

ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH PHÂN TẦNG MẶN VÙNG CỬA SÔNG HẬU QUA SỐ LIỆU THỰC ĐO VÀ CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM

Đỗ Đắc Hải

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Đặc tính phân tầng mặn của một cửa sông phụ thuộc vào chế độ dòng chảy sông và dòng chảy thủy triều. Phân tích đặc tính phân tầng có thể dựa vào số liệu thực đo cùng với các công thức giải tích kinh nghiệm hoặc mô hình toán 3D hay 2DV. Trong nội dung bài báo này bước đầu xác định được đặc tính phân tầng mặn của cửa sông Hậu qua các số liệu thực đo mặn theo chiều sâu dòng chảy. Kết quả nghiên cứu ban đầu này hy vọng sẽ mở ra một hướng nghiên cứu mới về cơ chế phân tầng mặn cho các cửa sông ven biển ĐBSCL để phục vụ nhu cầu lấy nước ngọt (hót ngọt) cho nông nghiệp hay nước sinh hoạt... hoặc lấy nước mặn lợ tầng đáy cho nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: Xâm nhập mặn, nồng độ mặn, phân tầng mặn, cửa sông Hậu, nhánh Định An, nhánh Trần Đề, triều lên (HWS), triều xuống (LWS).

Summary: The salinity stratification feature of an estuary depends on the regime of river and tidal flow. Stratification feature analysis can be based on actual observed data with empirical analytical formulas or 3D or 2DV mathematical models. In the content of this paper, initial characteristic of salinity stratification of the Hau estuary are initially determined through actual salinity observed data according to the water depth. This initial research result is expected to introduce a new research approach about the salinity stratification mechanism for the coastal estuaries of the Mekong Delta to serve the need of fresh water intake (fresh water taking) for agriculture or domestic water ... or take brackish saline water bottom for aquaculture growing.

Keywords: Saline intrusion, salinity concentration, salinity stratification, Hau estuary, Dinh An branch, Tran De branch, high tide (HWS), low tide (LWS).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xâm nhập mặn tại vùng cửa sông có quan hệ mật thiết với chế độ thủy động lực học. Các pha truyền mặn trong sông biểu thị sự cân bằng giữa hai dòng chảy ngược chiều nhau, với một bên là lượng nước ngọt đẩy mặn thoát ra cửa sông và một bên là thủy triều đưa mặn vào cùng với sự khuếch tán của nước mặn từ nơi có nồng độ cao tới nơi có nồng độ thấp, tạo thành một đường quan hệ độ mặn dọc sông có dạng hàm mũ, tắt dần vào phía trong, có dao động lên xuống tương ứng với dòng triều, theo sức đẩy trôi lên xuống của sóng lưu lượng triều. Khi

truyền vào trong sông, hiện tượng khuếch tán đóng một vai trò quan trọng trong việc đưa mặn lên cao hơn và tỏa ra toàn mặt cắt sông theo không gian và thời gian. Về lý thuyết, nếu dòng chảy êm, dòng chảy phân tầng, mặn sẽ ít bị xáo trộn mà tạo thành nêm mặn theo dòng triều. Lúc này độ mặn trên một số mặt cắt bị phân hóa rõ rệt giữa trên mặt và dưới sâu, giữa dòng sông và hai bờ.

Một số đo đạc cho thấy trên các nhánh sông Cửu Long hằng năm vẫn xuất hiện những thời đoạn và thời điểm hình thành các dạng nêm mặn. Việc tính toán xác định hiện tượng phân

Ngày nhận bài: 12/3/2020

Ngày thông qua phản biện: 10/4/2020

Ngày duyệt đăng: 15/4/2020

tầng hay nêl mặl có ý nghĩa lớn trong các nghiên cứu liên quan đến môi trường sinh thái, bồi lắng xói lở vùng cửa sông ven biển và đặc biệt là tận dụng cơ chế phân tầng mặl để có thể lấy nước ngọt tầng trên phục vụ các yêu cầu về nông nghiệp, sinh hoạt hay nước mặl lợ tầng dưới để phục vụ nuôi trồng thủy sản... Để nghiên cứu, tính toán, xác định hiện tượng phân tầng mặl có nhiều phương pháp tính toán như: khảo sát, đo đạc thực tế tại hiện trường, sử dụng công thức thực nghiệm kết hợp với số liệu thực đo, mô hình toán... trong nội dung của bài báo này sẽ giới thiệu các kết quả tính toán phân tầng, phân loại cho hai nhánh sông Hậu (nhánh Định An và nhánh Trần Đề).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Do các tài liệu khảo sát thực đo về mặl phân tầng theo chiều sâu khá hạn chế do đó trong nghiên cứu này sẽ chỉ tính toán đánh giá cho hai nhánh sông Hậu (nhánh Định An và nhánh Trần Đề). Việc đánh giá phân tầng mặl có ý nghĩa lớn và đáng quan tâm hơn vào mùa kiệt do đó bài báo chỉ tập trung tính toán đánh giá cho mùa kiệt.



Hình 1: Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu phụ thuộc chặt chẽ vào yêu cầu nghiên cứu tính toán, kết quả mong

đợi và các số liệu đầu vào, trên cơ sở những tài liệu số liệu hiện có, các phương pháp nghiên cứu chính đã được sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm

- Phương pháp kế thừa: kế thừa các tài liệu, số liệu về thủy văn, thủy lực, xâm nhập mặl, kết quả tính toán thủy lực từ các nghiên cứu tổng thể về thủy lực, xâm nhập mặl cho vùng ĐBSCL. Đồng thời, trong nghiên cứu đã kế thừa và áp dụng các công thức thực nghiệm trong tính toán các vấn đề liên quan đến thủy động lực, cơ chế xâm nhập mặl vùng cửa sông ven biển.
- Phương pháp phân tích, đánh giá số liệu tài liệu: Từ các số liệu thực đo về thủy lực, xâm nhập mặl... sẽ phân tích để đánh giá định tính xu hướng xâm nhập mặl, khả năng hình thành phân tầng tại khu vực nghiên cứu.
- Phương pháp công thức thực nghiệm: Hiện nay, để tính toán thủy động lực, cơ chế phân tầng vùng cửa sông ven biển trên thế giới có rất nhiều công thức tính toán. Dựa trên những công thức thực nghiệm này trong tính toán sẽ phân tích để lựa chọn các công thức phù hợp.

2.3. Giới thiệu một số công thức thực nghiệm

Tương tác giữa hai thành phần nguồn nước sông và biển tại vùng cửa sông đã được nhiều tác giả trên thế giới nghiên cứu bằng lý thuyết và thực nghiệm như như D. Pritchard, Simmons, Keulegan, Shijf và Shonfeld, Thatcher, Hareld và Dyer, Nguyễn Ân Niên, Nguyễn Cảnh Cầm... Các nghiên cứu về sự tương tác sông biển, xâm nhập của nước biển vào các cửa sông đã được bắt đầu ở các cửa sông của Hoa Kỳ, Vương quốc Anh và Hà Lan trong thập niên 1950 của thập niên 1950; chúng chủ yếu nhằm mục đích nghiên cứu các quá trình pha trộn nước sông và nước biển ở các khu vực gần các thị trấn và cảng lớn (New York, Baltimore, Wash ton, London, Amsterdam, Rotterdam, v.v.) và sau đó những nghiên cứu như vậy đã được bắt đầu ở Nga. Kết quả của các nghiên cứu có thể được chia thành hai

phần rất đặc trưng: (i) Xác định các quá trình xáo trộn và phân tầng nước tại các cửa sông và (ii) Đánh giá về khoảng cách xâm nhập của nước biển vào các cửa sông như thế nào.

Để xác định cơ chế dòng chảy tại vùng cửa sông ven biển (phân loại cửa sông) từ các nghiên cứu trước đây và hiện nay đều đang thống nhất phân chia làm 03 loại: Xáo trộn hoàn toàn - Loại I (không phân tầng hoặc phân tầng yếu), xáo trộn bán phần - Loại II (phân tầng trung bình) và xáo trộn yếu - Loại III (phân tầng mạnh hay hình thành các nêm muối - Salt Wedge). Để phân loại được các cửa sông theo 03 loại như trên thì có một số phương pháp như: các công thức kinh nghiệm, số liệu thực đo, mô hình tính toán, các phương pháp phân tích đánh giá này phụ thuộc vào nguồn số, tài liệu...yêu cầu về độ chính xác, chi tiết của nhiệm vụ tính toán.

Bắt đầu với các nghiên cứu của D. Pritchard [4,5], được thực hiện tại Hoa Kỳ trong thập niên 1950, ba loại pha trộn dọc và phân tầng nước sau đây được xác định trong khu vực trộn nước sông và biển (trong kênh sông, nhánh châu thổ, cửa sông, đầm phá, và vùng gần bờ của cửa sông): loại I xáo trộn hoàn toàn (yếu phân tầng); loại II là xáo trộn bán phần (phân tầng trung bình); loại III là xáo trộn yếu (phân tầng mạnh, nêm muối). Hai tham số được sử dụng để trình bày chính thức các loại xáo trộn, phân tầng cửa sông là: tham số phân tầng (n) và tham số thủy triều lũ (α). Các tham số này được thể hiện dưới dạng như sau:

$$n = \frac{\Delta S}{S_m} = \frac{S_{\text{đáy}} - S_{\text{mặt}}}{0,5(S_{\text{đáy}} + S_{\text{mặt}})} \quad (1)$$

Trong đó:

ΔS : Chênh lệch nồng độ mặn theo chiều đứng

S_m : Độ mặn trung bình

$S_{\text{đáy}}$ và $S_{\text{mặt}}$: Độ mặn tại tầng đáy và độ mặn tầng mặt.

Xáo trộn mạnh và phân tầng yếu tương ứng với $n < 0,1$; Xáo trộn một phần và phân tầng trung bình, khi n thay đổi từ 0,1 đến 1,0; và Xáo trộn

yếu và phân tầng mạnh, nêm nước mặn khi n thay đổi từ 1,0 đến 2,0 (giá trị n không bao giờ vượt quá 2,0).

Một thông số cũng được nhiều nghiên cứu xác nhận đó là thông số tương tác thủy triều và lũ α đặc trưng cho mối quan hệ giữa các tác động của biển và biển đối với chế độ cửa sông. Tham số này được đặt tên trong tài liệu là số Canter Cremers [3] hoặc là tham số Simmons [7]. Thông số thủy triều lũ được định nghĩa là:

$$\alpha = \frac{W}{P_t} = \frac{Q_m \tau}{P_t} \quad (2)$$

Trong đó:

W : Thể tích của dòng chảy từ sông trong một chu kỳ thủy triều (m^3)

Q_m : Dòng chảy của sông trong thời kỳ triều xuống

τ : Thời gian thủy triều xuống

P_t : Thể tích của lăng kính thủy triều

Giá trị P_t thường được xác định bằng cách sử dụng công thức đơn giản $P_t = \Delta H_{\text{tide}} F_m$, trong đó ΔH_{tide} là phạm vi thủy triều trung bình cửa vào (mặt cắt ngang) có diện tích là F_m . Cửa vào có thể là một cửa sông, đầm phá hoặc cửa sông mở rộng của một nhánh châu thổ.

Xáo trộn mạnh và phân tầng yếu tương ứng với $\alpha < 0,1$; Xáo trộn một phần và phân tầng trung bình, khi n thay đổi từ α 0,1 đến 1,0; và Xáo trộn yếu và phân tầng mạnh, nêm nước mặn khi $\alpha > 1,0$.

Công thức (2) là công thức khá đầy đủ có xét đến các yếu tố quyết định đến phân tầng như địa hình, thủy văn...của đoạn cửa sông thông qua yếu lăng kính thủy triều tuy nhiên việc xác định được chính xác lăng kính thủy triều cho khu vực cửa sông là một vấn đề rất khó phụ thuộc vào nhiều yếu tố: giới hạn của lăng kính, địa hình toàn bộ vùng cửa sông, phạm vi ảnh hưởng của thủy triều (thay đổi theo mùa và dòng chảy thượng lưu), dòng chảy sông và năng lượng dòng triều ...do đó để đơn giản hóa tham số

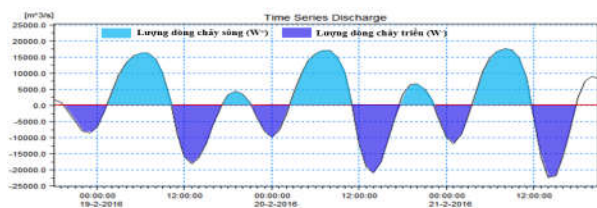
tham số Simmons một cách tính khác đã được giới thiệu trong một số nghiên cứu của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên [2].

$$(3)$$

Trong đó:

W^+ : Lượng dòng chảy sông trong một chu kỳ triều.

W^- : Lượng dòng chảy ngược trong pha triều lên.



Hình 2: Minh họa lượng dòng chảy sông (W^+) và lượng dòng chảy triều (W^-)

Trên cơ sở giá trị của tham số η sẽ xác định được đặc tính dòng chảy theo cơ chế phân tầng cụ thể như sau: Khi $\eta \geq 0,7$ xáo trộn yếu có phân tầng; $\eta = 0,2 - 0,5$ xáo trộn vừa bán phân tầng (phân tầng trong một số trường hợp theo thời gian, thời đoạn) và $\eta \leq 0,1$: xáo trộn mạnh và không thể hình thành mặt phân tầng.

Ngoài ra, với mục đích xác định loại pha trộn thẳng đứng và bản chất của sự phân tầng nước ở cửa vào nguồn nước, một số tiêu chí được tạo ra từ sơ đồ phân tầng Hansen - Rattray [3] và một số tiêu chí thủy văn.

Trước hết, các tiêu chí như vậy bao gồm số Froude mật độ được sử dụng rộng rãi trong các cơ chế thủy lực của dòng chảy phân tầng.

$$(4)$$

Trong đó:

V là vận tốc dòng chảy trung bình của dòng

Bảng 1: Một số tiêu chí xác định khả năng phân tầng mặn vùng cửa sông

sông

$\Delta\rho$: là chênh lệch mật độ giữa nước biển và nước sông

$$\rho_m = 0,5 (\rho_s + \rho_{riv})$$

h là độ sâu dòng chảy.

Số lượng Froude mật độ (Fr_ρ) được sử dụng từ những năm 1950 của thập niên 1950 trong việc phân tích các quá trình xâm nhập mặn vào các dòng chảy của Keulegan, Shijf và Shonfeld, Thatcher, Hareld và Dyer. [3]

Xáo trộn mạnh và phân tầng yếu tương ứng với $Fr_\rho > 0,71$; Xáo trộn một phần và phân tầng trung bình, khi Fr_ρ thay đổi từ 0,71 đến 0,22; và Xáo trộn yếu và phân tầng mạnh, nêm nước mặn khi $Fr_\rho > 0,22$.

Các tiêu chí khác được thể hiện bằng hệ số cửa sông được đề xuất bởi D. Harman và G. Abraham năm 1966; $E = Fr^2/\alpha$, trong đó Fr là số Froude bình thường bằng $Fr = V_o/\dots$ (ở đây

V_o là vận tốc dòng cực đại trong giai đoạn thủy triều trung bình trên mặt cắt ở cửa ra), α là thông số thủy triều lũ đã được điều chỉnh; số cửa sông được đề xuất bởi M. Thatcher và D. Hareld [3]:

$$(5)$$

Hệ số cửa sông Richardson đề xuất của H. Fisher vào năm 1972; số lớp Richardson được đề xuất bởi K. Dyer và A. New [3]:

và

$$(6)$$

Xáo trộn mạnh và phân tầng yếu tương ứng với $Ri_L > 2$; Xáo trộn một phần và phân tầng trung bình, khi Ri_L thay đổi từ 2 đến 20; và Xáo trộn yếu và phân tầng mạnh, nêm nước mặn khi $Ri_L > 20$.

Phân loại	Đặc tính		n	α	η	Fr_p	E_p	Ri_L
	Xáo trộn	Phân tầng						
I	Xáo trộn hoàn toàn	Yếu - Y	$0 \div 0,1$	$0 \div 0,1$	$\leq 0,1$	$> 0,71$	$> 8,0$	< 2
II	Xáo trộn từng phần	Trung bình - TB	$0,1 \div 1,0$	$0,1 \div 1,0$	$0,2 - 0,5$	$0,71 \div 0,22$	$8,0 - 0,2$	$2 \div 20$
III	Xáo trộn yếu (Phân tầng)	Mạnh - M (Nêm muối)	$1,0 \div 2,0$	> 1	$\eta \geq 0,7$	$< 0,22$	$< 0,2$	> 20

2.4. Lựa chọn công thức tính toán

Các công thức giải tích để xác định cơ chế phân tầng cho các nhánh sông đã được giới thiệu ở trên có thể áp dụng cho các nhánh sông vùng ảnh hưởng triều thuộc ĐBSCL tuy nhiên độ chính xác phụ thuộc vào số liệu đầu vào cho các công thức tính toán. Trong nghiên cứu này các số liệu đo đạc mặn thực tế tại hiện trường theo chiều sâu dòng chảy trên hai nhánh của sông Hậu năm 2016 sẽ dùng để tính toán đánh giá khả năng phân tầng mặn.

2.5. Tài liệu dùng trong nghiên cứu

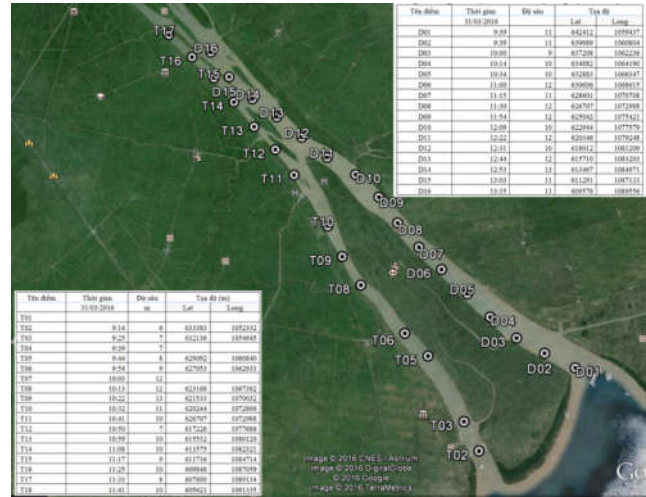
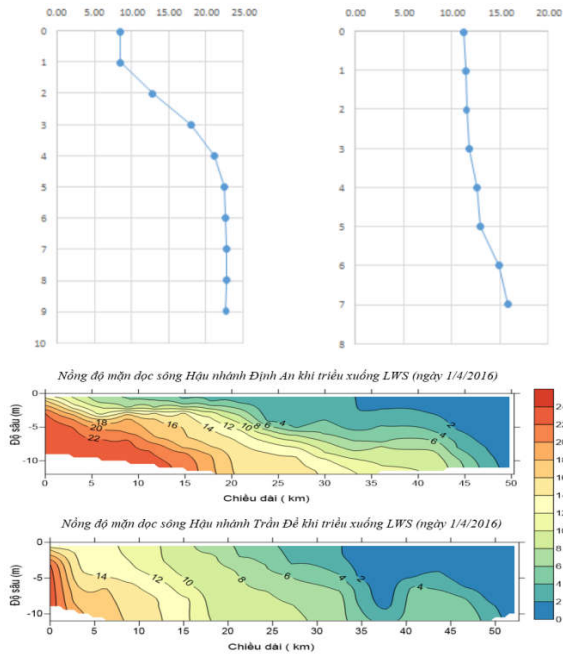
Trong công thức (1) đánh giá phân tầng theo tham số n phụ thuộc vào số liệu đo mặn thực tế ngoài hiện trường theo phương đứng của dòng chảy (đo tầng mặt và đo tầng đáy), việc khảo sát mặn theo chiều sâu dòng chảy là rất quan trọng trong nghiên cứu đánh giá sự phân tầng cũng như dùng trong phân loại cửa sông. Số liệu mặn thực đo theo phân tầng dùng trong nghiên cứu này được kế thừa từ các tài liệu khảo sát đo đạc khảo sát mặn của nhóm nghiên cứu thuộc Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam và nhóm nghiên cứu thuộc đại học Utrecht (Hà Lan) thực hiện vào tháng 3-4/2016. Trong đợt khảo sát này đã tiến hành đo đồng thời nồng độ mặn theo chiều sâu của dòng chảy dọc theo hai nhánh sông Hậu (Trần Đề và Định An) theo quá trình khi triều lên và triều xuống. Bố trí 2 ca nô chạy dọc trên

hai nhánh sông cùng một thời điểm.

Đo khi triều lên: Ca nô xuất phát từ cửa sông khi thủy triều tại cửa sông đạt đỉnh thì tiến hành đo mặn phân bố theo chiều sâu (mỗi vị trí đo trung bình khoảng 10 giá trị) khi đo xong vị trí thứ nhất ca nô chạy đến vị trí thứ hai cách vị trí thứ nhất khoảng 3-4km (tốc độ chạy ca nô bằng tốc độ truyền triều khoảng 30km/h) đến vị trí thứ 2 lại tiếp tục đo mặn như vị trí thứ nhất và cứ tiếp tục lặp lại cho đến vị trí đo cuối cùng (cù lao Mây - Cái Răng).

Đo khi triều xuống: Ngược lại với quy trình đo lúc triều lên, ca nô xuất phát từ cù lao Mây - Cái Răng khi triều bắt đầu xuống thì đo mặn theo chiều sâu (mỗi vị trí đo trung bình khoảng 10 giá trị phân bố theo chiều sâu) khi đo xong vị trí thứ nhất (đầu tiên) ca nô chạy đến vị trí thứ hai cách vị trí thứ nhất khoảng 3-4km (tốc độ chạy ca nô bằng tốc độ triều 30km/h) đến vị trí thứ 2 lại tiếp tục đo mặn như vị trí thứ nhất và cứ tiếp tục lặp lại cho đến vị trí đo cuối cùng (cửa biển). [1]

Từ kết quả khảo sát đo đạc mặn tại hiện trường cho thấy tại các vị trí đo có sự thay đổi về nồng độ mặn theo chiều sâu dòng chảy tại tất cả các vị trí khảo sát tuy nhiên để đánh giá mức độ phân tầng trên sông hay tại từng vị trí sông thì cần tính toán theo thông số n từ công thức (1).



Kết quả đo mặn

Sơ họa tuyến khảo sát mặn

Hình 3: Minh họa số liệu và kết quả thực đo mặn năm 2016

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Từ kết quả thực đo mặn theo chiều đứng (tầng mặt và tầng đáy) tại từng vị trí dọc theo các nhánh sông Hậu trong thời gian 2 ngày từ 31/3/2016 đến 01/4/2016 tính toán được tham số (n) cho 2 nhánh sông Hậu khi triều lên và triều xuống như sau:

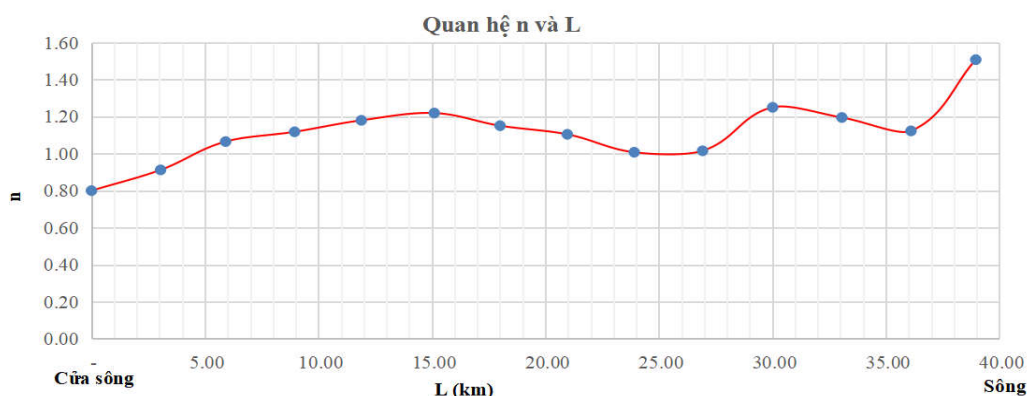
3.1. Kết quả tính toán tham số n trên nhánh Định An

Khi triều lên (HWS) trên nhánh sông Hậu cửa Định An được đo khảo sát mặn từ cửa sông (cửa Định An) ngược lên thượng lưu trên chiều dài khoảng gần 40 km với 14 điểm đo, mỗi điểm đo cách nhau khoảng 3,0km.

Bảng 2: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Định An (ngày 31/3/2016) - HWS

Thôn g số	Vị trí điểm đo														
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14	
	Thời gian đo														
	9:20	9:39	10:0	10:1	10:3	11:0	11:15	11:3	11:5	12:0	12:2	12:3	12:4	12:5	
S _{đáy}	Khoảng cách từ biển L (km)														
	0	3,1	5,9	9,0	11,9	15,1	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,1	36,1	39,0	
		22,8	22,6	22,1	20,8	17,8	15,7	14,1	12,6	11,6	10,5	9,19	6,53	4,17	2,32
		0	5	5	0	0	5	0	5	5	5	9,19	6,53	4,17	2,32
S _{mặt}	9,77	8,46	6,76	5,89	4,59	3,82	3,80	3,65	3,85	3,45	2,12	1,65	1,17	0,33	
S _m	16,2	15,56	14,4	13,3	11,2	9,79	8,95	8,15	7,75	7,00	5,66	4,09	2,67	1,32	

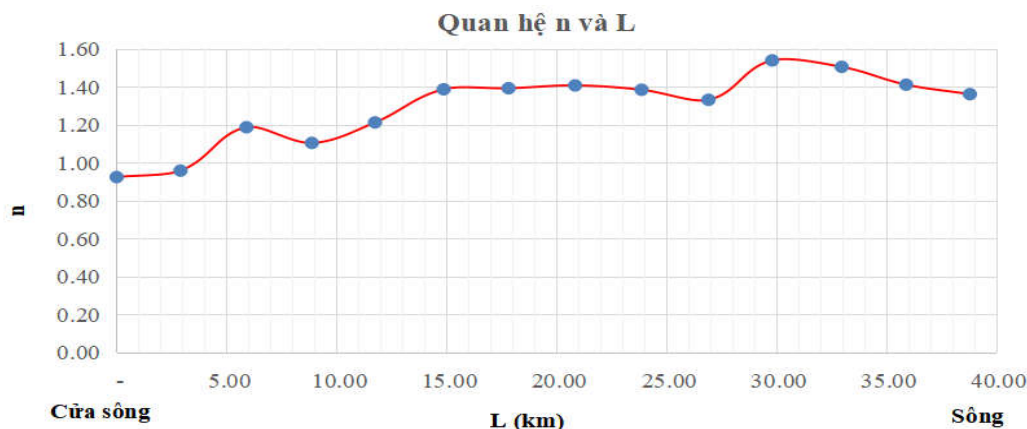
	9		5	4	0									
ΔS	13,0 3	14,19	15,4 0	14,9 2	13,2 1	11,9 3	10,3 0	9,00	7,81	7,11	7,07	4,89	3,00	1,99
n	0,80	0,91	1,07	1,12	1,18	1,22	1,15	1,10	1,01	1,02	1,25	1,20	1,12	1,51
P.loại i	TB		M											



Hình 4: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Định An ngày 31/3/2019 - HWS

Bảng 3: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Định An ngày 01/4/2016 - HWS

Thông số	Vị trí điểm đo													
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12	D13	D14
	Thời gian đo													
	12:28	12:40	12:50	12:59	13:09	13:19	13:27	13:36	13:45	13:54	14:02	14:11	14:20	14:29
	Khoảng cách từ biển L (km)													
	0	2,91	5,91	8,88	11,76	14,88	17,83	20,86	23,88	26,93	29,82	32,99	35,92	38,8
$S_{\text{đáy}}$	22,75	22,60	22,40	21,85	20,80	17,50	15,95	15,45	14,20	12,10	13,35	11,60	9,81	7,26
$S_{\text{mặt}}$	8,38	7,97	5,72	6,31	5,11	3,17	2,86	2,69	2,59	2,43	1,74	1,64	1,70	1,38
S_m	15,56	15,28	14,06	14,08	12,95	10,34	9,41	9,07	8,39	7,27	7,55	6,62	5,75	4,32
ΔS	14,38	14,64	16,68	15,54	15,70	14,33	13,09	12,76	11,62	9,67	11,61	9,96	8,12	5,88
n	0,92	0,96	1,19	1,10	1,21	1,39	1,39	1,41	1,38	1,33	1,54	1,50	1,41	1,36
P.loại	TB		M											

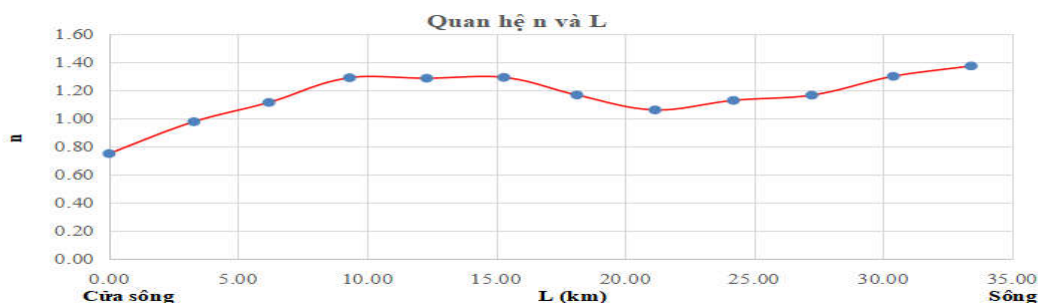


Hình 5: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Định An ngày 01/4/2019 - HWS

Khi triều xuống (LWS) trên nhánh sông Hậu trên chiều dài khoảng gần 34 km với 12 cửa Định An được đo khảo sát mặn từ điểm đo, mỗi điểm đo cách nhau khoảng thượng lưu ra đến cửa sông (cửa Định An) 3,0km.

Bảng 4: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Định An ngày 31/3/2016 - LWS

Thông số	Vị trí điểm đo											
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12
	Thời gian đo											
	15:10	15:21	15:31	15:49	16:08	16:39	16:49	17:02	17:19	17:32	17:48	18:00
	Khoảng cách từ biển L (km)											
	0	3,29	6,20	9,32	12,31	15,30	18,13	21,16	24,20	27,24	30,40	33,41
$S_{đáy}$	23,75	23,10	22,90	22,30	21,25	20,05	15,65	13,40	12,75	11,45	10,50	7,48
$S_{mặt}$	10,80	7,95	6,52	4,82	4,62	4,32	4,12	4,12	3,56	3,02	2,23	1,39
S_m	17,28	15,52	14,71	13,56	12,94	12,18	9,89	8,76	8,15	7,24	6,37	4,43
ΔS	12,95	15,16	16,38	17,48	16,63	15,74	11,53	9,29	9,20	8,43	8,27	6,09
n	0,75	0,98	1,11	1,29	1,29	1,29	1,17	1,06	1,13	1,17	1,30	1,37
$P.loại$	TB						M					

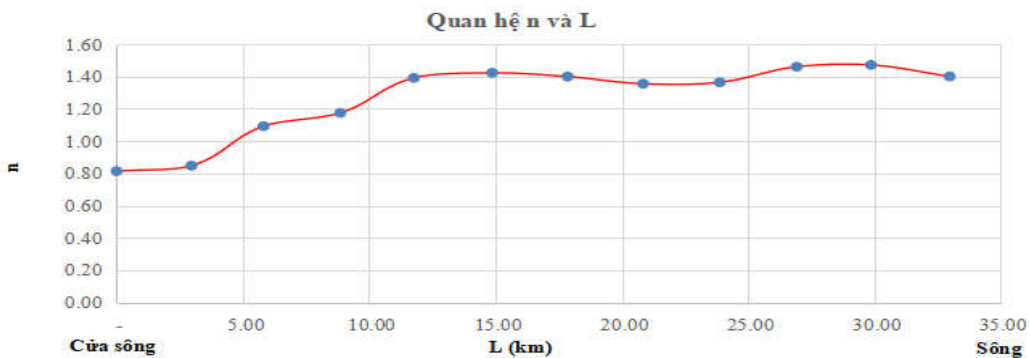


Hình 6: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Định An ngày 31/3/2019 - LWS

Bảng 5: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Định An ngày 01/4/2016 - LWS

Thông số	Vị trí điểm đo											
	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	D08	D09	D10	D11	D12
	Thời gian đo											
	17:00	17:11	17:19	17:28	17:39	17:50	17:57	18:05	18:14	18:23	18:33	14:43

	Khoảng cách từ biển L (km)											
	0	3,0	5,8	8,9	11,8	14,9	17,9	20,9	23,9	26,9	29,9	33,0
$S_{đáy}$	23,10	22,60	22,45	22,30	21,90	21,20	18,50	15,40	14,95	14,40	13,70	11,65
$S_{mặt}$	9,74	9,15	6,59	5,79	3,93	3,57	3,26	2,96	2,82	2,24	2,08	2,05
S_m	16,42	15,87	14,52	14,05	12,91	12,39	10,88	9,18	8,89	8,32	7,89	6,85
ΔS	13,37	13,46	15,87	16,51	17,98	17,63	15,24	12,45	12,13	12,16	11,62	9,60
n	0,81	0,85	1,09	1,18	1,39	1,42	1,40	1,36	1,37	1,46	1,47	1,40
$P.loại$	TB		M									



Hình 7: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Định An ngày 01/4/2019 - LWS

Đánh giá kết quả tính toán trên nhánh Định An:

Từ kết quả tính toán tham số n cho thấy trên nhánh Định An của sông Hậu xuất hiện hiện tượng phân tầng khi triều lên từ trung bình cho đến khá mạnh trong cả 2 trường hợp triều lên và triều xuống.

Kết quả tính toán sơ bộ hiện tượng phân tầng trong thời kỳ triều lên có xu thế tăng dần từ cửa sông lên thượng lưu, tại vùng cửa sông cách biển từ 3-4 km phân tầng trung bình và từ 4-40 km phân tầng khá mạnh.

Khi triều xuống kết quả cho thấy cũng xuất hiện hiện tượng phân tầng và phân bố không gian theo chiều dọc sông gần như tương đồng với

trường hợp triều lên. Mức độ phân tầng thay đổi dọc theo chiều dòng chảy, khoảng cách tại vùng cửa sông cách biển từ 3-4km phân tầng trung bình và từ 4-40km phân tầng khá mạnh.

3.2. Kết quả tính toán tham số n trên nhánh Trần Đề

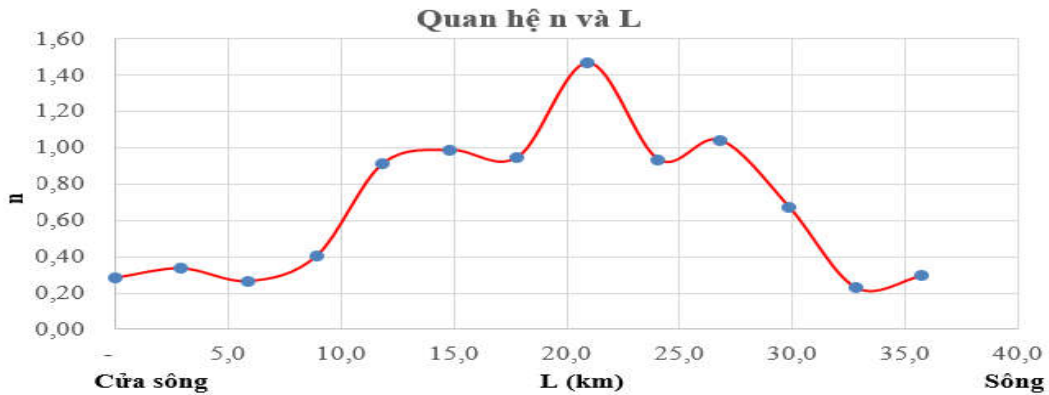
Tương tự như nhánh Định An, nhánh Trần Đề cũng tính toán cho hai thời đoạn là khi triều lên và khi triều xuống.

Khi triều lên (HWS): đo dọc nhánh Trần đề với 12 điểm dọc theo sông với chiều dài khoảng 33km từ cửa Trần Đề lên hết Cù Lao Dung.

Bảng 6: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Trần Đề ngày 31/3/2016 - HWS

Thông số	Vị trí điểm đo											
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12
	Thời gian đo											
	9:14	9:25	9:39	9:44	9:54	10:03	10:13	10:22	10:32	10:41	10:50	10:59
	Khoảng cách từ biển L (km)											
	0	2,9	5,9	8,9	11,8	14,8	17,8	20,9	24,0	26,8	29,8	32,8

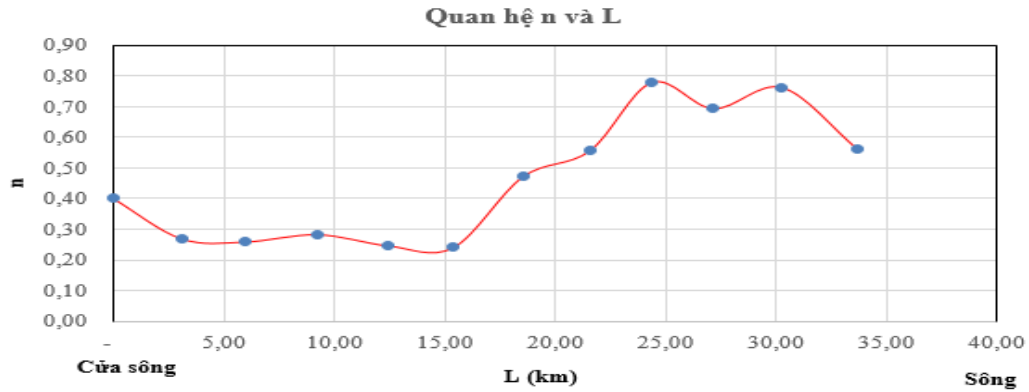
$S_{\text{đáy}}$	16,85	15,80	14,90	14,80	14,05	12,10	11,55	11,05	9,19	8,28	4,33	1,50	
$S_{\text{mặt}}$	12,65	11,25	11,40	9,81	5,25	4,10	4,12	1,70	3,34	2,61	2,15	1,19	
S_m	14,75	13,53	13,15	12,31	9,65	8,10	7,83	6,38	6,26	5,44	3,24	1,35	
ΔS	4,20	4,55	3,50	4,99	8,80	8,00	7,44	9,35	5,85	5,67	2,19	0,31	
n	0,28	0,34	0,27	0,41	0,91	0,99	0,95	1,47	0,93	1,04	0,67	0,23	
$P.loại$	TB							M	TB	M	TB		



Hình 8: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Trần Đề ngày 31/3/2019 - HWS

Bảng 7: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Trần Đề ngày 01/4/2016 - HWS

Thôn g số	Vị trí điểm đo											
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12
	Thời gian đo											
	11:46	12:05	12:14	12:27	12:37	12:47	13:14	13:25	13:38	13:53	14:04	14:23
	Khoảng cách từ biển L (km)											
	0	3,1	6,0	9,3	12,4	15,4	18,5	21,6	24,4	27,2	30,3	33,7
$S_{\text{đáy}}$	18,30	16,65	16,35	14,65	13,00	11,40	9,70	8,85	9,10	8,35	7,25	3,65
$S_{\text{mặt}}$	12,20	12,70	12,60	11,02	10,15	8,95	6,00	5,00	4,00	4,05	3,25	2,05
S_m	15,25	14,68	14,48	12,84	11,58	10,18	7,85	6,93	6,55	6,20	5,25	2,85
ΔS	6,10	3,95	3,75	3,63	2,85	2,45	3,70	3,85	5,10	4,30	4,00	1,60
n	0,40	0,27	0,26	0,28	0,25	0,24	0,47	0,56	0,78	0,69	0,76	0,56
$P.loại$	TB											

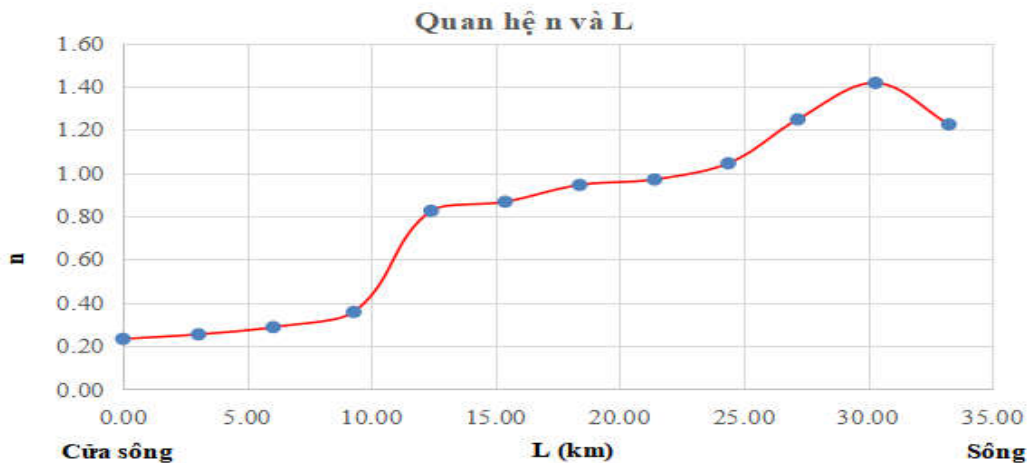


Hình 9: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Trần Đề ngày 01/4/2019 – HWS

Khi triều xuống (LWS): trên nhánh sông Hậu trên chiều dài khoảng gần 33km với 12 điểm cửa Trần Đề cũng được đo khảo sát mặn từ đo, mỗi điểm đo cách nhau khoảng 3,0km. thượng lưu ra đến cửa sông (cửa Trần Đề)

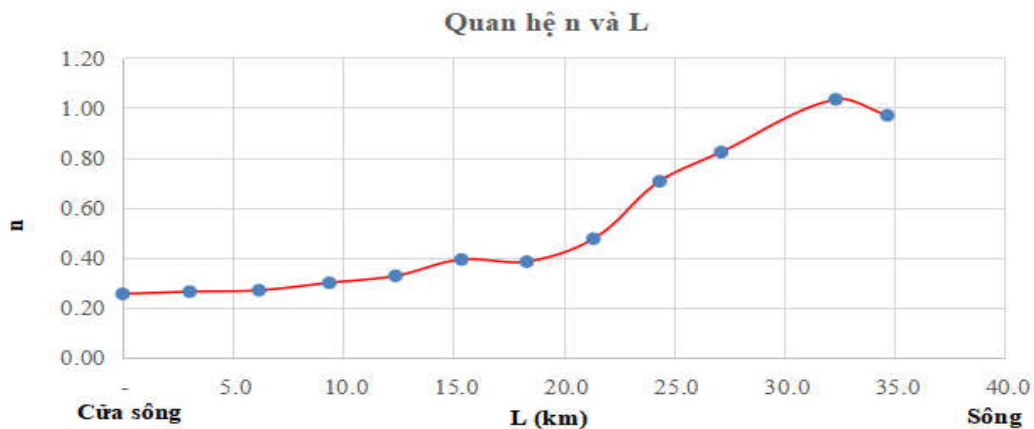
Bảng 8: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Trần Đề, ngày 31/3/2016 - LWS

Thông số	Vị trí điểm đo											
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12
	Thời gian đo											
	14:38	14:48	14:59	15:08	15:17	15:27	15:37	15:49	15:58	16:08	16:17	16:26
	Khoảng cách từ biển L (km)											
	0,00	3,04	6,05	9,29	12,41	15,39	18,39	21,40	24,37	27,17	30,30	33,26
$S_{đáy}$	18,25	16,45	16,15	15,35	15,20	12,90	11,60	10,95	10,40	8,76	7,84	3,21
$S_{mặt}$	14,45	12,75	12,10	10,70	6,33	5,10	4,16	3,80	3,27	2,03	1,34	0,77
S_m	16,35	14,60	14,13	13,03	10,76	9,00	7,88	7,38	6,83	5,40	4,59	1,99
ΔS	3,80	3,70	4,05	4,65	8,88	7,80	7,44	7,15	7,14	6,73	6,50	2,44
n	0,23	0,25	0,29	0,36	0,82	0,87	0,94	0,97	1,04	1,25	1,42	1,22
$P.loại$	TB							M				



Hình 10: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Trần Đề ngày 31/3/2019 - LWSBảng 9: Kết quả đo đạc và tính toán tham số n - nhánh Trần Đề, ngày 01/4/2016 -LWS

Thôn g số	Vị trí điểm đo													
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10	T11	T12	T13	T14
	Thời gian đo													
	16:04	16:13	16:21	16:34	16:45	16:56	17:05	17:13	17:22	17:30	17:38	17:45	17:53	18:00
	Khoảng cách từ biển L (km)													
	0	3,0	6,2	9,4	12,4	15,4	18,3	21,3	24,4	27,1	32,3	34,7	37,7	40,6
$S_{\text{đáy}}$	18,80	16,90	16,80	14,95	13,90	12,40	9,80	9,08	8,78	8,17	6,84	6,50	5,52	4,80
$S_{\text{mặt}}$	14,55	12,95	12,80	11,05	9,99	8,33	6,64	5,59	4,20	3,41	2,18	2,26	0,89	0,78
S_m	16,63	14,93	14,80	13,00	11,94	10,36	8,22	7,34	6,49	5,79	4,51	4,38	3,20	2,79
ΔS	4,25	3,95	4,00	3,90	3,92	4,08	3,16	3,49	4,58	4,76	4,66	4,24	4,62	4,02
n	0,26	0,26	0,27	0,30	0,33	0,39	0,38	0,48	0,71	0,82	1,03	0,97	1,44	1,44
$P.loại$	TB										M			

Hình 11: Biểu đồ quan hệ n và L nhánh Trần Đề ngày 01/4/2019 - LWS

Đánh giá kết quả tính toán trên nhánh Trần Đề. Kết quả tính toán cho thấy tại sông Hậu - nhánh Trần Đề có thể xảy ra hiện tượng phân tầng trung bình trong chu kỳ triều lên trên toàn bộ chiều dài xâm nhập mặn đo khảo sát (khoảng 35km từ biển vào), mặc dù có vị trí có hiện tượng phân tầng mạnh nhưng xét trên suốt chiều dài thì không có khả năng hình thành nêm mặn.

Khi triều xuống tại sông Hậu - nhánh Trần Đề xảy ra hiện tượng phân tầng từ trung bình đến phân tầng mạnh. Phạm vi phân tầng trung bình là từ biển vào trong sông khoảng từ 20-27km và

hiện tượng phân tầng mạnh (nêm mặn) nằm trong khoảng từ 27- 40km.

Có một sự khác biệt giữa nhánh Trần Đề so với nhánh Định An là tham số n có sự thay đổi khá mạnh trên chiều dọc sông và nhiều thời điểm khu vực giữa hệ số n khá cao.

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán tham số n để xác định cơ chế phân tầng vùng cửa sông dựa trên số liệu thực đo mặn trên hai nhánh sông Hậu cho thấy hiện tượng phân tầng hầu như xảy ra tại suốt chiều dọc sông với mức độ từ trung bình tới khá mạnh

trong cả hai trường hợp triều lên (HWS) và triều xuống (LWS).

Mặc dù số liệu đo đạc khảo sát hiện trường còn hạn chế về vị trí, thời điểm, thời gian đo nên việc đánh giá chưa bao trùm toàn bộ các diễn biến về xâm nhập mặn, đặc tính phân tầng nhưng bước đầu khẳng định tại vùng cửa sông Hậu có xảy ra hiện tượng phân tầng.

Kết quả tính toán đã chỉ ra có thời gian phân tầng khá mạnh và có thể hình thành nêm muối trên chiều dọc nhánh sông cửa Định An. Kết quả tính toán hệ số n cũng phản ánh đúng bản chất về mặt lý thuyết là khi thủy triều xuống dòng chảy sông mạnh sẽ làm hiện tượng phân tầng mạnh hơn. Đồng thời kết quả cũng cho thấy phù hợp với thực tế tại cửa sông Hậu giữa hai nhánh Trần Đề và Định An, nhánh Định An

dòng chảy sông mạnh hơn nhánh Trần Đề nên thời điểm nước xuống dòng chảy sông lớn hơn nhánh Trần Đề nên hiện tượng phân tầng ở nhánh Định An mạnh và rõ nét hơn.

Đặc điểm và cơ chế phân tầng vùng cửa sông nếu được tính toán từ số liệu thực đo thì sẽ sát thực tế và thuyết phục. Để có số liệu đủ để tính toán và đánh giá đặc điểm phân tầng cho cả một quá trình hay các điều kiện khác nhau đặc biệt là các bài toán kịch bản có thể xảy ra trên một nhánh sông thì khối lượng khảo sát rất nhiều và khó có thể thực hiện được tuy nhiên các kết quả nghiên cứu tính toán sơ bộ này sẽ là cơ sở cho những nghiên cứu chi tiết hơn bằng các phương pháp mô hình toán ba chiều (3D) hay hai chiều đứng (2DV).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tài liệu khảo sát đo đạc thực địa tại hiện trường (2016), Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam và Đại học Utrecht (Hà Lan)
- [2] Hà Văn Khôi, Nguyễn Ân Niên, Đỗ Tất Túc (2007) Thủy lực sông ngòi, NXB Giáo dục.
- [3] M. V. Mikhailova, Processes of Seawater Intrusion into River Mouths, ISSN 0097-8078, Water Resources, 2013, Vol. 40, No. 5, pp. 483-498.
- [4] Pritchard, D.W., Estuarine hydrography, *Adv. Ecophys* 1952 no. 1, pp. 243-280
- [5] Pritchard, D.W., Estuarine circulation patterns, *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 1955, vol. 81, no. 717, pp. 1-11.
- [6] Pritchard, D.W., What is an estuary: a physical viewpoint, *Estuaries*, Washington: Am. Ass. Adv. Sci., 1967, Publ. 83, pp. 3-5.
- [7] Simmons, H.B., Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics, *Proc. Amer. Soc. Civil Eng.*, 1955, no. 81, pp. 1-20.