

Nguy cơ ngập do triều tại Thành phố Hồ Chí Minh trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng

Lê Ngọc Tuấn^{1,*}, Trần Thị Kim², Nguyễn Kỳ Phùng³

Tóm tắt—Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ ngập do triều tại thành phố Hồ Chí Minh (Tp.HCM) trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến năm 2100 theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Bằng phương pháp mô hình hóa, kết hợp kỹ thuật GIS, kết quả tính toán cho thấy khu vực phía nam Tp.HCM chịu ảnh hưởng nặng nề nhất, đặc biệt là huyện Cần Giờ, Nhà Bè và Bình Chánh. Đến năm 2050, diện tích ngập tại các địa phương này xấp xỉ 3518 ha, 677 ha, 1576 ha theo RCP4.5 và 3561 ha, 709 ha, 1618 ha theo RCP8.5. Các số liệu tương ứng vào cuối thế kỷ 21 là 12246 ha, 2085 ha, 3724 ha theo RCP4.5 và 14713 ha, 2320 ha, 4355 ha theo RCP8.5. Nghiên cứu cũng mô phỏng trường hợp có xét đến quy hoạch một số công trình chống ngập, theo đó, vấn đề ngập do triều trong khu vực giảm đi, đặc biệt tại khu vực huyện Bình Chánh, Nhà Bè và Quận 7. Vào năm 2025 và 2100, so với trường hợp không có công trình (RCP8.5), diện tích ngập huyện Nhà Bè giảm lần lượt 16ha và 3,21ha. Số liệu tương ứng đối với huyện Bình Chánh là 8,71ha và 1,62ha; đối với Quận 7 là 6,22 ha và 2,35 ha. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở quan trọng cho việc hoạch định các giải pháp thích ứng với ngập lụt, góp phần đảm bảo mục tiêu phát triển bền vững tại địa phương.

Từ khóa—biến đổi khí hậu, ngập, triều cường, nước biển dâng

1 GIỚI THIỆU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) - mà trước hết là nóng lên toàn cầu và nước biển dâng (NBD) là một thách thức lớn đối với nhân loại trong thế kỷ 21. Thiên tai và các hiện tượng khí hậu cực đoan ngày càng gia tăng cả về số lượng, cường độ và

phạm vi tác động - là mối lo ngại hàng đầu của nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam [1]. Vì vậy, nghiên cứu về BĐKH cần được tiến hành nhằm cung cấp thông tin cần thiết để thực hiện các quy hoạch, kế hoạch... góp phần nâng cao năng lực thích ứng của hệ thống.

Nghiên cứu BĐKH có thể được chia thành ba vấn đề: N1) Bản chất, nguyên nhân, cơ chế vật lý của sự BĐKH; N2) Đánh giá tác động của BĐKH, tính dễ bị tổn thương do BĐKH và giải pháp thích ứng; N3) Giải pháp, chiến lược và kế hoạch hành động nhằm giảm thiểu BĐKH [2]. Trong bối cảnh BĐKH ngày càng diễn ra mạnh mẽ, dòng chảy trên các sông bị ảnh hưởng rất lớn bởi sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển..., gia tăng nguy cơ ngập lụt, ngập lụt đô thị [3-5], đặc biệt đối với các khu vực cửa sông ven biển, ảnh hưởng đến hầu hết các hoạt động dân sinh kinh tế [6-11].

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng nguyên nhân gây ngập tại Tp.HCM là do mưa lớn, triều cường, hoạt động xả lũ của các công trình hồ chứa thượng nguồn cũng như tổ hợp (xây ra đồng thời) của các nguyên nhân trên, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH. Trong giai đoạn 2008–2011, các điểm ngập nặng do triều có xu hướng giảm dần - tương ứng 95, 40, 26 và 10 điểm. Đến năm 2013, bên cạnh việc xử lý được 9 điểm ngập nhưng địa bàn thành phố phát sinh thêm 21 điểm ngập mới, gia tăng lên 66 điểm ngập vào năm 2015. Theo Trung tâm Quản lý nước và BĐKH, diễn biến mực nước có xu hướng tăng liên tục: mực nước tại trạm Phú An (Tp.HCM) trước đây chỉ khoảng 1,2–1,3 m, đến năm 2012 đã lên đến 1,5 m, thậm chí chạm đến mức 1,6 m dẫn đến các công trình chống ngập sẽ không phát huy nhiều tác dụng.

Vì vậy, xác định nguy cơ ngập tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH và NBD đóng vai trò quan trọng, cung cấp cơ sở hoạch định các chính sách,

Ngày nhận bản thảo 12-04-2017, ngày chấp nhận đăng 17-07-2018, ngày đăng: 31-12-2018

Lê Ngọc Tuấn^{1,*}, Trần Thị Kim², Nguyễn Kỳ Phùng³—
¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, ²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh;
³Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh.

*Email: Intuan@hcmus.edu.vn

chiến lược, biện pháp thích ứng phù hợp trong từng điều kiện cụ thể, góp phần giảm thiểu rủi ro, đảm bảo phát triển bền vững tại địa phương. Trong phạm vi bài báo này, vấn đề *ngập do triều dưới tác động của BĐKH* được tập trung nghiên cứu với 05 mốc thời gian (2013, 2025, 2030, 2050 và 2100) và 02 kịch bản BĐKH (RCP4.5, RCP8.5). Mô hình điều tiết hồ chứa, Mike (NAM, Mike 11) kết hợp với GIS là các phương pháp chính được sử dụng trong nghiên cứu này.

2 PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp tổng hợp tài liệu

Các tài liệu, số liệu khí tượng thủy văn (KTTV), hải văn, kịch bản biến đổi nhiệt độ, lượng mưa và mực nước dâng tại khu vực nghiên cứu đến năm 2100 (RCP4.5 và RCP8.5) phục vụ mô phỏng nguy cơ ngập tại Tp.HCM được thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ, Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường [12], các cơ quan hữu quan tại địa phương... đảm bảo độ tin cậy trong tính toán. Dựa trên tính sẵn có và đồng bộ của dữ liệu (lượng mưa, nhiệt độ, dòng chảy, độ mặn...), mốc thời gian năm 2013 được lựa chọn để thu thập số liệu phục vụ tính toán.

Mô hình mưa rào - dòng chảy (NAM)

Ứng dụng để tính lưu lượng đổ vào các lưu vực thượng lưu làm biên đầu vào cho MIKE 11.

- *Dữ liệu đầu vào của mô hình NAM*: Diện tích tiểu lưu vực sau khi phân định tiểu lưu vực bằng ArcGIS. Trọng số mưa cho từng tiểu lưu vực tính bằng đa giác Thiessen. Dữ liệu mưa trung bình ngày từ 01/01–31/12/2013 tại trạm Tà Lài, Phước Hòa, Sờ Sao, Dầu Tiếng, Tây Ninh, Trị An, Tân An và Mộc Hóa thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ. Dữ liệu bốc hơi được tính toán bằng phương pháp Blaney – Cridle dựa trên dữ liệu nhiệt độ trạm Tân Sơn Hòa từ 01/01–31/12/2013 thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ.

- *Các thông số chính của mô hình*: CQOF (hệ số dòng chảy tràn, phạm vi biến đổi từ 0,0 đến 0,9 (phản ánh điều kiện thấm và cấp nước ngầm), CQIF (hệ số dòng chảy sát mặt), CBL (thông số dòng chảy ngầm), CLOF, CLIF (các ngưỡng dưới của các bể chứa để sinh dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm), Umax, Lmax (thông số khả năng chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới), CK1,2, CKBF (các hằng số thời gian về thời gian tập trung nước).

Mô hình điều tiết hồ chứa

Nhằm xác định lưu lượng xả của hồ chứa sau khi hồ điều tiết. Dữ liệu được tóm tắt trong Bảng 1.

Bảng 1. Dữ liệu tính toán và kiểm tra

	Hồ Trị An	Hồ Phước Hòa	Hồ Dầu Tiếng
Lưu lượng vào	01/01/2013 đến 30/12/2013 thu thập từ Ban quản lý hồ Trị An	01/01/2013 đến 30/12/2013 tính từ mô hình NAM	01/1989 đến 12/2005 tính từ mô hình NAM
Lưu lượng xả		01/01/2013 đến 30/12/2013 thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam bộ	01/1989 đến 12/2005 thu thập từ Ban quản lý hồ Dầu Tiếng

Để tính toán lưu lượng xả tràn tuân theo quy trình điều tiết hồ chứa cần xác định các đường quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả tràn, giữa mực nước hồ và thể tích hồ. Quan hệ giữa các đại lượng cho thấy độ tin cậy cao. Trong đó, quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn tại hồ Trị An, hồ Phước Hòa, hồ Dầu Tiếng lần lượt là $R^2=0,999$, $R^2=0,999$ và $R^2=0,997$; quan hệ giữa mực nước hồ và thể tích hồ tương ứng $R^2=1$, $R^2=0,998$ và $R^2=0,999$.

Trong sơ đồ tính toán lưu lượng xả qua hồ chứa, công thức tính dòng chảy qua đập tràn được áp dụng để tính lưu lượng xả hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng dựa trên cột nước trước đập và chiều cao ngưỡng tràn. Đối với hồ Phước Hòa, công thức tính lưu lượng qua đập tràn Labyrinth được áp dụng. Sau đó, các số liệu tính toán được so sánh và hiệu chỉnh bằng đường quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn. Mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn giữa tính toán và quy

trình điều tiết hồ chứa cho thấy độ tin cậy cao với $R^2= 0,995$, $R^2= 0,9978$ và $R^2= 0,928$ tương ứng với Hồ Trị An, Phước Hòa và Dầu Tiếng. Theo đó, xác định được các hệ số sau hiệu chỉnh nhằm tính toán lưu lượng nước chảy qua đập tràn.

Mô hình Mike 11

Vùng tính và lưới tính

- *Vùng tính*: từ sau ba hồ chứa (Trị An, Dầu Tiếng và Phước Hòa) đến vị trí các cửa sông ven biển (Dinh Bà, Thị Vải, Lòng Tàu và Soài Rạp) (Hình 1).

- *Mạng lưới tính* bao gồm 79 nhánh sông lớn nhỏ, 674 mặt cắt, 68 điểm nhập lưu và phân lưu. Khoảng cách dx lớn nhất trên các nhánh sông là 500–1000 m và nhỏ nhất là 100–200 m; chia chi tiết ở các nhánh sông nhỏ và chia lớn nhất trên các nhánh sông lớn nhằm giảm thời gian tính toán (Hình 2).

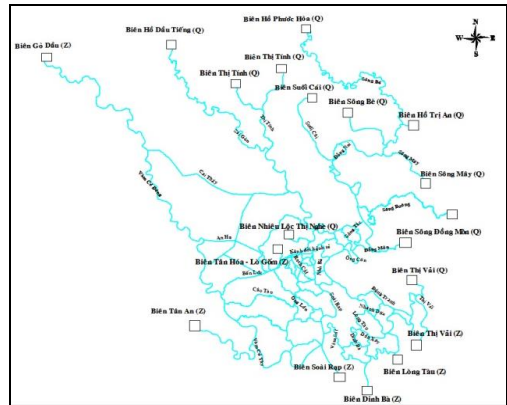
Bộ thông số mô hình thủy lực

- *Dữ liệu tính toán*

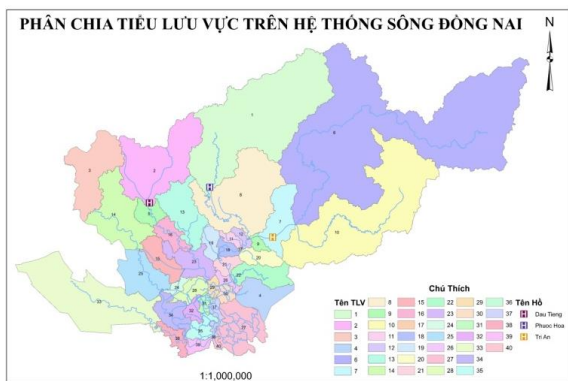
Bộ số liệu thủy văn năm 2013 được sử dụng làm biên tính toán, bao gồm: (i) *Biên thượng nguồn*: mực nước giờ tại Gò Dầu, Tân An, lưu lượng xả thực đo hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng (tính từ mô hình NAM). (ii) *Biên hạ nguồn*: mực nước Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải được tương quan từ dữ liệu mực nước Vàm Kênh và Vũng Tàu. (iii) *Lưu lượng nhập bên*: biến đổi theo thời gian, bao gồm lưu lượng nhập vào 160 đoạn sông các tiểu lưu vực (Hình 3). (iv) *Gió*: gió chướng (gồm vận tốc gió và hướng gió) được thiết lập tại 4 cửa sông (Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải) và chạy dọc sông.



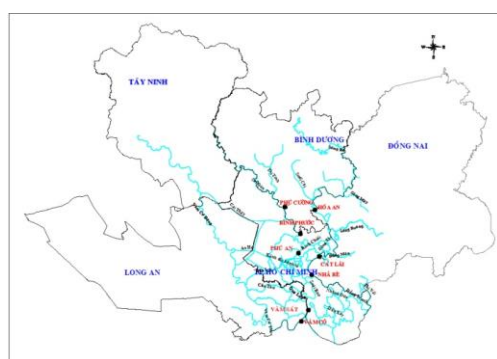
Hình 1. Vùng tính toán



Hình 2. Mạng lưới tính trong mô hình Mike 11



Hình 3. Các tiểu lưu vực trên hệ thống sông Đồng Nai



Hình 4. Vị trí các trạm hiệu chỉnh thủy lực

- Bộ số liệu phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực

Thời gian tính từ 0:00 01/09/2013 đến 23:00 31/12/2013; sau đó trích dữ liệu từ 9:00 20/9/2013 - 9:00 22/9/2013 để hiệu chỉnh và từ 9:00 19/10/2013 đến 8:00 21/10/2013 để kiểm định mô hình thủy lực cho vùng nghiên cứu; bước thời gian tính $\Delta t = 1$ phút.

Biên tính toán gồm (i) *Biên thượng lưu và hạ lưu*: như đã đề cập; (ii) *Biên cắt*: 12 biên lưu lượng với $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 biên nhánh Thị Tính, Nhiêu Lộc Thị Nghè, Tân Hóa Lò Gốm, Sông Bung, Suối Cái, Suối Nước Trong, Suối Giai, Sông Mây, nhánh sông Bé, sông Đồng Môn và sông Thị Vải). Vị trí các biên được thể hiện ở Hình 3.

Điều kiện ban đầu: Tại thời điểm ban đầu lấy mực nước tĩnh, lưu lượng $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$.

Các trạm hiệu chỉnh mô hình: Sử dụng 8 trạm đo lưu lượng và mực nước (Cát Lái, Nhà Bè, Phú An, Phú Cường, Vàm Sát, Vàm Cỏ, Hóa An, Bình Phước) từ số liệu đo đạc của Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường (Hình 4).

Tiêu chuẩn đánh giá độ tin cậy của mô hình

Để hiệu chỉnh mô hình, hệ số Nash – Sutcliffe (*NSE*) và hệ số tương quan R^2 được sử dụng để đánh giá: ở mức đạt khi $0,4 < NSE < 0,65$ hay $R^2 < 0,4$; ở mức khá khi $0,65 \leq NSE \leq 0,75$ hay $0,4 \leq R^2 < 0,8$; ở mức tốt khi $NSE > 0,75$ hay $R^2 \geq 0,8$.

Phương pháp GIS

Phần mềm ArcSWAT 2012 chạy trên nền ArcGIS 10.1 được sử dụng để phân vùng tiểu lưu vực. *Trọng số mưa* được tính bằng phương pháp đa giác Thiessen thông qua công cụ Create Thiessen Polygons trong phần mềm ArcGIS. Ngoài ra, phương pháp GIS cũng được áp dụng để xây dựng bản đồ nhằm trực quan hóa kết quả tính toán.

Mô hình số độ cao DEM của Tp.HCM (10x10m) được thu thập từ Trung tâm Ứng dụng Hệ thống Thông tin Địa lý Tp.HCM (HCMGIS), Sở Khoa học và Công nghệ Tp.HCM dùng để tích hợp với mô hình MIKE 11 nhằm xác định diện tích ngập. Khi tích hợp DEM vào lưới tính, từng ô lưới của DEM sẽ được gán giá trị: *ngập* khi cao độ của các ô bên trong đất liền thấp hơn mực nước sông và ngược lại. Tỷ lệ ngập của từng huyện được xác định bằng tỷ số giữa diện tích ngập và diện tích thực tế của huyện.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trên cơ sở hiệu chỉnh mô hình NAM, hiệu chỉnh mô hình điều tiết hồ chứa, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực (không trình bày chi tiết trong bài báo này), kết quả tính toán tương đối phù hợp với thực đo, chỉ số *NSE* và R^2 ở 8 trạm (đã đề cập) hầu hết ở mức cao (trên 0,8). Theo đó, bộ thông số nhám (*M*) được chọn để mô phỏng nguy cơ ngập do triều trong bối cảnh BĐKH (Bảng 2).

Bảng 2. Hệ số nhám (*M*) trên các sông sau hiệu chỉnh

Tên sông	M	Tên sông	M	Tên sông	M	Tên sông	M
Đồng Nai	0,034	Thị Vải	0,024	Buông	0,031	Đồng Môn	0,022
Sài Gòn	0,033	Soài Rạp	0,022	Bé	0,031	Vàm Sát	0,022
Nhà Bè	0,030	Dinh Bà	0,022	Phú Xuân	0,022	Rạch Chiếc	0,031
Lông Tàu	0,027	VC Tây	0,028	Gò Gia	0,024		
Đồng Tranh	0,021	VC Đông	0,026	Bến Lức	0,030		

Đánh giá diễn biến ngập do triều tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH

Kịch bản hiện trạng

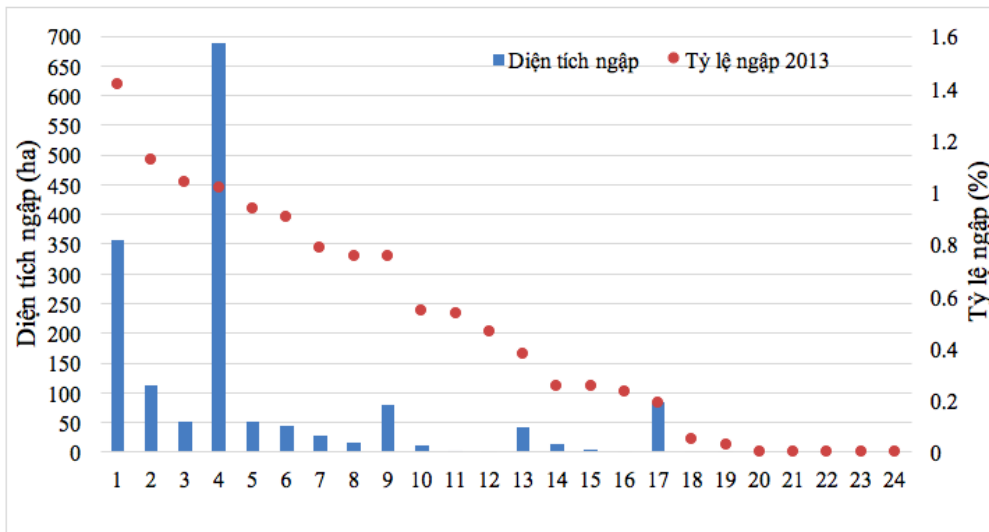
Tính toán ngập trong năm 2013 được mô phỏng từ ngày 01/09/2013 đến 31/12/2013. Diện tích và tỷ lệ ngập mô phỏng theo từng quận/huyện được trình bày ở Hình 5 và 6.

Các khu vực ngập nặng nhất là huyện Cần Giờ, Bình Chánh và Nhà Bè; diện tích ngập lần lượt là 690 ha, 356,1 ha và 112,45 ha. Do diện tích lớn nhất thành phố (hơn 67000 ha) nên tỷ lệ ngập của huyện Cần Giờ chỉ khoảng 1,02%. Bình

Chánh có tỷ lệ ngập lớn nhất thành phố với 1,41%.

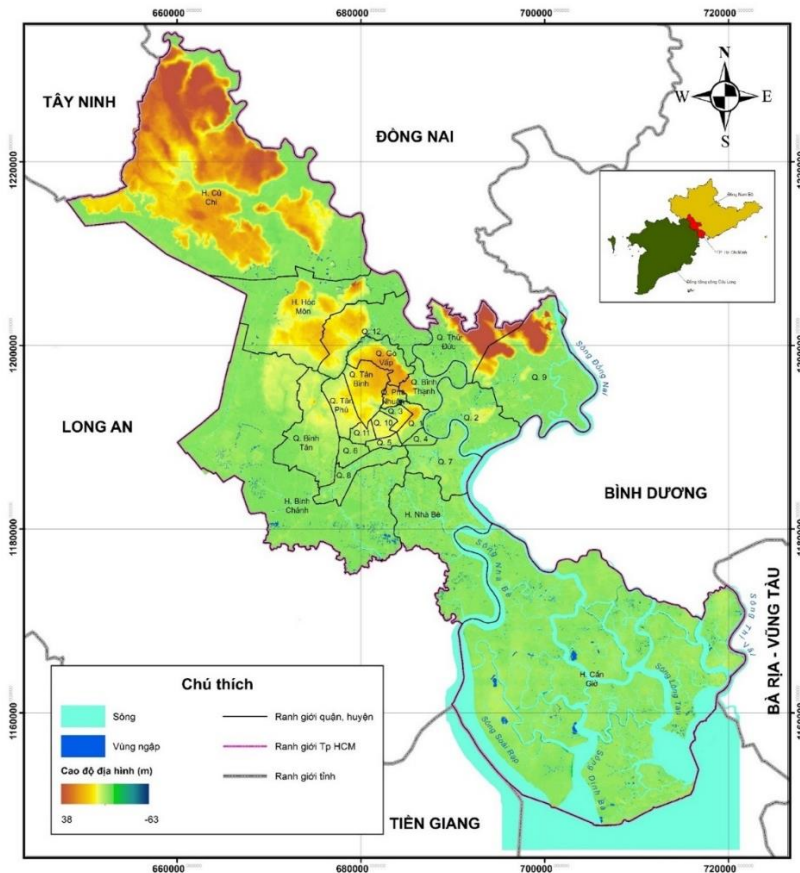
Đối với khu vực nội thành, các quận 2, 12 và Thủ Đức ngập nặng nhất: diện tích ngập lần lượt là 51,6 ha, 51,42 ha và 43,45 ha, tương ứng 1,04%, 0,94% và 0,91% diện tích mỗi quận. Ngược lại, các khu vực ít ngập như Quận 1, 6 và 3 – tương ứng 1,81 ha (0,23%), 0,37 ha (0,05%) và 0,15 ha (0,15%).

Trong khi đó, ngập không ảnh hưởng đáng kể đến khu vực Quận 5, 10, 11, Tân Bình và Tân Phú.



1	H. Bình Chánh	7	Quận 12	13	Quận 8	19	Q. Thủ Đức
2	H. Cần Giờ	8	Quận 2	14	Quận 9	20	Quận 10
3	H. Củ Chi	9	Quận 3	15	Q. Bình Tân	21	Quận 5
4	H. Hóc Môn	10	Quận 4	16	Q. Bình Thạnh	22	Q. 11
5	H. Nhà Bè	11	Quận 6	17	Q. Gò Vấp	23	Q. Tân Bình
6	Quận 1	12	Quận 7	18	Q. Phú Nhuận	24	Q. Tân Phú

Hình 5. Diện tích và tỷ lệ ngập do triều mô phỏng năm 2013



Hình 6. Mô phỏng ngập do triều lớn nhất tại Tp.HCM lúc 18:00 ngày 20/10/2013

Kịch bản ngập do triều tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH

Tương tự thời gian mô phỏng từ 0:00 ngày 01/09 đến 23:00 ngày 31/12.

Trường hợp không xét đến quy hoạch các công trình chống ngập

Kết quả mô phỏng (Bảng 3, Hình 7) cho thấy:

Về diện tích ngập

Giai đoạn 2025-2030, ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, các huyện có diện tích ngập lớn nhất thành phố là Cần Giò, Bình Chánh và Nhà Bè: tương ứng 1240 ha, 660 ha, 335 ha vào năm 2025 và 1465 ha, 810 ha, 418 ha vào năm 2030.

Đến năm 2050, Cần Giò và Bình Chánh vẫn chịu ngập nhiều nhất: 3518 ha và 1576 ha ứng với

RCP4.5; 3561 ha và 1618 ha ứng với RCP8.5. Đáng lưu ý là khu vực Quận 9 - chịu sự chia cắt đan xen của các hệ thống kênh rạch cùng địa hình thấp trũng chiếm khoảng 75% (cao độ trung bình từ 1–5 m), theo đó, diện tích ngập năm 2050 tăng đáng kể, xếp thứ 3 thành phố với khoảng 750 ha - RCP4.5 (hoặc 770 ha - RCP8.5). Tiếp theo là huyện Nhà Bè với 677 ha - RCP4.5 (hoặc 709 ha - RCP8.5) diện tích ngập.

Đến năm 2100, tương tự các mốc thời gian trước đó, các địa phương đáng quan tâm nhất trong mối quan hệ với ngập lụt do triều tại Tp.HCM là huyện Cần Giò, Bình Chánh và Nhà Bè. Diện tích ngập lần lượt là 12.246 ha, 3723 ha, 2085 ha theo RCP4.5 và 14712 ha, 4354 ha và 2320 ha theo RCP8.5.

Về tỷ lệ ngập

Giai đoạn 2025–2030, nơi có tỷ lệ ngập lớn nhất là Quận 2 và Nhà Bè: tương ứng 3,15% và 3,35% vào năm 2025; 3,35% và 4,18% vào năm 2030. Quận 3, 5 và 10 có tỷ lệ ngập không đáng kể. Đến năm 2030, tỷ lệ ngập huyện Bình Chánh tăng cao: 3,21% (so với 2,62% năm 2020).

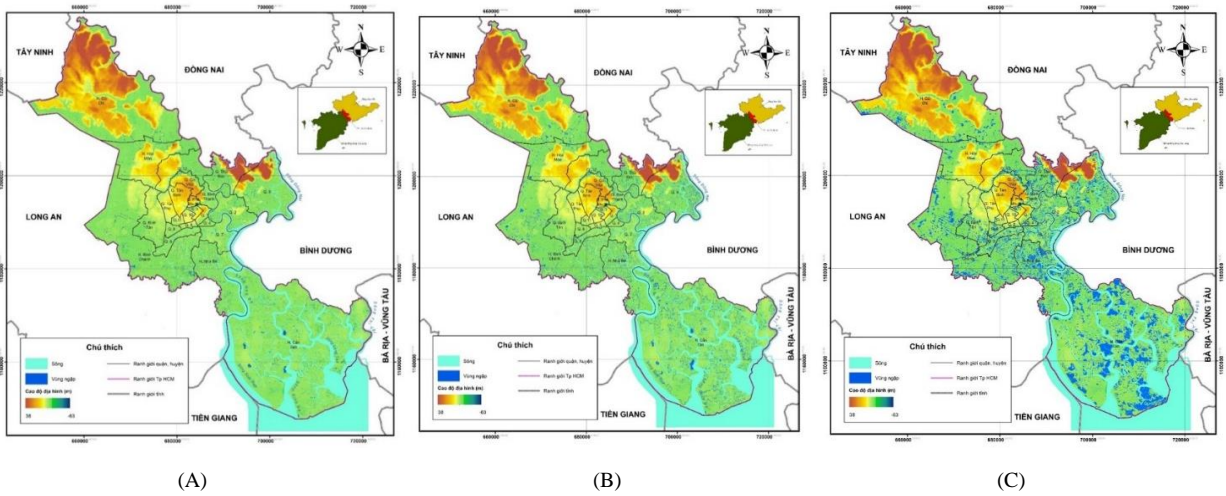
Năm 2050, tỷ lệ ngập tại Tp.HCM tiếp tục gia tăng. Theo RCP4.5, tỷ lệ ngập tại huyện Nhà Bè,

Bình Chánh, Quận 2 và Thủ Đức lần lượt là 6,76%, 6,25%, 6,02% và 3,99%. Các số liệu tương ứng với RCP8.5 là 7,09%, 6,42%, 6,48% và 4,18%.

Cuối thế kỷ XXI, Quận 8 và Nhà Bè có tỷ lệ ngập lớn nhất, tương ứng khoảng 24,01% và 20,84% theo RCP4.5 và 28,89% và 23,19% theo RCP8.5. Các tỷ lệ này đối với Quận 2 là 15,44% và 20,17%.

Bảng 3. Thống kê diện tích ngập (ha) do triều tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH

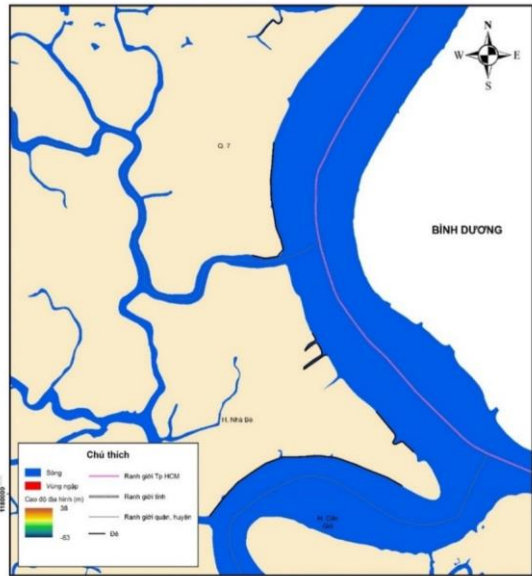
	Năm 2025		Năm 2030		Năm 2050		Năm 2100	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Q. 1	2,12	2,12	2,36	2,36	4,27	4,27	29,63	29,63
Q. 2	156,51	156,51	184,86	184,86	298,64	321,70	765,92	885,67
Q. 3	0,15	0,15	2,22	2,22	7,55	7,55	25,81	25,81
Q. 4	2,66	2,66	2,98	2,98	2,66	3,12	59,94	59,94
Q. 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	20,50	20,50
Q. 6	6,23	6,23	8,14	8,14	12,98	12,98	108,38	108,38
Q. 7	80,49	80,49	88,34	88,34	146,40	146,40	634,66	634,66
Q. 8	28,60	28,60	39,80	39,80	114,90	114,90	459,46	552,87
Q. 9	210,51	210,51	306,59	306,59	747,88	768,56	1601,76	1601,76
Q. 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,32
Q. 11	1,12	1,12	1,18	1,18	1,32	1,32	19,54	19,54
Q. 12	86,80	86,80	96,67	96,67	157,73	157,73	336,65	336,65
Bình Chánh	660,18	660,18	810,08	810,08	1575,90	1618,22	3723,83	4354,86
Bình Tân	62,98	62,98	70,42	70,42	159,07	161,75	628,27	628,27
Bình Thạnh	44,74	44,74	48,47	48,47	102,26	103,68	317,54	317,54
Cần Giờ	1240,70	1240,70	1465,59	1465,59	3518,10	3561,41	12246,30	14712,87
Củ Chi	184,01	184,01	226,94	226,94	655,21	760,95	1293,46	1881,22
Gò Vấp	26,64	26,64	32,36	32,36	66,90	67,85	158,67	158,67
Hóc Môn	131,10	131,10	133,12	133,12	305,15	305,15	494,78	494,78
Nhà Bè	334,66	334,66	418,45	418,45	676,51	709,25	2085,08	2319,78
Phú Nhuận	2,60	2,60	3,40	3,40	6,91	6,91	13,72	13,72
Tân Bình	0,39	0,39	1,33	1,33	3,34	3,34	5,35	5,35
Tân Phú	2,20	2,20	2,22	2,22	2,25	2,25	13,49	13,49
Thủ Đức	95,50	95,50	110,78	110,78	191,02	200,55	563,25	563,25
Tổng cộng	3360,89	3360,89	4056,3	4056,3	8757,02	9039,91	25606,31	29739,53



Hình 7. Nguy cơ ngập do triều lớn nhất khu vực Tp.HCM theo kịch bản RCP4.5 -trường hợp không có công trình: (A) Năm 2025, (B) Năm 2050, (C) Năm 2100

Trường hợp có xét đến quy hoạch các công trình chống ngập

Theo Quyết định 1547/QĐ-TTg ngày 28/10/2008 về việc phê duyệt quy hoạch thủy lợi chống ngập úng khu vực Tp.HCM, phương án quy hoạch phân chia khu vực thành phố thành 3 vùng kiểm soát nước, bao gồm: Vùng I gồm toàn bộ khu vực bờ hữu sông Sài Gòn – Nhà Bè và bờ tả sông Vàm Cỏ - Vàm Cỏ Đông; Vùng II là vùng ngã ba sông Sài Gòn – Đồng Nai phía bờ tả sông Sài Gòn; Vùng III là khu vực bờ tả sông Nhà Bè – Soài Rạp. Trong đó, dự án “Giải quyết ngập do triều khu vực Tp.HCM có xét đến yếu tố BĐKH (Giai đoạn 1)” do công ty Trung Nam Group thực hiện đã xây dựng hệ thống 5 đê bao ven sông Sài Gòn -tại các đoạn xung yếu từ Vàm Thuật đến Sông Kinh, dài 7801m. Ngoài ra, dự án cũng bao gồm 25 cống nhỏ khẩu độ 1 – 10 m từ Vàm Thuật đến Mương Chuối và nhà quản lý trung tâm. Mục tiêu chính của dự án là kiểm soát ngập do triều cường, qua đó, chủ động ứng phó BĐKH cho khu vực rộng hơn 570 km² ở khu vực bờ hữu sông Sài Gòn và khu vực trung tâm Tp.HCM. Dự án được khởi công ngày 26/6/2016, dự kiến hoàn thành vào tháng 6/2019. Theo đó, hệ thống này sẽ được xem xét trong bài toán mô phỏng nguy cơ ngập do triều tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH. Vị trí các công ngăn triều và đê bao được thể hiện ở Hình 8.



Hình 8. Tình trạng công trình chống ngập đến năm 2019

Với hệ thống công trình như trên, kết quả mô phỏng cho thấy vấn đề ngập do triều trong khu vực có xu hướng giảm đi. Trong đó, huyện Bình Chánh, huyện Nhà Bè và quận 7 được hưởng lợi nhiều nhất (các khu vực khác không thay đổi đáng kể). Chi tiết được trình bày ở Bảng 4 và 5.

Bảng 4. Thống kê diện tích ngập (ha) do triều tại Tp.HCM – trường hợp có công trình chống ngập

	Năm 2025		Năm 2030		Năm 2050		Năm 2100	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Q. 7	74,27	74,27	84,18	84,18	142,40	143,00	631,66	632,31
Bình Chánh	651,47	651,47	804,97	804,97	1572,00	1615,99	3721,63	4353,24
H. Nhà Bè	318,67	318,67	412,04	412,04	672,27	705,65	2081,07	2316,57

(chỉ thể hiện những địa phương có diện tích ngập thay đổi so với trường hợp không xét công trình chống ngập)

Bảng 5. Hiệu quả giảm ngập do triều so với trường hợp không có công trình ứng với RCP8.5

Quận, Huyện	Diện tích ngập giảm so với trường hợp không có công trình (ha)			
	Năm 2025	Năm 2030	Năm 2050	Năm 2100
Nhà Bè	15,99	6,41	3,60	3,21
Bình Chánh	8,71	5,11	2,23	1,62
Quận 7	6,22	4,16	3,40	2,35

4 KẾT LUẬN

Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ ngập do triều tại Tp.HCM trong bối cảnh BĐKH đến năm 2100 theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Kết quả nghiên cứu cho thấy khu vực phía Nam Tp.HCM chịu ảnh hưởng nặng nề nhất, đặc biệt là huyện Cần Giờ, Nhà Bè và Bình Chánh. Ứng với cả 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, năm 2025, diện tích ngập lần lượt là 1240 ha, 335 ha và 660 ha; năm 2030 tương ứng 1465 ha, 418 ha và 810 ha. Năm 2050, diện tích ngập xấp xỉ 3518 ha, 677 ha, 1576 ha theo RCP4.5 và 3561 ha, 709 ha, 1618 ha theo RCP8.5. Đến năm 2100, các số liệu tương ứng là 12246ha, 2085ha, 3724 ha theo RCP4.5 và 14713ha, 2320ha, 4355ha theo RCP8.5. Sau khi vận hành hệ thống công trình chống ngập (từ năm 2019), vấn đề ngập do triều trong khu vực giảm đi, đặc biệt tại khu vực huyện Bình Chánh, Nhà Bè và quận 7. Vào năm 2025 và 2100, so với trường hợp không có công trình (RCP8.5), diện tích ngập huyện Nhà Bè giảm lần lượt 16ha và 3,21ha. Số liệu tương ứng đối với huyện Bình Chánh là 8,71ha và 1,62ha; đối với Quận 7 là 6,22 ha và 2,35 ha. Kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở cho việc hoạch định các giải pháp ứng phó với XNM tại địa phương, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016. Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam.
- [2] P.V. Tân, N.Đ. Thành, “Biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, vol. 29, no. 2, pp. 42–55, 2013.
- [3] B. Barroca, P. Bernardara, J.M. Mouchel and G. Hubert, “Indicators for identification of urban flooding vulnerability”, *Natural Hazards Earth System Sciences*, no. 6, pp. 553–561, 2006.
- [4] R. Brouwer, S. Akter, L. Brander, E. Haque, “Socioeconomic vulnerability and adaptation to environmental risk: a case study of climate change and flooding in Bangladesh”, *Risk Analysis*, vol. 27, no. 2, pp. 313–326, 2007.
- [5] N. Hajar, “Shahram Shahmohammadi-Kalalagh, 2013. Flood vulnerability index as a knowledge base for flood risk assessment in urban area”, *Journal of Novel Applied Sciences*, vol. 2, no. 8, pp. 269–272, 2013.
- [6] L.N. Tuấn, T.X. Hoàng, H. Hưng, “Mức độ phơi nhiễm với ngập lụt của lĩnh vực nước sạch và vệ sinh môi trường huyện Cần Giờ”, *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, 2017.
- [7] N.T. Son, C.T. Văn, “Xây dựng phương pháp tính trọng số để xác định chỉ số dễ bị tổn thương lũ lụt lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, vol. 31, no. 1S, pp. 93–102, 2015.
- [8] C.T. Văn, N.T. Son, T.N. Anh, N.C. Tuấn, “Các phương pháp đánh giá tính dễ bị tổn thương - Lý luận và thực tiễn - Phần 3: Tính toán chỉ số dễ bị tổn thương do lũ bằng phương pháp trọng số - Thử nghiệm cho đơn vị cấp xã vùng hạ lưu sông Thu Bồn”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, vol. 30, no. 4S, pp. 150–158, 2014.

- [9] N.T. Son, T.N. Anh, Đ.Đ. Khá, N.X. Tiển, L.V. Thìn, “Thử nghiệm đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt khu vực hạ lưu sông Lam”, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, no. 645, pp. 13–20, 2014.
- [10] N.Q. Hưng, N.T. Son, T.N. Anh, “Đánh giá tính dễ bị tổn thương lũ lụt các lưu vực sông Thạch Hãn và Bến Hải”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, vol. 31, no. 1S, pp. 48–55, 2015.
- [11] N.X. Hậu, P.V. Tân, “Đánh giá tác động của Biến đổi khí hậu đến ngập lụt lưu vực sông Nhật Lệ, Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học tự nhiên và Công nghệ*, vol. 31, no. 3S, pp. 125–138, 2015.
- [12] Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường, 2016. Nghiên cứu, cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu của Thành phố Hồ Chí Minh theo phương pháp luận và kịch bản mới của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) và Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Risks of inundation by tide in Ho Chi Minh City in the context of climate change and sea level rise

Le Ngoc Tuan^{1,*}, Tran Thi Kim², Nguyen Ky Phung³

¹University of Science, VNUHCM

²University of Natural Resources and Environment Ho Chi Minh City;

³ Department of Science and Technology Ho Chi Minh City;

*Corresponding author: lntuan@hcmus.edu.vn

Received: 12-4-2017; Accepted: 17-7-2018; Published: 31-12 -2018

Abstract—This work aimed to assess the risk of inundation by tide in Ho Chi Minh City (HCMC) in the context of climate change by 2100 under scenarios of RCP4.5 and RCP8.5. By modeling and GIS methods, results showed the southern area suffered the most, especially in CanGio, NhaBe and BinhChanh districts. By 2050, the inundated area in these localities would be approximately 3518ha, 677ha, 1576ha under RCP4.5 and 3561ha, 709ha, 1618ha under RCP8.5. The corresponding figures at the end of this century would be 12246ha, 2085ha, 3724ha under RCP4.5, and 14713ha, 2320ha, 4355ha under RCP8.5. This work also simulated the case of

considering some flood control projects, thereby, tidal flooding in HCMC would be reduced, especially in BinhChanh, NhaBe, and District 7. In 2025 and 2100 (RCP8.5), as compared with those in the former case (without works), flooded area in NhaBe would decrease 16ha and 3.21ha, respectively. The corresponding figures for Binh Chanh would be 8.71ha and 1.62ha; and for District 7 would be 6.22ha and 2.35ha. The research results provide an important basis for planning suitable adaptation solutions, contributing to sustainable development goals of the local.

Keywords—climate change, inundation, flood-tide, sea level rise