

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THỦY LỰC HAI CHIỀU HDM LẬP BẢN ĐỒ NGẬP LỤT LƯU VỰC SÔNG DINH (NINH HÒA)

KS. **Bùi Văn Chanh**, KS. **Nguyễn Văn Lý** - Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Trung Bộ  
KS. **Trần Văn Tinh** - Trường Đại học Tài nguyên Môi trường Hà Nội

**M**ô hình thủy lực hai chiều HDM có nguồn gốc từ Hoa Kỳ, được Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường cải tiến thêm nhiều chức năng mô phỏng và phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Mô hình đã ứng dụng thành công cho hệ thống sông Hồng, các sông trên địa bàn tỉnh Bình Định, Khánh Hòa, sông Cà Ty và La Ngà tỉnh Bình Thuận và đang ứng dụng cho các sông tỉnh Phú Yên. Báo cáo trình bày kết quả áp dụng mô hình HDM xây dựng bản đồ ngập lụt lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa).

Lũ lụt hàng năm trên lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa) gây nhiều hậu quả nghiêm trọng, đặc biệt là thị xã Ninh Hòa. Lập bản đồ ngập lụt không chỉ phục vụ công tác phòng chống lũ lụt, mà còn là cơ sở để quy hoạch cơ sở hạ tầng, phát triển kinh tế - xã hội huyện Ninh Hòa.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định của mô hình cho thấy, bộ thông số của mô hình ổn định, đáng tin cậy trong việc lập bản đồ ngập lụt phục vụ công tác phòng chống lũ lụt trên lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa).

## 1. Cơ sở lý thuyết

Mô hình HDM (Hydro Dynamic Model) được phát triển từ mô hình DHM (Diffusion Hydrodynamic Model), là sự kết hợp giữa mô hình dòng một chiều trong sông và dòng hai chiều trên bãi sông cơ sở [1,2,4]:

- Thêm 01 thành phần quán tính vào phương trình chuyển động của dòng chảy trong hệ thống sông, tạo ra khả năng mô hình có thể mô phỏng dòng chảy trong vùng có ảnh hưởng của thủy triều, nước dâng ven biển.

- Bổ sung các điều kiện biên, bao gồm đập tràn, cống có cửa điều khiển để đưa vào hệ phương trình 01 chiều và đập tràn, cống; đồng thời đề, đường phía trên, cống dưới đề đối với hệ phương trình 02 chiều mô tả chuyển động của dòng ngập lụt trên bãi sông, cho phép mô hình có thể mô phỏng đề, đường, cống qua đề, ...

- Mô hình có thể ứng dụng cho lòng sông có hình dạng bất kỳ, thay thế mặt cắt hình chữ nhật như trong mô hình DHM.

Hệ phương trình sóng động lực Saint - Venant được áp dụng trong tính toán truyền lũ một chiều trong hệ thống sông và xấp xỉ sóng khuếch tán bằng cách bỏ qua các thành phần gia tốc trong phương trình bảo toàn động lượng trong hệ phương trình 02 chiều mô tả quá trình ngập lụt. Hệ phương trình cơ bản của mô hình có dạng như sau:

Người đọc phân biệt: TS. **Trần Quang Tiến**

\* Mô hình truyền lũ 1 chiều trong hệ thống sông

Dòng chảy trong hệ thống sông được mô tả bằng phương trình sóng động lực bao gồm:

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q$$

Phương trình động lực:

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} + \frac{n^2 |V|}{2 R^{4/3}} = 0$$

\* Dòng chảy hai chiều trong vùng ngập

Dòng chảy hai chiều trong vùng bãi ngập được mô tả bằng phương trình sóng khuếch tán hai chiều:

- Độ dốc ma sát được xác định theo phương trình Manning theo phương Ox và theo phương Oy:

Trong đó:

Q, Z, A, R = Lưu lượng, mực nước, diện tích mặt cắt ướt và bán kính thủy lực;

h = độ sâu;

S<sub>ox</sub> và S<sub>oy</sub> = độ dốc đáy theo phương ox và oy;

S<sub>fx</sub> và S<sub>fy</sub> = thành phần độ dốc ma sát theo phương ox và oy.

n = hệ số Manning.

\* Kết nối giữa mô hình dòng chảy một chiều trong

hệ thống sông và mô hình dòng chảy hai chiều trong vùng ngập

Mô hình 1 chiều và 2 chiều được kết nối với nhau dựa trên nguyên tắc liên tục và chảy tràn bờ, tràn qua đê, đường và các công trình khác.

**2. Tính toán số liệu đầu vào**

Mô hình hai chiều giải trên hệ thống ô lưới. Vì vậy, cần phải xác định miền tính và chia lưới ô vuông, kích thước ô lưới cho lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa) là 350 x 350 m. Các ô lưới được tạo liên kết hệ thống và liên kết công trình. Các công trình có thể là đường giao thông, đê, đập tràn, cống. Mỗi ô lưới còn được xác định cao trình ô, số liệu này được tính toán từ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 hệ tọa độ VN 2000. Đây là bản đồ mới, chi tiết và đầy đủ nhất hiện nay, các thông tin chính của bản đồ phục vụ tính toán số liệu đầu vào cho mô hình thủy lực HDM gồm: các đường bình đồ, các điểm cao độ, giao thông và sông suối.

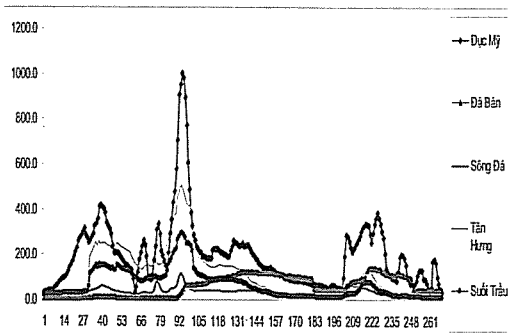
Số liệu mặt cắt ngang sông được tính toán trên cơ sở số liệu điều tra khảo sát thực địa, từ vị trí mặt cắt đã được xác định tiến hành dẫn cao độ Quốc gia và đo đặc hình dạng mặt cắt. Các mặt cắt được đo tại vị trí sông cong, lòng sông bị biến đổi nhiều, có sự thay đổi về thủy lực. Trên hệ thống sông Dinh (Ninh Hòa) được bố trí 28 mặt cắt ngang; trong đó 4 mặt cắt trùng với

trạm đo lưu lượng, 3 mặt cắt trùng với trạm đo mực nước kiểm tra và 1 mặt cắt tại cửa ra trùng với trạm đo thủy triều. Số liệu mặt cắt ngang được tính cho từng ô lưới có sông chảy qua, các sông được mô phỏng theo các đường gấp khúc đi qua trung tâm các ô lưới (Hình 1).

1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095
160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168
226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234
292	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299
355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363

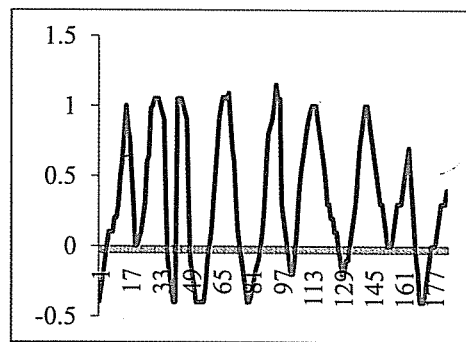
**Hình 1. Mô phỏng sông suối và công trình trên miền tính**

Số liệu đầu vào để hiệu chỉnh mô hình HDM trên sông Dinh, Ninh Hòa được quan trắc đồng bộ từ 7h00 ngày 29 tháng 10 đến 13h00 ngày 13 tháng 11 năm 2010 (Hình 2 và 3). Quá trình lưu lượng và thủy triều đầu vào được kiểm tra tính hợp lý, sau đó biên tập theo cấu trúc file số liệu đầu vào của mô hình thủy lực HDM.



**Hình 2. Đường quá trình lũ quan trắc đồng bộ sông Dinh Ninh Hòa**

Các trạm đầu vào của mô hình chỉ có số liệu của trận lũ năm 2010. Số liệu này không thể tính tần suất được. Trên lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa) chỉ có trạm thủy văn Ninh Hòa có số liệu đủ dài để tính tần suất. Yếu tố quan trắc là mực nước, vì vậy cần phải tính tần suất trạm Ninh Hòa và thu phóng cho các trạm đầu



**Hình 3. Đường quá trình quan trắc triều đồng bộ đầm Nha Phu**

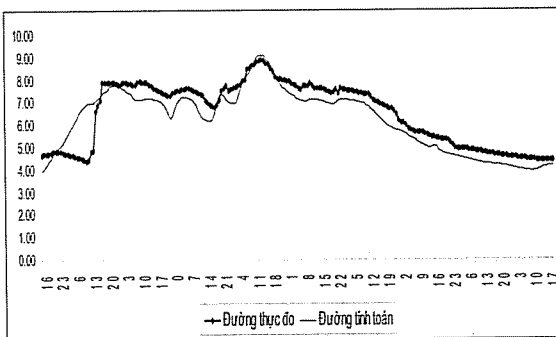
vào trên. Trạm thủy văn Ninh Hòa không quan trắc lưu lượng. Trong khi đó số liệu đầu vào các trạm trên là lưu lượng, vì vậy cần phải thu phóng quá trình lưu lượng từ tần suất trạm Ninh Hòa và số liệu quan trắc đồng bộ năm 2010 với đỉnh lũ là 599 cm.

**Bảng 1. Mực nước trạm Ninh Hòa theo các kịch bản**

$\bar{H}$ (cm)	H1% (cm)	H3% (cm)	H5% (cm)	H10% (cm)	BĐIII (cm)	BĐII (cm)
545	709	675	657	631	550	480

Hệ số thu phóng  $K1\%=1.183639399$ ,  $K3\%=1.12687813$ ,  $K5\%=1.096828047$ ,  $K10\%=1.053422371$ . Quá trình lũ với cấp báo động III và II được trích từ trận lũ quan trắc đồng bộ năm 2010.

Để thu phóng quá trình lưu lượng cho các trạm đầu vào trên nhánh sông Cái, sông Đá Bàn, sông Đá và sông Trước, cần sử dụng hệ số thu phóng trên và trận lũ đo đồng bộ năm 2010. Tuy nhiên, khi lũ truyền từ các trạm đầu vào trên về Trạm Thủy văn Ninh Hòa do ảnh hưởng của độ dốc phụ gia đã làm bệch sóng lũ (độ dốc phụ gia là sự chênh lệch giữa độ dốc mặt nước khi có lũ với độ dốc mặt nước khi chảy ổn định). Ảnh hưởng của độ dốc phụ gia gây ra hiện tượng ở cùng một mực nước nhưng lưu lượng quá trình lũ lên lớn hơn lưu lượng quá trình xuống, quá trình truyền lũ xuống hạ lưu làm cho mực nước đỉnh lũ càng giảm xuống, mặt cắt càng mở rộng thì mực nước giảm càng nhanh. Từ trận lũ quan trắc đồng bộ tính được độ bệch sóng lũ giữa Trạm Thủy văn Ninh Hòa với trạm Dục Mỹ là 1/2,8, trạm Đá Bàn là 1/1,9 và trạm Ninh Thượng là 1/1,5.



Hình 4. Đường tính toán và thực đo mặt cắt số 6

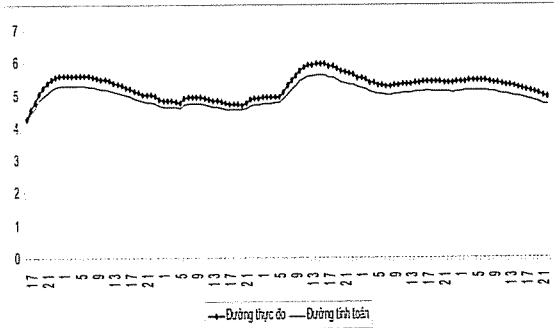
Trận lũ năm 2009, đỉnh lũ trên sông Dinh tại trạm Ninh Hòa là 6,34 m, tương đương với tần suất thiết kế 10% là 6,31 m. Kiểm tra kết quả vết lũ điều tra năm 2009 với kịch bản tính toán ngập lụt tần suất 10% cho thấy, các giá trị điều tra chênh lệch với khoảng tính

### 3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các trạm kiểm tra trên lưu vực sông Dinh (Ninh Hòa) gồm:

- Mặt cắt số 6 thuộc thôn Vân Thạch, xã Ninh Xuân, huyện Ninh Hòa.
- Mặt cắt số 8 tại vị trí trạm Thủy văn Ninh Hòa.
- Mặt cắt số 22 thuộc thôn Hà Liên, phường Ninh Hà, huyện Ninh Hòa.

Sau khi hiệu chỉnh bộ thông số bằng phương pháp thử sai, nhận thấy đường quá trình tính toán và thực đo của các trạm kiểm tra chênh lệch ít. Chênh lệch về đỉnh lũ nhỏ hơn 15 cm (Hình 4 và 5). Các trạm kiểm tra được bố trí ở phía trên đường sắt (mặt cắt số 6), phía giữa đường sắt và Quốc lộ 1A (trạm thủy văn Ninh Hòa) và phía dưới Quốc lộ 1A. Mỗi trạm kiểm tra sẽ phản ánh được sự ảnh hưởng của hai công trình giao thông này đến quá trình ngập lụt. Sau khi chỉnh sửa hệ số nhám và chạy lại mô hình thủy lực HDM nhiều lần, tối ưu được bộ thông số và chạy mô hình ứng với các tần suất 1%, 3%, 5%, 10%, báo động III và II.



Hình 5. Đường tính toán và thực đo trạm thủy văn Ninh Hòa

toán từ 1 - 15 cm, cá biệt có một vài điểm độ lệch lớn hơn. Tuy nhiên, về cơ bản, kết quả mô phỏng ngập lụt phù hợp với số liệu điều tra (Bảng 2), thể hiện độ tin cậy của mô hình.

Bảng 2. Kết quả kiểm tra vết lũ năm 2009 với sản phẩm mô hình HDM

STT	Vị trí	Địa chỉ	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)	Độ ngập (m)		Ngập
					tính toán (m)	điều tra (m)	
1	Trần Ân	Hội Điện - Ninh Phú	599384	1380092	2,4-2,6	2,13	ruộng
2	Huỳnh Ngọc An	Tiên du 1 - Ninh Phú	600009	1379318	1,0-1,2	1,55	ruộng
3	Nguyễn Văn Hoàng	Hà Liên - Ninh Hà	598538	1377795	0,8-1,0	0,90	niền nhà

## NGHIÊN CỨU & TRAO ĐỔI

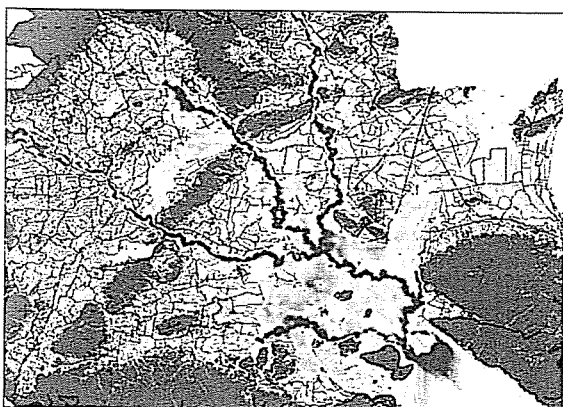
STT	Vị trí	Địa chỉ	Kinh độ (m)	Vĩ độ (m)	Độ ngập (m)		Ngập
					tính toán (m)	điều tra (m)	
5	Nguyễn Thị Hào	Phú Thạnh - Ninh Giang	598051	1379820	0,8-1,0	1,33	vườn
6	Nguyễn Thị Xứng	Phú Thứ - Ninh Giang	597832	1380277	0,8-1,0	1,12	ruộng
7	Nguyễn Thị Minh	Phong Phú 2- Ninh Giang	597026	1380488	1,0-1,2	1,08	vườn
8	Trần Thanh Tùng	Phong Phú 2- Ninh Giang	596985	1380010	0,8-1,0	0,93	ruộng
10	Nguyễn Thị Gia	Hậu Phước - Ninh Hà	596542	1378704	1,0-1,2	1,64	ruộng
12	Nguyễn Thanh Huân	Mỹ Trạch - Ninh Hà	595398	1378489	0,4-0,6	0,47	nền nhà
13	Ngô Cao Bá	Mỹ Trạch - Ninh Hà	594939	1378643	0,6-0,8	0,47	vườn
14	Lê Văn Thành	Thuận Mỹ - Ninh Quang	594278	1378765	1,4-1,6	1,36	ruộng
16	Hồ Thị Ánh	Mỹ Lợi - Ninh Lộc	593743	1377568	1,2-1,4	1,36	nền nhà
17	Lương Công Dương	Mỹ Lợi - Ninh Lộc	593781	1377364	1,6-1,8	1,72	đường

### 4. Bản đồ ngập lụt

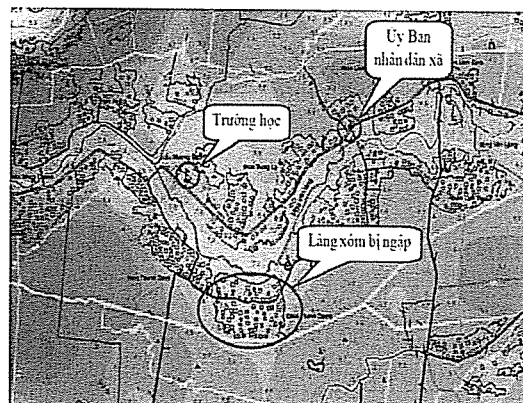
Vùng ngập lụt được xuất ra bản đồ độ phân giải thấp thể hiện tổng quan vùng ngập và bản đồ độ phân giải cao để xem chi tiết vùng ngập. Độ sâu ngập được phân biệt bằng màu, giá trị độ sâu được thể hiện tại vị trí con chỏ, dễ sử dụng. Trong bản đồ chi tiết, có đầy đủ các thông tin về độ sâu, độ cao địa hình, địa danh chi tiết đến thôn xóm, đường giao thông, sông suối, các khu dân cư, làng mạc, trường học, bệnh viện, trạm y tế, nên có giá trị thực tiễn cao và đang sử dụng có hiệu quả trong công tác phòng, chống lũ lụt ở các tỉnh. Bản đồ ngập không chỉ sử dụng tốt cho công tác phòng, chống giảm nhẹ thiên tai, mà còn phục vụ quy hoạch cơ sở hạ tầng, giảm lũ cho hạ lưu, định hướng

phát triển kinh tế - xã hội vùng ngập lụt.

Kết quả mô hình có độ tin cậy cao, làm cơ sở để lập bản đồ ngập theo các tần suất, mô hình mô phỏng ảnh hưởng của địa hình, đường sắt, đường Quốc lộ 1A đến diễn biến ngập lụt, phù hợp với thực tế và ít sai lệch với kết quả điều tra, số liệu thực đo. Vùng ngập trọng điểm là phía trên đường sắt, nơi hợp lưu của 3 nhánh sông trước khi đổ về thị xã Ninh, Hòa bao gồm các phường phía tây thị xã, các xã Ninh Đông, Ninh Quang, Ninh Bình. Vùng có diện ngập lớn là các xã Ninh Giang, Ninh Hà. Độ sâu ngập phổ biến từ 1,0 - 1,5 m, độ ngập sâu hạ lưu sông Dinh không lớn, nhưng diện ngập rộng do địa hình biến đổi ít, thời gian ngập lụt kéo dài.



Hình 6. Độ ngập sâu lớn nhất tần suất 10%



Hình 7. Độ ngập chi tiết

### 5. Kết luận

- Mô hình HDM là mô hình 1 và 2 chiều kết hợp. Khi nước chảy trong sông mô hình là 1 chiều, khi chảy trong vùng ngập thì mô hình tự động chuyển thành 2 chiều. Đây là ưu điểm của mô hình so với mô hình

MIKE FLOOD của Đan Mạch.

- Mô hình HDM mô phỏng được nhiều công trình hơn các mô hình thủy lực khác.

- Mô hình 1 chiều trong sông tính toán được cho cả

đoạn sông phân nhánh, nên có ưu điểm hơn so với mô hình HEC-RAS.

- Mô hình diễn toán tốt, được ứng dụng rộng rãi trong thực tế và đem lại hiệu quả trong công tác phòng chống lũ lụt ở các địa phương.

- Bản đồ số sử dụng cho hạ lưu sông Dinh (Ninh Hòa) có tỷ lệ lớn, đồng bộ, chi tiết. Tuy nhiên, để nâng cao độ chính của mô hình, cần bổ sung thêm số liệu

các điểm cao độ hoặc sử dụng bản đồ có tỷ lệ lớn hơn.

- Mô hình sử dụng lưới ô vuông, nên việc mô phỏng hạn chế hơn mô hình MIKE 21 sử dụng lưới tam giác.

- Mô hình chưa sử dụng được bản đồ DEM, cho nên việc tính toán số liệu đầu vào khó khăn, cần phải sử dụng chương trình hỗ trợ của GIS để tạo bản đồ ngập.

### Tài liệu tham khảo

1. Lương Tuấn Anh (2011): Nghiên cứu áp dụng mô hình thủy động một và hai chiều kết hợp xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lụt vùng hạ lưu sông La Ngà. Tạp Chí Khí tượng Thủy văn. Số 604, tháng 4/2011, tr. 29-33.

2. Cao Đăng Dư (1999). Điều tra, nghiên cứu và cảnh báo lũ lụt phục vụ phòng tránh thiên tai ở các lưu vực sông miền Trung - Đề tài NCKH độc lập cấp nhà nước.

3. Cao Đăng Dư (2000). Lũ lụt ở miền Trung và các vấn đề cần nghiên cứu - Tạp chí Khí tượng Thủy văn số 4-472, Hà Nội.

4. Trần Thục, Huỳnh Lan Hương, Đặng Thu Hiền (2001). Áp dụng mô hình toán thủy văn để tính toán dự báo lũ hệ thống sông Thu Bồn - Tuyển tập Hội thảo khoa học đề tài độc lập cấp nhà nước: "Điều tra, nghiên cứu và cảnh báo lũ lụt phục vụ phòng tránh thiên tai ở các lưu vực sông miền Trung", Hà Nội.