XÁC ĐỊNH RANH GIỚI ĐÊ SÔNG VÀ ĐÊ CỬA SÔNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH TOÁN ỨNG DỤNG CHO CỬA SÔNG BA TỈNH PHÚ YÊN

Nguyễn Thị Phương Thảo[1]
Trần Thanh Tùng[1]

Tóm tắt: *Công trình đê sông và đê cửa sông thì đều có chức năng là bảo vệ vùng đất dân cư phía trong đồng, nhưng các tải trọng tác động lên mỗi loại đê khác nhau, đặc biệt được thể hiện ở thành phần mực nước thiết kế đê. Với đê sông, mực nước thiết kế thường phụ thuộc vào lượng nước thượng lưu đổ về còn đối với vùng cửa sông thì mực nước không những phụ thuộc vào mực nước lũ sông dâng cao mà còn phụ thuộc vào các dao động mực nước ngoài biển. Bài báo này trình bày nghiên cứu ứng dụng mô hình số (Mike 11) nhằm xác định ranh giới giữa đê sông và đê cửa sông dựa trên quan điểm về tương tác thủy động lực học giữa sông và biển - ứng dụng cho cửa sông Ba tỉnh Phú Yên.*

Từ khóa: *Sông Ba, Phú Yên, thuỷ động lực, Mike 11, đê sông, đê cửa sông*

1. Tiêu chí phân chia ranh giới đê sông và đê cửa sông [1]

Về mặt chế độ thủy động lực học thì đê sông chỉ chịu tác động của dòng chảy và mực nước lũ trong sông, đê biển không chịu ảnh hưởng của lũ mà chịu tác động trực tiếp của các yếu tố biển như thủy triều, sóng bão và nước dâng. Còn đối với đê cửa sông thì ngoài chịu tác động của dòng chảy lũ trong sông thì đồng thời cũng phải chịu tác dụng nước dâng và thủy triều ngoài biển (hình 1). Những yếu tố động lực này được thể hiện trong công thức tính toán cao trình đỉnh đê thiết kế [4,5,6]:

$$CTĐĐ = Z_{tkp} + R_p + a \quad (1)$$

Trong đó: - CTĐĐ: cao trình đỉnh đê (m);

- Z_{tkp}: mực nước thiết kế đê (m)

- R_p: Độ cao lưu không của đỉnh đê trên MNTK tính theo sóng leo hoặc sóng tràn thiết kế.

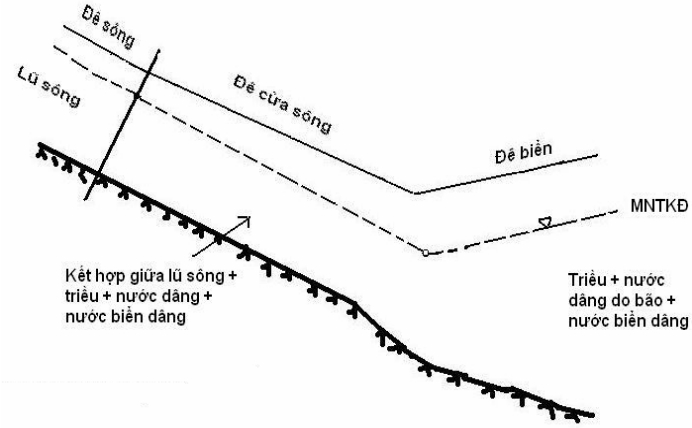
- a: độ cao gia tăng an toàn tùy thuộc vào theo cấp đê theo quy định.

Rõ ràng, theo công thức (1) sự khác biệt trong tính toán cao trình đỉnh các đê chỉ là ở giá trị mực nước thiết kế. Với đê sông mực nước thiết kế là mực nước lũ ứng với tần suất thiết kế, đối với đê biển là cao trình mực nước biển ứng tần suất thiết kế gồm tổ hợp của thủy triều và nước dâng do bão, còn đối với đê cửa sông là tổ hợp của lũ, triều và nước dâng. Như vậy có thể sử dụng tiêu chí để phân định ranh giới đê sông và đê cửa sông do TS Thiều Quang Tuấn đưa ra là vị trí mà tại đó độ lớn thuỷ triều thể hiện qua đường quá trình lũ trên sông với tổ hợp thuỷ hải văn tính toán thoả mãn điều kiện nhỏ hơn giá trị cho phép [a] trong mọi tổ hợp tính toán bất lợi nhất [1]:

$$\text{Max}\ \{L^i(\Delta S_{max} < [a]\} \quad (2)$$

Trong đó : L: chiều dài thâm nhập triều lớn nhất trong các kịch bản tính toán

ΔS_{max} : độ lớn triều lớn nhất tại một vị trí nào



***Hình** 1. Sơ hoạ ranh giới giữa đê sông và đê cửa sông*

[1] Khoa Kỹ thuật biển - ĐHTL

đó trong toàn bộ thời đoạn tính toán của một kịch bản

[a]: độ lớn triều cho phép được xác định thông qua việc phân tích độ nhạy trong quá trình tính toán hay thông qua cấp đê và được các cấp có thẩm quyền phê duyệt.

Có thể thấy tiêu chí này thể hiện ranh giới dựa trên đường quá trình mực nước lũ trên sông có sự ảnh hưởng của triều cường và nước dâng trong bão theo tần suất thiết kế quy định của đoạn đê cửa sông cần xem xét là hợp lý.

2. Phương pháp xác định ranh giới đê sông và đê cửa sông

2.1 Phương pháp thống kê

Trong trường hợp dọc theo vùng cửa sông xem xét có đầy đủ số liệu đo đạc mực nước trong thời gian dài, thì việc xác định ranh giới giữa đê sông và đê cửa sông được thực hiện như sau:

- Xác định cấp đê cho các đoạn đê dọc theo tuyến đê từ sông ra đến biển dựa trên hướng dẫn của Bộ nông nghiệp
- Xét biến trình độ lớn triều theo thời gian tại các vị trí dọc sông trong mùa lũ.
- Vẽ đường bao độ lớn triều dọc theo sông và đưa ra vị trí có độ lớn triều lớn nhất trên sông bằng với độ lớn triều cho phép [a] theo tính toán độ nhạy hay cấp đê được quy định.

Đây là trường hợp lý tưởng nhất, nhưng trên thực tế, việc đo đạc các đặc trưng thủy văn liên tục và đặt nhiều trạm thủy văn ở khu vực cửa sông khá tốn kém và khó thực hiện đặc biệt là ở những nước đang phát triển như ở Việt Nam.

2.2 Phương pháp mô hình số

Hiện nay, việc sử dụng các mô hình thủy động lực học để tính toán nghiên cứu chế độ thủy động lực học trên cả khu vực từ sông ra biển khá phổ biến và là công cụ hữu hiệu đem lại kết quả tính toán đáng tin cậy khi mà số liệu thực đo còn ít đặc biệt là ở vùng cửa sông ven biển. Hệ phương trình toán học thường được sử dụng trong bài toán này là hệ phương trình Saint-Vernant.

Việc quan trọng nhất khi ứng dụng mô hình số đó là việc xử lý số liệu phục vụ tính toán, bởi khu vực cửa sông ven biển ở Việt Nam nói chung và khu vực nghiên cứu nói riêng khá hiếm số liệu. Yêu cầu về số liệu của mỗi mô hình thủy động lực học là số liệu địa hình, các điều kiện biên và số liệu để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Trong quá trình mô phỏng cần phải phân tích độ nhạy của mô hình để tìm ra giá trị độ lớn triều cho phép hoặc có thể lấy giá trị này theo cấp đê.

Khi mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm định thì chạy mô hình toán cho các tổ hợp kịch bản tính toán, hoặc có thể chạy mô hình cho chuỗi các trận lũ và nước dâng do gió bão trong nhiều năm nhằm đưa ra được đường bao độ lớn triều trên sông và xác định được vị trí mà có độ lớn triều bằng với độ lớn triều cho phép.

Hiện nay có rất nhiều phần mềm mô hình toán có thể ứng dụng được trong bài toán này chẳng hạn như mô hình như Krsal, Hec-Ras, Sobek, Duflow, Mike 11… Mặt khác có thể ứng dụng kết hợp giữa mô hình 1 chiều trong sông với mô hình 2 chiều ngoài biển nhằm tính toán tương tác của dòng chảy lũ trong sông với các trường hợp sóng và nước dâng thực tế ngoài biển cho các năm khác nhau. Dựa trên kết quả đó phân tích đường quá trình triều dọc theo sông và tìm ra vị trí ranh giới.

2.3. Phương pháp giải tích

Phương pháp giải tích thường chỉ được thực hiện trong trong trường hợp đơn giản, mặt cắt ngang sông đồng đều; độ dốc sông là hằng số; Lưu lượng chảy từ sông ra là hằng số và phương trình chuyển động trong hệ trên được tuyến tính hoá thì nghiệm của phương trình là sóng tiến đơn, truyền theo hướng thượng lưu với biên độ giảm dần [1]:

$$\eta = \tilde{a}_0\, e^{\lambda x} \cos(\omega t + kx)$$

Trong đó:

$\tilde{a}_o$: Biên độ sóng tại cửa sông nơi kết nối với biển (x=0)

$a_0 e^{\lambda x}$: biên độ sóng, hàm phụ thuộc vào x

ω, k: tần số sóng và trị số sóng.

Các yếu tố λ và k được bằng tính theo công thức:

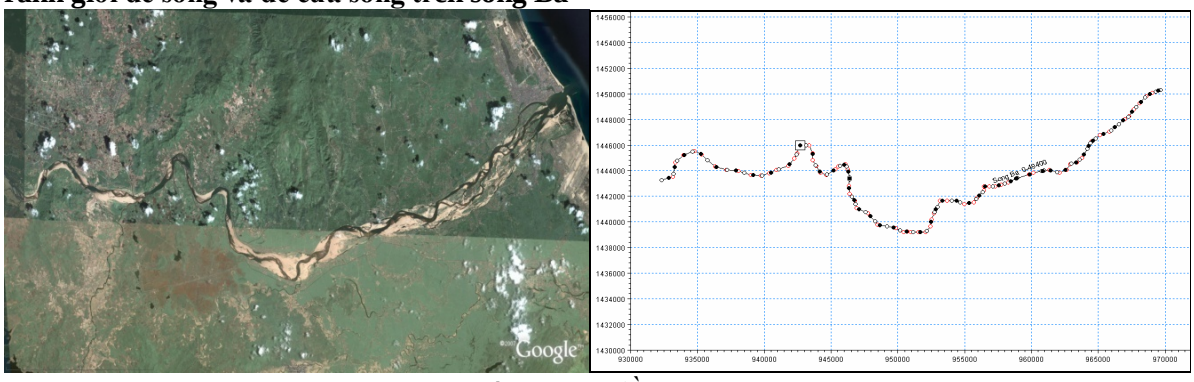
$$\lambda = \frac{\omega\sqrt{-1+\sqrt{1+\frac{m^2A^2}{\omega^2}}}}{c_o\sqrt{2}} \qquad (*)$$

$$k = \frac{\omega\sqrt{+1+\sqrt{1+\frac{m^2A^2}{\omega^2}}}}{c_o\sqrt{2}} \qquad (**)$$

3. Ứng dụng mô hình MIKE 11 xác định ranh giới đê sông và đê cửa sông trên sông Ba

3.1. Thiết lập mô hình

- Sơ đồ mạng sông từ trạm thủy văn Củng Sơn đến cửa Đà Rằng như hình vẽ (hình 2). Toàn bộ đoạn sông này dài 49,4km.



Hình 2. Sơ đồ mạng sông

Dựa trên giới hạn mạng sông của mô hình, các biên của mô hình thủy lực bao gồm:

- Biên trên: Là đường quá trình lưu lượng tại Củng Sơn

- Biên dưới: Là đường quá trình mực nước tại cửa Đà Rằng

- Biên nhập lưu dọc sông: Là đường quá trình lưu lượng của các nhánh suối gia nhập vào sông chính. Bao gồm: Sông Con, sông Bạc, sông Cái, sông Đồng Bò, Suối Quy Hậu,

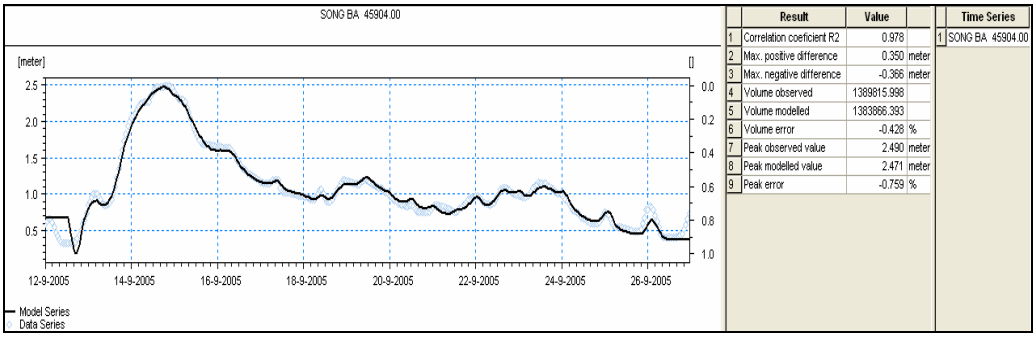
- Biên kiểm tra: là mực nước thực đo tại trạm Củng Sơn, Phú Lâm

+ Số liệu điều kiện biên được lấy với thời gian mô phỏng hiệu chỉnh trong thời gian từ 12/9/2005 đến 26/9/2005 và kiểm định mô hình từ 4/10/1993 tới 14/10/1993.

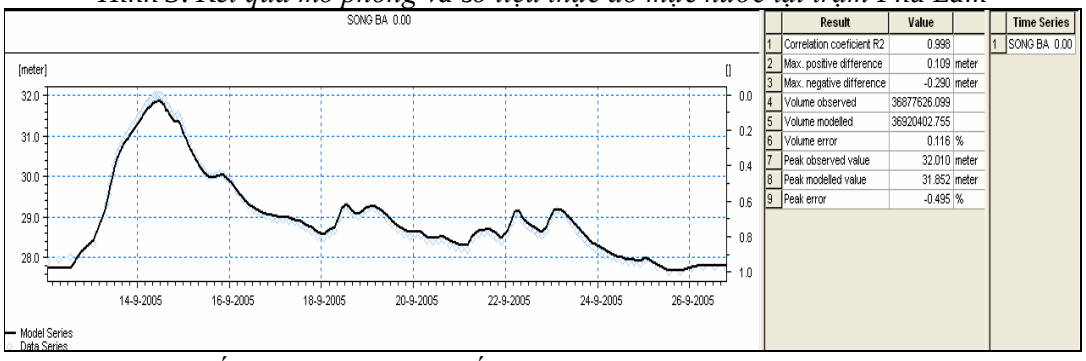
+ Tài liệu địa hình lòng sông: thu thập và sử dụng tài liệu trắc dọc và ngang sông Ba bao gồm 24 mặt cắt ngang sông từ Củng Sơn tới cầu Phú Lâm do Viện Quy hoạch đo đạc và hiệu chỉnh năm 1997, và 3 mặt cắt ngang từ Cầu Phú Lâm ra tới cửa biển do Viện Nghiên cứu đo năm 2003. Ngoài ra còn có số liệu về các thông số kỹ thuật của đập dâng Đồng Cam.

3.2 Kết quả kiểm định và độ nhạy của mô hình

Kết quả mô phỏng đường quá trình mực nước từ mô hình và số liệu thực đo tại trạm thuỷ văn Phú Lâm và Củng Sơn từ 12/9/2005 đến 26/9/2005 được thể hiện trên hình 3 và 4. Các số liệu thống kê trên hình cho thấy kết quả tính toán khá phù hợp với số liệu thực đo với quan hệ tương quan khá tốt 0,98 và 0,99. Sau khi kiểm định mô hình được bộ số thông số biến đổi dọc sông từ thượng nguồn về cửa Đà Rằng. Bộ thông số này sau đó được sử dụng để mô phỏng trận lũ từ 4/10/1993 tới 14/10/1993 nhằm xác nhận mô hình. Kết quả mô phỏng mực nước lũ tại trạm thủy văn Củng Sơn, Phú Lâm đều phù hợp với số liệu thực đo với hệ số tương quan đạt tới 0,9 và 0,83.



Hình 3. Kết quả mô phỏng và số liệu thực đo mực nước tại trạm Phú Lâm



Hình 4. Kết quả mô phỏng và số liệu thực đo mực nước tại trạm Củng Sơn

Kết quả mô phỏng quá trình biến đổi mực nước tại các mặt cắt dọc theo sông cho thấy rằng dao động thủy triều có thể truyền vào trong sông chỉ khoảng 2km khi đỉnh lũ xuất hiện. Trong thời kỳ này nước nguồn đổ ra sông không đáng kể thì biến đổi mực nước vùng cửa sông chủ thủy triều chiếm giữ và triều có thể truyền sâu vào trong sông sâu hơn khoảng 8km.

Độ nhạy của mô hình

Việc phân tích độ nhạy của mô hình được thực hiện chủ yếu qua việc xem xét ảnh hưởng của sự thay đổi hệ số nhám (Manning, hoặc chezy), bước thời gian tính toán và các giá trị ban đầu đến kết quả tính toán. Tuy nhiên các giá trị ban đầu cũng chỉ ảnh hưởng đến kết quả của mô hình trong vòng 20 giờ nên các giá trị này không ảnh hưởng biến đổi của ranh giới triều.

a) Ảnh hưởng của bước thời gian

Bước thời gian phải được lựa chọn sao cho mô hình được ổn định, nghĩa là thỏa mãn điều kiện courant. Kết quả mô phỏng giới hạn triều trên sông khi xuất hiện đỉnh lũ ứng với các bước thời gian 1,5,10,20,25 phút được trình bày trên bảng 1. Từ bảng 1 cho thấy khoảng cách triều truyền từ biển vào sâu trong sông chỉ khoảng 2 km và bước thời gian chủ yếu ảnh hưởng đến độ ổn định của mô hình chứ ít ảnh hưởng đến giới hạn triều trông sông.

Bảng 1. Giới hạn triều trên sông ứng với bước thời gian khác nhau

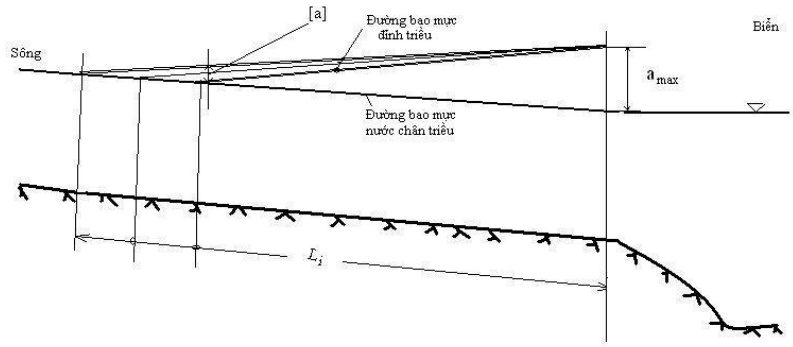
TT	Bước thời gian	Li (m)
1	1	1948
2	5	1948
3	10	1946
4	20	1945
5	25	1944

b) Ảnh hưởng của hệ số nhám

Khu vực nghiên cứu được kiểm định với giá trị độ nhám manning (n) biến đổi theo từng đoạn sông và biến thiên trong khoảng từ 0,02 đến 0,035. Đồng thời để xem xét sự ảnh hưởng của độ nhám tới giới hạn truyền triều, mô hình mô phỏng còn được thực hiện với các giá trị độ nhám đồng nhất 0,02; 0,025 và 0,03. Kết quả mô phỏng giới hạn truyền triều tương ứng với độ nhám này là 3450, 1950 và 1900m.

Tóm lại trong ba thông số hiệu chỉnh để xem xét độ nhạy thì độ nhám có mức độ ảnh hưởng lớn nhất tới kết quả mô phỏng truyền triều của mô hình. Giới hạn truyền triều trong sông qua phân tích độ nhạy biến đổi từ 1900m đến 3450m (xem hình 5). Một điều quan trọng nữa ảnh hưởng đến giới hạn truyền triều trong sông đó là độ dốc của lòng sông. Trong khu vực nghiên cứu, hạ lưu sông Ba có độ dốc khá lớn nên triều không thể truyền quá sâu vào trong sông như ở đồng bằng bắc bộ hay như đồng bằng sông cửu long được. Từ đây có thể

xác định giá trị độ lớn triều cho phép theo tiêu chuẩn (2): [a]=0,36m



Hình 5. Sơ họa kết quả tính toán và xác định độ lớn triều cho phép

3.3 Tổ hợp các kịch bản và kết quả tính toán truyền triều trên sông Ba

Sau khi kiểm định mô hình, một số kịch bản có thể được đưa ra để xem xét tính toán và mô phỏng tương tác chế độ thủy động lực học giữa bên trong sông là quá trình lũ thiết kế (giả sử là trận lũ thiết kế vào tháng 9 năm 2005) kết hợp với biên ngoài biển là các kiểu ảnh hưởng của biến đổi biên mực nước khác nhau. Các kịch bản biên dưới và kết quả ranh giới xâm nhập thủy triều trên sông (Li) được trình bày trên bảng sau:

Bảng 2. Các kịch bản và kết quả mô phỏng

Kịch bản	Biên dưới	L_i (m)
1	Mực nước triều ứng với chế độ triều kém.	2650
2	Mực nước triều Đà Rằng pha triều cường cộng nước dâng do bão lớn nhất 1 ngày đã xảy ra (80cm)	4000
3	Mực nước triều Đà Rằng pha triều kém cộng nước dâng do bão lớn nhất 1 ngày đã xảy ra (80cm)	3500
4	Mực nước triều Đà Rằng cộng mực nước biển dâng 25cm	2750
5	Mực nước triều Đà Rằng cộng mực nước biển dâng 50cm	3500
6	Mực nước triều Đà Rằng + Nước biển dâng 25cm + Nước dâng do bão lớn nhất 1 ngày đã xảy ra (80cm) khi gặp pha triều cường	5100
7	Mực nước triều Đà Rằng + Nước biển dâng 25cm + Nước dâng do bão lớn nhất 1 ngày đã xảy ra (80cm) khi gặp pha triều kém	3600

Từ kết quả này có thể tìm ra vị trí mà tại đó có độ lớn triều bằng độ lớn triều cho phép đã xác định được ở trên là 0,36m cách biên ngoài biển là 4420m. Đối với cùng biên thiết kế trong sông thì khi độ lớn triều, mực nước ở ngoài biển tăng lên, triều sẽ truyền sâu vào bên trong sông hơn. Như vậy thì chỉ cần tính trong trường hợp bất lợi nhất đối với biên ngoài biển. Tuy nhiên do điều kiện hạn chế về số liệu tính toán nên bài báo mới chỉ mô phỏng trường hợp điển hình. Trên thực tế nếu có điều kiện thì sẽ sử dụng trường gió quan trắc được để tính toán tổ hợp sóng, nước dâng và thủy triều ngoài biển bằng mô hình 2D sau đó kết hợp theo thời gian thực cùng với dòng chảy lũ trong sông trong khoảng thời gian dài và xem xét biến đổi mực nước ở vùng cửa sông bằng mô hình một chiều. Kết quả tính toán mô phỏng sẽ cho biết được mối quan hệ giữa độ lớn triều và vị trí truyền triều trong sông. Như vậy sẽ cho kết quả ranh giới đê vùng cửa sông là tốt nhất.

4. Kết luận và kiến nghị

Việc xác định ranh giới đê sông và đê cửa sông dựa trên quan điểm phân tích chế độ thuỷ

động lực học mà cụ thể là đường quá trình mực nước kết hợp giữa yếu tố sông và biển là khá hợp lý. Nếu có thể ứng dụng kết hợp các mô hình để tạo ra quá trình mực nước dọc theo cửa sông trong nhiều năm, từ đó phân tích, xác định ranh giới giữa đê sông và đê cửa sông là tốt nhất. Tuy nhiên yêu cầu số liệu khá nhiều và thời gian chạy mô hình lâu. Trong trường hợp đơn giản chỉ cần tính các đại lượng cực trị, hoặc trung bình rồi ứng dụng công thức giải tích cũng có thể đưa ra được vị trí tương đối ranh giới hai loại đê này.

Do đặc thù vùng cửa sông là số liệu đo đạc rất ít nên việc ứng dụng các mô hình toán nghiên cứu quá trình thuỷ động lực học cho các mục đích khác nhau là rất hữu ích và cần thiết, từ đó có thể hướng tới cách tiếp cận thống kê thay vì tất định như vẫn làm trong thực tế hiện nay.

Mô hình toán mô phỏng giới hạn truyền triều từ đó xác định được ranh giới giữa đê sông và đê cửa sông cho kết quả phù hợp với thực tế. Tuy nhiên cần xem xét thêm nhiều trường hợp thực tế ở các cửa sông khác nhằm đưa ra được quy luật cho cả vùng. Đồng thời yêu cầu số liệu cũng cần đầy đủ hơn để kết quả hợp tính hợp lý hơn nhất là theo hướng tiếp cận phương pháp thống kê.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phạm Ngọc Quý và nnk, Đề tài *Nghiên cứu, đề xuất mặt cắt ngang đê biển hợp lý và phù hợp với điều kiện từng vùng từ Quảng Ngãi đến Bà Rịa Vũng Tàu*. 2011.

[2] *Luật đê điều*, Quốc hội khóa 11 kỳ họp thứ 10, Số 79/2006/QH11 thông qua ngày 29 tháng 11 năm 2006.

[3] Bộ Thủy Lợi, 1977, *Quy phạm phân cấp đê A6-77*.

[4] Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn, 2010, *Hướng dẫn phân cấp đê*.

[5] Bộ nông nghiệp & Phát triển nông thôn, 2010, *Hướng dẫn thiết kế đê biển*.

[6] Trường Đại học Thủy Lợi, 2006, *Bài giảng Thiết kế đê và công trình bảo vệ bờ*. Nhà xuất bản từ điển Bách Khoa

Abstract

ESTIMATION BOUNDARY BETWEEN RIVER DIKE AND ESTUARY DIKE OF THE BA RIVER, PHU YEN PROVINCE

River dike and estuary dike play an important role to protect local communities living behind the dike, but loads impact on each type of dike are different, especially design water level. For river dike, the design water level is often calculated based on river discharge from upstream, meanwhile, for estuary dike, the design water level only only depend on river discharge but also tidal variation from the sea. This paper presents study on calculation boundary between river dike and estuary dike of the Ba river, the Phu Yen province, based on hydrodynamic approach of interaction between river and sea computation using hydraulics modelling Mike 11.

Keyword: *Ba river, Phu Yen province, hydrodynamic, Mike 11, river dike, estuary dike*

Người phản biện: **PGS. TS. Vũ Minh Cát**

BBT nhận bài: 17/9/2012

Phản biện xong: 20/9/2012