

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH THUYẾT VẤN - THUYẾT LỰC PHỤC VỤ CẢNH BÁO NGẬP LỤT ĐỒNG BẰNG CỦA SÔNG THỪA THIÊN - HUẾ

NGUYỄN VĂN CỤ, NGUYỄN VĂN LAI
BÙI THỊ MAI, NGUYỄN THẢO HƯƠNG

Thừa Thiên - Huế nằm ở trung tâm miền Trung, có lượng mưa vào loại lớn nhất nước ta. Trận mưa lũ lịch sử ở miền Trung và đặc biệt tại Huế vào đầu tháng XI/1999 đã đạt tới giá trị cực đoan chưa từng thấy. Tổng lượng mưa trong 24 h lớn nhất tại Huế (từ 7 h ngày 2/XI đến 7h ngày 3/XI) là 1.047 mm. Lượng mưa ngày lớn nhất quan trắc được ở đây đạt tới 978 mm (ngày 3/XI/1999). Lượng mưa ba ngày lớn nhất (2 ÷ 4/XI/1999) đạt tới 2.113 mm. Mưa lớn đã làm cho nước lũ trên các sông trong vùng nghiên cứu đạt con số kỷ lục về tính chất ác liệt cả về cường suất, biên độ, thời gian lũ lên, đỉnh lũ, cả về tính chất và quy mô ngập lụt, gây thiệt hại nghiêm trọng về người và của. Lũ lụt gia tăng đang ngày càng đe dọa sự phát triển kinh tế - xã hội, đời sống và tính mạng của nhân dân Thừa Thiên - Huế. Vì thế, việc nghiên cứu tính toán thủy văn thủy lực phục vụ cảnh báo nguy cơ ngập lụt đồng bằng cửa sông Thừa Thiên - Huế, làm cơ sở khoa học cho việc quy hoạch thoát lũ, sử dụng hợp lý lãnh thổ, phòng tránh giảm nhẹ thiên tai lũ lụt có ý nghĩa khoa học và thực tiễn to lớn.

Đã có nhiều công trình nghiên cứu tính toán dự báo ngập lụt hạ lưu các sông miền Trung [1, 2, 5, 6]. Song do hạn chế về số liệu đầu vào đặc biệt là chưa có được bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (1:10.000); nên các kết quả nghiên cứu bằng các mô hình số trị khác nhau chủ yếu mang tính khái quát, thiếu mức độ chi tiết và độ chính xác cần thiết. Trong công trình này, chúng tôi đã liên kết giữa mô hình thủy văn với mô hình thủy lực và sử dụng các bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đã được đo đạc kiểm chứng bổ sung.

Do tính chất phức tạp về điều kiện thủy văn, thủy lực và địa hình của vùng nghiên cứu nên mưa lũ thường chảy tràn... Bởi vậy, phương pháp tính toán thủy văn thủy lực ở đây không thể áp dụng

các phương pháp tính đơn giản, dòng đều được; mọi hiện tượng, diễn biến về mực nước và dòng chảy phải được xem xét đánh giá đồng thời theo chế độ không ổn định.

Để hiệu chỉnh tham số mô hình, do tính chất lũ và xét mức độ ác liệt của mưa lũ, chúng tôi đã sử dụng mô hình mưa lũ tháng XI/1999 (trận mưa lũ lịch sử).

Việc mô phỏng hiện trạng tình hình ngập lụt trong trận lũ lớn nhất xảy ra vào tháng XI/1999 là một công việc hết sức phức tạp, đòi hỏi phải xử lý một khối lượng thông tin rất lớn và đa dạng về tình hình mưa lũ trên toàn hệ thống sông Hương, sông Ô Lâu... Để tính toán thủy văn xác định quá trình nhập lưu trên mạng sông được lấy theo số liệu thực đo và trên kết quả mô phỏng của mô hình toán thủy văn tổng hợp dòng chảy từ mưa LTANK [3]. Mô hình thủy lực được lựa chọn ở đây là mô hình KRSAL của cố GS Ts Nguyễn Như Khuê [2, 3, 4]. Đây là mô hình đã được thực tế kiểm chứng và cho kết quả khá tốt, phù hợp với điều kiện nước ta.

Mô hình KRSAL mô phỏng chế độ chảy trên mạng kênh mương, sông ngòi là không ổn định, biến đổi chậm theo không gian và thời gian được mô tả bằng hệ phương trình Saint Venant có dạng như sau:

Phương trình liên tục:

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

Phương trình động lực:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\alpha_0}{g} \times \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} V \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{K^2} \quad (2)$$

Trong đó: V - lưu tốc trung bình dòng chảy (m/s), Z - cao độ mực nước (m), Q - lưu lượng

trung bình qua mặt cắt (m^3/s), q - lưu lượng nhập/xuất lưu trên đoạn sông (m^3/s), B - độ rộng trung bình mặt nước của đoạn sông (m), t - thời gian, K - hệ số cản, α , α_0 - hệ số sửa chữa động năng và động lượng

Đoạn sông được coi là một lồng dẫn có hình dạng lăng trụ, lấy mặt cắt giữa đoạn làm đại biểu. Nếu ta thay lưu tốc dòng nước $V = Q/A$ (A là diện tích mặt cắt ướt) vào phương trình chuyển động trên ta nhận được dạng thức sau :

$$\frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\alpha_0}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\alpha_0}{gA^2} QB \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} \frac{Q}{A^2} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{K^2} = 0 \quad (3)$$

Với kênh lăng trụ ta có thể viết như sau:

$$\frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial x} = B \left(i + \frac{\partial Z}{\partial x} \right) \quad (4)$$

trong đó : h - độ sâu trung bình của mặt cắt ướt, i - độ dốc đáy.

Sau khi thay thế và rút gọn ta được phương trình động lực :

$$\left(1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \right) \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{\alpha_0 \partial Q}{gA \partial t} - \frac{(\alpha B + \alpha B_0) Q}{gA^2} \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q|Q|}{K^2} - \frac{\alpha}{gA^2} Q + \frac{\alpha}{gA^3} Q^2 Bi = 0$$

Sử dụng phép biến đổi sai phân hữu hạn theo sơ đồ chữ nhật 4 điểm của Preissman với chỉ số "d" là đầu đoạn sông và "c" là cuối đoạn sông, các hệ số của Q và Z ứng với cuối thời khoảng ta sẽ nhận được phương trình chuyển động có dạng sau :

$$\begin{aligned} Q_d &= -D_y Z_d - R_d Z_c + H_r \\ Q_c &= V_t Z_d + D_e Z_c - H_v \end{aligned} \quad (5)$$

Trong đó

$$D_y = \frac{1}{2} \left(\frac{1-f_f+e}{\delta+k} + b \right)$$

$$R_d = \frac{1}{2} \left(\frac{1-f_f-e}{\delta-k} - b \right)$$

$$V_t = \frac{1}{2} \left(\frac{1-f_f+e}{\delta+k} - b \right)$$

$$D_e = \frac{1}{2} \left(\frac{1-f_f}{\delta+k} + b \right)$$

$$H_t = \frac{N-M}{2}$$

$$H_v = \frac{-N-M}{2}$$

ở đây :

$$\delta = \frac{\alpha_0 \Delta x}{2gA \Delta t}$$

$$e = \frac{(\alpha_0 B + \alpha B_c)}{2gA^2} Q \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$k = \frac{|Q_d + Q_c|}{4.K^2}$$

$$g_l = \frac{\alpha q Q^2 \Delta x}{gA^2}$$

$$f_f = \frac{\alpha B Q^2}{gA^3}$$

$$b = \frac{B_c \Delta x}{2 \Delta t}$$

$$M = q + b.Z'_d + b.Z'_c$$

$$N = \frac{\delta}{\delta+k} (Q'_d + Q'_c) -$$

$$- \frac{e}{\delta+k} (Z'_d + Z'_c) + \quad (6)$$

$$+ \frac{f_f i \Delta x - g_l}{\delta+k}$$

Như vậy chúng ta có hệ phương trình bậc nhất hệ số hằng với các ẩn số là Q'_d , Q'_c , Z'_d , Z'_c . Thực tế chúng không chỉ phụ thuộc vào lưu lượng và mực nước ở đầu thời đoạn mà vào chính các ẩn số phải tìm ở cuối thời đoạn, nên ta phải sử dụng phép tính thử dần qua một số lần tính lặp.

Đối với những đoạn sông là công trình kiểu đập tràn hoặc lỗ cống ta có thể tuyến tính hoá theo các công thức thủy lực tính toán lưu lượng qua công trình để đưa về dạng tổng quát trên :

Đối với trường hợp đập hoặc cống chảy ngập :

$$Q = \varphi \sqrt{2gA} \sqrt{Z_d - Z_c}$$

Ta có thể viết thành :

$$|Q| = \varphi^2 2gA^2 (Z_d - Z_c)$$

Vậy ta có :

$$Q = \varphi^2 \frac{2gA^2}{|Q|} Z_d - \varphi^2 \frac{2gA^2}{|Q|} Z_c \quad (7)$$

Lúc này các hệ số :

$$V_t = R_d = D_e = -D_y = \frac{\varphi^2 2gA^2}{|Q|}$$

$$H_t = H_v = 0$$

+ Đối với trường hợp chảy tự do :

$$Q = \mu \sqrt{2gA} \sqrt{Z_d - Z_o}$$

Ta có thể viết thành :

$$|Q| = \mu^2 2gA^2 (Z_d - Z_o)$$

$$Q = \mu^2 \frac{2gA^2}{|Q|} Z_d - \mu^2 \frac{2gA^2}{|Q|} Z_o \quad (8)$$

$$V_t = -D_y = \frac{\mu^2 2gA^2}{|Q|}$$

$$R_d = D_e = 0$$

$$H_t = H_v = \frac{\mu^2 2gA^2}{|Q|} Z_o$$

Bằng mô hình toán không ổn định này chúng ta có thể tính toán định lượng được khá tốt sự chuyển vận nước trên các hệ thống kênh, sông tự nhiên, hồ, khu chứa nước ven sông, đồng ruộng... ngay cả khi chịu ảnh hưởng của thủy triều. Với bộ chương trình tính có cấu trúc chuyên dụng cho nên mô hình KRSAL được sử dụng rộng rãi trong thực tế hiện nay ở nước ta.

Chương trình tính được viết bằng ngôn ngữ FORTRAN-77 với trên 1200 dòng lệnh.

Căn cứ vào yêu cầu cần nghiên cứu, mô phỏng và tình hình tài liệu có được, chúng tôi đã sử dụng các tư liệu sau :

+ Bản đồ tỷ lệ 1:10.000 tỉnh Thừa Thiên - Huế và Quảng Trị

+ Tài liệu đo đạc về mặt cắt sông và đầm phá của Viện Địa lý, trường đại học Thủy lợi Hà Nội, Viện Khoa học Thủy lợi và các cơ quan khác.

Một sơ đồ tính toán thủy lực cho hệ thống được phân chia thành 150 nút, 163 đoạn sông cùng với 66 ô ruộng (hình 1).

Để mô phỏng quá trình ngập lụt đồng bằng Thừa Thiên - Huế các biên của mô hình là :

- Biên mưa - mô hình mưa giờ theo tài liệu quan trắc sau khi chỉnh lý của các trạm : Huế, Phú Ốc, Năm Đông và A Lưới.

- Biên lưu lượng và dòng chảy thực đo tính lũ và được tính toán theo mô hình mưa, dòng chảy LTANK.

Tài liệu kiểm chứng thông số mô hình là mực nước thực đo tại trạm thủy văn và mực nước điều tra theo vết lũ ngày sau khi xảy ra.

Kết quả tính toán mô phỏng hiện trạng trận mưa lũ tháng XI/1999

Kết quả tính toán trên mô hình thủy văn - thủy lực cho phép mô phỏng tình hình mưa lũ, úng ngập trên toàn bộ đồng bằng Thừa Thiên - Huế, độ sâu ngập úng trên đồng ruộng, nước chảy trên hệ thống sông ngòi, kênh, mương thoát nước cũng như khu vực đầm phá ven biển khá phù hợp với tình hình thực tế (hình 2). Sự diễn biến của quá trình mưa lũ ngập lụt ở đây theo thời gian. Từ mô hình này chúng ta có thể nhận được hình ảnh quá trình ngập lụt tại những vị trí cần quan tâm ở đồng bằng này.

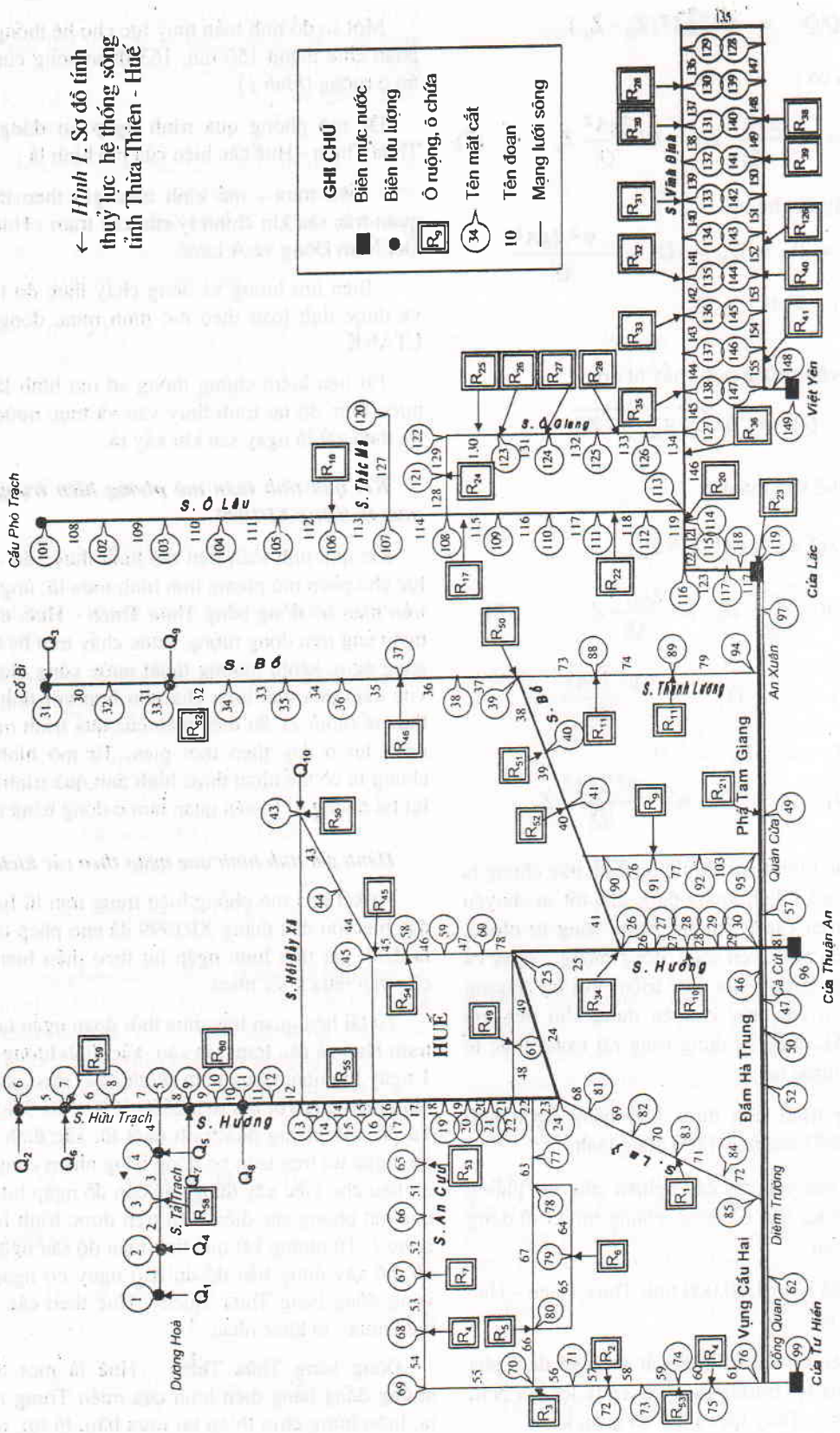
Đánh giá tình hình úng ngập theo các kịch bản

Từ kết quả mô phỏng hiện trạng trận lũ lịch sử đặc biệt lớn đầu tháng XI/1999 đã cho phép chúng ta đánh giá tình hình ngập lụt theo diễn biến của các trận mưa khác nhau.

Từ tài liệu quan trắc mưa thời đoạn ngắn tại các trạm Huế và các trạm lân cận, xác định lượng mưa 1 ngày lớn nhất trong năm (hình 3, 4) theo các mô hình mưa ứng với tần suất 25%, 10%, 5%, 3%, 1%. Từ đó, mô phỏng quá trình mưa lũ, xác định mức độ ngập lụt trên toàn bộ đồng bằng nhằm cung cấp dữ liệu cho việc xây dựng các bản đồ ngập lụt. Kết quả mô phỏng các diễn biến trên được trình bày ở bảng 1. Từ những kết quả tính toán độ sâu ngập lụt có thể xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ ngập lụt vùng đồng bằng Thừa Thiên - Huế theo các diễn biến mưa - lũ khác nhau.

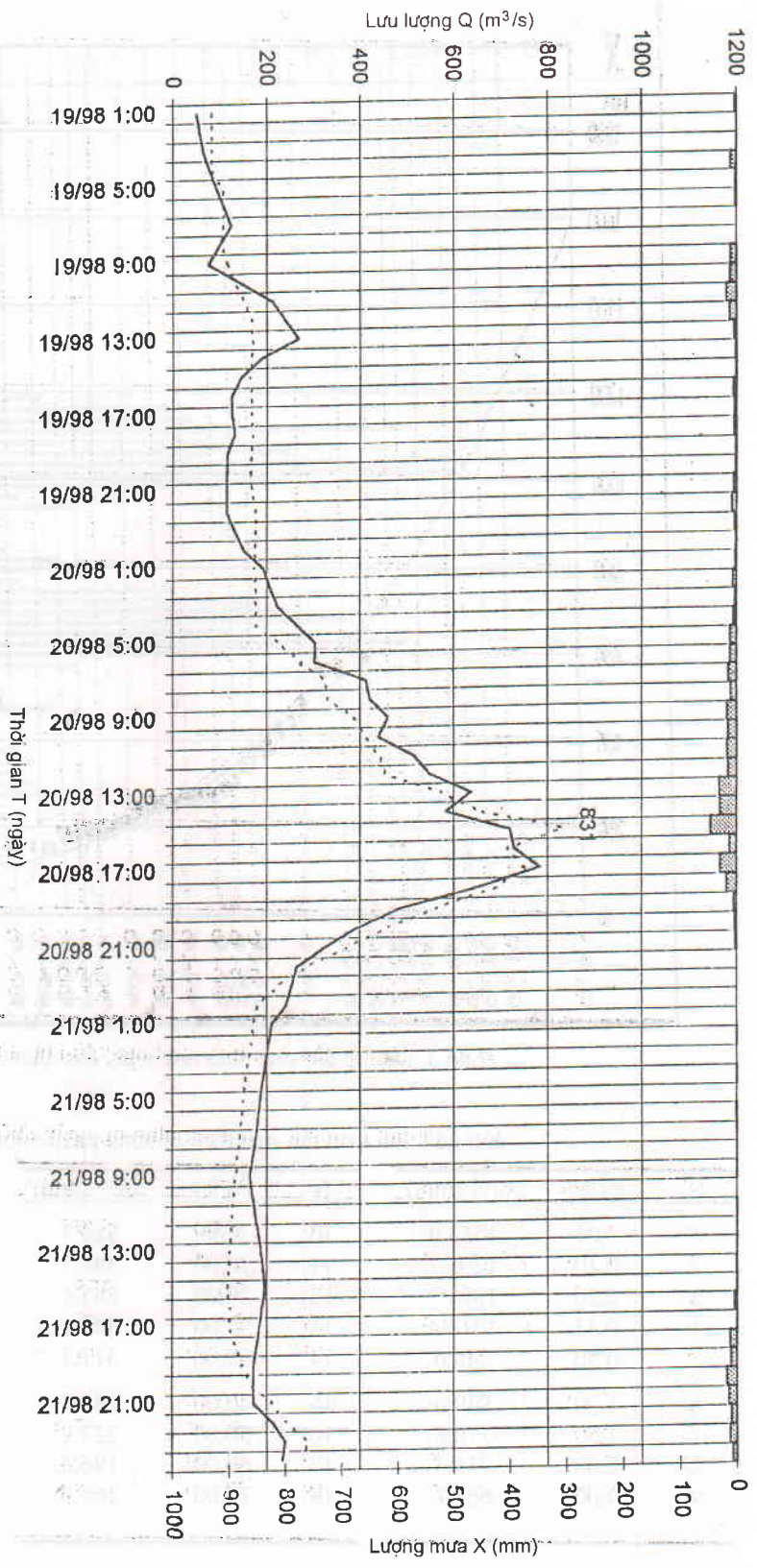
Đồng bằng Thừa Thiên - Huế là một trong những đồng bằng điển hình của miền Trung nước ta, luôn hứng chịu thiên tai mưa bão, lũ lụt, ngập

← Hình 1. Sơ đồ tính thủy lực hệ thống sông tỉnh Thừa Thiên - Huế



lực... Việc nghiên cứu, định lượng, kiểm soát những biến động của tự nhiên trong đó có lũ lụt sẽ giúp cho ta chủ động quy hoạch, phòng tránh tác hại do lũ lụt gây ra.

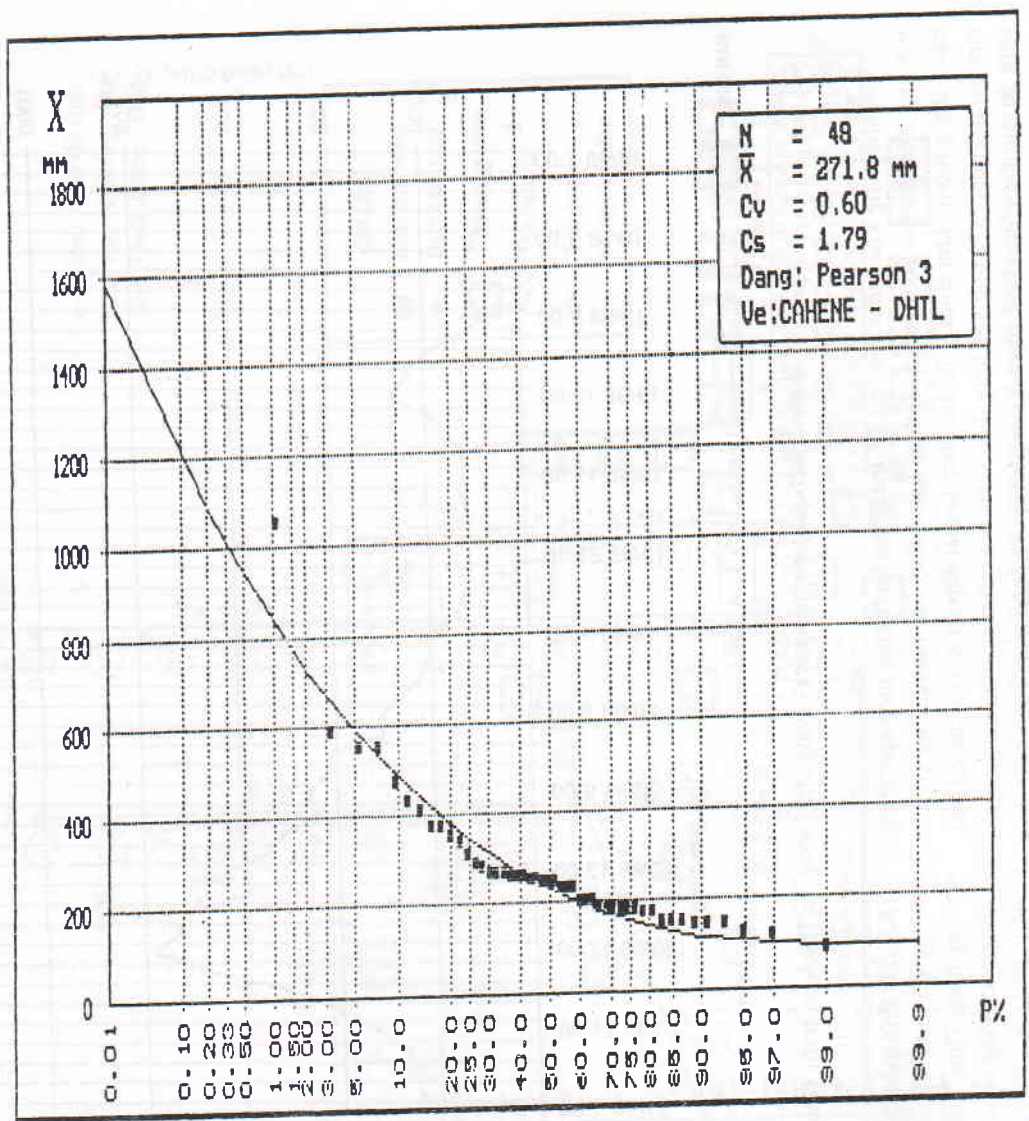
Việc lập các bản đồ dự báo nguy cơ ngập lụt là một công việc khó khăn, nhất là đánh giá đúng mối quan hệ giữa lượng mưa phân bố trên diện rộng cũng như sự chuyển động của nước trên hệ thống đồng bằng này.



Hình 2. Kết quả tính toán mưa - dòng chảy sông Tả Trạch tại trạm Thượng Nhật 19-21/XI/1998

Với khả năng khá mềm dẻo của kỹ thuật mô hình toán hiện nay cùng với việc liên kết các mô hình toán thủy văn - thủy lực mạng sông có xét các ô đồng ruộng, khu chứa... đã cho phép ta giải đáp được yêu cầu cơ bản của bài toán đặt ra là ứng với từng điều kiện của mô hình mưa có thể tính toán dự báo được mức độ ngập lụt của những vị trí cần quan tâm cũng như toàn bộ đồng bằng cửa sông ven biển.

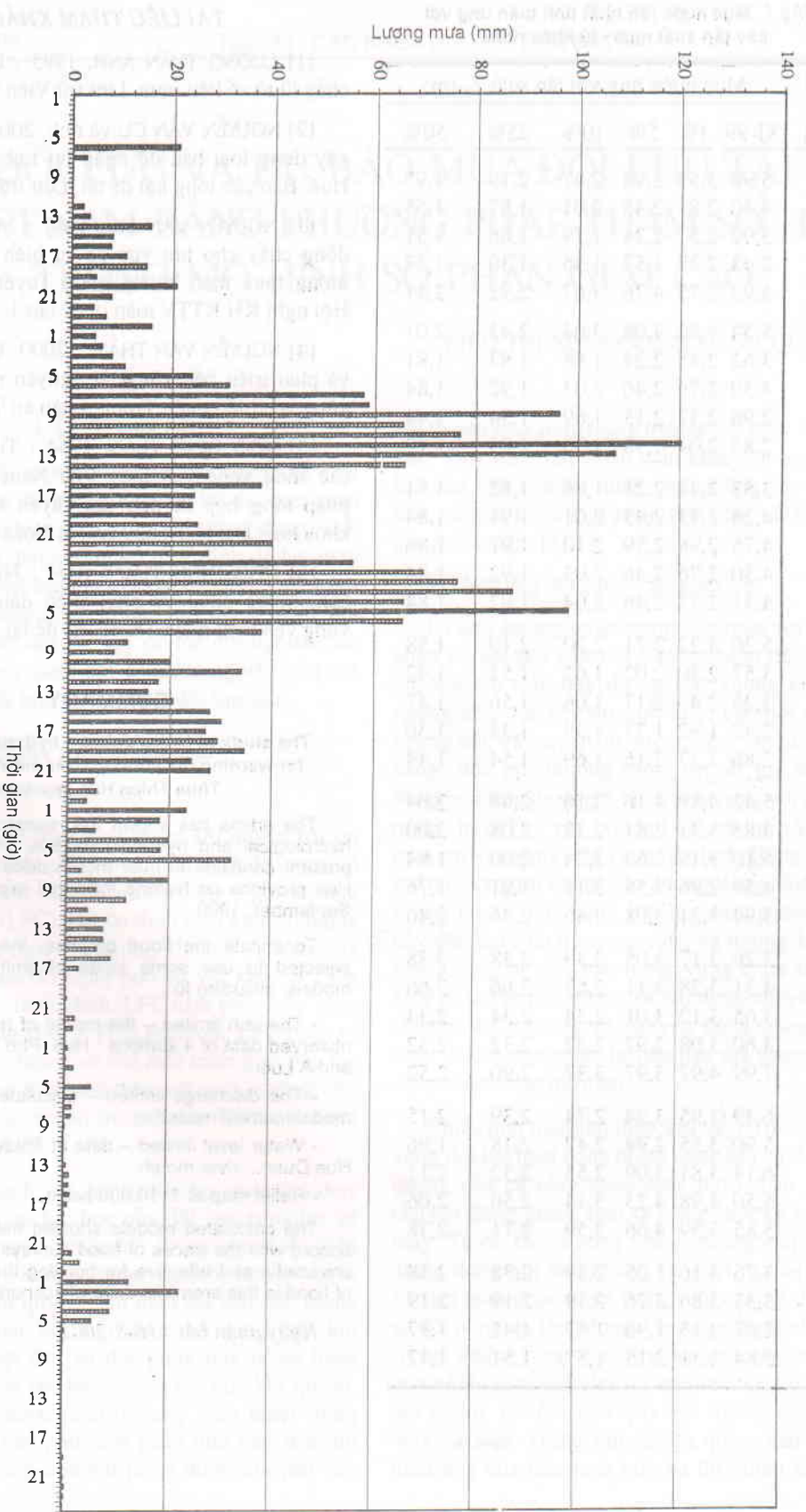
Kết quả tính toán bằng sự kết hợp các mô hình toán thủy văn - thủy lực trên đây đã phục vụ cho việc lập bản đồ dự báo nguy cơ ngập lụt đối với đồng bằng Thừa Thiên - Huế, có thể dự báo mức độ ngập lụt trên cơ sở sử dụng các thông tin dự báo mưa lũ trên lưu vực sông Hương - sông Bồ. Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài 74.22.01 thuộc chương trình nghiên cứu cơ bản.



Hình 3. Đường tần suất mưa một ngày lớn nhất tại trạm Huế

Kết quả tính toán tần suất theo phương pháp đường thích hợp

N	P (%)	X_p % (mm)	N	P (%)	X_p % (mm)	N	P (%)	X_p % (mm)
1	0,01	1583,9	10	5,00	589,7	19	75,00	155,7
2	0,10	1205,7	11	10,00	482,7	20	80,00	143,0
3	0,20	1094,3	12	20,00	375,1	21	85,00	130,4
4	0,33	1014,4	13	25,00	340,1	22	90,00	117,7
5	0,50	948,6	14	30,00	311,2	23	95,00	104,3
6	1,00	839,6	15	40,00	246,8	24	97,00	98,6
7	1,50	776,3	16	50,00	227,9	25	99,00	92,7
8	2,00	731,5	17	60,00	196,6	26	99,90	90,8
9	3,00	668,7	18	70,00	168,8	27	99,99	89,5



Hình 4. Lượng mưa giờ tại trạm Huế từ ngày 01 đến 06 tháng XI năm 1999

Bảng 1. Mục nước lớn nhất tính toán ứng với các tần suất mưa - lũ khác nhau

Vị trí trên sơ đồ	Mục nước ứng với tần suất Z_p (m)					
	XI-99	1%	5%	10%	25%	50%
H16	5,90	3,56	2,94	2,47	2,19	1,95
H25	4,40	2,81	2,45	2,01	1,87	1,65
H26	3,92	2,57	2,24	1,79	1,66	1,51
H28	2,43	2,37	1,57	1,36	1,30	1,27
B32	5,92	5,75	4,76	3,67	2,92	2,41
B37	5,34	4,80	4,08	3,04	2,43	2,01
A71	3,62	2,45	2,24	1,88	1,83	1,81
D80	4,30	2,76	2,46	2,03	1,92	1,84
T89	2,96	2,37	2,15	1,69	1,54	1,44
R1	2,82	2,04	1,98	1,86	1,83	1,79
R2	3,53	2,41	2,21	1,86	1,82	1,81
R3	4,24	2,73	2,43	2,01	1,91	1,84
R4	4,75	2,98	2,59	2,10	1,97	1,86
R5	4,30	2,76	2,46	2,03	1,92	1,84
R6	4,31	2,77	2,46	2,04	1,92	1,84
R7	5,20	3,22	2,71	2,20	2,10	1,88
R8	3,57	2,30	2,02	1,62	1,51	1,42
R9	3,25	2,40	2,17	1,66	1,56	1,47
R10	2,42	1,92	1,77	1,39	1,33	1,30
R11	2,86	2,37	2,15	1,69	1,54	1,44
R12	5,42	4,89	4,16	3,10	2,48	2,04
R13	4,85	3,31	2,81	2,32	2,08	2,00
R14	5,10	3,19	2,69	2,24	2,00	1,84
R15	4,59	2,96	2,55	2,11	1,91	1,76
R16	3,94	3,21	3,08	2,46	2,46	2,46
R17	3,76	3,17	3,05	2,39	2,38	2,38
R18	4,31	3,28	3,11	2,67	2,66	2,66
R19	3,65	3,12	3,01	2,34	2,34	2,34
R20	3,60	3,08	2,97	2,32	2,32	2,32
R61	7,99	4,97	3,97	3,37	2,90	2,52
R45	6,49	3,95	3,24	2,74	2,39	2,15
R55	5,90	3,55	2,94	2,47	2,18	1,96
R54	6,14	3,81	3,09	2,53	2,32	2,11
R52	5,50	4,98	4,23	3,14	2,50	2,06
R51	5,85	5,59	4,66	3,59	2,71	2,38
R24	3,76	3,16	3,05	2,39	2,38	2,38
R22	3,33	2,86	2,76	2,19	2,19	2,19
R46	2,67	2,13	1,96	1,47	1,41	1,37
R23	2,84	2,31	2,15	1,57	1,51	1,47

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] LƯƠNG TUẤN ANH, 1995 : Ước tính dòng chảy lũ từ số liệu mưa. Lưu trữ Viện KT - TV.

[2] NGUYỄN VĂN CU và nnk, 2001 : Nghiên cứu xây dựng loạt bản đồ ngập lụt tỉnh Thừa Thiên - Huế. Báo cáo tổng kết đề tài. Lưu trữ Viện Địa lý.

[3] NGUYỄN VĂN LAI, 1987 : Mô hình mưa - dòng chảy cho lưu vực có sự biến động lớn của lượng mưa theo không gian. Tuyển tập báo cáo Hội nghị KH KTTV toàn quốc lần 1.

[4] NGUYỄN VĂN THẮNG, 2000 : Cân bằng nước và phát triển bền vững tài nguyên nước các sông vùng ven biển miền Trung. Luận án Ts kỹ thuật.

[5] NGÔ ĐÌNH TUẤN, 1984 : Tính lũ thiết kế các sông vùng ven biển Việt Nam bằng phương pháp tổng hợp lũ lịch sử. Tuyển tập công trình khoa học. Đại học Thủy lợi Hà Nội.

[6] NGÔ ĐÌNH TUẤN, 1994 : Nghiên cứu cân bằng nước phục vụ phát triển dân sinh kinh tế vùng ven biển miền Trung. Bc đề tài KC-12-03.

SUMMARY

The study of hydrological – hydraulic models for warning the flood in river mouth delta of Thua Thien Hue province

The article has shown the researching results of hydrological and hydraulic models, imitated flooded present condition in river mouth delta of Thua Thien Hue province on historic torrential rain, from 2 to 6th September, 1999.

To imitate the flood process, the authors have selected to use some kinds of limit and data for models, including to :

- The rain limited – the model of rain per hour by observed data of 4 stations : Hue, Phu Oc, Nam Dong and A Luoi.
- The discharge limited – calculated from LTANK model (current model).
- Water level limited – data at Thuan An, Tu Hien, Hoa Duan... river mouth.
- Relief map at 1: 10.000 scale.

The calculated models showed the results in the accord with the traces of flood surveying reality. They are useful and effective for building the warning map of flood in this area with several scenario rainfall.

Ngày nhận bài : 16-8-2002

Viện Địa lý