S ₁₄
		Tỉ lệ người dân làm nông nghiệp	S ₁₅
		Thu nhập của lao động (Trung bình đồ lên)	S ₁₆
		Số lao động trong cơ sở kinh tế cá thể	S ₁₇
		Tốc độ tăng trưởng dân số	S ₁₈
		Tỷ lệ hộ nghèo	S ₁₉
		Sinh kế (S ₂)	
Sản lượng lĩnh vực chăn nuôi (Trâu, bò, lợn)	S ₂₂		
Sản lượng ngành thủy sản	S ₂₃		
Giá trị sản xuất lâm nghiệp	S ₂₄		
Giá trị sản xuất ngành thủy sản	S ₂₅		
Giá trị sản phẩm thu được trên 1 ha mặt nước nuôi trồng thủy sản	S ₂₆		

Biến chính	Biến phụ	Hợp phần phụ (Biến thành phần)	Kí hiệu
		Giá trị sản phẩm thu được trên 1 ha đất nông nghiệp	S ₂₇
		% Mức độ tác động của XNM đến nông nghiệp (Tác động mạnh)	S ₂₈
		Cơ giới hóa trong sản xuất nông nghiệp (Cơ giới hóa cao)	S ₂₉
Điều kiện tự nhiên (S ₃)		Rừng ngập mặn (Giảm)	S ₃₁
		Độ cao địa hình	S ₃₂
		Biên độ giao động mực nước	S ₃₃
		Mật độ mặt nước	S ₃₄
Nguồn nước (S ₄)		Khả năng đáp ứng nhu cầu nước cho ngành nông nghiệp (mức độ hài lòng)	S ₄₁

Dựa trên bảng kết quả tổng hợp, có thể thấy các biến phụ tính toán cho 3 huyện Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng gần tương đồng nhau. Ngoại trừ một hợp phần phụ như biên độ giao động mực nước trung bình của huyện Nghĩa Hưng nhỉnh hơn nhiều so với các huyện khác, do Nghĩa Hưng là huyện nằm giữa 2 con sông Ninh Cơ và Đáy (Bảng 9).

Bảng 7. Kết quả tính toán độ nhạy cảm S.

Độ nhạy cảm	Giao Thủy	Hải Hậu	Nghĩa Hưng
S ₁	0,32	0,86	0,21
S ₂	0,39	0,65	0,61
S ₃	0,54	0,31	0,54
S ₄	0,30	0,00	1,00
S	0,39	0,64	0,46



Hình 7. Bản đồ phân vùng độ nhạy cảm S.

3.4.3. Kết quả tính toán khả năng thích ứng (AC)

Khả năng thích ứng bao gồm khả năng của các nguồn lực liên quan đến ngành nông nghiệp của vùng nghiên cứu. Để tính toán khả năng thích ứng, nghiên cứu đã lựa chọn 3 biến phụ bao gồm: cơ sở hạ tầng nông nghiệp; chính quyền; vấn đề xã hội khác. Đi kèm với 3 biến phụ là 20 hợp phần phụ để chi tiết hóa chỉ số thích ứng (Bảng 10).

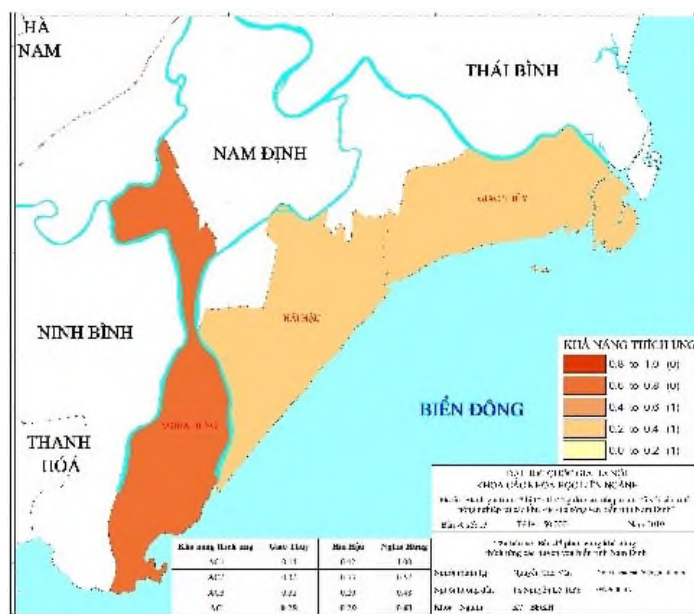
Bảng 8. Bộ chỉ số thích ứng (AC) với vấn đề xâm nhập mặn.

Biến chính	Biến phụ	Hợp phần phụ (Biến thành phần)	Kí hiệu
Khả năng thích ứng (AC)	Cơ sở hạ tầng (AC₁)	Tỉ lệ cơ sở hạ tầng thủy lợi phục vụ ngành nông nghiệp được tu sửa thường xuyên	AC ₁₁
		Tỷ lệ hệ thống tưới tiêu được bê tông hóa	AC ₁₂
		Tổng chiều dài đê (Giai đoạn 2015–2020)	AC ₁₃
		Tiền đầu tư tu sửa và xây mới các hạng công trình thủy lợi (Giai đoạn 2013–2020)	AC ₁₄
	Chính quyền (AC₂)	Hệ thống cảnh báo độ mặn	AC ₁₅
		Nhận thức của cán bộ về BĐKH và xâm nhập mặn (Trên quan tâm)	AC ₂₁
		Trình độ học vấn cán bộ (Trên Cao đẳng)	AC ₂₂
		Số lượng cán bộ được phân công lĩnh vực TNMT	AC ₂₃
		Đầu tư liên quan đến giảm thiểu tác động BĐKH và XNM	AC ₂₄
		Xây dựng các biện pháp giảm thiểu và thích ứng với BĐKH và XNM	AC ₂₅
		Mức độ đa dạng nguồn sinh kế (Các hoạt động không liên quan đến nông nghiệp)	AC ₂₆
		Chương trình/kế hoạch hỗ trợ người dân trong lĩnh vực nông nghiệp	AC ₂₇
		Nhận thức của cộng đồng dân cư về BĐKH và XNM	AC ₃₁
		Nhận thức mực NBD (Tăng)	AC ₃₂
	Một số vấn đề xã hội khác (AC₃)	Khả năng tiếp cận thông tin thông qua nguồn chính thống (Thông tin trực tiếp, Thông tin đại chúng)	AC ₃₃
		Trình độ học vấn (Trên cấp 3)	AC ₃₄
		Tỷ lệ người được đào tạo kiến thức về ngành nông nghiệp	AC ₃₅
		Diện tích rừng trồng mới	AC ₃₆
		Số lượng giống cây trồng và vật nuôi chịu mặn (Trên 2 loại)	AC ₃₇
		Thay đổi diện tích đất canh tác (Thay đổi tăng hoặc giảm)	AC ₃₈
Chuẩn bị cho việc phòng tránh thiên tai, giảm nhẹ tác động của BĐKH		AC ₃₉	

Từ các số liệu thu thập và kết quả phân tích, có thể thấy được khả năng thích ứng của chính quyền và người dân rất được chú ý và quan tâm. Đặc biệt huyện Nghĩa Hưng tuy là huyện chịu ảnh hưởng của XNM lớn nhưng lại có khả năng thích ứng tương đối tốt so với 2 huyện còn lại (Bảng 11).

Bảng 9. Kết quả tính toán chỉ số khả năng thích ứng AC.

Khả năng thích ứng	Giao Thủy	Hải Hậu	Nghĩa Hưng
AC ₁	0,14	0,42	1,00
AC ₂	0,32	0,33	0,57
AC ₃	0,32	0,20	0,48
AC	0,28	0,29	0,61



Hình 8. Bản đồ phân vùng khả năng thích ứng AC.

3.4.4. Đánh giá tính dễ bị tổn thương

Kết quả của chỉ số dễ bị tổn thương là tập hợp kết quả của ba chỉ số mức độ khắc nghiệt (E), độ nhạy cảm (S) và khả năng thích ứng (AC) (Bảng 12).

Bảng 10. Kết quả tính toán chỉ số tổn thương V.

Biển	Giao Thủy	Hải Hậu	Nghĩa Hưng
E	0,35	0,47	0,57
S	0,39	0,64	0,46
AC	0,28	0,29	0,61
$V = \frac{E+S+(1-AC)}{3}$	0,49	0,61	0,47

Từ kết quả tổng hợp, nghiên cứu đưa ra một số nhận xét như sau:

- Đối với huyện Nghĩa Hưng tuy mức độ phơi nhiễm cao nhất trong 3 huyện, độ nhạy cảm ở mức trung bình, nhưng khả năng thích ứng đạt 0,61/1. Do vậy, khi tính toán TDBTT thì huyện Nghĩa Hưng có TDBTT thấp nhất là 0,47/1. Từ kết quả, có thể thấy được sự quan trọng của chỉ số khả năng thích ứng. Việc thích ứng tốt với XNM sẽ giảm thiểu đáng kể mức tổn thương do vấn đề đó.

- Ngược lại với huyện Nghĩa Hưng là huyện Hải Hậu, tuy chỉ số độ phơi nhiễm mức trung bình nhưng khả năng thích ứng của huyện lại rất kém dưới 0,3/1. Nên đã khiến huyện có chỉ số TDBTT thuộc dạng nặng nhất là 0,61/1. Điều này xảy ra do huyện là nơi sản xuất nông nghiệp lớn nhất trong 3 huyện. Nhưng để thích ứng với XNM thì 2 chỉ số về rừng trồng mới và loại cây trồng, vật nuôi chịu mặn lại rất thấp. Trong khi đó, RNM hay rừng phòng hộ lại là tấm lá chắn cho huyện, cũng là nguồn sinh kế thay thế tốt. Còn thay đổi vật nuôi cây trồng là các thích ứng tốt nhất và nhanh nhất trước các vấn đề XNM. Đó là lý do dẫn tới năng lực thích ứng chỉ có 0,2/1 thấp nhất trong 3 huyện.

- Huyện Giao Thủy tuy có khả năng thích ứng thấp nhất nhưng độ phơi nhiễm thấp và độ nhạy cảm cũng thấp so với 2 huyện còn lại nên chỉ số tổn thương thấp hơn bằng 0,49/1.

Như vậy, từ các thành phần của chỉ số TDBTT được xác định từ công thức (1), cho thấy, mức độ nghịch biến giữa khả năng thích ứng và tính dễ bị tổn thương được thể hiện rất rõ ràng, với khả năng thích yếu kém, cộng thêm độ nhạy cao cảm huyện Hải Hậu dẫn đến TDBTT cao hơn so với 2 huyện còn lại.

4. Kết luận

Trong các nghiên cứu liên quan đến XNM, vấn đề đánh giá TDBTT được xem là một vấn đề khó trong nghiên cứu cơ sở lý luận và áp dụng tính toán với thực tế. Điều này không chỉ đối với Việt Nam mà đối với các quốc gia khác trên thế giới. Trong nghiên cứu này, dựa trên phương pháp đánh giá của IPCC, đã tính toán cho 3 huyện có sinh kế của người dân dựa chủ yếu bằng nông nghiệp, gồm: Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng. Kết quả nghiên cứu được đánh giá như sau:

1. Từ số liệu về thu thập về thủy văn và thông qua quá trình điều tra khảo sát thực tế, nghiên cứu này đã xây dựng được mô hình tính toán độ mặn cho khu vực nghiên cứu. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của XNM đến các huyện ven biển tỉnh Nam Định theo kịch bản RCP 4.5 là khá sâu sắc. Đặc biệt là huyện Nghĩa Hưng do tiếp giáp trực tiếp với 2 con sông và huyện Giao Thủy do diện tích đất ngập nước khá lớn, nên địa hình 2 huyện lại tương đối thấp.

2. Nghiên cứu đã tổng hợp được những thiệt hại do tác động của XNM và khả năng ứng phó của người dân và các sở, ban, ngành có liên quan trong những năm gần đây. Từ đó đánh giá tổng quan được tác động của XNM đến ngành nông nghiệp tại khu vực ven biển tỉnh Nam Định.

3. Nghiên cứu đã tổng hợp và xây dựng được bộ chỉ số với 3 biến chính, 10 biến phụ và 58 hợp phần phụ để đánh giá XNM. Bộ chỉ số này không chỉ áp dụng cho vùng cửa sông ven biển tỉnh Nam Định nói riêng mà có thể áp dụng cho các vùng cửa sông ven biển khác tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, đã xác định được TDBTT của ngành nông nghiệp thuộc 3 huyện Giao Thủy, Hải Hậu và Nghĩa Hưng trước bối cảnh XNM đang ngày càng gia tăng và Hải Hậu là huyện có chỉ số tổn thương cao nhất.

5. Khuyến nghị

Trên cơ sở nghiên cứu tại các huyện ven biển tỉnh Nam Định, nghiên cứu đưa ra một số khuyến nghị sau:

- Cần mở rộng nghiên cứu về xâm nhập mặn tới nông nghiệp tại các khu vực, địa phương khác để có cái nhìn toàn diện hơn về tác động của xâm nhập mặn đến các hoạt động nông nghiệp;

- Cần phát triển, khuyến nghị nhân rộng các hoạt động thích ứng hiệu quả tại tỉnh áp dụng cho các địa phương cũng bị ảnh hưởng của xâm nhập mặn khác.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.C.V., N.L.T., P.V.H.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.C.V., N.L.T., P.V.H.; Xử lý số liệu: N.C.V., P.V.H.; Viết bản thảo bài báo: N.C.V., N.L.T., N.T.A., P.V.H.; Chỉnh sửa bài báo: N.C.V., N.T.A., P.V.H.

Lời cảm ơn: Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài khoa học “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và môi trường khu vực cửa sông ven biển vùng đồng bằng sông Hồng và đề xuất giải pháp khai thác sử dụng hợp lý”, mã số: BDKH.33/16-20 trong việc thực hiện và công bố nghiên cứu này.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. IPCC. Climate change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability, 2007.
2. IPCC. Forth Assessment Report, 2007.
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
4. Sở Nông nghiệp và phát triển nông thôn tỉnh Nam Định. Quy hoạch phát triển kinh tế thủy sản và bảo vệ nguồn lợi thủy sản tỉnh Nam Định đến năm 2025, định hướng đến năm 2030, 2018.
5. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Ban hành và công bố danh mục các điểm có giá trị đặc trưng mực nước triều vùng ven biển và 10 đảo, cụm đảo lớn của Việt Nam; Bản đồ đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm và đường ranh giới ngoài cách đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm một khoảng cách 03 hải lý vùng ven biển Việt Nam, 2018.
6. Đức, V.V. Nghiên cứu diễn biến xâm nhập mặn phía Nam Đồng bằng sông Hồng liên quan đến biến đổi khí hậu phục vụ phát triển nông nghiệp, 2017.
7. Allison, E.H. Climate change and fisheries: a comparative analysis of the relative vulnerability of 132 countries Fisheries, 2009.
8. Sở Nông nghiệp và phát triển nông thôn tỉnh Nam Định. Quy hoạch thủy lợi Nam Định, 2012.

Assessing the vulnerability and adaptability of saline intrusion to agricultural production in coastal estuaries of Nam Dinh province in the context of climate change

Nguyen Cao Van¹, Nguyen Le Tuan¹, Nguyen Thuc Anh¹, Pham Van Hieu¹

¹ VietNam Institute of Seas and Islands, Vietnam Administrator of Seas and Islands; nguyencav.k56@gmail.com; ngletuan1618@gmail.com; thucnguyen.dav@gmail.com; hieupv.env@gmail.com

Abstract: This research presents the results of the analysis and assessment of vulnerability and adaptability with saline intrusion to the agricultural sector in Nam Dinh province in the context of climate change. The applied methodologies based on survey data and hydrological model for calculating salinity index in periods according to the climate change scenarios 2016 of the Ministry of Natural Resources and Environment and the climate change assessment methods suggested in 2007 by IPCC. From this, we assessed the adaptability of the agricultural sector, saline intrusion in 3 main estuaries including Ba Lat, Ninh Co, and Day estuaries (Nam Dinh province); propose vulnerability assessment of each coastal district. Although all aspects have not been considered, the research results have contributed to providing information to Nam Dinh province, giving an overview to serve agricultural planning in the context of climate change.

Keywords: Vulnerability; Saline intrusion; Agriculture; Estuaries.

Bài báo khoa học

Thử nghiệm đồng hóa số liệu gió vệ tinh và số liệu cao không để mô phỏng quỹ đạo và cường độ cơn bão Haiyan 2013

Trần Thị Mai Hương^{1,*}, Nguyễn Thị Hằng², Nguyễn Văn Tín³, Trần Văn Sơn¹, Phạm Thị Minh¹

¹ Khoa Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; ttmhuong@hcmunre.edu.vn; tvson@hcmunre.edu.vn; minhpt201@gmail.com.

² Khoa Đại cương, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; hang.nguyen687@gmail.com

³ Khoa Quản lý Tài nguyên Biển và hải đảo, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. HCM; nvtin@hcmunre.edu.vn

* Tác giả liên hệ: ttmhuong@hcmunre.edu.vn; Tel.: +84-932676905

Ban Biên tập nhận bài: 12/6/2020; Ngày phản biện xong: 18/8/2020; Ngày đăng bài: 25/8/2020

Tóm tắt: Nghiên cứu tiến hành các thử nghiệm với việc đồng hóa số liệu gió vệ tinh (CIMSS), số liệu cao không (RADS) và số liệu hỗn hợp (gió vệ tinh và số liệu cao không MIX) bằng phương pháp lọc Kalman tổ hợp. Kết quả thử nghiệm cho thấy, ứng với mỗi loại số liệu quan trắc, các mô phỏng đường dòng (hoàn lưu khí quyển mô phỏng) trong các thử nghiệm là khác nhau. Trong đó thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX mô phỏng xu thế cũng như cường độ của hoàn lưu chung khí quyển giống với sự phát triển thực tế hơn so với thử nghiệm không sử dụng số liệu quan trắc (MPH), nhờ đó quỹ đạo bão Haiyan được mô phỏng khá phù hợp với quỹ đạo thực, sai số thống kê trong 4 trường hợp thử nghiệm giảm đáng kể. Cụ thể, sai số quỹ đạo trong thử nghiệm CIMSS cải thiện 14,0% và 14,3% so với thử nghiệm MPH, và giảm lần lượt 14,0% và 23,9% so với kết quả dự báo toàn cầu GFS ở hạn dự báo 48 giờ và 72 giờ, trong thử nghiệm RADS sai số quỹ đạo cải thiện 11,1% so với GFS và MPH ở hạn 60 giờ, và sai số quỹ đạo trong thử nghiệm MIX giảm 12% và 14,2% so với GFS ở hạn 60 giờ và 72 giờ, ngoài ra thử nghiệm MIX có sai số quỹ đạo giảm 12% so với thử nghiệm MPH ở hạn 60 giờ. Về cường độ bão, dự báo Pmin trong các thử nghiệm MPH, CIMSS, RADS và MIX tốt hơn so với số liệu GFS. Trong đó sai số Pmin trong thử nghiệm CIMSS nhỏ hơn sai số Pmin trong các thử nghiệm còn lại và số liệu GFS ở hạn dự báo dài hơn 48 giờ. Đối với Vmax, các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX dự báo Vmax hiệu quả ở hạn dự báo 60 và 72 giờ.

Từ khóa: Lọc Kalman; Mô hình WRF; Bão; Dự báo tổ hợp.

1. Mở đầu

Số liệu gió vệ tinh và số liệu cao không đều là đầu vào chính cho hệ thống đồng hóa số liệu toàn cầu NCEP (*GDAS: Global Data Assimilation System*) để tạo ra phân tích cuối cùng tầng đối lưu, nhưng số liệu phân tích trên được đưa vào mô hình dự báo toàn cầu và tạo ra các sản phẩm dự báo toàn cầu có độ phân giải thô (0,5 độ) và thường dự báo thấp hơn so với quan trắc. Vì vậy khi sử dụng sản phẩm của mô hình dự báo toàn cầu làm đầu vào cho mô hình khu

vực, quá trình nội suy trong mô hình khu vực đã làm mất đi các thông tin mô phỏng hoàn lưu qui mô lớn dẫn đến kết quả dự báo không chính xác, đặc biệt với dự báo bão.

Mặt khác các nghiên cứu gần đây về lọc Kalman tổ hợp đã chứng minh khả năng đồng hóa nhiều loại quan trắc ở các qui mô khác nhau của sơ đồ đồng hóa Kalman tổ hợp [1–5]. Nghiên cứu trước đây [5] cho thấy số liệu vệ tinh đồng hóa bằng lọc Kalman ứng dụng trong mô hình WRF cải thiện đáng kể kết quả dự báo quỹ đạo cơn bão Megi 2010, và đưa ra nhận định về vai trò của các quan trắc ngoài rìa xa tâm bão có thể đóng góp đáng kể trong việc nâng cao kỹ năng dự báo quỹ đạo và cường độ bão.

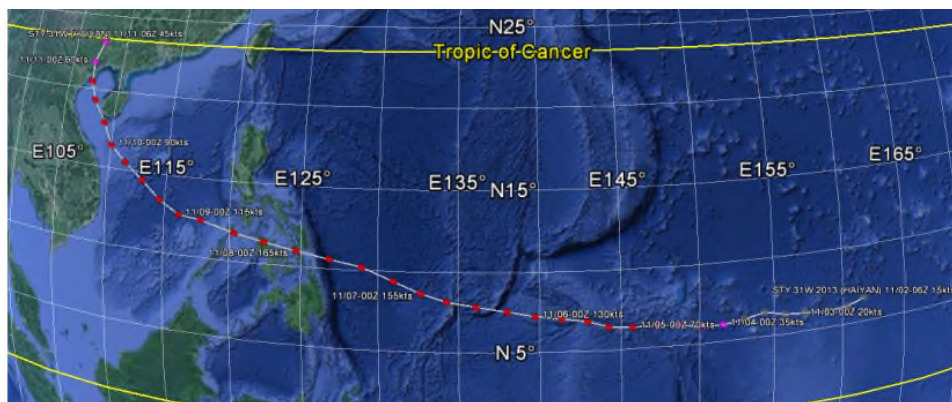
Ngoài ra, bão là hiện tượng thời tiết có tính bất định cao, nên việc dự báo quỹ đạo và cường độ bão vẫn còn là thách thức đối với các nhà khí tượng trên thế giới. Do vậy trong nghiên cứu này chúng tôi khảo sát tác động của số liệu quan trắc lên mô phỏng quỹ đạo và cường độ bão Haiyan 2013 thông qua lọc Kalman tổ hợp đồng hóa các số liệu nói trên trong mô hình.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Hoạt động của cơn bão Haiyan

Bão Hải Yến (tên quốc tế Haiyan, số hiệu quốc tế 1330, số hiệu Việt Nam là bão số 13). Bão số 13 là cơn bão rất mạnh về cường độ có thể so sánh với bão Katrina đổ bộ vào nước Mỹ năm 2005, hình thành ở vĩ độ thấp (6,1°N) (hình 1), đổ bộ vào Philippines với cường độ trên cấp 17, sau đó đi vào Biển Đông vẫn giữ cường độ cấp 14, cấp 15, đổi hướng di chuyển lên phía bắc đổ bộ vào Hải Phòng–Quảng Ninh với cường độ gió cấp 11, cấp 12 và giạt đến cấp. Bão gây ra gió giạt mạnh cấp 6–7 ở vùng ven biển các tỉnh Bắc và Trung Trung Bộ, ở vùng đồng bằng và trung du Bắc Bộ có gió mạnh cấp 6–7, có nơi cấp 8, giạt cấp 9–10, ở vùng duyên hải Bắc Bộ và khu Đông Bắc Bắc Bộ có gió mạnh cấp 8–11, giạt cấp 12–13 [6].

Trị số khí áp thấp nhất trong thời gian hoạt động của bão Haiyan quan trắc được tại trạm khí tượng Bãi Cháy (Quảng Ninh) là 981.2 hPa (lúc 3 giờ 30 phút ngày 11/11/2013). Do ảnh hưởng của bão, ở các tỉnh phía đông bắc bộ, ven Biển Bắc và Trung Trung Bộ có mưa vừa, mưa to, riêng khu Đông Bắc Bộ có mưa to đến rất to. Tổng lượng mưa từ 13 giờ ngày 9 tháng 11 đến 19 giờ ngày 11 tháng 11, phổ biến 50–100 mm, riêng tỉnh Quảng Ninh 100–150 mm, một số nơi lớn hơn như Bãi Cháy 183 mm....Khi bão Haiyan đổ bộ vào Quảng Ninh–Hải Phòng gây hậu quả rất lớn về người và tài sản. Đã có 18 người chết, 2 người mất tích, 93 người bị thương, 149 ngôi nhà bị đổ, sập, trôi, hư hại; 4.567 ngôi nhà bị ngập, 2.918 ngôi nhà bị tốc mái, 3.828 ha lúa bị ngập úng, đổ; 52.368 ha ngô, sắn, hoa màu bị ngập, 8.132 gia súc gia cầm bị chết cuốn trôi, 23 công trình thủy lợi bị hư hại. Ước tính tổng thiệt hại 669,530 tỷ đồng [6].



Hình 1. Diễn biến đường đi của cơn bão Haiyan 2013 [7].

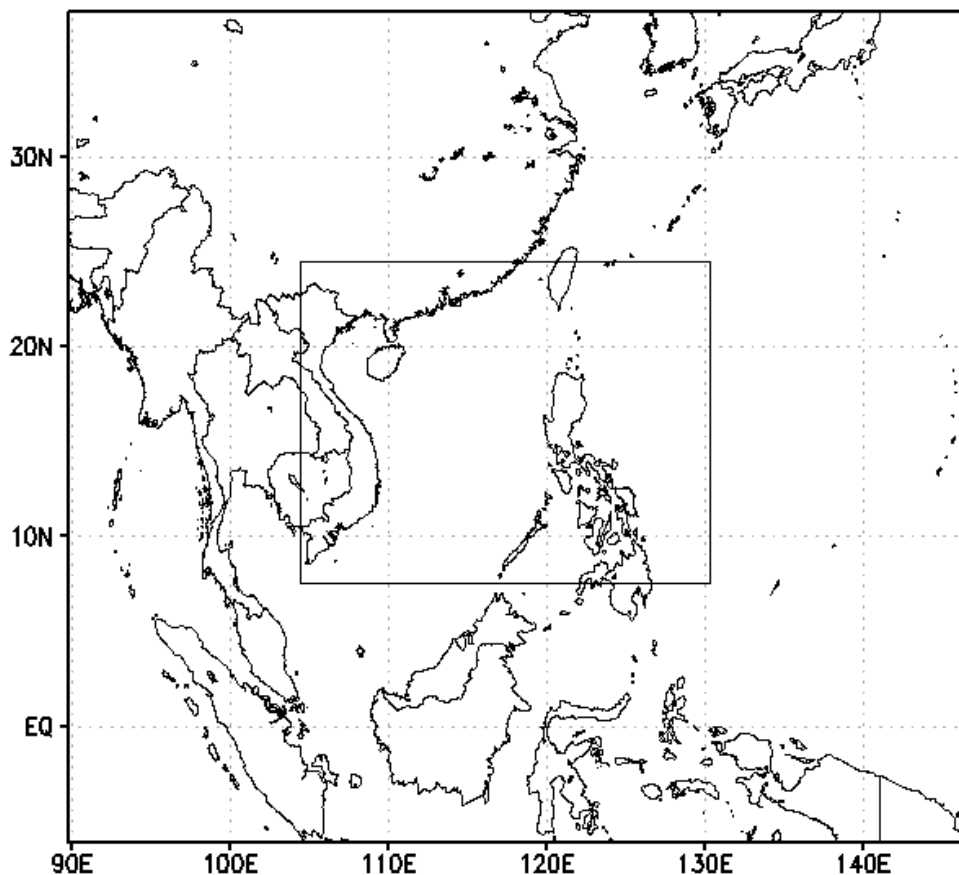
2.2. Thiết kế thí nghiệm

2.2.1. Mô hình

Sử dụng mô hình WRF phiên bản V3.3.1 với 31 mực (sigma) theo phương thẳng đứng với mực khí áp cao nhất (biên trên của mô hình) có giá trị là 10hPa [8]. Mô hình WRF được lựa chọn với hai miền tính lồng ghép sử dụng phép chiếu Mercator. Miền lưới thiết kế cho thử nghiệm mô phỏng cơn bão Haiyan là lưới lồng gồm 2 miền tính với độ phân giải ngang tương ứng 36 km và 12 km, miền lưới 1 gồm 171x141 điểm lưới và miền lưới 2 gồm 232x160 điểm lưới với tâm miền tính cố định 17°N và 118,2°E (hình 2) sử dụng trong mô hình WRF.

Để khảo sát tác động của số liệu quan trắc trong mô phỏng quỹ đạo và cường độ bão Haiyan 2013, nghiên cứu tiến hành thử nghiệm dự báo cơn bão Haiyan 2013 với hạn 3 ngày với thời điểm bắt đầu dự báo từ 00Z07 đến 12Z08, theo các trường hợp: a) dự báo tổ hợp với các tổ hợp vật lý khác nhau (MPH); b) Dự báo với điều kiện ban đầu được tạo ra từ lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu vệ tinh (CIMSS); c) Dự báo với điều kiện ban đầu được tạo ra từ lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu cao không (RADS); d) Dự báo với điều kiện ban đầu được tạo ra từ lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu hỗn hợp vệ tinh và cao không (MIX) với 21 thành phần tổ hợp.

Các thí nghiệm trong nghiên cứu đều tiến hành thử nghiệm cho 21 thành phần tổ hợp sơ đồ vật lý khác nhau tương ứng với 21 lần dự báo. Hiện tại trong mô hình WRF V3.3.1 có các sơ đồ tham số hóa vi vật lý, tham số hóa bức xạ sóng dài và sóng ngắn, tham số hóa đối lưu; tương ứng với các lựa chọn như trong bảng 1, do đó có thể kết hợp giữa các sơ đồ vật lý khác nhau đó để tạo ra thành phần tổ hợp tương ứng với 1 dự báo (Bảng 2).



Hình 2. Miền lưới thử nghiệm.

Bảng 1. Sơ đồ tham số hóa trong mô hình WRF ứng với các lựa chọn cụ thể.

Sơ đồ	Kí hiệu	Các lựa chọn
Vi vật lý	mp_physics	= 1, Kessler scheme
		= 2, Lin et al. scheme
		= 3, WSM 3–class simple ice scheme
		= 4, WSM 5–class scheme
		= 5, Ferrier (new Eta) microphysics
		= 6, WSM 6–class graupel scheme
Bức xạ sóng ngắn	ra_sw_physics	= 1, Dudhia scheme = 2, Goddard short wave
Bức xạ sóng dài	ra_lw_physics	= 1, rrtm scheme
Đổi lưu	cu_physics	= 1, Kain–Fritsch (new Eta) scheme
		= 2, Betts–Miller–Janjic scheme

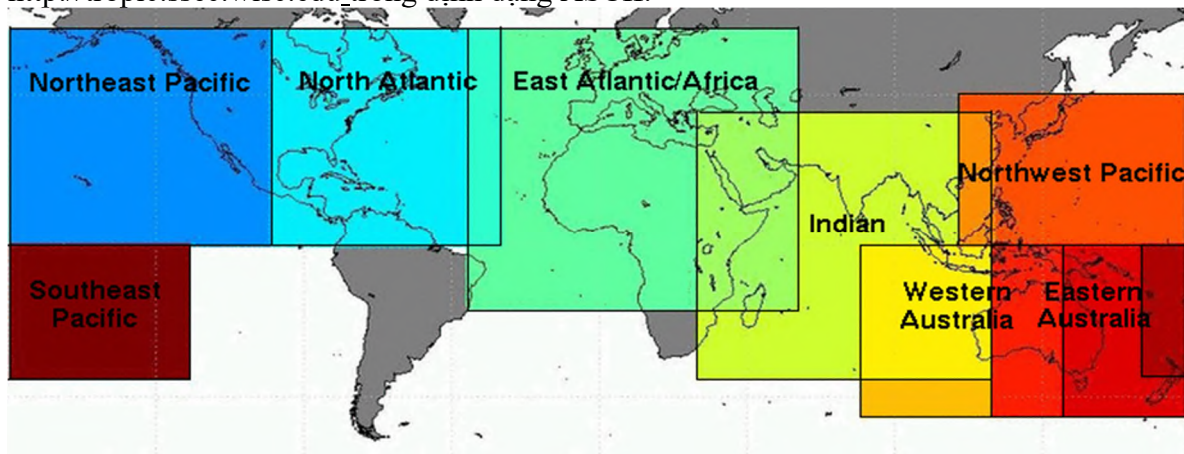
Bảng 2. Thành phần tổ hợp tương ứng với các sơ đồ vật lý khác nhau.

Tổ hợp	Ra_lw_physics	Ra_sw_physics	mp_physics	cu_physics
001	1	2	1	1
002	1	1	1	2
003	1	2	1	2
004	1	1	2	1
005	1	2	2	1
006	1	1	2	2
007	1	2	2	2
008	1	1	3	1
009	1	2	3	1
010	1	1	3	2
011	1	2	3	2
012	1	1	4	1
013	1	2	4	1
014	1	1	4	2
015	1	2	4	2
016	1	1	5	1
017	1	2	5	1
018	1	1	5	2
019	1	2	5	2
020	1	1	6	1
021	1	2	6	1

2.2.2. Số liệu

Điều kiện đầu vào và điều kiện biên sử dụng số liệu dự báo GFS của NCEP/NCAR (*NCEP–The National Center for Environmental Prediction/NCAR–The National Center for Atmospheric Research*) có độ phân giải ngang là 0,5x0,5 độ kinh vĩ và định dạng grib2. Số liệu GFS được lấy từ trang web: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>.

Số liệu quan trắc gió từ vệ tinh là một nguồn số liệu đặc biệt quan trọng đối với các mô hình dự báo chạy nghiệp vụ trên thế giới với độ phủ sóng toàn cầu và thời gian thu thập số liệu trong vòng từ 3–6 giờ phụ thuộc vào đặc tính của từng vệ tinh. Số liệu gió vệ tinh cho phép biết được tình trạng động lực của khí quyển góp phần bổ sung thông tin cho trường ban đầu của mô hình dự báo bằng đồng hóa số liệu. Hiện nay tổ chức hợp tác nghiên cứu vệ tinh khí tượng Trường Đại học Wisconsin (*Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies–University of Wisconsin satellite atmospheric motion vector CIMSS–AMV*) xử lý và cung cấp gió vệ tinh. Một số các nghiên cứu với số liệu CIMSS–AMV đã chỉ ra số liệu này có thể giúp cải thiện chất lượng dự báo của các hệ thống quy mô trung bình khác nhau [5, 10]. Ưu điểm của số liệu CIMSS–AMV là số liệu đã được kiểm định với chất lượng cao và được xác định bằng thuật toán lọc đệ quy. Mỗi một số liệu được kiểm tra sao cho phù hợp hầu hết với số liệu xung quanh bằng kỹ thuật chỉ số chất lượng. Hầu hết số liệu CIMSS–AMV phân bố trong các vùng khác nhau và hiện tại được lưu trữ trong nhiều định dạng bao gồm ASCII và/hoặc BUFR. Trong nghiên cứu này số liệu gió vệ tinh được lấy ở khu vực Ấn Độ, Tây Bắc Thái Bình Dương (hình 3) và được downloads từ trang website <http://tropic.ssec.wisc.edu> trong định dạng ASCII.

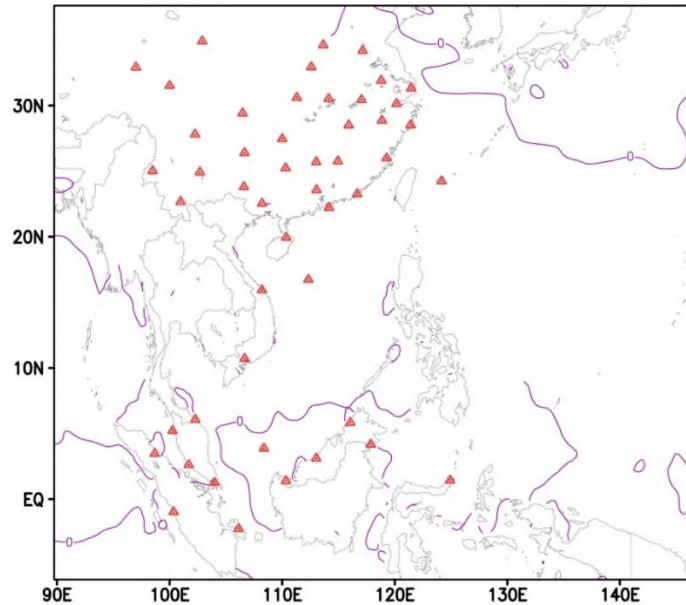


Hình 3. Khu vực có số liệu gió quan trắc từ vệ tinh [9].

Số liệu quan trắc cao không là một trong những nguồn số liệu quan trắc có giá trị và thống nhất trong khí tượng học. Quan trắc trên cao được bắt đầu từ những năm 1940. Hiện nay, khoảng 1000 trạm đã được tổ chức ở 90 nước trên thế giới thực hiện quan trắc lên tới 4 lần trong một ngày tại các thời gian quy định quốc tế. Ở Châu Á, số lượng các trạm quan trắc cao không được bổ sung ngày một nhiều hơn. Các yếu tố quan trắc trên cao bao gồm áp suất, độ cao địa thế vị, nhiệt độ không khí, nhiệt độ điểm sương, tốc độ và hướng gió. Số liệu cao không được lấy từ trang <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>. Số liệu này được đưa vào chương trình kiểm tra chất lượng số liệu quan trắc trong module WRFDA trước khi đồng hóa, nhằm loại bỏ các số liệu cao không không phù hợp với tiêu chuẩn sai số dựa vào sai số thống kê do NCEP cung cấp. Số liệu quan trắc cao không được lưu trữ dưới dạng ASCII (số trạm cao không được sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trong bảng 3 và hình 4).

Bảng 3. Số trạm cao không được đưa vào đồng hóa trong 4 trường hợp thử nghiệm.

STT	Thời điểm dự báo	Số trạm ban đầu	Số trạm đưa vào đồng hóa
1	00h–07/11/2013	89	56
2	12h–07/11/2013	76	49
3	00h–08/11/2013	87	74
4	12h–08/11/2013	97	75



Hình 4. Vị trí các trạm cao không có số liệu đưa vào đồng hóa lúc 12 giờ UTC 07/11/2013.

2.2.3. Tóm tắt về lọc Kalman tổ hợp

Ý tưởng chính của thuật toán lọc Kalman tổ hợp với một biến thể lọc Kalman tổ hợp biến đổi địa phương (LETKF) là sử dụng ma trận tổ hợp nền như một toán tử chuyển đổi từ không gian mô hình được căng bởi các điểm lưới trong khu vực địa phương đã chọn sang không gian tổ hợp được căng bởi các thành phần tổ hợp, và thực hiện phân tích trong không gian tổ hợp này ở mỗi điểm lưới. Chi tiết thuật toán Kalman tổ hợp trong tài liệu [1].

Tổ hợp phân tích \mathbf{x}^a cuối cùng được thực hiện như sau:

$$\mathbf{x}^{a(i)} = \bar{\mathbf{x}}^b + \mathbf{X}^b \{ \bar{\mathbf{w}}^a + [(k-1)\hat{\mathbf{P}}^a]^{1/2} \}. \quad (1)$$

Trong đó ký hiệu in đậm là vector; $\bar{\mathbf{x}}^b$ ma trận trung bình tổ hợp; \mathbf{X}^b ma trận nhiễu tổ hợp; $\hat{\mathbf{P}}^a$ ma trận tương quan sai số phân tích và $\bar{\mathbf{w}}^a$ là ma trận trọng số trong không gian tổ hợp.

2.2.4. Phương pháp đánh giá

a. Phương pháp trung bình tuyệt đối

Sai số MAE được sử dụng để đánh giá các dự báo của biến khí quyển liên tục [11]. Do vậy, MAE được áp dụng như một chỉ số để đánh giá sai số cường độ bão (Khí áp mực biển cực tiểu tại tâm-PMIN và tốc độ gió cực đại gần tâm VMAX). Với MAE-sai số trung bình tuyệt đối được tính bằng công thức:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |F_i - O_i| \quad (2)$$

Trong đó MAE là sai số trung bình tuyệt đối; F_i là giá trị dự báo; O_i là giá trị quan trắc; N là độ dài chuỗi số liệu.

b. Phương pháp khoảng cách tâm bão

Sai số quỹ đạo tính theo công thức (3):

$$PE = R_e * \arccos [\sin(\alpha_1) * \sin(\alpha_2) + \cos(\alpha_1) * \cos(\alpha_2) * \cos(\beta_1 - \beta_2)] \quad (3)$$

Trong đó R_e là bán kính trái đất (6378,16 km); α_1, α_2 là vĩ độ của tâm bão thực tế và tâm bão do mô hình dự báo (đv radian); β_1, β_2 là kinh độ của tâm bão thực tế và tâm bão dự báo (đv radian). Sai số trung bình khoảng cách được tính như sau:

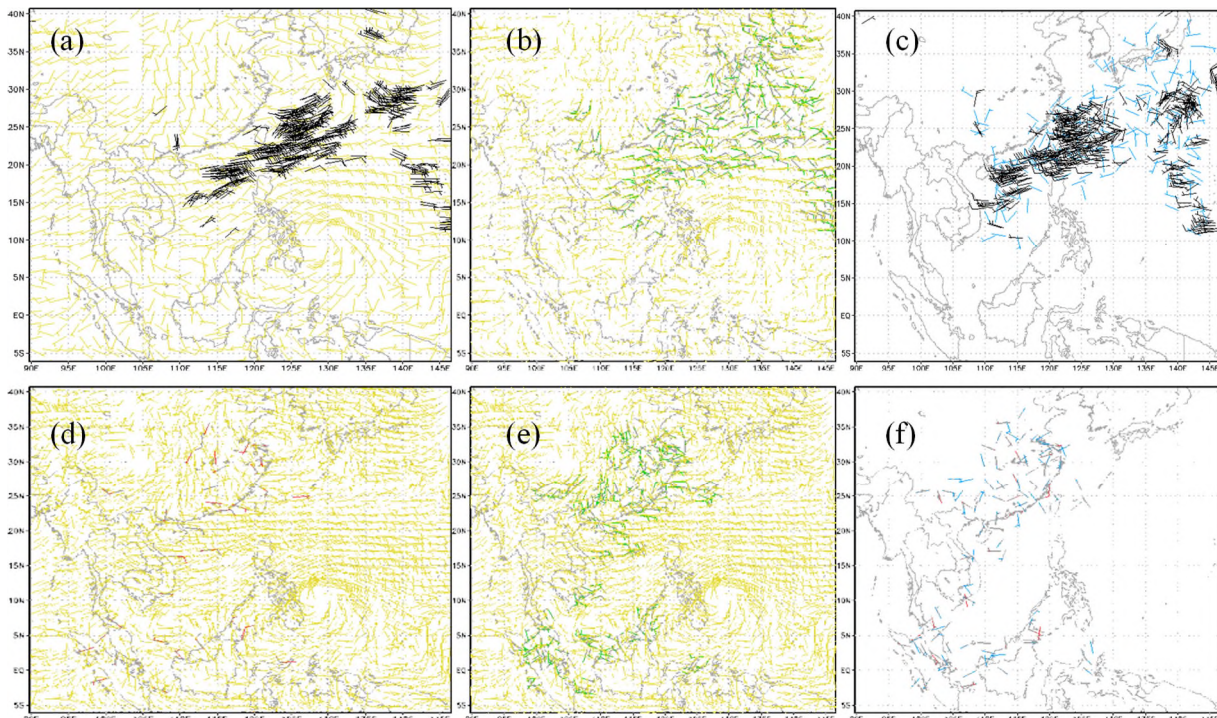
$$MPE_j = \frac{\sum_{i=1}^n PE_{i,j}}{n} \quad (4)$$

Trong đó PE là sai số khoảng cách của từng trường hợp dự báo; n là số trường hợp thử nghiệm; j là hạn dự báo.

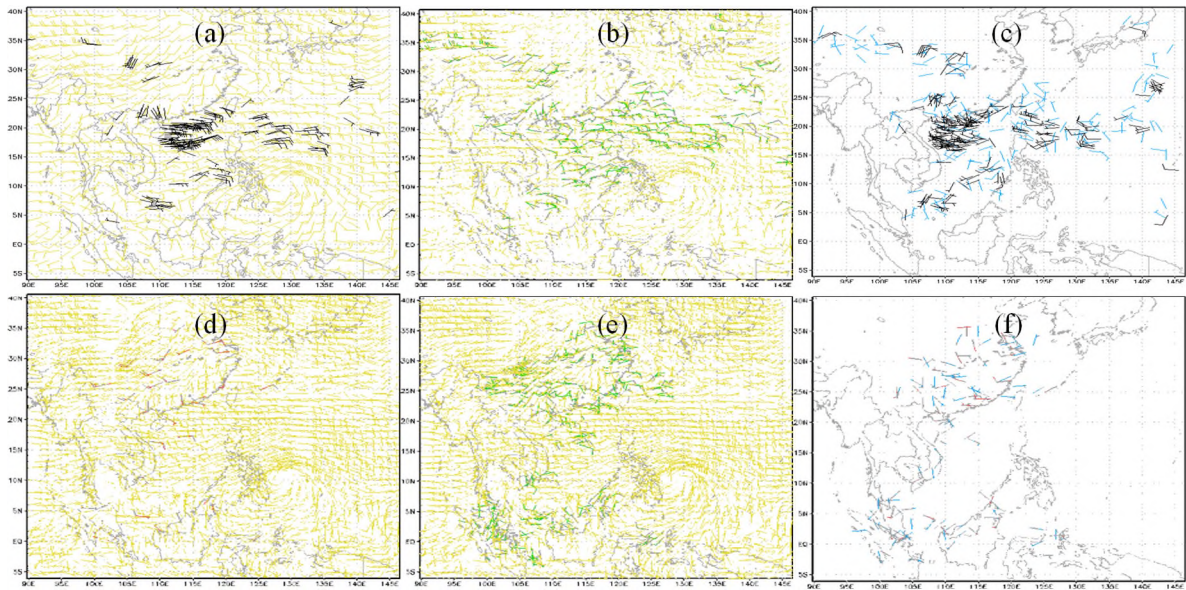
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tác động của số liệu quan trắc đến mô phỏng đường dòng

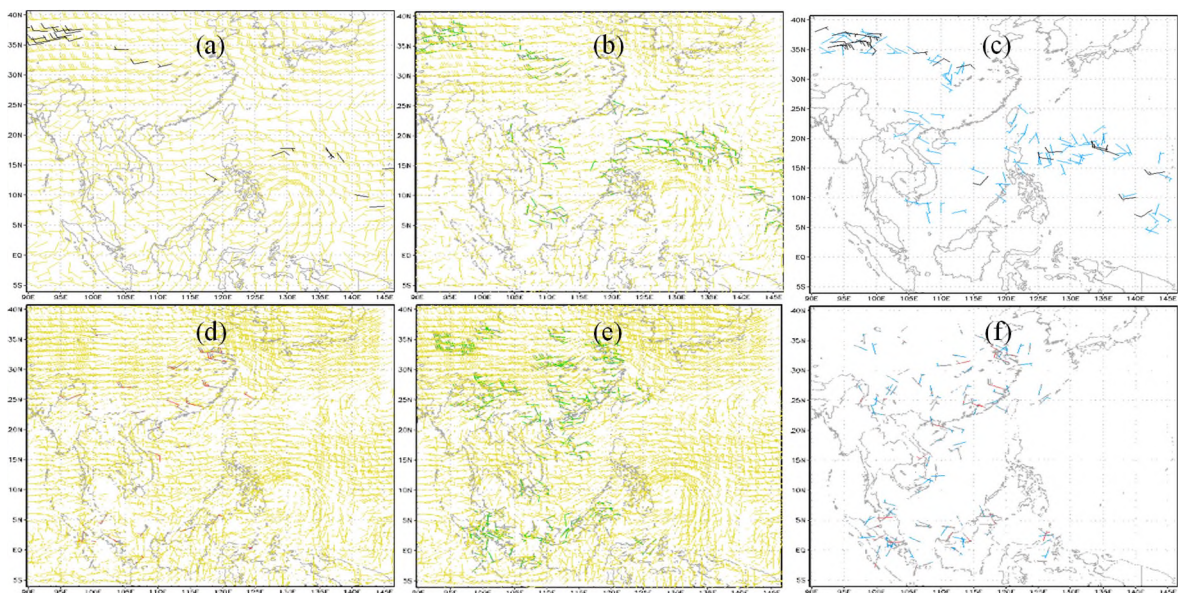
Do quỹ đạo bão Haiyan sau 12 giờ ngày 7/11 có sự thay đổi về hướng, nên việc dự bão quỹ đạo sẽ gặp khó khăn. Vì vậy trong nghiên cứu này nhóm tác giả tiến hành chạy các thử nghiệm dự báo hạn 3 ngày với thời điểm bắt đầu dự báo từ 00 giờ UTC ngày 7/11 đến 12 giờ UTC ngày 18/11 cách nhau 6 giờ (có 6 thử nghiệm tương ứng với 84 dự báo cho một thử nghiệm). Trong phần này, để biết được tác động của số liệu quan trắc đến kết quả mô phỏng, nghiên cứu phân tích kết quả của một mô phỏng cụ thể được dự báo lúc 12 giờ UTC ngày 07 đến 12 giờ UTC ngày 10 tháng 11 năm 2013. Trong đó, nghiên cứu chỉ ra sự khác biệt trong mô phỏng hoàn lưu quy mô lớn lúc 12 giờ UTC ngày 08/11/2013, là thời điểm quỹ đạo cơn bão Haiyan chuyển từ hướng tây sang tây tây bắc. Tại thời điểm bắt đầu dự báo, số liệu quan trắc được đưa vào trường ban đầu của mô hình trong thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX với trường gió phân tích và gió quan trắc trong một số mực được minh họa trong hình 5, hình 6 và hình 7.



Hình 5. Trường gió ban đầu chưa đồng hóa (vector gió màu vàng), gió quan trắc (màu đen–gió vệ tinh; màu đỏ–gió cao không) (hình a,d); trường gió phân tích vệ tinh (hình b) và cao không (hình e); số gia trường gió phân tích (màu xanh dương) với số gia gió quan trắc (gió vệ tinh–màu đen; gió cao không–màu đỏ) (hình c,f) mực 850hPa lúc 12 giờ ngày 07/11/2013.



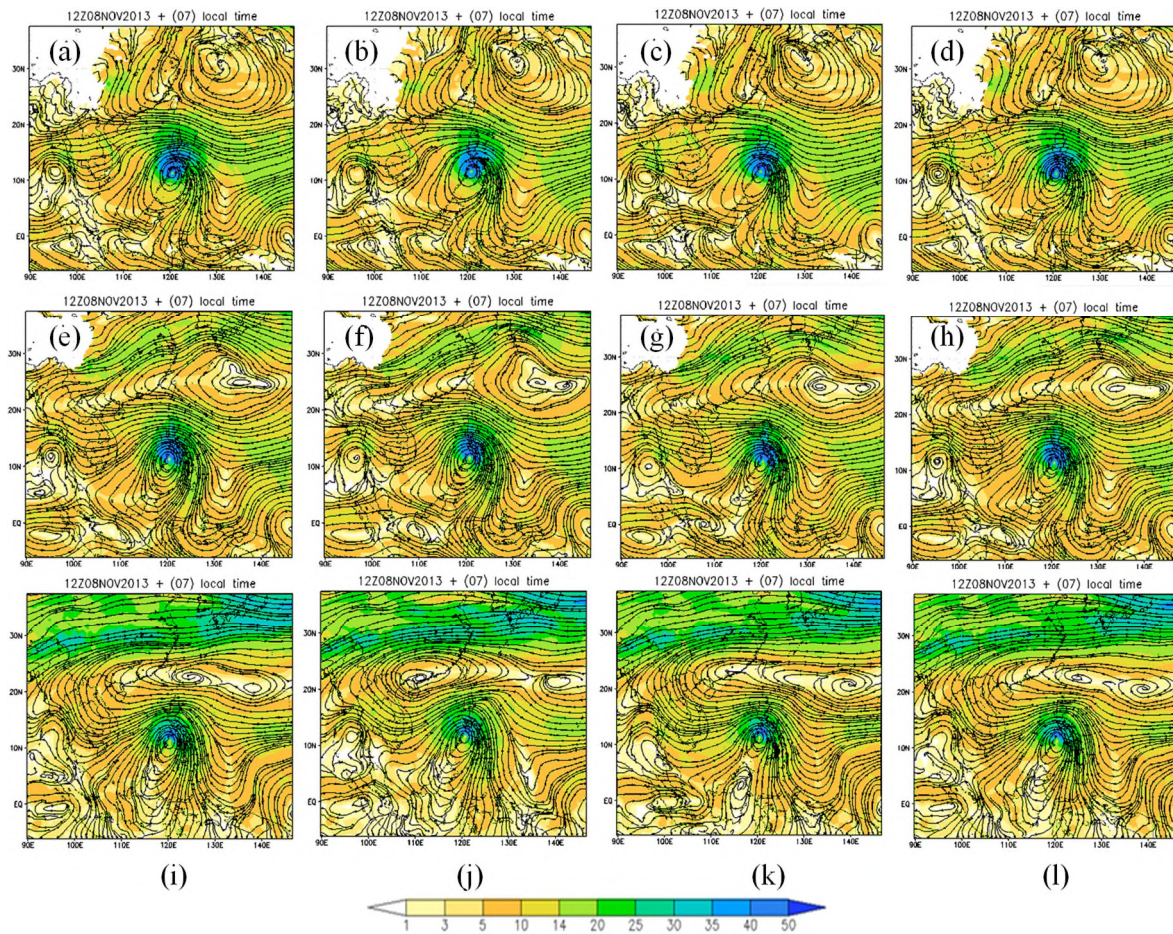
Hình 6. Trường gió ban đầu chưa đồng hóa (vectơ gió màu vàng), gió quan trắc (màu đen–gió vệ tinh; màu đỏ–gió cao không) (hình a,d); trường gió phân tích vệ tinh (hình b) và cao không (hình e); số gia trường gió phân tích (màu xanh dương) với số gia gió quan trắc (gió vệ tinh–màu đen; gió cao không–màu đỏ) (hình c,f) mực 700 hPa lúc 12 giờ ngày 07/11/2013.



Hình 7. Trường gió ban đầu chưa đồng hóa (vectơ gió màu vàng), gió quan trắc (màu đen–gió vệ tinh; màu đỏ–gió cao không) (hình a,d); trường gió phân tích vệ tinh (hình b) và cao không (hình e); số gia trường gió phân tích (màu xanh dương) với số gia gió quan trắc (gió vệ tinh–màu đen; gió cao không–màu đỏ) (hình c,f) mực 500 hPa lúc 12 giờ ngày 07/11/2013.

Với trường đầu vào khác nhau trong các thử nghiệm MPH, CIMSS, RADS và MIX, sau 24 giờ, nghĩa là lúc 12 giờ UTC ngày 08/11/2013, hoàn lưu mô phỏng có sự khác biệt giữa các thử nghiệm. Diễn hình ở mực 850 hPa, áp cao cận nhiệt Bắc Thái Bình Dương (NPSH) trong thử nghiệm CIMSS (hình 8b) được mô phỏng dịch lên phía bắc nhiều hơn so với vị trí áp cao cận nhiệt Bắc Thái Bình Dương trong thử nghiệm MPH, RADS và MIX (hình 8). Ở hai mực 700 hPa và 500 hPa, hình thế xảy ra tương tự, với vị trí hoạt động của NPSH trong thử nghiệm CIMSS (hình 8f, 8j) di chuyển nhiều lên phía bắc và dịch sang

phía đông nhiều hơn so với NPSH trong thử nghiệm MPH (hình 8e, 8i). Hình thể này, tạo điều kiện cho cơn bão Haiyan đổi hướng di chuyển từ tây sang bắc tây bắc.

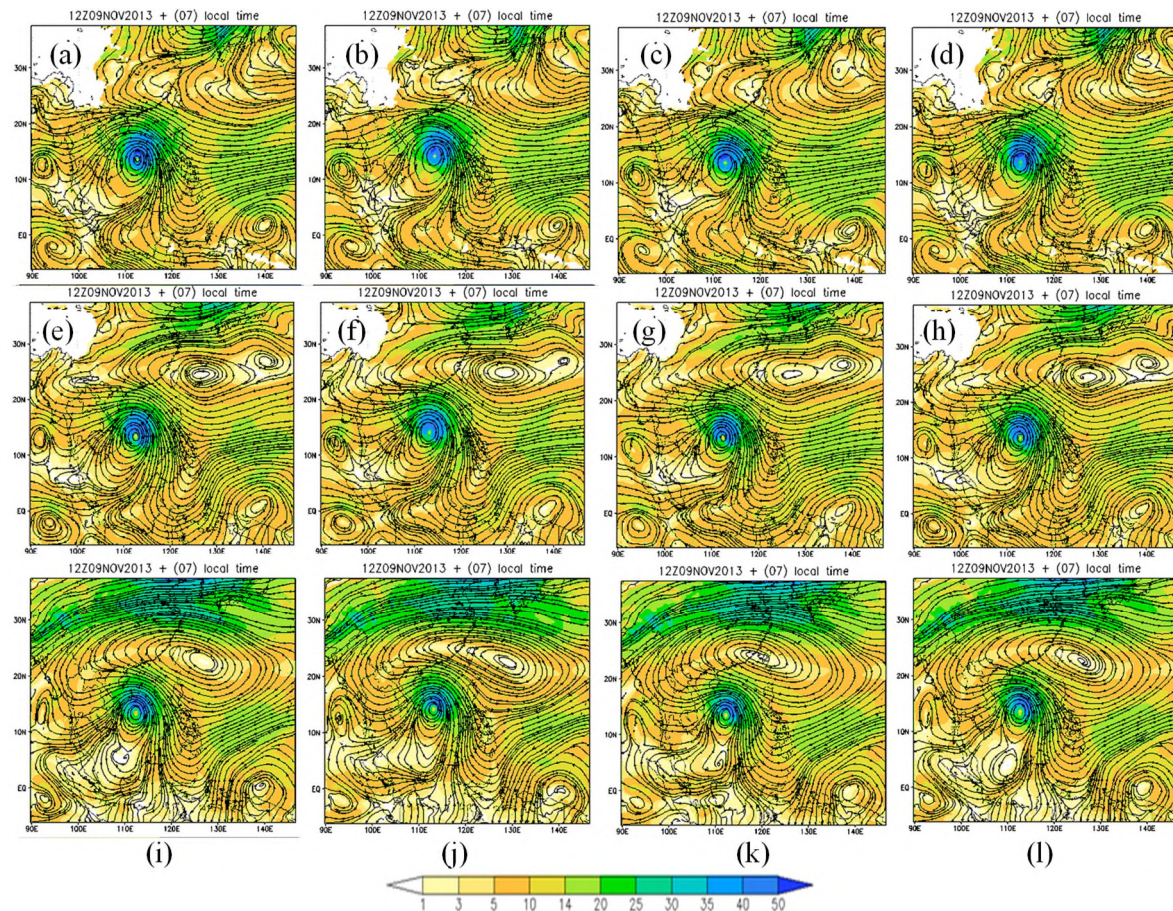


Hình 8. Bản đồ đường dòng mực 850, 700 và 500 hPa trong thử nghiệm MPH(a,e,i), CIMSS (b,f,j), RADS (c,g,k) và MIX (d,h,l) mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 08. Và độ lớn tốc độ gió ở mực tương ứng.

Sau 48 giờ, nghĩa là lúc 12 giờ UTC ngày 09/11/2013, trên mực 850hPa thử nghiệm CIMSS (hình 9b) mô phỏng NSPH rút về phía đông nhanh hơn so với NSPH được mô phỏng trong thử nghiệm MPH, RADS và MIX (hình 9a, 9c, và 9d). Hình thể này được mô phỏng tương tự quan trắc. Do đó, nó tạo điều kiện cho cơn bão Haiyan di chuyển theo hướng bắc tây bắc trong thử nghiệm CIMSS, nghĩa là tương đồng với quỹ đạo thực của nó. Hình thể tương tự xảy ra ở mực 700 hPa và 500 hPa.

Sau 72 giờ, kết quả mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 10/11 (hình 10), ở mực 850hPa thử nghiệm MPH (hình 10a) mô phỏng rãnh gió tây ở phía bắc phát triển sâu xuống phía nam hơn so với rãnh gió tây trong các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX (hình 10b, c, d), do đó trong thử nghiệm MPH, hình thể này đã không chế cơn bão Haiyan di chuyển theo hướng tây bắc khác với hướng di chuyển bắc tây bắc của quỹ đạo thực. Trong khi đó, thử nghiệm RADS và thử nghiệm MIX mô phỏng rãnh gió tây lún xuống phía nam nhiều hơn so với thử nghiệm CIMSS, vì vậy vị trí tâm bão ở hạn dự báo này của 2 thử nghiệm RADS và MIX xa vị trí tâm bão thực tế hơn vị trí tâm bão trong thử nghiệm CIMSS. Ở mực 700 hPa và 500 hPa, thử nghiệm CIMSS (hình 10f), bão Haiyan đang di chuyển theo hướng bắc tây bắc và chịu ảnh hưởng của rìa phía tây của áp cao cận nhiệt đới Bắc Thái Bình Dương yếu hơn và có tâm lệch về phía bắc nhiều hơn so với vị trí áp cao cận nhiệt đới Bắc Thái Bình Dương trong thử nghiệm MPH, RADS và MIX (hình 10e, g, h). Ngoài ra thử nghiệm RADS và MIX cũng mô phỏng áp cao cận nhiệt đới Bắc Thái Bình Dương yếu hơn và có hoàn lưu mở rộng sang tây

nam ít hơn so với thử nghiệm MPH. Hình thể này giải thích cho quỹ đạo dịch chuyển của cơn bão Haiyan trong thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX sát với quỹ đạo thực của cơn bão Haiyan hơn so với thử nghiệm MPH ở hạn dự báo này (hướng di chuyển bắc tây bắc).



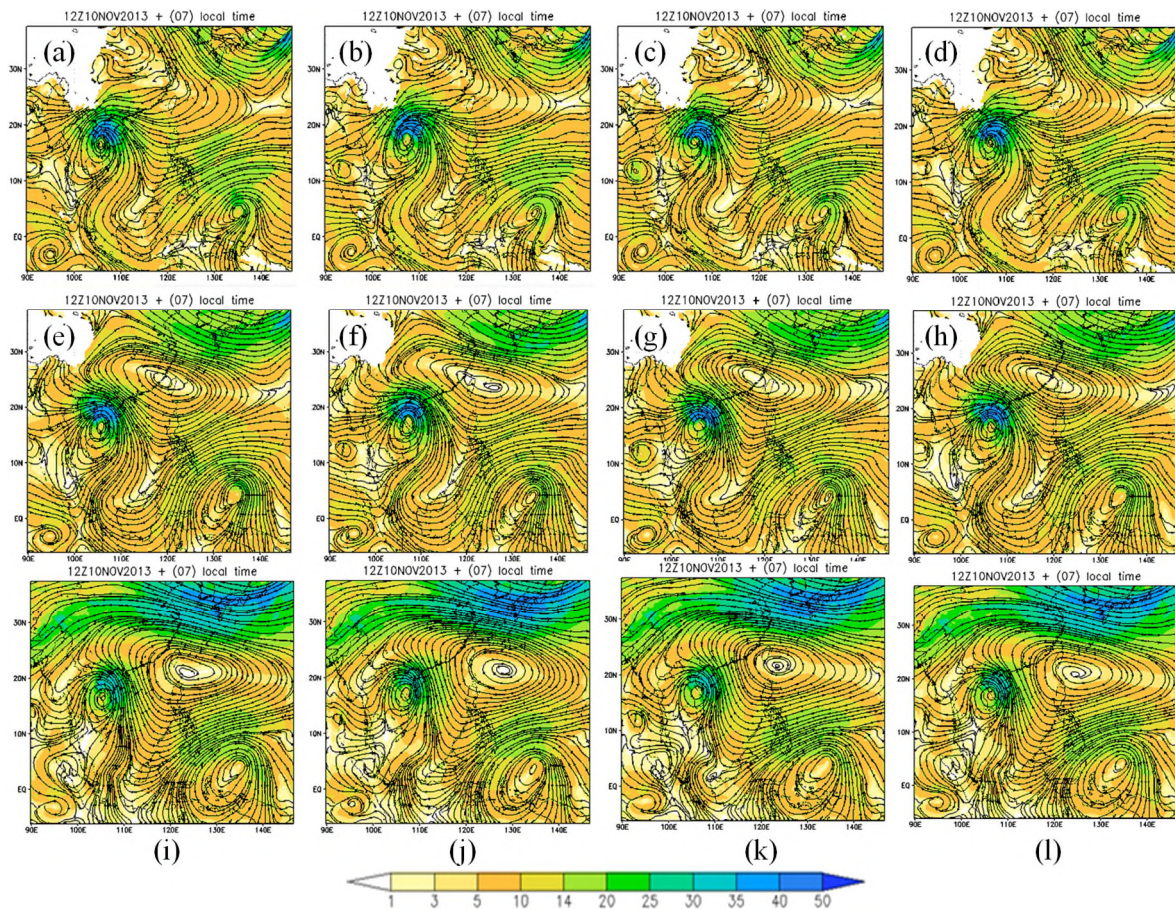
Hình 9. Bản đồ đường dòng mực 850hPa, 700hPa, 500hPa trong thử nghiệm MPH(a,e,i), CIMSS (b,f,j), RADS (c,g,k) và MIX (d,h,l) mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 09. Và độ lớn tốc độ gió ở mực tương ứng.

Như vậy, hoàn lưu mô phỏng trong thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX không giống với hoàn lưu thực tế. Nhưng về xu hướng phát triển hoàn lưu (sự mở rộng hoặc di chuyển của các hệ thống quy mô lớn) trong thử nghiệm CIMSS RADS và MIX dường như gần với xu hướng phát triển hoàn lưu thực tế hơn so với mô phỏng hoàn lưu trong thử nghiệm MPH ở các hạn dự báo dài hơn 2 ngày. Đặc biệt, thử nghiệm CIMSS cho kết quả mô phỏng hoàn lưu gần với quan trắc thực tế hơn so với các thử nghiệm còn lại ở hầu hết các hạn dự báo. Kết quả này cho thấy số liệu gió quan trắc từ vệ tinh có ảnh hưởng tích cực trong việc mô phỏng hoàn lưu quy mô lớn trong mô hình số. Trong phần tiếp theo, nghiên cứu trình bày một số kết quả mô phỏng quỹ đạo và cường độ cơn bão Haiyan.

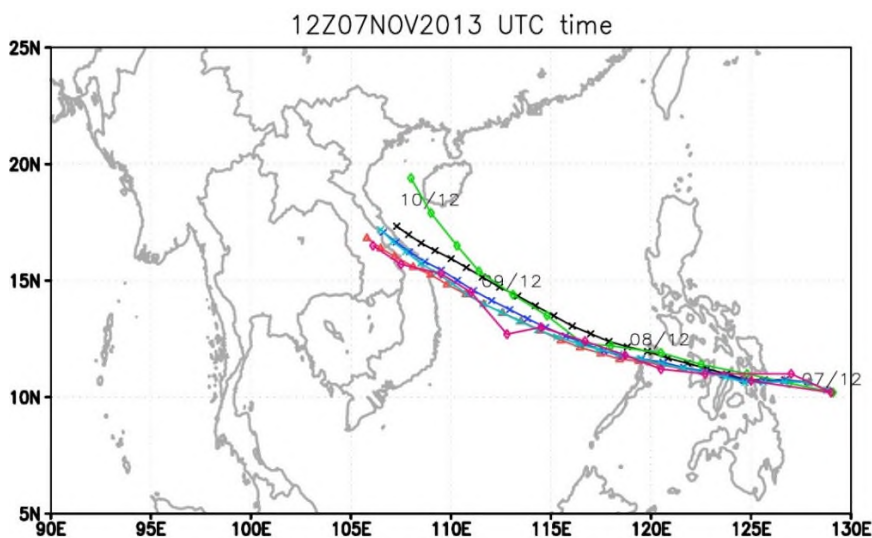
3.2. Tác động của số liệu quan trắc đến mô phỏng quỹ đạo bão

Hình 11 là quỹ đạo cơn bão Haiyan quan trắc (màu xanh lá cây) và quỹ đạo dự báo trung bình (MPH–màu đỏ, CIMSS–màu đen, RADS–xanh da trời, MIX–xanh dương và quỹ đạo dự báo của mô hình toàn cầu GFS (màu hồng), bắt đầu mô phỏng từ 12 giờ ngày 07 tháng 11 năm 2013 và kết thúc lúc 12 giờ ngày 10 tháng 11. Trong 24 giờ đầu tiên, quỹ đạo mô phỏng và quỹ đạo thực của cơn bão Haiyan đều di chuyển theo hướng tây trong các thử nghiệm. Nhưng bắt đầu từ 12 giờ UTC ngày 08 đến 12 giờ UTC ngày 09/11/2013, quỹ đạo bão thực tế và quỹ đạo bão mô phỏng của các thử nghiệm di chuyển theo hướng tây bắc. Trong đó, thử

nghiệm MPH, RADS, MIX và GFS lệch tây nhiều hơn so với quỹ đạo thực. Sự khác biệt trong mô phỏng quỹ đạo bão Haiyan trong các thử nghiệm trên là do sự tiến triển của hoàn lưu quy mô lớn (áp cao cận nhiệt đới Bắc Thái Bình Dương) như đã phân tích ở phần 3.1.1.

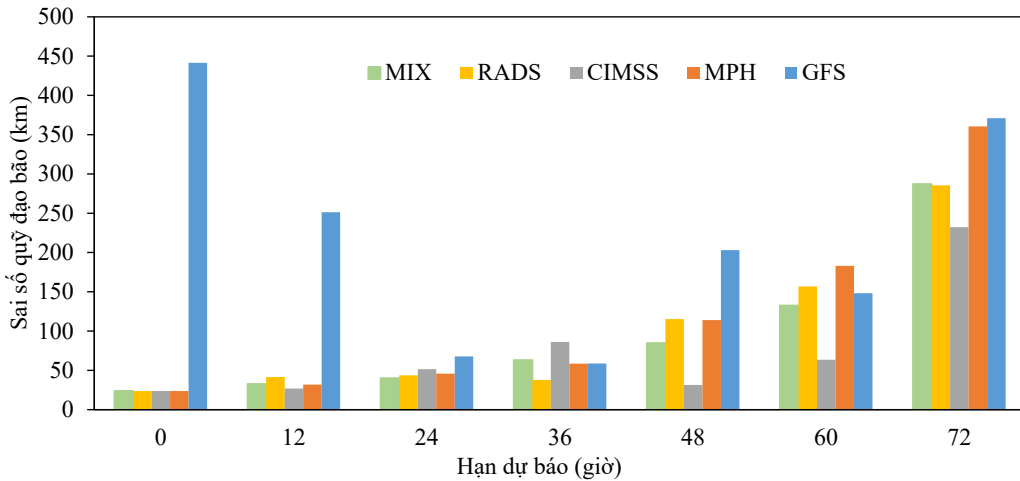


Hình 10. Bản đồ đường dòng mực 850hPa, 700hPa, 500hPa trong thử nghiệm MPH(a,e,i), CIMSS (b,f,j), RADS (c,g,k) và MIX (d,h,l) mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 10. Và độ lớn tốc độ gió ở mực tương ứng.

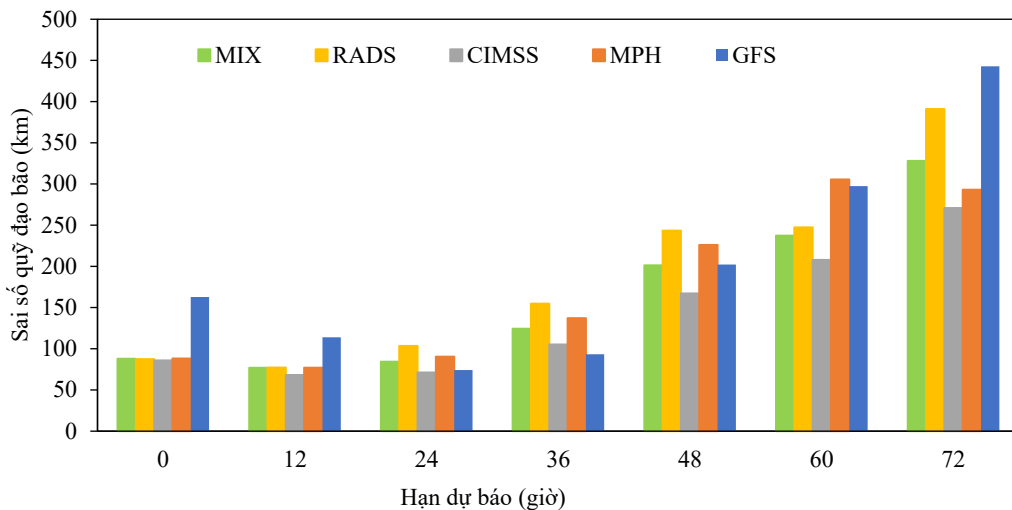


Hình 11. Quỹ đạo bão quan trắc (màu xanh lá), quỹ đạo bão trong thử nghiệm MPH (màu đỏ), quỹ đạo bão trong thử nghiệm CIMSS (màu đen), quỹ đạo bão trong thử nghiệm RADS (màu xanh da trời), quỹ đạo bão trong thử nghiệm MIX (màu xanh dương) và quỹ đạo bão với số liệu dự báo toàn cầu GFS (màu hồng) của cơn bão Haiyan 2013. Thời điểm bắt đầu dự báo 12 giờ ngày 07/11/2013.

Từ 12 giờ UTC ngày 09/11 đến 12 giờ UTC ngày 10/11, quỹ đạo thực của cơn bão Haiyan đã chuyển hướng đi chuyển sang bắc tây bắc. Trong khi đó, mô phỏng quỹ đạo của các thử nghiệm vẫn đi chuyển theo hướng tây bắc. Nhưng xét quỹ đạo bão trong mô phỏng của thử nghiệm CIMSS vẫn gần sát với quỹ đạo thực của cơn bão Haiyan hơn so với quỹ đạo bão được mô phỏng trong các thử nghiệm còn lại. Kết quả này cũng có thể được giải thích do sự ảnh hưởng của số liệu gió quan trắc từ vệ tinh đã tác động đến mô phỏng hoàn lưu trong thử nghiệm CIMSS nên có sự tiến triển tương tự như hình thể synop thực tế. Đặc biệt vào hạn dự báo 48 giờ và 72 giờ, sai số dự báo quỹ đạo bão trong thử nghiệm CIMSS lần lượt là 50 km và 240 km, giảm đáng kể so với các thử nghiệm còn lại (hình 12). Ngoài ra sai số quỹ đạo bão trong các thử nghiệm RADS, MIX và MPH nhỏ hơn sai số quỹ đạo GFS ở hạn dự báo 72 giờ. Mặt khác, kết quả thống kê tính trung bình sai số dự báo quỹ đạo bão Haiyan trong 4 trường hợp mô phỏng (từ 00 giờ UTC ngày 07/11/2013 đến 12 giờ UTC ngày 08/11/2013) cũng cho thấy sai số dự báo quỹ đạo trong thử nghiệm CIMSS giảm đáng kể so với sai số dự báo quỹ đạo bão Haiyan trong các thử nghiệm còn lại và số liệu dự báo toàn cầu GFS. Cụ thể, ở hạn 24 giờ, 48 giờ và 72 giờ sai số dự báo quỹ đạo bão trong thử nghiệm CIMSS lần lượt là 75 km, 150 km và 270 km, còn thử nghiệm MPH là 90 km, 200 km và 360 km, còn số liệu dự báo toàn cầu GFS lần lượt là 80 km, 200 km và 440 km (hình 13), trong khi các thử nghiệm RADS và MIX chỉ cải thiện hơn so với sai số của GFS ở hạn 72 giờ.



Hình 12. Sai số quỹ đạo bão trung bình của các thử nghiệm. Dự báo lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013.



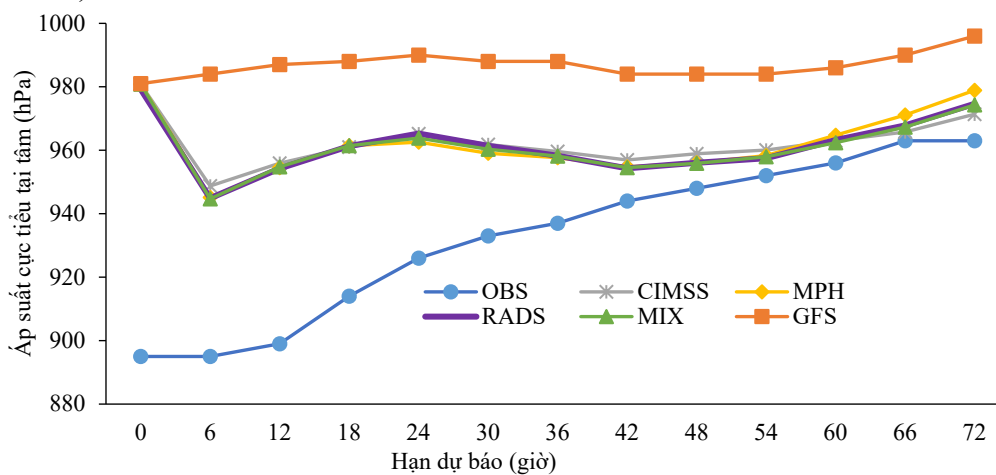
Hình 13. Đánh giá sai số trung bình quỹ đạo mô phỏng trong 4 trường hợp.

3.3. Tác động của số liệu quan trắc đến mô phỏng cường độ bão Haiyan

Cường độ bão được thể hiện qua giá trị khí áp mực biển cực tiểu tại tâm bão (Pmin) và tốc độ gió bề mặt cực đại gần tâm (Vmax). Các giá trị Pmin và Vmax được tính trung bình cho 21 thành phần dự báo trong các thử nghiệm.

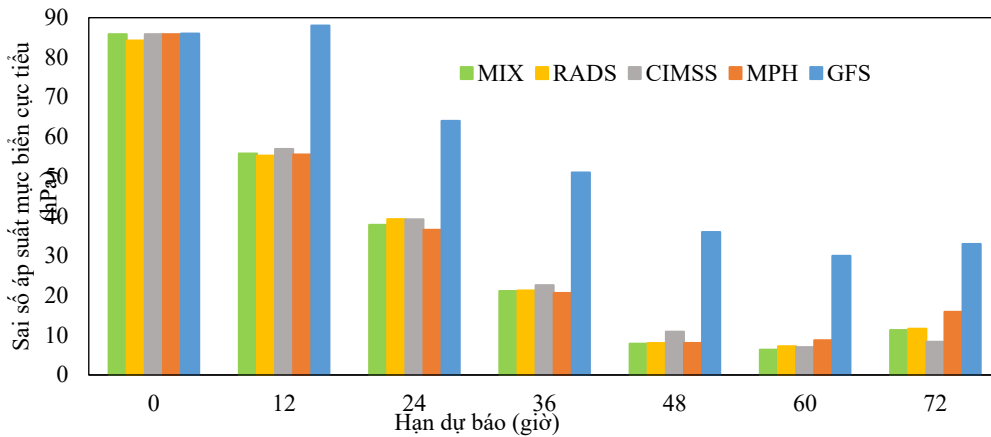
3.3.1. Khí áp mực biển cực tiểu tại tâm

Hình 14 cho thấy biến trình khí áp cực tiểu tại tâm quan trắc (màu xanh da trời), Pmin trong các mô phỏng và Pmin trong số liệu dự báo toàn cầu GFS, về xu thế, từ 42 giờ đến 72 giờ, mô phỏng Pmin trong các thử nghiệm có biến trình tương tự như quan trắc, đặc biệt càng về hạn dự báo 72 giờ Pmin trong thử nghiệm CIMSS càng gần với quan trắc, trong khi Pmin do GFS mô phỏng cao hơn quan trắc và các thử nghiệm. Trước hạn dự báo 42 giờ, Pmin trong các thử nghiệm hầu hết không mô phỏng được xu thế của Pmin thực tế. Về độ lớn của Pmin trong các thử nghiệm có thể đánh giá rõ hơn thông qua sai số trung bình tuyệt đối (hình 15).



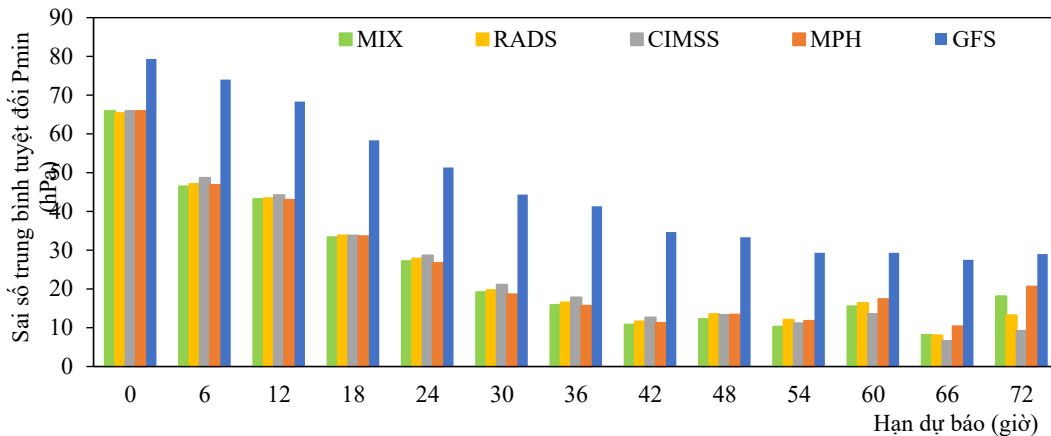
Hình 14. Biến trình Pmin trung bình trong các thử nghiệm. Với thời điểm bắt đầu dự báo lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013.

Hình 15 cho thấy sai số Pmin trong các thử nghiệm đều nhỏ hơn sai số Pmin của số liệu dự báo toàn cầu GFS ở tất cả các hạn dự báo. Trong 12 giờ đầu tiên, sai số dự báo Pmin khá lớn cả ở số liệu GFS và các thử nghiệm. Sai số lớn này là do số liệu GFS có độ phân giải thô nên Pmin được mô phỏng trong số liệu GFS yếu. Do đó, phải mất một khoảng thời gian để xoáy mô hình thích ứng với dòng môi trường trước khi xoáy đó phát triển phù hợp với cơ chế động lực [5]. Thông thường để khắc phục nhược điểm này, bài toán cài xoáy giả (ban đầu hóa xoáy) cho thời điểm ban đầu dự báo bão được áp dụng. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây về lọc Kalman tổ hợp ứng dụng dự báo bão [5, 12], nghĩa là lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu gió vệ tinh chỉ cải thiện trường hoàn lưu quy mô lớn, nhờ đó kết quả dự báo quỹ đạo cũng như cường độ bão được cải thiện đáng kể sau hạn dự báo 24 giờ, còn sai số ban đầu của dự báo cường độ không cải thiện, ngoại trừ xoáy giả được cài vào trường ban đầu. Sau 24 giờ đầu tiên, sai số Pmin trong các thử nghiệm bắt đầu giảm đáng kể, đặc biệt là sau 42 giờ đến 72 giờ sai số Pmin giảm xuống dưới 10,0 hPa, đáng chú ý hơn cả là ở hạn 72 giờ, sai số Pmin trong thử nghiệm CIMSS chỉ là 8,4 hPa, còn sai số Pmin trong thử nghiệm RADS và MIX đều sấp xỉ 10 hPa.



Hình 15. Sai số tuyệt đối Pmin của cơn bão Haiyan mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013.

Tuy nhiên, đánh giá thống kê sai số Pmin trong 4 trường hợp mô phỏng (hình 16) lại cho thấy các thử nghiệm mô phỏng Pmin hiệu quả ở hầu hết các hạn dự báo so với kết quả dự báo toàn cầu GFS. Kết quả này cho thấy, việc đồng hóa số liệu quan trắc vào trường đầu vào của mô hình cải thiện đáng kể chất lượng dự báo Pmin. Ngoài ra, ở hạn dự báo dài hơn 48 giờ sai số Pmin trong các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX lại nhỏ hơn sai số Pmin trong thử nghiệm MPH, đặc biệt sai số Pmin trong thử nghiệm CIMSS lại nhỏ hơn sai số Pmin trong thử nghiệm RADS và MIX. Kết quả này, phần nào cho thấy hiệu quả của phương pháp lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu quan trắc trong dự báo Pmin của cơn bão Haiyan, đặc biệt là đối với số liệu gió vệ tinh, hơn nữa việc dự báo chính xác quỹ đạo bão cũng phần nào cải thiện kết quả dự báo Pmin [12]. Phần tiếp theo, nghiên cứu khảo sát tác động của số liệu quan trắc trong mô phỏng tốc độ gió cực đại gần tâm bão (V_{max}).

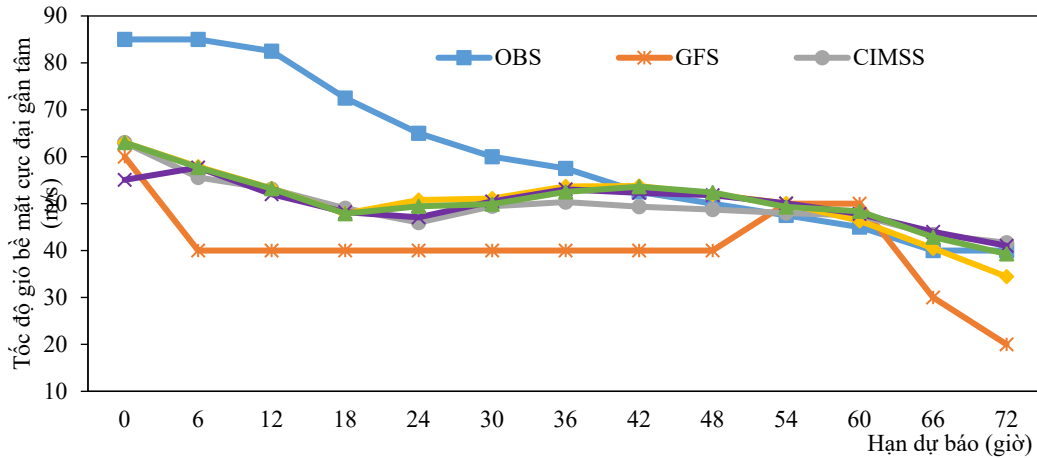


Hình 16. Đánh giá thống kê sai số trung bình Pmin mô phỏng trong 4 trường hợp.

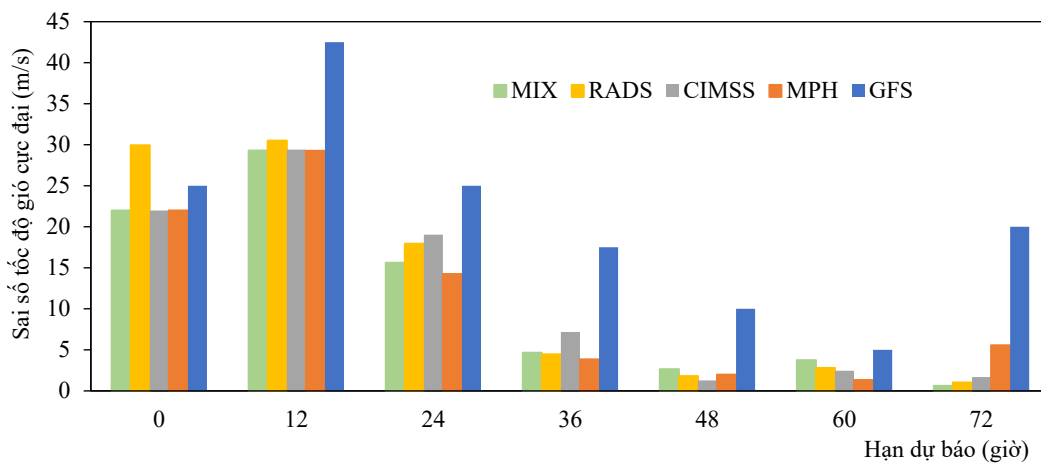
3.3.2. Tốc độ gió cực đại gần tâm

Hình 17 cho thấy, biến trình V_{max} trong các thử nghiệm tương đồng với biến trình V_{max} quan trắc từ hạn dự báo 36 giờ đến 72 giờ. Trước hạn dự báo 36 giờ hầu hết các thử nghiệm không mô phỏng được biến trình của V_{max} quan trắc. Còn V_{max} trong số liệu dự báo toàn cầu hầu như không mô phỏng được biến trình V_{max} . Sự khác biệt về biến trình V_{max} được thể hiện rõ hơn thông qua sai số tuyệt đối của V_{max} (hình 18). Hình 18 là kết quả sai số tuyệt đối V_{max} dự báo 3 ngày với thời điểm dự báo là lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013. Trong đó, các thử nghiệm MPH, CIMSS, RADS và MIX cho kết quả sai số được cải thiện đáng kể so với số liệu dự báo toàn cầu GFS ở hầu hết các hạn dự báo. Đặc biệt, từ hạn dự báo 48 giờ đến hạn dự báo 72 giờ các thử nghiệm trên cho sai số V_{max} đều dưới 5 m/s. Riêng hạn dự báo 72 giờ các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX có sai số V_{max} nhỏ hơn sai số V_{max} của thử

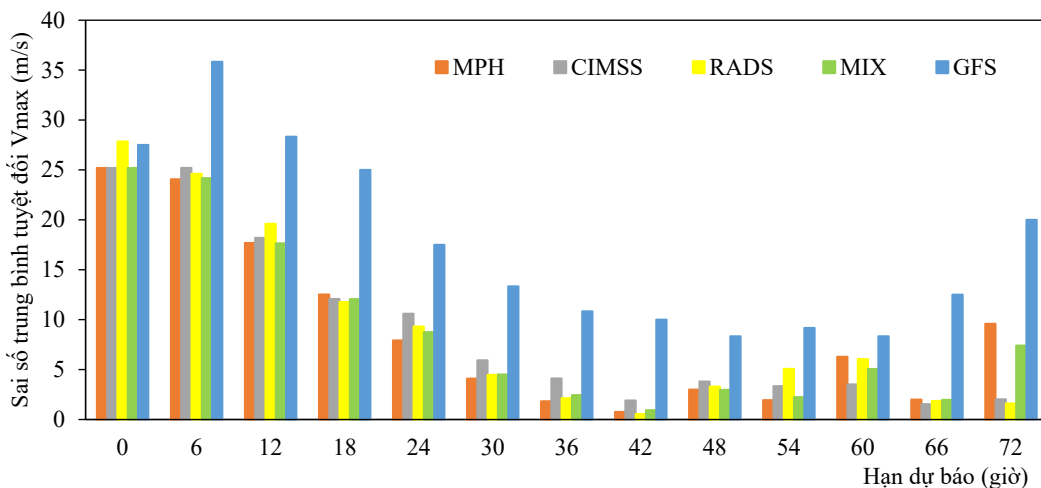
thử nghiệm MPH. Kết quả tính sai số tuyệt đối trung bình Vmax trong 4 trường hợp mô phỏng cũng cho thấy thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX dự báo hiệu quả Vmax ở hạn 60 giờ và 72 giờ (hình 19). Như vậy, có thể thấy số liệu quan trắc tác động đáng kể đến việc mô phỏng Vmax của cơn bão Haiyan. Trong đó số liệu gió quan trắc từ vệ tinh có tác động tích cực trong hạn dự báo 72 giờ.



Hình 17. Biến trình Vmax trung bình của bão Haiyan trong các trường hợp thử nghiệm và quan trắc. Dự báo lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013.



Hình 18. Sai số tuyệt đối Vmax của cơn bão Haiyan mô phỏng lúc 12 giờ UTC ngày 07/11/2013.



Hình 19. Đánh giá thống kê sai số tuyệt đối trung bình Vmax mô phỏng trong 4 trường hợp.

4. Kết luận

Từ những kết quả thử nghiệm và đánh giá về quỹ đạo và cường độ của cơn bão Haiyan với thời gian mô phỏng bắt đầu từ 12 giờ ngày 7/11/2013, kết thúc lúc 12 giờ ngày 10/11/2013 bằng phương pháp lọc Kalman tổ hợp đồng hóa số liệu gió vệ tinh, số liệu cao không và số liệu hỗn hợp (gió vệ tinh và cao không) trong mô hình WRF, cho thấy các thử nghiệm có bổ sung số liệu quan trắc tác động tích cực đến việc mô phỏng hoàn lưu qui mô lớn (áp cao cận nhiệt đới) cả về xu thế lẫn cường độ. Nhờ đó sai số quỹ đạo bão được cải thiện đáng kể so với thử nghiệm không có số liệu quan trắc (MPH) và số liệu dự báo toàn cầu GFS. Cụ thể, sai số quỹ đạo trong thử nghiệm CIMSS cải thiện 14,0% và 14,3% so với thử nghiệm MPH, và giảm lần lượt 14,0% và 23,9% so với kết quả dự báo toàn cầu GFS, sai số quỹ đạo trong thử nghiệm RADS cải thiện 11,1% so với GFS và MPH ở hạn 60 giờ, còn sai số quỹ đạo trong thử nghiệm MIX giảm lần lượt 12% và 14,2% so với GFS ở hạn 60 giờ và 72 giờ, ngoài ra thử nghiệm MIX có sai số quỹ đạo giảm 12% so với thử nghiệm MPH ở hạn 60 giờ.

Về cường độ bão, kết quả của 4 trường hợp mô phỏng cho thấy, dự báo Pmin trong các thử nghiệm MPH, CIMSS, RADS và MIX hiệu quả hơn so với số liệu GFS. Ngoài ra, ở hạn dự báo dài hơn 48 giờ sai số Pmin trong các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX lại nhỏ hơn sai số Pmin trong thử nghiệm MPH, đặc biệt sai số Pmin trong thử nghiệm CIMSS lại nhỏ hơn sai số Pmin trong thử nghiệm RADS và MIX (hình 16). Như vậy, số liệu quan trắc được bổ sung trong đầu vào của mô hình có tác động tích cực đến dự báo PMIN, song song với VMAX, từ hạn dự báo sau 48 giờ thử nghiệm CIMSS dự báo VMAX hiệu quả hơn thử nghiệm MPH và GFS (hình 19), và hạn dự báo 60 và 72 giờ các thử nghiệm CIMSS, RADS và MIX dự báo hiệu quả Vmax. Như vậy, số liệu gió quan trắc từ vệ tinh, số liệu cao không và số liệu hỗn hợp (vệ tinh và cao không) tác động tích cực đến kết quả dự báo quỹ đạo và cường độ cơn bão Haiyan. Đặc biệt số liệu gió quan trắc từ vệ tinh là nguồn số liệu đáng tin cậy vì kết quả mô phỏng hoàn lưu qui mô lớn, quỹ đạo và cường độ bão Haiyan được cải thiện đáng kể so với các thử nghiệm còn lại. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây trong bài toán dự báo quỹ đạo và cường độ bão [5,11,12].

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: T. T. M. H., P. T. M.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: T. T. M. H., P. T. M., N. T. H.; Xử lý số liệu: T. T. M. H., P. T. M., N. T. H., T. V. S.; Phân tích kết quả: T. T. M. H., P. T. M., N. T. H.; Viết bản thảo bài báo: T. T. M. H., P. T. M., N. T. H., N. V. T.; Chỉnh sửa bài báo: T. T. M. H., P. T. M., N. T. H., N. V. T., T. V. S.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Hunt, BR.; Kostelich, EJ.; Szunyogh, I. Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman Filter. *Physica D*. **2007**, *230*, 112–126.
2. Hong, L.; Kalnay, E.; Miyoshi, T.; Danforth, C.M. Accounting for model errors in ensemble data assimilation. *Mon. Weather Rev.* **2009**, *137*, 3407–3419.
3. Miyoshi, T.; Yamane, S. The Gaussian Approach to Adaptive Covariance Inflation and Its Implementation with the Local Ensemble Transform Kalman Filter. *Mon Weather Rev.* **2007**, *139*, 1519–1535.
4. Miyoshi, T.; Kunii, M. The Local Ensemble Transform Kalman Filter with the Weather Research and Forecasting Model: Experiments with Real Observation. *Pure Appl. Geophy.* **2012**, *169*, 321–333.

5. Kieu, C.Q.; Truong, N.M.; Mai, H.T.; Ngo–Duc, T. Sensitivity of the Track and Intensity Forecasts of Typhoon Megi (2010) to Satellite–Derived Atmosphere Motion Vectors with the Ensemble Kalman filter. *J. Atmos. Oceanic Technol.* **2012**, 29, 1794–1810.
6. [https://vi.wikipedia.org/wiki/B%C3%A3o_Haiyan_\(2013\)#Vi%E1%BB%87t_Nam](https://vi.wikipedia.org/wiki/B%C3%A3o_Haiyan_(2013)#Vi%E1%BB%87t_Nam)
7. http://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.9/contents.html
8. <https://www.metoc.navy.mil/jtwc/jtwc.html?best-tracks>
9. <http://tropic.ssec.wisc.edu>
10. Wilks Daniel, S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. *Ithaca New York* **1997**, 59, 255.
11. Tiên, T.T.; Mai, H.T.; Thanh, C. An Application of the Ensemble Kalman Filter on 5 days Forecasting Track and Intensity Tropical Cyclone. *VNU J. Sci. Nat. Sci. Technol.* **2013**, 29, 201–206.
12. Tien, D.D.; Thanh, N.D.; Mai, H.T.; Chanh, K. A study of the connection between tropical cyclone track and intensity errors in the WRF model. *Meteorol. Atmos. Phys.* **2013**, 121, 3–4, 12.

Assimilation of satellite wind and upper–air sounding data to simulate the track and intensity of the Haiyan typhoon 2013

Tran Thi Mai Huong^{1,*}, Nguyen Thi Hang², Nguyen Van Tin³, Tran Van Son¹, Pham Thi Minh¹

¹ Department of Meteorology, Hydrology and Climate change, Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; ttmhuong@hcmunre.edu.vn; tvson@hcmunre.edu.vn; minhpt201@gmail.com.

² Department of General Science Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; hang.nguyen687@gmail.com.

³ Marine environment and resources management, Ho Chi Minh University of Natural Resources and Environment; nvtin@hcmunre.edu.vn.

Abstract: The study conducted experiments with the assimilation of satellite wind data (CIMSS), upper–air sounding data assimilation (RADS), mixed data (satellite wind+upper–air sounding data–MIX) by ensemble Kalman filter and multi–physics Ensemble forecast (MPH). Test results show that, for each type of monitoring data, the trend and intensity of the general circulation in the tests are different. In particular, the simulations of CIMSS, RADS and MIX data for trends and the intensity of the general atmospheric circulation are more similar to the actual development than the test without using monitoring data (MPH), whereby the trajectory Haiyan storm was simulated quite by the actual track with statistical errors in 6 test cases significantly reduced. Specifically, the tracking error in the CIMSS trial improved by 14% and 14.3% respectively in the 48–hour forecast period and 72 hours compared with the MPH test and decreased 14% and 23.9% respectively compared to the global GFS forecast, and the orbital error in the RADS test improved by 11.1% compared to the GFS and MPH at 60 hours forecast period, while the orbital error in the MIX test decreased by 12% and 14.2%, respectively, compared to the GFS at the 60 hour forecast period and 72 hours, in addition to the MIX test, the orbital error was reduced by 12% compared to the MPH test at 60 hours. In terms of intensity, Pmin forecasts in MPH, CIMSS, RADS, and MIX tests are more efficient than GFS data. Where the Pmin error in the CIMSS test is smaller than the Pmin error in the remaining tests and the GFS data at the forecast term is longer than 48 hours. For Vmax, the CIMSS, RADS and MIX tests forecast Vmax effectively at the forecast period of 60 and 72 hours.

Keywords: The Kalman filter; WRF model; Typhoon; Ensemble forecasting.

BẢN TIN DỰ BÁO KHÍ TƯỢNG, THỦY VĂN THÁNG 8 NĂM 2020. THÔNG BÁO KHÍ TƯỢNG NÔNG NGHIỆP THÁNG 7 NĂM 2020

TÌNH HÌNH KHÍ TƯỢNG

1. Nhận định xu thế thời tiết đặc biệt trong tháng

Tuần đầu tháng 8/2020, MJO chuyển sang pha hoạt động trên khu vực biển Đông, làm tăng khả năng gây mưa.

Dự báo, trong tháng 8/2020 có khả năng xuất hiện 1–2 xoáy thuận nhiệt đới trên khu vực biển Đông (hiện tại vùng áp thấp nhiệt đới đang hoạt động trên biển Đông có khả năng mạnh lên thành bão). Trong tháng, tại Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ có khả năng xuất hiện từ 3–4 đợt mưa dông; khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ đang là thời kỳ mùa mưa nên sẽ xuất hiện nhiều ngày có mưa rào và dông. Nhiệt độ trên toàn quốc phổ biến cao hơn trung bình nhiều năm (TBNN) cùng thời kỳ từ 0,5–1,0°C.

a) Thời kỳ từ ngày 01–10/8/2020: Từ ngày 1–4/8, do ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới (có khả năng mạnh lên thành bão), các tỉnh Bắc Bộ và Bắc Trung xảy ra một đợt mưa to đến rất to và gió mạnh, nguy cơ cao gây ra ngập úng vùng trũng thấp, sạt lở đất đá ở khu vực vùng núi; khu vực Trung và Nam Trung Bộ cũng có mưa dông nhưng lượng không lớn. Từ sau ngày 7/8 mưa giảm, chỉ còn tập trung ở khu vực vùng núi Bắc Bộ. Khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ có mưa vừa, mưa to trong những ngày đầu tháng, sau có mưa dông rải rác về chiều và tối. Nhiệt độ trên toàn quốc phổ biến ở mức xấp xỉ trung bình nhiều năm (TBNN) cùng thời kỳ. Tổng lượng mưa (TLM) ở Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ phổ biến cao hơn từ 70–100%, có nơi trên 100% so với TBNN cùng thời kỳ; các khu vực khác cao hơn từ 20–40% so với TBNN cùng thời kỳ.

b) Thời kỳ từ ngày 11–20/8/2020: TLM tại khu vực Bắc Bộ và Trung Bộ phổ biến thấp hơn TBNN cùng thời kỳ từ 15–25%; khu vực Tây Nguyên và Nam Bộ ở mức xấp xỉ so với TBNN cùng thời kỳ. Nhiệt độ phổ biến cao hơn khoảng 0,5–1,0°C so với TBNN cùng thời kỳ.

c) Thời kỳ từ ngày 21–31/8/2020: TLM trên toàn quốc phổ biến thấp hơn so với giá trị TBNN cùng thời kỳ từ 15–25%. Nhiệt độ trên phạm vi toàn quốc ở mức cao hơn khoảng 0,5–1,0°C so với TBNN cùng thời kỳ.

2. Dự báo xu thế nhiệt độ trung bình từ ngày 01–31/7/2020

2.1. Bắc Bộ Nhiệt độ trung bình phổ biến cao hơn từ 0.5–1.0°C so với giá trị TBNN.

2.2. Trung Bộ Nhiệt độ trung bình phổ biến cao hơn 0.5–1.5°C so với giá trị TBNN.

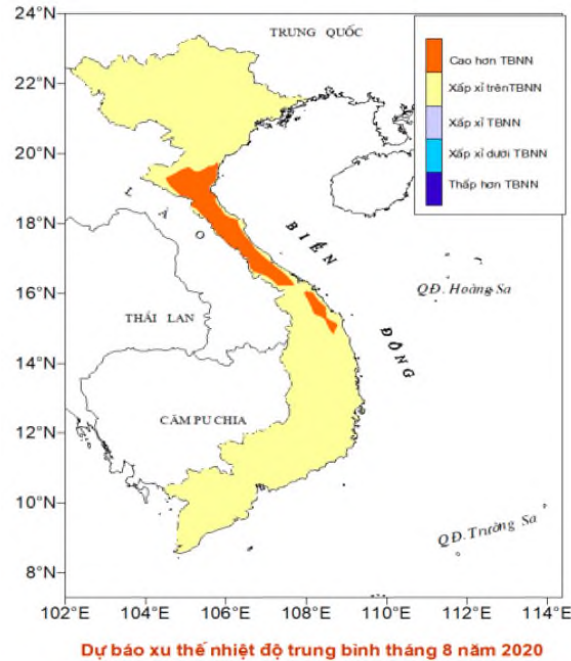
2.3. Tây Nguyên và Nam Bộ Nhiệt độ trung bình phổ biến cao hơn khoảng 0.5–1.0°C.

3. Dự báo xu thế lượng mưa từ ngày 01–31/8/2020

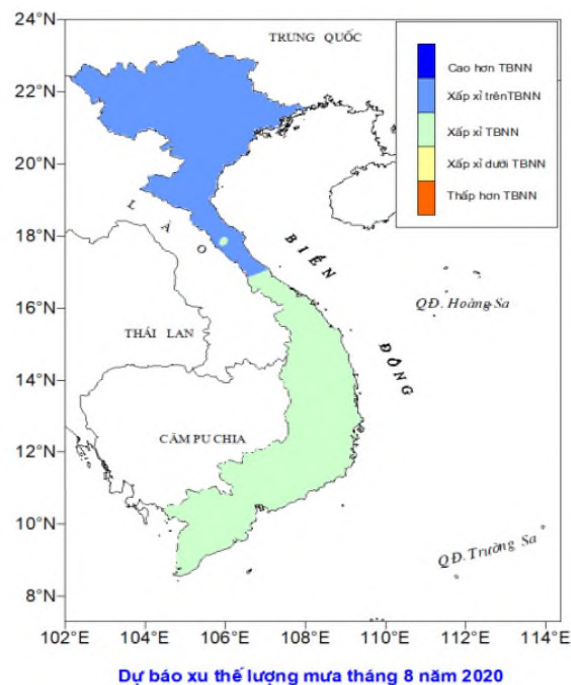
3.1. Bắc Bộ TLM phổ biến ở mức cao hơn từ 20–30%; riêng khu Đông Bắc Bắc Bộ cao hơn từ 30–40% so với TBNN cùng thời kỳ.

3.2. **Trung Bộ** TLM phổ biến xấp xỉ TBNN cùng thời kỳ, riêng khu vực Bắc Trung Bộ ở mức cao hơn từ 20–30% so với TBNN cùng thời kỳ.

3.3. **Tây Nguyên và Nam Bộ** TLM phổ biến xấp xỉ so với giá trị TBNN cùng thời kỳ.



LRMFG
 Copyright (C) by Long Range for Meteorological Forecasting Group (LRMFG), NCHMF
 Địa chỉ: số 8, Phố Đài Lãng, Hà Nội



LRMFG
 Copyright (C) by Long Range for Meteorological Forecasting Group (LRMFG), NCHMF
 Địa chỉ: số 8, Phố Đài Lãng, Hà Nội

(Ghi chú: TBNN được tính trong chuỗi số liệu 30 năm 1981–2010).

TÌNH HÌNH THỦY VĂN

1. Dự báo tình hình thủy văn, nguồn nước tháng 8 năm 2020

Trong tháng 8/2020, đỉnh lũ lớn nhất trên các sông khu vực Bắc Bộ phổ biến ở mức BĐ1–BĐ2, riêng đỉnh lũ thượng lưu sông Thao, thượng lưu sông Lô, sông Hoàng Long và các sông suối nhỏ có khả năng BĐ2–BĐ3. Mức nước hạ lưu sông Hồng và hạ lưu sông Thái Bình ở mức dưới BĐ1. Lũ quét, sạt lở đất có nguy cơ cao xảy ra tại khu vực vùng núi, đặc biệt khu vực Tây Bắc và Việt Bắc. Tình hình nguồn nước 8 trên các lưu vực sông phổ biến thiếu hụt từ 30–40% so với TBNN, đặc biệt thiếu hụt tại khu vực hạ lưu sông Thao, sông Lô và hạ lưu sông Hồng từ 30–70%.

Chi tiết các đặc trưng thủy văn tháng 8 trên các sông Bắc Bộ ở bảng 2.

2. Bản tin dự báo thủy văn hạn dài các sông Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ

2.1. Bắc Trung Bộ

Tình hình hồ chứa: Dung tích phần lớn các hồ thủy lợi đạt từ 20–35% dung tích thiết kế (DTTK). Mức nước các hồ thủy điện trong khu vực phổ biến đều thấp hơn mức nước dâng bình thường (MNDBT) từ 13,8–44,0m và có dung tích đạt từ 26–58% dung tích hồ (DTH) như hồ Bản Vẽ thấp hơn MNDBT khoảng 44,0m, đạt 26% DTH; hồ Trung Sơn thấp hơn 13,8m, đạt 58%; hồ Hòa Na thấp hơn 24,6m, đạt 32%; hồ Cửa Đạt thấp hơn 36,5,5m, đạt 26% DTH

Trong những ngày đầu tháng 8, trên các sông từ Thanh Hóa đến Hà Tĩnh xuất hiện một đợt lũ. Mức nước đỉnh lũ ở thượng nguồn các sông ở mức BĐ1–BĐ2, có nơi trên BĐ2, hạ lưu các sông còn dưới mức BĐ1; riêng mức nước trên sông Ngân Sâu, Ngân Phố khả năng lên mức BĐ2–BĐ3. Từ nửa cuối tháng, trên các sông trong khu vực khả năng xuất hiện 1 đợt lũ. Lưu lượng dòng chảy trên các sông tăng hơn so với tháng 7.

2.2. Trung Trung Bộ

Tình hình hồ chứa: Dung tích các hồ chứa thủy lợi từ Quảng Bình đến Quảng Ngãi đạt từ 25–40% DTTK. Mức nước các hồ chứa thủy điện vừa và lớn trong khu vực ở mức thấp hơn MNDBT từ 8,5–19,5m; riêng hồ Bình Điền, A Vương và Sông Tranh 2 thấp hơn từ 23,6–29,4m. Dung tích các hồ thủy điện phổ biến đạt từ 32–70% DTH.

Từ ngày 01–03/8, trên các sông Quảng Bình, Quảng Trị sẽ xuất hiện một đợt lũ, đỉnh lũ trên các sông Quảng Bình khả năng ở mức BĐ2 – BĐ3, các sông Quảng Trị ở mức từ BĐ1–BĐ2, có sông trên mức BĐ2, các sông khác từ Thừa Thiên Huế đến Quảng Ngãi có dao động. Nguy cơ xảy ra lũ quét, sạt lở đất ở vùng núi và ngập úng vùng trũng thấp các tỉnh trên.

Nửa cuối tháng 8, trên các sông ở Trung Trung Bộ khả năng xuất hiện 1–2 đợt dao động và lũ nhỏ.

2.3. Nam Trung Bộ

Tình hình hồ chứa: Dung tích trữ hồ chứa thủy lợi phổ biến từ 13–42% DTTK.

Mức nước các hồ thủy điện ở mức thấp hơn MNDBT từ 2–7m, một số hồ xuống dưới mức nước chết như Vĩnh Sơn 5, Trà Xom. Dung tích các hồ đạt từ 30–70%, một số hồ chỉ đạt dưới 30% như Trà Xom 15%, Vĩnh Sơn B 22%, Núi Một 8%, KaNak 15%.

Trong tháng tới, thượng nguồn sông Ba và các sông ở Ninh Thuận, Bình Thuận có dao động và lũ nhỏ, các sông khác biến đổi chậm.

2.4 Tây Nguyên

Tình hình hồ chứa: Dung tích các hồ thủy lợi phổ biến đạt từ 35–70% DTTK, mức nước các hồ thủy điện phổ biến thấp hơn MNDBT từ 1,0–4,0m, riêng hồ Plêikrông thấp hơn 30,66m, hồ Ialy thấp hơn 24,53m, hồ Buôn Tua Srah thấp hơn 20,77m; dung tích các hồ phổ biến đạt từ 65–90% DTH, riêng hồ Plêikrông chỉ đạt 12,3%, hồ Ialy đạt 26,3%, hồ Buôn Tua Srah đạt 37,1%.

Trong tháng tới, các sông thuộc khu vực Tây Nguyên có khả năng xuất hiện 1–2 đợt lũ, đỉnh lũ các sông ở mức BĐ1 và trên BĐ1, các sông suối nhỏ lên trên BĐ2. Nguy cơ cao xảy ra lũ quét sạt lở đất ven các sông suối, ngập úng vùng trũng thấp tại các tỉnh thuộc khu vực Tây Nguyên.

2.5. Nam Bộ

Mức nước sông Cửu Long dao động theo triều. Mức nước cao nhất tháng trên sông Tiền tại Tân Châu 1,39m (ngày 24/7), trên sông Hậu tại Châu Đốc 1,51m (ngày 23/7). Mức nước sông Cửu Long lên dần và đạt mức cao nhất tháng trên sông Tiền tại Tân Châu 2,6m, trên sông Hậu tại Châu Đốc 2,3m.

TÌNH HÌNH KHÍ TƯỢNG NÔNG NGHIỆP

1. Dự báo nhiệt độ

NĐTB mùa VIII–X năm 2020 có khả năng từ xấp xỉ đến cao hơn TBNN trên đa phần diện tích cả nước, với xác suất từ 44 đến trên 77%; thấp hơn TBNN ở một phần diện tích Tây Bắc và Trung Trung Bộ với xác suất trên 44%. Chuẩn sai nhiệt độ được dự báo phổ biến từ 0 đến trên 1,5°C.

2. Dự báo lượng mưa

TLM mùa VIII–X năm 2020 có khả năng từ xấp xỉ đến cao hơn TBNN trên phần lớn diện tích cả nước với xác suất từ 44 đến trên 77%; thấp hơn TBNN ở một phần diện tích Bắc Bộ, và Đông Nam Bộ với xác suất trên 44%. Chuẩn sai TLM mùa được dự báo phổ biến từ –200 đến 600mm.

3. Xoáy thuận nhiệt đới

Trung bình mùa VIII–X thời kỳ 1971 – 2000 có khoảng 6 XTNĐ hoạt động trên khu vực Biển Đông, trong đó có khoảng 4 cơn ảnh hưởng đến Việt Nam.

Trung bình mùa VIII–X thời kỳ 1971 – 2000, có khoảng 4 đợt KKL ảnh hưởng đến Việt Nam.

4. Một số nhận định chính về khí hậu mùa VIII, IX, X năm 2020

Trên cơ sở phân tích diễn biến khí hậu và sản phẩm dự báo khí hậu (mô hình thống kê và động lực của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, dự báo của Trung tâm Dự báo KTTV Quốc gia và các Trung tâm trên thế giới), một số nhận định khí hậu mùa VIII–X năm 2020 như sau:

Hoạt động của ENSO:

Trong mùa VIII–X năm 2020, điều kiện khí quyển và đại dương phản ánh trạng thái trung gian của ENSO với xác suất dưới 50%, có khả năng nghiêng về pha lạnh.

Gió mùa

– Cường độ gió mùa mùa hè (GMMH) có khả năng yếu hơn đến xấp xỉ TBNN. Thời điểm kết thúc GMMH có khả năng xấp xỉ TBNN.

– Gió mùa mùa đông có khả năng bắt đầu ở mức sớm hơn đến xấp xỉ TBNN. Mùa đông năm 2020/2021 được nhận định lạnh hơn mùa đông năm 2019/2020.

Nhiệt độ:

NĐTB mùa VIII–X năm 2020 có khả năng xấp xỉ đến cao hơn TBNN trên đa phần diện tích cả nước, với chuẩn sai phổ biến từ 0 đến 1°C.

Lượng mưa:

– TLM mùa VIII–X năm 2020 có khả năng từ xấp xỉ đến cao hơn TBNN trên phần lớn diện tích cả nước.

Hiện tượng cực đoan

– Hoạt động của XTNĐ: Trong mùa VIII–X, số lượng XTNĐ hoạt động trên khu vực Biển Đông và ảnh hưởng đến đất liền nước ta có khả năng ở mức xấp xỉ TBNN, với khoảng 4 đến 5 cơn trên Biển Đông và 2 đến 3 cơn ảnh hưởng trực tiếp đến đất liền nước ta.

– Nắng nóng: Số ngày nắng nóng có khả năng ở mức xấp xỉ đến cao hơn TBNN.

– Điều kiện khô/hạn: Tình trạng khô hạn ở Trung Bộ tiếp tục diễn ra và có thể kéo dài đến hết tháng VIII năm 2020.

Table of content

- 1** Hien, N.T.; Phuc, T.T.; Manh, N.V.; Quyen, N.T.; Van, H.H. A genetic programming–based storm surge for prediction. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 1–11.
- 12** Nu, H.T.T.; Vu, D.T.; Phung, L.V.; Van, C.T. Calculation of current flooding level and solutions to flooding prevention in Van Thanh area–Ho Chi Minh City. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 12–25.
- 26** Trung, T.D.B.; Huy, L.Q.; My, T.D.T. Evaluation of greenhouse gases emissions for passenger transport sector based on the transportation planning of Hanoi capital by 2030, with a vision to 2050. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 26–39.
- 40** Hung, N.N.; Quan, L.Q. The change of flow regime on branches: Tonle Sap River, Bassac River and the Mekong River, due to the bed degradation of the Cuu Long River system. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 40–50.
- 51** Khac, H.N.; Tu, T.Q.; Tam, T.V. Development of the set of criteria to evaluate the Climate Smart Aquaculture system in the Northern–North Central Coast Vietnam. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 51–62.
- 63** Van, N.C.; Tuan, N.L.; Anh, N.T.; Hieu, P.V. Assessing the vulnerability and adaptability of saline intrusion to agricultural production in coastal estuarine areas of Nam Dinh Province in the context of climate change. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 63–78.
- 79** Huong, T.T.M.; Hang, N.T.; Tin, N.V.; Son, T.V.; Minh, P.T. Assimilation of satellite wind and upper–air sounding data to simulate the track and intensity of the Haiyan typhoon 2013. *VN J. Hydrometeorol.* **2020**, *716*, 79–95.
- 96** Forecast of Hydrometeorology in August 2020–Forecast of Agro–Meteorology in July 2020