
**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN SỐ CCHE2D
ĐỂ TÍNH TOÁN VÀ DỰ BÁO BIẾN HÌNH LÒNG DẪN**
APPLICATION OF CCHE2D MODEL IN CALCULATING AND PREDICTING
RIVER CHANNEL MORPHOLOGY

ThS. TRẦN HUY THANH
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

CCHE2D là một mô hình dùng để tính toán chất lượng nước, vận chuyển bùn cát, dòng chảy rối, dòng chảy không ổn định. Mô hình này ứng dụng trong việc dự báo biến hình lòng dẫn và xói bờ cho cả hai loại bùn cát đồng nhất và không đồng nhất. Mô hình này có thể dùng để dự báo ảnh hưởng của công trình thủy lợi đến vùng ven sông. Thêm vào nữa nó có thể giúp các kỹ sư thiết kế sơ bộ các loại kết cấu mới theo phương thức mà nó sẽ ảnh hưởng đáng kể đến vùng ven sông.

Abstract:

CCHE2D [1] is a state of the art two-dimensional, unsteady, turbulent river flow, sediment transport, and water quality evaluation model. The model is targeted for applications in the areas related to predicting river bed and bank erosion for both uniform and non-uniform sediment, meander migration, and water quality. The model can be used for evaluating the effects of the hydraulic structures, for riverine habitats. In addition, the model can help the engineers at least in preliminary design of new structures in a way that will be cost-effective for the riverine habitation.

1. Đặt vấn đề

Biến hình lòng dẫn [7] (bao gồm vận chuyển bùn cát, xói bồi đáy sông và sạt lở bờ sông) là vấn đề muôn thuở. Đặc biệt, sạt lở bờ sông gây ra những thiệt hại rất lớn đối với đời sống con người. Do vậy, việc nghiên cứu biến hình lòng dẫn là vấn đề được các chuyên gia hàng đầu thế giới nghiên cứu nhằm hạn chế được tác hại của biến hình lòng dẫn và dự báo được các hiểm họa có thể xảy ra.

Với tính chất phức tạp của hiện tượng xói lở, ngoài các công thức kinh nghiệm, các nhà khoa học tập trung vào hai phương pháp là dùng mô hình vật lý và mô hình toán số. Mô hình vật lý có khả năng mô phỏng những trường hợp phức tạp, tuy nhiên điều kiện sử dụng đòi hỏi phải có phòng thí nghiệm với các thiết bị đo chính xác và rất tốn kém nên phương pháp này chỉ có thể thực hiện được ở các viện nghiên cứu và các trường đại học lớn. Do vậy, phương pháp thiết lập và áp dụng các mô hình toán số được sử dụng rộng rãi hiện nay [7].

Trong môn học Động lực học sông biển [6] chúng ta đã được tiếp cận với cách dự báo biến hình lòng sông theo phương pháp sai phân và một vài phương pháp thủ công khác.

Trên thế giới, mô hình toán số được phát triển khá mạnh với các mô hình có tính thương mại như Mike2.1, Delft3D v..v. tuy vậy, do giá thành đắt nên chưa phổ biến, chỉ dùng trong thiết kế ở các công ty lớn. Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu mô hình số CCHE2D do Yaoxin Zhang về tính toán dòng chảy, vận chuyển bùn cát và sạt lở bờ sông, có thể ứng dụng cho việc thiết kế, dự báo biến hình lòng dẫn cho công tác tư vấn thiết kế cũng như giáo dục.

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Phương trình chủ đạo

Phương trình chi phối dòng chảy 2D trong sông ngòi [5] được cho bởi các phương trình sau:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Phương trình mômen

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor} v \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} + f_{Cor} u \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó:

u,v: thành phần vận tốc theo các hướng x,y;

g: gia tốc trọng trường;

Z: cao độ mặt nước;

h: độ sâu nước;

ρ : trọng lượng riêng của nước;

f_{Cor} : hệ số coriolis;

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{yy}$: ứng suất reynold theo độ sâu;

τ_{bx}, τ_{by} : ứng suất tiếp trên bề mặt đáy.

2.2. Phương trình xoáy khép kín

Ứng suất Reynolds được xấp xỉ dựa trên giả thiết của Boussinesp [5]

$$\tau_{xx} = 2\nu_t \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \nu_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (4)$$

$$\tau_{yy} = 2\nu_t \frac{\partial v}{\partial y} \quad (5)$$

3. Các dạng bài toán

Mô hình CCHE2D có thể dùng để tính toán với các dạng bài toán sau:

- Bài toán phân tích các yếu tố của dòng chảy ổn định
- Bài toán phân tích các yếu tố của dòng chảy ổn định với vận chuyển bùn cát
- Bài toán phân tích các yếu tố của dòng chảy không ổn định, dự báo bồi xói lòng dẫn

4. Trình tự tính toán

4.1. Mở Geo file (*.geo)

Đây là một loại định dạng file dữ liệu dạng hình học dùng để mô hình hóa dòng sông theo phương pháp phần tử hữu hạn. File này được tạo từ Module "CCHE2D MESH GENERATOR" với kết quả là sẽ tạo ra một file gồm có tọa độ, cao độ, độ nhám, các ghềnh cạn... Tác giả đã thực hiện công việc này bằng chương trình "CCHE_MESH 3.0". Để tạo file này, tác giả đã thực hiện theo các bước như sau:

- + Thu thập file bình đồ cao độ đoạn lòng dẫn;
- + Sử dụng chương trình softdesk (hoặc mapsite, Arcview v..v) để chuyển dữ liệu trong bản vẽ bình đồ sang số liệu dạng text gồm 3 cột tọa độ X, Y, Z. Sau đó ghi file này ở dạng đuôi *.mesh_xyz (dùng chương trình notepad để đọc);
- + Từ dữ liệu dạng mesh_xyz, tác giả sử dụng chương trình "CCHE_MESH 3.0" để đọc, kết quả được file dữ liệu dạng hình học, là cơ sở để mô hình hóa đoạn lòng dẫn.

4.2. Thiết lập các điều kiện biên ban đầu:

Điều kiện biên bao gồm:

- + Mức nước đầu và cuối đoạn cần tính toán;

- + Độ nhám trên miền tính toán;
- + Cao độ đáy miền tính toán.

Các điều kiện này càng chính xác thì kết quả đạt được sẽ càng đáng tin cậy.

4.3. Thiết lập các thông số về dòng chảy

Trong bước này ta cần thiết lập các thông số về thời gian cần dự báo biến dạng, bước thời gian tính toán, hệ số nhớt xoáy, hệ số nhớt động học, hằng số Karman v...v

4.4. Thiết lập các thông số ở đầu đoạn và cuối đoạn tính toán

Trong phần này ta cần khai báo lưu lượng và cao trình mực nước tại 2 đầu đoạn cần tính.

4.5. Chạy mô hình tính

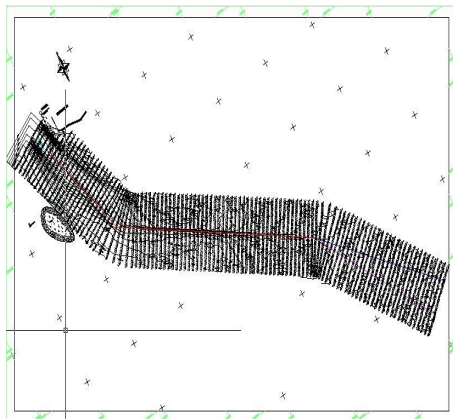
Đây là bước cuối cùng của bài toán. Kết quả chạy mô hình sẽ được so sánh với các số liệu nghiên cứu để tìm ra những nhận xét xác đáng nhất.

5. Ví dụ và kết quả tính toán

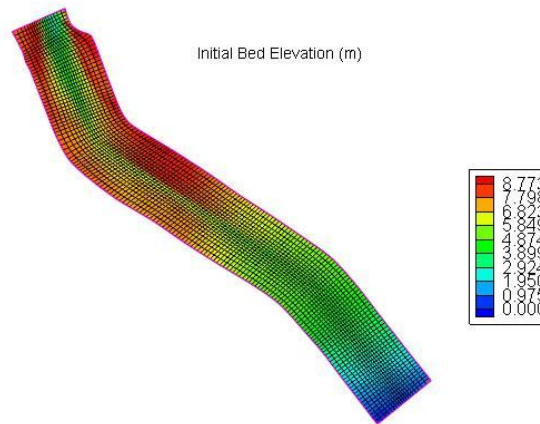
Ví dụ: Vẽ bình đồ dòng chảy và dự báo bồi xói cho luồng Nam Triệu, Hải Phòng:

5.1. Bước 1: Mở geo file

Geo file được tạo ra theo trình tự của mục 4.1, kết quả thu được:



Hình 1a: Cao độ trong Auto Cad

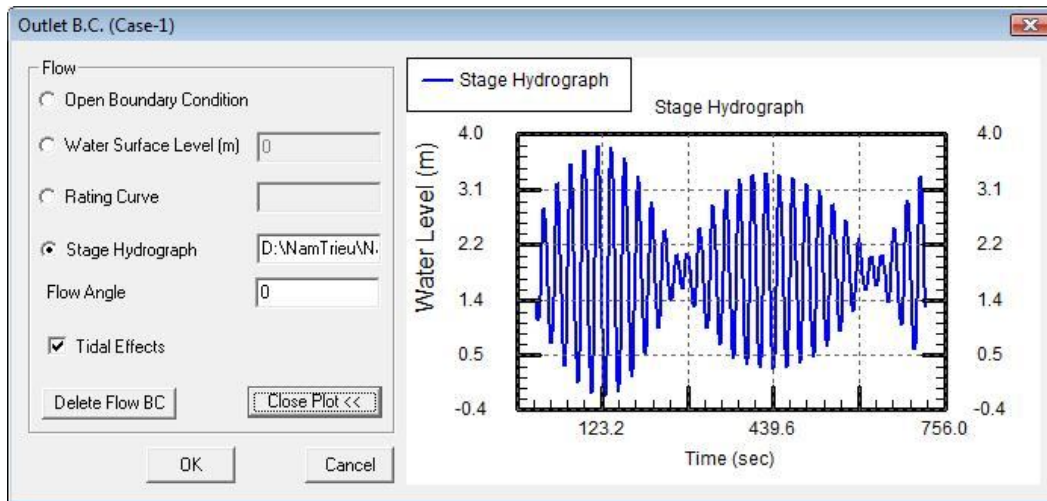


Hình 1b: Lưới phần tử hữu hạn của đoạn luồng trong chương trình CCHE2D

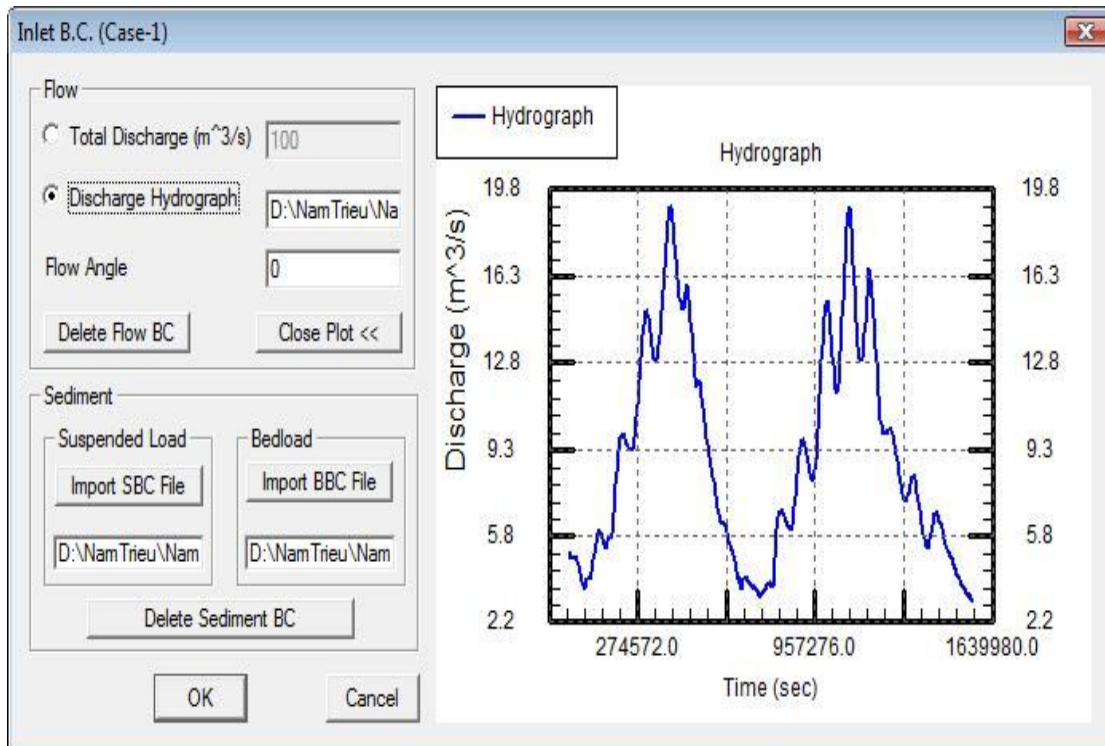
5.2. Bước 2: Thiết lập các điều kiện biên

5.2.1. Điều kiện biên về mực nước đoạn đầu và cuối miền tính toán, độ nhám lòng sông và cao trình đáy sông

Trong phần này ta cần khai báo lưu lượng và cao trình mực nước tại 2 đầu đoạn cần tính. Tùy theo các điều kiện về dòng chảy ổn định hay không ổn định mà khai báo cho chính xác. Trong phần này, tác giả tính toán biến đổi lòng dẫn trong khoảng thời gian một tháng, mực nước theo trạm thủy văn quan trắc tại khu vực cần tính. Có thể biểu diễn theo hình sau:

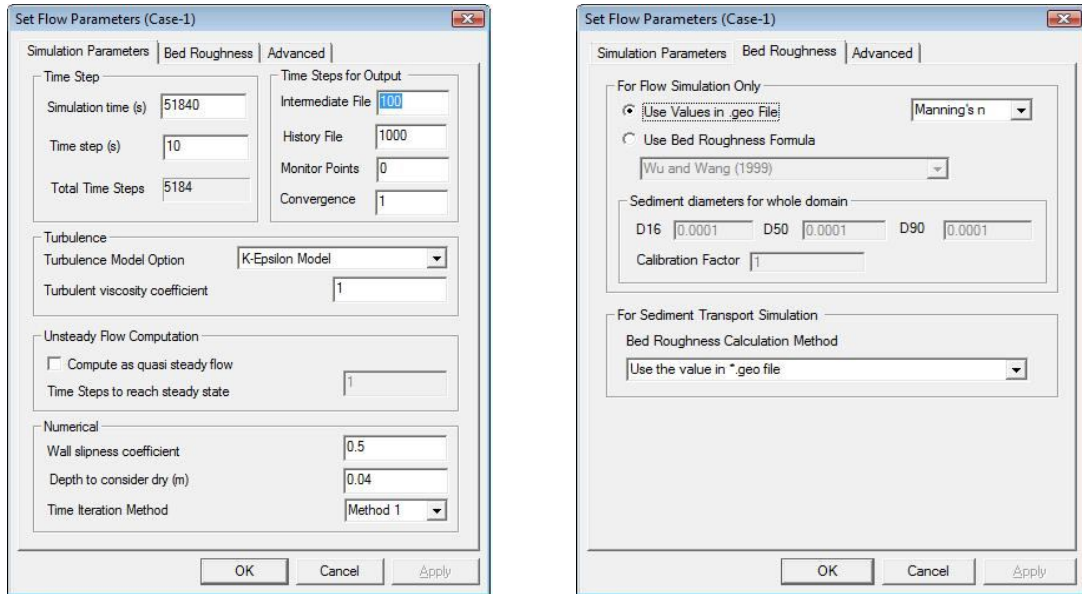


Hình 2a: Điều kiện biên mực nước



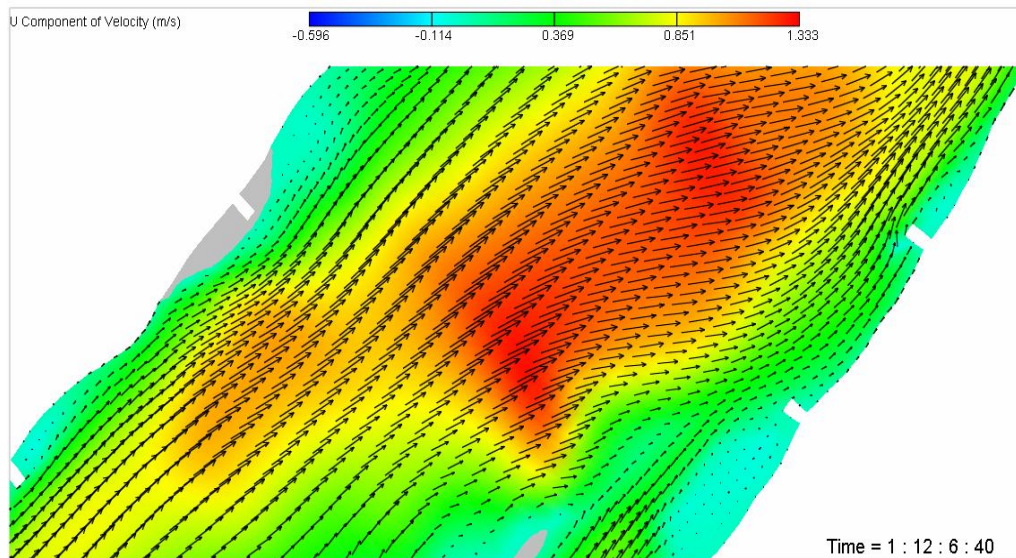
Hình 2b: Điều kiện biên lưu lượng

5.2.2. Điều kiện biên về tham số dòng chảy



Hình 3: Thông số về dòng chảy và thời gian tính toán

5.3 Chạy mô hình và kết quả đạt được

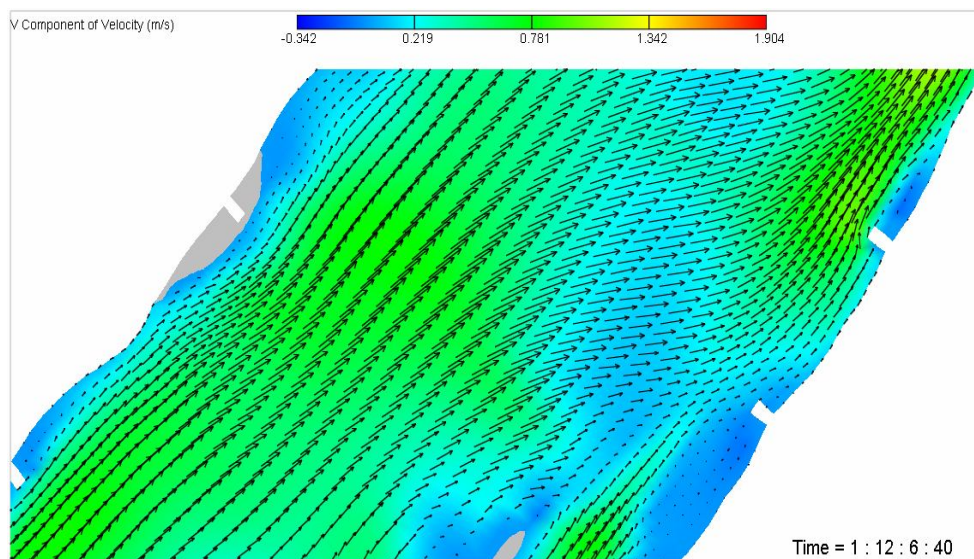


Hình 4: Sự phân bố lưu tốc theo phương dòng chảy

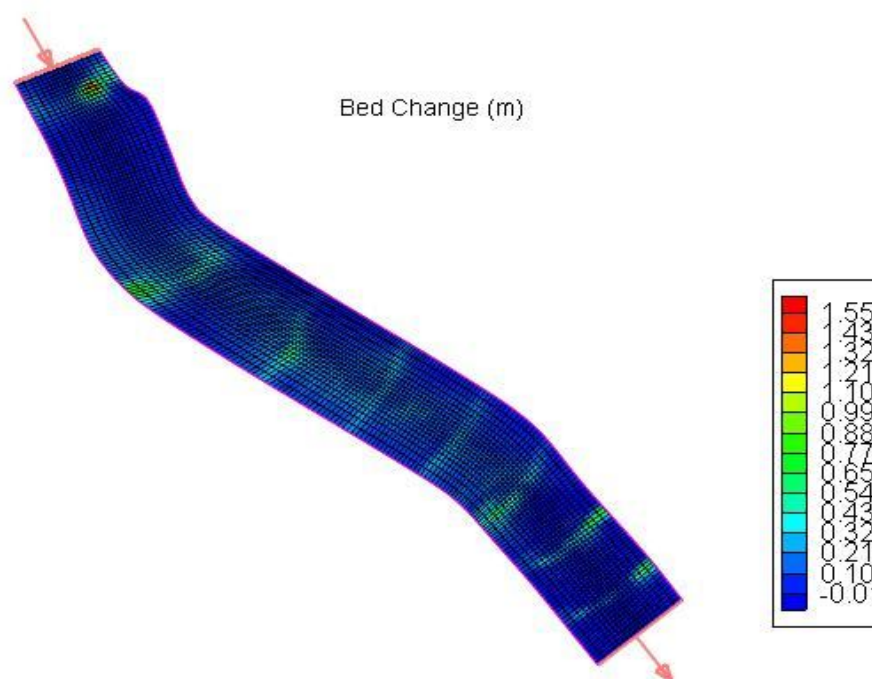
Sau khi chạy mô hình, kết quả thu được sẽ bao gồm một số module đáng lưu ý đó là:

- + Sự biến đổi cao trình đáy trên toàn đoạn;
- + Sự biến đổi về mực nước;
- + Thành phần vận tốc trên mặt bằng (bình đồ dòng chảy);
- + Thành phần lưu lượng;
- + Thành phần ứng suất tiếp.

Tất cả đều được thể hiện trực quan thông qua màu sắc và trường véc tơ, giúp người dùng đánh giá được khách quan nhất sự biến đổi của các đại lượng.



Hình 5: Sự phân bố lưu tốc theo phương vuông góc với dòng chảy



Hình 6: Dự báo bồi xói lòng dẫn

Ngoài những phần trên, Mô hình còn cho phép tính toán những vấn đề sau:

- + Sự phân bố bồi, xói của lòng dẫn trên mặt bằng và mặt cắt ngang;
- + Vận chuyển bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy.

6. Kết luận

Trong khuôn khổ giới hạn của bài báo, tác giả chỉ trình bày sơ lược việc ứng dụng mô hình CCHE2D vào việc giải quyết các vấn đề về sự biến đổi của các yếu tố thủy lực trong dòng chảy.

Các dạng bài toán về vận tải bùn cát, sự biến đổi lòng dẫn trong dòng chảy không ổn định do giới hạn về thời gian nên chưa giới thiệu.

Hạn chế lớn nhất đó là do thiếu các số liệu về tọa độ, cao độ, địa chất lòng dẫn, số liệu về thủy văn nên việc thiết lập Geo file là tương đối khó khăn, đòi hỏi kinh phí lớn.

Trong tương lai gần, đây có lẽ là công cụ hữu ích cho các thiết kế viên cũng như sinh viên, làm căn cứ cho công tác tư vấn cũng như giáo dục khi số liệu về các đoạn sông sẽ được hoàn thiện dần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Jia, Y.F and Wang, Sam S.Y, *CCHE2D: Two-dimensional Hydrodynamic and Sediment Transport model for unsteady open channel over loose bed*, NCCHE Technical Report, NCCHE-TR-2001-01, Aug 2001.
- [2] Wu, W.M, *CCHE2D sediment transport model ver 2.1*, NCCHE Technical Report, NCCHE-TR-2001-03, Aug 2001.
- [3] Khan, A.A, *CCHE2D-GUI: Graphical User interface for CCHE2D model, Users Manual ver 2.0*, NCCHE Technical Report, NCCHE-TR-2002-04, 2002.
- [4] Zhang, Yaoxin, *CCHE2D mesh generator user's Manual ver 2.5*, NCCHE Technical Report, NCCHE-TR-2005-01, Jan 2005.
- [5] Zhang, Yaoxin, *CCHE2D-GUI quick start guide*, NCCHE Technical Report, NCCHE-TR-2005-04, Jan 2005.
- [6] Đào Văn Tuấn, *Động lực học sông biển*, Đại Học Hàng Hải, 2006.
- [7] Trần Văn Túc – Huỳnh Thanh Sơn, *Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán số CCHE1D vào tính toán dự báo biến hình lòng dẫn*, Khoa kỹ thuật xây dựng – Đại học Bách khoa TP HCM, 2005
- [8] Trần Huy Thanh, *Ứng dụng mô hình toán số CCHE2D để tính toán và dự báo biến hình lòng dẫn*, đề tài NCKH cấp trường năm học 2008-2009, Trường Đại Học Hàng Hải Việt Nam, 2009.

Người phản biện: ThS. Hoàng Hồng Giang

.....