

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
BAN QUẢN LÝ DỰ ÁN 11-P04-VIE**

**Dự án
NGHIÊN CỨU THỦY TÀI DO BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG THÔNG TIN NHIỀU BÊN THAM GIA
NHẪM GIẢM THIỂU TÍNH DỄ BỊ TỔN THƯƠNG
Ở BẮC TRUNG BỘ VIỆT NAM (CPIS)**

Mã số: 11.P04.VIE

*(Thuộc Chương trình thí điểm hợp tác nghiên cứu
Việt Nam - Đan hạc 2012-2015)*

BÁO CÁO KẾT QUẢ THỰC HIỆN NĂM 2012-2013

**Nội dung 1.1: Báo cáo phát triển mô hình thủy lực 1-D cho mạng lưới
sông Cả (phần Nghệ An)**

Nhóm nghiên cứu: WP4

Chủ dự án: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên
Giám đốc dự án: GS. TS. Phan Văn Tân

Những người thực hiện:

Trưởng nhóm: PGS.TS. Trần Ngọc Anh

Các thành viên: CN. Nguyễn Kim Ngọc Anh

MỤC LỤC

I.	MỞ ĐẦU	3
II.	PHẦN 1. GIỚI THIỆU LƯU VỰC VÀ HỆ THỐNG THỦY VĂN.	4
1.1	Mô tả về lưu vực và hệ thống thủy văn	4
1.2	Chế độ thủy văn	4
1.2.1	Dòng chảy năm	4
1.2.2	Phân phối dòng chảy trong năm	6
1.2.3	Đánh giá tài nguyên nước mặt	7
1.3	..... Đặc điểm lũ lụt	8
III.	PHẦN 2. LỰA CHỌN MÔ HÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC	0
2.1	Lựa chọn mô hình tính.....	0
2.1.1	Giới thiệu các mô hình tiêu biểu	0
2.1.2	Lựa chọn mô hình tính toán	1
2.2	Cấu trúc mô hình MIKE 11	2
IV.	PHẦN 3. THU THẬP SỐ LIỆU (TÀI LIỆU SỬ DỤNG TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC)	6
V.	.....	3
.1	Địa hình lòng dẫn sông:.....	6
VI.	.....	3
.2	Tài liệu khí tượng, thủy văn:	7
VII.	PHẦN 4. THIẾT LẬP MẠNG LƯỚI 1D	10
VIII.	.....	4
.1	Mạng sông và nhiệm vụ tính toán	10
IX.	.....	4
.2.	Biên trên của mô hình	10
X.	.....	4
.3	Biên dưới của mô hình.....	11
XI.	.....	4
.4	Biên khu giữa của mô hình	11
XII.	KẾT LUẬN	12
XIII.	TÀI LIỆU THAM KHẢO	13

MỞ ĐẦU

Hệ thống sông Lam là một hệ thống sông lớn ở vùng Bắc Trung Bộ. Tổng diện tích mặt bằng lưu vực 27.200km². Trong đó phần diện tích nằm trên đất Cộng hoà Dân chủ Nhân dân Lào là 9.470km². Sông Lam gồm nhiều nhánh sông nhỏ nhập lưu như sông Hiếu, sông Giăng, sông La (bao gồm Ngàn Sâu, Ngàn Phố). Vùng hưởng lợi từ hệ thống sông và cũng là vùng chịu tác hại của nguồn nước sông Lam nằm chủ yếu ở hạ du sông thuộc địa bàn của hai tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh. Mọi hoạt động tác động đến dòng chảy sông Lam ở phía thượng nguồn đều có ảnh hưởng nhất định đến vùng hưởng lợi ở hạ du sông.

Mặc dù diện tích lưu vực sông Lam rất lớn, nguồn nước khá dồi dào. Trung bình một năm sông Lam tải ra biển một tổng lượng từ 21-23 tỷ m³/năm, nhưng phía hạ du sông trong mùa kiệt lại không đủ nước đáp ứng cho nhu cầu phát triển kinh tế hiện tại cũng như trong tương lai do phân phối dòng chảy trong năm rất thiên lệch. Trong ba tháng mùa lũ tổng lượng dòng chảy chiếm tới 15-16 tỷ m³, mực nước các sông phần hạ du liên tục dâng cao gây khó khăn cho công tác chống lũ và tiêu thoát nội đồng.

Tính toán thủy lực mùa lũ cho mạng sông thuộc lưu vực sông Lam là một bài toán cấp thiết và cơ bản. Việc xác định được các tham số thủy lực sẽ cung cấp thông tin cho các bài toán giải quyết các vấn đề liên quan tới lũ và ngập lụt của khu vực như: tính toán ảnh hưởng của các công trình thủy lợi tới chế độ dòng chảy mùa lũ, xây dựng bản đồ ngập lụt, bản đồ rủi ro lũ và nhiều bài toán quan trọng khác.

Chuyên đề này với mục tiêu xây dựng mạng thủy lực 1 chiều cho lưu vực sông Lam (phần Nghệ An) nhằm mục đích kết nối mô hình này với mô hình thủy động lực 2 chiều tính toán tính toán mức độ ngập lụt khu vực nghiên cứu. Chuyên đề được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài “Nghiên cứu thủy tai do BĐKH và xây dựng hệ thống thông tin nhiều bên tham gia nhằm giảm thiểu tính dễ tổn thương ở Bắc trung bộ Việt Nam (CPIS)’ Mã số 11.P04.VIE.

PHẦN 1. GIỚI THIỆU LƯU VỰC VÀ HỆ THỐNG THỦY VĂN

1.1 Mô tả về lưu vực và hệ thống thủy văn

Hệ thống sông Lam có mật độ lưới sông $0,6 \text{ km/km}^2$. Các sông suối đổ vào dòng chính đều ngắn và dốc bắt nguồn từ vùng núi cao của các tỉnh Xiêm Khoảng, Nghệ An, Hà Tĩnh. Tổng số có 44 sông nhánh cấp I có diện tích nhỏ nhất như Khe Trờ 20km^2 và sông có diện tích lớn nhất là sông Hiếu $F = 5.340\text{km}^2$.

Những sông nhánh lớn của sông Lam là Nậm Mô, Huồi Nguyên, sông Hiếu, sông Giăng và sông La. Các sông này đóng góp lượng dòng chảy đáng kể vào dòng chính sông Lam. Trong đó nhánh sông Hiếu và sông Giang nằm trên địa bàn tỉnh Nghệ An, sông La là hợp lưu của 2 nhánh Ngàn Phố và Ngàn Sâu nằm trên địa bàn tỉnh Hà Tĩnh.

+ Sông Hiếu là sông nhánh cấp I lớn nhất của sông Lam bắt nguồn từ dãy núi cao Phu Hoạt có độ cao đỉnh núi 2.452m trên huyện Quế Phong, Quỳnh Châu, Nghĩa Đàn, Tân Kỳ đổ vào sông Lam tại ngã ba Cây Chanh. Diện tích toàn bộ lưu vực là 5.340km^2 , chiều dài sông là 228km , lượng mưa trung bình thượng nguồn sông là 2.200mm , hạ du là 1.600mm . Dòng chảy năm chiếm $32,3\%$ dòng chảy sông Lam tại Yên Thượng. Lũ lớn trên sông Hiếu xảy ra vào các năm 1962, 1978, 1988.

Ngoài hai sông nhánh lớn trên còn có các sông nhánh lớn như Nậm Mô, Huồi Nguyên, sông Giăng. Theo tính toán lượng dòng chảy năm của các sông Nậm Mô, sông Hiếu, sông Giăng chiếm tới $62,3\%$ lượng dòng chảy năm tới Yên Thượng trên sông Lam.

1.2 Chế độ thủy văn

1.2.1 Dòng chảy năm

Dòng chảy năm trên lưu vực sông Lam khá dồi dào với lượng mưa trung bình năm toàn lưu vực là 1.800mm tổng lượng nước trung bình nhiều năm trên toàn lưu vực là $23,5.109\text{m}^3$, tương ứng với lưu lượng trung bình nhiều năm là $745 \text{ m}^3/\text{s}$, mô số dòng chảy $27,4 \text{ l/s.km}^2$. Hệ số dòng chảy $\alpha = 0,48$. Trên dòng chính sông Lam tại Yên Thượng có $F_{IV} = 23.000\text{km}^2$, dòng chảy năm trung bình đạt 16.109m^3 , $Q_o = 199 \text{ m}^3/\text{s}$, $M_o = 62,1 \text{ l/s.km}^2$. Phần dòng chảy phát sinh trong lãnh thổ Việt Nam là $17,7.109\text{m}^3$, phần dòng chảy thuộc địa phận Lào ($F = 9.470\text{km}^2$) là $5,8.109\text{m}^3$.

- *Biến đổi dòng chảy năm theo không gian*

Thượng nguồn sông Lam tại Cửa Rào khổng chế diện tích 12.800km^2 , lưu lượng trung bình nhiều năm đạt $213 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số dòng chảy $16,61 \text{ l/s.km}^2$. Sông Nậm Mô tại Mường Xén có $F = 2.620\text{km}^2$, mô số dòng chảy năm trung bình là $24,8 \text{ l/s.km}^2$. Trên sông Hiếu tại Quỳnh Châu, do có lượng mưa năm trung bình lớn 2.100mm , mô số dòng chảy năm trung bình đạt $52,7 \text{ l/s.km}^2$. Tại Nghĩa Khánh trên sông Hiếu lượng dòng chảy năm chỉ đạt $4,13.109 \text{ m}^3$, tương ứng với $Q_o = 131 \text{ m}^3/\text{s}$, $M_o = 32,7 \text{ l/s.km}^2$.

Tại Dừa do có sự tham gia dòng chảy bên sông Hiếu có mô số dòng chảy lớn đổ vào, mô số dòng chảy năm trung bình đạt $20,4 \text{ l/s.km}^2$, $Q_o = 424 \text{ m}^3/\text{s}$, $W_o = 13,4.109 \text{ m}^3$.

Tại Cửa Rào $F = 12.800\text{km}^2$, chiếm $55,6\%$ F tại Yên Thượng, nhưng dòng chảy năm trung bình đạt $6,72.109\text{m}^3$ chiếm 42% tổng lượng dòng chảy tại Yên Thượng.

Sông Hiếu có $F = 5.340\text{km}^2$, chiếm $17,47\%$ diện tích tại yên Thượng nhưng lượng dòng chảy năm trung bình đạt $5,34.109\text{m}^3$ chiếm $33,4\%$ lượng dòng chảy tại Yên Thượng.

Từ Dừa tới Yên Thượng diện tích khu giữa là 2.200km², chiếm 9,56% diện tích tại Yên Thượng nhưng lượng dòng chảy năm đạt 2,6.106m³ chiếm 16,25% lượng dòng chảy tại Yên Thượng. Đoạn khu giữa này có sự gia nhập dòng chảy năm của sông Giăng có mô số dòng chảy lớn đạt 37,3 l/s.km², dòng chảy năm tại Yên Thượng đạt 16,02.109m³, mô số dòng chảy 22,0 l/s.km².

Hạ du sông Lam có sông La có diện tích 3.210km² đổ vào tại Chợ Tràng. Sông La là hợp lưu của hai sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu. Hai sông này bắt nguồn từ vùng núi cao có lượng mưa năm trung bình 2.300mm. Tại Hoà Duyệt trên sông Ngàn Sâu, dòng chảy năm trung bình đạt 3,88.109m³, mô số dòng chảy đạt 65,4 l/s.km². Tại Sơn Diệm trên sông Ngàn Phố có F = 790 km², dòng chảy năm đạt 1,6.109m³ với M_o = 64 l/s.km².

Tổng lượng dòng chảy toàn bộ lưu vực sông La 6,29.109m³, Q_o = 199m³/s, M_o= 62,1 l/s.km². Lượng dòng chảy này chiếm 39,3% dòng chảy tại Yên Thượng, trong khi đó diện tích lưu vực chỉ chiếm 14% diện tích lưu vực tại Yên Thượng.

Bảng 1-1: Tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực sông Lam

Trạm	Sông	F lưu vực		W _o .10 ⁹ m ³		Q _o (m ³ /s)	M _o l/s.km ²	Y _o (mm)
		F _{lv} (km ²)	%Yên Thượng	W _o .10 ⁹	%Yên Thượng			
Cửa Rào	Cả	12.800	55,6	6,72	42,0	213	16,6	525
Dừa	Cả	20.800	90,5	13,37	84,0	424	20,4	643
Yên Thượng	Cả	23.000	100,0	16,00	100	508	22,1	695
Mường Xén	Nậm Mô	2.620	11,4	2,05	13,0	65,0	24,8	782
Cửa sông	Nậm Mô	3.930	17,1	2,83	17,7	89,7	22,7	720
Quỳ Châu	Hiếu	1.500	6,52	2,49	15,4	79,1	52,7	1660
Nghĩa Khánh	Hiếu	4.020	17,5	4,13	25,8	132	32,6	1027
Cửa sông	Hiếu	5.340	23,2	5,34	33,4	169	31,6	1000
Thác Muối	Giăng	785	3,41	1,15	7,19	36,4	46,4	1465
Cửa sông	Giăng	1.050	4,57	1,49	9,31	47,2	44,9	1419
Sơn Diệm	Ngàn Phố	790	3,43	1,60	10,0	50,6	64,1	2025
Cửa sông	Ngàn Phố	1.060	4,60	2,00	12,5	63,4	59,8	1686
Hoà Duyệt	Ngàn Sâu	1.880	8,17	3,88	24,3	123	65,4	2063
Cửa sông	Cửa sông	3.210	14,00	6,29	39,3	199	62,0	1960
Cửa sông	Toàn l vực	27.200		23,5		745	27,4	864

- *Biến đổi của dòng chảy năm theo thời gian*

Sự biến đổi dòng chảy năm theo thời gian khá mạnh mẽ. Chuỗi quan trắc về số liệu dòng chảy năm ở một số trạm trên dòng chính và các sông nhánh lớn có tài liệu trên 40 năm cho thấy hệ số biến đổi Cv dòng chảy năm đạt từ 0,26 ÷ 0,38. Nhưng sông suối nhỏ, hệ số biến đổi Cv dòng chảy năm 0,35 ÷ 0,38.

Năm nhiều nước do ảnh hưởng của mưa bão, lượng dòng chảy năm rất lớn có thể gấp 3 ÷ 4 lần năm ít nước. Những năm nước lớn như các năm 1973 - 1974, 1964 - 1965 tại thượng nguồn sông Lam, 1978 - 1979 tại hạ du sông Lam, sông Hiếu, năm 1964 - 1965, 1960 - 1961 tại các sông trên lưu vực sông La.

Trước hoặc sau năm lũ là những năm có dòng chảy năm hoặc dòng chảy mùa kiệt khá nhỏ như các 1979 - 1980 tại Cửa Rào, 1977 - 1978 tại Dừa, Yên Thượng, 1976 - 1977 tại Quỳnh Châu, Nghĩa Đàn, 1977 - 1978 tại Sơn Diệm, 1975 - 1976 tại Hoà Duyệt.

Trong phạm vi biến đổi tần suất từ 5 ÷ 10% thì có thể chọn mô hình các năm nước lớn như 1964 - 1965, 1973 - 1974, 1978 - 1979, 1960 - 1961.

Các năm nước kiệt tần suất từ 75 - 90% có thể chọn các thủy văn 1969 - 1970, 1968 - 1969, 1976 - 1977, 1977 - 1978.

Bảng 1-2: Tần suất dòng chảy năm

Trạm	Sông	Thời kỳ	Q ₀ m ³ /s	Cv	Cs	Xp				
						5	10	50	75	85
Mường Xén	Nậm Mô	1960 - 2000	65	0,26	1,0	94, 4	87,4	64, 3	53, 1	47, 4
Cửa Rào	Cả	1962 - 2000	213	0,27	1,14	312	288	21 0	173	154
Dừa	Cả	1960 - 2000	424	0,28	0,42	664	581	41 6	340	302
Yên Thượng	Cả	1960 - 2000	508	0,33	0,66	810	731	48 9	387	339
Cốc Nà	Choang	1961 - 1976	11,8	0,37	0,73	19, 7	17,6	11, 3	8,7 0	7,5
Quỳnh Châu	Hiếu	1961 - 2000	79,1	0,30	0,6	122	111	76, 7	62, 1	55, 1
Nghĩa Khánh	Hiếu	1961 - 2000	131	0,38	0,76	223	198	12 5	95, 2	81, 4
Thác Muối	Giăng	1967 - 1983	36,4	0,38	0,90	62, 6	55,2	34, 4	26, 2	22, 5
Hoà Quân	Trai	1975 - 1989	6,95	0,44	1,64	12, 9	10,9	6,1 8	4,7 4	4,2 1

1.2.2 Phân phối dòng chảy trong năm

Phụ thuộc vào chế độ mưa, chế độ dòng chảy trong năm phân thành hai mùa rõ rệt: Mùa cạn và mùa lũ. Song ngay trong mùa lũ cũng có thể xảy ra kiệt do ảnh hưởng của gió Tây khô nóng. Trên toàn lưu vực thời gian bắt đầu và kết thúc mùa lũ, mùa kiệt cũng khác nhau.

Thượng nguồn sông Lam thời gian mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng X, càng về hạ du thời gian mùa lũ chậm hơn bắt đầu từ tháng VII kết thúc vào tháng XI. Vùng lưu vực sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mùa lũ rút ngắn lại chỉ còn 3 tháng, bắt đầu từ tháng IX kết thúc vào tháng XI. Trên dòng chính sông Lam lượng nước mùa lũ chiếm 70 ÷ 75% lượng nước năm, mùa cạn từ 25 ÷ 30% lượng nước năm. Trên các sông suối vừa và nhỏ, lượng nước mùa lũ biến đổi 65 ÷ 70% lượng nước năm, còn lại là mùa kiệt. Hai tháng có lượng nước lớn nhất IX, X có tổng lượng nước chiếm 40% tổng lượng nước năm.

Tháng III trên dòng chính sông Lam, sông Hiếu có lượng nước trung bình nhỏ nhất. Tháng IV trên hệ thống sông La có lượng dòng chảy nhỏ nhất năm.

Do xu hướng mưa muộn dần từ Bắc vào Nam nên tỷ lệ dòng chảy tháng VII, IX, X cũng có sự thay đổi đáng kể. Tại Cửa Rào tỷ lệ dòng chảy tháng VIII đạt 19,6% lượng dòng chảy năm, tỷ lệ này chỉ đạt 15,7% ở Dừa, 14,7% ở Yên Thượng, 7,1% ở Hoà Duyệt. Tháng IX tỷ lệ dòng chảy tháng so với năm đạt 20,4% tại Cửa Rào, 21,7% tại Dừa, Yên Thượng, 21,4% tại Sơn Diệm, 20,4% tại Sơn Diệm, 20,4% tại Hoà Duyệt.

Tháng XI tỷ lệ dòng chảy này đạt 6,9% tại Cửa Rào, 8,2% tại Dừa, 9,2% tại Yên Thượng, 12,4% tại Sơn Diệm, 12,8% tại Hoà Duyệt.

Về các tháng kiệt nhất ở những vùng mưa nhỏ, tỷ lệ dòng chảy tháng III so với dòng chảy năm chỉ đạt 2,4%. Tại Cửa Rào ở những vùng mưa lớn, tỷ lệ này biến đổi từ 3 - 3,6%.

Càng đi về phía Nam do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc giảm dần, lượng mưa phùn cuối mùa đông giảm nhỏ, lượng dòng chảy có xu hướng kiệt muộn dần, có năm kiệt tháng xảy ra vào tháng IV, V, kiệt ngày xảy ra vào tháng IV, tháng V, VII.

Trong mùa mưa thường xuất hiện lũ tiểu mãn vào tháng V, VI do sự hội tụ của gió mùa Tây Nam và gió Tín Phong. Có năm lượng mưa tiểu mãn rất lớn gây lũ tiểu mãn vào cuối tháng V và tháng VI gây thiệt hại nặng nề cho lúa hè thu khi mới gieo trồng như trận lũ tháng V/1989 gây nên lũ lịch sử ở sông Ngàn Phố và gây lũ lớn ở hạ du sông Lam.

Mô số dòng chảy tháng kiệt nhất phụ thuộc vào lượng trữ nước, nước ngầm trên lưu vực. Mô số dòng chảy tháng kiệt nhất tháng III đạt 4,7 l/s.km² tại Cửa Rào, 5,9 l/s.km² tại Dừa, 6,2 l/s.km² tại Yên Thượng, 21 l/s.km² tại Quỳnh Châu, 11,3 l/s.km² tại Nghĩa Khánh, 20,2 l/s.km² tại Thác Muối.

Trên sông La, tháng IV có dòng chảy nhỏ nhất đạt mô số dòng chảy 27,8 l/s.km² tại Sơn Diệm trên sông Ngàn Phố, 23,8 l/s.km² trên sông Ngàn Sâu tại Hoà Duyệt.

1.2.3 Đánh giá tài nguyên nước mặt

Tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực sông Lam là 23,5 tỷ m³ nước với lưu lượng trung bình là 745 m³/s, mô số trung bình là 27,4 l/s.km².

Phân bố dòng chảy không đều theo không gian:

+ Vùng thượng nguồn sông Lam tại Cửa Rào có $F = 12.800\text{km}^2$, tổng lượng dòng chảy năm 6,72 tỷ m³, chiếm 42,0% dòng chảy sông Lam tới Yên Thượng, 28,6% lượng dòng chảy năm toàn lưu vực trong khi đó diện tích lưu vực chiếm 55,6% diện tích lưu vực sông Lam tại Yên Thượng, 47% diện tích toàn lưu vực.

+ Sông Hiếu một nhánh lớn của sông Lam có tổng lượng dòng chảy năm 5,34 tỷ m³ chiếm 33,7% lượng dòng chảy năm của sông Lam tại Yên Thượng và bằng 22,7% dòng chảy trên toàn lưu vực. Trong khi đó diện tích của lưu vực sông Hiếu 23,2% diện tích lưu vực sông Lam tại Yên Thượng, 19,6% diện tích toàn lưu vực. Dòng chảy trên lưu vực sông Hiếu khá dồi dào với mô số bình quân toàn lưu vực 31,6 l/s.km².

+ Khu giữa từ Cửa Rào, cửa sông Hiếu tới Yên Thượng có diện tích là 4.860km², chiếm 21,1% diện tích sông Lam tại Yên Thượng 17,9% diện tích toàn lưu vực. Tổng lượng dòng chảy năm là 3,94 tỷ m³, chiếm 24,6% dòng chảy sông Lam tại Yên Thượng và bằng 16,8% lượng dòng chảy toàn lưu vực sông Lam.

+ Khu giữa có sông Giăng nhập lưu vào sông Lam với diện tích lưu vực 1.050km² chiếm 4,57% diện tích lưu vực sông Lam tại Yên Thượng, 3,86% diện tích lưu vực sông Lam, nhưng tổng lượng dòng chảy năm đạt 1,49 tỷ m³ chiếm 9,31% tổng lượng dòng chảy

sông Lam tại Yên Thượng, 6,34% lượng dòng chảy toàn lưu vực. Mô số dòng chảy năm trung bình đạt 44,9 l/s.km².

+ Lưu vực sông La có diện tích 3.210km², chiếm 11,8% diện tích toàn lưu vực sông Lam. Tổng lượng dòng chảy năm 6,29 tỷ m³ chiếm 26,8% tổng lượng dòng chảy năm toàn lưu vực. Mô số dòng chảy năm trung bình rất lớn đạt 62,0 l/s.km².

Theo thời gian trong năm phân phối dòng chảy năm trung bình không đều. Mùa lũ từ tháng VII ÷ XI với tổng lượng dòng chảy năm là 17 tỷ m³ chiếm 72,5 lượng dòng chảy năm, mùa kiệt từ tháng XII tới tháng VI với tổng lượng dòng chảy 6,45 tỷ m³ chiếm 27,5% lượng dòng chảy năm. Ba tháng kiệt nhất là tháng II, III, IV với tổng lượng dòng chảy là 2,23 tỷ m³ chiếm 9,5% dòng chảy năm.

Với tần suất P = 75%, tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực là 18,4 tỷ m³, lượng dòng chảy mùa lũ là 12,8 tỷ m³, mùa kiệt là 5,61 tỷ m³, ba tháng kiệt nhất 1,85 tỷ m³.

Với tần suất P = 85%, tổng lượng dòng chảy năm là 16,1 tỷ m³, mùa lũ 11,2 tỷ m³, mùa kiệt 4,95 tỷ m³, 3 tháng kiệt nhất là 1,63 tỷ m³.

Với tần suất P = 95%, tổng lượng dòng chảy năm trên lưu vực là 13 tỷ m³, lượng dòng chảy mùa lũ là 9 tỷ m³, mùa kiệt là 4,05 tỷ m³, ba tháng kiệt nhất 1,34 tỷ m³.

Nhận xét chung: Dòng chảy năm trên lưu vực sông Lam là khá dồi dào, tuy nhiên phân bố dòng chảy không đều theo không gian và thời gian. Trong năm lượng dòng chảy mùa lũ lớn chiếm 72,5% lượng dòng chảy năm còn lại là mùa kiệt. Dòng chảy 3 tháng nhỏ nhất trung bình chỉ chiếm 9,5% lượng dòng chảy năm. Cần phải có biện pháp công trình điều hoà phân phối lại dòng chảy để phục vụ cho nhu cầu nước về mùa kiệt.

1.3 Đặc điểm lũ lụt

a) Diễn biến

Nếu như trên sông Hồng ở Bắc Bộ mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng X, lũ lớn nhất năm thường xuất hiện vào tháng VII, VIII thì mùa lũ trên lưu vực sông Lam tại hạ du bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng XI. Lũ lớn xuất hiện tập trung vào tháng IX, X chậm hơn so với Bắc Bộ 1 tháng. Tuy nhiên khả năng xuất hiện lũ lớn vào các tháng trong năm ở từng vùng cũng khác nhau. Vùng thượng nguồn sông Lam lũ lớn nhất trong năm xuất hiện vào tháng VIII chiếm 52,9%, tháng IX là 23,5%, tháng X, XI không xuất hiện lũ lớn nhất trong năm.

Tại Dừa vùng trung lưu sông Lam cơ hội xuất hiện lũ lớn nhất vào tháng VIII chỉ còn 17,2% và vào tháng X tăng lên tới 31%. Vùng hạ du sông Lam tại Yên Thượng cơ hội xuất hiện lũ lớn nhất năm đạt 15% vào tháng VIII, 45% vào tháng IX và 25% vào tháng X. Vùng lưu vực sông Ngân Phố, Ngân Sâu cơ hội này vào tháng VIII giảm nhỏ hẳn mà tập trung vào tháng IX, X và trong tháng XI. Do mức độ tập trung lũ và khả năng xảy ra lũ lớn nhất ở các vùng không đồng nhất đã phần nào giảm bớt được nguy cơ gây lũ lớn ở hạ du vào các năm. Tuy nhiên có những năm do mưa bão lớn trên diện rộng lũ đặc biệt lớn ở dòng chính gặp lũ lớn ở các sông nhánh ở hạ du vẫn gây nên lũ lịch sử ở hạ du sông Lam.

Diễn biến lũ trong năm: Vào đầu mùa mưa tháng V, VI do hoạt động mạnh của gió Tín Phong Bắc Bán Cầu và gió mùa Tây Nam thường gây nên lũ tiểu mãn trong vùng tuy nhiên lũ tiểu mãn không kéo dài, lượng lũ không lớn nhưng cường suất lũ lên nhanh cũng gây tổn thất nặng nề cho vùng bãi ven sông như trận lũ tháng V/1989. Lũ trên sông Lam tại Nam Đàn mực nước đạt 7,17m trên báo động 2, lưu lượng ở Yên Thượng đạt 3.720m³/s gần lưu lượng lũ trung bình nhiều năm. Tại Sơn Diệm trận lũ tiểu mãn này đã tạo nên con

lũ lịch sử về Q_{\max} , $Q_{\max} = 4.400 \text{ m}^3/\text{s}$ với $M_{\max} = 5,53 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ gây xói lở nghiêm trọng trong vùng hạ du sông Ngàn Phố.

Bắt đầu từ tháng VII, VIII trở đi khi mà các hoạt động của các hình thể thời tiết gây mưa lớn xảy ra liên tiếp đặc biệt là ảnh hưởng của bão vào Bắc Bộ vùng Ninh Bình, Thanh Hoá ảnh hưởng vào thượng nguồn lưu vực sông Lam gây lũ lớn như tháng VII/1963, tháng VII/1971 và đặc biệt là trận lũ tháng VIII/1973 gây lũ lịch sử tại Cửa Rào ở hạ du.

Bắt đầu vào tháng IX, X khi mà các nhiễu động thời tiết trở nên mạnh mẽ, hoạt động của bão tăng lên, nhiều trận bão trực tiếp đổ bộ hoặc ảnh hưởng gián tiếp đến vùng gây nên những đợt mưa có cường độ lớn trên diện rộng và kéo dài. Đặc biệt bão tan thành áp thấp di chuyển lên phía Bắc gặp khối không khí lạnh tăng cường gây nên lượng mưa lớn toàn vùng như đợt mưa tháng X/1988 gây lũ lớn ở thượng, hạ du sông Lam hoặc bão liên tiếp đổ bộ vào trong 15 ngày cuối tháng IX/1978, 3 cơn bão số 6, 7, 8 đã đổ bộ vào lưu vực gây mưa đặc biệt lớn ở trung hạ lưu gây lũ lịch sử ở hạ du sông Lam.

Cường xuất lũ lên rất cao từ 1m/giờ các sông suối nhỏ ($7 \div 8$)m/ngày ở các sông suối lớn. Tốc độ dòng chảy lớn nhất ở dòng chính đạt $2 \div 3$ m/s. Do bão đổ bộ vào hạ du vùng ven biển, di chuyển dần lên thượng nguồn nên diện mưa lớn thường tập trung ở hạ du và trung lưu sông Lam. Nước lũ thượng du tràn về góp phần nước lũ ở các sông nhánh trung hạ du đổ vào làm mực nước ở trung hạ du tăng nhanh đột ngột. Thời gian truyền lũ ngắn lại trên các đoạn sông trung hạ du sông Lam.

Thời gian truyền lũ trung bình từ Đô Lương tới Yên Thượng là $12 \div 18$ giờ nhưng trong trận lũ tháng IX/1978 thời gian truyền lũ rút ngắn lại chỉ còn $7 \div 8$ giờ.

Thời gian lũ lên nhanh $3 \div 5$ ngày ở các lưu vực sông lớn, một vài giờ ở lưu vực sông nhỏ. Do mưa lớn dồn dập ảnh hưởng vào lưu vực. Dạng quá trình lũ kép thường xuất hiện ở phía thượng nguồn sông Lam, sông Hiếu, sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu. Càng về hạ du do bị điều tiết mạnh, phần những trận lũ đặc biệt lớn như trận lũ tháng IX/1978 bị vỡ đê Phương Kỳ quá trình lũ bet ra, thời gian duy trì đỉnh lũ ở mực nước cao từ $3 \div 5$ giờ thời gian lũ kéo dài $15 \div 20$ ngày như các trận lũ lớn năm 1973, 1978, 1988. Số liệu quan trắc mực nước lũ trong vòng 40 năm trở lại đây cho thấy trên lưu vực các trận lũ lớn xảy ra ở dòng chính sông Lam là trận lũ 1954, 1973, 1978, 1988 trung bình cứ $9 \div 10$ năm lại xuất hiện những trận lũ lớn.

Thượng nguồn sông Lam tại Cửa Rào lưu lượng, mực nước lũ lớn nhất vào năm 1973 với $H_{\max} = 57,3\text{m}$; $Q_{\max} = 5.690\text{m}^3/\text{s}$, $M_{\max} = 0,44 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$. Từ Dừa trở về hạ du mực nước lũ lớn nhất xuất hiện trận lũ tháng IX/1978 với $H_{\max} = 22,42\text{m}$ tại Đô Lương lớn hơn lũ năm 1954 là $0,14\text{m}$. Tại Nam Đàn mực nước lũ thực đo là $9,76\text{m}$, Chợ Trảng là $7,35\text{m}$, Bến Thủy $5,68\text{m}$ vào ngày 29/XI, ngày 28/XI năm 1978. Mực nước lũ hoàn nguyên lũ tháng IX/1978 cao nhất tại Nam Đàn là $10,43\text{m}$ (29/IX/1978), $7,6\text{m}$ (29/IX/1978) tại Chợ Trảng, Bến Thủy là $6,16\text{m}$ (28/IX/1978), Linh Cảm là $8,05\text{m}$ (29/IX/1978).

Các sông nhánh lớn của sông Lam mực nước lũ lớn nhất không xuất hiện đồng bộ với mực nước lũ ở dòng chính: sông Hiếu tại Quỳnh Châu mực nước lũ lớn nhất xuất hiện là $80,54$ (hay $88,54\text{m}$) (tháng IX/1954), tại Nghĩa Đàn là $50,74\text{m}$ ngày 30/IX/1962).

Trên sông Giăng mực nước lũ cao nhất vào tháng IX/1978 với $Q_{\max} = 5.150\text{m}^3/\text{s}$. Trên sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu mực nước lũ cao nhất xảy ra vào năm 1960, 1978, 1988, 1989, H_{\max} tại Hoà Duyệt đạt $12,98\text{m}$ cao hơn H_{\max} tháng IX/1978 là $1,34\text{m}$.

Trên sông Ngàn Phố tại Sơn Diêm mực nước lũ cao nhất đạt $15,82\text{m}$ ngày 20/IX/2002 cao hơn mực nước lũ lịch sử năm 1989 là $0,47\text{m}$ (H_{1989} là $15,35$ ngày 26/1989 sau đó là các trận lũ tháng X/1988, $H_{\max} = 15,05\text{m}$ (17/X/1978), $14,54\text{m}$ (X/1978).

Nước lũ sông La tại Linh Cảm phụ thuộc vào lũ của sông Lam khi lũ sông Lam và sông La xảy ra đồng thời và lớn mặc dù lũ sông La ở thượng nguồn chưa đạt cực đại song mực nước lũ ở sông La tại Linh Cảm cũng rất cao đạt tới 7,95m trong trận lũ tháng IX/1978. Trong khi đó lũ tháng X/1960 ở sông Ngàn Sâu rất lớn, sông Ngàn Phố thuộc loại lớn nhưng bên sông Lam tại Nam Đàn chưa phải là lớn, mực nước lũ tại Linh Cảm chỉ ở mức 7,82m, lũ tháng IX/2002 cả hai sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu đều lớn $H_{\max} = 7,71\text{m}$ (21/IX/2002) tại Linh Cảm.

Đặc biệt là trường hợp lũ lớn năm 1983 trên sông Ngàn Phố, Ngàn Sâu khá lớn song lũ sông Lam tại Nam Đàn nhỏ, mực nước lũ ở Linh Cảm chỉ đạt 6,6m cao hơn mực nước lũ trung bình là 1,5m.

Tại Cửa Hội mực nước lũ còn phụ thuộc vào thủy triều, nước dâng do bão. Những trận lũ lớn ở thượng nguồn đổ về gặp triều cường gây mực nước lớn ở Cửa Hội đạt 2,14m (28/IX/1978), 2,12m (16/X/1988) và 2,7m (IX/1954). Đặc biệt trường hợp nước dâng do bão năm 1989 đã làm cho mực nước tại Cửa Hội đạt 4,86m (IX/1989).

Bảng 1 - 3: Tần suất mực nước lũ lớn nhất hạ du sông Lam

Trạm	Sông	H_{\max}	C_v	C_s	$H_{\max} P$				H_{\max} (m)	Th,ng n,m
Đô Lương	Lam	15.55	0.36	0.72	21.75	19.45	18.45	17.26	20.14	10/1988
Nam Đàn	Lam	6.79	0.19	0.76	10.44	9.19	8.58	7.92	10.43	9/1978
Chợ Tràng	Lam	3.91	0.25	1.1	7.74	6.25	5.56	4.82	7.6	9/1978
Bến Thủy	Lam	2.92	0.24	1.39	6.58	5.08	4.4	3.71	6.16	9/1978
Cửa Hội	Lam	1.86	2.0	0.2	4.43	3.27	2.77	2.29	4.86	1989
Linh Cảm	La	5.1	0.20	0.93	8.49	7.21	6.62	5.96	8.05	9/1978

Bắt đầu vào tháng IX, X khi mà các hình thế thời tiết gây mưa hoạt động mạnh nhất là có nhiều trận bão đổ bộ trực tiếp vào miền Trung hoặc bão tan thành áp thấp di chuyển lên phía Bắc gặp không khí lạnh tăng cường đã gây ra những đợt mưa lớn như đợt mưa lũ tháng IX/1978 hoặc những đợt mưa dài ngày liên tục như đợt mưa tháng X/1988 đã làm cho mực nước lũ ở các sông suối lên nhanh, cường suất nước lũ đạt 1m/1giờ ở các sông suối nhỏ và đạt 7 - 8 m/ngày ở các sông lớn. Tốc độ nước lũ ở dòng chính đạt từ 3 - 4 m/s. Do bão đổ bộ vào vùng ven biển và di chuyển từ hạ du lên thượng nguồn cho nên nước lũ ở hạ du một phần do thượng nguồn đổ về, phần do nước lũ ở các sông tại đó dồn lại, mực nước ở hạ du sông Lam lên rất nhanh thời gian truyền lũ thường rút ngắn lại như trong trận lũ tháng IX/1978, thời gian truyền lũ từ Dừa tới Đô Lương chỉ còn 2 giờ so với thời gian truyền lũ trung bình từ 4 ÷ 8 giờ.

Thời gian truyền lũ từ Đô Lương tới Yên Thượng rút ngắn chỉ còn 7 giờ so với mức trung bình từ 12 ÷ 18 giờ.

Thời gian lũ lên rất nhanh có thể kéo dài từ 3 ÷ 5 ngày ở lưu vực lớn, một vài giờ ở lưu vực nhỏ. Thời gian lũ xuống gấp 1 tới 5 lần thời gian lũ lên. Đường quá trình lũ thường dạng lũ kép ở các vị trí thượng nguồn sông Lam, sông Hiếu, sông Ngàn Sâu, Ngàn Phố. Càng về hạ du do bị điều tiết, do bị vỡ đê đường quá trình lũ càng bị bẹt ra. Thời gian duy trì đỉnh lũ kéo dài từ 3 ÷ 5 giờ, thời gian lũ xuống kéo dài từ 15 ÷ 20 ngày ở các trận lũ lớn (đường quá trình lũ 1973, 1978, 1988).

Số liệu mực nước lũ trên lưu vực chỉ có khoảng 30 năm lại đây. Trên lưu vực lũ lớn xảy ra vào các năm 1954, 1973, 1978, 1988 trung bình cứ 9 -10 năm lại xuất hiện một trận lũ lớn.

Ở thượng nguồn sông Lam mực nước lũ cao nhất xuất hiện vào năm 1973 với $H_{\max} = 57,43\text{m}$ và $Q_{\max} = 5.690 \text{ m}^3/\text{s}$, mô số lưu lượng lớn là $0,44\text{m}^3/\text{s.km}^2$ tại Cửa Rào. Từ Đền trở về mực nước lũ lớn nhất xuất hiện tháng IX/1978 với $H_{\max} = 22,42\text{m}$ tại Đền cao hơn mực nước lũ tháng IX/1954 là $0,14\text{m}$. Từ hạ lưu đập Đê Lương trở xuống mực nước lũ thực đo của năm 1978 cao hơn mực nước lũ thực đo năm 1954 tại Yên Thượng là $0,14\text{m}$, Nam Đàn là $0,82\text{m}$, Chợ Trảng là $1,05\text{m}$; Bến Thủy là $1,47\text{m}$. Trận lũ tháng X/1988 cũng xảy ra rất lớn. Mực nước lũ tại Đền đạt $22,5\text{m}$ cao hơn mực nước lũ tháng IX/1978 là $0,08\text{m}$. Từ hạ lưu đập Đê Lương mực nước lũ thực đo tháng 10/1988 thấp hơn mực nước lũ thực đo tháng 9/1978. Tại Nam Đàn mực nước lũ đạt $9,53\text{m}$ ngày 19/X/1988 thấp hơn mực nước thực đo tháng IX/1978 là $0,23\text{m}$, tại Bến Thủy $H_{\max} = 5,32\text{m}$ thấp hơn mực nước lũ tháng IX/1978 là $0,36\text{m}$.

Lưu lượng và tổng lượng lũ

Trên dòng chính sông Lam lưu lượng trung bình nhiều năm tại Cửa Rào là $2.360 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số trung bình là $0,184 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$, tại Đền là $3.770 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số lưu lượng lũ trung bình là $0,181 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$, tại Yên Thượng là $3.900 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số trung bình là $0,170 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$.

Các sông nhánh lớn của sông Lam, lưu lượng lũ trung bình đạt $2.460 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số lũ trung bình là $0,6 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Nghĩa Đàn trên sông Hiếu và đạt $1.190 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số lũ trung bình là $1,52 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Thác Chuối. Trên sông Ngàn Phố tại Sơn Diệm mô số đỉnh lũ trung bình đạt $1,96 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ và trên sông Ngàn Sâu đạt $1,01 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$. ở các sông suối nhỏ mô số lũ trung bình đạt tới $3,35 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Khe Lá sông Thiêm và đạt $5,19 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Trại Trụ trên sông Thiêm.

Lưu lượng lũ lớn nhất đo được tại Cửa Rào là $5.690 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số đỉnh lũ là $0,445 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$, trong trận lũ 27/8/1973, tại Yên Thượng là $9.000 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số là $0,391 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ trong trận lũ 28/9/1978. Trên sông Giăng ở Thác Chuối lưu lượng lớn nhất tháng 9/1978 đo được là $5.150 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số là $6,56 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ hoặc trên sông Ngàn Trươi tại Hướng Đại lưu lượng lũ đạt tới $2.040 \text{ m}^3/\text{s}$ tương ứng với mô số là $5,0 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$. Ở các sông suối nhỏ mô số đỉnh lũ lớn nhất có thể đạt tới $11,6 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Trại Trụ trong trận lũ 24/10/1971 hoặc đạt $9,2 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ tại Khe Lá trên sông Thiêm trong trận lũ tháng 9/1978.

Khi xem xét về thành phần lượng lũ và khả năng xuất hiện lũ ở các sông nhánh và dòng chính sông Lam cho thấy như sau:

- Tại Cửa Rào diện tích lưu vực chiếm 55,6% diện tích lưu vực tính tới Yên Thượng, 61,5% diện tích lưu vực tính tới Đền nhưng lũ lớn nhất trong năm tại Cửa Rào xuất hiện cùng thời gian với lũ lớn nhất trong năm tại Đền chiếm tỷ lệ 43,3%. Tại Cửa Rào, trung bình thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với lượng lũ 7 ngày max ở Yên Thượng chiếm tỉ lệ là 10% thành phần lượng lũ này thay đổi như sau:

+ Năm 1973 là năm xảy ra lũ lớn nhất ở thượng nguồn sông Lam, mực nước lớn nhất đạt tới $57,34\text{m}$ tương ứng với lưu lượng là $5.690 \text{ m}^3/\text{s}$ ngày 27/8/1973 và tổng lượng lũ 7 ngày max $1.590.106\text{m}^3$ chiếm tổng lượng lũ 7 ngày tại Đền và 62,5% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh, trận lũ tương ứng chỉ chiếm 27,2% lượng lũ 7 ngày tại Đền và 24,7% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Đền chiếm tỷ lệ 10,9% lượng lũ 7 ngày tại Đền 9,5% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Tháng 9/1978 lũ lớn nhất trong năm tại Cửa Rào chỉ ở mức trung bình. Mực nước lũ của năm này còn thua mực nước lũ của các năm 1962, 1963, 1971, 1972, 1980, 1988. Lưu lượng lớn nhất tại Cửa Rào là 2.560 m³/s tương ứng với mực nước 51,09m ngày 28/IX/1978. Tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là 734.106m³ chiếm 24% tổng lượng lũ 7 ngày tương ứng tại Dừa và 14,6% tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ này có tổng lượng lũ 7 ngày khá lớn đạt 800.106m³ chiếm 26,1% tổng lượng lũ tại Dừa 15,9% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ ở khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa chiếm tỷ lệ 49,9% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 30,5% lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng. Tháng 10/1988 trên sông Lam lại xuất hiện trận lũ lớn chỉ thấp thua lũ 1978.

+ Tại Cửa Rào mực nước lũ cao nhất năm 1988 đạt 53,81m tương ứng với lưu lượng lũ lớn nhất là 3.890m³/s và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất đạt tới 1.403.106m³. Trận lũ này tại Cửa Rào thuộc loại lớn nhưng còn thấp thua mực nước lũ tháng 7/1963; tháng 8/1973; tháng 9/1980.

+ Thành phần lượng lũ 7 ngày này tại Cửa Rào chiếm 37,7% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và chiếm 28,6% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trong khi đó bên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ tháng 10/1988 có tổng lượng lũ 7 ngày là 1.527.106m³ chiếm 41,1 % tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa và chiếm 31,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Tổng lượng lũ 7 ngày khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa tháng 9/1978 đạt 1.526.106m³ chiếm 50% tổng lượng lũ 7 ngày tương ứng tại Dừa và 30,5% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Trận lũ tháng 10/1988 tại Cửa Rào, trận lũ này có lưu lượng, mực nước, tổng lượng lũ còn thấp hơn các trận lũ tháng 7/1963, tháng 8/1973 nhưng lớn hơn trận lũ tháng 9/1978. Trận lũ này thuộc loại lũ lớn trên sông Lam tại Cửa Rào có lưu lượng là 3890m³/s và mực nước lũ là 53,91m ngày 18/10/1988. Tổng lượng lũ 7 ngày là 1403.106m³ chiếm 37,7% tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa, 28,6% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Trên sông Hiếu tại Nghĩa Khánh trận lũ tương ứng có tổng lượng lũ 7 ngày 1.527.106m³ chiếm 41,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Dừa, 31,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng. Thành phần lượng lũ 7 ngày ở phần diện tích khu giữa từ Cửa Rào, Nghĩa Khánh tới Dừa chiếm 21,1% lượng lũ 7 ngày tại Dừa và 16% lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Trên lưu vực sông Hiếu, theo số liệu thống kê từ năm 1959 - 2002 cho thấy lũ lớn nhất trong năm tại Nghĩa Đàn trường hợp với lũ lớn nhất trong năm tại Dừa là 20 trận lũ chiếm tỷ lệ đồng bộ là 66,7%. Thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất của Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 23,7% tổng lượng 7 ngày tại Dừa, 18,2% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Tháng 9/1962 trên sông Hiếu tại Nghĩa Đàn xảy ra trận lũ lớn nhất trong thời kỳ từ 1959 - 1988. Lưu lượng lớn nhất tại Nghĩa Đàn là 5.750 m³/s, mực nước lũ cao nhất là 50,74m ngày 30/9/1962 và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là 28/9 ÷ 4/10/1962 là 1.390.106m³. Nhưng bên sông Lam tại Cửa Rào xuất hiện trận lũ không lớn lắm nên lưu lượng ở Yên Thượng chỉ đạt 5.880m³/s và mực nước lũ ở Nam Đàn đạt tới 8,21m ngày 3/10/1962.

+ Về lưu lượng lũ lớn nhất tại Nghĩa Đàn trên sông Hiếu được xếp theo thứ tự như sau: lớn nhất là lũ 1962, rồi đến lũ tháng 9/1978, tháng 10/1988. Về tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất là trận lũ tháng 10/1988 sau đó là trận lũ tháng 9/1962; tháng 9/1978.

+ Từ Dừa tới Yên Thượng sông Lam chảy qua Vinh có lượng mưa lớn, dòng chảy được tăng lên do sự nhập lưu của các sông suối nhất là sông Giăng. Diện tích khu giữa từ

Dừa tới Yên Thượng là 2.200 km² chỉ chiếm 9,56% diện tích lưu vực sông Lam tính tới Yên Thượng.

+ Thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 23,4% lượng lũ 7 ngày lớn nhất ở Yên Thượng. Tỷ lệ tham gia về lượng lũ này xấp xỉ tỷ lệ lượng lũ 7 ngày của sông Hiếu tại Nghĩa Đàn mặc dù diện tích của nó nhỏ hơn nhiều. Khu vực này nằm trong vùng mưa lớn và chịu ảnh hưởng mạnh của bão, lượng mưa một ngày có cường độ rất lớn đạt tới 782 mm tại Đô Lương, 684 mm tại Dừa, 547mm tại Hoà Quân trong trận mưa bão tháng 9/1978.

+ Lượng mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn xảy ra trên diện rộng đã tạo nên những con lũ lớn ở khu giữa tập trung rất nhanh về dòng chính đã làm cho mực nước lũ lên rất nhanh. Thời gian truyền lũ từ Dừa tới Đô Lương, từ Đô Lương tới Yên Thượng rút ngắn lại so với thời gian truyền lũ trung bình gây khó khăn cho việc chống lũ.

+ Tại Thác Muối trên sông Giăng có diện tích lưu vực là 785 km², lưu lượng lớn nhất thực đo trong trận lũ tháng 9/1978 là 5.150 m³/s tương ứng với mô số đỉnh lũ là 6,5 m³/s.km² và tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất trong trận lũ tháng 9/1978 lên tới 802.106m³ chiếm tới 20% tổng lượng lũ 7 ngày lớn nhất tại Yên Thượng trong trận lũ này. Tại Thác Chuối thành phần lượng lũ 7 ngày tương ứng với 7 ngày lớn nhất của Yên Thượng chiếm tỷ lệ trung bình là 9,1% tổng lượng lũ 7 ngày tại Yên Thượng.

+ Qua Yên Thượng nước lũ chảy về vùng đồng bằng hạ du sông Lam. Những năm lũ lớn như trận lũ tháng 9/1978; tháng 10/1988 đã gây ra tình trạng ngập úng lớn, do khả năng thoát lũ lòng sông có hạn, do sự gặp gỡ lũ lớn bên sông La, do ảnh hưởng của triều cường.

Đặc tính chung nước lũ vùng hạ du là lũ lớn nhất trong năm xuất hiện chậm hơn so với lũ ở thượng nguồn một tháng. Càng về hạ du lòng sông được mở rộng, nước lũ bị điều tiết mạnh, do ảnh hưởng của thủy triều thời gian duy trì đỉnh lũ kéo dài từ 4 -5 giờ, thời gian nước rút kéo dài, đường quá trình lũ bị bẹt ra, thời gian duy trì mực nước lũ ở mực nước cao lâu hơn ảnh hưởng tới việc bảo vệ đê và sản xuất nông nghiệp.

PHẦN 2. LỰA CHỌN MÔ HÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC

2.1 Lựa chọn mô hình tính

2.1.1 Giới thiệu các mô hình tiêu biểu

Hiện nay có rất nhiều mô hình thủy lực đang được ứng dụng để tính toán, phân tích dòng chảy trên sông và trên kênh hở. Dưới đây là khái quát một số mô hình tiêu biểu đang được sử dụng rộng rãi ở nước ta:

1) Mô hình KOD: Mô hình do GS.TSKH.Nguyễn Ân Niên thiết lập năm 1974 để giải bài toán phân lũ sông Đáy, sau đó phối hợp với Cục dự báo Khí tượng thủy văn để tính toán lũ và tiêu úng cho toàn mạng sông Hồng và sông Thái Bình. Mô hình cũng có thể dùng để xem xét đánh giá nguồn nước, đánh giá khả năng vận hành các hệ thống thủy lợi, giải quyết các bài toán quy hoạch thủy lợi...

Mô hình dùng phương pháp giải theo sơ đồ hiện, về mặt cấu trúc có thể xem đó là sơ đồ sai phân hỗn hợp: Phương trình liên tục sai phân theo tam giác thuận (Lax) phương trình chuyển động sai phân theo sơ đồ tam giác ngược không cân. Theo cách tính của mô hình thì sông được chia thành các ô chứa bởi các mặt cắt, lưu lượng được tính tại các mặt cắt này còn mực nước được tính ở tâm ô chứa.

Ưu điểm chính của mô hình KOD là có thể tính cho mọi lưới sông ô chứa phức tạp nhất, độ chính xác cao, tính toán đơn giản, gọn nhẹ, kết quả đáp ứng tốt các bài toán thực tế đặt ra. Nhược điểm chính của mô hình là bước thời gian Δt bị hạn chế bởi điều kiện Courant - Lewy, nhưng mô hình không phải tính lặp các hệ số nên tốc độ tính toán vẫn nhanh, không mất thời gian thành lập và giải hệ đại số tuyến tính, tổng thời gian mỗi lớp tính cũng nhỏ. Một nhược điểm nữa của mô hình là việc mô phỏng hệ thống tiêu chưa thật đầy đủ ví dụ như quá trình trao đổi nước trên khu vực tiêu. Các công trình trao đổi nước cũng như phương thức điều khiển chưa được xem xét đầy đủ nhất là các thực trạng tiêu úng trong những điều kiện tác động của con người trong quá trình điều khiển hệ thống.

2) Mô hình VRSAP (*Vietnam river system and plains*;) Mô hình do cố GS.TS.Nguyễn Như Khuê thiết lập. VRSAP là phiên bản cải tiến cuối cùng của mô hình gốc KRSAL. KRSAL là mô hình toán dòng chảy lũ và thủy triều trên hệ thống sông ngòi, hồ chứa và đồng ruộng, được xây dựng từ năm 1978 phát triển trên sơ đồ sai phân ẩn của Dronker - Hà Lan. Mô hình VRSAP mô tả chuyển động sông thiên nhiên phức tạp như hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình khá tốt, được ứng dụng rộng rãi, giải quyết được nhiều bài toán thông thường và một số bài toán lớn mang đặc thù riêng của đồng bằng sông Hồng cũng như đồng bằng sông Cửu Long (có bổ sung thêm phần xâm nhập mặn). Tuy nhiên mô hình này còn có một số nhược điểm chính sau:

- Giao diện đơn giản, khai thác kết quả mất rất nhiều công và yếu về đồ họa.
- Các thửa ruộng hai bên đều được coi là đổ trực tiếp vào kênh, chia thành nhiều cấp cao độ. Trong nội bộ ô ruộng kín không cho phép chảy tràn từ cao xuống thấp. Điều này chỉ đúng trong điều kiện hệ thống thủy lợi được hoàn chỉnh từ đầu mối đến mặt ruộng, có bờ vùng, bờ kênh đến từng khoảnh, bờ ruộng canh tác có chiều cao đủ sức chống tràn.
- Xét đến hoạt động của các trạm bơm tiêu vào hệ thống một cách đơn giản thông qua hệ số tiêu và diện tích vùng bơm, mà hệ số tiêu thì không thể hiện được quá trình bơm một

cách thực tiễn và phù hợp với thực tiễn vận hành các trạm bơm tiêu để đảm bảo yêu cầu tiêu nước.

Chương trình gốc được viết bằng ngôn ngữ FORTRAN. Qua quá trình áp dụng tính toán quy hoạch vùng đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửu Long mô hình đã được cải tiến nâng cấp dần. Hiện nay mô hình được viết lại bằng VisualBasic trong môi trường Windows, có giao diện thuận tiện hơn. Tuy nhiên giao diện chưa trực quan và chưa có kết nối GIS. Việc áp dụng mô hình tương đối phức tạp, cần nhiều kinh nghiệm xử lý cụ thể. Mô hình dựa trên bài toán một chiều nên việc ứng dụng cũng có những hạn chế nhất định.

3) Mô hình SOBEK: mô hình do Delft Hydraulics - Hà Lan xây dựng, sử dụng sơ đồ sai phân ẩn, cho phép tính toán thủy lực dòng hở, xói lan truyền, phù sa lơ lửng và xâm nhập mặn và các đặc trưng thủy lực lòng dẫn hở như lưu lượng, mực nước, độ sâu dòng chảy, vận tốc trung bình mặt cắt, hệ số chezy... Ngoài ra, mô hình cũng cho phép tính toán xói mòn do mất cân bằng phù sa trong lòng dẫn như ảnh hưởng của đập. Tính lượng phù sa tưới cho đồng ruộng, tính nồng độ muối tại các vị trí khác nhau trên mạng sông. Ưu điểm của mô hình là sử dụng thuận tiện, truy nhập số liệu dễ dàng, cho phép thay đổi mạng sông, các công trình thủy lực trên mạng. Tuy nhiên mô hình chỉ quản lý mạng sông nhỏ hơn 400 mặt cắt, chưa xét đến sự điều tiết của các ô đồng ruộng như mô hình VRSAP, SOGREAH. Mô hình WENDY mang tính chất quản lý lưu vực, khi sử dụng có thể đưa thêm sơ đồ hình thái kênh mương, cầu cống, công trình thủy lợi, giả định các tình huống về nguồn nước và khai thác nguồn nước. Tuy nhiên mô hình không mô phỏng dòng bổ sung ngang từ mưa trên lưu vực như mô hình SSARR, lượng mưa gia nhập khu giữa chỉ có thể được tính trực tiếp từ dòng chảy trên các sông con, không mô tả khối lượng mưa rơi trực tiếp trên các ô ruộng, không có hệ thống liên kết các ô ruộng như trong các mô hình SOGREAH, VRSAP. Dùng mô hình WENDY bắt buộc phải có PLUG (một bộ phận khoá cứng do Delft Hydraulics độc quyền chế tạo).

Trong dự án quy hoạch tổng thể đồng bằng sông Hồng (VIE 89/034) Công ty tư vấn SMEC (Úc) phối hợp với Delft Hydraulics (Hà Lan) cùng các chuyên gia của Việt Nam đã đưa mô hình WENDY vào ứng dụng cho toàn mạng Sông Hồng - Thái Bình. Do bộ nhớ của mô hình có hạn, chỉ đưa được tối đa 400 mặt cắt nên cấu trúc mạng sông của đồng bằng sông Hồng có bị giảm bớt đi.

4) Mô hình thủy lực một chiều MIKE 11: Là mô hình thủy lực một chiều MIKE 11 của Viện thủy lực Đan Mạch DHI phát triển, là phần mềm dùng để mô phỏng dòng chảy, lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở các cửa sông, sông, kênh tưới và các vật thể nước khác. MIKE 11 là một mô hình mạnh và có nhiều điểm thuận lợi trong quá trình tính toán thủy lực, áp dụng với chế độ sóng động lực hoàn toàn ở cấp độ cao, có khả năng tính toán với dòng chảy biến đổi nhanh, lưu lượng thủy triều, hiệu quả nước đọng thay đổi nhanh, sóng lũ và lòng dẫn có độ dốc lớn.

2.1.2 Lựa chọn mô hình tính toán

Tất cả các mô hình giới thiệu ở trên đều được xây dựng trên cơ sở phương trình liên tục và quy luật bảo toàn động lượng. Mỗi mô hình có một cách tiếp cận và đều cho phép tính toán chế độ thủy lực trong kênh dẫn hở để tìm ra những thông số cần thiết phục vụ việc thiết kế, quản lý các hệ thống thủy lợi. Trong tất cả các chương trình tính toán trên, họ chương trình MIKE đã được cải tiến nhiều lần cho phù hợp với điều kiện về tài liệu cũng như khai thác kết quả tính toán. Đây là họ chương trình tiên tiến, đã được nhiều cơ quan đầu ngành trong lĩnh vực tài nguyên nước kiểm nghiệm. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng mô hình

MIKE 11 để xác định chế độ thủy lực lưu vực sông Lam. Mục tiêu của mạng thủy lực 1D này là kết nối với miền tính toán 2D nhằm mô phỏng bức tranh ngập lũ trên các khu vực chịu ảnh hưởng của lũ lụt.

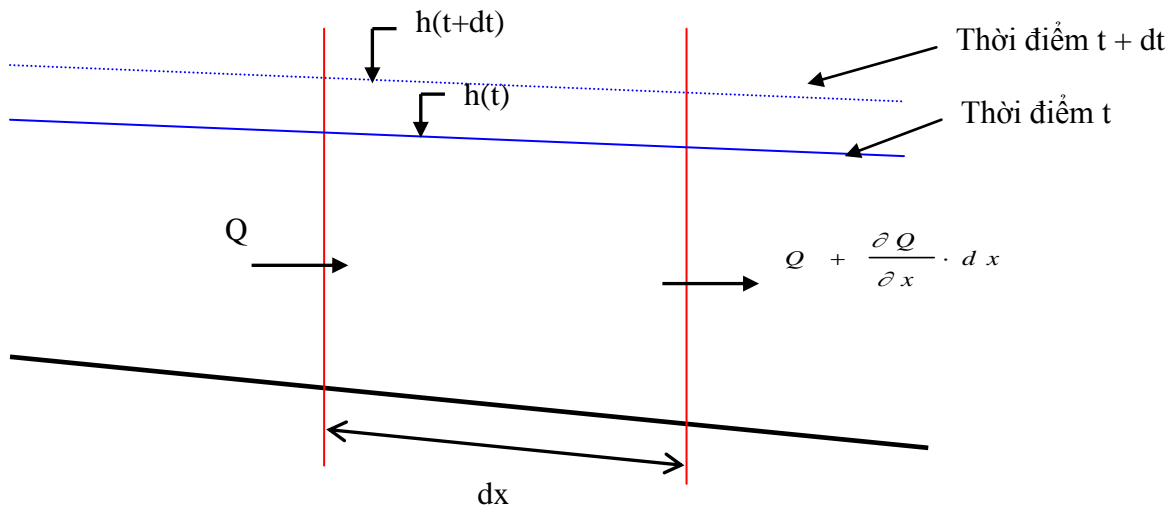
2.2 Cấu trúc mô hình MIKE 11

Đặc trưng cơ bản của mô hình MIKE 11 là cấu trúc tổng hợp với nhiều loại môđun được thêm vào mỗi mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ thống sông. Các modun trong bộ MIKE 11 bao gồm:

- Module HD Thủy động lực học là phân cốt lõi của MIKE 11, có khả năng giải bài toán thủy động lực học St. Venant cho kênh hở; giải bài toán sóng khuyếch tán, sóng động học cho một số nhánh định trước; giải bài toán Muskingum cho một số nhánh định trước; tự động hiệu chỉnh cho điều kiện dòng chảy êm, dòng chảy xiết; mô phỏng hầu hết các loại công trình trên sông như cầu, cống, trạm bơm, đập...

- Các ứng dụng liên quan đến mô đun MIKE 11 AD bao gồm: nghiên cứu truyền tải vật chất một chiều như quá trình xâm nhập mặn, chất lượng nước, hiện tượng phi dưỡng trong sông...

Ngoài môđun HD và AD đã mô tả ở trên, MIKE11 bao gồm các mô đun bổ sung về Thủy văn (Mike - NAM); chất lượng nước (Mike WQ); vận chuyển bùn cát có tính dính (Mike -ST); vận chuyển bùn cát không có tính dính (Mike -ST)



Hình 2.1: Chế độ dòng chảy của đoạn sông đơn được mô tả bằng hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint – Vernant

Hệ phương trình cơ bản mô tả chế độ thủy lực như sau:

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (2.1)$$

- Phương trình động lượng:

$$\alpha \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{W} \right) + g_w \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 RW} = 0 \quad (2.2)$$

Trong đó: Z là cao trình mực nước ở thời đoạn tính toán (m); t là thời gian tính toán (giây); Q là lưu lượng dòng chảy qua mặt cắt (m³/s); X là tọa độ không gian (dọc theo dòng chảy, đơn vị là m); b là hệ số phân bố lưu tốc không đều trên mặt cắt; W là diện tích mặt cắt ướt (m²); q là lưu lượng ra nhập dọc theo đơn vị chiều dài (m²/s); C là hệ số Chezy, được tính theo công thức: $C = R^y/n$; n là hệ số nhám.; R là bán kính thủy lực (m); y là hệ số thủy lực, theo Manning $y=1/6$; g là gia tốc trọng trường: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; μ là hệ số động lượng; b là hệ số động năng.

Sử dụng phương pháp số gần đúng sai phân để giải hệ phương trình Saint - Venant. Đầu vào là số liệu về đặc tính hệ thống cùng số liệu của nguồn nước vào ra trên toàn hệ thống. Hệ phương trình 2.1 và 2.2 là hệ phương trình vi phân phi tuyến, có hệ số biến đổi. Các nghiệm cần tìm là Q và Z là hàm số của các biến độc lập x, t, không giải được bằng phương pháp giải tích mà giải gần đúng theo phương pháp sai phân. Từ hệ phương trình Saint Venant, có hai phương trình viết theo Q và h:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + b_s \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (2.3)$$

$$\alpha \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial}{\partial x} \left(\beta \frac{Q^2}{h} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 RA} = 0 \quad (2.4)$$

Giải hệ phương trình vi phân trên theo phương pháp sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn sẽ xác định được giá trị lưu lượng, mực nước tại mọi mặt cắt ngang trong mạng sông ở mọi thời điểm trong khoảng thời gian nghiên cứu. Mạng sông nghiên cứu được chia thành các đoạn sông đơn bằng các mặt cắt ngang, các đoạn sông được nối tiếp với nhau theo đúng trạng thái tự nhiên. Giải hệ phương trình sai phân sẽ tìm được cao trình mực nước tại các vị trí có mặt cắt và vị trí cách mặt cắt $2\Delta x$. Lưu lượng tại các vị trí cách mặt cắt Δx và các vị trí công trình như cống, đập v.v.. trên toàn mạng sông sau mỗi bước thời gian tính toán. Sau mỗi bước tính toán sẽ thu được giá trị lưu lượng Q(m³/s) và cao trình mực nước Z(m) tại các vị trí đã nêu trên.

a) Cách giải phương trình theo phương pháp sai phân 6 điểm

Xét một đoạn sông dài $2\Delta x$ trong thời gian Δt :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{\frac{(Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n)}{2} - \frac{(Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n)}{2}}{2 * \Delta x} \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} \quad (2.6)$$

$$b_s = \frac{A_{o,j} + A_{o,j+1}}{2 \Delta x} \quad (2.7)$$

Trong đó:

Chỉ số bên dưới trong phương trình biểu thị vị trí dọc theo nhánh, và chỉ số bên trên chỉ khoảng thời gian.

$A_{o,j}$: Diện tích không chế bởi hai điểm lưới $j-1$ và j

$A_{o,j+1}$: Diện tích không chế bởi hai điểm lưới j và $j+1$

$2\Delta x$: Khoảng cách giữa hai điểm $j-1$ và $j+1$

Thế vào phương trình (4.3) được phương trình:

$$\frac{(\mathcal{Q}_{j+1}^{n+1} + \mathcal{Q}_{j+1}^n) - (\mathcal{Q}_{j-1}^{n+1} + \mathcal{Q}_{j-1}^n)}{2 * \Delta x} + \frac{A_{o,j} + A_{o,j+1}}{2\Delta x} \cdot \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} = q_j$$

Hay:

$$\alpha_j \mathcal{Q}_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j \mathcal{Q}_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (2.8)$$

Trong đó: $\alpha, \beta, \gamma = f(b_s, \delta) = f(Q^n, h^n, Q^{n+1/2})$

$$\frac{\partial \mathcal{Q}}{\partial t} = \frac{\mathcal{Q}_j^{n+1} - \mathcal{Q}_j^n}{\Delta t} \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{(\frac{h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n}{2}) - (\frac{h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n}{2})}{2 * \Delta x} \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{\mathcal{Q}^2}{A} \right) = \frac{\left[\alpha \frac{\mathcal{Q}^2}{A} \right]_{j+1}^{n+1/2} - \left[\alpha \frac{\mathcal{Q}^2}{A} \right]_{j-1}^{n+1/2}}{2 \Delta x} \quad (2.11)$$

Trong đó tính gần đúng với:

$$\mathcal{Q}^2 \approx \theta \mathcal{Q}_j^{n+1} \mathcal{Q}_j^n - (\theta - 1) \mathcal{Q}_j^n \mathcal{Q}_j^n$$

Thay vào phương trình (4.4) ta được một phương trình có dạng:

$$\alpha_j h_{j-1}^{n+1} + \beta_j \mathcal{Q}_j^{n+1} + \gamma_j h_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (2.12)$$

Trong đó:

$$\alpha_j = f(A)$$

$$\beta_j = f(Q_j^n, \Delta t, \Delta x, C, A, R)$$

$$\gamma_j = f(A)$$

$$\delta_j = f(A, \theta, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v, \mathcal{Q}_{j-1}^{n+1/2}, h_{j-1}^n \cdot \mathcal{Q}_j^n, h_{j+1}^n \cdot \mathcal{Q}_{j+1}^{n+1/2})$$

Như vậy, nhờ phương pháp sai phân và tuyến tính hoá, biến đổi hai phương trình Saint-Venant (2.3) và (2.4) thành hai phương trình đại số bậc nhất (2.8) và (2.12). Các hệ số của hệ phương trình này đều có quan hệ với các ẩn số Q, h .

b) Thuật toán cho công trình

Các dạng công trình được mô phỏng tính toán trong MIKE11 gồm: đập tràn đỉnh rộng ; cống (cống hình chữ nhật, hình tròn...); trạm bơm ; hồ chứa ; công trình điều tiết ; cầu giao thông v.v.... Các công trình đều có điều kiện chung bên trong là:

$$Q = f(\text{mức nước thượng lưu và hạ lưu của công trình}).$$

Thay phương trình mô men bằng cân bằng năng lượng cục bộ:

$$H_{TL} - H_{HL} = H_{\text{tổn thất}}$$

Trong đó:

H_{TL} : Mức nước thượng lưu công trình.

H_{HL} : Mức nước hạ lưu công trình.

$H_{\text{tổn thất}}$: Mức nước tổn thất do sự thu hẹp hay mở rộng dòng chảy.

PHẦN 3. THU THẬP SỐ LIỆU (TÀI LIỆU SỬ DỤNG TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC)

3.1 Địa hình lòng dẫn sông:

Toàn bộ địa hình lòng dẫn sông sử dụng trong tính toán thủy lực đều theo hệ cao độ Quốc gia, được Trung tâm công nghệ tài nguyên - môi trường nước thực hiện tháng 10-11/2001. Đã được đo đạc cập nhật, bổ sung bởi Liên đoàn khảo sát khí tượng thủy văn năm 2008. Mạng lưới tính gồm 8 sông chính trên lưu vực với tổng chiều dài 461km, bao gồm 292 mặt cắt được thể hiện trong bảng 3.1.

Bảng 3 - 1: Thông tin đặc trưng mạng thủy lực 1D

TT	Tên sông	Chiều dài (km)	Số mặt cắt	Điểm đầu	Điểm cuối
1	Sông Lam	225	164	Cửa Rào	Nhập lưu vào sông Lam
2	Sông Giảng	22	11	Thác Muối	Nhập lưu vào sông Lam
3	Sông Hiếu	105	48	Tân Kỳ	Nhập lưu vào sông Lam(Ngã ba Cây Chanh)
5	Sông Lam	35	23	Ngã ba Chợ Trảng	Cửa Hội
8	Sông Hào	6.25	4	Sông La	Sông Lam

Tuy nhiên do nguồn kinh phí có hạn nên phải sử dụng một phần địa hình cũ đã có trước đây

- Địa hình dòng chính sông Lam đoạn từ Cửa Rào đến Trạm thủy văn Dừa dài 205,87 km có 81 mặt cắt do Viện Quy hoạch Thủy lợi tiến hành đo đạc năm 1986.

- Địa hình sông Gang từ Cầu Om đến cửa sông dài 36,95 km theo tài liệu do Sở Thủy lợi Nghệ Tĩnh cấp năm 1993.

Đoạn sông Lam đoạn từ Cửa Rào đến Dừa thuộc vùng trung du lòng dẫn dốc đi trong vùng núi, đồi địa chất khá tốt nên lòng dẫn khá ổn định, mặt khác chế độ thủy lực trong sông có biến động cũng không ảnh hưởng nhiều tới các hoạt động kinh tế, xã hội của lưu vực. Sông Gang là một sông nhánh có lưu vực nhỏ chỉ mang tính chất sông nội vùng không có tác động gì đáng kể tới mạng sông chính của lưu vực. Do vậy việc sử dụng địa hình đo đạc cũ cũng không ảnh hưởng gì tới kết quả tính toán chung của mạng sông.

Ngoài ra trong khi nghiên cứu còn sử dụng bản đồ tỷ lệ 1/10.000 của toàn lưu vực.

3.2 Tài liệu khí tượng, thủy văn:

Số liệu khí tượng thủy văn được sử dụng trong tính toán bao gồm mực nước, lưu lượng, lượng mưa trên toàn lưu vực sông Lam, gồm 13 trạm khí tượng (bảng 3.2), 17 trạm thủy văn (bảng 3.3), hình 3.1

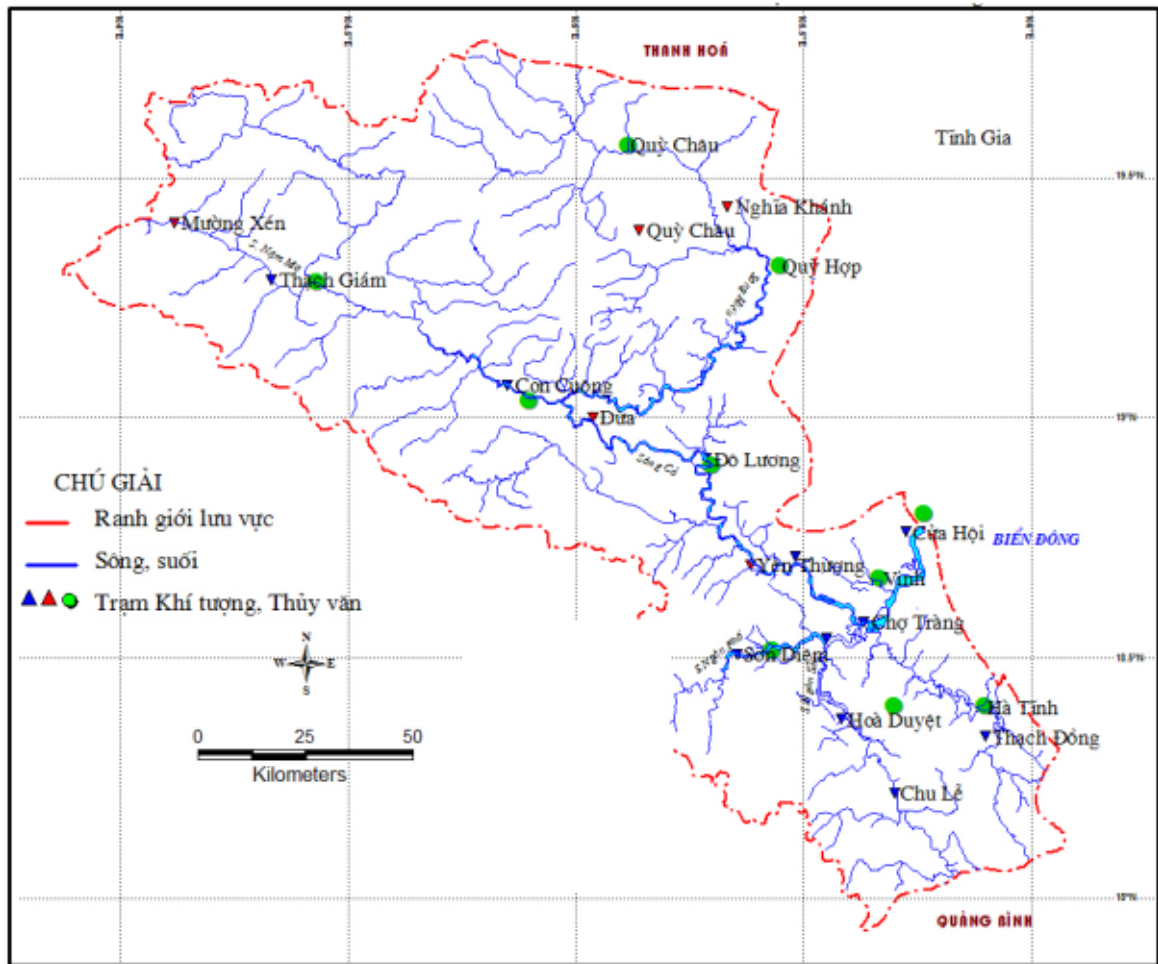
Bảng 3 – 2: Danh sách trạm Khí tượng khu vực nghiên cứu

TT	Trạm	Toạ độ địa lý		Địa điểm
		Vĩ độ	Kinh độ	
1	Hương Sơn	18 ⁰ .31'	105 ⁰ .24'	Thị trấn Phố Châu – Hương Sơn – Hà Tĩnh
2	Hương Khê	18 ⁰ .11'	105 ⁰ .42'	Thị trấn Hương Khê - Hà Tĩnh
3	Kỳ Anh	18 ⁰ .05'	106 ⁰ .16'	Kỳ Châu – Kỳ Anh – Hà Tĩnh
4	Hà Tĩnh	18 ⁰ .21'	105 ⁰ .54'	Thị xã Hà Tĩnh – Hà Tĩnh
5	Tương Dương	19 ⁰ .16'	104 ⁰ .28'	Thị trấn Tương Dương, Tương Dương, Nghệ An
6	Con Cuông	19 ⁰ .03'	104 ⁰ .53'	Thị trấn Con Cuông – Con Cuông – Nghệ An
7	Đô Lương	18 ⁰ .54'	105 ⁰ .18'	Thị trấn Đo lương - Đô lương – Nghệ An
8	Quỳ Châu	19 ⁰ .34'	105 ⁰ .06'	Thị trấn Quỳ Châu – Quỳ Châu – Nghệ An
9	Đông Hiếu	19 ⁰ .18'	105 ⁰ .29'	Thị trấn Thái Hoà - Nghĩa Đàn – Nghệ An
10	Quỳnh Lưu	19 ⁰ .08'	105 ⁰ .38'	Quỳnh Bá - Quỳnh Lưu – Nghệ An
11	Quỳ Hợp	19 ⁰ .19'	105 ⁰ .11'	Thị trấn Quỳ Hợp – Quỳ Hợp – Nghệ An
12	Vinh	18 ⁰ .40'	105 ⁰ .41'	Thành phố Vinh – Nghệ An
13	Tây Hiếu	19 ⁰ .19'	105 ⁰ .25'	Thị trấn Thái Hoà - Nghĩa Đàn – Nghệ An

Bảng 3 – 3: Danh sách trạm Thủy văn trên khu vực nghiên cứu

TT	Trạm	Toạ độ địa lý		Địa điểm
		Vĩ độ	Kinh độ	
1	Sơn Diệm	18 ⁰ .30'	105 ⁰ .20'	Sơn Diệm – Hương Sơn – Hà Tĩnh
2	Chu Lễ	18 ⁰ .11'	105 ⁰ .43'	Hương Thủy – Hương Khê - Hà Tĩnh
3	Hoà Duyệt	18 ⁰ .22'	105 ⁰ .30'	Đức Liên – Vũ Quang – Hà Tĩnh
4	Linh Cảm	18 ⁰ .35'	105 ⁰ .35'	Tùng ảnh - Đức Thọ – Hà Tĩnh
5	Thạch Đồng	18 ⁰ .22'	105 ⁰ .23'	Thạch Đồng – Thạch Hà - Hà Tĩnh

TT	Trạm	Toạ độ địa lý		Địa điểm
		Vĩ độ	Kinh độ	
6	Cắm Nhượng	18 ⁰ .16'	106 ⁰ .07'	Cắm Nhượng – Cắm Xuyên – Hà Tĩnh
7	Nam Đàn	18 ⁰ .29'	105 ⁰ .29'	Thị trấn Nam Đàn – Nam Đàn – Nghệ An
8	Yên Thượng	18 ⁰ .04'	105 ⁰ .27'	Thanh Yên – Thanh Chương – Nghệ An
9	Chợ Tràng	18 ⁰ .35'	105 ⁰ .37'	Hung Phú – Hưng Nguyên – Nghệ An
10	Mường Xén	19 ⁰ .30'	104 ⁰ .08'	Tà Kạ - Kỳ Sơn – Nghệ An
11	Thạch Giám	19 ⁰ .17'	105 ⁰ .20'	Thị trấn Tương Dương, Tương Dương, Nghệ An
12	Con Cuông	19 ⁰ .04'	105 ⁰ .59'	Chi Khê - Con Cuông – Nghệ An
13	Dừa	18 ⁰ .59'	105 ⁰ .02'	Tường Sơn – Anh Sơn – Nghệ An
14	Đô Lương	18 ⁰ .56'	105 ⁰ .17'	Tràng Sơn - Đô Lương – Nghệ An
15	Nghĩa Khánh	19 ⁰ .26'	105 ⁰ .20'	Nghĩa Khánh – Nghĩa Đàn – Nghệ An
16	Quỳ Châu	19 ⁰ .34'	105 ⁰ .08'	Châu Hội – Quỳ Châu – Nghệ An
17	Cửa Hội	18 ⁰ .46'	105 ⁰ .46'	Nghi Hải – Cửa Lò – Nghệ An



Hình 3.1: Sơ đồ mạng lưới thủy văn và các trạm khí tượng thủy văn lưu vực sông Lam

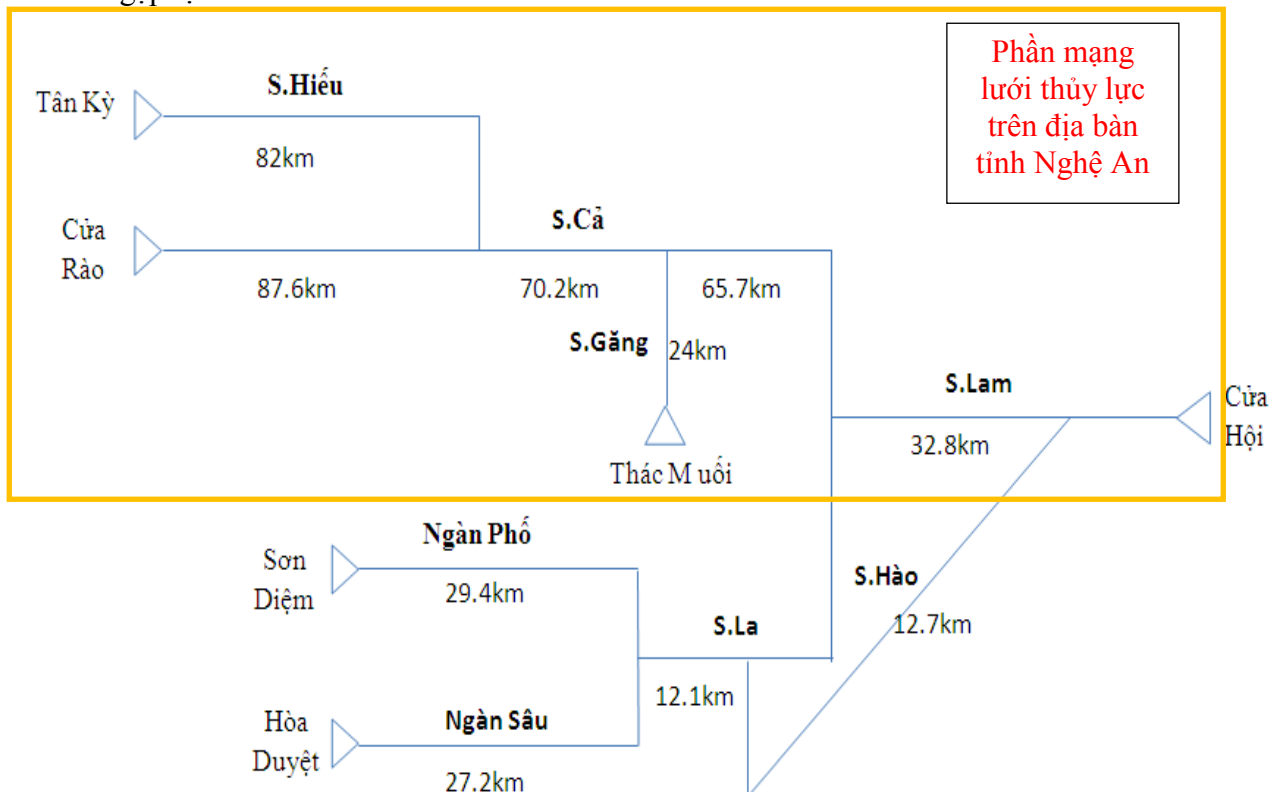
PHẦN 4. THIẾT LẬP MẠNG LƯỚI 1D

4.1 Mạng sông và nhiệm vụ tính toán

a. Mạng sông: Mạng sông đưa vào tính toán thủy lực bao gồm toàn bộ dòng chính và các phụ lưu chính của vùng trung, hạ du trong lưu vực sông Lam, cụ thể như sau:

- + Dòng chính sông Lam: từ ngã ba Cửa Rào đến cửa sông (Cửa Hội)
- + Sông Hiếu (sông Con): từ trạm thủy văn Tân Kỳ đến nhập lưu vào sông Lam (ngã ba Cây Chanh).
- + Sông Giăng: từ tuyến Thác Muối đến nhập lưu vào sông Lam.
- + Sông Hào: từ sông La đến nhập lưu sông Lam

b. Nhiệm vụ tính toán: Tính toán thủy lực trong mạng sông Lam trong mùa lũ, sau đó kết nối với mô hình 2 chiều, tính toán các yếu tố thủy lực trên bãi ngập lũ và xây dựng bản đồ ngập lụt.



Hình 4.1: Sơ đồ mạng thủy lực 1D vùng nghiên cứu

4.2. Biên trên của mô hình

Với mạng sông tính toán đã được xác định ở trên, biên trên của mô hình thủy lực là quá trình lưu lượng theo thời gian $Q=f(t)$ cụ thể như sau:

- + Sông Lam tại Cửa Rào ($F_{IV} = 12.800 \text{ km}^2$)
- + Sông Hiếu tại Tân Kỳ ($F_{IV} = 4.020 \text{ km}^2$)

+ Sông Giăng tại Thác Muối ($F_{IV}= 785 \text{ km}^2$)

+ Sông Rào Gang tại Cầu Om ($F_{IV}= 95 \text{ km}^2$)

4.3 Biên dưới của mô hình

Biên dưới của mô hình thủy lực là quá trình mực nước theo thời gian $Z=f(t)$ tại Cửa Hội.

4.4 Biên khu giữa của mô hình

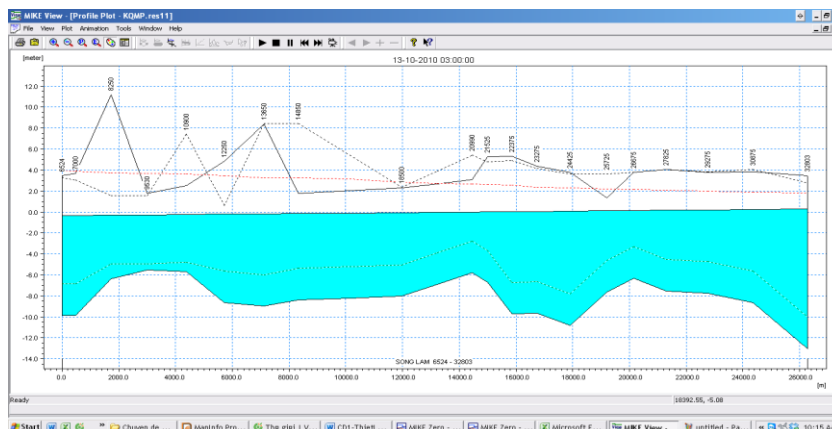
Các biên khu giữa được là đường quá trình lưu lượng được tính toán từ mưa trong mô hình mưa – dòng chảy (NAM) với các chỉ tiêu cơ bản được trình bày trong bảng 4.1

Bảng 4 – 1: Chỉ tiêu cơ bản của các lưu vực gia nhập khu giữa

Tên tiêu lưu vực	Diện tích	Gia sông nhập khu giữa	Từ	Đến
SC1	1721.3	Sông Cả	0.00	3080.18
SC12	600.798	Sông Cả	160747.09	210570.60
SC13	1047.99	Sông Giăng	0.00	24936.59
SC14	1382.91	Sông Cả	13080.18	73350.81
SC15	11014.16	Sông Cả	0.00	6625.31
SC16	827.809	Sông Hiếu	19300.14	27970.64
SC17	433.343	Sông Cả	73350.81	86837.03
SC18	507.721	Sông Cả	73350.81	154762.51
SC19	1283.03	Sông Cả	13080.18	73350.81
SC20	149.909	Sông Lam	425.78	15423.30
SC21	162.674	Sông Nghen	0.00	13564.00
SC3	405.874	Sông Hiếu	19300.14	27970.64
SC4	212.417	Sông Hiếu	19300.14	27970.64
SC5	736.546	Sông Hiếu	22230.52	84350.90
SC6	583.125	Sông Cả	130458.54	195763.04
SC7	197.981	Sông Lam	15907.45	31751.12
SC8	152.762	Sông Lam	23513.00	31751.00
SC9	753.83	Sông Nghen	13564.00	54422.75

4.5 Chạy thử nghiệm

Với mạng lưới đã được xây dựng, nghiên cứu tiến hành chạy thử nghiệm với số biên là hằng số. Kết quả cho thấy mô hình đã chạy thông (hình 4.2). Như vậy, bộ mô hình có thể dùng để kết hợp với mạng 2D để chạy cho những số liệu thực.



Hình 4.2 Kết quả chạy thử nghiệm mô hình

KẾT LUẬN

Chuyên đề đã xây dựng mô hình thủy lực 1 chiều cho toàn bộ hệ thống sông Lam (phần Nghệ An) phục vụ mục tiêu tính toán thủy lực trong mùa lũ. Mô hình được lựa chọn sử dụng là MIKE 11. Đây là mô hình thương mại, có bản quyền, cơ sở tính toán rõ ràng đã được kiểm nghiệm trong nhiều nghiên cứu trước đây và được khuyến cáo sử dụng tại nhiều cơ quan, tổ chức. Mô hình 1D dễ dàng cập nhật các số liệu đo đạc bổ sung như: tài liệu địa hình lòng dẫn, tài liệu các công trình thủy lợi... trong các kịch bản tính toán.

Mô hình thủy lực 1D có thể sử dụng kết nối với mô hình 2 chiều (MIKE 21) để mô phỏng trường thủy lực trên các bãi ngập lũ.

Toàn bộ mạng lưới của mô hình thủy lực 1D được xây dựng trên hệ tọa độ WGS84 do vậy khi xây dựng miền tính 2D cần đồng bộ hóa toàn bộ dữ liệu về hệ tọa độ này nhằm đảm bảo tính phù hợp về mặt không gian khi kết nối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Ngọc Anh, Đặng Đình Đức, Đặng Đình Khá, Phạm Thị Ngọc Quỳnh, Hoàng Thái Bình, Đỗ Thị Hoàng Dung, Bùi Minh Sơn, Nguyễn Thanh Sơn (2013), “*Xây dựng phương pháp đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và nước biển dâng tới công trình hạ tầng kỹ thuật thử nghiệm cho khu vực ven biển tỉnh Khánh Hòa*”, Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 29, Số 4 tr. 1-12.
2. Trần Ngọc Anh (2011), “*Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu các sông Bến Hải và Thạch Hãn, tỉnh Quảng Trị*”, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 1S, tr. 1-8.
3. Hoàng Thái Bình, Trần Ngọc Anh và Đặng Đình Khá (2010), “*Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình*”, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 26, số 3S, 285-294.
4. **Trần Ngọc Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Trần Thị Thu Hương, Trịnh Xuân Quảng, Phạm Mạnh Côn, Đặng Đình Khá, Đặng Đình Đức (2012), “[Đánh giá nguy cơ ngập lụt các khu vực trũng tỉnh Hưng Yên](#)”**. Tạp chí khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 28, số 3S tr.1-8.
5. Đặng Đình Đức, **Trần Ngọc Anh, Nguyễn Ý Như, Nguyễn Thanh Sơn (2011), “[Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội](#)”**, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 1S, 37.
6. **Trần Ngọc Anh, Đặng Đình Đức, Nguyễn Thế Anh, Nguyễn Thanh Sơn, Hoàng Thái Bình (2012), “Mô phỏng ngập lụt khu vực hạ lưu đập Cửa Đạt đến Bái Thượng”**, Tuyển tập báo cáo Hội thảo Khoa học Quốc gia về Khí tượng, Thủy văn, Môi trường và Biến đổi khí hậu lần thứ XV. Tập 2. Thủy văn - Tài nguyên nước, môi trường và Biển, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, tháng 3 năm 2012.tr. 1-7.
7. Viện Quy hoạch Thủy lợi (2006), “Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Lam”, Báo cáo tổng hợp.