

NGHIÊN CỨU SO SÁNH F28 VÀ MIKE FLOOD TRÊN BÀI TOÁN MÔ PHÒNG LŨ SÔNG VU GIA – THU BỒN

Trần Thị Mỹ Hồng, Nguyễn Ngọc Minh, Lê Song Giang, Huỳnh Công Hoài, Nguyễn Quang Trưởng

Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Dòng chảy lũ trên sông Vu gia - Thu bồn được tính toán mô phỏng bằng 2 mô hình tích hợp 1D2D. Hai mô hình này được thiết lập bằng hai phần mềm khác nhau là F28 và MIKE FLOOD. Thông qua việc tính toán và so sánh với số liệu đo lũ các năm 1999, 2007, 2009 và 2010, các tính năng của 2 phần mềm đã được làm rõ.

1. GIỚI THIỆU

Để tính toán dòng chảy lũ trên vùng đồng bằng, do tính đặc thù của dòng chảy, mô hình tích hợp 1D2D có nhiều ưu điểm hơn cả. Mô hình loại này đã được thiết lập để tính lũ trên một số sông như sông Vu gia – Thu bồn [3], sông Mekong [4, 5], sông Tama và Tsurumi Rivers (Nhật) [6], sông Thames (Anh) [7], sông Mahanadi (Ấn độ) [8]. Nhiều phần mềm khác nhau đã được sử dụng như MIKE FLOOD, SOBEK, hoặc tự phát triển. Các phần mềm khác nhau dĩ nhiên sẽ cung cấp khả năng làm mô hình khác nhau. Bản thân chúng tôi, để phục vụ các nghiên cứu, cũng đã phát triển một phần mềm với tên F28.

Bài báo này đã thực hiện một so sánh giữa F28 và MIKE FLOOD, một phần mềm khá thông dụng và có uy tín tại Việt nam, trên một bài toán thực: tính toán mô phỏng các trận lũ trên vùng hạ lưu sông Vu gia – Thu bồn.

2. MÔ HÌNH TÍCH HỢP 1D2D CHO TAM GIÁC CHÂU VU GIA – THU BỒN

2.1 Phương pháp

Có 2 mô hình toán tích hợp 1D-2D cho hạ lưu sông Vu gia – Thu bồn đã được xây dựng, một bằng F28 [1] và một bằng MIKE FLOOD [2]. F28, cũng giống như MIKE FLOOD, giải phương trình Saint-Venant cho dòng chảy trong sông (1D) và phương trình nước nông cho dòng chảy trên vùng ngập lũ (2D). Một số đặc điểm cơ bản trong phương pháp giải của 2 phần mềm được trình bày trong bảng 1 bên dưới.

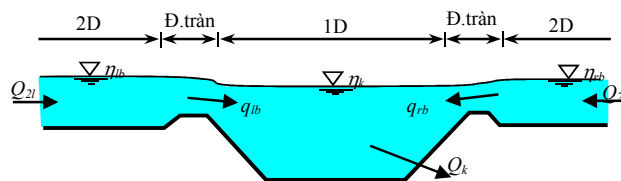
Bảng 1. Phương pháp giải của 2 phần mềm F28 và MIKE FLOOD

Module	F28	MIKE FLOOD
1D	- Phương pháp thể tích hữu hạn; - Ấn số: diện tích mặt cắt ướt (A) và lưu lượng (Q).	- Phương pháp sai phân hữu hạn; - Ấn số: mực nước (η) và lưu lượng (Q).
2D	- Phương pháp thể tích hữu hạn; - Ấn số: mực nước (η) và vector lưu lượng đơn vị (\mathbf{q}); - Lưới tính phi cấu trúc, phần tử tứ giác.	- Phương pháp thể tích hữu hạn; - Ấn số: mực nước (η) và vector vận tốc (\mathbf{U}); - Lưới tính phi cấu trúc, phần tử hỗn hợp tam giác và tứ giác.

Liên kết 1D2D	<ul style="list-style-type: none"> - Liên kết bằng Siêu nút - Liên kết bằng Dòng tràn bờ - Liên kết bằng Công trình 	<ul style="list-style-type: none"> - Liên kết chuẩn (standard) - Liên kết dọc theo dòng sông (lateral) - Liên kết bằng công trình (structure)
---------------	--	--

Trong F28 và MIKE FLOOD, mô hình 1D trong sông và mô hình 2D trên vùng ngập lũ được liên kết với nhau theo ba cách : (i) liên kết bằng siêu nút trong F28 và tương đương trong MIKE FLOOD là liên kết chuẩn (standard) (ii) liên kết bằng dòng tràn bờ trong F28 và tương đương trong MIKE FLOOD là liên kết dọc theo sông (lateral) và (iii) liên kết bằng công trình (structure) giống nhau trong F28 và MIKE FLOOD. Tuy nhiên cách thức thực hiện cụ thể các kiểu liên kết có một số khác biệt. Ở F28, siêu nút là nút tính mực nước và nó được dùng chung cho cả mô hình 1D và 2D. do đó sau khi thiết lập liên kết, mô hình tích hợp sẽ là một thể thống nhất. Trong khi đó ở MIKE FLOOD, nút liên kết này có vai trò như nút biên, mực nước tính bởi mô hình 2D tại nút liên kết sẽ được lấy làm điều kiện biên cho mô hình 1D và tính toán phải đảm bảo tổng lưu lượng được chuyển đầy đủ từ mô hình 1D qua mô hình 2D.

Đối với liên kết bằng dòng tràn bờ, cả hai phần mềm đều xem bờ sông như là đập tràn với chế độ chảy có thể là chảy tự do hoặc chảy ngập (hình 1). Tuy nhiên, MIKE FLOOD bỏ qua động lượng mang theo bởi dòng nhập lưu còn F28 thì có tính tới số hạng này trong các phương trình động lượng.



Hình 1. Mô hình dòng tràn tại bờ sông.

Trên vùng ngập lũ có các đường giao thông. F28 xem các đường giao thông là đập tràn đỉnh rộng (hình 2) với lưu lượng được tính theo các công thức của đập tràn:

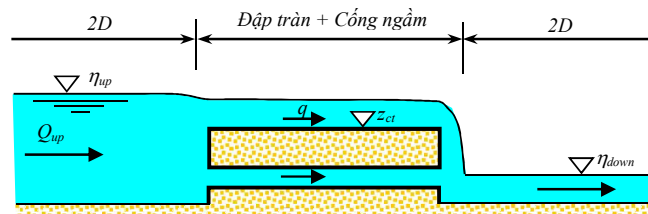
$$q = m \sqrt{2g} (\eta_{up} - z_{ct})^{1.5} \quad (\text{chảy tự do}) \quad (1a)$$

Hoặc:

$$q = \varphi_n (\eta_{up} - \eta_{down}) \sqrt{2g(\eta_{up} - z_{ct})} \quad (\text{chảy ngập}) \quad (1b)$$

Trong đó: η_{up} và η_{down} – mực nước thượng và hạ lưu đập tràn; z_{ct} – cao trình đỉnh; m và φ_n – hệ số lưu lượng và hệ số vận tốc.

Bên dưới đường giao thông còn có các cống ngầm băng ngang đường. Trong F28, dòng chảy trong cống cũng được xem là 1D và được giải từ phương trình Saint-Venant nhưng theo một giải thuật riêng.



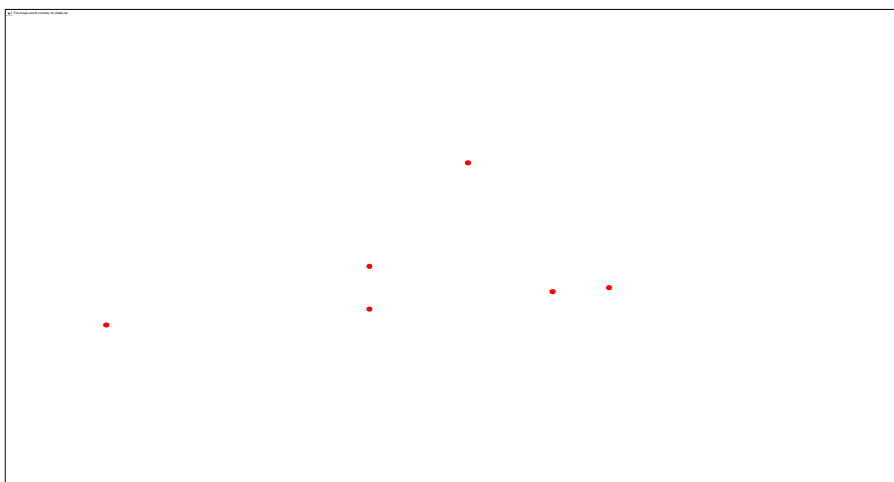
Hình 2. Mô hình đường giao thông trong F28.

Trong khi đó module 2D của MIKE FLOOD không có phần tử công trình, vì vậy đường giao thông được xem là một phần của mô hình 2D. Điều này làm cho kích thước các phần tử 2D tại khu vực đường giao thông phải giảm nhỏ bất thường. Cũng do không tích hợp module MIKE MOUSE nên MIKE FLOOD không tính được cống ngầm.

2.2 Xây dựng mô hình

Hai mô hình toán 1D-2D cho hạ lưu sông Vu gia – Thu bồn từ Thành Mỹ và Nông sơn ra tới biển đã được xây dựng, một bằng F28 và một bằng MIKE FLOOD.

Ở mô hình F28, các sông được chia thành 53 nhánh với 1718 đoạn tính và 1770 mặt cắt với chiều dài trung bình đoạn tính khoảng 150 - 180m. Vùng ngập lũ được phủ lưới 2D gồm 35632 phần tử tứ giác với 38571 nút. Chiều dài cạnh của các phần tử tương đương với chiều dài của các đoạn tính 1D. Riêng tại khu vực Hoà Châu, lưới tính có độ phân giải cao hơn, chiều dài đoạn tính 1D và kích thước phần tử 2D chỉ bằng một nửa so với các chỗ khác (hình 3).



Hình 3. Lưới tính của mô hình F28

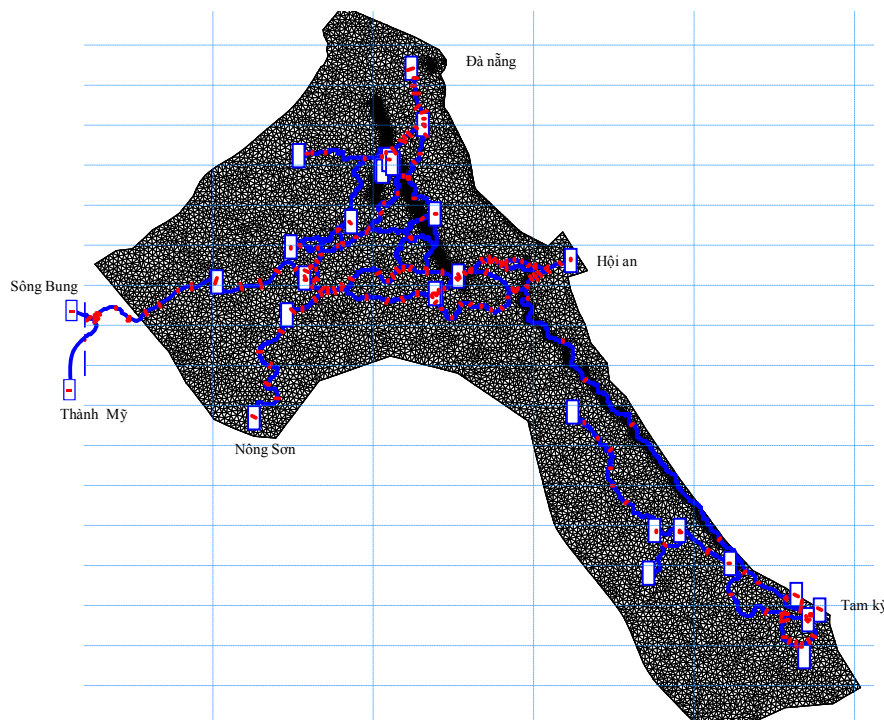
Mô hình MIKE FLOOD được làm lớn hơn một chút về quy mô so với mô hình F28. Các sông được chia thành 53 nhánh với 1718 đoạn tính và 108 mặt cắt với chiều dài trung bình đoạn tính khoảng 500 - 1000m. Vùng ngập lũ được phủ lưới 2D gồm 26033 phần tử tam giác. Chiều dài trung bình của các cạnh của phần tử là 650m. Riêng tại khu vực đường giao thông, các phần tử tam giác có cạnh khoảng 3,0m (hình 4).

Cả 2 mô hình đều đưa vào đường Quốc lộ 1 (QL1), đường xe lửa và đường 605. Riêng F28 có đưa thêm vào các cống ngầm băng ngang các đường.

Các dữ liệu dùng trong 2 mô hình là giống nhau. Địa hình đáy sông được thiết lập từ số liệu đo năm 2013 còn địa hình 2D được thiết lập từ các bản đồ địa hình 1/25000, 1/5000 và 1/2000 trong đó địa hình 2D vùng đồng bằng được xây dựng từ các bản đồ tỷ lệ nhỏ.

Có 3 biên thượng lưu quan trọng là Nông sơn, Thành Mỹ và Sông bung và điều kiện biên lưu lượng được áp đặt tại các nút này. Giá trị của chúng được lấy theo thực đo hoặc tính từ các công thức tương quan. Các nút 2D trên biên hồ ngoài vịnh Đà Nẵng, nút biên cửa sông Cửa Đại (Hội An) và biên cửa sông An Hoà

(Tam kỳ) được áp đặt điều kiện biên mực nước triều tính từ các hằng số thủy triều. Ngoài ra mưa trên các phần khác của lưu vực cũng được chuyển đổi thành lưu lượng nhập lưu bằng phần mềm HMS và gán vào các nhánh sông tương ứng.



Hình 4. Lưới tính của mô hình MIKE FLOOD

Cả 2 mô hình đều được hiệu chỉnh bằng cách chọn bộ hệ số nhám Manning 1D và 2D thích hợp. Đối với mô hình F28, hệ số nhám Manning 2D được lấy không thay đổi theo độ sâu ngập nhưng hệ số nhám Manning 1D được tính phụ thuộc vào bán kính thủy lực R:

$$n = n_0 [1 + \alpha(R - 1)] \quad (2)$$

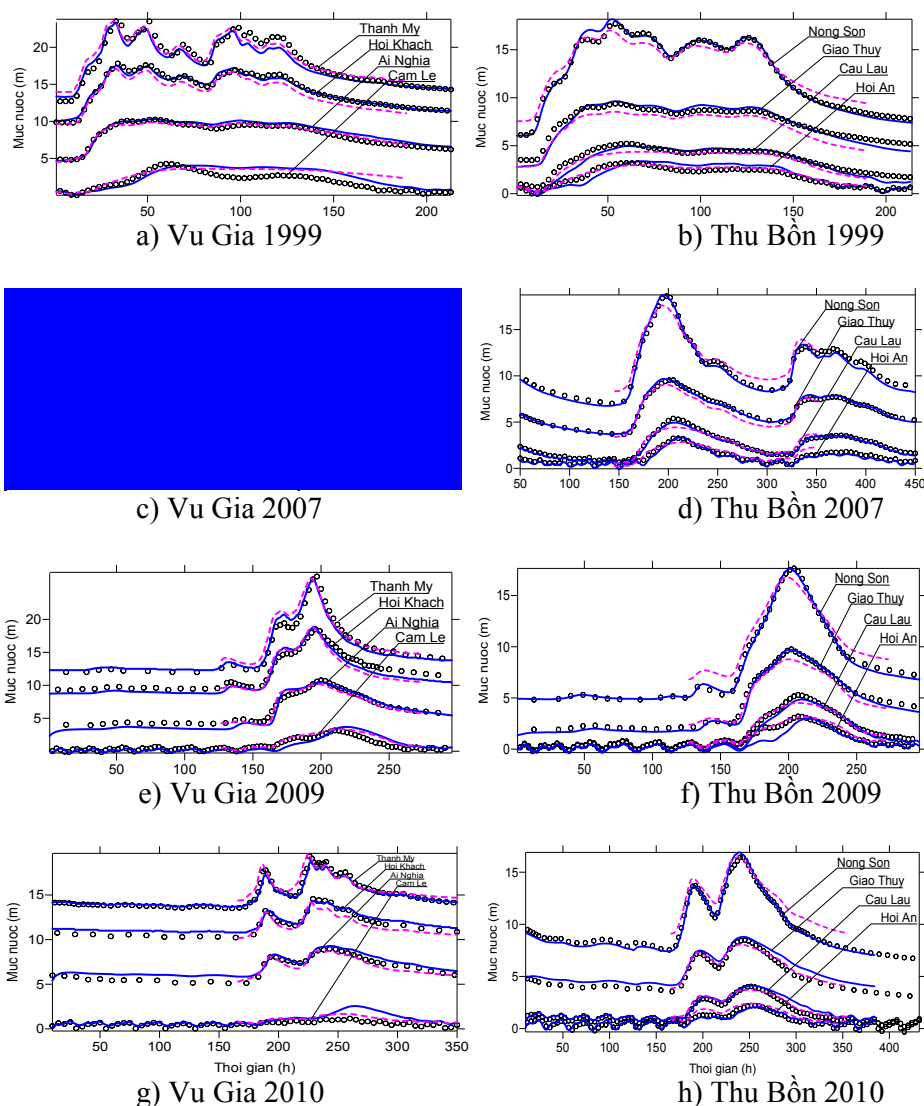
trong đó n_0 – hệ số nhám ở $R = 1\text{m}$; α – hệ số, được xác định bằng hiệu chỉnh (cùng với n_0).

Trong khi đó, đối với mô hình MIKE FLOOD, cả hệ số nhám Manning 1D lẫn 2D được xem là không thay đổi theo độ sâu, dù phần mềm cho phép.

Ở mô hình F28, bước thời gian tính được chọn là $dt=2,4\text{s}$ để đảm bảo tính ổn định của mô hình. Nếu không có cống ngầm, bước thời gian tính có thể lấy lớn hơn và là $6,0\text{s}$. Với bước thời gian $2,4\text{s}$, thời gian mô phỏng một trận lũ kéo dài 9 – 15 ngày vào khoảng 6 - 8 giờ trên máy PC với lõi i7 – 3,4GHz. Trong khi đó mô hình MIKE FLOOD có bước thời gian tính là $dt=5,0\text{s}$ và thời gian mô phỏng một trận lũ vào khoảng 12 giờ trên máy PC với lõi i7 – 3,5GHz. Như vậy, mặc dù số lượng phần tử ít hơn và có bước thời gian tính lớn hơn, MIKE FLOOD vẫn mất nhiều thời gian máy tính hơn so với F28. Điều này có nguyên nhân chủ yếu ở giải thuật kết nối các mô hình 1D và 2D.

3. Kết quả tính và bàn luận

Hai mô hình đã được sử dụng tính toán mô phỏng 4 trận lũ xảy ra trong các năm 1999, 2007, 2009 và 2010. Các trận lũ này có tần suất tương ứng là 3%, 5%, 11% và 65%. Kết quả tính diễn biến mực nước lũ bằng 2 mô hình đã được so sánh với số liệu đo tại 8 trạm thủy văn trên hệ thống sông này là Thành Mỹ, Hội khách, Ái nghĩa và Cẩm lệ (thuộc sông Vu gia) và Nông sơn, Giao thủy, Cầu lâu và Hội an (trên sông Thu bồn) (hình 5). Vị trí các trạm thủy văn được chỉ ra trên hình 3. Nó cho thấy kết quả tính của cả 2 mô hình khá phù hợp với kết quả đo, mặc dù kết quả tính bằng mô hình F28 có vẻ khớp với số liệu đo hơn. Tuy nhiên điều này có lẽ chỉ đơn thuần là do mô hình F28 đã được hiệu chỉnh tốt hơn.



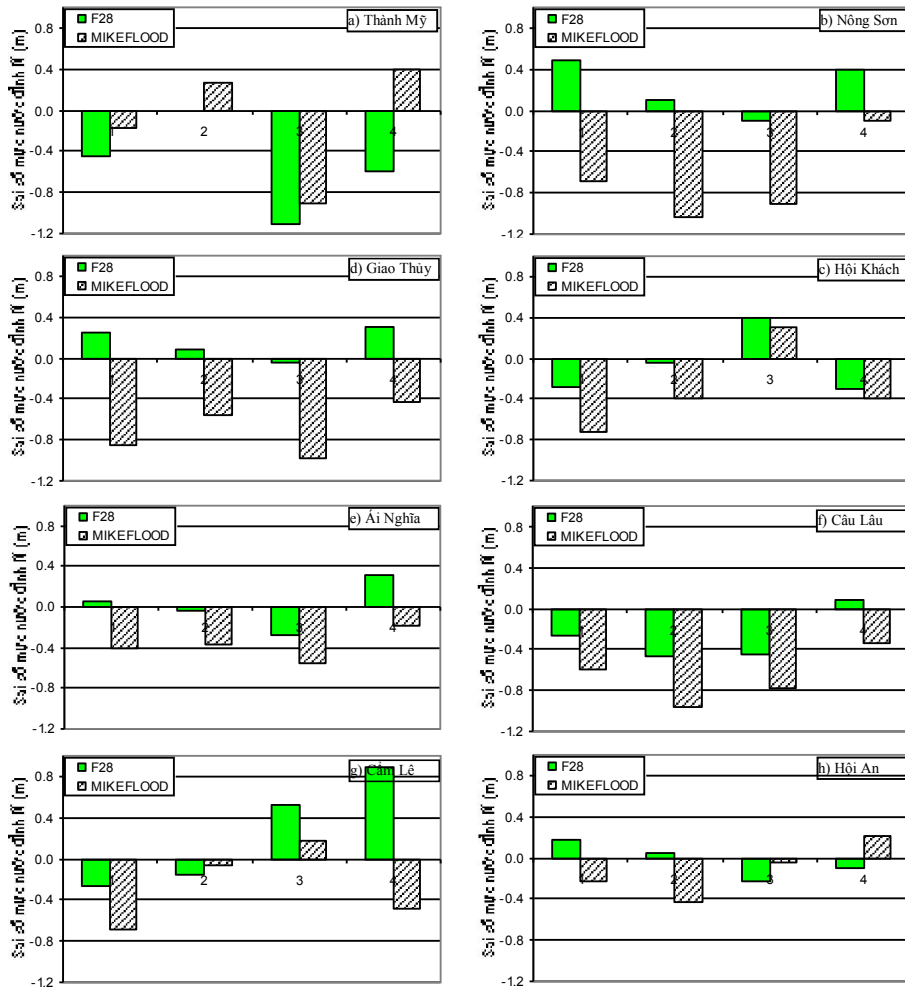
Hình 5. Diễn biến mực nước lũ trên các sông Vu gia và Thu bồn các năm 1999, 2007, 2009 và 2010 (đường liền: F28; đường đứt đoạn: MIKE FLOOD; symbols: số liệu đo)

Bảng B.2 là kết quả tính mực nước đỉnh lũ và sai số tại các trạm đo. Sai số này cũng được trình bày trên hình 6. Sai số tuyệt đối trung bình của mực nước đỉnh lũ tại 8 trạm đo tính bằng F28 là 0,29m còn tính bằng MIKE FLOOD là 0,49m. Xem hình 6 ta có thể thấy sai số của mô hình F28 khá cân bằng (giá trị trung

bình của sai số là -0,03m). Trong khi đó sai số của mô hình MIKE FLOOD thiên lệch về phía âm với giá trị trung bình là -0,40cm. Điều này có nghĩa là cao trình đỉnh lũ tính bằng mô hình MIKE FLOOD có xu hướng thấp hơn thực đo khá nhiều. Cũng như đã được nói bên trên, điều này là do mô hình F28 đã được hiệu chỉnh tốt hơn.

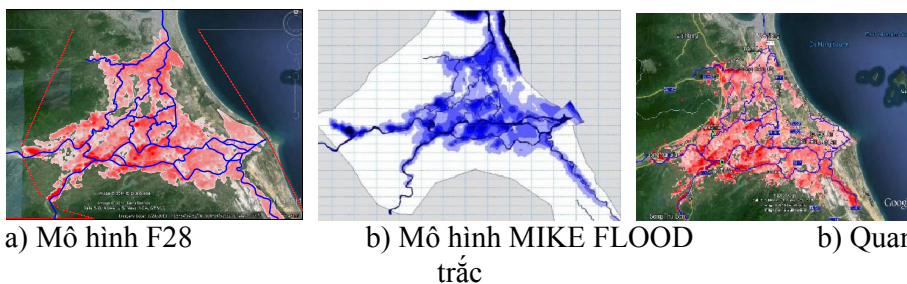
Bảng B.2 Mực nước đỉnh lũ và sai số tính toán

Trạm đo	Năm	Mực nước đỉnh lũ (m)			Sai số (m)	
		Thực đo	F28	MIKE FLOOD	F28	MIKE FLOOD
Thành Mỹ	1999	23.79	23.35	23.61	-0.44	-0.18
	2007	23.84	23.84	24.11	0.00	0.27
	2009	27.10	26.00	26.20	-1.10	-0.90
	2010	19.30	18.70	19.70	-0.60	0.40
Hội Khách	1999	17.82	17.53	17.10	-0.29	-0.72
	2007	17.67	17.63	17.27	-0.04	-0.40
	2009	18.50	18.90	18.80	0.40	0.30
	2010	14.60	14.30	14.20	-0.30	-0.40
Ái nghĩa	1999	10.27	10.32	9.87	0.05	-0.40
	2007	10.36	10.33	10.00	-0.03	-0.36
	2009	10.77	10.50	10.22	-0.27	-0.55
	2010	8.97	9.29	8.78	0.32	-0.19
Cẩm Lệ	1999	4.28	4.02	3.60	-0.26	-0.68
	2007	3.98	3.83	3.92	-0.15	-0.06
	2009	3.16	3.69	3.34	0.53	0.18
	2010	1.67	2.56	1.19	0.89	-0.48
Nông Sơn	1999	17.70	18.18	17.02	0.48	-0.68
	2007	18.65	18.75	17.62	0.10	-1.03
	2009	17.70	17.60	16.80	-0.10	-0.90
	2010	16.50	16.90	16.40	0.40	-0.10
Giao Thủy	1999	9.39	9.63	8.54	0.24	-0.85
	2007	9.60	9.68	9.05	0.08	-0.55
	2009	9.75	9.71	8.77	-0.04	-0.98
	2010	8.49	8.80	8.06	0.31	-0.43
Câu Lâu	1999	5.23	4.96	4.63	-0.27	-0.60
	2007	5.39	4.93	4.43	-0.46	-0.96
	2009	5.29	4.85	4.51	-0.44	-0.78
	2010	4.04	4.12	3.71	0.08	-0.33
Hội An	1999	3.21	3.38	2.98	0.17	-0.23
	2007	3.28	3.32	2.85	0.04	-0.43
	2009	3.20	2.98	3.15	-0.22	-0.05
	2010	2.20	2.10	2.41	-0.10	0.21



Hình 6. Sai số tính toán cao trình đỉnh lũ (4 cột tương ứng 4 năm 1999, 2007, 2009 và 2010)

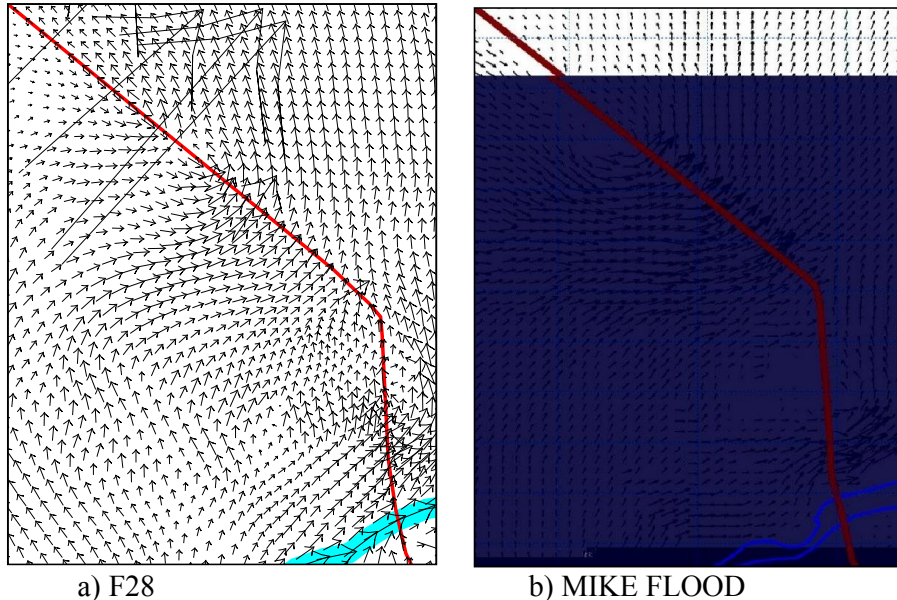
Hình 7 là phân bố ngập lũ trên hạ lưu sông Vu gia – Thu bồn vào thời gian đỉnh lũ năm 2009. Ta có thể thấy kết quả tính của 2 mô hình không khác nhau nhiều và cũng khá tương đồng với số liệu quan trắc bởi Đài Khí tượng Thủy văn Trung Trung bộ.



Hình 7. Độ ngập trên tam giác châu Vu gia – Thu bồn trong lũ năm 2009

Một kết quả tính đáng quan tâm còn lại là dòng lũ chỗ đường giao thông. Hình 7 trường vận tốc của dòng lũ tràn qua đường QL1 tại khu vực Hoà châu (phía

bắc sông Quá Giáng) trong thời gian đỉnh lũ 2007. Thời gian này phía Bắc QL1 chưa san lấp và nước lũ đã tràn QL1. Về tổng thể, kết quả tính trường vận tốc bằng 2 mô hình khá giống nhau. Tuy nhiên chi tiết dòng chảy sát ngay đường có khác biệt nhiều. Mô hình MIKE FLOOD đã không tính được vận tốc sát đường ở nơi nước chưa tràn. Ngoài ra, mô hình F28 cho thấy được dòng chảy trong cống ngầm băng ngang đường. Dù vận tốc này khá lớn, có thể lên tới 4 – 5m/s, nhưng do lưu lượng nhỏ nên không có nhiều tác động tới dòng chảy tổng thể. Tuy nhiên dòng chảy này sẽ là có ý nghĩa ở giai đoạn đầu lũ, khi nước chưa tràn qua trên mặt đường.



Hình 7. Hình ảnh dòng lũ chảy tràn qua QL1 tại Hoà châu trong lũ 2007.

4. KẾT LUẬN

Các kết quả tính toán và phân tích bên trên cho phép kết luận trong bài toán mô phỏng lũ trên đồng bằng, phần mềm F28 và MIKE FLOOD có tính năng tương đương nhau. Trong trường hợp mô phỏng lũ bằng mô hình tích hợp 1D2D, F28 có một chút lợi thế về tốc độ tính. Do phần mô hình 2D của F28 cho phép đưa thêm vào các công trình nên nếu tính toán quan tâm nhiều hơn tới ảnh hưởng của đường giao thông tới lan truyền lũ thì F28 sẽ có ưu thế hơn.

REFERENCES

- [1]. LeSong, G. (2011). Development of an integrated software for calculation of urban flood flow, *Report B2007-20-13TD*.
- [2]. DHI (2011). MIKE FLOOD user manual.
- [3]. To Thuy Nga, Le Hung (2012). Impact of flooding discharge from reservoir hydropower in the VuGia – ThuBon river system to flooding level in the downstream QuangNam – DaNang. *National Congress on Fluid Mechanics in 2012*, pp. 537-572
- [4]. Dutta, D., Alam, J., Umeda, K., Hayashi, M., and Hironaka, S. (2007). A two-dimensional hydrodynamic model for flood inundation simulation: a case study in the lower Mekong river basin, *Hydrol. Process.*, 21, 1223–1237.
- [5]. Le Song Giang, Tran Thi My Hong (2013). Modeling of Flow in the Mekong Delta, Proc. 14th Asia Congress of Fluid Mechanics - 14ACFM, October 15 - 19, 2013; Hanoi and Halong, Vietnam, Vol. 2, pp.955-959

- [6]. S. Yamaguchi and T. Ikeda, AUTOMATIC LINKING AND FAST CALCULATION METHODS OF 1D/2D COUPLED MODEL, *Proceedings of ninth International Conference on Hydro-Science and Engineering (ICHE 2010), IIT Madras, Chennai, India. 2 - 5 August 2010*
- [7]. Lin, B., J.M. Wicks, R.A. Falconer, and K. Adams. "Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation." *Proceedings of the ICE – Water Management*, 2005: 19-25
- [8]. Patro, S., C. Chatterjee, S. Mohanty, R. Singh, and N. S. Raguwanshi. "Flood Inundation Modeling using MIKE FLOOD and Remote Sensing Data." *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2009: 107-118

COMPARATIVE STUDY OF F28 AND MIKE FLOOD IN THE CASE OF FLOOD SIMULATION IN VU GIA – THU BON RIVER SYSTEM

Abstract: Flood flow in Vu gia – Thu bon river system was simulated using two 1D2D integrated models created by F28 and MIKE FLOOD. By calculating and comparing between calculation results and measured data of floods in 1999, 2007, 2009 and 2010 the capacity of two softwares was clarified.