

KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HYDROGIS ĐỂ DỰ BÁO LŨ VÀ CẢNH BÁO NGẬP LỤT TỈNH ĐỒNG THÁP

TS. Nguyễn Kiên Dũng, CN. Đinh Xuân Trường

Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ KTTV và môi trường

Tước tình hình lũ lụt ngày càng gia tăng về cường độ và tính chất nguy hại trong những năm gần đây ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL); đặc biệt là lũ năm 2011 xảy ra lớn và kéo dài nhiều ngày đòi hỏi công tác dự báo và cảnh báo lũ sớm cần được quan tâm đặc biệt. Tuy nhiên, đối với vùng ĐBSCL, do đặc điểm hệ thống đê không hoàn chỉnh như ở vùng Đồng bằng sông Hồng nên lũ gắn liền với ngập lụt nội đồng nên dự báo lũ sớm trong sông vẫn chưa thể đáp ứng được công tác phòng, chống lũ. Vì vậy, đối với vùng ĐBSCL không những cần dự báo lũ sớm trong sông mà cần phải cảnh báo sớm cả về vùng nguy cơ và mức độ ngập lụt.

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu khả năng ứng dụng mô hình HydroGis để dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp.

1. Khái quát về lưu vực tỉnh Đồng Tháp

Tỉnh Đồng Tháp nằm trong khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, ở đầu nguồn sông Cửu Long, là một trong ba tỉnh của vùng Đồng Tháp Mười, trong giới hạn 10°07'-10°58' vĩ độ Bắc và 105°12'-105°56' kinh độ Đông, phía bắc giáp tỉnh PrâyVeng (Campuchia) trên chiều dài biên giới 47,8 km, phía nam giáp Vĩnh Long và thành phố Cần Thơ, phía tây giáp An Giang, phía đông giáp Long An và Tiền Giang.

Tỉnh có hệ thống sông, ngòi, kênh, rạch chằng chịt; nhiều ao, hồ lớn. Trong đó, sông chính chảy qua tỉnh là sông Tiền, với chiều dài 132km, quanh năm phù sa bồi đắp.

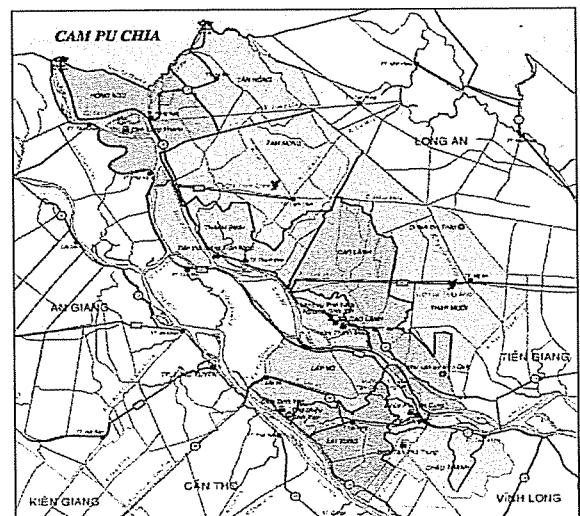
Đặc điểm của lũ trên lưu vực sông thuộc tỉnh Đồng Tháp là lũ lên từ từ; cường suất bình quân trên sông Tiền tại Tân Châu là 2,5 - 3,5 cm/ngày-đêm, cường suất lũ cực đại có thể lên đến 42 cm/ngày-đêm (từ 7 giờ ngày 27/7 đến 7 giờ ngày 28/7/2005). Lũ lụt thường xảy ra từ tháng 12 đến tháng 11. Đỉnh lũ cao nhất hàng năm xuất hiện từ trung tuần tháng 9 đến trung tuần tháng 10 hàng năm. Thời gian ngập lụt trong những năm lũ lớn kéo dài khoảng 03 tháng.

2. Giới thiệu mô hình HydroGIS

a. Cơ sở lý thuyết của mô hình

Mô hình HydroGis 3,0 do TS. Nguyễn Hữu Nhân xây dựng được lựa chọn làm công cụ để dự báo ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp, Hệ thống các phương trình cơ bản của HydroGIS 3,0 gồm: (i) Hệ phương trình Saint-Venant và các phương trình bảo tồn chất trong dòng chảy không ổn định, (ii) Phương trình sóng khuếch tán, (iii) Phương trình cân bằng nước và vật chất.

HydroGis 3,0 làm việc trên hai cơ sở dữ liệu (CSDL) chính là biên cứng và biên khí tượng thủy văn - môi trường (KTTV-MT).



Hình 1. Bản đồ tỉnh Đồng Tháp

Người đọc phản biện: ThS. Võ Văn Hòa

- Biên cứng được quản trị qua các mạng lưới không gian GIS bao gồm: (i) hệ thống các mặt cắt ngang sông/kênh; (ii) hệ thống các ô đồng; (iii) mạng các công trình hạ tầng (cầu, cống, bờ bao, đập tràn...).

- Biên KTTV-MT còn gọi là biên mềm, bao gồm các số liệu về: (i) mưa, gió, bốc hơi; (ii) mực nước, lưu lượng nước, thấm trên miền khảo sát; (iii) độ mặn, hàm lượng/tải lượng bùn cát và vật chất khác tại các cửa sông và điểm nhập lưu, dữ liệu đặc tả sự cố tràn dầu...

Mô hình HydroGIS được xây dựng với mục đích dùng để tính toán, mô phỏng các quá trình: Lan truyền sóng xả trong khi đóng mở van công trình; thủy lực dòng chảy êm, dòng; thủy lực dòng chảy đều khi có có lưu lượng phụ; lan truyền và biến dạng sóng động lực; lan truyền và biến dạng sóng động học; lan truyền và biến dạng sóng lũ truyền qua hồ chứa; tác động nhiễu cục bộ lên dòng chảy; tác động của sự thay đổi cấu tạo hình học lên dòng chảy; tác động của sự thay đổi cấu tạo nhánh thành phần đối với phân/hợp lưu.

b. Thuật toán và chương trình tính

Mô hình thủy lực và bảo tồn chất trong lõi HydroGIS được xấp xỉ bằng sơ đồ sai phân ẩn và được giải bằng phương pháp trực tiếp kết hợp với phương pháp lặp, Đối với 1 lớp thời gian, các bước tính bao gồm:

- Bước 0: Tăng thêm 1 bước thời gian, Cập nhật trị số các CSDL biên cho bước thời gian tiếp theo và trị số các hệ số của phương trình sai phân cho bước thời gian trước.

- Bước 1: Giải bài toán thủy lực và bảo tồn chất cho mạng sông-kênh để cập nhật trị số các biến tại bước thời gian kế tiếp, trong đó:

+ Mô hình thủy lực mạng sông kênh vùng đồng bằng được sai phân hóa theo sơ đồ Preissman và giải bằng phương pháp trực tiếp, mô hình dòng chảy trong sông/kênh vùng núi được giải bằng phương pháp tương tự sóng khuếch tán;

+ Bài toán truyền tải và khuếch tán chất được

giải bằng phương pháp phân rã vật lý, trong đó bài toán tải thuần được giải bằng phương pháp đường đặc trưng và bài toán khuếch tán được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn với điều kiện đầu là nghiệm của bài toán tải thuần thùy.

+ Bước 2: Giải bài toán tương tác giữa các đoạn sông-kênh liên kết với mạng ô và và tương tác giữa các ô với nhau bằng phương pháp lặp Zeidel để cập nhật mực nước, nồng độ chất trong các ô và dòng chảy giữa các ô và các đoạn sông và giữa các ô với nhau tại bước thời gian kế tiếp.

+ Bước 3: Cập nhật trị số cho tất cả các biến và các hệ số cho bước kế tiếp.

+ Bước 4: Kiểm tra điều kiện để quyết định kết thúc quá trình lặp, Nếu chưa thỏa mãn, chu kỳ tiếp theo bắt đầu lại từ bước 1 đến bước 4, Nếu điều kiện này đã thỏa mãn, quá trình tính toán sẽ bắt đầu từ bước 0 đến bước 4.

3. Giới thiệu áp dụng mô hình HydroGIS vào lưu vực tỉnh Đồng Tháp

a. Xây dựng miền tính và lưới tính

Đối với tỉnh Đồng Tháp, đây là vùng thường xuyên xảy ra ngập lụt gắn liền với ngập lụt của toàn bộ hệ thống vùng ĐBSCL, do đó khi nghiên cứu tính toán ngập lụt cho vùng này, bài báo tiến hành chia ra làm 2 phần:

+ Phần 1: Đối với mô hình diễn toán lũ trong sông (1 chiều), tính toán cho toàn bộ hệ thống mạng lưới sông của vùng ĐBSCL để đảm bảo tính hợp lý và đúng đắn của dòng chảy lũ ở vùng này.

Phần 2: Đối với mô hình mô phỏng ngập lụt (tựa 2 chiều), giới hạn miền tính toán là tỉnh Đồng Tháp với lưới tính là lưới phi cấu trúc, và bản đồ địa hình được xây dựng từ bản đồ DEM 10mx10m kết hợp với bản đồ địa hình tỷ lệ 1:5,000 của tỉnh Đồng Tháp.

b. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên

1) Điều kiện ban đầu

Mô hình HydroGIS 3,0 cung cấp cho người sử dụng 2 lựa chọn: khởi động lạnh và khởi động nóng.

+ Khởi động lạnh: là gán trị số zero cho tất cả các

biến và hệ thống sẽ tự làm "nóng" sau một khoảng thời gian nhất định.

+ Khởi động nóng: là gán giá trị cho các biến bằng kết quả các thực nghiệm số trị đã chạy trước đó tại các thời điểm tùy chọn, Dạng lựa chọn này rất quan trọng để ứng dụng mô hình HydroGis 3,0 làm công dự báo KTTV, dự báo tác động của công trình, hiệu chỉnh các CSDL nhập và lựa chọn thông số mô hình... cho các hệ thống sông lớn vì quán tính thủy văn của chúng kéo dài, đòi hỏi khối lượng tính toán lớn.

2) Điều kiện biên

+ Biên thượng nguồn: Số liệu lưu lượng thực đo tại: Kratie, Phnompenh, Châu Đốc.

+ Biên hạ lưu: Số liệu mực nước thực đo tại các trạm Cần Thơ, Mỹ Thuận.

+ Biên trung gian để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: Số liệu mực nước thực đo tại các trạm Tân Châu, Vàm Nao, Hưng Thạnh, Mộc Hóa.

3) Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Do mô hình luôn phải cập nhật các số liệu địa hình, số liệu KTTV&MT mới, đồng thời bổ sung một số thuật toán mới liên quan đến việc mở rộng miền ứng dụng nên việc kiểm định và hiệu chỉnh các thông số mô hình tiếp tục được đặt ra, Vì mô hình toán thủy lực số trị HydroGIS đã được thẩm định

đầy đủ về mặt học thuật: giải tích, độ ổn định giải thuật số, độ nhạy với các loại điều kiện biên, nên thuật ngữ "hiệu chỉnh và kiểm định mô hình" sử dụng ở đây bao hàm:

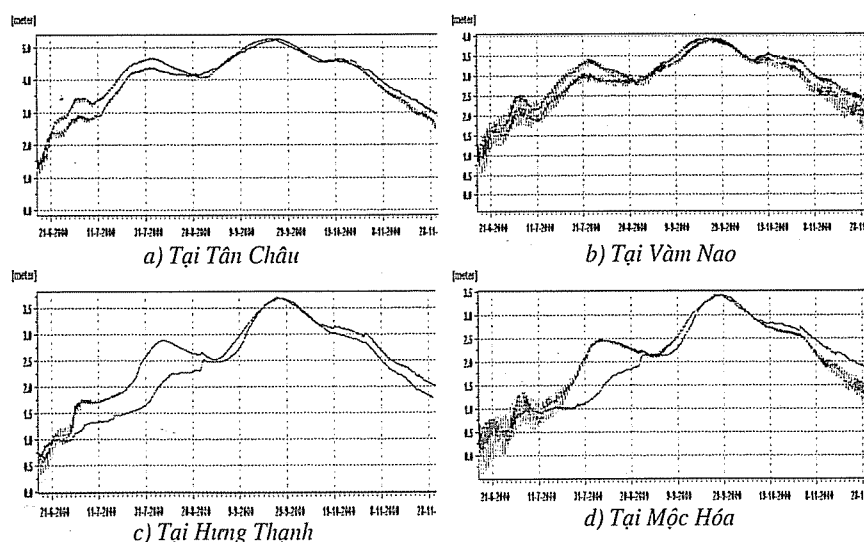
+ Hiệu chỉnh các thông số mô hình thủy lực thông qua các thực nghiệm số;

+ Kiểm định độ tin cậy của mô hình số và các CSDL nhập kèm theo khi ứng dụng cho một khu vực cụ thể.

Các thông số cần hiệu chỉnh bao gồm: Bước thời gian tính dt; Kích thước và hình dạng các ô ruộng, công trình và mặt cắt sông, kênh; Kiểm tra và hiệu chỉnh số liệu DEM; Hiệu chỉnh hệ số nhám Manning.

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định kết thúc khi có sự phù hợp tốt giữa số liệu tính toán và thực đo đồng thời trên toàn vùng. Kết quả công tác hiệu chỉnh và kiểm định là các đồ thị để so sánh đối chiếu kết quả tính toán với số liệu thực đo mực nước và lưu lượng.

- Quá trình hiệu chỉnh mô hình: Trong quá trình hiệu chỉnh mô hình, bài báo luôn đánh giá sự tối ưu của bộ thông số thông qua việc so sánh sự phù hợp giữa thực đo và tính toán về giá trị, thời điểm xuất hiện... và sử dụng 2 chỉ tiêu cơ bản là Nash và sai số thời điểm xuất hiện để đánh giá chất lượng mô phỏng của mô hình. Kết quả hiệu chỉnh như sau:

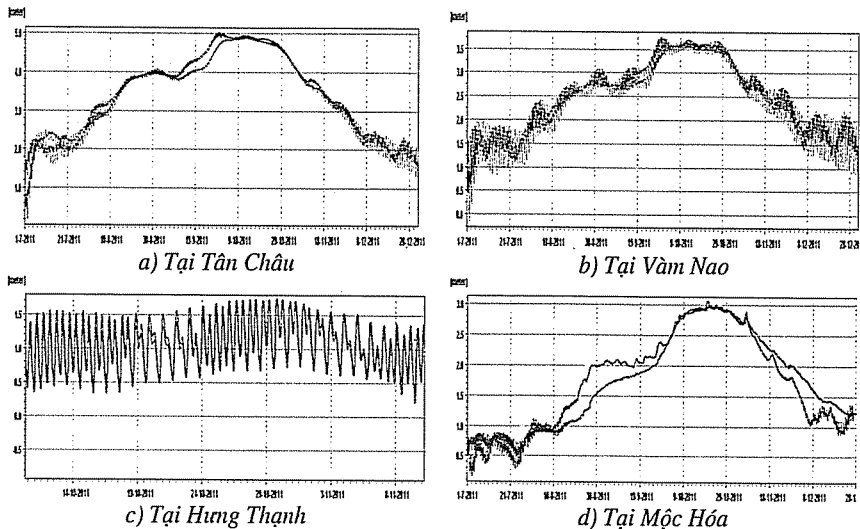


Hình 2. Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán trong quá trình hiệu chỉnh tại một số vị trí thuộc tỉnh Đồng Tháp năm 2000,

Bảng 1. Đánh giá kết quả hiệu chỉnh mô hình

Chỉ tiêu Vị trí	Nash	Sai số thời điểm xuất hiện
Tân Châu	0,912	-0,560
Vàm Nao	0,937	-0,126
Hưng Thạnh	0,822	0,142
Mộc Hóa	0,816	0,367

- Quá trình kiểm định mô hình: Với bộ thông số đã được hiệu chỉnh, bài báo tiến hành kiểm định bộ thông số của mô hình với trận lũ năm 2011, kết quả kiểm định như sau:



Hình 3. Đường quá trình mực nước thực đo và tính toán trong quá trình kiểm định tại một số vị trí thuộc tỉnh Đồng Tháp năm 2011,

Bảng 2. Đánh giá kết quả kiểm định mô hình

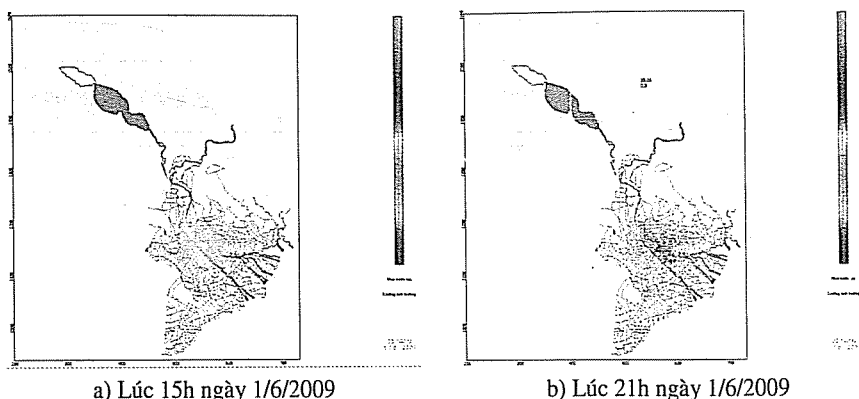
Chỉ tiêu Vị trí	Nash	Sai số thời điểm xuất hiện (%)
Tân Châu	0,982	-0,230
Vàm Nao	0,967	0,001
Hưng Thạnh	0,963	0,056
Mộc Hóa	0,872	0,009

Nhận xét: Thông qua biểu đồ đường quá trình dòng chảy lũ và các chỉ tiêu đánh giá, kết quả tính toán so với thực đo tại các trạm trên sông chính là khá phù hợp. Một số trạm trong nội đồng, đường quá trình mực nước tính toán và thực đo còn có một số sai lệch nhưng nằm trong giới hạn cho phép, có thể chấp nhận được vì còn nhiều yếu tố địa phương chưa hoặc không thể thể hiện trong quá trình mô phỏng. Xét về tổng quan, độ chính xác của mô hình là chấp nhận được và có thể đưa vào phục vụ cho công tác dự báo cũng như công

tác thành lập bản đồ ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp,

3) Mô phỏng lũ và ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp

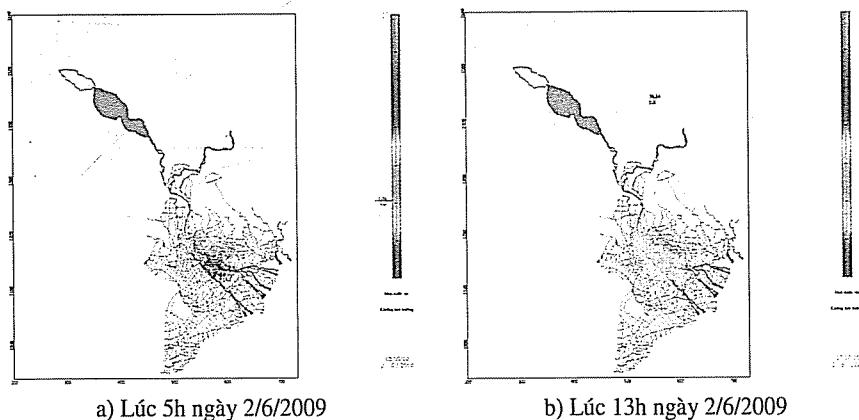
Để có thể xây dựng được bản đồ ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp, bài báo tiến hành mô phỏng lại quá trình ngập lụt của toàn bộ khu vực ĐBSCL trên cơ sở bộ thông số đã hiệu chỉnh và kiểm định với sự phù hợp về đường quá trình dòng chảy lũ, sau đó trích xuất bản đồ ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp với bản đồ địa hình được xây dựng từ bản đồ DEM 30mx30m được hiệu chỉnh từ bản đồ tỷ lệ 1:5000, Kết quả xây dựng bản đồ ngập lụt như sau:



a) Lúc 15h ngày 1/6/2009

b) Lúc 21h ngày 1/6/2009

Hình 4. Mô phỏng ngập lụt ở Đồng Tháp ngày 1/6/2009



a) Lúc 5h ngày 2/6/2009

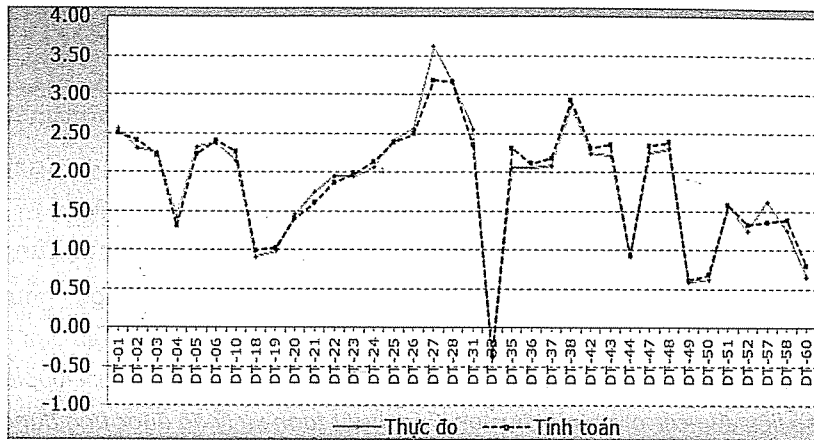
b) Lúc 13h ngày 2/6/2009

Hình 5. Mô phỏng ngập lụt ở Đồng Tháp ngày 2/6/2009

Chất lượng mô phỏng ngập lụt của mô hình được đánh giá thông qua việc so sánh giữa mực nước nội đồng tại một số điểm khảo sát với kết quả mực nước tính toán từ mô hình (Bảng 3, Hình 7).

Bảng 3. Bảng so sánh mực nước nội đồng thực đo và tính toán

TT	Vị trí khảo sát	Thực đo	Tính toán	Chênh lệch	Sai số (%)	TT	Vị trí khảo sát	Thực đo	Tính toán	Chênh lệch	Sai số (%)
1	DT-01	2,55	2,5	0,05	1,96	19	DT-31	2,56	2,35	0,21	8,20
2	DT-02	2,31	2,4	-0,09	-3,90	20	DT-32	-0,38	-0,36	0,02	-5,26
3	DT-03	2,25	2,21	0,04	1,78	21	DT-35	2,05	2,31	-0,26	-12,68
4	DT-04	1,42	1,3	0,12	8,45	22	DT-36	2,06	2,11	-0,05	-2,43
5	DT-05	2,32	2,23	0,09	3,88	23	DT-37	2,08	2,18	-0,10	-4,81
6	DT-06	2,37	2,4	-0,03	-1,27	24	DT-38	2,84	2,92	-0,08	-2,82
7	DT-10	2,15	2,26	-0,11	-5,12	25	DT-42	2,24	2,31	-0,07	-3,12
8	DT-18	0,91	0,99	-0,08	-8,79	26	DT-43	2,21	2,35	-0,14	-6,33
9	DT-19	0,98	1,02	-0,04	-4,08	27	DT-44	0,92	0,93	-0,01	-1,09
10	DT-20	1,46	1,4	0,06	4,11	28	DT-47	2,25	2,34	-0,09	-4,00
11	DT-21	1,74	1,6	0,14	8,05	29	DT-48	2,30	2,38	-0,08	-3,48
12	DT-22	1,95	1,86	0,09	4,62	30	DT-49	0,59	0,61	-0,02	-3,39
13	DT-23	1,95	1,98	-0,03	-1,54	31	DT-50	0,62	0,68	-0,06	-9,68
14	DT-24	2,07	2,13	-0,06	-2,90	32	DT-51	1,57	1,58	-0,01	-0,64
15	DT-25	2,40	2,39	0,01	0,42	33	DT-52	1,24	1,32	-0,08	-6,45
16	DT-26	2,56	2,49	0,07	2,73	34	DT-57	1,62	1,35	0,27	16,67
17	DT-27	3,61	3,18	0,43	11,98	35	DT-58	1,25	1,39	-0,14	-11,20
18	DT-28	3,17	3,16	0,01	0,32	36	DT-60	0,66	0,79	-0,13	-19,70



Hình 6. Biểu đồ so sánh so sánh mực nước nội đồng thực đo và tính toán

4. Kết luận về khả năng áp dụng mô hình HydroGIS cho lưu vực tỉnh Đồng Tháp

Qua nghiên cứu và so sánh với thực tiễn, nhìn chung mô hình HydroGIS là một mô hình mô

phong ngập lụt cho lưu vực Đồng Tháp rất tốt. Nếu xử lý tốt các điều kiện biên và mưa nội đồng dự báo tốt thì có thể sử dụng cho công tác dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt cho tỉnh Đồng Tháp nói riêng và vùng ĐBSCL nói chung.

Tài liệu tham khảo

1. TS. Nguyễn Hữu Nhân, 2008, Cơ sở lý thuyết phần mềm HydroGIS,
2. TS. Nguyễn Hữu Nhân, 2008, Hướng dẫn cài đặt và sử dụng phần mềm HydroGIS,
3. TS. Nguyễn Kiên Dũng và nnk, 2010, Nghiên cứu xây dựng một số công cụ trợ giúp và mô hình phục vụ khí tượng thủy văn ở địa phương, Đề tài NCKHCN cấp Bộ,