

MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA SÔNG VÀ CÔNG LÊN QUÁ TRÌNH XÂM NHẬP MẶN TẠI ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Hoàng Ngọc Hiền^{a*}, Ngô Đức Lưu^a, Huỳnh Xuân Hiệp^b

^aKhoa Công nghệ Thông tin, Trường Đại học Bạc Liêu, Bạc Liêu, Việt Nam

^bKhoa Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ, Cần Thơ, Việt Nam

Lịch sử bài báo

Nhận ngày 05 tháng 01 năm 2017 | Chính sửa ngày 05 tháng 05 năm 2017

Chấp nhận đăng ngày 07 tháng 07 năm 2017

Tóm tắt

Trong bài viết này, với tình trạng xâm nhập mặn diễn biến phức tạp trên hệ thống sông và công ngăn mặn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long hiện nay, chúng tôi đề xuất một tiếp cận mới bằng cách xây dựng mô hình và mô hình hóa xâm nhập mặn dựa trên kỹ thuật đa tác tử và mô phỏng dựa trên nền tảng mô phỏng Gama. Mô hình mô phỏng xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và công ngăn mặn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long được kiểm thử trên cơ sở dữ liệu trong quá khứ và đưa ra kịch bản mô hình dự kiến cho tương lai. Kết quả mô phỏng là bản đồ xâm nhập mặn gắn với hệ thống sông và công ngăn mặn theo thời gian và thống kê mức xâm nhập mặn theo thời gian cho các đơn vị hành chính. Các kết quả về mức độ ảnh hưởng của xâm nhập mặn cũng được đánh giá so sánh với thực tế nhằm hỗ trợ cho các giải pháp làm giảm thiệt hại của xâm nhập mặn và biến đổi khí hậu.

Từ khóa: Bản đồ xâm nhập mặn; Đa tác tử; Gama; Mô phỏng; Thống kê mức xâm nhập mặn.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, 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, vv... 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 (Phạm, 2012), nhất là vào các tháng mùa khô (từ 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 (IPCC WGII AR5, 2014).

*Tác giả liên hệ: Email: hnhien@blu.edu.vn

Việc quy hoạch hệ thống sông và công ngăn mặn ở ĐBSCL hiện nay đang được vận hành và xây dựng mới với mục đích làm giảm tác hại của vấn đề xâm nhập mặn trong biến đổi khí hậu (Hoang, Huynh, & Nguyen, 2012). 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 km, có hình dáng dạng bán đảo ba mặt giáp biển (Nguyễn và ctg., 2010).

Với tình hình xâm nhập mặn ở ĐBSCL diễn biến như hiện nay, việc sử dụng hệ thống sông và vận hành hệ thống công ngăn mặn chưa hợp lý (do người dân tự ý lấy nước mặn vào vùng ngọt) nên việc sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản gặp nhiều bất lợi, mùa vụ thất bát, đời sống người dân gặp khó khăn (IPCC WGII AR5, 2014). Việc người dân có xu hướng đổ xô lên các thành phố để lao động đã gây khó khăn cho việc quản lý con người. Các nhà quản lý, nhà khoa học đã và đang nghiên cứu đưa ra những giải pháp trong việc quy hoạch hệ thống sông và công ngăn mặn để nhằm khắc phục và phòng chống xâm nhập mặn.

Chúng tôi nghiên cứu và đề xuất một cách tiếp cận mới cho việc xây dựng mô hình xâm nhập mặn do ảnh hưởng của hệ thống sông và công ngăn mặn 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 bằng công cụ Gama; Tiến hành xây dựng thiết lập được hệ thống thông tin mô phỏng, với mô hình xâm nhập mặn ảnh hưởng bởi hệ thống sông và công ngăn mặn, trên cơ sở dữ liệu trong quá khứ để kiểm tra tính đúng của mô hình và đưa ra kịch bản dự đoán cho tương lai; 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 thành năm phần: Phần thứ nhất giới thiệu chung về xâm nhập mặn vùng ĐBSCL và hướng giải quyết. Phần thứ hai trình bày cách xây dựng mô hình xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và công ngăn mặn. Phần thứ ba trình bày cách mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông và công ngăn mặn. Phần thứ tư thực nghiệm mô phỏng mô hình xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và

công ngăn mặn bằng công cụ Gama. Tóm tắt kết quả quan trọng và hướng phát triển được nêu ra ở phần cuối cùng.

2. NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Vấn đề biến đổi khí hậu vùng ven biển ĐBSCL đã và đang được nghiên cứu và ứng phó. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam của Phạm (2012) đã đưa ra những thông tin cơ bản về xu thế biến đổi khí hậu, nước biển dâng của Việt Nam trong tương lai, tương ứng với các kịch bản khác nhau về phát triển kinh tế - xã hội toàn cầu dẫn đến các tốc độ phát thải khí nhà kính khác nhau. Các kịch bản phát thải của nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển theo kịch bản phát thải thấp/trung bình/cao đã cho thấy được mức nước biển dâng trong tương lai thông qua hình ảnh bản đồ và bảng số liệu.

Hoàng, Triệu, Phan, và Huỳnh (2014) đã nghiên cứu mô phỏng mô hình ngập địa hình do nước biển dâng trên địa bàn khu vực ĐBSCL trong bối cảnh khu vực này đang chịu tác động mạnh của biến đổi khí hậu. Nghiên cứu của Hoàng và ctg. (2014) cũng đã tiến hành xây dựng bản đồ số thể hiện quá trình ngập địa hình do nước biển dâng thông qua bản đồ ngập/nguy cơ ngập theo thời gian. Các thống kê về diện tích ngập theo thời gian theo từng đơn vị hành chính (cấp tỉnh, cấp huyện) trên địa bàn khu vực ĐBSCL cũng đã được mô tả chi tiết trên cơ sở các kịch bản ngập địa hình do nước biển dâng trong quá khứ và cho các giai đoạn trong tương lai.

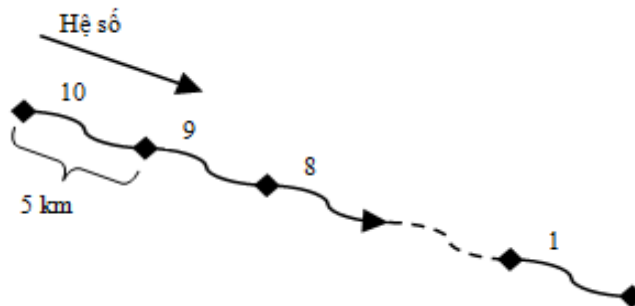
Mô phỏng quá trình xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL trong nghiên cứu của Hoàng, Dương, Nguyễn, và Huỳnh (2014) cho thấy quá trình xâm nhập mặn được mô phỏng trên hệ thống sông/kênh và trên diện tích của tỉnh Bạc Liêu (thiết kế từ GIS) chạy trên nền mô phỏng Gama. Nghiên cứu cũng đã tiến hành xây dựng bản đồ số thể hiện quá trình nhiễm/xâm nhập mặn đã được hình thành và sự thay đổi đường đẳng mặn theo thời gian. Các thống kê về diện tích nhiễm mặn theo thời gian và thống kê độ mặn trung bình theo từng đơn vị hành chính (cấp tỉnh, cấp huyện). Kết quả mô phỏng sẽ cho ra các đường đẳng mặn, diện tích mặn, thống kê độ mặn trung bình giữa các vùng, thống kê độ xâm nhập mặn qua các giai đoạn 2000-2010 và 2011-2020.

3. MÔ HÌNH XÂM NHẬP MẶN ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG SÔNG VÀ CỐNG NGĂN MẶN

3.1. Mô hình hệ thống sông

Để nghiên cứu dự báo độ mặn trên sông, thông thường dòng sông và dòng kênh được chia ra nhiều đoạn, mỗi đoạn khoảng 10 km, tại mỗi nút ứng với các trạm đo thực tế (Hoàng và ctg., 2014). Vì nghiên cứu trên địa bàn nhỏ, nên chúng tôi đã chia sông/kênh ra các đoạn khoảng 5 km để tăng độ chính xác. Khu vực nghiên cứu 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.

Sau khi tiến hành chia sông và kênh theo chiều dài mỗi đoạn tương ứng 5 km thực tế, chúng tôi đã đánh hệ số sông f_1 và f_2 ($f_1 > f_2$) cho từng đoạn. Theo hướng xâm nhập mặn từ biển vào nội đồng qua dòng sông và dòng kênh, các đoạn sẽ được đánh số theo thứ tự giảm dần (10, 9...) và sông lớn vào sông nhỏ (5, 4...) (Hình 1).



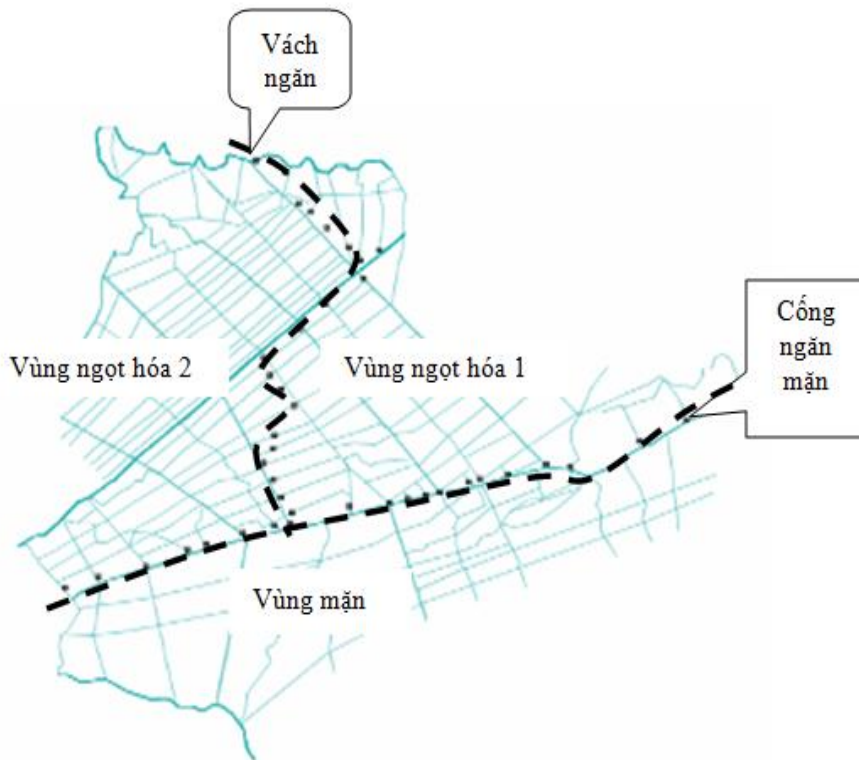
Hình 1. Xây dựng hệ số phân chia trên hệ thống sông

3.2. Mô hình hệ thống cống ngăn mặn

Trong thực tế, việc xây dựng hệ thống cống ngăn mặn để chặn ngang các con sông và dòng kênh sẽ được quy hoạch theo hệ thống 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. Chúng tôi xem hệ thống cống ngăn mặn 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 trở nên không có tác dụng) và khi đóng hệ thống cống ngăn mặn thì vùng ngọt hóa sẽ được khu biệt.

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



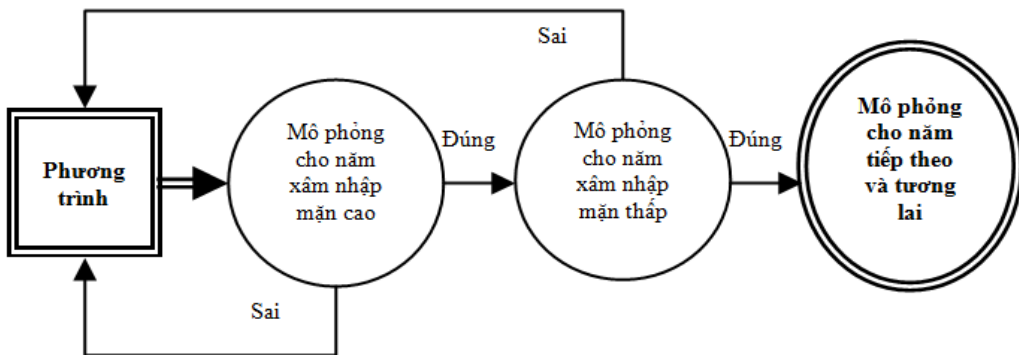
Hình 2. Hệ thống cống ngăn mặn phân chia vùng mặn và vùng ngọt hóa

3.3. Phương trình cho mô hình xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và cống ngăn mặn

Hướng xâm nhập mặn theo hệ thống sông từ biển đi vào nội đồng theo địa hình thực tế (Trần, 2008). Từ hệ thống cống thực tế, chúng tôi tiến hành xác định vách ngăn phân chia riêng biệt vùng mặn và vùng ngọt hóa. Nước biển theo dòng sông hoặc dòng kênh đi vào trong nội đồng khi gặp hệ thống cống (vách ngăn) sẽ không đi tiếp mà chỉ dâng và tràn ra xung quanh địa hình. Hướng xâm nhập mặn qua hệ thống sông và cống

ngăn mặn 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 sông và cống ngăn mặn (chịu ảnh hưởng của các yếu tố chính là mực nước biển đi vào làm độ mặn tăng lên), chúng tôi xây dựng và đề xuất phương trình cho xâm nhập mặn trên hệ thống sông và cống ngăn mặn với phương pháp quy trình như trong Hình 3.



Hình 3. Xây dựng phương trình cho mô hình

Các yếu tố biến chính (do chúng tôi chỉ thu được số liệu về các yếu tố này) 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 do ảnh hưởng của hệ thống sông và cống ngăn mặn được như sau:

$$Y = (S \times f) \times h \quad (1)$$

Phương trình (1) được đề xuất do được xây dựng sát với thực tế và số liệu hiện có. Tuy còn thiếu một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình xâm nhập mặn (do không có số liệu) nhưng mô hình này vẫn cho kết quả phù hợp với thực tế.

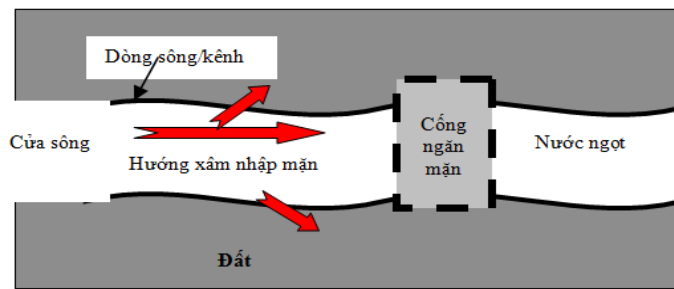
4. MÔ PHỎNG XÂM NHẬP MẶN ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG SÔNG VÀ CỐNG NGĂN MẶN

4.1. Diễn biến quá trình xâm nhập mặn trên sông và cống

Quá trình xâm nhập mặn trên hệ thống sông và cống ngăn mặn diễn biến như sau: 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 dòng 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 được vận hành (đóng công ngăn mặn) thì nước mặn sẽ bị chặn lại, và không vào được ranh giới vùng ngọt hóa từ vách ngăn (Hình 4).

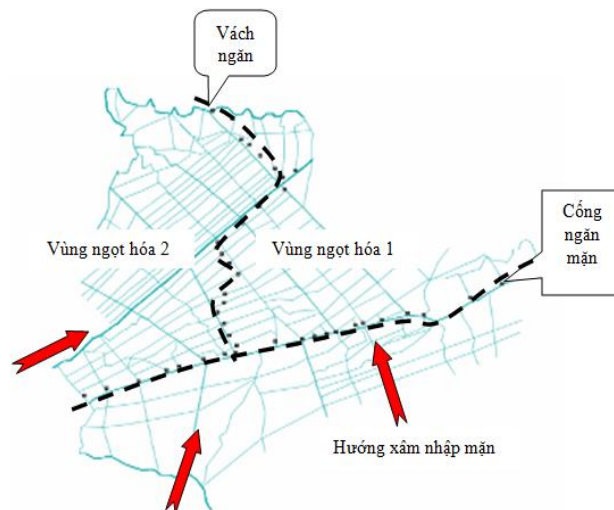
Với hướng xâm nhập mặn như mô tả, chúng tôi áp dụng phương trình (1) để tính toán độ mặn trên sông và trên đất (độ mặn chỉ đo trên sông trong thực tế).



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

4.2. Quá trình xâm nhập mặn khi hệ thống công ngăn mặn vận hành (đóng cống)

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

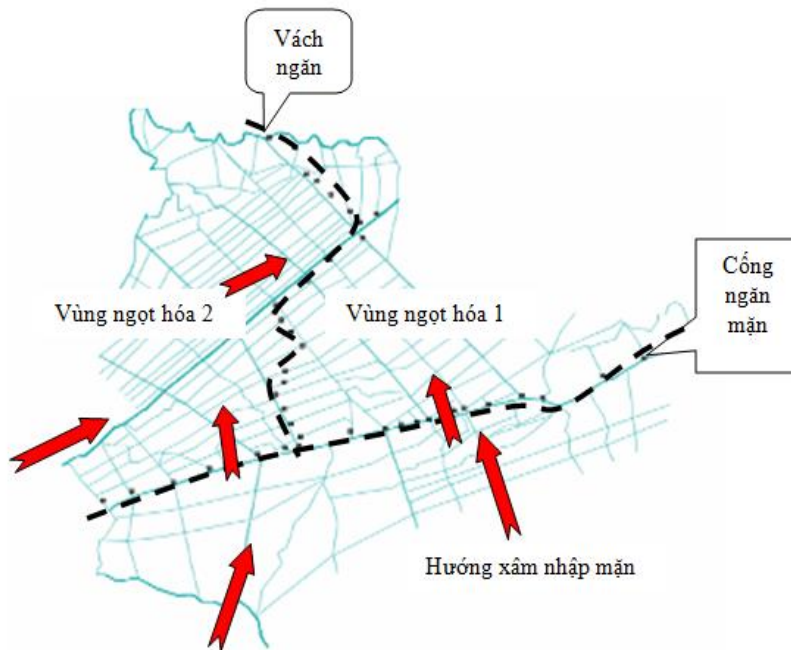


Hình 5. Hướng xâm nhập mặn khi đóng hệ thống cống

Áp dụng phương trình (1) vào mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống cống như sau: Khi hệ thống cống có chế độ đóng cống (*on*), thì vùng mặn $f = f_1$ và vùng ngọt hóa $f = f_2$.

4.3. Quá trình xâm nhập mặn khi nước mặn tràn qua hệ thống cống ngăn mặn

Khi nước biển dâng cao hơn độ cao của hệ thống cống 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. Chúng tôi áp dụng đưa phương trình (1) vào mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông và cống ngăn mặn như sau: Khi hệ thống cống có chế độ đóng cống (*on*), thì vùng mặn $f = f_1$ và vùng ngọt hóa bị nước mặn tràn vào nên $f = (f_1 + f_2)/2$.



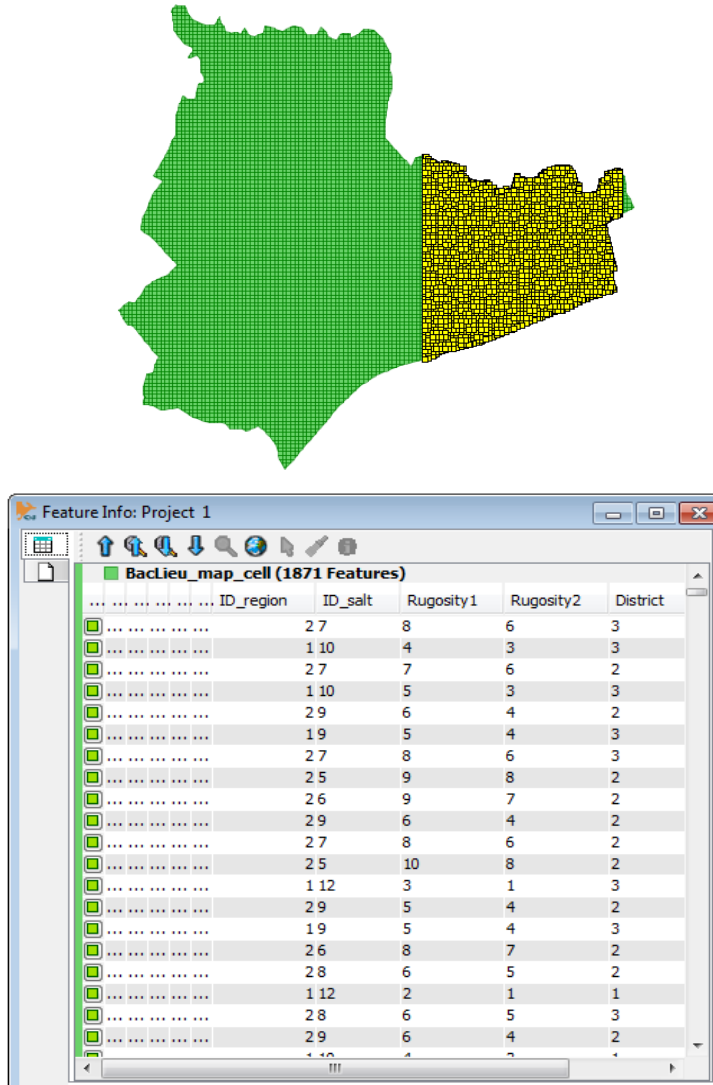
Hình 6. Hướng xâm nhập mặn vượt qua khi đóng hệ thống cống

4.4. Công cụ sử dụng cho mô hình

4.4.1. Công cụ Geographic Information System (GIS)

Sử dụng công cụ GIS (Taillandier & Drogoul, 2010) 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 7. Tác tử hệ thống sông/kênh và hệ thống cống và cơ sở dữ liệu GIS

4.4.2. Công cụ lập trình Gama

Quá trình mô phỏng được thực hiện trên nền công cụ Gama với bước đầu tiên là nạp dữ liệu bản đồ (địa lý, hệ thống sông, cống 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 cống 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/slucies_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 8. 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 số liệu được nạp vào từ dữ liệu GIS và cơ sở dữ liệu. Phương trình sẽ tính toán 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, và cao. Tương ứng theo đó là bản thống kê diện tích bị xâm nhập mặn ở 3 mức thấp, trung bình, và cao cho các đơn vị huyện và cả tỉnh.

```

<reflex>
  <loop over="land_scenario" var="rs">
    <loop over="data" var="da">
      <if condition="da.ID_year = year_water">
        <reflex when="da.ID_month=(month_water mod 12)+1">
          <set name="F_number" value="(((da.Max_water) -
            ((10 * ((int rs.Rugosity1) + (int rs.Rugosity2) +
              (int rs.Rugosity3) + 3)) / 2)) / 10) - 12)"/>
        </reflex>
      </if>
    </loop>
  </loop>
</reflex>

<output>
  <display name="Scenario Level Max" refresh_every="10">
    <species name="land_scenario" aspect="basic" />
    <species name="river_scenario" aspect="basic" />
    <chart type="pie" name="chart_color_max" background="rgb 'lightGray'"
      size="{0.2, 0.33}" position="{0.80, 0.0}">
      <data name="0(cm)" color="green" value="(length (list
        land_scenario where (each.count_color_max = 'F')))"
        style="exploded"/>
    </chart>
  </display>
  <display name="Chart statistics" refresh_every="10">
    <chart type="series" name="chart_statistics" background="rgb
      'lightGray'" size="{0.9, 0.8}" position="{0.05, 0.15}" >
      <data name="Max statistics" color="red" value="((length
        (list land_scenario where (each.count_color_max = 'S')))/8303)
        * 100" style="line" />
    </chart>
  </display>
</output>

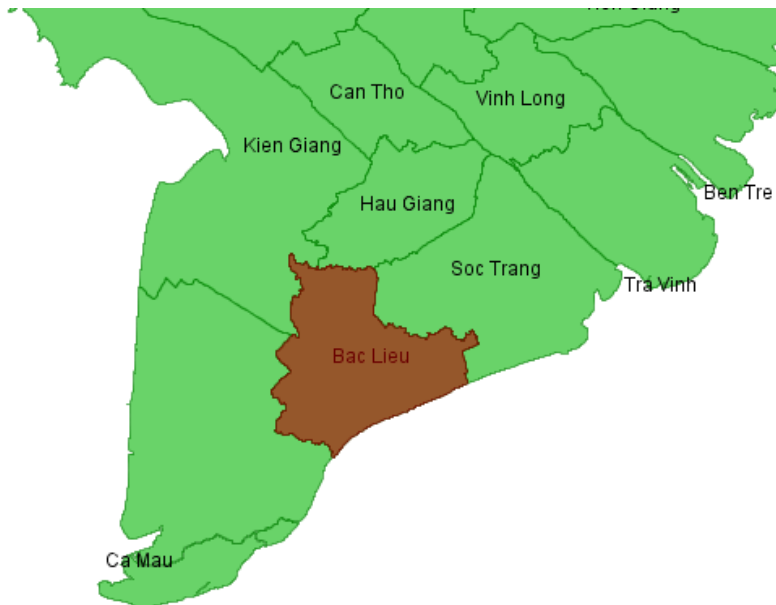
```

Hình 9. Áp dụng phương trình và hiển thị các kết quả đầu ra trong Gama

5. THỰC NGHIỆM

5.1. Khu vực dữ liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã chọn tỉnh Bạc Liêu làm thí điểm đại diện cho vùng ĐBSCL. Bạc Liêu là tỉnh nằm ở phía Tây Nam của Việt Nam, trong khu vực ĐBSCL, 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 trên hệ thống sông và cống ngăn mặn. 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 và đo đạc.



Hình 10. Khu vực nghiên cứu thí điểm

Số liệu mực nước biển được đo lấy ở Trạm Thủy văn Gành Hào (Bảng số liệu thống kê mực nước biển từ năm 2000 đến 2015). Số liệu đo mực nước giờ và trung bình ngày ở các trạm thủy văn với đơn vị tính là 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. Từ số liệu mực nước giờ và trung bình ngày, trích xuất và tính toán các số liệu đặc trưng theo từng tháng.

Bảng 1. Số liệu mực nước đo ở trạm thủy văn

Ngày / giờ	Trạm thủy văn Gành Hào		Hệ độ cao: Nhà nước																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/01/2012	61	35	21	19	32	58	70	76	72	56	34	7	-24	-36	-39	-30	13	58	87	118	137	142	137	117
02/01/2012	85	49	20	-1	-7	6	16	26	37	43	41	35	25	14	8	13	29	51	72	105	127	135	139	127
03/01/2012	100	66	32	1	-24	-30	-21	-6	12	32	42	47	44	43	40	36	39	45	61	85	109	123	128	127
04/01/2012	104	72	30	-7	-34	-50	-59	-50	-31	-4	24	44	55	63	63	57	55	54	60	69	90	107	120	124
05/01/2012	119	102	70	27	-22	-62	-93	-97	-81	-52	-14	25	58	78	87	89	86	75	67	71	77	92	117	127
...
26/01/2012	45	94	140	170	178	164	126	57	-10	-78	-118	-133	-112	-65	8	80	126	151	151	132	102	62	23	9
27/01/2012	24	66	115	149	175	170	140	96	41	-34	-80	-113	-110	-77	-16	52	115	149	158	140	111	67	26	-16
28/01/2012	-21	8	44	93	124	139	131	100	50	-6	-60	-94	-112	-82	-36	22	84	133	146	138	119	84	36	-11
29/01/2012	-44	-37	-5	28	60	97	119	108	79	39	-2	-40	-67	-61	-35	12	65	116	141	151	138	108	75	35
30/01/2012	-3	-23	-14	4	28	62	87	87	76	53	27	-3	-16	-19	2	34	71	110	133	147	140	128	100	59
31/01/2012	22	-12	-26	-23	-8	22	43	61	68	60	52	41	23	14	7	23	52	80	110	130	138	132	119	84

Bảng 1. Số liệu mực nước đo ở trạm thủy văn (tiếp theo)

Trạm thủy văn Gành Hào ...					
Ngày / giờ	...	SUM	TB	Max	Min
01/01/2012	...	1221	51	142	-39
02/01/2012	...	1195	50	139	-7
03/01/2012	...	1131	47	128	-30
04/01/2012	...	956	40	124	-59
05/01/2012	...	946	39	127	-97
...
26/01/2012	...	1302	54	178	-133
27/01/2012	...	1348	56	175	-113
28/01/2012	...	1029	43	146	-112
29/01/2012	...	1080	45	151	-67
30/01/2012	...	1270	53	147	-23
31/01/2012	...	1212	51	138	-26

Bảng 2. Số liệu mực nước được xử lý

ID_year	ID_month	Avg_water	Max_water	Min_water
2000	1	144.0	180.0	124.0
2000	2	141.0	165.0	103.0
2000	3	130.0	164.0	82.0
2000	4	121.0	157.0	67.0
2000	5	118.0	152.0	89.0
2000	6	109.0	150.0	76.0
2000	7	112.0	154.0	77.0
2000	8	104.0	143.0	77.0
2000	9	122.0	167.0	50.0
2000	10	137.0	177.0	77.0
2000	11	154.0	186.0	102.0
2000	12	144.0	177.0	102.0
2015	1	181.6	181.8	181.4
2015	2	174.5	174.7	174.3
2015	3	174.2	174.4	174.0
2015	4	170.5	170.7	170.3
2015	5	157.8	158.0	157.6
2015	6	145.3	145.5	145.1
2015	7	146.0	146.2	145.8
2015	8	152.3	152.5	152.1
2015	9	172.3	172.5	172.1
2015	10	193.5	193.7	193.3
2015	11	193.8	194.0	193.6
2015	12	186.7	186.9	186.5

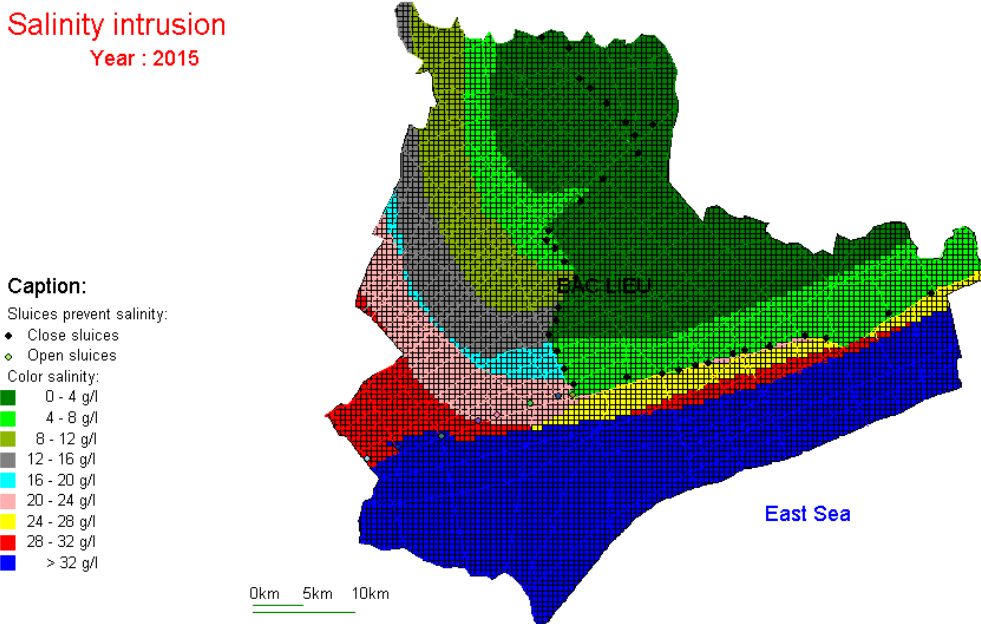
- Trích xuất các giá trị lớn nhất ngày tháng (chuỗi A);
- Từ chuỗi A tiếp tục tính: Chọn giá trị lớn nhất của chuỗi; Chọn giá trị nhỏ nhất của chuỗi; Tính giá trị trung bình của chuỗi;
- Tính toán như trên cho các tháng còn lại của năm và cho toàn bộ bảng số liệu;
- Dùng số liệu theo bảng đã tính toán để làm đầu vào cho mô hình, trong đó: Mô

phông ở mức thấp; Mô phông ở mức trung bình; và Mô phông ở mức cao;

- Kiểm tra tính toán cho mô hình: Từ số liệu đã xử lý kết hợp với số liệu dự đoán mực nước biển dâng để tính cho kịch bản tương lai.

5.2. Xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và cống ngăn mặn giai đoạn 2000-2015

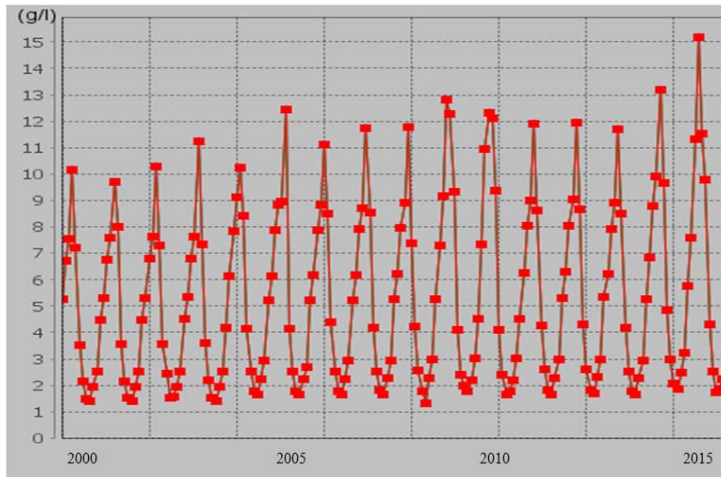
Kết quả mô phỏng là bản đồ xâm nhập mặn và kết quả thống kê theo thời gian. Chúng tôi mô phỏng lại cho giai đoạn 2000-2015, thấy rằng biến đổi khí hậu làm xâm nhập mặn ngày càng cao và phức tạp trong những năm gần đây. Điển hình là năm 2015 có mức độ ngập xâm nhập mặn vào tháng cao nhất 2015.



Hình 11. Mức độ xâm nhập mặn tháng cao nhất năm 2015

Chúng tôi tiến hành chạy mô phỏng theo từng tháng qua các năm từ số liệu 2000-2015, sau đó tiến hành thống kê diện tích xâm nhập mặn cho giai đoạn 2000-2015. Kết quả 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 gam/lít (g/l); Tăng lên mức hơn 12 g/l trong năm 2005; 13 g/l vào năm 2009; và gần 15 g/l trong năm 2015. Mực nước biển ngày càng tăng lên

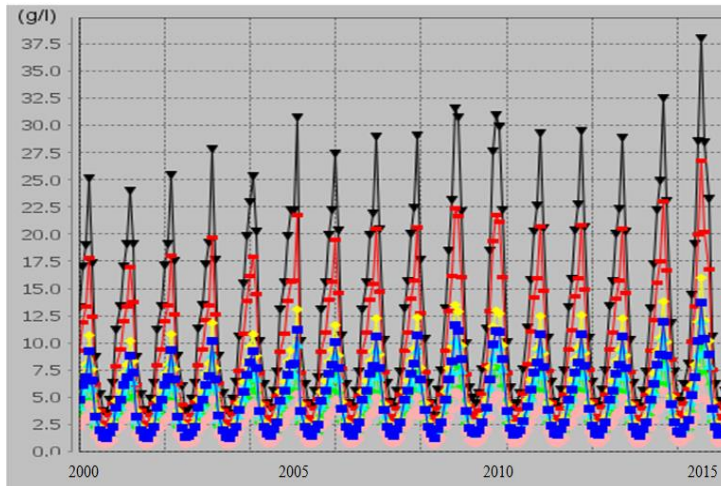
cho thấy tình hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông và cống ngăn mặn ở khu vực này sẽ diễn biến rất phức tạp trong tương lai.



Hình 12. Thống kê mức độ xâm nhập mặn giai đoạn 2000-2015

Nhìn chung, kết quả mô phỏng cho thấy 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 độ mặn có xu thế giảm nhờ các công trình thủy lợi đưa nước ngọt từ Sông Hậu về và hệ thống cống ngăn mặn không cho nước mặn vào vùng ngọt hóa. Ở khu vực quy hoạch vùng ngọt hóa gồm các huyện Vĩnh Lợi (50% diện tích), 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 dữ ở mức dưới 4 g/l. Khoảng 1/3 diện tích vùng mặn sát biển có độ mặn cao, phù hợp để nuôi tôm, bao gồm các huyện Hòa Bình (60% diện tích), thành phố Bạc Liêu, Đông Hải. Ở khu vực này vào các tháng mùa khô thì độ mặn trên 28 g/l, ăn sâu vào cách bờ biển khoảng 5 km.

Việc kiểm thử chạy mô phỏng mô hình xâm nhập mặn trên hệ thống sông và cống ngăn mặn cho thấy gần sát với thực tế ở giai đoạn 2000-2015. Phương pháp xây dựng mô hình này đã đáp ứng được việc mô phỏng xâm nhập mặn qua việc quy hoạch hệ thống sông và vận hành hệ thống cống ngăn mặn hiện tại của tỉnh Bạc Liêu nói riêng và của vùng ĐBSCL nói chung.



Hình 13. Thống kê mức xâm nhập độ mặn cho các huyện giai đoạn 2000-2015

5.3. Kịch bản xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và cống ngăn mặn giai đoạn 2016-2030

Qua mô phỏng kiểm thử giai đoạn 2000-2015 ở trên và kết hợp với dự đoán mực nước biển dâng lên trong tương lai của Phạm (2012), chúng tôi đề xuất kịch bản “Xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và cống ngăn mặn 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 của biến đổi khí hậu. Chúng tôi mô phỏng và chọn năm 2030 làm năm điển hình để thể hiện 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.

Khi hệ thống cống ngăn mặn hoạt động (đóng cống khi nước mặn vào) vào các tháng mùa khô thì diện tích xâm nhập mặn có độ mặn trên 4 g/l chiếm hơn trên 50% - 60% diện tích của tỉnh. Do vậy 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 (từ tháng 7 đến tháng 11), diện tích xâm nhập mặn có độ mặn trên 4 g/l 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 phần diện tích còn lại có thể dùng cho sản xuất nông nghiệp hoặc kết hợp mô hình lúa - tôm.

Salinity intrusion
Year : 2030

Caption:

Sluices prevent salinity:

◆ Close sluices

◇ Open sluices

Color salinity:

0 - 4 g/l

4 - 8 g/l

8 - 12 g/l

12 - 16 g/l

16 - 20 g/l

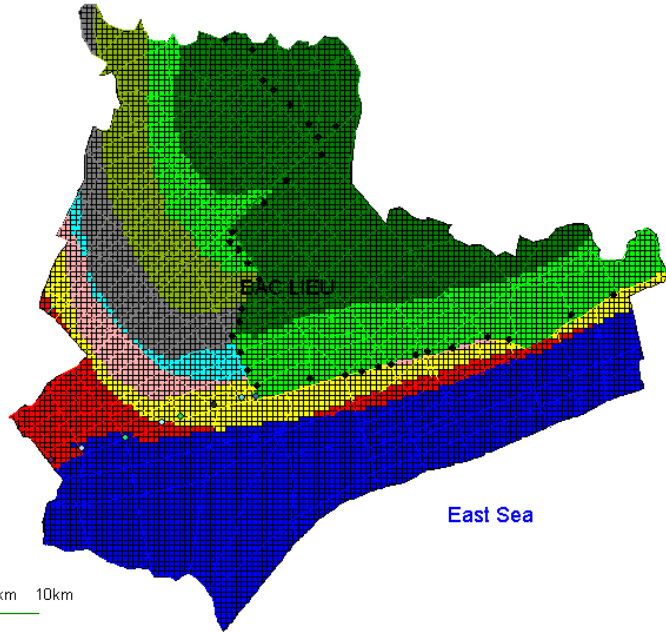
20 - 24 g/l

24 - 28 g/l

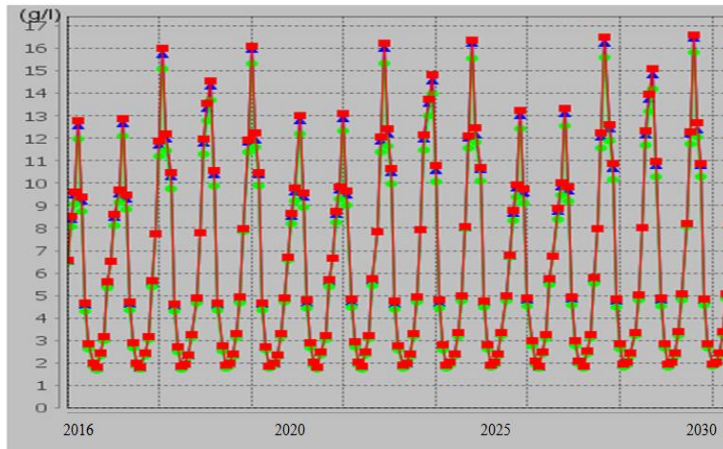
28 - 32 g/l

> 32 g/l

0km 5km 10km



Hình 14. Kết quả mô phỏng kịch bản xâm nhập mặn tháng cao nhất năm 2030



Hình 15. Kết quả mô phỏng kịch bản thống kê xâm nhập mặn giai đoạn 2016-2030

Mặc dù có sự hỗ trợ của hệ thống sông và cống ngăn mặn nhưng vào các tháng mùa khô thì diện tích có độ mặn cao hơn 4 g/l vẫn chiếm diện tích của toàn tỉnh. Các khu vực quy hoạch vùng ngọt hóa vẫn bị nhiễm mặn, nguồn nước ngọt cạn kiệt dẫn đến thiếu nước sản xuất. Diện tích nhiễm mặn tăng 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 ngăn mặn trữ nước ngọt và ngăn không cho nước

mặn xâm nhập thì sẽ làm giảm thiệt hại cho sản xuất nông nghiệp và tăng số vụ mùa trong sản xuất. Do vậy, trong tương lai, các cơ quan quản lý cần kết hợp với các nhà khoa học để có những dự án quy hoạch sao cho phù hợp cho từng vùng để phát triển kinh tế góp phần nâng cao đời sống người dân.

6. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã nghiên cứu mô phỏng mô hình xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và công ngăn mặn 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 mô phỏng là bản đồ xâm nhập mặn gắn với sự ảnh hưởng của hệ thống sông và hệ thống công theo thời gian và thống kê mức xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và 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) của khu vực ĐBSCL. Bài báo cũng đã mô tả chi tiết xâm nhập mặn ảnh hưởng của hệ thống sông và hệ thống công với dữ liệu trong quá khứ và đưa ra kịch bản dự kiến cho tương lai. Trong thời gian tới, chúng tôi sẽ mở rộng nghiên cứu này để mô phỏng xâm nhập mặn cho cả khu vực ĐBSCL, gắn với vấn đề tác động của thời tiết và biến đổi khí hậu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- David, J. L. (2015). Coping with climate change: The role of spatial decision support tools in facilitating community adaptation. *Environmental Modelling & Software*, 68(5), 98-109.
- Donna, K., & Michelle, C. (2013). Visualizing complexity and uncertainty about climate change and sea level rise. *Communication Design Quarterly Review*, 1(3), 46-53.
- Hoàng, N. H., Dương, V. H., Nguyễn, H. T., & Huỳnh, X. H. (2014). *Mô phỏng xâm nhập mặn trên hệ thống sông tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long*. Bài báo được trình bày tại Hội nghị FAIR'2014, Việt Nam.
- Hoang, N. H., Huynh, X. H., & Nguyen, H. T. (2012). *Simulation of salinity intrusion in the context of the Mekong delta region (Vietnam)*. Paper presented at The Research, Innovation, and Vision for the Future (RIVF), Vietnam.
- Hoàng, N. H., Triệu, Y. Y., Phan, V. S., & Huỳnh, X. H. (2014). *Mô phỏng hiện trạng ngập địa hình do nước biển dâng tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long*. Bài báo

- được trình bày tại Hội nghị GIS'2014, Việt Nam.
- IPCC WGII AR5. (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Retrieved from <http://code.google.com/p/gama-platform/>
- Jason, R., & Merrick, W. (2013). *Aggregation of forecasts from multiple simulation models*. Paper presented at The 2013 Winter Simulation Conference, USA.
- Lê, Q. C., Lê, V. T., & Nguyễn, H. A. (2012). 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*, 74(5), 17-24.
- Nguyễn, V. T., Nguyễn, T. H., Trần, T., Phạm, T. T. H., Nguyễn, T. L., & Vũ, V. T. (2010). *Biến đổi khí hậu và tác động ở Việt Nam*. Hà Nội, Việt Nam: NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- Phạm, K. N. (2012). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*. Hà Nội, Việt Nam: NXB Tài nguyên Môi trường và Bản đồ Việt Nam.
- Phạm, T. T., & Nguyễn, T. H. (2012). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu - Nước biển dâng đến tình hình xâm nhập mặn dải ven biển Đồng bằng Bắc Bộ. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 12(37), 34-39.
- Pelling, H. E., Mattias, J. A., & Ward, S. L. (2013). Modelling tides and sea-level rise: To flood or not to flood. *Ocean Modelling*, 63(7), 21-29.
- Reza, A., Agnieszka, I. O., Michael, H., & Roger, A. F. (2014). Sea level rise in the Severn Estuary and Bristol channel and impacts of a Severn Barrage. *Journal Computers & Geosciences*, 66, 94-105.
- Taillandier, P. & Drogoul, A. (2010). *From GIS data to GIS agents, modeling with the Gama simulation platform*. Retrieved from https://www.irit.fr/TFGSIM/DOCS/PatrickTaillandier_GAMASimulationPlatform.pdf
- Trần, Đ. H. (2008). Nghiên cứu công nghệ để thiết kế xây dựng các công trình ngăn sông lớn vùng triều. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 8(7), 21-28.
- Trần, T. X., Trần, T., & Hoàng, M. T. (2011). *Tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước ở Việt Nam*. Hà Nội, Việt Nam: NXB Khoa học Công nghệ.
- Xia, J. Q., Falconer, R. A., Lin, B., & Tan, G. (2011). Estimation of future coastal flood risk in the Severn Estuary due to a barrage. *Journal Flood Risk Manage*, 4(3), 247-259.

SIMULATION OF THE EFFECTS OF RIVERS AND SLUICES ON THE PROCESS OF SALTWATER INTRUSION IN THE MEKONG RIVER DELTA

Hoang Ngoc Hien^{a*}, Ngo Duc Luu^a, Huynh Xuan Hiep^b

^aThe Faculty of Information Technology, Baclieu University, Baclieu, Vietnam

^bThe Faculty of Information Technology & Communications, Cantho University, Cantho, Vietnam

*Corresponding author: Email: hnhien@blu.edu.vn

Article history

Received: January 05th, 2017 | Received in revised form: May 05th, 2017

Accepted: July 07th, 2017

Abstract

In this paper, facing the reality of saltwater intrusion developments in the river and sluice system in the Mekong Delta region today, we propose new approaches by building models and modeling saltwater intrusion, based on the multi-agent technique and the simulation of Gama. Simulation of the effects of rivers and sluices on saltwater intrusion in the Mekong Delta region was tested on the basis of previous data and a proposed model was made. The simulation results were maps of saltwater intrusion associated with the river and sluice systems over time and statistics on the saltwater intrusion for administrative units. The results on degree of influence of saltwater intrusion were also evaluated compared to the reality for solutions to reduce losses due to saltwater intrusion and climate change.

Keywords: Gama; Maps salinisation; Multi-agent; Statistical level the saltwater intrusion; Simulation.
