

# MÔ PHÒNG XÂM NHẬP MẶN TRÊN HỆ THỐNG CÔNG TẠI ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Hoàng Ngọc Hiền<sup>1</sup>, Nguyễn Hải Thanh<sup>2</sup>, Ngô Đức Lưu<sup>1</sup>,  
Nguyễn Trần Quốc Vinh<sup>3</sup>, Huỳnh Xuân Hiệp<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Bạc Liêu

<sup>2</sup> Cục Đào tạo với nước ngoài, Bộ Giáo dục và Đào tạo

<sup>3</sup> Khoa Tin học, Trường Đại học Sư Phạm – Đại học Đà Nẵng

<sup>4</sup> Khoa Công nghệ Thông tin & Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>5</sup> Nhóm nghiên cứu liên ngành DREAM-CTU/IRD, Trường Đại học Cần Thơ

{hnhien, ndluu}@blu.edu.vn, nhthanh@moet.edu.vn, ntquocvinh@gmail.com, hxhiep@ctu.edu.vn

**TÓM TẮT**— Trong bài viết này chúng tôi đề xuất một tiếp cận mới cho vấn đề diễn biến phức tạp của xâm nhập mặn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Với việc quy hoạch hệ thống công ngăn mặn ảnh hưởng rất lớn trong việc giảm tác hại của vấn đề xâm nhập mặn trong biến đổi khí hậu. Chúng tôi xây dựng mô hình trên kỹ thuật đa tác tử và mô phỏng dựa trên nền tảng mô phỏng GAMA. Mô hình mô phỏng với hai mô hình: hệ thống công ngăn mặn mở; hệ thống công ngăn mặn đóng (được thí điểm tại tỉnh Bạc Liêu) trên cơ sở dữ liệu trong quá khứ và đưa ra kịch bản dự kiến cho tương lai. Kết quả mô phỏng là bản đồ xâm nhập mặn theo thời gian và thống kê mức xâm nhập mặn theo thời gian cho các đơn vị hành chính (huyện, tỉnh) của cả hai mô hình: hệ thống công ngăn mặn mở; hệ thống công ngăn mặn đóng. Các mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn cũng được đánh giá so sánh giữa hai mô hình nhằm hỗ trợ cho các giải pháp làm giảm thiệt hại của xâm nhập mặn và biến đổi khí hậu.

**Từ khóa**— Mô phỏng, bản đồ xâm nhập mặn, thống kê mức xâm nhập mặn, đa tác tử, GAMA.

## I. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, tình hình xâm nhập mặn diễn biến phức tạp đang tác động và ảnh hưởng mạnh mẽ tới tài nguyên thiên nhiên, con người, kinh tế - xã hội, ... ở các vùng đất thấp vùng trũng ven hạ lưu sông và nhất là vùng ven biển. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đang bị ảnh hưởng xấu của xâm nhập mặn [12], nhất là vào các tháng mùa khô (tháng 1 đến tháng 5) diện tích nhiễm mặn càng rộng và sâu vào nội đồng. Xâm nhập mặn làm thiệt hại đến sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản, nguồn nước sinh hoạt của người dân không còn, dẫn đến kinh tế bị giảm sút không phát triển [5].

Với việc quy hoạch hệ thống công ngăn mặn ở ĐBSCL đang được vận hành và xây dựng mới mục đích làm giảm tác hại của vấn đề xâm nhập mặn trong biến đổi khí hậu [4]. ĐBSCL có địa hình thấp bị chia cắt mạnh bởi một mạng lưới sông ngòi chằng chịt với chiều dài tổng cộng trên 5000 km, có chiều rộng từ vài chục mét đến vài ki lô mét, có hình dáng dạng bán đảo ba mặt giáp biển [20]. Với tình hình xâm nhập mặn ở ĐBSCL diễn biến như hiện nay và việc vận hành hệ thống công ngăn chưa hợp lý nên việc sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản gặp nhiều khó khăn, mùa vụ thất bát, đời sống người dân gặp khó khăn [5]. Các nhà quản lý, nhà khoa học đã và đang đưa ra những giải pháp để khắc phục và phòng chống xâm nhập mặn.

Chúng tôi nghiên cứu và đề xuất xây dựng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công cho vùng ĐBSCL. Chúng tôi tiến hành mô hình hóa và mô phỏng dựa trên kỹ thuật đa tác tử và mô phỏng dựa trên nền tảng mô phỏng. Để xây dựng thiết lập được hệ thống thông tin mô phỏng với hai mô hình: hệ thống công ngăn mặn mở; hệ thống công ngăn mặn đóng (được thí điểm tại một tỉnh) trên cơ sở dữ liệu trong quá khứ để kiểm tra tính đúng của mô hình và đưa ra kịch bản dự kiến cho tương lai tình hình xâm nhập mặn có thể xảy ra. Đưa ra những mô hình về mặt công nghệ thông tin cho xâm nhập mặn thực tế nhằm đề xuất hỗ trợ phù hợp với thực tế nhằm giảm thiệt hại của xâm nhập mặn cũng như biến đổi khí hậu cho vùng ĐBSCL.

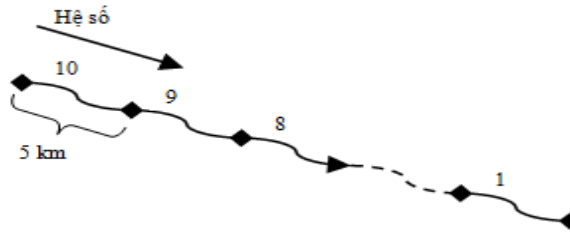
Bài viết được tổ chức gồm 5 phần. Phần I giới thiệu chung về xâm nhập mặn vùng ĐBSCL và hướng giải quyết. Phần II trình bày cách xây dựng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công. Phần III trình bày cách mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công. Phần IV thực nghiệm mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công bằng công cụ GAMA. Tóm tắt một số kết quả quan trọng và hướng phát triển được nêu ra ở phần cuối cùng.

## II. MÔ HÌNH XÂM NHẬP MẶN TRÊN HỆ THỐNG CÔNG

### A. Mô hình hệ thống sông

Về dự báo độ mặn trên sông thông thường dòng sông được chia ra nhiều đoạn mỗi đoạn khoảng 10 km, tại mỗi nút ứng với các trạm đo thực tế. Ở đây chúng tôi nghiên cứu trên địa bàn nhỏ, để tăng độ chính xác chúng tôi đã chia sông/kênh ra các đoạn khoảng 5 km. Với địa hình tương đối bằng phẳng nên sông/kênh được chia ra cứ khoảng 5 km thực tế sẽ mang 1 hệ số, vùng gần sát biển hệ số càng cao và giảm dần khi đi vào sâu trong nội đồng. Sông có hệ số cao vì lòng sông rộng, lượng nước nhiều và vận tốc chảy cao. Còn các kênh thì nhỏ hẹp, lượng nước ít, vận tốc chảy thấp nên có hệ số thấp hơn.

Tiến hành chia sông theo chiều dài mỗi đoạn tương ứng 5 km thực tế, được số đoạn sau đó đánh hệ số sông  $f1$  và  $f2$  ( $f1 > f2$ ) cho từng đoạn. Theo hướng xâm nhập mặn từ biển vào nội đồng qua dòng sông sẽ được đánh theo thứ tự giảm dần (10, 9, ...) và sông lớn vào sông nhỏ (5, 4,...).

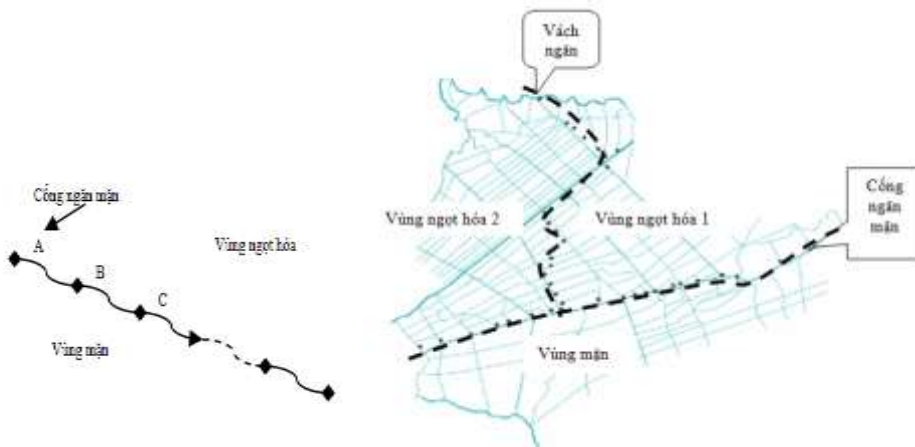


Hình 1. Xây dựng hệ số phân chia trên hệ thống sông.

**B. Mô hình hệ thống cống**

Thực tế xây dựng hệ thống cống ngăn mặn để chặn ngang các con sông sẽ chạy dài phân chia khu vực ngọt và mặn ra riêng biệt với hệ thống cống ngăn sông chạy dọc theo các con đê hoặc các con đường [18]. Vậy chúng tôi coi như là vách ngăn cách giữa vùng ngọt hóa và vùng mặn. Khi mở hệ thống cống ngăn mặn thì vùng ngọt hóa sẽ trở thành vùng mặn (cống coi như không có tác dụng) và khi đóng hệ thống cống ngăn mặn thì vùng ngọt hóa sẽ riêng biệt.

Hệ thống cống ngăn mặn (tính cho cả các cống trong hệ thống) tại một thời điểm có một trong hai chế độ đóng cống (on) và mở cống (off). Chế độ cống sẽ ảnh hưởng đến hệ số sông của các vùng khác nhau cho phù hợp với mô hình.

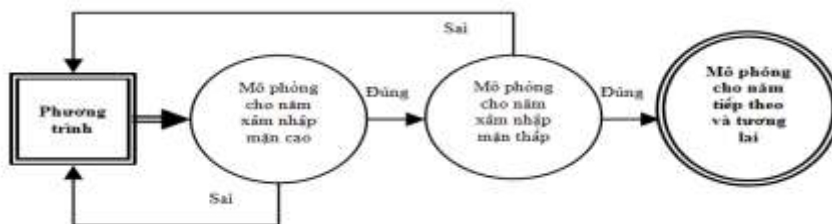


Hình 2. Hệ thống cống ngăn mặn phân chia vùng mặn và vùng ngọt hóa.

**C. Xâm nhập mặn trên hệ thống cống**

Với các hướng xâm nhập mặn theo hệ thống sông từ biển đi vào nội đồng theo địa hình thực tế [17]. Với vị trí hệ thống cống thực tế chúng tôi tiến hành xác định vách ngăn phân chia riêng biệt vùng ngọt hóa. Nước biển đi vào khi gặp hệ thống cống (vách ngăn) sẽ không đi tiếp mà chỉ tràn ra xung quanh. Với các hướng xâm nhập mặn và hệ thống cống trên thực tế địa hình có thể chia ra nhiều vùng ngọt hóa (mỗi vùng hệ thống sông có hệ số khác nhau do lượng nước tràn vào khác nhau).

Từ thực tế xâm nhập mặn trên hệ thống cống chịu ảnh hưởng của các yếu tố chính là mực nước biển đi vào làm độ mặn tăng lên. Chúng tôi đề xuất xây dựng phương trình cho xâm nhập mặn trên hệ thống cống với phương pháp sau:



Hình 3. Xây dựng phương trình cho mô hình.

Các yếu tố biến tham gia phương trình: mực nước biển  $S$ ; hệ số sông  $f$ ; hệ số hiệu chỉnh mô hình  $h$ .

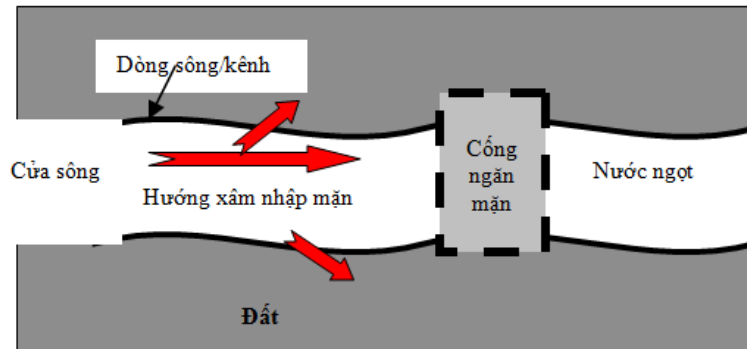
Ta có phương trình cho mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống cống:  $Y = (S \times f) \times h$  (\*)

### III. MÔ PHỎNG XÂM NHẬP MẶN TRÊN HỆ THỐNG CÔNG

#### A. Quá trình xâm nhập mặn trên hệ thống công

Quá trình xâm nhập mặn trên hệ thống công diễn biến: Nước biển từ các cửa sông sẽ chảy theo sông vào phía trong nội đồng. Càng vào trong thì độ mặn giảm tương ứng với hệ số dòng sông giảm do lưu lượng nước mặn giảm và hòa tan với nước ngọt. Nước mặn chảy theo sông/kênh sẽ thấm vào đất hoặc tràn lên đất (nếu mực nước cao hơn độ cao của địa hình) làm cho đất bị nhiễm mặn. Mức độ xâm nhập mặn và nhiễm mặn phân bố theo mùa khi thực nghiệm mô phỏng cả trên sông và trên địa hình. Khi hệ thống công ngăn mặn vận hành (đóng công ngăn mặn) thì nước mặn sẽ bị chặn lại không vào được ranh giới vùng ngọt từ vách ngăn.

Với hướng xâm nhập mặn chúng tôi đưa phương trình (\*) vào tính toán cho độ mặn trên sông và tương ứng cho đất (độ mặn chỉ đo trên sông trong thực tế).

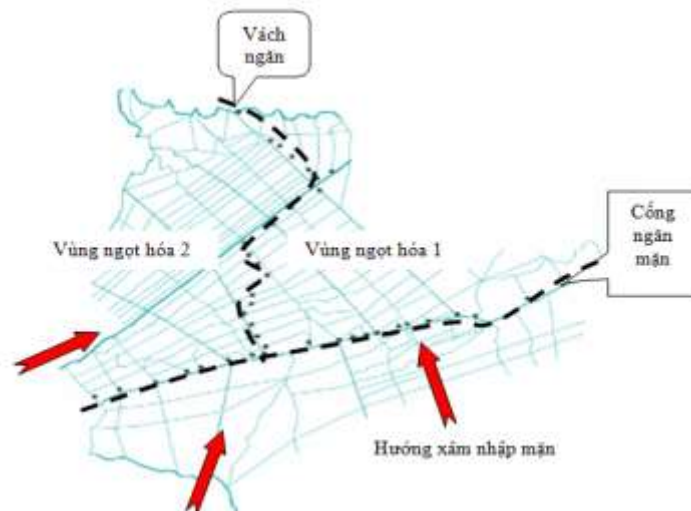


Hình 4. Quá trình xâm nhập mặn trên hệ thống công.

#### B. Đóng hệ thống công

Khi đóng hệ thống công thì hệ thống công tác dụng làm vách ngăn nước mặn đi qua nên hướng xâm nhập mặn sẽ dừng lại trước hệ thống công. Việc gán hệ số cho dòng sông theo hướng xâm nhập mặn tùy thuộc vào vùng ngọt và vùng mặn.

Áp dụng phương trình (\*) vào mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công như sau: Hệ thống công có chế độ đóng cống ( $on$ ) khi đó vùng mặn  $f = f1$  và vùng ngọt hóa  $f = f2$ .

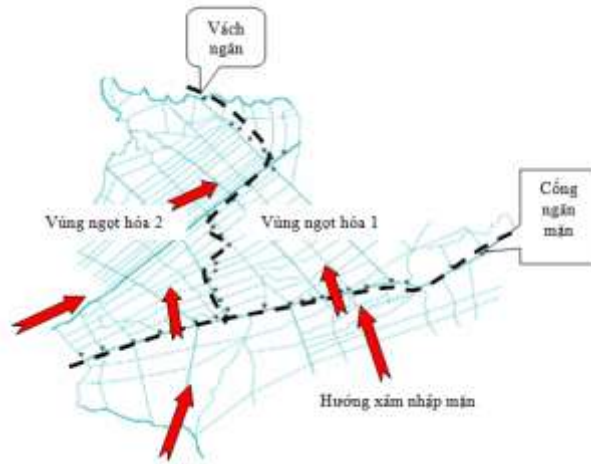


Hình 5. Hướng xâm nhập mặn khi đóng hệ thống công.

#### C. Nước mặn tràn qua hệ thống công đóng

Khi nước biển dâng quá cao nếu cao hơn độ cao của hệ thống công ngăn mặn trong đó có hệ thống đê thì nước mặn sẽ tràn vào các vùng ngọt hóa. Lúc này hệ số ở vùng ngọt hóa sẽ thấp hơn vùng mặn vì chỉ có lượng nước mặn vượt qua vách ngăn mới vào được chứ không vào toàn bộ.

Áp dụng phương trình (\*) vào mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công như sau: Hệ thống công có chế độ đóng cống ( $on$ ) khi đó vùng mặn  $f = f1$  và vùng ngọt hóa bị nước mặn tràn vào nên  $f = (f1 + f2)/2$ .

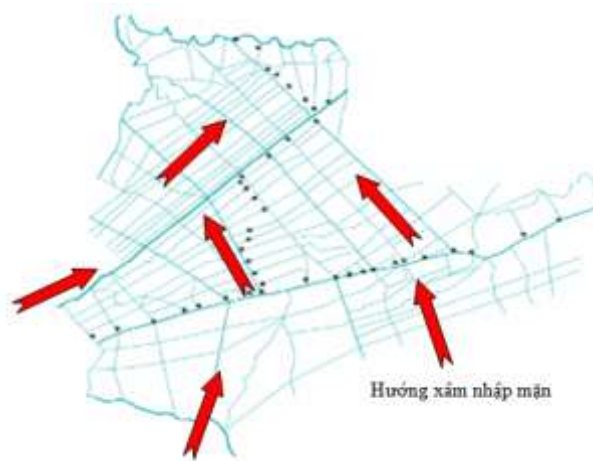


**Hình 6.** Hướng xâm nhập mặn vượt qua khi đóng hệ thống cống.

**D. Mở hệ thống cống**

Khi mở hệ thống cống thì hệ thống cống không tác dụng nên hướng xâm nhập mặn sẽ đi sâu vào trong và vùng ngọt hóa sẽ không còn. Việc gán hệ số cho dòng sông theo hướng xâm nhập mặn cho toàn bộ địa hình.

Áp dụng phương trình (\*) vào mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống cống như sau: Hệ thống cống có chế độ mở cống (*off*) khi đó vùng mặn  $f = fl$  và vùng ngọt hóa  $f = fl$ .



**Hình 7.** Hướng xâm nhập mặn khi mở hệ thống cống.

**E. Công cụ sử dụng**

*Công cụ GIS:* Sử dụng công cụ GIS [10] để xây dựng và thiết kế các tác tử sông/kênh cho tất cả con sông/kênh. Xây dựng và thiết kế các tác tử gán cho các cell (bản đồ được chia thành các ô nhỏ). Trong cơ sở dữ liệu GIS có độ cao địa hình, chia vùng theo đơn vị hành chính cấp huyện được gán cho tác tử cell và được lưu trữ các dữ liệu đó. Các cell tương ứng với điểm tọa độ bản đồ trên thực tế.



**Hình 8.** Tác tử hệ thống sông/kênh và hệ thống cống và cơ sở dữ liệu GIS

**Công cụ lập trình GAMA:**

Quá trình mô phỏng được thực hiện trên nền công cụ GAMA [6] với bước đầu tiên là nạp dữ liệu bản đồ (địa lý, hệ thống sông, công ngăn mặn) được xây dựng từ GIS. Bản đồ lưu trữ dữ liệu độ cao địa hình, độ thấm địa hình được tính toán và phân chia hợp lý cho các vùng khác nhau, các đơn vị huyện khác nhau. Tiếp theo phải khai báo lấy các trường từ dữ liệu là độ cao địa hình, độ thấm địa hình chính là các biến, được phân chia các khu vực nhỏ theo hệ thống đê, hệ thống công ngăn mặn (đóng hoặc mở) và các đơn vị huyện.

```

<!-- Shapefile -->
<var type="string" name="shape_file_bounds_map" init="./gis/bounds_map.shp"
parameter="Shapefile bounds:" category="Map" />
<var type="string" name="shape_file_sluices_salt" init="./gis/sluioces_province.shp"
parameter="Sluices to prevent sluices:" category="Map" />
<var type="string" name="shape_file_land_scenario" init="./gis/Baclieu_map_cell.shp"
parameter="Shapefile province land:" category="Map" />
<var type="string" name="shape_file_river_scenario" init="./gis/Baclieu_rivers2.shp"
parameter="Shapefile province river:" category="Map" />

<init>
<create species="sluices salt" from="shape_file_sluices salt" with="{ID_open1: read
'ID_open1',ID_open2: read 'ID_open2',ID_open3: read 'ID_open3'}"
return="sluices salts"/>
<create species="land_scenario" from="shape_file_land_scenario" with="{ID_region: read
'ID_region',Rugosity1: read 'Rugosity1',Rugosity2: read 'Rugosity2',Rugosity3: read
'Rugosity3',District: read 'District'}" return="land scenarios"/>
<create species="river_scenario" from="shape_file_river_scenario"
return="river_scenarios"/>
</init>
    
```

**Hình 9.** Đưa dữ liệu bản đồ GIS vào GAMA

Chuyển phương trình thành giải thuật phương trình cụ thể của lập trình với các thông số là các biến được nạp vào từ dữ liệu GIS và cơ sở dữ liệu. Phương trình sẽ tính kết quả khi chạy mô phỏng theo thời gian để cho ra kết quả là các mức độ xâm nhập mặn. Xuất các kết quả đầu ra cho mô phỏng, đầu ra kết quả bản đồ xâm nhập mặn theo từng tháng diễn biến trong từng năm ở 3 mức thấp, trung bình, cao. Tương ứng theo đó là bản thống kê diện tích bị xâm nhập mặn ở 3 mức thấp, trung bình, cao cho các đơn vị huyện.

```

<init>
<map over="land_scenario" var="ra">
<map over="time" var="dt">
if condition="dt.ID_year = year water">
<refine when="dt.ID_month-month water mod 10)+1">
<set name="f_number" value="(((dt.day water) -
(10 * ((int ra.Rugosity2) + (int ra.Rugosity3) +
(int ra.Rugosity3) * 3) / 2) / 10) - 12)"/>
</refine>
</if>
</map>
</map>
</init>

<init>
<map over="river_scenario" var="ra">
<map over="time" var="dt">
if condition="dt.ID_year = year water">
<refine when="dt.ID_month-month water mod 10)+1">
<set name="f_number" value="(((dt.day water) -
(10 * ((int ra.Rugosity2) + (int ra.Rugosity3) +
(int ra.Rugosity3) * 3) / 2) / 10) - 12)"/>
</refine>
</if>
</map>
</map>
</init>
    
```

**Hình 10.** Áp dụng phương trình và hiển thị các kết quả đầu ra trong GAMA

**IV. THỰC NGHIỆM**

**A. Khu vực dữ liệu nghiên cứu**

Trong nghiên cứu, chúng tôi đã chọn tỉnh Bạc Liêu làm thí điểm. Bạc Liêu là tỉnh nằm ở phía tây nam của Việt Nam, trong khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, với tọa độ từ 9000'00" đến 9037'30" vĩ độ Bắc và từ 105015'00" đến 105052'30" kinh độ Đông. Chúng tôi mô phỏng hiện trạng xâm nhập mặn cho tỉnh Bạc Liêu dựa trên số liệu thực tế đã có và đã xảy ra. Mô hình mô phỏng giai đoạn này đã được các cơ quan thuộc lĩnh vực môi trường nước ở tỉnh Bạc Liêu so sánh tương ứng với số liệu thực tế đã khảo sát.

Số liệu mực nước biển được đo lấy ở trạm đo ở trạm thủy văn Gành Hào [11]. Số liệu là số liệu đo mực nước giờ và trung bình ngày ở các trạm thủy văn với đơn vị tính cm. Với số liệu đo chi tiết theo từng giờ trong ngày và tất cả các ngày trong tháng. Số liệu đo được ghi chi tiết trên tập tin Excel từ năm 2000 đến năm 2015. Với mô hình mô phỏng chạy theo tháng nên chúng tôi đã xử lý dữ liệu lấy mức trung bình các ngày trong tháng để cho phù hợp.

Hệ độ cao: Nhà nước													Đơn vị: cm			
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
72	56	34	7	-24	-36	-39	-30	13	58	87	118	137	142	137	117	
37	43	41	35	25	14	8	13	29	51	72	105	127	135	139	127	
12	32	42	47	44	43	40	36	39	45	61	85	109	123	128	127	
-31	-4	24	44	55	63	63	57	55	54	60	69	90	107	120	124	
-81	-52	-14	25	58	78	87	89	86	75	67	71	77	92	117	127	
-123	-102	-62	-12	35	75	97	103	101	82	71	67	70	83	105	125	
-142	-134	-99	-49	13	67	100	120	114	103	81	66	67	78	110	128	
-142	-147	-134	-84	-20	44	101	130	130	118	99	73	62	71	99	129	
-140	-155	-149	-109	-48	24	88	130	142	128	109	78	60	49	58	87	
-119	-158	-168	-164	-96	-15	65	120	143	146	128	100	68	45	43	65	
-90	-140	-166	-179	-150	-68	23	104	140	153	147	111	82	50	30	36	
-38	-115	-159	-168	-145	-75	16	97	143	153	155	131	100	58	20	9	
14	-57	-120	-152	-148	-104	-30	54	111	149	153	141	112	72	29	-2	
64	9	-55	-106	-133	-118	-56	13	89	134	159	154	136	102	63	17	
90	50	-1	-61	-100	-108	-84	-32	36	104	144	164	157	129	85	34	

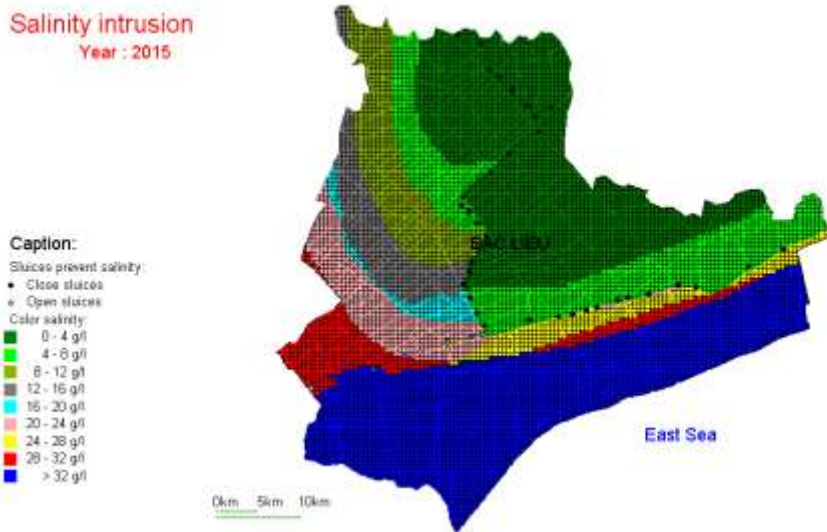
**Hình 11.** Số liệu mực nước đo ở trạm thủy văn

ID_year	ID_month	saltwater_low	saltwater_medium	saltwater_high
2000	1	124	124	124
2000	2	116	116	116
2000	3	110	110	110
2000	4	100	100	100
2000	5	90	90	90
2000	6	79	79	79
2000	7	76	76	76
2000	8	85	85	85
2000	9	102	102	102
2000	10	121	121	121
2000	11	129	129	129
2000	12	128	128	128

Hình 12. Số liệu mực nước được xử lý

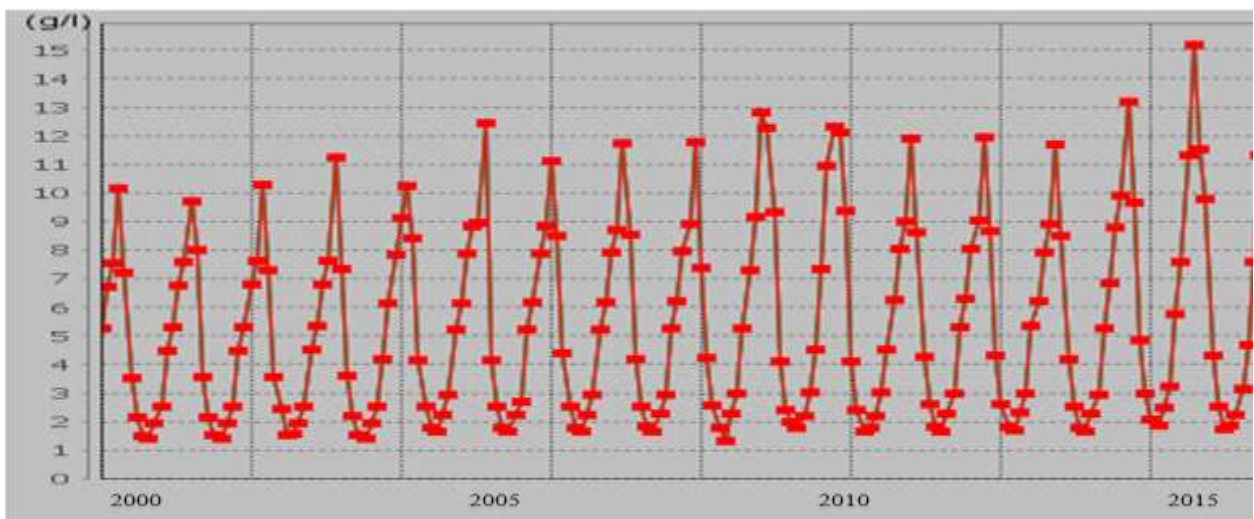
**B. xâm nhập mặn trên hệ thống cống giai đoạn 2000 - 2015**

Từ số liệu thực tế đưa vào mô phỏng cho ra kết quả là bản đồ xâm nhập mặn và kết quả thống kê theo thời gian. Chúng tôi mô phỏng lại cho giai đoạn 2000 – 2015, thấy được biến đổi khí hậu làm xâm nhập mặn các năm gần đây càng cao càng phức tạp. Điển hình vào năm 2015 có mức độ ngập xâm nhập mặn vào tháng cao nhất 2015.



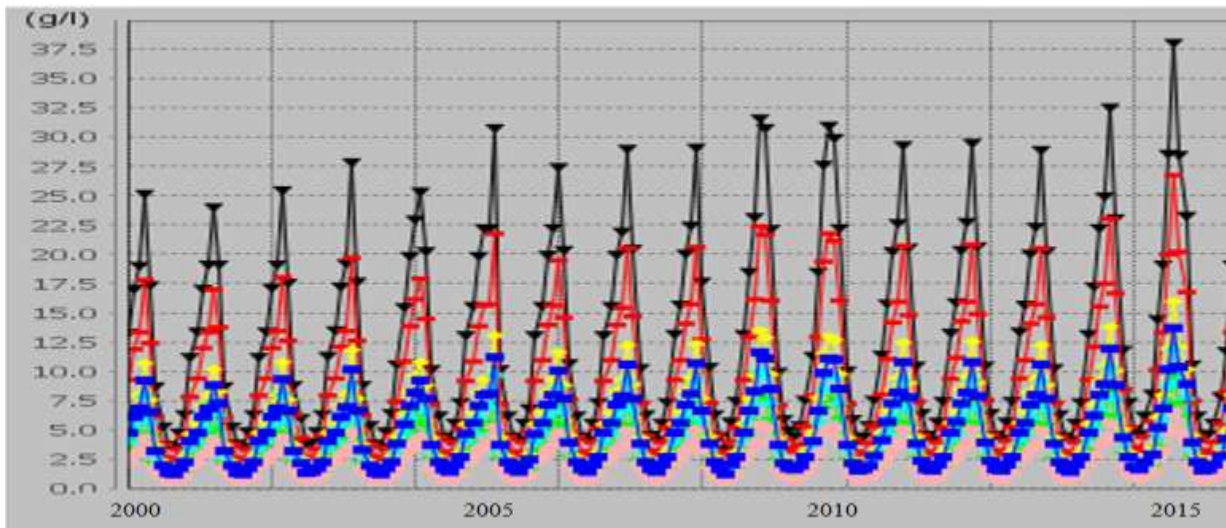
Hình 13. Mức độ xâm nhập mặn tháng cao nhất năm 2015.

Tiến hành chạy mô phỏng theo từng tháng qua các năm từ số liệu (2000 - 2015), sau đó tiến hành thống kê diện tích ngập mức cao – thấp – trung bình cho giai đoạn 2000 - 2015.



Hình 14. Thống kê mức độ xâm nhập mặn qua các năm 2000 - 2015.

Qua quan sát thống kê cho thấy, đường biên ngày càng rộng và cao lên ứng với tình hình xâm nhập mặn ở tỉnh Bạc Liêu có xu thế tăng và đi sâu vào trong nội đồng. Năm 2000 độ mặn trung bình của tháng cao nhất chỉ có 10 g/l đến năm 2005 tăng tới hơn 12 g/l, năm 2009 tăng tới 13 g/l và năm 2015 là gần 15 g/l. Với mực nước biển ngày càng tăng lên sẽ dự báo cho tương lai tình hình xâm nhập mặn rất phức tạp.



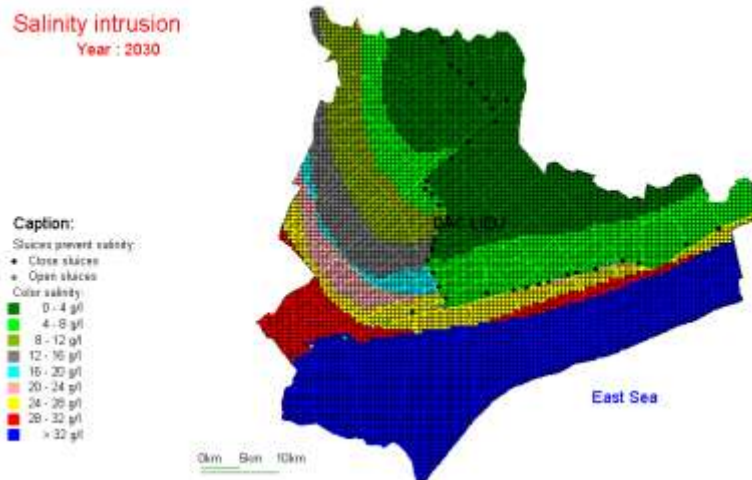
Hình 15. Thống kê mức xâm nhập độ mặn cho các đợ vị huyện qua các năm 2000 - 2015.

Nhìn chung, độ mặn trên sông chính và các kênh thông ra biển trong các năm qua có xu hướng tăng nhưng không nhiều. Trong nội đồng mặn có xu thế giảm nhờ các công trình thủy lợi và hệ thống cống ngăn mặn. Ở khu vực quy hoạch vùng ngọt hóa gồm các huyện Vĩnh Lợi, Phước Long (50% diện tích), Hồng Dân (30% diện tích), Hòa Bình (40% diện tích), Giá Rai (20% diện tích) để trồng lúa độ mặn luôn dũ ở mức dưới 4 g/l. Khoảng 1/3 diện tích vùng mặn sát biển độ mặn cao khu vực này chỉ phù hợp để nuôi tôm gồm các huyện Hòa Bình (60% diện tích), Tp. Bạc Liêu, Đông Hải, các tháng mùa khô độ mặn trên 28 g/l ăn sâu vào cách bờ biển khoảng 5 km. Riêng khu vực vùng ngọt hóa 2 (phía Tây Nam) gồm các huyện Phước Long (50% diện tích), Hồng Dân (70% diện tích), Giá Rai (80% diện tích).

Qua việc kiểm thử chạy mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống cống cho kết quả gần sát với thực tế qua giai đoạn 2000 – 2015 đã xảy ra. Với phương pháp xây dựng mô hình này đã đáp ứng được việc mô phỏng xâm nhập mặn qua việc vận hành hệ thống cống hiện tại của tỉnh Bạc Liêu nói riêng và của vùng ĐBSCL nói chung. Mô hình phù hợp với thực tế thông qua kết quả thu được và chấp nhận được.

### C. Kịch bản 1: Xâm nhập mặn trên hệ thống cống đóng giai đoạn 2016 - 2030

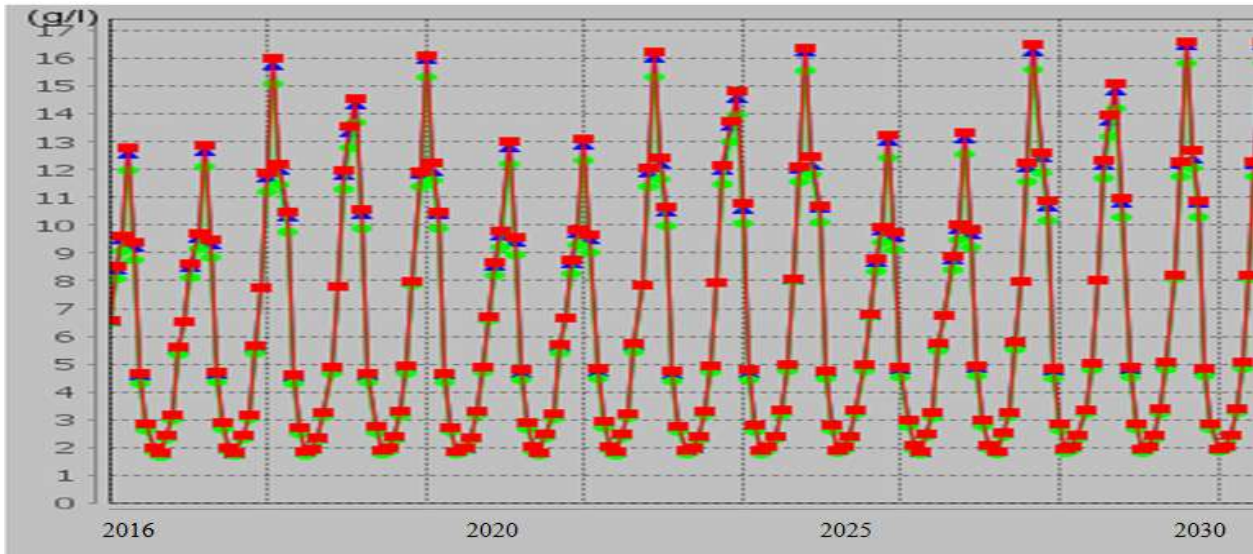
Qua mô phỏng kiểm thử giai đoạn 2000 – 2015 và kết hợp với dự đoán mực nước biển dâng lên trong tương lai. Chúng tôi đề xuất kịch bản 1 (Xâm nhập mặn trên hệ thống cống đóng giai đoạn 2016 – 2030) để cho thấy mức độ xâm nhập mặn trong tương lai tăng lên rất cao theo từng năm, tiềm ẩn nguy cơ phức tạp. Chúng tôi chọn điển hình năm 2030 cuối giai đoạn này để thể hiện qua bản đồ xâm nhập mặn khi có sự hoạt động của hệ thống cống ngăn mặn được đóng để ngăn mặn. Trong năm 2030 vào mùa khô, từ tháng 2 đến tháng 5 có mức độ mặn cao nhất do lượng mưa ít, khô hạn, nước biển đi vào khi gặp hệ thống cống ngăn mặn sẽ bị ngăn lại. Mùa mưa, từ tháng 7 đến tháng 10 lượng mưa nhiều nên độ mặn giảm mạnh vì nước ngọt trong vùng ngọt hóa được xả ra vùng mặn.



Hình 16. Kết quả mô phỏng kịch bản 1 xâm nhập mặn tháng cao nhất năm 2030 (hệ thống cống đóng)

Khi hệ thống cống ngăn mặn hoạt động (đóng cống khi nước mặn vào) vào các tháng mùa khô diện tích xâm nhập mặn có độ mặn trên 4 g/l chiếm hơn trên 50% - 60% diện tích của tỉnh. Dẫn đến trong các tháng này diện tích canh tác nông nghiệp rất ít và khó khăn ở vùng mặn, hầu hết diện tích chỉ có thể nuôi thủy sản. Các tháng trong mùa mưa

(tháng 7 đến tháng 11), diện tích xâm nhập mặn có độ mặn trên 4 g/l cũng còn khoảng 30% diện tích toàn tỉnh. Vào mùa này, một nửa diện tích (độ mặn > 4 g/l) thích hợp để nuôi thủy sản và diện tích còn lại để sản xuất nông nghiệp hoặc kết hợp mô hình lúa – tôm.

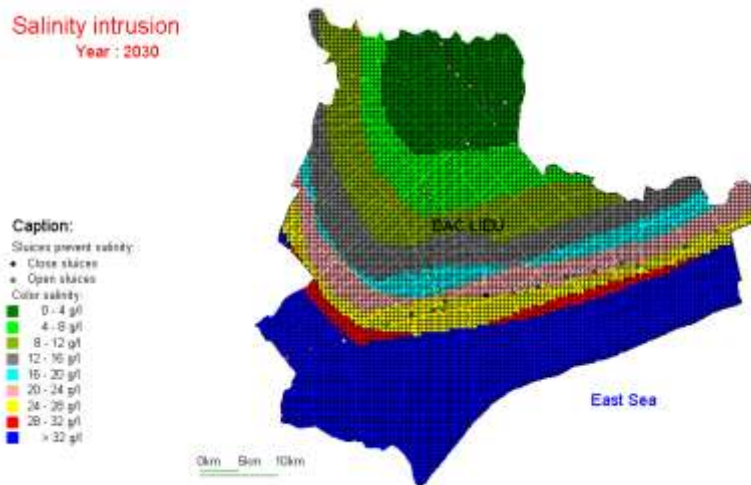


Hình 17. Kết quả mô phỏng kịch bản 1 thống kê xâm nhập mặn giai đoạn 2016 - 2030 (hệ thống công đóng).

Mặc dù có sự hỗ trợ của hệ thống cống đã xây dựng nhưng thời gian này vào các tháng mùa khô có mức độ mặn cao hơn 4 g/l chiếm diện tích của tỉnh khá cao hơn 50%. Nhất là các vùng quy hoạch vùng ngọt hóa vẫn bị nhiễm mặn, nguồn nước ngọt cạn kiệt thiếu nước sản xuất. Diện tích nhiễm mặn nhiều có thể quy hoạch để nuôi trồng thủy sản sao cho hợp lý và hiệu quả. Vấn đề sản xuất nông nghiệp vào mùa khô là rất khó khăn nhưng nếu vận hành tốt hệ thống cống trữ nước ngọt và ngăn không cho nước mặn vào sẽ làm giảm thiệt hại cho sản xuất nông nghiệp.

#### D. Kịch bản 2: Xâm nhập mặn trên hệ thống cống mở giai đoạn 2016 - 2030

Qua mô phỏng kiểm thử giai đoạn 2000 – 2015 và kết hợp với dự đoán mực nước biển dâng lên trong tương lai. Chúng tôi đề xuất kịch bản 2 (Xâm nhập mặn trên hệ thống cống mở giai đoạn 2016 – 2030) để cho thấy mức độ xâm nhập mặn trong tương lai phức tạp ra sao khi hệ thống cống ngăn mặn không vận hành. Chúng tôi cũng chọn điển hình năm 2030 cuối giai đoạn này để thể hiện qua bản đồ xâm nhập mặn khi không có sự hoạt động của hệ thống cống ngăn mặn. Trong năm 2030 vào mùa khô, từ tháng 2 đến tháng 5 có mức độ mặn cao nhất do lượng mưa ít, khô hạn, nước biển đi sâu vào phía trong nội đồng. Với kịch bản 2 này thì mùa khô không thể sản xuất nông nghiệp trồng lúa được vì hầu như diện tích đều nhiễm mặn. Cộng thêm khô hạn không có mưa thì coi như đất vùng nông nghiệp để trống. Vào mùa mưa, từ tháng 7 đến tháng 10 lượng mưa nhiều và nước lũ đổ về nhiều nên độ mặn giảm và nước ngọt chảy tự do ra biển không điều tiết được nước ngọt để sản xuất nông nghiệp hiệu quả lúc dư lúc thiếu.

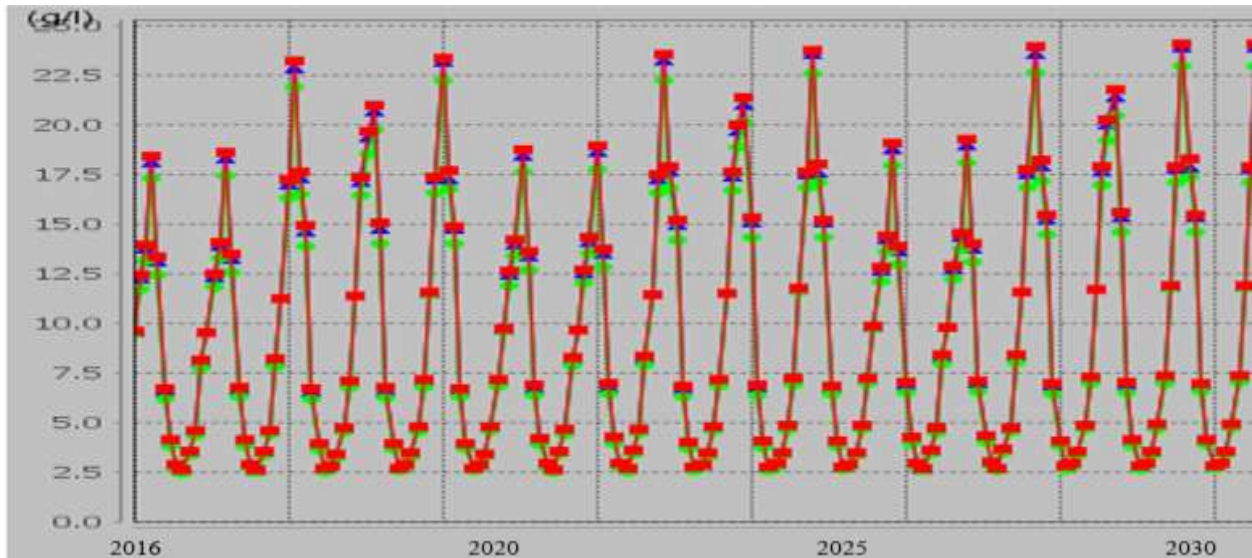


Hình 18. Kết quả mô phỏng kịch bản 2 xâm nhập mặn tháng cao nhất năm 2030 (hệ thống cống mở)

Qua bản đồ xâm nhập mặn, khi hệ thống cống ngăn mặn không hoạt động khi đó các tháng mùa khô (tháng 1 đến tháng 5) diện tích xâm nhập mặn có độ mặn trên 4 g/l chiếm gần 90% diện tích của tỉnh. Nhìn chung các tháng mùa khô, nhất là các tháng 3, 4, 5 có diện tích độ mặn trên 4 g/l gần hết diện tích của tỉnh chiếm 80% - 90% diện tích. Vùng mặn



ven biển có độ mặn cao trên 32 g/l chiếm hơn 35% - 40% diện tích làm cho việc nuôi trồng thủy sản khó khăn hơn.



**Hình 19.** Kết quả mô phỏng kịch bản 1 thống kê xâm nhập mặn giai đoạn 2016 - 2030 (hệ thống công mở).

Qua thống kê sơ đồ cho thấy mức độ xâm nhập mặn sẽ tăng mạnh qua các năm nhất là các tháng mùa khô trong năm. Vấn đề sản xuất nông nghiệp vào mùa khô là rất khó khăn khô hạn thiếu nước ngọt trầm trọng, cộng với nước mặn dư thừa và độ mặn cao cũng khó sản xuất thủy hải sản. Với tình hình xâm nhập mặn này thì dẫn đến nghèo đói thiếu lương thực, thiếu nguồn nước ngọt để sinh hoạt, kinh tế đi xuống và nhiều hệ lụy xấu khác.

Do vậy, qua kịch bản 2: Xâm nhập mặn trên hệ thống công mở giai đoạn 2016 – 2030, cho thấy ảnh hưởng rất xấu đến tỉnh Bạc Liêu, cần có biện pháp khắc phục tình trạng ngập lụt như: quy hoạch lại hệ thống kênh, vét kênh tạo dòng chảy nhằm chia sẻ lượng nước trên các con sông với nhau; xây dựng hệ thống đê điều hợp lý ngăn nước biển và hệ thống đập ngăn mặn ngăn nước biển xâm nhập vào đồng ruộng làm giảm thiệt hại do xâm nhập mặn gây ra.

## V. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã nghiên cứu mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống công tại khu vực ĐBSCL trong bối cảnh vùng ĐBSCL chịu tác động mạnh của xâm nhập mặn trong biến đổi khí hậu. Hướng xâm nhập mặn được xác định theo tuyến hệ thống sông có gắn với hệ thống công ngăn mặn. Trên cơ sở kết quả mô phỏng, nghiên cứu cũng đã tiến hành xây dựng hệ thống sông và hệ thống công ngăn mặn trên khu vực nghiên cứu. Kết quả là bản đồ xâm nhập mặn trên hệ thống công theo thời gian và thống kê mức xâm nhập mặn trên hệ thống công theo thời gian cho các đơn vị hành chính (huyện, tỉnh) trên địa bàn một tỉnh được chọn thí điểm (tỉnh Bạc Liêu) trên địa bàn khu vực ĐBSCL. Cũng đã được mô tả chi tiết trên cơ sở xâm nhập mặn trên hệ thống công với dữ liệu trong quá khứ và đưa ra kịch bản dự kiến cho tương lai của cả hai mô hình: hệ thống công ngăn mặn mở; hệ thống công ngăn mặn đóng. Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ mở rộng nghiên cứu mô phỏng xâm nhập mặn trên hệ thống công cho cả khu vực ĐBSCL gắn với vấn đề tác động của thời tiết và biến đổi khí hậu.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] David J. Lieske. Coping with climate change, Environmental Modelling & Software, Vol. 68, pp. 98-109, 2015.
- [2] Donna Kain, Michelle Covi. Visualizing complexity and uncertainty about climate change and sea level rise, Communication Design Quarterly Review, Vol. 1, pp. 46-53, 2013.
- [3] H. E. Pelling, J. A. Mattias Green, S. L. Ward, Modelling tides and sea-level rise: to flood or not to flood, Ocean Modelling, Vol. 63, pp. 21-29, 2013.
- [4] Hoang N. H, Huynh X. H, Nguyen H. T. Simulation of Salinity Intrusion in the Context of the Mekong Delta Region (Vietnam). Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF), IEEE Conference Publications, pp. 1-4, 2012.
- [5] IPCC WGII AR5, Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, 2014.
- [6] IRD/UPMC-UMMISCO. GAMA-platform. <http://code.google.com/p/gama-platform/>
- [7] J. Q. Xia, R. A. Falconer, B. Lin, G. Tan, Estimation of future coastal flood risk in the Severn Estuary due to a barrage, J. Flood Risk Manage, Vol.4, pp. 247-259, 2011.
- [8] Jason R. W. Merrick. Aggregation of forecasts from multiple simulation models, WSC '13: Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference: Simulation: Making Decisions in a Complex World, IEEE Press, pp. 533-542, 2013.
- [9] Reza Ahmadian, Agnieszka I. Olbert, Michael Hartnett, Roger A. Falconer. Sea level rise in the Severn Estuary and Bristol Channel and impacts of a Severn Barrage, J. Computers & Geosciences, Vol. 66, pp. 94-105, 2014.
- [10] Taillandier, P., Drogoul, A. From GIS Data to GIS Agents, Modeling with the GAMA simulation platform, 2010.

- [11] Bảng số liệu thống kê mực nước biển từ năm 2000 đến 2015, Trạm thủy văn Gành Hào, Trung tâm Khí tượng Thủy văn Bạc Liêu, 2015.
- [12] Bộ Tài nguyên và Môi trường Việt Nam. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. NXB Tài nguyên Môi trường và bản đồ Việt Nam, 2012.
- [13] Hoàng Ngọc Hiền, Dương Việt Hằng, Nguyễn Hiếu Trung, Huỳnh Xuân Hiệp. Mô phỏng xâm nhập mặn trên hệ thống sông tại vùng Đồng bằng Sông cửu Long, Kỳ yếu Hội nghị FAIR'2014, NXB Khoa học tự nhiên & Công nghệ, Hà Nội, 2014.
- [14] Hoàng Ngọc Hiền, Triệu Yến Yến, Phan Văn Sa, Huỳnh Xuân Hiệp. Mô phỏng hiện trạng ngập địa hình do nước biển dâng tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long, Kỳ yếu Hội nghị GIS'2014, NXB Đại học Cần Thơ, 2014.
- [15] Lê Quang Cảnh, Lê Văn Thắng, Nguyễn Huy Anh. Ứng dụng GIS xây dựng bản đồ bị tổn thương do nước biển dâng gây ra đối với diện tích đất trồng lúa ở dải ven biển tỉnh Phú Yên, Tạp chí khoa học, Đại học Huế, Tập 74B, Số 5, Trang 17-24, 2012.
- [16] Phạm Tất Thắng, Nguyễn Thu Hiền. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu – Nước biển dâng đến tình hình xâm nhập mặn dải ven biển Đồng bằng Bắc Bộ, Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường – số 37, 2012.
- [17] Trần Đình Hoà. Nghiên cứu công nghệ để thiết kế xây dựng các công trình ngăn sông lớn vùng triều. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, 2008.
- [18] Trần Đình Hoà và nnk. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu công nghệ để thiết kế, xây dựng công trình ngăn sông lớn vùng ven biển”. Hà Nội, 12/2010.
- [19] Trần Thanh Xuân, Trần Thục, Hoàng Minh Tuyển, Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước ở Việt Nam, NXB Khoa học công nghệ, Hà Nội, 2011.
- [20] Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường. Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2010.

## **SIMULATION OF SALINITY INTRUSION IN SLICES SYSTEMS IN THE MEKONG DELTA REGION**

**Hoang Ngoc Hien, Ngo Duc Luu, Nguyen Tran Quoc Vinh, Huynh Xuan Hiep**

**ABSTRACT**— *In this paper, we propose a new approach to the complicated changes problem of saltwater intrusion in the Mekong Delta region. With the planning of system saltwater prevention sluice gates the affect enormous in reducing harmful effects of saltwater intrusion problems in the climate change. We built on technique multi - agent and put into simulation based on the simulation GAMA. Simulation models with two models: open system saltwater prevention sluice gates; closed system saltwater prevention sluice gates (pilot in Bac Lieu Province) on the basis of data in the past and given scenario is expected for the future. The simulation results the saltwater intrusion maps over time, and statistics the saltwater intrusion over time for the administrative units (districts and provinces) of two models: open system saltwater prevention sluice gates; closed system saltwater prevention sluice gates. The degree of the influence of saltwater intrusion was also assessed comparing the two models to support solutions that reduce the damage of saltwater intrusion and climate change.*