

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

TÓNG NGỌC CÔNG

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE11 PHỤC VỤ DỰ BÁO LŨ HỆ THỐNG
SÔNG ĐÁY – HOÀNG LONG**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

Hà Nội – 2018

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

TÓNG NGỌC CÔNG

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE11 PHỤC VỤ DỰ BÁO LŨ HỆ THỐNG
SÔNG ĐÁY – HOÀNG LONG**

Chuyên ngành: Thủy văn học

Mã số: 60440224

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

PGS.TS. TRẦN NGỌC ANH

TS. ĐẶNG THANH MAI

Hà Nội – 2018

LỜI CẢM ƠN

Luận văn “**Ứng dụng mô hình MIKE 11 phục vụ dự báo lũ hệ thống sông Đáy - Hoàng Long**” đã được hoàn thành, lời đầu tiên, tôi xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành đến các thầy cô hướng dẫn PGS.TS. Trần Ngọc Anh, TS. Đặng Thanh Mai và ThS. Nguyễn Kim Ngọc Anh. Tôi xin cảm ơn các thầy cô và cán bộ trong khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học và Bộ môn Thủy văn và Tài nguyên nước đã tận tình giảng dạy kiến thức, giúp đỡ, tạo điều kiện về thời gian, cơ sở vật chất trong suốt thời gian học tập tại nhà trường. Tôi xin chân thành cảm ơn lãnh đạo Đài Khí tượng Thủy văn khu vực đồng bằng Bắc Bộ nơi tôi đang công tác đã tạo điều kiện về mặt thời gian, các đồng nghiệp tại Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Hà Nam đã chia sẻ công việc để bản thân có điều kiện hoàn thành khóa học. Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến gia đình, bạn bè, những người luôn bên cạnh tạo mọi điều kiện tốt nhất và động viên giúp đỡ trong suốt quá trình học tập.

Do thời gian và kinh nghiệm nghiên cứu chưa nhiều nên luận văn không tránh khỏi những thiếu sót, vì vậy tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của quý thầy cô và các đồng nghiệp để luận văn được hoàn thiện hơn và tiến tới ứng dụng được vào thực tiễn.

Học viên

Tống Ngọc Công

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ DỰ BÁO LŨ VÀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU.....	3
1.1. Giới thiệu chung về dự báo lũ.....	3
1.1.1. Một số nghiên cứu mô phỏng và dự báo lũ trên thế giới [5]	3
1.1.2. Một số nghiên cứu dự báo lũ ở Việt Nam.....	4
1.1.3. Giới thiệu về dự báo lũ tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình.	6
1.2. Giới thiệu chung về khu vực nghiên cứu	10
1.2.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên	10
1.2.2. Đặc điểm kinh tế xã hội.....	33
CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU MÔ HÌNH MIKE11	36
2.1. Giới thiệu mô hình NAM [9]	36
2.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình thủy lực trong MIKE11 [9]	38
2.3. Phương pháp đánh giá sai số	43
CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE11 PHỤC VỤ DỰ BÁO LŨ HỆ THỐNG SÔNG ĐÁY – HOÀNG LONG	46
3.1. Cơ sở dữ liệu.....	46
3.2. Thiết lập mô hình MIKE11.....	47
3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình	55
3.3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE-NAM	55
3.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE11	62
3.4. Ứng dụng mô hình MIKE11 đã xây dựng vào dự báo thử nghiệm	69
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	81
TÀI LIỆU THAM KHẢO	83
PHỤ LỤC	84

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1: Đặc trưng địa hình lưu vực sông Hoàng Long	13
Bảng 2: Số giờ nắng tháng và năm trung bình nhiều năm (1961-2010).....	15
Bảng 3: Nhiệt độ không khí trung bình nhiều năm (1961-2010).....	16
Bảng 4: Độ ẩm trung bình nhiều năm (1961-2010).....	17
Bảng 5: Lượng mưa trung bình nhiều năm (1961-2010).....	18
Bảng 6: Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm (1961-2010).....	19
Bảng 7: Đặc trưng hình thái lưu vực của một số sông nhánh	23
Bảng 8: Trạm khí tượng thủy văn trong khu vực nghiên cứu.....	25
Bảng 9: Thống kê thời gian truyền lũ từ Hưng Thi về Bến Đẽ	26
Bảng 10: Nguyên nhân và đặc điểm gây mưa lũ chủ yếu trên lưu vực sông Hoàng Long tại Bến Đẽ	28
Bảng 11: Thống kê thời gian truyền lũ từ Ba Thá về Phủ Lý	30
Bảng 12: Nguyên nhân và đặc điểm gây mưa lũ chủ yếu trên lưu vực sông Đáy tại Phủ Lý	31
Bảng 13: Tiêu chuẩn xếp loại chất lượng của phương án dự báo.....	44
Bảng 14: Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của từng lần dự báo.....	45
Bảng 15: Các biên sử dụng trong mô hình.....	54
Bảng 16: Chỉ tiêu đánh giá chất lượng hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM.....	59
Bảng 17: Chỉ tiêu đánh giá chất lượng kiểm định mô hình MIKE-NAM	61
Bảng 18: Bộ thông số của mô hình MIKE-NAM	62
Bảng 19: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE11	64
Bảng 20: Kết quả kiểm định mô hình MIKE11	67
Bảng 21: Kết quả xác định hệ số nhám trên các sông	68
Bảng 22: Sai số cho phép dự báo mực nước đỉnh lũ tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.....	69
Bảng 23: Sai số cho phép dự báo quá trình lũ tại vị trí trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	69
Bảng 24: Kết quả dự báo thử nghiệm	80
Bảng 25: Đánh giá dự báo đỉnh lũ	80

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1: Sơ đồ lưu vực hệ thống sông Đáy-Hoàng Long [4].....	11
Hình 2: Cấu trúc thẳng đứng của mô hình NAM.....	38
Hình 3: Sơ đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn Abbott	40
Hình 4: Sơ đồ sai phân 6 điểm ẩn Abbott trong mặt phẳng $x \sim t$	41
Hình 5: Thiết lập mạng lưới sông suối trong MIKE11	48
Hình 6: Sơ đồ lưới trạm thủy văn hệ thống lưu vực Đáy-Hoàng Long	48
Hình 7: Thiết lập mặt cắt ngang trong MIKE11	49
Hình 8: Sơ đồ các mặt cắt ngang trên mạng sông Đáy-Hoàng Long trong MIKE 11	49
Hình 9: Các lưu vực bộ phận trên lưu vực sông Đáy –Hoàng Long	51
Hình 10: Diện tích các tiểu lưu vực sông Đáy-Hoàng Long	52
Hình 11: Thiết lập các trạm đo mưa trong MIKE-NAM	52
Hình 12: Các tiểu lưu vực và vị trí các trạm đo mưa trong MIKE-NAM	53
Hình 13: Các trọng số tính toán của từng trạm mưa đối với từng lưu vực	53
Hình 14: Bản đồ lưu vực sông Đáy-Hoàng Long	55
Hình 15: Sơ đồ các bước hiệu chỉnh bộ thông số mô hình MIKE - NAM	56
Hình 16: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2000 tại trạm Ba Thá trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM	57
Hình 17: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2017 tại trạm Ba Thá trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM	58
Hình 18: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2000 tại trạm Hưng Thi trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM	58
Hình 19: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2017 tại trạm Hưng Thi trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM	58
Hình 20: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2001 tại trạm Ba Thá trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM	60
Hình 21: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2010 tại trạm Ba Thá trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM	60

Hình 22: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2001 tại trạm Hưng Thi trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM	60
Hình 23: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2010 tại trạm Hưng Thi trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM	61
Hình 24: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2000 tại trạm Phủ Lý trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11	63
Hình 25: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2017 tại trạm Phủ Lý trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11	63
Hình 26: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2000 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11	64
Hình 27: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2017 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11	64
Hình 28: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2003 tại trạm Phủ Lý trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11.....	65
Hình 29: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2003 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11.....	66
Hình 30: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2010 tại trạm Phủ Lý trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11.....	66
Hình 31: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2010 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11.....	66
Hình 32: Các bước tiến hành dự báo thử nghiệm	70
Hình 33: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 16/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	73
Hình 34: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 17/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.	73
Hình 35: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 18/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.	73
Hình 36: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 19/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.	74

Hình 37: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 20/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	74
Hình 38: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 21/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	74
Hình 39: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 22/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	75
Hình 40: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 23/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	75
Hình 41: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 24/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	75
Hình 42: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 25/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	76
Hình 43: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 26/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	76
Hình 44: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 27/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	76
Hình 45: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 28/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	77
Hình 46: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 29/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	77
Hình 47: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 30/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	77
Hình 48: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 31/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	78
Hình 49: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 01/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	78
Hình 50: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 02/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu	78

Hình 51: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 03/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu79

Hình 52: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 04/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu79

BẢNG KÝ HIỆU CÁC CHỮ VIẾT TẮT

HD:	Hydraulic Dynamic (Thủy động lực)
NAM:	Nedbor - Afstromming - Model (Mô hình mưa – dòng chảy)
RR:	Rainfall - Runoff (mưa – dòng chảy)
KTTV:	Khí tượng Thủy văn
ATNĐ:	Áp thấp nhiệt đới
KKL:	Không khí lạnh

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài luận văn

Dưới tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu, thiên tai và các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng trở nên khó lường cả về tần suất lẫn mức độ phá hoại, trong đó lũ lụt luôn là một trong những mối nguy cơ khó lường nhất đe dọa đời sống của người dân và sự phát triển kinh tế xã hội. Dự báo lũ luôn là một vấn đề quan trọng và cần thiết đối với công tác phòng chống thiên tai và ứng phó với biến đổi khí hậu. Lũ lụt ở miền Bắc nói chung và ở lưu vực sông Đáy, sông Hoàng Long nói riêng luôn có diễn biến phức tạp, khó lường đòi hỏi công tác dự báo ngày càng phải được chú trọng hơn.

Hiện nay, Đài Khí tượng Thủy văn (KTTV) tỉnh Hà Nam và Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh Ninh Bình đang thực hiện công tác dự báo lũ trên lưu vực sông Đáy và sông Hoàng Long, đối với dự báo lũ trên sông Đáy tại Phủ Lý chủ yếu là dự báo theo phương pháp thống kê và theo xu thế hầu như chưa được áp dụng công nghệ dự báo mới nên các phương án dự báo hiện tại chỉ áp dụng được khi diễn biến mực nước lũ theo xu thế lên đều hoặc xuống đều, kết quả của phương án không thể hiện được tính đột biến khi có tổ hợp của các yếu tố thời tiết thủy văn bất thường tác động tới dòng chảy lũ. Đối với dự báo lũ trên sông Hoàng Long, để tăng thời gian dự kiến và tăng tính phục vụ trong công tác phòng chống thiên tai, góp phần thực hiện theo phân cấp dự báo (quyết định số 392/QĐ-KTTVQG ngày 28/9/2017 của Trung tâm KTTV quốc gia nay là Tổng cục KTTV) nên ngoài điểm dự báo như tại Bến Đé cần tiến hành xây dựng thêm phương án dự báo mực nước lũ trên sông Hoàng Long tại Gián Khẩu.

Như vậy vấn đề cấp thiết là cần ứng dụng các mô hình công nghệ dự báo mới trong công tác dự báo nghiệp vụ để nâng cao chất lượng dự báo, nâng cao thời gian dự kiến trên lưu vực sông Đáy và xây dựng thêm phương án dự báo mới trên sông Hoàng Long tại Gián Khẩu với mục tiêu sản phẩm dự báo phải có độ chính xác cao, nhanh chóng, kịp thời và thuận tiện nhằm tham mưu, giúp cho các cấp lãnh đạo và các cơ quan ban ngành liên quan cũng như nhân dân chủ động ứng phó khi có mưa lũ xảy ra để hạn chế thiệt hại đến mức thấp nhất. Vì thế đề tài **“Ứng dụng mô hình**

MIKE11 phục vụ dự báo lũ hệ thống sông Đáy - Hoàng Long” đã được lựa chọn để thực hiện. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở khoa học, là tài liệu tham khảo quan trọng cho các dự báo viên, từ đó có thể xây dựng phương án dự báo để áp dụng vào dự báo nghiệp vụ, góp phần vào công tác phòng chống giảm nhẹ thiên tai tại địa phương.

2. Mục tiêu của luận văn

Ứng dụng mô hình MIKE 11 mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực sông Đáy, lưu vực sông Hoàng Long nhằm phục vụ xây dựng phương án dự báo mực nước lũ tại Phủ Lý và Gián Khẩu với thời gian dự kiến 12-24 giờ.

3. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp kế thừa: Tham khảo và kế thừa kết luận, kết quả có liên quan của một số nghiên cứu trước đây của các tác giả, cơ quan, tổ chức khác. Những tài liệu và kết quả này là đặc biệt quan trọng trong việc định hướng, phân tích và đánh giá trong quá trình nghiên cứu.

- Phương pháp thu thập số liệu: Thu thập và tổng hợp các tài liệu hiện có liên quan như điều kiện khí hậu tự nhiên, kinh tế - xã hội, số liệu quan trắc khí tượng thủy văn tại các trạm trên lưu vực nghiên cứu, số liệu mặt cắt ngang trên hệ thống sông Đáy và sông Hoàng Long...

- Phương pháp mô hình hóa: Ứng dụng mô hình MIKE11 trong mô phỏng dòng chảy lũ.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng: Dòng chảy lũ trên hệ thống sông Đáy, sông Hoàng Long
- Phạm vi nghiên cứu: Lưu vực sông Đáy-Hoàng Long

5. Cấu trúc luận văn

Chương I: Giới thiệu chung về dự báo lũ và khu vực nghiên cứu

Chương II: Giới thiệu mô hình MIKE11

Chương III: Ứng dụng mô hình MIKE11 phục vụ dự báo lũ hệ thống sông Đáy - Hoàng Long.

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU CHUNG VỀ DỰ BÁO LŨ VÀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1. Giới thiệu chung về dự báo lũ

1.1.1. Một số nghiên cứu mô phỏng và dự báo lũ trên thế giới [5]

Trên thế giới việc nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực cho các mục đích trên đã được sử dụng khá phổ biến; nhiều mô hình đã được xây dựng và áp dụng cho dự báo hồ chứa, dự báo lũ cho hệ thống sông, cho công tác qui hoạch phòng lũ. Một số mô hình đã được ứng dụng thực tế trong công tác mô phỏng và dự báo dòng chảy cho các lưu vực sông có thể được liệt kê ra như sau:

Viện Thủy lực Đan Mạch (Danish Hydraulics Institute, DHI) xây dựng phần mềm dự báo lũ bao gồm: Mô hình NAM tính toán và dự báo dòng chảy từ mưa; Mô hình MIKE11 tính toán thủy lực, dự báo dòng chảy trong sông và cảnh báo ngập lụt. Phần mềm này đã được áp dụng rất rộng rãi và rất thành công ở nhiều nước trên thế giới. Trong khu vực Châu Á, mô hình đã được áp dụng để dự báo lũ lưu vực sông Mun-Chi và Songkhla ở Thái Lan, lưu vực sông ở Bangladesh, và Indonesia.

Wallingford kết hợp với Hecrow đã xây dựng phần mềm ISIS cho tính toán dự báo lũ và ngập lụt. Phần mềm bao gồm các môđun: Mô hình đường đơn vị tính toán và dự báo dòng chảy từ mưa; mô hình ISIS tính toán thủy lực, dự báo dòng chảy trong sông và cảnh báo ngập lụt. Phần mềm này đã được áp dụng khá rộng rãi ở nhiều nước trên thế giới, đã được áp dụng cho sông Mê Kông trong chương trình sử dụng nước do ủy hội Mê Kông Quốc tế chủ trì thực hiện. Ở Việt Nam, mô hình ISIS còn được sử dụng để tính toán trong dự án phân lũ và phát triển thủy lợi lưu vực sông Đáy do Hà Lan tài trợ.

Trung tâm khu vực START Đông Nam á (Southeast Asia START Regional Center) đã xây dựng "Hệ thống dự báo lũ thời gian thực cho lưu vực sông Mê Kông". Hệ thống này được xây dựng dựa trên mô hình thủy văn khu vực có thông số phân bố, tính toán dòng chảy từ mưa. Hệ thống dự báo được phân thành 3 phần: thu nhận số liệu từ vệ tinh và các trạm tự động, dự báo thủy văn và dự báo ngập lụt. Thời gian dự kiến dự báo là 1 hoặc 2 ngày. Trung tâm kỹ thuật thủy văn (Mỹ) đã xây dựng bộ mô hình HEC-1 để tính toán thủy văn, trong đó có HEC-1F là chương

trình dự báo lũ từ mưa và diễn toán lũ trong sông. Mô hình đã được áp dụng rất rộng rãi trên thế giới, ở Châu Á, mô hình đã được áp dụng ở Indonesia, Thái Lan. Mô hình cũng đã được áp dụng để tính toán lũ hệ thống sông Thu Bồn ở Việt Nam. Gần đây, mô hình được cải tiến và phát triển thành HMS có giao diện đồ hoạ thuận lợi cho người sử dụng.

Trong một nghiên cứu về hệ thống dự báo lũ cho sông Maritsa và Tundzha, Roelevink và cộng sự đã kết hợp sử dụng mô đun mưa - dòng chảy MIKE11-NAM và mô đun thủy lực MIKE11-HD để tiến hành dự báo. Các mô hình này đã được hiệu chỉnh sử dụng số liệu các trận lũ năm 2005 và 2006. Kết quả từ hai mô hình này được kết hợp sử dụng với phần mềm FloodWatch để kết xuất ra mực nước dự báo và các cảnh báo tại các điểm xác định. Kết quả cho thấy rằng, số liệu đầu vào quyết định độ lớn của thời gian dự kiến. Kết quả sẽ chính xác hơn nếu thời gian dự kiến ngắn và ngược lại. Trong nghiên cứu này cũng đã sử dụng chức năng cập nhật mực nước và lưu lượng tính toán theo mực nước và lưu lượng thực đo tại các vị trí biên đầu vào.

1.1.2. Một số nghiên cứu dự báo lũ ở Việt Nam

Một số mô hình thủy lực đã được áp dụng có hiệu quả để diễn toán dòng chảy trong hệ thống sông và vùng ngập lụt ở nước ta. Mô hình SOGREAH đã được áp dụng thành công trong công tác khai thác, tính toán dòng chảy tràn trong hệ thống kênh rạch và các ô trũng; Mô hình MASTER MODEL ứng dụng trong nghiên cứu qui hoạch cho vùng hạ lưu sông Cửu Long vào năm 1988; Mô hình MEKSAL được xây dựng vào năm 1974 để tính toán sự phân bố dòng chảy mùa cạn và xâm nhập mặn trong vùng hạ lưu các sông; Mô hình VRSAP đã được áp dụng cho việc tính toán dòng chảy lũ và dòng chảy mùa cạn cho vùng đồng bằng; Mô hình SAL và mô hình KOD đã có những đóng góp đáng kể trong việc tính toán lũ và xâm nhập mặn đồng bằng cửa sông; Mô hình DHM đã được áp dụng thành công trong tính toán nguy cơ ngập lụt hạ lưu lưu vực Thu Bồn - Vũ Gia, và nghiên cứu thủy lực hạ lưu sông Hồng trong trường hợp giả sử vỡ đập Hoà Bình, Sơn La v.v. [5].

Trong những năm gần đây, một trong những mô hình được ứng dụng nhiều trong công tác dự báo lũ ở Việt Nam là mô hình MIKE11, có thể kể đến một số nghiên cứu được áp dụng như:

- *Bùi Văn Chanh và Trần Ngọc Anh trong nghiên cứu về: Tích hợp bộ mô hình dự báo thủy văn lưu vực sông Trà Khúc* [1]. Nguyên cứu đã sử dụng kiểu tích hợp kết nối để tích hợp mô hình MARINE, MIKE 11 và công cụ triều của MIKE 21. Trong đó mô hình MARINE tính toán dòng chảy trên sườn dốc lưu vực làm đầu vào biên trên và gia nhập khu giữa cho mô hình MIKE 11, MIKE 21 Toolbox tính toán mực nước triều cho biên dưới của mô hình MIKE 11, cuối cùng sử dụng mô hình MIKE 11 để diễn toán dòng chảy trong sông và dự báo mực nước tại trạm thủy văn Giang Sơn và Trà Khúc.

- Đề tài cấp Bộ, năm 2011 “*Xây dựng công nghệ tính toán dự báo lũ lớn hệ thống sông Hồng – Thái Bình*” do PGS. TS. Trần Thục (Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường) làm chủ nhiệm [7]. Đã xây dựng công nghệ hoàn chỉnh cho tính toán dự báo lũ tác nghiệp cho toàn hệ thống sông Hồng - Thái Bình trong đó mô hình MIKE 11 được nghiên cứu áp dụng để tính toán dự báo lũ lớn cho hệ thống sông Hồng-Thái Bình với 25 sông chính và chia thành 52 nhánh sông bao gồm 792 mặt cắt.

- *Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE từng bước hoàn thiện công nghệ dự báo lũ sông Hồng – Thái Bình* [5] của Đặng Thị Lan Phương, đã giải quyết được những vấn đề tồn tại trước đây trong công tác dự báo lũ sông Hồng – Thái Bình như dòng chảy khu giữa tính toán có độ chính xác chưa cao, mạng tính chưa được cập nhật thêm các hồ thủy điện mới xây, dữ liệu mặt cắt sông từ các hồ chứa ngược lên thượng lưu không có. Ngoài ra nghiên cứu đã hiệu chỉnh và kiểm định tham số mô hình thủy văn, thủy lực bằng phương pháp dò tìm tham số theo hai trường hợp là không phân cấp và phân cấp mực nước, đồng thời nghiên cứu đã kết nối mô hình thủy lực trong sông và mô hình truyền triều. Từ đó tiến hành dự báo thử nghiệm cho mùa lũ năm 2012 tại các vị trí dự báo hàng năm, kết quả cho thấy mức đảm bảo dự báo đều đạt trên 80%.

Như vậy, việc sử dụng mô hình MIKE11 để dự báo lũ tuy có một số khó khăn và hạn chế nhất định nhưng đã được ứng dụng khá rộng rãi, linh hoạt, có độ chính xác chấp nhận được khi kết hợp với việc dự báo mưa có chất lượng tốt, vì thế có thể được sử dụng cho việc xây dựng các phương án dự báo ở các hệ thống sông có mạng lưới phức tạp.

1.1.3. Giới thiệu về dự báo lũ tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình.

1.1.3.1. Chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức

Tại Quyết định số 246/QĐ-TCKTTV ngày 22/5/2018 của Tổng cục KTTV Quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Quyết định số 241/QĐ-TCKTTV ngày 22/5/2018 của Tổng cục KTTV Quy định chức năng nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Đài KTTV tỉnh Ninh Bình. Theo đó, Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình là đơn vị trực thuộc Đài KTTV khu vực đồng bằng Bắc Bộ, Tổng cục KTTV thực hiện chức năng quan trắc, điều tra, khảo sát KTTV, môi trường và quan trắc định vị sét; dự báo, cảnh báo KTTV thông tin dữ liệu KTTV trong phạm vi tỉnh, thực hiện các hoạt động KTTV theo quy định của pháp luật.

Về nhiệm vụ: Trong rất nhiều các nhiệm vụ được Tổng cục KTTV giao cho Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình thì một trong những nhiệm vụ quan trọng đó là công tác dự báo, cảnh báo KTTV.

Theo phân cấp trách nhiệm ban hành bản tin dự báo, cảnh báo hiện tượng KTTV nguy hiểm tại quyết định số 392/QĐ-KTTVQG ngày 28/9/2017 của Trung tâm KTTV quốc gia (nay là Tổng cục KTTV) Quy định về phân cấp trách nhiệm ban hành bản tin dự báo, cảnh báo hiện tượng KTTV nguy hiểm đối với các đơn vị trong hệ thống dự báo, cảnh báo KTTV quốc gia thuộc phạm vi quản lý của Trung tâm KTTV quốc gia. Đài KTTV tỉnh Hà Nam có trách nhiệm dự báo lũ trên sông Đáy tại trạm thủy văn Phủ Lý, sông Hồng tại trạm Hưng Yên. Đài KTTV tỉnh Ninh Bình có trách nhiệm dự báo lũ trên sông Hoàng Long tại trạm Bến Đẽ, Gián Khẩu; trên sông Đáy tại trạm Ninh Bình, Như Tân. Theo Quy định số 46/2014/QĐ-TTg ngày 15/8/2014 của Thủ tướng Chính phủ Quy định về dự báo, cảnh báo và truyền tin thiên tai; các sông do các Đài KTTV khu vực và các Đài KTTV tỉnh thông báo

lũ, đối với sông Hoàng Long dự báo tại trạm Bến Đẽ, sông Đáy dự báo tại trạm Ninh Bình. Như vậy theo phân cấp trách nhiệm ban hành bản tin dự báo, cảnh báo hiện tượng KTTV nguy hiểm, vị trí dự báo lũ trên sông Hoàng Long tại Gián Khẩu, trên sông Đáy tại Như Tân là hoàn toàn mới đối với Đài KTTV tỉnh Ninh Bình.

1.1.3.2. Hiện trạng công tác dự báo tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình.

Hiện nay, Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình đang sử dụng nhiều phương án dự báo lũ khác nhau cho lưu vực sông Đáy và sông Hoàng Long, một số phương án được sử dụng phổ biến là:

Đài KTTV tỉnh Hà Nam:

+ Dự báo mực nước lũ trên sông Đáy tại Phủ Lý theo phương pháp xu thế: Dự báo mực nước lũ trên cơ sở xu thế mực nước lũ đang lên hoặc đang xuống, từ đó xây dựng phương trình tương quan biên độ mực nước với các khoảng thời gian 6, 12, 18, ... 48 giờ.

Phương trình tương quan	Hệ số tương quan	Mức đảm bảo P (%)
$\Delta H_{12} = 1.52 * \Delta H_6 + 6.36$	0.89	85
$\Delta H_{18} = 1.26 * \Delta H_{12} + 5.02$	0.93	85
$\Delta H_{24} = 1.2 * \Delta H_{18} + 2.95$	0.95	79
$\Delta H_{30} = 1.19 * \Delta H_{24} - 0.8$	0.96	85
$\Delta H_{36} = 1.17 * \Delta H_{30} - 3.06$	0.97	85
$\Delta H_{42} = 1.14 * \Delta H_{36} - 5.03$	0.98	72
$\Delta H_{48} = 1.16 * \Delta H_{42} - 6.27$	0.99	62

Trong đó: $\Delta H_6, \Delta H_{12} \dots \Delta H_{48}$ là biên độ mực nước trạm thủy văn Phủ Lý thời đoạn tương ứng 6, 12...48 giờ.

+ Phương án dự báo nước rút trên sông Đáy tại trạm thủy văn Phủ Lý

$$H_{t+24} = H_t * 0.93 - 1.41$$

Trong đó:

H_{t+24} là mực nước dự báo với thời gian dự kiến 24 giờ.

H_t là mực nước tại thời điểm dự báo.

Mức đảm bảo P = 81%.

+ Phương án cảnh báo lũ trên sông Đáy tại Phủ Lý:

Phương án cảnh báo lũ từ hình thể thời tiết

Phương án cảnh báo đỉnh lũ từ mưa:

Phương trình dự báo: $H_{\max \text{ply}} = 0.33 \cdot X_{\text{bqlv}} + 0.63 \cdot H_{\text{cply}} + 165.59$

Trong đó:

$H_{\max \text{ply}}$ là mực nước đỉnh lũ tại Phủ Lý.

X_{bqlv} là lượng mưa bình quân lưu vực sông Đáy.

H_{cply} là mực nước chân lũ lên tại Phủ Lý.

Mức đảm bảo $P = 75\%$.

Đài KTTV tỉnh Ninh Bình:

+ Phương án: Cảnh báo mực nước đỉnh lũ trạm Ninh Bình trên sông Đáy.

Phương án được xây dựng trên cơ sở xây dựng tương quan giữa mực nước đỉnh lũ trạm Ninh Bình với mưa bình quân lưu vực và mực nước chân lũ lên.

Phương trình dự báo: $H_{\max \text{nb}} = 0.25 \cdot X_{\text{bqlv}} + 0.93 \cdot H_{\text{cnb}} + 103.98$

Trong đó:

$H_{\max \text{nb}}$ là mực nước đỉnh lũ tại Ninh Bình.

X_{bqlv} là lượng mưa bình quân lưu vực.

H_{cnb} là mực nước chân lũ lên tại Ninh Bình.

Mức đảm bảo $P = 77\%$.

+ Phương án: Dự báo mực nước lũ tại trạm Ninh Bình trên sông Đáy, với thời gian dự kiến 12 giờ.

Phương trình: $H_{\text{nb}(t+12)} = 1.13 \cdot X_{\text{bqlv}(t)} + 0.36 \cdot H_{\text{bt}(t)} + 0.15 \cdot H_{\text{hd}(t)} + 15.81$

Trong đó: $H_{\text{nb}(t+12)}$: Mực nước dự báo Ninh Bình thời điểm $t + 12$ (cm)

$X_{(t)}$: Lượng mưa bình quân lưu vực tại thời điểm t (mm)

$H_{\text{bt}(t)}$: Mực nước trạm Ba Thá tại thời điểm t (cm)

$H_{\text{hd}(t+12)}$: Mực nước trạm Hòn Dấu tại thời điểm t (cm)

Mức đảm bảo $P = 74,2\%$

1.1.3.3. Đánh giá phương án dự báo

Qua phân tích hiện trạng công tác dự báo tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình có thể nhận thấy các ưu điểm và nhược điểm của các phương án dự báo đang được áp dụng như sau:

Ưu điểm:

- + Các phương pháp dự báo lũ đang áp dụng tương đối đơn giản, dễ sử dụng trong dự báo nghiệp vụ.

- + Các kết quả phương án dự báo là kênh tham khảo hữu hiệu cho các dự báo viên tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình.

Nhược điểm:

- + Các phương án dự báo lũ hiện tại trong dự báo tác nghiệp còn mang tính thủ công, thống kê, xu thế; kết quả của phương án không thể hiện được tính đột biến khi tổ hợp của các yếu tố thời tiết thủy văn bất thường tác động tới dòng chảy lũ.

- + Độ chính xác không cao khi ảnh hưởng tổ hợp lũ và triều mạnh, thời gian dự báo ngắn khi dòng chảy có tính đột biến, không theo xu thế.

- + Kết quả dự báo phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm và chủ quan của dự báo viên.

Có thể nhận thấy phần lớn những công cụ kỹ thuật được áp dụng đều dưới dạng sử dụng biểu đồ, thống kê, tương tự, hồi qui, hầu như chưa áp dụng mô hình hoặc công nghệ mới trong nghiệp vụ cảnh báo, dự báo lũ, ngập lụt cho sông Đáy và sông Hoàng Long. Các công cụ và kỹ thuật phục vụ cảnh báo, dự báo lũ đã được xây dựng từ lâu nên mới chỉ đảm bảo các yêu cầu cụ thể trong thực hiện nhiệm vụ chính trị của Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình, kết quả của phương án là cơ sở để dự báo viên tham khảo đưa ra trị số dự báo. Tuy vậy mức độ đảm bảo của các phương án mới chỉ đạt được mục tiêu nhất định trong dự báo do chưa áp dụng công nghệ mới trong dự báo nghiệp vụ. Bài toán đặt ra là cần phải nghiên cứu áp dụng công nghệ mới trong dự báo nghiệp vụ tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Ninh Bình để nâng cao chất lượng dự báo, nâng thời gian dự kiến để đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao trong công tác dự báo phục vụ địa phương.

1.2. Giới thiệu chung về khu vực nghiên cứu

1.2.1. Đặc điểm địa lý tự nhiên

1.2.1.1. Vị trí địa lý

Lưu vực sông Đáy nằm ở hữu ngạn sông Hồng trong phạm vi:

+ Từ 20^0 đến $21^020'$ vĩ độ Bắc

+ Từ 105^0 đến $106^030'$ kinh độ Đông.

Với tổng diện tích tự nhiên là 7665 km^2 (bao gồm cả diện tích lưu vực sông Nhuệ). Giới hạn của lưu vực như sau:

- Phía Bắc và Đông Bắc được bao bởi đê sông Hồng từ ngã ba Trung Hà tới cửa Ba Lạt với tổng chiều dài khoảng 242 km.

- Phía Tây Bắc giáp sông Đà từ Ngòi Lát tới Trung Hà với chiều dài khoảng 33 km.

- Phía Tây và Tây Nam là đường phân lưu giữa lưu vực sông Hồng và lưu vực sông Mã bởi dãy núi Ba Vì, Cúc Phương - Tam Điệp, kết thúc tại núi Mai An Tiêm (nơi có sông Tống gặp sông Cầu Hội) và tiếp theo là sông Càn dài 10 km rồi đổ ra biển tại cửa Càn.

Phía Đông và Đông Nam là biển Đông có chiều dài khoảng 95 km từ cửa Ba Lạt tới cửa Càn.

Trong đó sông Đáy là dòng sông chính của lưu vực, bắt nguồn từ sông Hồng thông qua hệ thống phân chứa lũ Vân Cốc thuộc huyện Phúc Thọ chảy qua các tỉnh Hà Nội, Hà Nam, Ninh Bình và Nam Định trước khi đổ ra biển Đông tại cửa Đáy. Sông Đáy có chiều dài khoảng 250 km [3] (Hình 1).

Sông Hoàng Long là một phụ lưu của sông Đáy với diện tích lưu vực khoảng 1515 km^2 . Lưu vực sông Hoàng Long có vị trí địa lý như sau:

+ Từ $20^017'$ đến $20^045'$ vĩ độ Bắc

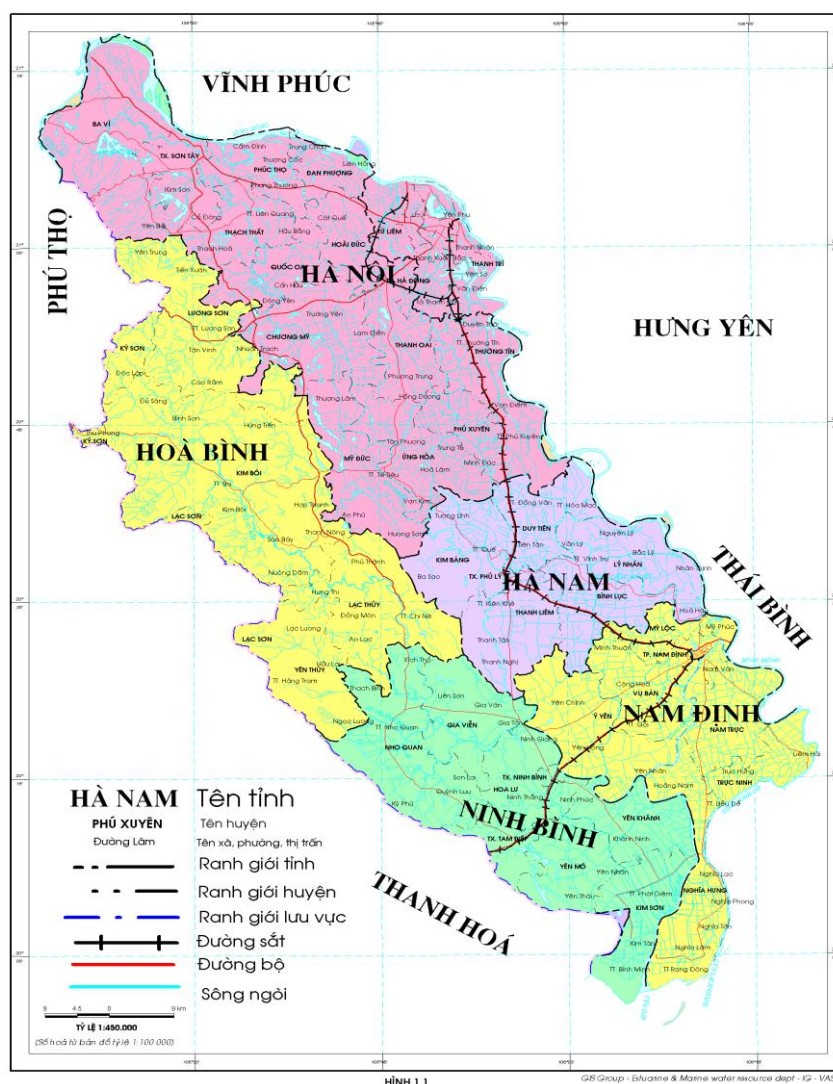
+ Từ $105^054'$ đến $105^095'$ kinh độ Đông

Phía Bắc giáp lưu vực sông Đà, phía Đông giáp hạ lưu sông Đáy, phía Nam và Tây giáp lưu vực sông Mã.

Sông Hoàng Long là hợp lưu của sông Bôi, sông Đập và sông Lạng bắt nguồn từ vùng rừng núi tỉnh Hòa Bình đổ về và hợp lưu tại Kênh Gà rồi đổ vào sông Đáy tại Gián Khẩu.

Lưu vực sông Hoàng Long thuộc địa giới của 2 tỉnh Hòa Bình và Ninh Bình. Trong đó phần diện tích thuộc tỉnh Hoà Bình khoảng 1.000 km² (chiếm 66% diện tích toàn lưu vực), phần còn lại khoảng 515 km² thuộc địa phận tỉnh Ninh Bình. Sông Hoàng Long chảy qua địa phận các huyện Nho Quan, Gia Viễn, Hoa Lư.

Ngoài phụ lưu là sông Hoàng Long, lưu vực sông Đáy còn có nhiều các sông nhỏ là phụ lưu chính như: Sông Nhuệ, sông Bùi (Hòa Bình, Hà Nội); sông Thanh Hà (Mỹ Đức); sông Vân, sông Sắt, sông Đào (Nam Định)...



Hình 1: Sơ đồ lưu vực hệ thống sông Đáy-Hoàng Long [4]

1.2.1.2. Địa hình địa mạo

a. Đối với lưu vực sông Đáy: Xét về mặt cấu trúc ngang đi từ Tây sang Đông có thể chia địa hình khu vực nghiên cứu thành vùng chính như sau:

Vùng đồi núi

Địa hình núi phân bố ở phía Tây và Tây Nam và chiếm khoảng 30% diện tích, có hướng thấp dần từ Đông Bắc xuống Tây Nam ra biển và thấp dần từ Tây sang Đông. Phần lớn là các dãy núi thấp có độ cao trung bình 400 - 600m được cấu tạo bởi các đá trầm tích lục nguyên, cacbonat; chỉ một vài khối núi có độ cao trên 1000m được cấu tạo bởi đá trầm tích phun trào như khối núi Ba Vì có đỉnh cao 1296m, khối núi Viên Nam có đỉnh cao 1031m và cấu tạo bởi đá xâm nhập granit như khối núi Đồi Thơi (Kim Bôi - Hoà Bình) có đỉnh cao 1198m.

Địa hình đồi được tách ra với địa hình núi và đồng bằng bởi độ chênh cao <100m, độ phân cắt sâu từ 15 - 100m. Trong phạm vi lưu vực sông Đáy, địa hình đồi chỉ chiếm khoảng 10% diện tích có độ cao phần lớn dưới 200m.

Vùng đồng bằng

Diện tích vùng đồng bằng chiếm khoảng 60% lãnh thổ, địa hình khá bằng phẳng có độ cao <20m và thấp dần từ Tây sang Đông, từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Bề mặt đồng bằng lại bị chia cắt bởi hệ thống sông và kênh mương chằng chịt. Có thể chia đồng bằng thành 4 khu vực có đặc điểm khác nhau: Vùng đồng bằng phía Bắc, Vùng đồng bằng trung tâm, Vùng đồng bằng phía Nam, Vùng đồng bằng thung lũng.

Bề mặt lưu vực có hướng dốc thay đổi, đầu nguồn hệ thống sông hướng Bắc - Nam; trung và hạ nguồn hướng Tây Bắc - Đông Nam.

Thượng lưu hệ thống sông uốn khúc, quanh co, hẹp và dốc, nhiều thác ghềnh, nước chảy xiết, là nguy cơ tạo nên các hiện tượng xói lở, lũ quét... Trung lưu và hạ lưu lòng sông được mở rộng, dòng sông chảy chậm, khả năng thoát nước kém dẫn đến tình trạng ngập lũ mỗi khi xuất hiện mưa lớn.

Địa hình khu vực nghiên cứu chủ yếu là vùng đồng bằng nhờ phù sa bồi đắp, độ cao địa hình giảm dần theo hướng từ Bắc xuống Nam, từ Tây sang Đông với độ cao trung bình từ +5 đến +20m so với mực nước biển. Phía Tây Bắc là vùng núi Ba Vì là thượng nguồn của sông Tích (một nhánh của sông Đáy), phía Đông là

khu vực nội thành thành phố Hà Nội, với mật độ dân cư và các công trình dày đặc, cũng là khu vực thường xuyên xảy ra ngập lụt khi mưa lớn. Phía Tây Nam là khu vực các huyện Ứng Hòa, Phú Xuyên, Thường Tín đây là vùng trũng nhất.

Ngoài địa hình đồng bằng thì khu vực nghiên cứu cũng có một dạng địa hình là địa hình đồi núi. Phần diện tích đồi núi phần lớn thuộc các huyện Ba Vì, Quốc Oai, Mỹ Đức với các đỉnh như Ba Vì cao 1281m, Gia Dê 707m, Thiên Trù 378m... Chuyển tiếp dưới chân dãy núi cao là những dải đồi có độ cao 200-250m, rồi thấp dần với độ cao 25 - 150m ở ven rìa đồng bằng. [3]

b. Đối với lưu vực sông Hoàng Long:

Từ vùng núi cao của tỉnh Hòa Bình với cao độ bình quân trên 300m, sông chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam. Đến Bến Đé, sông có xu hướng chảy theo hướng Tây - Đông và nhập vào sông Đáy tại Gián Khẩu. Tới hạ lưu, cao độ bình quân chỉ còn khoảng trên 10m.

Địa hình lưu vực sông Hoàng Long có xu thế dốc theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, địa hình không đồng đều, vừa xen lẫn núi cao, vùng bán sơn địa và đồng bằng. Địa hình thường bị chia cắt mạnh bởi những dãy núi đá vôi, chính điều này đã phân chia những vùng đồng bằng thành các cánh đồng nhỏ Đặc trưng địa hình lưu vực sông Hoàng Long được thống kê trong Bảng 1 [6].

Bảng 1: Đặc trưng địa hình lưu vực sông Hoàng Long

TT	Đặc trưng	Trị số	Đơn vị
1	Diện tích lưu vực	1515	km ²
2	Chiều dài sông chính	125	km
3	Độ rộng bình quân lưu vực	15.5	km
4	Độ cao trung bình lưu vực	173	m
	- Thượng lưu Bến Đé	Trên 300	m
	- Bến Đé - Gián Khẩu	10 ÷ 12	m
5	Độ dốc trung bình lưu vực	9.6	‰
6	Mật độ lưới sông	0.81	Km/km ²
7	Tỷ lệ thảm phủ thực vật	82.6	%

1.2.1.3. Đặc điểm thổ nhưỡng

Đối với lưu vực sông Đáy: Do nằm trong vùng đồng bằng châu thổ sông Hồng nên đất trong khu vực chủ yếu là đất phù sa của hệ thống sông Hồng và sông Đáy bồi đắp nên. Mặc dù được bao bọc bởi các đê sông Hồng, sông Đáy song hầu như hàng năm phần lớn diện tích đất canh tác ít nhiều đều được tưới bằng nước phù sa lấy từ các cống tự chảy hoặc các trạm bơm. Quá trình bồi tụ, hình thành và phát triển của các nhóm đất ở từng khu vực khác nhau đã tạo nên sự đa dạng về loại hình đất trong hệ thống. Song nhìn chung chúng đều là loại đất ít chua và chua có hàm lượng mùn và các chất dinh dưỡng ở mức độ trung bình đến nghèo. Những khu vực cao ven sông Hồng, sông Đáy đất có thành phần cơ giới nhẹ chủ yếu là đất cát hoặc pha cát khá chua và nghèo chất dinh dưỡng. [3]

Đối với lưu vực sông Hoàng Long: Thổ nhưỡng trong vùng nghiên cứu có thể quy về các loại chính:

- Đất phù sa các sông vừa và nhỏ ở các khu vực đồng chiêm trũng, đất thịt nặng, chua, mặn ngay trên lớp mặt, được phân bố ở khu vực Hoàng Long, Gia Viễn, đất loại này có thể trồng hai vụ lúa tốt khi hệ thống tưới tiêu đảm bảo và nguồn nước ngọt dồi dào.

- Đất phù sa thuộc sông cũ thuộc dạng cát pha rời rạc, đất thịt bạc màu, sỏi sạn, đá ong; tầng đất canh tác dày khoảng 0,4 m phù hợp với các loại cây công nghiệp như chè, thuốc lá, đậu lạc các loại. Đất này tập trung ở phía Bắc thị xã Tam Điệp.

- Đất đồi núi thuộc loại cát pha thịt nhẹ, đá vôi bạc màu, tầng canh tác mỏng, nằm ở vùng chân đồi ít dốc, phù hợp với đồng màu và cây công nghiệp, phân bố ở Đồng Giao và phía tây đường 12A.

- Đất cát ven biển chủ yếu là cát hạt mịn có lẫn đất sét và mùn hữu cơ, đất ngầm nước mặn. Đất này phân bố chủ yếu ở khu vực Bình Minh huyện Kim Sơn. Có thể thấy, do bị chia phối bởi địa hình nên đặc điểm thổ nhưỡng cũng biến đổi khá phức tạp, thêm vào đó là độ dốc và sự biến đổi nhanh của địa hình dẫn đến đất đai canh tác thường có diện tích nhỏ và thường không màu mỡ. Diện tích đất canh tác biến đổi theo cao độ địa hình khá phức tạp và không đồng đều. Chính những điều kiện bất lợi này dẫn đến việc canh tác gặp phải những khó khăn nhất định và là nguyên nhân chính kìm hãm sự phát triển kinh tế đặc biệt là kinh tế nông nghiệp.

Mặc dù thảm phủ thực vật có diện tích lớn (>80%) song chủ yếu là các vùng cây bụi sống trên những bờ dốc của các dãy núi đá vôi, rừng cây lâu năm chiếm tỷ lệ thấp hơn. Do có điều kiện tiểu khí hậu khu vực khá phù hợp với điều kiện phát triển của cây trồng nên thảm phủ thực vật khá phong phú và phát triển xanh tốt. Thảm phủ thực vật ở đây thuộc kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới trên núi đá vôi. Gần đây, do sự chặt phá nhiều nên thảm phủ thực vật có xu thế giảm gây ảnh hưởng tới sự hình thành dòng chảy trên lưu vực [6].

1.2.1.4. Đặc điểm khí hậu

Nhìn chung Khí hậu lưu vực sông Đáy và sông Hoàng Long tiêu biểu cho vùng Bắc Bộ với đặc điểm của khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm, có mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều và mùa đông lạnh, mưa ít.

Số giờ nắng

Nắng là một yếu tố khí hậu có quan hệ chặt chẽ với bức xạ mặt trời và bị chi phối bởi lượng mây trên khu vực. Theo số liệu quan trắc tại các trạm trên lưu vực sông Đáy và sông Hoàng Long số giờ nắng hàng năm dao động trong khoảng từ 1300 đến 1700 giờ. Tuy nhiên cũng có những năm số giờ nắng trong năm tăng đột biến như năm 1987 tại trạm khí tượng Hà Nam là 1969,1 giờ, tại trạm khí tượng Nho Quan là 1962,7 giờ; năm 1965 tại trạm khí tượng Láng là 1870,1 giờ; có những năm số giờ nắng rất thấp như năm 2008 tại trạm khí tượng Hà Nam là 1143,3 giờ, năm 1997 tại trạm khí tượng Nho Quan là 1062,6 giờ. Số giờ nắng các tháng trong năm trung bình nhiều năm của trạm khí tượng Láng, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Số giờ nắng tháng và năm trung bình nhiều năm (1961-2010)

Đơn vị: Giờ

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Láng	73.4	47.8	47.0	90.7	185.9	170.0	188.5	168.4	170.0	158.0	138.4	118.1	1556.2
Phủ Lý	71.0	44.9	45.0	85.0	176.3	168.8	191.2	167.0	169.2	157.7	135.7	115.2	1525.7
Nho Quan	74.5	50.8	50.7	94.0	182.9	169.4	187.6	159.5	167.0	157.5	136.6	118.7	1549.2
Ninh Bình	74.5	46.1	46.4	93.1	194.3	179.0	202.2	166.7	164.1	156.0	134.5	114.6	1571.5

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Nhiệt độ

Nhìn chung chế độ nhiệt ở lưu vực sông Đáy và sông Hoàng Long mang đặc điểm chung của miền Bắc, nghĩa là mùa hè nhiệt độ cao và mùa đông thấp, tuy nhiên do đặc điểm của địa hình nên cũng có những nét riêng. Biến trình nhiệt độ năm theo dạng một đỉnh. Tháng có nhiệt độ trung bình cao nhất là tháng 7, trong 3 tháng mùa lạnh thì tháng có nhiệt độ trung bình thấp nhất là tháng 01. Nhiệt độ không khí cao nhất tuyệt đối tới 42,5⁰C (ngày 04/6/2017 tại trạm khí tượng Hà Đông), thấp nhất tuyệt đối chỉ 1,0⁰C (ngày 01/02/1976 tại trạm khí tượng Nho Quan), trung bình năm dao động trong khoảng 23 - 24⁰C với cơ chế hoàn lưu gió đã tạo ra sự phân hóa rõ rệt theo hai mùa: Mùa nóng từ tháng 5 đến 10, mùa lạnh từ tháng 11 đến 4.

Nhiệt độ trung bình tháng trung bình nhiều năm của trạm khí tượng Láng, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Nhiệt độ không khí trung bình nhiều năm (1961-2010)

Đơn vị: ⁰C.

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Láng	16.6	17.7	20.2	23.9	27.4	28.9	29.2	28.6	27.6	25.2	21.8	18.5	23.8
Phủ Lý	16.4	17.4	19.9	23.6	27.0	28.8	29.2	28.3	27.1	24.7	21.3	18.0	23.5
Nho Quan	16.7	17.7	20.2	23.9	27.3	28.7	29.0	28.2	27.0	24.6	21.4	18.2	23.6
Ninh Bình	16.6	17.4	19.9	23.6	27.2	28.8	29.2	28.4	27.2	24.9	21.6	18.3	23.6

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Độ ẩm

Độ ẩm tương đối trung bình trong các tháng đều vượt trên 70%, tuy nhiên cũng có tháng độ ẩm trung bình rất thấp chỉ 65% (tháng 11/1979 tại trạm Láng). Độ ẩm tháng này so với tháng khác trong năm biến đổi rất ít, giữa tháng ẩm nhất và tháng khô nhất chỉ chênh nhau từ 5% đến 10%. Những ngày mùa đông khô hanh, độ ẩm có thể giảm xuống dưới 20%, cá biệt độ ẩm thấp nhất ngày 28/2/1963 tại trạm khí tượng Hà Nam là 11%. Trong những ngày mưa phùn, độ ẩm trong không

khí có thể tăng lên đến trên 90%. Độ ẩm thấp nhất vào tháng 11-12 là các tháng mùa khô, cao nhất vào tháng 3. Độ ẩm trung bình tháng trung bình nhiều năm của trạm khí tượng Láng, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4: Độ ẩm trung bình nhiều năm (1961-2010)

Đơn vị: mm

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Láng	68.4	56.1	57.2	64.8	93.5	97.2	97.9	82.2	87.0	96.0	88.4	81.4	80.8
Phủ Lý	57.9	45.2	45.8	52.6	80.3	95.5	98.4	70.6	71.1	83.7	80.2	73.8	71.3
Nho Quan	67.4	53.8	55.8	68.7	113.4	109.1	110.1	80.2	74.9	87.2	85.7	82.4	82.4
Ninh Bình	57.9	41.6	42.2	52.1	82.9	98.9	103.2	73.7	72.9	84.3	83.4	74.7	72.3

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Lượng mưa

Lưu vực sông Đáy - Hoàng Long có lượng mưa khá lớn so với các vùng khác ở xung quanh, lượng mưa trung bình nhiều năm khoảng 1700÷1900 mm. Lượng mưa trung bình nhiều năm của vùng núi cao hơn đồng bằng, tại trạm khí tượng Nho Quan là 1898,7mm, trong khi các trạm ở đồng bằng như trạm Láng là 1659,4mm, Ninh Bình là 1799,4. Trong chuỗi số liệu quan trắc, có những năm lượng mưa rất lớn như năm 1994 tại trạm Nho Quan là 3130,6mm, tại trạm Phủ Lý là 3161,6mm, năm có lượng mưa thấp là năm 1988 tại trạm Láng là 1033,1mm đây cũng là lượng mưa thấp nhất năm trên toàn lưu vực sông Đáy - Hoàng Long. Lượng mưa năm lớn nhất nhiều gấp 2.8 lần lượng mưa năm nhỏ nhất. Mỗi năm trung bình có khoảng trên dưới 150 ngày có mưa, năm nhiều nhất 191 ngày, năm ít nhất 106 ngày. Lượng mưa phân phối rất không đều theo thời gian trong năm. Một năm hình thành hai mùa mưa và khô rất rõ rệt.

Mùa mưa thường kéo dài 6 tháng, từ tháng 5 đến tháng 10 với tổng lượng mưa chiếm tới xấp xỉ 85% tổng lượng mưa năm. Tháng mưa nhiều nhất thường là 7 hoặc 8 với lượng mưa chiếm tới trên 31,8% tổng lượng mưa năm. Ba tháng liên tục có mưa lớn nhất trong năm là 7, 8, 9. Tổng lượng mưa của ba tháng này chiếm

tới trên 48,7% tổng lượng mưa năm.

Mùa khô thường kéo dài 6 tháng, từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau với tổng lượng mưa chỉ chiếm khoảng 15% lượng mưa cả năm. Tháng ít mưa nhất thường là tháng 12 hoặc tháng 01 với lượng mưa chỉ chiếm trên dưới 1,8% tổng lượng mưa năm. Ba tháng liên tục mưa ít nhất là các tháng 12, 1 và 2. Tổng lượng mưa của ba tháng này chỉ chiếm khoảng 5,0% tổng lượng mưa năm.

Nguyên nhân gây mưa lớn ở khu vực nghiên cứu cũng là nguyên nhân xuất hiện các trận lũ lớn gồm:

- Bão, ATNĐ, rãnh thấp nóng phía Tây bị nén bởi cao áp phía Bắc kết hợp với áp thấp vịnh Bắc Bộ và cao áp Thái Bình Dương lấn vào.
- Dải hội tụ nhiệt đới, bão kết hợp với không khí lạnh và xoáy thấp, vịnh Bắc Bộ.
- Đường đứt kết hợp với rãnh thấp nóng phía Tây bị nén và xoáy thuận tầng cao.
- Ngoài ra gió mùa Tây Nam hay Đông Nam có thể gây ra những trận mưa rào và dông khá lớn.

Diễn hình như từ ngày 9 đến 11/10/2017 ảnh hưởng của rìa xa hoàn lưu áp thấp nhiệt đới kết hợp với đới gió Đông hoạt động mạnh nên đã xảy ra đợt mưa rất to trên lưu vực sông Đáy - Hoàng Long, tại Phủ Lý: 356,4mm. Nho Quan: 213,5mm, Ninh Bình: 323,5mm.

Lượng mưa tháng trung bình nhiều năm của trạm khí tượng Láng, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5: Lượng mưa trung bình nhiều năm (1961-2010)

Đơn vị: mm

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Láng	21.0	26.1	44.8	96.4	185.1	255.6	275.9	296.1	226.9	143.6	68.8	19.0	1659.4
Phủ Lý	29.9	29.3	55.2	85.7	211.0	251.9	252.1	309.4	312.6	218.4	77.5	34.3	1867.3
Nho Quan	25.0	25.1	49.7	90.1	207.2	235.3	270.5	337.2	339.1	221.7	74.2	23.6	1898.7
Ninh Bình	24.6	27.9	46.9	87.0	178.7	213.6	223.5	317.4	357.8	227.5	65.1	29.3	1799.4

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Bốc hơi

Diễn biến của lượng bốc hơi phụ thuộc vào diễn biến của nhiệt độ và độ ẩm không khí. Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm các trạm trên lưu vực nghiên cứu dao động từ 855 ÷ 989mm. Lượng bốc hơi tháng bình quân nhiều năm dao động trong khoảng 60 ÷ 110mm. Lượng bốc hơi cao nhất tháng là 524,5mm, 5/2006 tại trạm khí tượng Nho Quan, lượng bốc hơi thấp nhất tháng là 11.0mm, 7/2004 tại trạm khí tượng Hà Nam. Các tháng có lượng bốc hơi lớn nhất trong năm là các tháng trong mùa hè và đầu mùa đông (tháng 5÷12) do có lượng mưa lớn và số giờ nắng nhiều.

Các tháng có lượng bốc hơi ít nhất là tháng 1÷4, lượng bốc hơi trung bình tháng từ 41,6 – 68,7 mm.

Các tháng có lượng bốc hơi lớn nhất là 6÷7, lượng bốc hơi trung bình tháng từ 93,5 - 113,4 mm.

Lượng bốc hơi tháng trung bình nhiều năm của trạm khí tượng Láng, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6: Lượng bốc hơi trung bình nhiều năm (1961-2010)

Đơn vị: mm

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Láng	68.4	56.1	57.2	64.8	93.5	97.2	97.9	82.2	87.0	96.0	88.4	81.4	970.0
Phủ Lý	57.9	45.2	45.8	52.6	80.3	95.5	98.4	70.6	71.1	83.7	80.2	73.8	855.1
Nho Quan	67.4	53.8	55.8	68.7	113.4	109.1	110.1	80.2	74.9	87.2	85.7	82.4	988.9
Ninh Bình	57.9	41.6	42.2	52.1	82.9	98.9	103.2	73.7	72.9	84.3	83.4	74.7	867.8

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Tốc độ gió

Trên lưu vực sông Đáy - Hoàng Long tốc độ gió trung bình năm ở các trạm đo là 1,9 m/s. Tốc độ gió trung bình từng tháng biến đổi không nhiều từ 1,6 m/s đến 2,1 m/s. Các tháng từ 1-5 có tốc độ gió trung bình tháng từ 1,6-2,1m/s. Các

tháng 6-7 có tốc độ gió trung bình tháng là 1,8-2,0m/s. Tốc độ gió lớn nhất đã quan trắc được là 45m/s, ngày 22/9/1962 tại trạm Ninh Bình.

1.2.1.5. Đặc điểm thủy văn

a. Mạng lưới sông suối [6]

*** Sông Hoàng Long:**

Thượng lưu dòng chính sông Hoàng Long có tên là sông Bôi, bắt nguồn từ phía Nam thị xã Hòa Bình. Từ hạ du chỗ hợp lưu sông Bôi, sông Lạng, sông Đập (sông Canh Bàu) tại Kênh Gà gọi là sông Hoàng Long và chảy vào sông Đáy tại Gián Khẩu. Chiều dài sông kể từ Hưng Thi đến Gián Khẩu là 63,2 km và đoạn sông chảy qua khu Bắc Ninh Bình dài khoảng 10 km. Diện tích lưu vực 1515 km², trong đó diện tích đất núi rừng chiếm tới hơn 1280 km².

Trong phương hướng quy hoạch thủy lợi trước đây thì vùng phân lũ sông Hoàng Long nằm trên địa bàn 20 xã và có thể phân định thành các vùng phân lũ với mức độ khác nhau: Vùng thường xuyên chịu lũ bao gồm 6 xã huyện Nho Quan (Xích Thổ, Gia Sơn, Gia Lâm, Gia Thủy, Phú Sơn và một phần xã Lạc Vân), một phần diện tích ngoài đô huyện Nho Quan và Gia Viễn. Vùng bị ngập do phân lũ xảy ra 3-5 năm một lần: Gồm 3 xã Đức Long, Gia Tường và một phần xã Lạc Vân. Vùng ngập do phân lũ hữu sông Hoàng Long (khu Lạc Khoái): Bao gồm 4 xã huyện Gia Viễn (Gia Lạc, Gia Minh, Gia Phong, Gia Sinh) và 8 xã huyện Nho Quan (Thượng Hoà, Sơn Thành, Thanh Lạc, Sơn Lai, Quỳnh Lưu, Phú Lộc, Văn Phú, Văn Phương).

Chế độ dòng chảy của sông Hoàng Long rất phức tạp:

- + Mực nước mùa kiệt phụ thuộc vào nước dâng lên từ sông Đáy do ảnh hưởng thủy triều và lượng nước bổ sung vào sông Đáy từ sông Đào Nam Định.

- + Mùa lũ, nước lũ từ thượng lưu đổ về thường bị dồn ứ do mực nước lũ trên sông Đáy. Khi mực nước lũ trên sông Hoàng Long và sông Đáy dâng cao, có nguy cơ ảnh hưởng đến khu vực hạ du sông Đáy thì phải phân lũ vào các khu phân chậm lũ. Thực tế từ những năm của thập kỷ 1960 đến nay đã có 8 lần phải phân lũ vào khu hữu Hoàng Long, cũng từ đó đến nay các tuyến đê tả Hoàng Long, hữu Hoàng

Long, Gia Tường - Đức Long, Năm Căn được hình thành và từng bước được nâng cấp. Hiện tại chỉ còn khu Xích Thổ là khu vực ngập lũ thường xuyên.

*** Sông Đáy:**

Nguyên là một phân lưu lớn đầu tiên ở hữu ngạn sông Hồng, bắt đầu từ cửa Hát Môn chảy theo hướng Đông Bắc - Tây Nam hợp biển Đông tại Cửa Đáy. Nhưng đến năm 1937, sau khi xây dựng xong đập Đáy, nước sông Hồng không thường xuyên vào sông Đáy qua cửa đập Đáy trừ những năm phân lũ, vì vậy phần đầu nguồn sông (từ km 0 đến Ba Thá dài 71km) sông Đáy coi như đoạn sông chết. Hiện tượng bồi lắng và nhân dân lấn đất canh tác cản trở việc thoát lũ mùa mưa. Lượng nước để nuôi sông Đáy chủ yếu là do các sông nhánh, quan trọng nhất là sông Tích, sông Bôi, sông Đào Nam Định, sông Nhuệ. Sông Đáy là trục tiêu chính trong mùa lũ và hoàn toàn mang đặc thù của sông đồng bằng. Sông Đáy chảy giữa lưu vực với chiều dài khoảng 247km, lòng và bãi sông biến đổi mạnh về chiều rộng. Theo đặc điểm địa hình lòng dẫn, có thể chia dòng sông Đáy ra các đoạn dưới đây:

+ Đoạn sông từ Vân Cốc đến đập Đáy dài 12km, dạng hình phễu rộng trên 10km. Đây là khu chứa lũ Vân Cốc có diện tích khoảng 3200ha tương ứng với độ cao 16m.

+ Đoạn từ đập Đáy đến Mai Lĩnh dài 23km, chiều rộng trung bình giữa hai bờ đê khoảng 3000m, lòng sông quanh co, uốn khúc, nước lũ chủ yếu tràn trên bãi giữa hai đê.

+ Đoạn Mai Lĩnh - Tân Lang dài 75km, lòng sông quanh co, uốn khúc, chảy theo hướng Bắc - Nam.

+ Đoạn Tân Lang - Gián Khẩu dài 53km, sông chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam đến Phủ Lý, sau đó từ Phủ Lý đến Gián Khẩu đổi thành hướng Bắc - Nam, ở bờ hữu có dãy núi đá vôi Ninh Bình. Từ bờ sông vào chân núi là các cánh đồng của 7 xã thuộc huyện Kim Bảng, có đê bồi bao quanh để ngăn lũ nội đồng.

+ Đoạn từ Gián Khẩu đến biển dài 82km, lòng sông mở rộng dần, chỗ rộng nhất tới 600m và chỗ hẹp nhất là 150m. Bờ tả có những bãi khá rộng, khoảng cách giữa 2 đê tới 3 - 4km. Đoạn sông này luôn chịu ảnh hưởng của thủy triều.

Sông Đáy có chế độ dòng chảy phức tạp, bị ảnh hưởng bởi tổ hợp lũ lớn 3 sông: sông Đáy, sông Hoàng Long nhập tại Gián Khẩu và sông Hồng phân lũ qua sông Đào Nam Định nhập tại Độc Bộ. Việc tiêu nước trên sông Đáy dùng động lực là chính, chỉ có một số khu vực miền núi, trung du và giáp biển là có thể tự chảy vì lợi dụng được độ dốc và thủy triều. Đây là trục sông tự nhiên có tác dụng lớn đến lũ sông Hoàng Long.

Sông Tích là chủ lưu lớn của sông Đáy, là nhánh sông cung cấp nước tự nhiên lớn nhất cho thượng nguồn sông Đáy hiện nay. Sông Tích với diện tích 1330km^2 bắt nguồn từ núi Tản Viên, đổ ra sông Đáy tại Phúc Lâm $105^{\circ}42'20''$ kinh độ Đông và $20^{\circ}48'40''$ vĩ độ Bắc. Sông dài 91,0km với độ dốc bình quân lưu vực là 5,8% chảy qua nhiều vùng đồi đất và nham cứng, độ cao bình quân lưu vực ở mức 92m so với mặt biển, với độ rộng bình quân lưu vực là 17,6km. Lưu vực sông Tích có dạng hình lông chim, toàn bộ sông Tích có 25 nhánh cấp một, các nhánh phần lớn nhập lưu bên bờ phải, hệ số đối xứng là -0,07, bên bờ phải có 16 suối với diện tích tổng cộng là 910km^2 , bờ trái có 9 suối với diện tích tổng cộng là 390km^2 . Các nhánh cấp một bên bờ phải đáng lưu ý là:

- Suối Hai bắt nguồn từ núi Ba Vì nhập lưu tại An Thịnh.
- Sông Hang bắt nguồn từ núi Ba Vì nhập lưu tại đồi Ó.
- Sông Giản bắt nguồn từ núi Viên Năm nhập lưu tại Trung Lạc.
- Sông Bùi bắt nguồn từ núi Mỗ nhập lưu tại Bùi Xá.
- Sông Bến Gõ bắt nguồn từ núi Đồi Bù nhập lưu tại Công An.

Bảng 7: Đặc trưng hình thái lưu vực của một số sông nhánh

STT	Sông	Nguồn sông	Cửa sông	Chiều dài (km)	Diện tích lưu vực (km ²)
1	Tích	Núi Tản Viên	Ba Thá	91	1300
2	Thanh Hà	Vùng núi Kim Bôi	Ba Thá	40	271
3	Hoàng Long	Vùng núi TX Hòa Bình	Gián Khẩu	125	1515
4	Nhuệ	Cổng Liên Mạc	Phủ Lý	80	1070
5	Châu	Sông Hồng	Phủ Lý	27	368
6	Đào	Sông Hồng	Độc Bộ	32	185

Bên bờ trái có sông Cao Nhang bắt nguồn từ núi Phú Ngô nhập lưu tại Cao Nhang. Ba nhánh lớn Suối Hai, Đồng Mô, Ngải Sơn, Bến Gõ đã có hồ chứa.

Độ dốc đáy sông chính không lớn nhưng độ dốc các sông nhánh rất lớn, trung bình từ 1,1 – 2% có suối lên tới 3%.

Lòng sông Tích có thể chia làm 3 đoạn:

- Từ nguồn đến cống Chuốc: mặt cắt hẹp, lòng chính trung bình rộng 10 – 15m; độ dốc 0,8m/km.
- Từ cống Chuốc đến cống Trôi: lòng sông mở rộng hơn đoạn trên; độ dốc 0,3m/km.
- Từ cống trôi đến Ba Thá lòng sông rộng trung bình từ 30-40m, độ dốc chỉ còn 0,1m/km.

Một đặc điểm quan trọng là tuy lòng sông Tích bé nhưng thềm sông khá rộng, bề rộng trung bình của thềm sông khoảng 2000m – 3000m và hơn nữa như các vùng Văn Miếu, Thạch Thất, Quốc Oai, thuận lợi cho việc dẫn lũ nếu phân lũ qua Lương Phú.

Mùa lũ của sông Tích bắt đầu từ tháng 6 đến tháng 10. Với tâm mưa lớn Ba Vì, lượng mưa trung bình nhiều năm đạt trên 2200mm, cường độ mưa lớn, đã đo

được 750mm trong 24 giờ. Tháng 7 trên sông Tích gắn liền với dông và bão, tháng 9 là tháng có nhiều bão ảnh hưởng trực tiếp đến các tỉnh Hoà Bình và Hà Nội, theo hướng đi thịnh hành của bão là Tây Tây Bắc nên bão đổ bộ từ Thái Bình đến Vĩnh Linh đều gây ra mưa lớn trên lưu vực.

*** Sông Đào Nam Định:**

Sông Đào cũng là phân lưu lớn thứ hai của sông Hồng tại Phù Long ở phía Bắc thành phố Nam Định và chảy vào sông Đáy tại Độc Bộ. Đây là con sông đào từ cuối đời Trần. Khi mới đào, sông hẹp và nông, dần dần lòng sông sâu, có nơi trên 15m, nên có khả năng chuyển tải khối lượng nước khá lớn của sông Hồng vào sông Đáy (Trung bình hàng năm khoảng 20 tỷ m³). Sông Đào dài 32 km, diện tích lưu vực 185 km² (Bờ phải 157 km², bờ trái 28 km²).

Về mùa lũ, sông Đào Nam Định gây áp lớn về lũ đối với sông sông Đáy, nhưng lũ lớn sông Hồng không xuất hiện đồng bộ với hệ thống sông Đáy và sông Hoàng Long. Lũ lớn nhất sông Hoàng Long thường xuất hiện vào tháng 9, tháng 10, còn lũ sông Hồng lớn nhất thường xuất hiện vào tháng 8. Sau khi có các hồ chứa Hòa Bình, Sơn La, Tuyên Quang thì từ đầu tháng 9 các hồ chứa tích nước nên áp lũ sông Hồng đối với sông Đáy và sông Hoàng Long giảm đáng kể.

b. Mạng lưới trạm khí tượng, thủy văn

Tại khu vực nghiên cứu có các trạm khí tượng: Láng, Hà Đông, Sơn Tây, Ba Vì, Hòa Bình, Kim Bôi, Chi Nê, Hà Nam, Nho Quan, Ninh Bình, Hưng Thi, Nam Định; các trạm thủy văn: Ba Thá, Phủ Lý, Hưng Thi, Bến Đê, Gián Khẩu, Ninh Bình, Như Tân, Nam Định, tất cả các trạm này đều thuộc mạng lưới trạm của Tổng cục KTTV hoạt động liên tục, ổn định và lâu dài do Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng, quản lý và khai thác; các yếu tố quan trắc của các trạm như sau:

Bảng 8: Trạm khí tượng thủy văn trong khu vực nghiên cứu

TT	Tên trạm	Yếu tố quan trắc
1	Khí tượng Láng	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt, ẩm, áp. . .
2	Khí tượng Hà Đông	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt, ẩm, áp. . .
3	Khí tượng Sơn Tây	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt, ẩm. . .
4	Khí tượng Ba Vì	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
5	Khí tượng Hòa Bình	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
6	Khí tượng Kim Bôi	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
7	Khí tượng Chi Nê	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
8	Khí tượng Hà Nam	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt, ẩm. . .
9	Khí tượng Nho Quan	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
10	Khí tượng Hưng Thi	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
11	Khí tượng Ninh Bình	Mưa, gió bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
12	Khí tượng Nam Định	Mưa, gió, bốc hơi, nhiệt , ẩm, áp. . .
3	Thủy văn Ba Thá	Mực nước, nhiệt độ nước, mưa
14	Thủy văn Phủ Lý	Mực nước, nhiệt độ nước
15	Thủy văn Hưng Thi	Mực nước, nhiệt độ nước, mưa
16	Thủy văn Bến Đẽ	Mực nước, nhiệt độ nước, mưa
17	Thủy văn Gián Khẩu	Mực nước, nhiệt độ nước, mưa
18	Thủy văn Ninh Bình	Mực nước, nhiệt độ nước
19	Thủy văn Như Tân	Mực nước, nhiệt độ nước, mưa
20	Thủy văn Nam Định	Mực nước, lưu lượng, nhiệt độ nước, mưa

c. Đặc điểm dòng chảy mùa lũ và đặc điểm thủy triều vùng cửa sông

* Đặc điểm dòng chảy lũ:

Mùa lũ lưu vực sông Đáy – Hoàng Long kéo dài 6 tháng, bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào cuối tháng 10. Theo tài liệu quan trắc, lũ lớn nhất thường xảy ra vào tháng 8, 9 tuy nhiên cũng có năm mùa lũ kéo dài sang tháng 10, đỉnh lũ cao nhất xuất hiện vào đầu tháng 10.

+ Sông Hoàng Long: ở Hưng Thi lũ khá lớn vì chưa bị điều tiết nhiều về tới Gián Khẩu thì lũ điều hoà hơn vì đã bị điều tiết rất nhiều vào khu hữu và một phần phân qua Đầm Cút gia nhập vào sông Đáy ở Dịch Lộng. Lưu lượng lũ lớn nhất của sông Hoàng Long tham gia nhập vào sông Đáy ở ngã ba Gián Khẩu cũng chỉ còn dưới $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ [6].

Thời gian truyền lũ: Trong dự báo thủy văn thời gian truyền lũ hết sức quan trọng là cơ sở để lựa chọn phương pháp dự báo, từ tài liệu thống kê thời gian xuất hiện đỉnh lũ nhiều năm tại trạm thủy văn Hưng Thi và Bến Đé từ năm 2007 đến 2017 xác định được thời gian truyền lũ từ Hưng Thi về Bến Đé khoảng 18 giờ.

Bảng 9: Thống kê thời gian truyền lũ từ Hưng Thi về Bến Đé

STT	Năm	$H_{\max}(\text{cm})$ Hưng Thi	Thời gian xuất hiện	$H_{\max}(\text{cm})$ Bến Đé	Thời gian xuất hiện	ΔT (giờ)
1	2007	1848	15h5/10	517	01h6/10	10
2	2008	1461	9h28/8	432	23h28/8	14
3	2008	1573	21h31/10	468	6h01/11	9
4	2010	1024	13h18/7	157	01h19/7	12
5	2010	1461	09h28/8	432	23h28/8	14
6	2011	1057	01h25/6	276	01h26/6	24
7	2011	914	13h15/7	196	01h17/7	36
8	2011	935	19h02/8	216	07h3/8	12

STT	Năm	H _{max} (cm) Hung Thi	Thời gian xuất hiện	H _{max} (cm) Bến Đố	Thời gian xuất hiện	ΔT (giờ)
9	2011	1080	13h12/9	262	01h13/9	12
10	2012	799	19h2/7	171	01h4/7	30
11	2012	787	13h31/7	188	1h2/8	36
12	2012	958	01h9/8	235	01h10/8	24
13	2012	1095	13h7/9	326	22h7/9	9
14	2013	1285	9h9/8	371	18h9/8	9
15	2013	860	19h12/9	214	01h13/9	6
16	2014	923	7h11/6	174	01h13/6	42
17	2014	1326	16h29/8	325	01h30/8	9
18	2015	837	13h2/8	179	13h3/8	24
19	2015	1650	11h18/9	392	22h18/9	11
20	2016	1069	7h25/5	170	07h28/5	36
21	2016	1064	19h28/7	291	01h29/7	6
22	2016	1208	7h20/8	344	13h20/8	6
23	2017	1552	20h11/10	553	8h12/10	12
						17.5

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Nguyên nhân gây ra lũ trên hệ thống sông Hoàng Long và đặc điểm lũ tại trạm thủy văn Bến Đố được thống kê trong bảng dưới đây.

**Bảng 10: Nguyên nhân và đặc điểm gây mưa lũ chủ yếu trên lưu vực sông
Hoàng Long tại Bến Đê**

STT	Thời gian lũ	Nguyên nhân chính gây lũ	Đặc điểm lũ
1	3/10- 21/10/2007	Do bão số 5 (Hà Tĩnh-Quảng Bình)	Xuất hiện lũ lớn với biên độ lũ là 3,66 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 14 cm/giờ, trên mức BĐ3 là 1,17 m.
2	7/8- 23/8/2008	Bão số 4 (Quảng Ninh)	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 1,18m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 4cm/giờ.
3	29/10- 14/11/2008	Hội tụ gió đông nam phát triển từ mặt đất lên độ cao 5000m	Xuất hiện trận lũ lớn từ ngày 29/10 đến 14/11 với biên độ lũ là 3,95 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 24 cm/giờ, trên BĐ3 là 0,68 m.
4	12/9- 21/9/2009	Bão số 8	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 1,25 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 7 cm/giờ.
5	24/8- 5/9/2010	Bão số 3 (Thanh Hóa - Nghệ An)	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 2,74 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 11 cm/giờ, trên BĐ3 là 0,32 m
6	24/6- 10/7/2011	Bão số 2 (Đồng Bằng Bắc Bộ)	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 2,06 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 10 cm/giờ, dưới BĐ1 là 0,24 m
7	10/9- 18/9/2011	Hội tụ nhiệt đới	Xuất hiện trận lũ với biên độ lũ là 1,65 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 7 cm/giờ, dưới BĐ1 là 0,38 m.
8	6/9- 15/9/2012	Hội tụ nhiệt đới	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 2,22 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 9 cm/giờ, dưới BĐ2 là 0,26m.
9	21/7-	Bão số 5 (Quảng	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 2,50 m.

STT	Thời gian lũ	Nguyên nhân chính gây lũ	Đặc điểm lũ
	31/8/2013	Ninh)	Cường xuất lũ lên lớn nhất là 8 cm/giờ, trên BĐ2 là 0,21 m.
10	27/8- 13/9/2014	Hội tụ nhiệt đới	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 2,50 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 17 cm/giờ. dưới BĐ2 là 0,25 m.
11	17/9- 30/9/2015	Rìa tây nam lưỡi áp cao lục địa tăng cường + nhiễu động trong đới gió đông trên cao	Xuất hiện lũ với biên độ lũ là 3,16 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 14 cm/giờ, dưới mức BĐIII là 0,09 m.
12	17/8- 27/8/2016	Bão số 3 (Hải Phòng và Thái Bình)	Xuất hiện trận lũ với biên độ lũ là 2,42 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 11 cm/giờ, dưới báo động BĐ2 là 0,06 m.
13	10/10- 12/10/2017	ATND + KKL	Xuất hiện lũ lớn với biên độ lũ là 3,87 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 21 cm/giờ, vượt BĐ3 là 1,53 m

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

+ Sông Đáy: Ở Ba Thá lưu lượng lớn nhất chỉ đạt khoảng 500 m³/s. Trường hợp có phân lũ sông Hồng vào sông Đáy qua Vân Cốc và đập Đáy thì lưu lượng lớn nhất như lũ tháng 8 năm 1971 cũng chỉ đạt 798 m³/s. Các trận lũ lớn thường tập trung vào tháng 8 và 9, mực nước đỉnh lũ năm thường xuất hiện vào 2 tháng này chiếm tỷ lệ 62,5%. Theo thống kê tại trạm Phủ Lý, 2 năm có mực nước đỉnh lũ cao nhất lại không xuất hiện vào lũ chính vụ mà xuất hiện muộn sang tháng 11: mực nước đỉnh lũ năm 2008 là 4,62m ngày 2/11, mực nước đỉnh lũ năm 2017 là 4,93m ngày 13/10, đây là mực nước cao nhất trong chuỗi số liệu quan trắc tại trạm từ năm 1965 đến 2017. Cường suất lũ lên trung bình là 0,02m/giờ, cường suất lũ lên lớn nhất là 0,18m/giờ (trận lũ từ ngày 08 đến 28/11/1984). Thời gian kéo dài mỗi trận lũ

rất khác nhau tùy thuộc vào lượng mưa sinh lũ, thông thường trận lũ Tiểu Mãn đầu mùa thời gian ngắn chỉ khoảng 5 đến 7 ngày, các trận lũ chính vụ thường kéo dài từ 9 đến 11 ngày, trận lũ kéo dài nhất từ ngày 30/10 đến 25/11/2008 (27 ngày).

Thời gian truyền lũ: Từ tài liệu thống kê thời gian xuất hiện đỉnh lũ nhiều năm tại trạm thủy văn Ba Thá và Phủ Lý từ năm 2001 đến 2017 ta xác định được thời gian truyền lũ từ Ba Thá về Phủ Lý khoảng 10,1 giờ, thời gian truyền lũ rất khác nhau giữa các trận lũ, có những trận lũ thời gian xuất hiện đỉnh lũ tại Phủ Lý lại trước Ba Thá, điều này có thể do lượng mưa phân bố không đều trên lưu vực tập trung nhiều ở hạ lưu hoặc tâm mưa xuất hiện ở hạ lưu trước sau đó mới chuyển lên thượng lưu lưu vực sông Đáy.

Bảng 11: Thống kê thời gian truyền lũ từ Ba Thá về Phủ Lý

STT	Năm	$H_{\max}(\text{cm})$ Ba Thá	Thời gian xuất hiện	$H_{\max}(\text{cm})$ Phủ Lý	Thời gian xuất hiện	ΔT (giờ)
1	2001	476	01h10/7	332	7h10/7	6
2	2001	492	5h5/8	337	11h5/8	6
3	2004	473	5h25/7	361	9h25/7	4
4	2005	448	17h20/9	365	10h21/9	17
5	2008	445	19h19/7	287	23h19/7	4
6	2008	327	7h11/8	266	21h12/8	38
7	2009	467	21h18/7	334	22h18/7	1
8	2012	474	06h20/8	283	9h20/8	3
9	2013	595	17h10/8	397	2h11/8	9
10	2014	433	10h31/8	270	13h31/8	3
11	2015	443	19h22/9	300	15h23/9	20
TB						10.1

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam

Nguyên nhân gây ra lũ trên hệ thống sông Đáy và đặc điểm lũ tại trạm thủy văn Phủ Lý được thống kê trong bảng dưới đây.

**Bảng 12: Nguyên nhân và đặc điểm gây mưa lũ chủ yếu trên lưu vực sông Đáy
tại Phủ Lý**

STT	Thời gian lũ	Nguyên nhân chính gây lũ	Đặc điểm lũ
1	29/10- 14/11/2008	Hội tụ gió ĐN phát triển từ mặt đất lên độ cao 5000m	Xuất hiện trận lũ lớn với biên độ lũ là 3,18 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 14 cm/giờ, trên BĐ3 là 0,52 m.
2	27/8- 21/9/2010	Bão số 3 (Thanh Hóa - Nghệ An)	Xuất hiện trận lũ lớn với biên độ lũ là 1,61 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 7 cm/giờ, dưới BĐ3 là 0,19 m.
3	30/6- 4/7/2012	Bão số 3	Xuất hiện trận lũ với biên độ lũ là 1,47 m. Cường xuất lũ lên lớn nhất là 10 cm/giờ, dưới BĐ1 là 0,38 m.
4	27/7- 7/8/2013	Bão số 5	Xuất hiện lũ với biên độ là 2,06m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 2,8 cm/giờ, dưới mức BĐ2 0,31m.
5	7/8- 17/8/2013	Bão số 6	Xuất hiện lũ với biên độ là 1,28m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 4,5 cm/giờ, trên mức BĐ2 0,47m.
6	17- 26/9/2014	Ảnh hưởng của Bão số 3 sau ảnh hưởng của KKL	Xuất hiện lũ với biên độ là 1,56m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 15 cm/giờ, dưới mức BĐ1 0,39m.
7	28/7 - 10/8/2015	Do ảnh hưởng của rãnh áp thấp + xoáy thấp trên khu vực Bắc Bộ	Xuất hiện lũ với biên độ là 1,64m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 10 cm/giờ, dưới mức BĐ1 0,86m.
8	17 - 30/9/2015	Do ảnh hưởng của rãnh áp thấp bị nén bởi bộ phận KKL	Xuất hiện lũ với biên độ là 2,05m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 6,6 cm/giờ, trên mức BĐ1 0,10m.

STT	Thời gian lũ	Nguyên nhân chính gây lũ	Đặc điểm lũ
9	18- 27/8/2016	Do ảnh hưởng của bão số 3	Xuất hiện lũ với biên độ là 1,75m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 5,7 cm/giờ, dưới mức BĐ2 0,01m.
10	08- 26/10/2017	Do ảnh hưởng rìa bắc hoàn lưu ATNĐ kết hợp với đới gió đông hoạt động mạnh	Xuất hiện lũ với biên độ là 2,90m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 9,8 cm/giờ, đỉnh lũ trên mức BĐ3 0,83m.
11	15/7 đến 26/7/2018	Dải hội tụ nhiệt đới + xoáy thấp trên khu vực Bắc Bộ	Xuất hiện lũ với biên độ là 3,06m. Cường xuất lũ lên lớn nhất 4,33 cm/giờ, đỉnh lũ trên mức BĐ3 0,28m.

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam

***Đặc điểm thủy triều vùng cửa sông [6]**

+ Dòng chảy ở hạ lưu lưu vực sông Đáy – Hoàng Long bị ảnh hưởng thủy triều vịnh Bắc Bộ. Sóng đỉnh triều truyền sâu vào nội địa 150 km (gần Ba Thá) về mùa cạn và 50 - 100 km (gần Phủ Lý) về mùa lũ.

+ Chế độ thủy triều vùng biển từ cửa sông Đáy là chế độ nhật triều không thuần nhất, hàng tháng vẫn có một số ngày bán nhật triều nhưng không rõ nét đỉnh phụ, chân phụ không chênh lệch nhau nhiều. Mỗi tháng có hai kỳ triều. Độ lớn của sóng triều giảm đi rất nhanh ở vùng gần cửa sông. Mực nước các sông lớn, nhỏ trong lưu vực lên, xuống theo chế độ thủy triều ngoài biển, càng ở xa thì ảnh hưởng càng nhỏ, trong mùa lũ mức độ ảnh hưởng ít hơn. Khi lũ gặp triều cường gây nên sự giảm biên độ, dạng đường mực nước trong các sông khi đó là dạng xáo trộn giữa lũ và triều, đoạn sông xa biển thì thiên dạng quá trình mực nước lũ.

+ Thời gian triều lên trong ngày thường khoảng 8 - 9 giờ, thời gian triều xuống khoảng 15-16 giờ. Những ngày triều cường thời gian triều lên dài hơn (khoảng 9 – 10 giờ) và thời gian triều xuống ngắn lại (khoảng 14 - 15 giờ). Ở đây

thủy triều thuộc loại triều yếu, khi xâm nhập vào nội địa thì độ lớn thủy triều giảm đi, thời gian triều lên ngắn lại, thời gian triều xuống dài ra. Trong một ngày biên độ triều trung bình khoảng 120 -150 cm, lớn nhất đạt khoảng 300cm, nhỏ nhất 2 -3 cm.

Hàng tháng trung bình có hai lần triều cường, hai lần triều kém. Mỗi kỳ triều khoảng 14-15 ngày đôi khi chỉ có 13 ngày (tính chất chung của thủy triều vịnh Bắc Bộ).

Trong năm, biên độ triều về mùa lũ nhỏ hơn về mùa kiệt. Biên độ triều lớn nhất thường xuất hiện vào tháng 12, sau đó là tháng 1, 2. Tháng có biên độ triều nhỏ nhất là tháng 9 hoặc tháng 10.

Ảnh hưởng của thủy triều vào sâu trong sông Đáy – Hoàng Long, thường giảm dần từ cửa sông vào nội địa, ảnh hưởng thủy triều mạnh nhất vào các tháng mùa kiệt, giảm đi trong các tháng lũ lớn. Đáng chú ý là các tháng cuối mùa khô từ tháng 1 đến tháng 3 tuy mực nước biển bình quân thấp, kể cả lúc nước biển cao nhất của các tháng này cũng không cao hơn so với các tháng đầu mùa khô. Nhưng cuối mùa khô lưu lượng trên sông Đáy – Hoàng Long và các phân lưu đều giảm xuống rất nhỏ, nên ảnh hưởng nước triều xuống vào rất sâu trong nội địa 150 km về mùa cạn, tới Ba Thá trên sông Đáy.

1.2.2. Đặc điểm kinh tế xã hội

Lưu vực sông Đáy - Hoàng Long thuộc địa giới của 5 tỉnh Hà Nội, Hà Nam, Nam Định, Hòa Bình và Ninh Bình với tổng diện tích khoảng 9180 km².

***Dân cư và lao động**

Dân số của 5 tỉnh trong toàn lưu vực là 10.929.470 người (2009), mật độ dân số trung bình đạt 989 người/km² cao hơn mật độ trung bình vùng Đồng bằng sông Hồng (930 người/km²) [3].

Dân cư phân bố không đồng đều, vùng tập trung dân đông nhất là thành phố Hà Nội, Ninh Bình, Phủ Lý, Nam Định và thành phố Hòa Bình. Thưa thớt nhất là huyện Mai Châu (tỉnh Hòa Bình) và huyện Nho Quan (tỉnh Ninh Bình), Kim Bảng (tỉnh Hà Nam).

***Hiện trạng kinh tế**

Tỉnh Hà Nam:

Sản xuất công nghiệp: Giá trị sản xuất năm 2016 ước đạt 68.570 tỷ đồng. Trong đó: Khu vực công nghiệp trong nhà nước ước đạt 3.221,8 tỷ đồng, tăng 22,36% so với năm 2010; công nghiệp ngoài nhà nước ước đạt 35.012,8 tỷ đồng, tăng 15,01% so với năm 2015; công nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài ước đạt 30.335,4 tỷ đồng, tăng 15,27% so với năm 2015. Sản xuất công nghiệp đã từng bước ổn định và tăng trưởng cao hơn năm 2015. Công nghiệp khai thác tăng 6,92% so với năm 2015 theo giá hiện hành; công nghiệp chế biến chế tạo tăng 8,8% so với năm 2015 theo giá hiện hành; đặc biệt, khu vực có vốn đầu tư nước ngoài tăng trưởng mạnh, thể hiện sự chuyển đổi mô hình tăng trưởng theo hướng giảm công nghiệp khai khoáng, phát triển công nghiệp sạch, công nghiệp chế biến.

Sản xuất nông nghiệp: Trong những năm gần đây, ngành nông nghiệp toàn tỉnh gặp nhiều khó khăn do thời tiết, thiên tai, dịch bệnh, bên cạnh đó diện tích đất sản xuất nông nghiệp giảm, đặc biệt từ năm 2012. Tuy nhiên, giá trị sản xuất nông nghiệp giai đoạn 2010 - 2016 vẫn có xu hướng tăng, sản phẩm ngành trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản đạt năng suất, chất lượng và giá trị kinh tế cao.

Cơ cấu giá trị sản xuất nông nghiệp: Năm 2016, tổng giá trị sản xuất ngành nông nghiệp theo giá hiện hành đạt 9.566,9 tỷ đồng. Cơ cấu giá trị sản xuất nông nghiệp trong những năm qua đã có sự chuyển dịch theo hướng tích cực, trong đó tăng dần tỷ trọng lĩnh vực chăn nuôi, thủy sản, giảm dần tỷ trọng lĩnh vực trồng trọt (trồng trọt giảm từ 50,69% năm 2010 xuống còn 48,1 % năm 2016, chăn nuôi từ 35,7% năm 2010 tăng lên 46,1% năm 2016). Chăn nuôi từng bước thể hiện được vị trí quan trọng, dần trở thành lĩnh vực sản xuất chính trong nông nghiệp.

Thương mại, dịch vụ: Phát triển đa dạng cả về quy mô, ngành nghề, thị trường với sự tham gia của nhiều thành phần kinh tế, góp phần bình ổn thị trường, đáp ứng nhu cầu sản xuất và tiêu dùng của nhân dân. Hoạt động xúc tiến đầu tư, hội chợ, quảng bá du lịch có nhiều tiến bộ. Đã hình thành một số tua, tuyến du lịch trên địa bàn. Hoàn thành đầu tư, nâng cấp, đưa vào khai thác công trình Bến thủy đi Chùa Hương, Chùa Long Đọi sơn... Đẩy mạnh đầu tư hạ tầng khu du lịch Tam Chúc Ba Sao, chùa Bà Đanh, Đền Trần Thương...

Du lịch: Trên địa bàn tỉnh Hà Nam tính đến năm 2017 có:114 đơn vị kinh doanh lưu trú du lịch; 26 đơn vị kinh doanh lữ hành; Lượng khách du lịch: Khách du lịch đến Hà Nam liên tục tăng qua các năm, từ năm 2011 – 2016 tốc độ tăng trưởng bình quân của tổng lượng khách du lịch năm sau so với năm trước ở mức 31,7%, tính đến năm 2016 khách du lịch đến Hà Nam đạt 915.000 lượt người, tăng 19% so với năm 2015 (770.000 lượt người) [2].

Tỉnh Ninh Bình:

Trong những năm qua, cơ cấu kinh tế tỉnh Ninh Bình có sự chuyển dịch theo hướng tích cực, tăng nhanh tỷ trọng ngành công nghiệp - xây dựng và thương mại - dịch vụ, giảm tỷ trọng ngành nông - lâm nghiệp, thủy sản từ 29,18% năm 2005 xuống còn 17,93%, năm 2016 còn 14,7%, tỷ trọng ngành Công nghiệp - Xây dựng tăng từ 38,27% năm 2005 lên 43% năm 2016, tỷ trọng ngành Thương mại dịch vụ tăng từ 32,55% năm 2005 lên 42,3% năm 2016.

Tổng kim ngạch xuất khẩu trên địa bàn gồm xuất khẩu hàng hóa và dịch vụ từ 21,9 triệu USD năm 2005 đến 2008 đạt 48,22 triệu USD, đến năm 2009 đạt 67,9 triệu USD, năm 2013 đạt 584,86 triệu USD. Với sự phát triển kinh tế của tỉnh Ninh Bình như trên, góp phần tăng năng lực huy động vốn đầu tư cho phát triển kinh tế nói chung và phát triển nông nghiệp nói riêng của tỉnh trong những năm tới. Nền kinh tế từng bước có sự chuyển dịch theo hướng hình thành các vùng động lực phát triển kinh tế của tỉnh, vùng chuyên canh và các khu công nghiệp, cụm công nghiệp như: vùng chuyên canh cây lúa chất lượng cao ở Kim Sơn, Yên Khánh, Yên Mô; chuyên canh cây dứa ở thị xã Tam Điệp; Cây lạc ở Nho Quan... Các khu, cụm công nghiệp ở thành phố Ninh Bình, thị xã Tam Điệp, huyện Hoa Lư, Gia Viễn [8].

CHƯƠNG 2: GIỚI THIỆU MÔ HÌNH MIKE11

Như đã phân tích ở trên, trên thế giới và ở Việt Nam đã có rất nhiều nghiên cứu ứng dụng các mô hình thủy văn, thủy lực dự báo lũ đã đạt được nhiều thành công đặc biệt là mô hình MIKE11, trong nghiên cứu của mình học viên lựa chọn mô hình MIKE11 để phục vụ công tác dự báo lũ lưu vực sông Đáy – Hoàng Long và ứng dụng mô hình NAM (MIKE-NAM) trong bộ MIKE11 để dự báo biên lưu lượng. Phần mềm MIKE được Viện thủy lực Đan Mạch xây dựng, trải qua nhiều lần bổ sung nâng cấp, hiện đang được sử dụng rộng rãi gồm có các mô đun: MIKE11, MIKE21, MIKE-NAM,...

2.1. Giới thiệu mô hình NAM [9]

Tên gọi NAM xuất phát từ chữ viết tắt trong tiếng Đan Mạch "*Nedbor - Afstromming - Model*", nghĩa là mô hình mưa - dòng chảy. Mô hình NAM được xây dựng vào khoảng năm 1982 tại khoa Thủy Văn Viện kỹ thuật thủy động lực và thủy lực thuộc trường Đại học kỹ thuật Đan Mạch thuộc loại mô hình thủy văn thông số tập trung. NAM là một hệ thống các diễn toán dưới dạng định lượng đơn giản thể hiện trạng thái của đất trong chu kỳ thủy văn.

Mô hình NAM đã được sử dụng tốt với các chế độ thủy văn và khí hậu khác nhau ở nhiều nơi trên thế giới như Borneo, Montana, Srilanka, Thái Lan, Ấn Độ... Ở Việt Nam, mô hình này đã được nghiên cứu sử dụng trong tính toán dự báo lũ trên nhiều hệ thống sông. Hiện nay trong mô hình thủy động lực MIKE 11 (do Viện Thủy lực Đan Mạch - DHI xây dựng), NAM đã được tích hợp như là một môđun nhằm tính toán dòng chảy từ mưa và được xây dựng trên nguyên tắc xếp 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng (hình 2) và 2 bể chứa tuyến tính nằm ngang bao gồm:

Bể chứa tuyết tan

Bể chứa tuyết tan được kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ. Đối với điều kiện khí hậu nhiệt đới ở Việt Nam, không xét đến bể chứa này.

Bể chứa mặt

Lượng ẩm trữ trên bề mặt của thực vật, lượng nước điền trứng trên bề mặt lưu vực và lượng nước trong tầng sát mặt được đặc trưng bởi lượng trữ bề mặt. Giới hạn trữ nước tối đa trong bể chứa này được ký hiệu bằng U_{max} .

Lượng nước U trong bể chứa mặt sẽ giảm dần do bốc hơi, do thất thoát theo phương nằm ngang (dòng chảy sát mặt). Khi lượng nước này vượt quá ngưỡng $U_{\max}$ thì một phần của lượng nước vượt ngưỡng P_N này sẽ chảy vào suối dưới dạng dòng chảy tràn bề mặt, phần còn lại sẽ thấm xuống bề mặt và bể ngầm.

Lượng nước ở bể chứa mặt bao gồm lượng nước mưa do lớp phủ thực vật chặn lại, lượng nước đọng lại trong các chỗ trũng và lượng nước trong tầng sát mặt.

Bể chứa tầng dưới (bể tầng rễ cây)

Bể này thuộc tầng rễ cây, là lớp đất mà thực vật có thể hút nước để thoát ẩm. Giới hạn trên của lượng ẩm tối đa trong bể chứa này được ký hiệu là $L_{\max}$.

Lượng ẩm của bể chứa sát mặt được đặc trưng bằng đại lượng L , phụ thuộc vào lượng tổn thất thoát hơi của thực vật. Lượng ẩm này cũng ảnh hưởng đến lượng nước sẽ đi xuống bể chứa ngầm để bổ sung nước ngầm. Tỷ số $L/L_{\max}$ biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

Bốc thoát hơi nước của thực vật được ký hiệu là E_a , tỷ lệ với lượng bốc thoát hơi nước tiềm năng E_p .

$$E_a = E_p L/L_{\max}$$

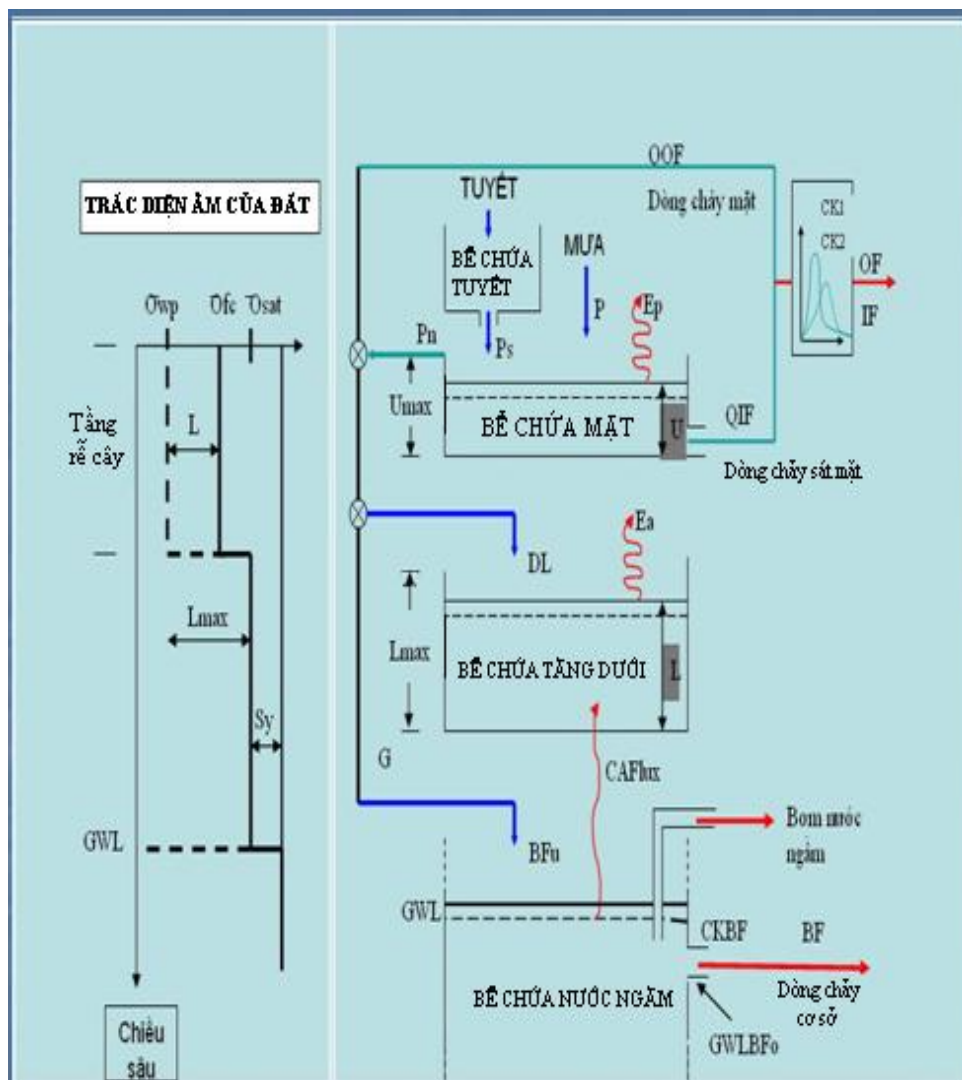
Bốc thoát hơi nước thực vật để thỏa mãn nhu cầu bốc hơi tiềm năng của bể chứa mặt. Nếu lượng ẩm U trong bể chứa mặt nhỏ hơn nhu cầu này thì nó sẽ lấy ẩm từ tầng rễ cây theo tốc độ E_a .

Bể ngầm (gồm 2 bể)

Lượng nước bổ sung cho dòng chảy ngầm phụ thuộc vào độ ẩm của đất trong tầng rễ cây. Mưa hoặc tuyết tan trước tiên đi vào bể chứa mặt. Lượng nước U trong bể chứa mặt liên tục tiêu hao cho bốc thoát hơi và thấm ngang để tạo thành dòng chảy sát mặt. Khi lượng nước U vượt quá giới hạn $U_{\max}$, phần lượng nước thừa sẽ tạo thành dòng chảy tràn để tiếp tục chảy ra sông, phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa nước ngầm.

Lượng cấp nước ngầm được chia ra thành 2 bể chứa: bể chứa nước ngầm tầng trên và bể chứa nước ngầm tầng dưới. Hoạt động của hai bể chứa này như các hồ chứa tuyến tính với các hằng số thời gian khác nhau. Nước trong hai bể chứa này sẽ tạo thành dòng chảy ngầm.

Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt được diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất. Sau đó, tất cả các thành phần dòng chảy được cộng lại và diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ hai. Cuối cùng sẽ được dòng chảy tổng cộng tại cửa ra.



Hình 2: Cấu trúc thẳng đứng của mô hình NAM

2.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình thủy lực trong MIKE11 [9]

MIKE11 là một trong phần mềm trong bộ chương trình MIKE do Viện Thủy lực Đan Mạch xây dựng và phổ biến rộng rãi trên toàn thế giới.

Mô-đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống lập mô hình MIKE11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô-đun bao gồm Dự báo lũ, Tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô-đun vận chuyển bùn cát. Mô-đun thủy

lực trong MIKE11 giải các phương trình tổng hợp theo phương dòng chảy để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng, nghĩa là hệ phương trình Saint Venant.

Các ứng dụng liên quan đến mô-đun MIKE11 HD bao gồm:

- Dự báo lũ và vận hành hồ chứa
- Các phương pháp mô phỏng kiểm soát lũ
- Vận hành hệ thống tưới và tiêu thoát bề mặt
- Thiết kế các hệ thống kênh dẫn
- Nghiên cứu sóng triều và dâng nước do mưa ở sông và cửa sông

Phương trình cơ bản của mô hình để tính toán cho trường hợp dòng không ổn định là hệ phương trình bao gồm phương trình liên tục và phương trình động lượng (hệ phương trình Saint Venant) với các giả thiết:

- Dòng chảy là dòng một chiều, độ sâu và vận tốc chỉ thay đổi theo chiều dọc của lòng dẫn
- Dòng chảy thay đổi từ từ dọc theo lòng dẫn để áp suất thủy tĩnh chiếm ưu thế, gia tốc theo chiều thẳng đứng được bỏ qua
- Trục của lòng dẫn được coi như một đường thẳng
- Độ dốc đáy lòng dẫn nhỏ và đáy cố định, bỏ qua hiện tượng xói và bồi
- Có thể áp dụng hệ số sức cản của dòng chảy rối đều, ổn định cho dòng không ổn định để mô tả các tác động của lực cản
- Chất lỏng không nén được và có khối lượng không đổi trong toàn dòng chảy.

Phương trình liên tục:

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

Phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

Trong đó: Q: lưu lượng (m³/s)

A: diện tích mặt cắt ngang (m²)

q: lưu lượng nhập lưu trên một đơn vị chiều dài dọc sông (m²/s)

C: hệ số Chezy, $C = \frac{1}{n} R^y$, theo Manning $y=1/6$

α : hệ số sửa chữa động lượng

R: bán kính thủy lực (m)

g: gia tốc trọng trường (m/s^2)

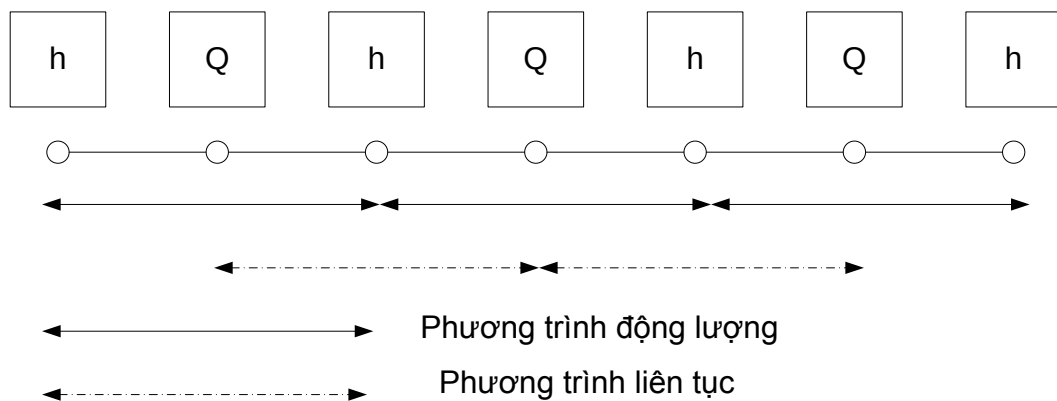
h: độ sâu dòng nước (m)

x: biến không gian

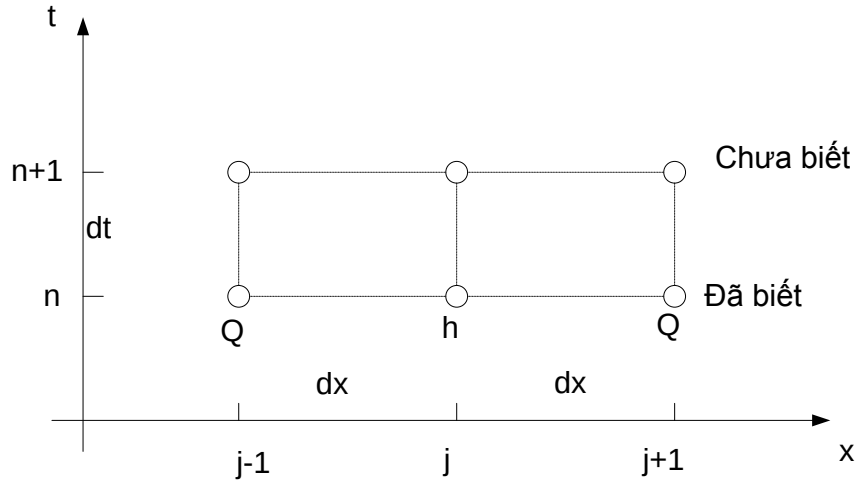
c. Phương pháp giải

Hệ phương trình Saint Venant là một hệ gồm hai phương trình vi phân đạo hàm riêng phi tuyến bậc nhất. Trong trường hợp tổng quát, hệ phương trình có dạng này không giải được bằng phương pháp giải tích, do đó người ta giải phương trình này bằng phương pháp gần đúng (phương pháp số hóa) và MIKE11 cũng dùng phương pháp này để giải hệ phương trình Saint Venant với lược đồ sai phân hữu hạn 6 điểm sơ đồ ẩn Abbott- Inoescu.

Một lưới tính toán xen kẽ các điểm Q (lưu lượng) và h (mực nước) được sử dụng. Hình minh họa:



Hình 3: Sơ đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn Abbott



Hình 4: Sơ đồ sai phân 6 điểm ẩn Abbott trong mặt phẳng $x \sim t$

Trong phương trình liên tục, ta có:

$$\frac{\partial A}{\partial t} = b \frac{\partial h}{\partial t} \Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (3)$$

Sai phân hóa phương trình (3) tại bước thời gian thứ $(n+1/2)$. Ta thu được các phương trình sai phân

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\frac{(Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n)}{2} - \frac{(Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (4)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} \quad (5)$$

Tính b trong phương trình (3), được tính theo công thức:

$$b = \frac{A_{0,j} + A_{0,j+1}}{\Delta 2x_j} \quad (6)$$

Trong đó:

$A_{0,j}$: diện tích mặt phân cách giữa 2 điểm lưới j-1 và điểm lưới j

$A_{0,j+1}$: diện tích mặt phân cách giữa 2 điểm lưới j và điểm lưới j+1

$\Delta 2x_j$: khoảng cách giữa hai điểm lưới j-1 và j+1

Thế vào các phương trình sai phân, rút gọn các hệ số ta thu được phương trình:

$$\alpha_j Q_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j Q_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (7)$$

Với α, β, γ là hàm của b và δ , ngoài ra nó còn phụ thuộc vào giá trị Q và h tại bước thời gian n và giá trị Q tại bước thời gian $n+1/2$

Với phương trình động lượng, sai phân hóa phương trình (2) ta có:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_j^{n+1} - Q_j^n}{\Delta t} \quad (8)$$

$$\frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} = \frac{(\alpha \frac{Q^2}{A})_{j+1}^{n+1/2} - (\alpha \frac{Q^2}{A})_{j-1}^{n+1/2}}{\Delta 2x_j} \quad (9)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{\frac{(h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n)}{2} - \frac{(h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (10)$$

Để xác định thành phần bậc 2 trong phương trình (9), người ta sử dụng phương trình gần đúng:

$$Q^2 \approx \theta Q_j^{n+1} Q_j^n - (\theta - 1) Q_j^n Q_j^n \quad (11)$$

Với θ là hệ số do người sử dụng tự xác định (hệ số này được ghi trong mục Default value của moodun HD và có mặc định từ 0 đến 1)

Thế vào các phương trình sai phân và rút gọn các hệ số, ta thu được phương trình động lượng viết dưới dạng:

$$\alpha_j h_{j-1}^{n+1} + \beta_j Q_j^{n+1} + \gamma_j h_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (12)$$

Trong đó: $\alpha_j = f(A)$

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

$$\gamma_j = f(A)$$

$$\delta = f(A, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v, \theta, h_{j-1}^n, Q_{j-1}^{n+1/2}, Q_j^n, h_{j+1}^n, Q_{j+1}^{n+1/2})$$

Từ đó, khi viết các phương trình này với đầy đủ các bước thời gian, chúng ta sẽ thu được một ma trận tính toán. Để tìm nghiệm của bài toán, chúng ta phải sử dụng công cụ toán học để giải các ma trận này.

Tính ổn định của phương pháp sai phân hữu hạn để giải hệ phương trình Saint Venant được bảo đảm khi các điều kiện sau được thỏa mãn:

- Số liệu địa hình phải tốt, giá trị cho phép tối đa với Δx được lựa chọn trên cơ sở này.

- Bước thời gian Δt cần thiết đủ nhỏ để điều kiện ổn định Courant được thỏa mãn. Tuy nhiên, khi giải hệ phương trình Saint Venant với sơ đồ ẩn thì điều kiện ổn định Courant không nhất thiết phải thỏa mãn.

2.3. Phương pháp đánh giá sai số

- **Đánh giá trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:**

Sai số giữa lưu lượng tính toán và thực đo trong bước hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình được đánh giá theo chỉ số Nash-Sutcliffe.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [Q_{obs,i} - Q_{sim,i}]^2}{\sum_{i=1}^n [Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs}]^2}$$

Trong đó: $Q_{obs,i}$: lưu lượng thực đo tại thời điểm thứ i

$Q_{sim,i}$: lưu lượng tính toán tại thời điểm thứ i

$\bar{Q}_{obs}$: lưu lượng thực đo trung bình các thời đoạn.

Đánh giá về sai số đỉnh lũ, về thời gian xuất hiện đỉnh lũ, về tổng lượng lũ giữa tính toán và thực đo; đánh giá định tính về đường quá trình lũ, đường nước lên, đường nước xuống giữa tính toán và thực đo.

- **Đánh giá phương án dự báo:**

(Nguồn: QCVN 18-2008 BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Dự báo lũ)

* Tính sai số cho phép dự báo lũ:

Sai số cho phép của dự báo lũ được tính bằng công thức:

$$Scf = 0.674 * \sigma \quad (13)$$

Với σ là độ lệch chuẩn của giá trị mực nước hay biên độ mực nước trong thời gian dự kiến được tính theo công thức:

$$\sigma = \sqrt{\sum (y_i - y_{tb})^2 / n - 1} \quad (14)$$

Trong đó: y_i là các giá trị mực nước thực đo hay biên độ thay đổi mực nước ứng với thời gian dự kiến

y_{tb} là giá trị trung bình của chuỗi số liệu.

* Đánh giá phương án dự báo lũ:

Phương án dự báo lũ phải được dự báo kiểm tra để đánh giá chất lượng và tiêu chuẩn vận dụng của các phương án dự báo.

Để đánh giá chất lượng phương án dự báo trước hết phải xác định độ lệch chuẩn của dự báo kiểm tra.

Độ lệch chuẩn dự báo kiểm tra được tính theo công thức:

$$\sigma' = \sqrt{\sum (y_i - y'_i)^2 / (n - m)} \quad (15)$$

Trong đó: y_i là trị số thực đo

y'_i là trị số dự báo kiểm tra

n là số điểm dự báo kiểm tra

m là số bậc tự do

Để đánh giá phương án hoặc mô hình dự báo thông qua tỷ số tương quan η , cách tính như sau:

$$\eta = \sqrt{1 - (\sigma' / \sigma)^2} \quad (16)$$

Theo công thức thì giá trị η chỉ phụ thuộc vào tỷ số (σ' / σ) , độ chính xác của σ' và σ phụ thuộc vào số hạng (n) của dãy số. Chất lượng của phương án dự báo được đánh giá như sau:

Bảng 13: Tiêu chuẩn xếp loại chất lượng của phương án dự báo

Chất lượng của phương án dự báo	σ' / σ	η	Mức bảo đảm của phương án dự báo P%
Tốt	≤ 0.50	≥ 0.86	≥ 82
Đạt	≤ 0.60	≥ 0.80	≥ 75
Dùng tạm	≤ 0.80	≥ 0.60	≥ 60
Không dùng được	> 0.80	< 0.60	< 60

Trong trường hợp dãy số liệu ngắn với ($n < 25$) thì chỉ tiêu trên vận dụng như sau: với n từ 16-24 thì tỷ số σ'/σ giảm đi 0.05; với n từ 15 trở xuống thì tỷ số σ'/σ giảm đi 0.10.

Đánh giá kết quả dự báo thông qua chất lượng của từng lần dự báo (sai số dự báo S_{db}) và so sánh với sai số cho phép để phân loại như sau:

Bảng 14: Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của từng lần dự báo.

Sai số dự báo (S_{db})	Xếp loại
$\leq 25\%$ sai số cho phép	Tốt
26-50% sai số cho phép	Khá
51-100% sai số cho phép	Đạt
101-150% sai số cho phép	Kém
$>150\%$ sai số cho phép	Quá kém

Đánh giá chung kết quả dự báo theo phần trăm giữa số lần dự báo đúng với tổng số lần dự báo theo công thức:

$$P = (n/N) \cdot 100\%$$

Với: P là mức bảo đảm dự báo (%)

n số lần dự báo đúng,

N là tổng số lần dự báo.

Phương án được tính là đạt khi $P \geq 75\%$.

CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE11 PHỤC VỤ DỰ BÁO LŨ HỆ THỐNG SÔNG ĐÁY – HOÀNG LONG

3.1. Cơ sở dữ liệu

Để thực hiện nghiên cứu, trong khuôn khổ luận văn này đã thu thập, kiểm tra và biên tập các số liệu đầu vào làm cơ sở cho việc thiết lập và hiệu chỉnh/kiểm định mô hình gồm có:

+ *Số liệu khí tượng thủy văn*

- Số liệu mưa (thời đoạn 6 giờ) của các trạm: Láng, Hà Đông, Sơn Tây, Ba Vì, Hòa Bình, Kim Bôi, Chi Nê, Ba Thá, Phủ Lý, Nho Quan, Ninh Bình, Bến Đé, Hưng Thi, Nam Định từ tháng 5 đến tháng 11 các năm 2000, 2001, 2003, 2010, 2017.

- Số liệu bốc hơi các trạm: Sơn Tây, Láng, Phủ Lý, Nho Quan các năm 2000, 2001, 2003, 2010, 2017.

- Số liệu dòng chảy: Q trạm Hưng Thi đo vào các năm 1969 – 1972, 1974, 1975. Q trạm Ba Thá đo vào các năm 1971, 1972, 1974.

- Số liệu mực nước mùa lũ: Được lấy từ 4 trạm trong lưu vực trạm thủy Ba Thá, Phủ Lý, Hưng Thi, Gián Khẩu từ tháng 5 đến tháng 11 các năm 2000, 2001, 2003, 2010, 2017.

STT	Năm	Mục đích
1	2000	Hiệu chỉnh
2	2017	
3	2001	Kiểm định
4	2003	
5	2010	

+ *Tài liệu mặt cắt:*

Gồm mặt cắt ngang, trắc dọc toàn tuyến hệ thống sông Đáy, Hoàng Long 45 mặt cắt được đo năm 2000 và sông Nhuệ 115 mặt cắt đo năm 1990 trong dự án Phòng chống lũ đồng bằng sông Hồng. Sông Đáy đã có số liệu đo bổ sung năm 2007 và tại 47 mặt cắt từ cầu Tân Lang đến cầu Tân Phú (Phủ Lý) đo năm 2010;

sông Châu Giang gồm 25 mặt cắt đo năm 2010. Các tài liệu có độ tin cậy cao và đã được các cơ quan sử dụng trong các dự án thuộc đồng bằng sông Hồng.

Thống kê số mặt cắt trên các nhánh sông như sau:

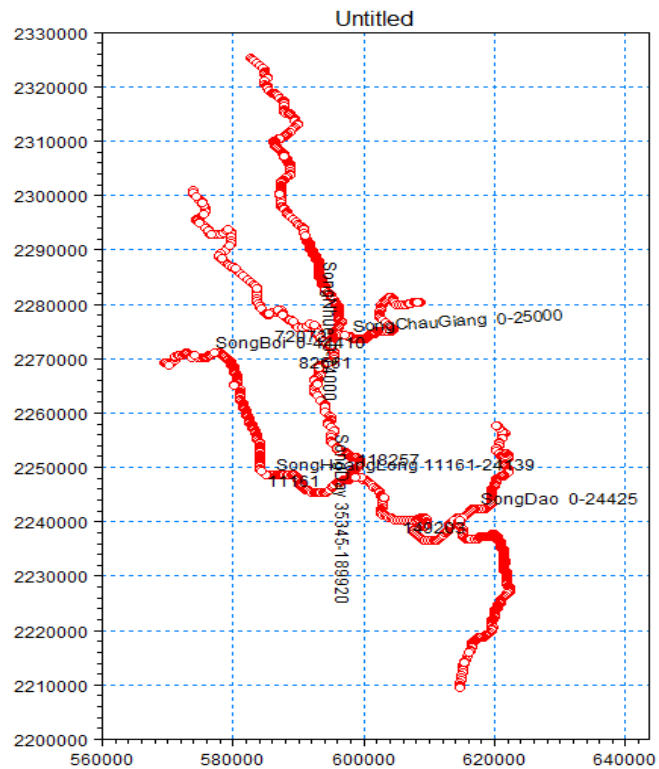
- Sông Đáy từ trạm Ba Thá đến cửa sông Đáy dài 155km gồm 78 mặt cắt.
- Sông Nhuệ từ cống Liên Mạc đến Phủ Lý dài 74 km gồm 115 mặt cắt.
- Sông Châu Giang từ Phủ Lý đến cống Tắc Giang dài 25km gồm 25 mặt cắt.
- Sông Bôi từ Hưng Thi xuống Bến Đé dài 44,41km gồm 20 mặt cắt
- Sông Hoàng Long từ Bến Đé tới Gián Khẩu dài 24.139km gồm 14 mặt cắt.
- Sông Đào từ trạm thủy văn Nam Định đến Độc Bộ dài 24,425km gồm 11 mặt cắt.

Cơ sở dữ liệu nghiên cứu đều do Tổng cục Khí tượng Thủy văn quản lý, thẩm định, kiểm duyệt có chất lượng tốt và đảm bảo độ tin cậy.

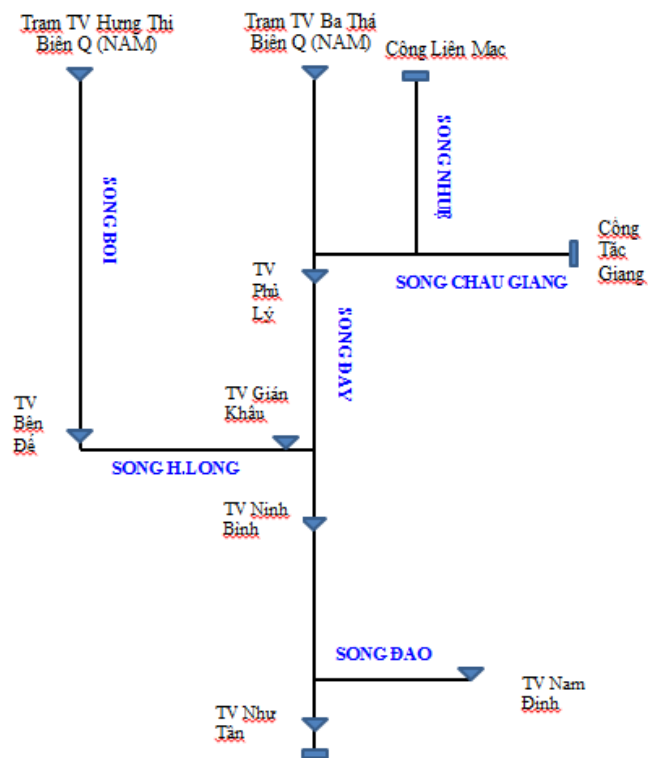
3.2. Thiết lập mô hình MIKE11

- Thiết lập mạng lưới sông suối: Trên cơ sở bản đồ DEM và bản đồ số mạng lưới sông đã xác định các sông chính trên lưu vực sông Đáy-Hoàng Long nơi có đo mặt cắt ngang. Bản đồ số sau khi chuyển đổi về định dạng shape file với hệ tọa độ VN2000 được nhập vào môi trường MIKE11 sử dụng bộ biên tập mạng lưới sông (Network editor). Sau khi nhập cần xác định các tuyến sông chính.

- + Sông Đáy từ trạm Ba Thá đến cửa sông Đáy.
- + Sông Nhuệ từ cống Liên Mạc đến Phủ Lý.
- + Sông Châu Giang từ Phủ Lý đến cống Tắc Giang.
- + Sông Bôi từ Hưng Thi xuống Bến Đé.
- + Sông Hoàng Long từ Bến Đé tới Gián Khẩu.
- + Sông Đào từ trạm thủy văn Nam Định đến Độc Bộ.

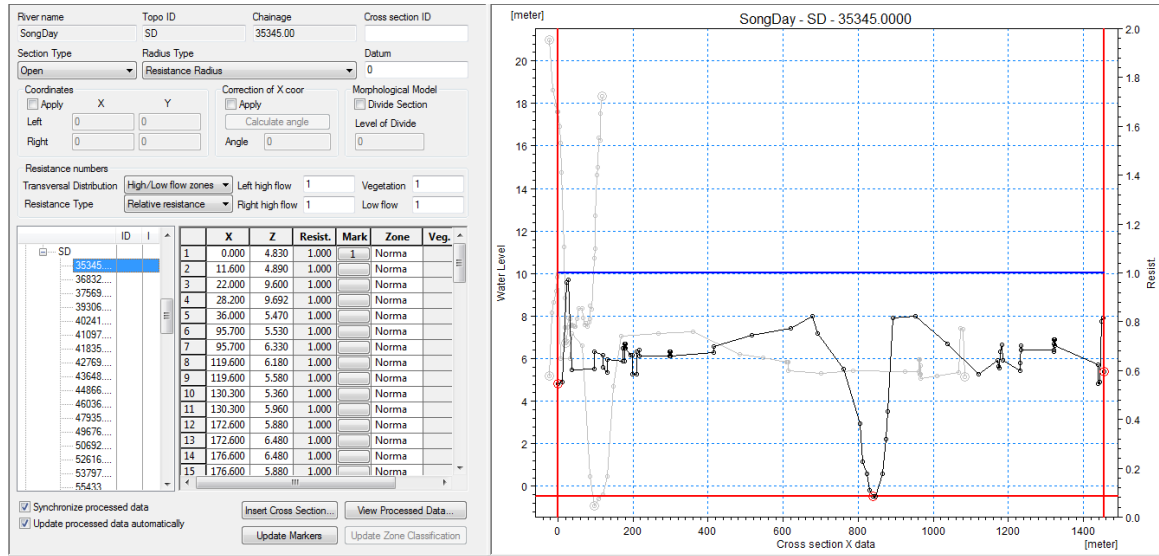


Hình 5: Thiết lập mạng lưới sông suối trong MIKE11

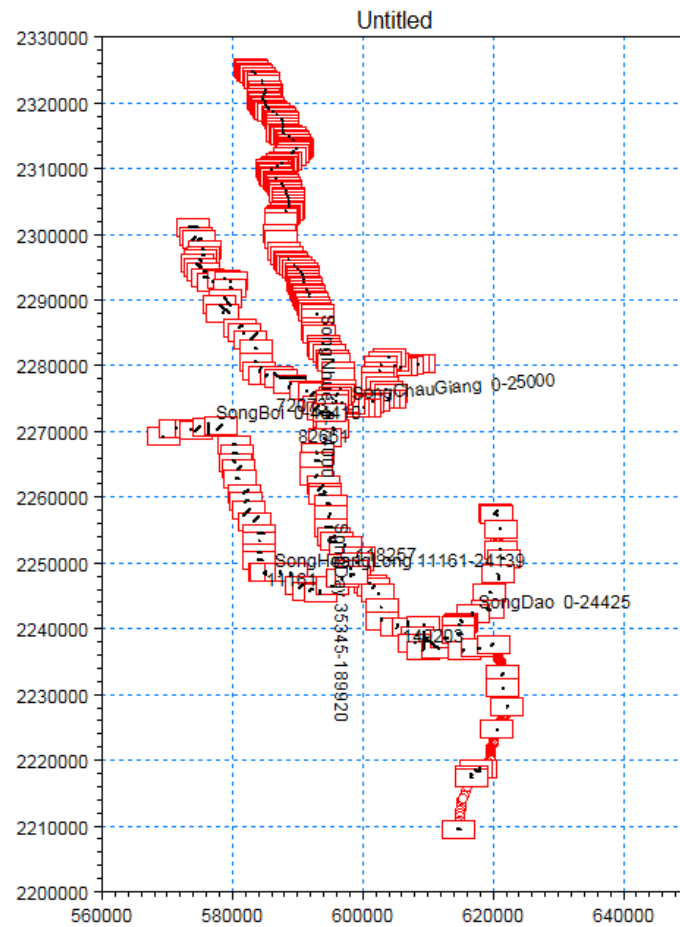


Hình 6: Sơ đồ lưới trạm thủy văn hệ thống lưu vực Đáy-Hoàng Long

- Nhập mặt cắt ngang: Từ số liệu mặt cắt ngang thu thập được tiến hành nhập vào mô hình.



Hình 7: Nhập mặt cắt ngang trong MIKE11



Hình 8: Sơ đồ các mặt cắt ngang trên mạng sông Đáy-Hoàng Long trong MIKE11

- Thiết lập các biên:

Số liệu biên hay điều kiện biên dùng trong tính toán gồm số liệu biên trên (Q), biên dưới (H), biên khu giữa và điểm kiểm tra (H).

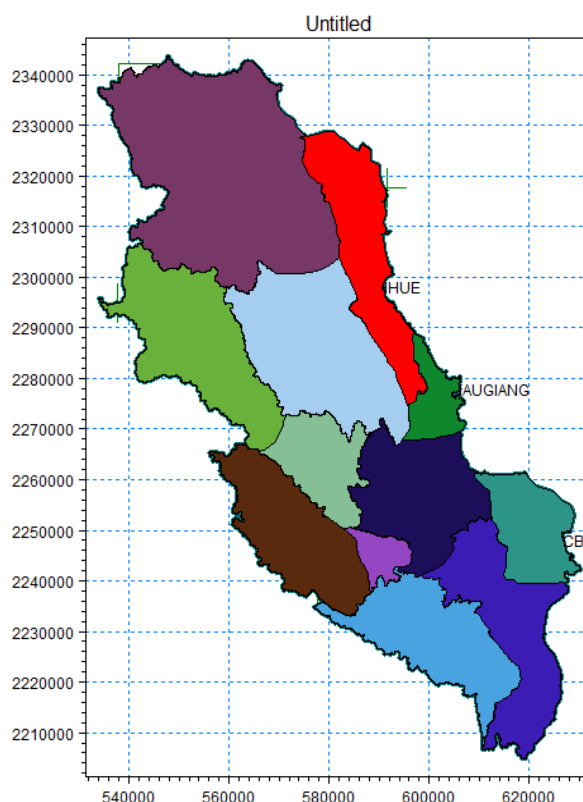
Biên trên là số liệu quá trình dòng chảy tại trạm khống chế phía thượng lưu là Ba Thá, Hưng Thi và cống Liên Mạc, cống Tắc Giang. Theo Quy trình vận hành hệ thống công trình thủy lợi sông Nhuệ, trong vụ mùa khi hệ thống không có yêu cầu tưới nước, hoặc dự báo có áp thấp, bão gần và mưa lớn có khả năng ảnh hưởng đến khu vực phải khẩn trương đóng cống Liên Mạc (Quyết định số 105/2002/QĐ-BNN ngày 19/11/2002 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn), khi có lũ cống Liên Mạc và cống Tắc Giang đều đóng ($\text{const} = 0$), đối với dòng chảy tại trạm Ba Thá, Hưng Thi cần tiến hành tính toán từ mô hình MIKE-NAM cho hai lưu vực này.

Về công trình Đập Đáy là một trong những công trình đầu mối phân lũ sông Đáy, được vận hành theo Quy trình vận hành cụm công trình đầu mối phân lũ sông Đáy, ban hành kèm theo Quyết định số 2140/QĐ-UBND ngày 04/5/2016 của Ủy ban nhân dân Thành phố Hà Nội. Theo đó cụm công trình đầu mối phân lũ sông Đáy đảm bảo thực hiện nhiệm vụ, trong mùa lũ đưa nước từ sông Hồng vào sông Đáy với lưu lượng tối đa $450\text{m}^3/\text{s}$ khi mực nước trên các triền sông ở vùng hạ du dưới báo động 1; thoát được lưu lượng nước tối đa $2.500\text{m}^3/\text{s}$ khi xuất hiện lũ có chu kỳ lặp lại lớn hơn 500 năm trên hệ thống sông Hồng hoặc xảy ra sự cố nghiêm trọng đối với hệ thống đê điều khu vực nội thành Hà Nội, sự cố trong quản lý điều hành hồ chứa. Trong khuôn khổ nghiên cứu của luận văn, giả thiết biên trên của sông Đáy tại công trình Đập Đáy đóng kín.

Biên dưới là quá trình mực nước triều tại cửa Đáy bước thời gian là 01 giờ, được tính toán dựa trên mô hình dự báo triều toàn cầu, có sẵn trong bộ MIKE11. Qua quá trình tính toán lại mực nước triều cửa Đáy so sánh với mực nước thực đo trạm thủy văn Như Tân nhận thấy có sự phù hợp về chu kỳ triều, biên độ dao động triều, về pha nước lên, pha nước xuống; đỉnh triều tại cửa Đáy xuất hiện trước đỉnh triều Như Tân khoảng 1 giờ, chân triều cửa Đáy xuất hiện trước chân triều Như Tân khoảng 1-2 giờ.

Biên khu giữa: Để thiết lập biên gia nhập khu giữa trên toàn bộ lưu vực sông Đáy-Hoàng Long, từ bản đồ lưới sông Đáy, sông Hoàng Long và bản đồ cao độ số DEM 30x30m bằng phần mềm ArcGIS tiến hành xây dựng các đường biên và phân chia lưu vực sông Đáy-Hoàng Long thành 12 tiểu lưu vực gồm: BATHA, NHUE, CHAUGIANG, PHULY, NINHBINH, HUNGTHI, BENDE, GIANKHAU, LV1, LV2, LV3, DOCBO. Trong các tiểu lưu vực này chỉ có BATHA và HUNGTHI là có đo lưu lượng trong quá khứ, các tiểu lưu vực còn lại đều không có trạm đo lưu lượng nên sẽ được tính toán từ mô hình MIKE-NAM. Quá trình thiết lập mô hình MIKE-NAM cho các tiểu lưu vực như sau:

+ Trên cơ sở phân chia các tiểu lưu vực, bản đồ được xuất dưới dạng shape file với hệ tọa độ VN2000, bản đồ này được nhập vào môi trường Basin View của mô hình MIKE-NAM (Hình 9).



Hình 9: Các lưu vực bộ phận trên lưu vực sông Đáy –Hoàng Long

+ Đặt tên và thiết lập diện tích các tiểu lưu vực vùng nghiên cứu trong mô hình MIKE-NAM

Catchments NAM UHM SMAP Urban FEH DRt Timeseries

Catchment Definition

Catchment name NHUE

Rainfall runoff model type NAM

Catchment area 469.801

☒ Calibration plot

Catchment Overview

	Name	Model	Area	Calculated Area	#ID
2	CHAUGIANG	NAM	137.368	137.368	0
3	NINHBINH	NAM	514.087	514.087	0
4	DOCBO	NAM	290.895	290.895	0
5	LV3	NAM	535.378	535.378	0
6	LV2	NAM	511.777	511.777	0
7	LV1	NAM	498.837	498.837	0
8	HUNGTHI	NAM	639.901	639.901	0
9	BATHA	NAM	1422.97	1422.97	0
10	BENDE	NAM	284.256	284.256	0
11	CHANKHAI	NAM	84.0506	84.0506	0

Hình 10: Diện tích các tiểu lưu vực sông Đáy-Hoàng Long

+ Sau khi có các tiểu lưu vực tiến hành thiết lập các trạm đo mưa cho mô hình MIKE-NAM, nhập vị trí các trạm và số liệu các trạm vào mô hình

Edit Station

File Selection

File name : E:\CAO HOC\Luan_van_Mike11\NAM_

Item number : 1

Item name : KTLang

Location coordinates

X: 591520.8

Y: 2317658.7

Station

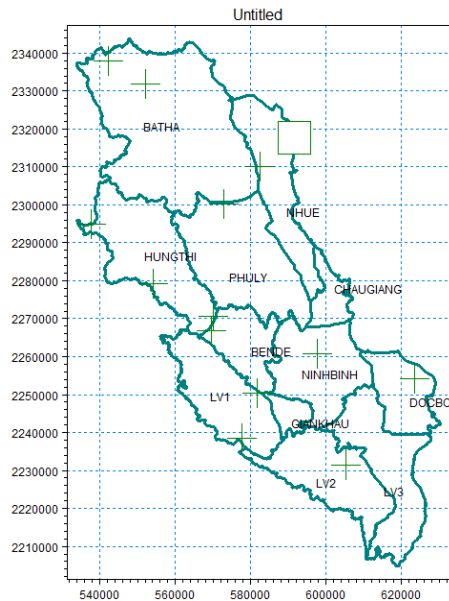
Name : KTLang

Number : 1

Precipitation 0

OK Cancel

Hình 11: Thiết lập các trạm đo mưa trong MIKE-NAM



Hình 12: Các tiểu lưu vực và vị trí các trạm đo mưa trong MIKE-NAM

+ Tính toán các trọng số cho tiểu lưu vực theo phương pháp Đa giác Thiessen có trong MIKE-NAM.

Hydrological Timeseries for Selected Catchment												
Data type	Weighted timeseries	File name	Item	Browse								
Rainfall	☒	HUNGTHI_RAINF	WEIGHTED	...								
Evaporation	☐	BOCHOI_ST.L.PL	PHULY	...								
(Observed discharge)	☐	NAM_QOBS_HU	HUNGTHI	...								

Mean Area Weighting												
Weighted average Distribution in time												
Browse	Total	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Station No.		NAM_ObsRain_KTLang	NAM_ObsRain_KTHaDong	NAM_ObsRain_KTSonTay	NAM_ObsRain_KTBaVi	NAM_ObsRain_HoaBinh	NAM_ObsRain_KimBoi	NAM_ObsRain_ChiNe	NAM_ObsRain_BaTha	NAM_ObsRain_KTPhuLy	NAM_ObsRain_KTNhoQuan	NAM_ObsRain_NinhBinh
1. Combination	0.9999998	0	0	0	0	0.338	0.48	0.117	0.0358	0	0	0
2. Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Combination	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Catchment - MAW Overview												
Data type Rainfall Type Weighted average Combination 1												
Station No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Catchm. Item	KTLang	KTHaDong	KTSonTay	KTBaVi	HoaBinh	KimBoi	ChiNe	BaTha	KTPhuLy	KTNhoQuan	NinhBinh	BenDe
7 LV1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.37	0	0.314	0.316
8 HUNGTHI	0	0	0	0	0.338	0.48	0.117	0.0358	0	0	0	0.0289
9 BATHA	3.76e-005	0.142	0.465	0.104	0.077	0	0	0.211	0	0	0	0

Hình 13: Các trọng số tính toán của từng trạm mưa đối với từng lưu vực

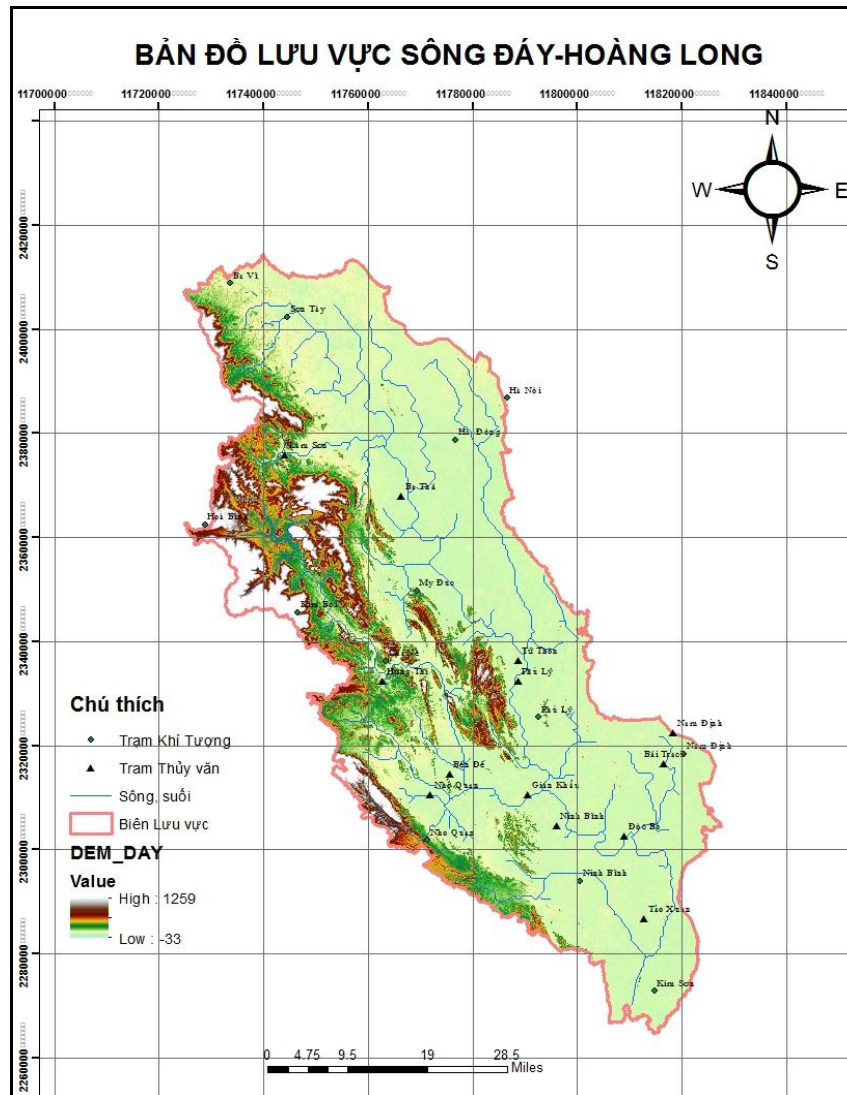
Quá các bước ở trên đã thiết lập được mô hình MIKE11 và thiết lập được mô hình MIKE-NAM cho các tiểu lưu vực. Các biên sử dụng trong mô hình MIKE11 tổng hợp như bảng sau:

Bảng 15: Các biên sử dụng trong mô hình

TT	Tiểu lưu vực/ Vị trí	Sông	Số liệu	Mục đích
1	Cổng Liên Mạc	Nhuệ	Const = 0	Biên trên
2	Cổng Tắc Giang	Châu Giang		
3	BATHA	Đáy	Q (Tính từ mô hình MIKE-NAM) H (Thực đo)	
4	HUNGTHI	Bôi		
5	PHULY	Đáy	Q (Tính từ mô hình MIKE-NAM)	Biên khu giữa
6	NHUE	Nhuệ		
8	CHAUGIANG	Châu Giang		
9	GIANKHAU	Hoàng Long		
10	BENDE	Bôi		
11	NINHBINH	Đáy		
12	DOCBO	Đào		
13	LV1	Hoàng Long		
14	LV2	Đáy		
15	LV3	Đáy		
16	Cửa Đáy	Đáy	H	Biên

Trong các biên gia nhập khu giữa có lưu vực DOCBO bị ảnh hưởng bởi dòng chảy sông Hồng qua trạm thủy văn Nam Định, quá trình lưu lượng tại trạm thủy văn Nam Định đặt là nhập lưu cố định (const = 600m³/s) là lưu lượng trung bình trong mùa lũ.

Bản đồ lưu vực sông Đáy- Hoàng Long trong quá trình thiết lập mô hình MIKE11.



Hình 14: Bản đồ lưu vực sông Đáy-Hoàng Long

3.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE-NAM

3.3.1.1. Hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM

Xây dựng đường H-Q trạm Ba Thá, Hưng Thi:

Để thực hiện quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE-NAM đối với trạm thủy văn Ba Thá và Hưng Thi cần có lưu lượng tại hai vị trí này, tuy nhiên trong những năm gần đây hai trạm này đều chỉ đo mực nước. Từ tài liệu thu thập được qua quá trình nghiên cứu dòng chảy lũ trên lưu vực sông Đáy-Hoàng Long, trạm thủy văn Ba Thá đo lưu lượng vào các năm 1971, 1972, 1974, trạm thủy văn Hưng Thi đo lưu lượng vào các năm 1969 – 1972, 1974, 1975. Tiến hành xây dựng

đường H-Q trạm Ba Thá và Hưng Thi, qua đánh giá hệ số tương quan R^2 trạm Ba Thá đạt 0.9707, trạm Hưng Thi đạt 0.9966.

Phương trình tương quan như sau:

$$Q_{BT} = 1.0343.H_{BT}^3 + 1.942.H_{BT}^2 + 36.632.H_{BT} - 17.401$$

$$Q_{HT} = -0.6836.H_{HT}^3 + 38.595.H_{HT}^2 - 439.18.H_{HT} + 1430.6$$

Trong đó: Q_{BT} là lưu lượng trạm thủy văn Ba Thá (m^3/s)

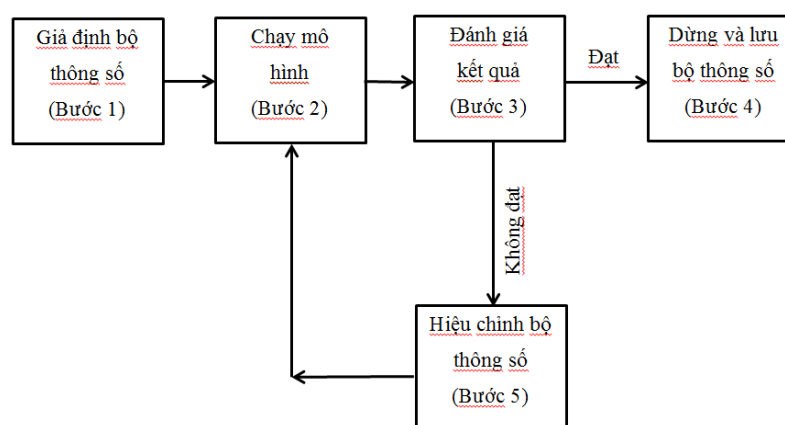
H_{BT} là mực nước trạm thủy văn Ba Thá (m)

Q_{HT} là lưu lượng trạm thủy văn Hưng Thi (m^3/s)

H_{HT} là mực nước trạm thủy văn Hưng Thi (m)

Như vậy phương trình H-Q của cả hai trạm này có thể sử dụng được để tra lưu lượng từ mực nước tương ứng phục vụ cho quá trình hiệu chỉnh và kiểm định.

Hiệu chỉnh mô hình là công việc hết sức quan trọng trong việc xây dựng và áp dụng mô hình toán, trong mô hình MIKE-NAM việc tối ưu bộ thông số của mô hình được thực hiện bằng phương pháp thử sai và phương pháp tối ưu. Dựa trên sự so sánh giữa quá trình thực đo và tính toán; kết quả đánh giá, hiệu chỉnh thông số được thực hiện để nâng cao kết quả tính toán với chỉ tiêu Nash, sai số đỉnh lũ, thời gian xuất hiện đỉnh lũ, đường nước lên, nước xuống. Công việc hiệu chỉnh bộ thông số mô hình thực hiện theo các bước chính được thể hiện tại sơ đồ sau.



Hình 15: Sơ đồ các bước hiệu chỉnh bộ thông số mô hình MIKE - NAM

Bước 1: Giả định bộ thông số ban đầu

Bước 2: Chạy mô hình (lần đầu với chế độ dò tìm tự động)

Bước 3: Kiểm tra tính phù hợp của bộ thông số thông qua đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo. Đánh giá chỉ số Nash, sai số đỉnh lũ, thời gian xuất hiện đỉnh lũ, đường nước lên, nước xuống.

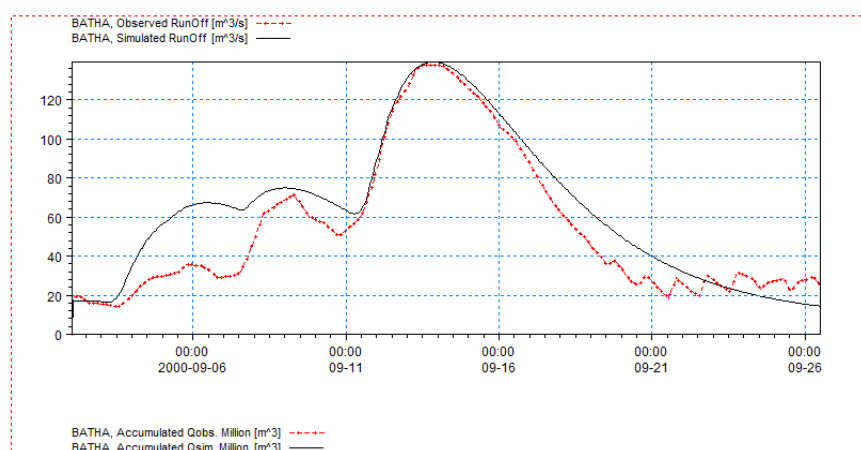
Bước 4: Khi thông số đảm bảo yêu cầu, phù hợp với các quy định thì dừng hiệu chỉnh và bộ thông số được lưu lại.

Bước 5: Khi bộ thông số không đạt thì tiếp tục hiệu chỉnh bộ thông số chính bằng cách tăng, giảm giá trị của các hệ số và thực hiện lại bước 2 và tiếp tục cho đến khi đạt yêu cầu.

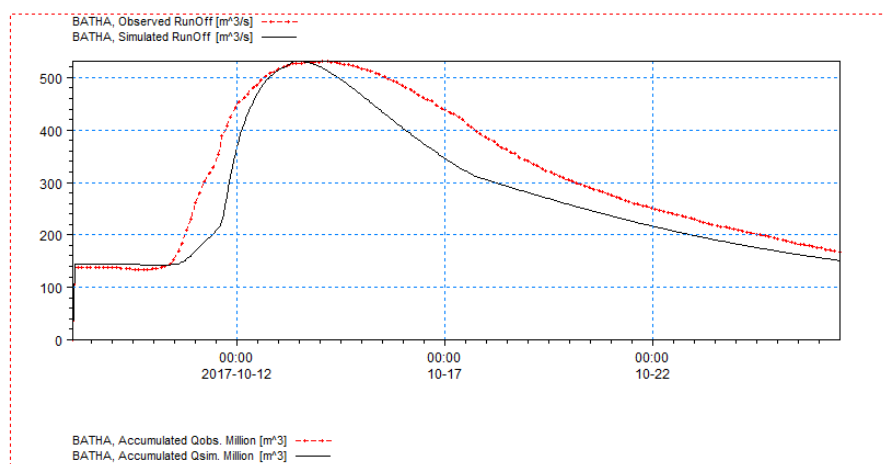
- Lựa chọn các trận lũ để hiệu chỉnh mô hình như sau:

STT	Trạm thủy văn	Trận lũ	
		Bắt đầu	Kết thúc
1	Hung Thi,	01:00 2/9/2000	19:00 26/9/2000
2	Ba Thá	01:00 8/10/2017	19:00 26/10/2017

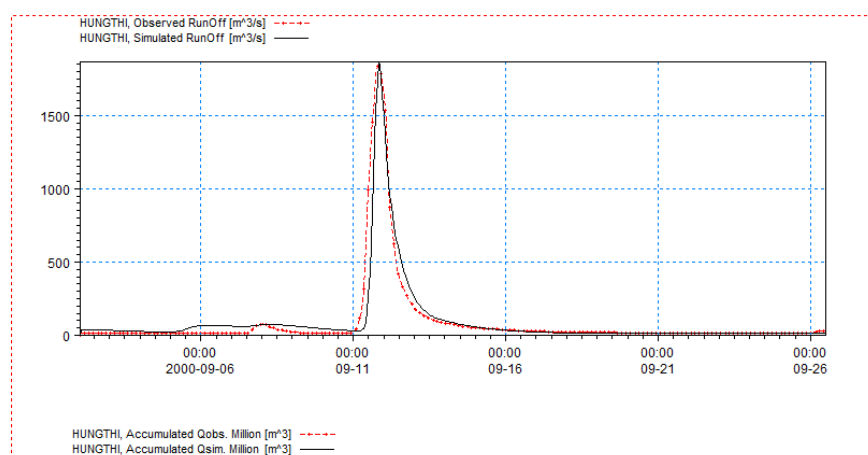
- Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM cho lưu vực sông Đáy-Hoàng Long thể hiện trong hình và bảng sau:



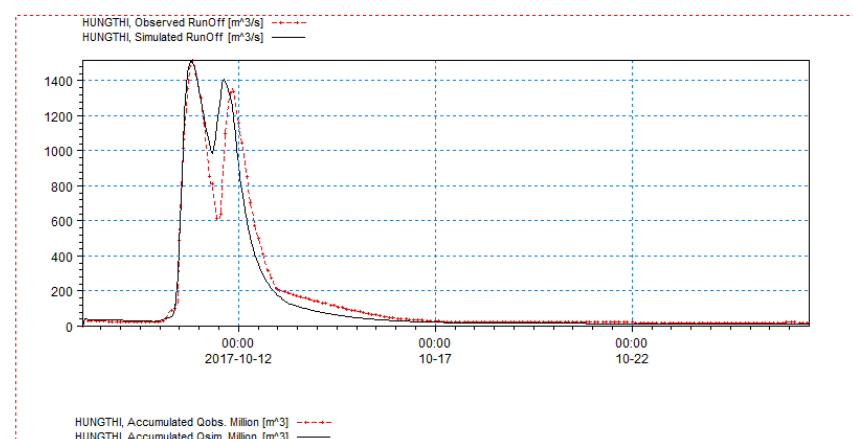
Hình 16: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2000 tại trạm Ba Thá trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM



Hình 17: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2017 tại trạm Ba Thá trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM



Hình 18: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2000 tại trạm Hưng Thi trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM



Hình 19: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2017 tại trạm Hưng Thi trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM

Bảng 16: Chỉ tiêu đánh giá chất lượng hiệu chỉnh mô hình MIKE-NAM

Trạm	Trận lũ	Nash	Qmax tđ (m ³ /s)	Qmax tt (m ³ /s)	ΔQ (%)	Δt (giờ)	W_{td} (10 ⁶ m ³)	W_{tt} (10 ⁶ m ³)	ΔW (10 ⁶ m ³)
Ba Thá	2000	0.838	138	139	0.72	0	116	135	19
	2017	0.84	531	530	0.19	9	508	443	65
Hưng Thi	2000	0.906	1858	1861	0.16	0	184	190	6
	2017	0.932	1516	1512	0.26	1	251	239	12

- Kết quả hiệu chỉnh đường quá trình lưu lượng tính toán với đường quá trình lưu lượng thực đo tại các trạm Ba Thá và Hưng Thi khá tốt về đỉnh lũ cũng như thời gian xuất hiện đỉnh, riêng thời gian xuất hiện đỉnh lũ năm 2017 tại trạm Ba Thá trong quá trình tính toán xuất hiện sớm hơn so với thực đo có thể do các trạm đo mưa trên lưu vực chưa phản ánh đầy đủ diễn biến mưa thực tế, tuy nhiên về xu thế đường nước lên, đường nước xuống các trận lũ tính toán đều khá phù hợp với thực đo. Trận lũ năm 2000 tại trạm Ba Thá cho thấy khi bắt đầu trận lũ, đỉnh lũ nhỏ mô hình chưa phản ánh được diễn biến dòng chảy lũ, khi mưa lớn, mực nước cao mô hình đã phản ánh khá tốt về xu thế dòng chảy; khi lũ xuống chân lũ bị ảnh hưởng của thủy triều tuy nhiên trong trường hợp này mô hình MIKE-NAM không mô tả được ảnh hưởng thủy triều. Về sai số tổng lượng tương đối nhỏ, chỉ số Nash khá tốt từ 0.838 đến 0.932, như vậy quá trình hiệu chỉnh với bộ thông số là đạt yêu cầu.

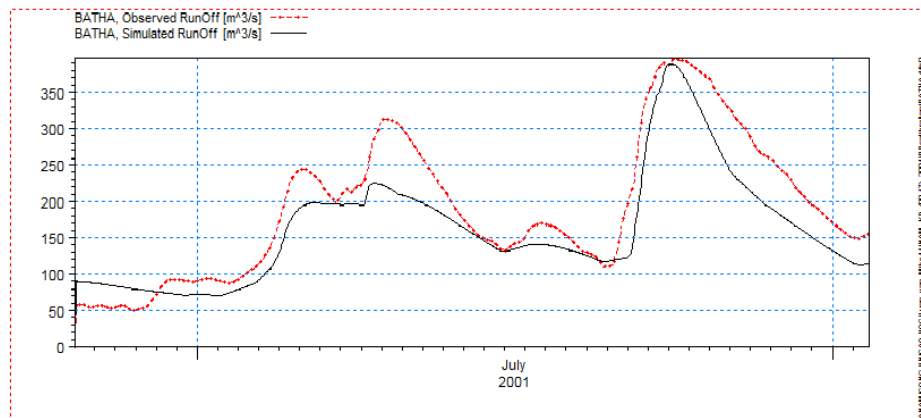
3.3.1.2. Kiểm định mô hình MIKE-NAM

Từ bộ thông số đã thu được trong quá trình hiệu chỉnh, để đánh giá độ ổn định của bộ thông số tiến hành kiểm định lại với thời gian độc lập.

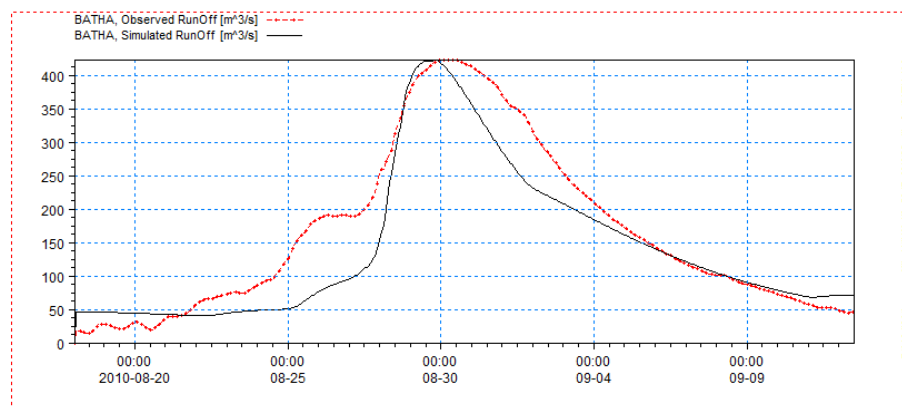
- Lựa chọn các năm 2001 và 2010 để kiểm định mô hình như sau

STT	Trạm thủy văn	Trận lũ	
		Bắt đầu	Kết thúc
1	Ba Thá,	01:00 15/6/2001	19:00 2/8/2001
2	Hưng Thi	01:00 18/8/2010	19:00 12/9/2010

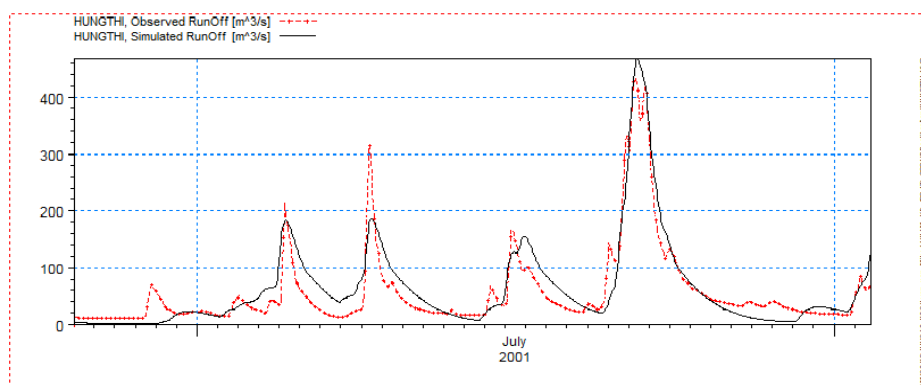
- Quá trình kiểm định bộ thông số cho trận lũ có kết quả như sau:



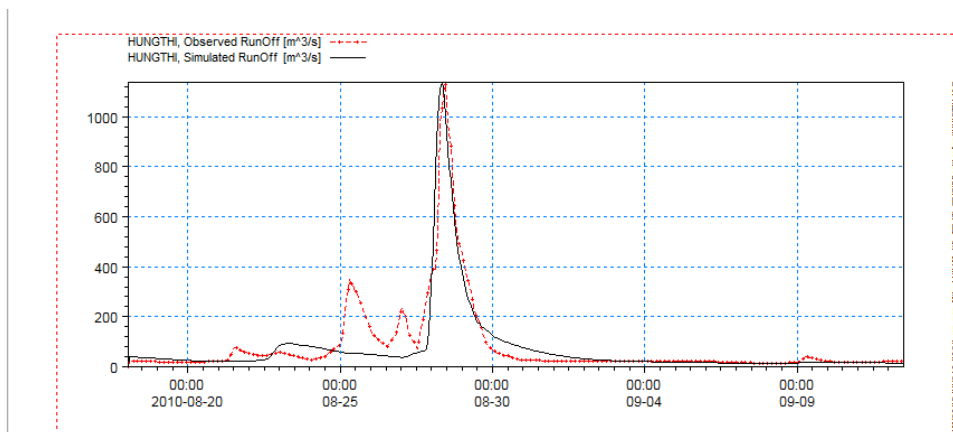
Hình 20: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2001 tại trạm Ba Thá trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM



Hình 21: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2010 tại trạm Ba Thá trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM



Hình 22: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2001 tại trạm Hưng Thi trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM



Hình 23: Đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán trận lũ năm 2010 tại trạm Hưng Thi trong quá trình kiểm định mô hình MIKE-NAM

Bảng 17: Chỉ tiêu đánh giá chất lượng kiểm định mô hình MIKE-NAM

Trạm	Trận lũ	Nash	Qmax tđ (m ³ /s)	Qmax tt (m ³ /s)	ΔQ (%)	Δt (giờ)	W_{td} (10 ⁶ m ³)	W_{tt} (10 ⁶ m ³)	ΔW (10 ⁶ m ³)
Ba Thá Hưng Thi	2001	0.794	397	390	1.76	3	642	543	99
	2010	0.852	423	419	0.95	4	366	311	55
	2001	0.839	434	467	7.6	1	192	210	18
	2010	0.82	1124	1139	1.33	3	176	155	21

- Qua quá trình kiểm định ta nhận thấy đường quá trình lưu lượng tính toán với đường quá trình lưu lượng thực đo tại các trạm Ba Thá và Hưng Thi cho kết quả khá tốt về trị số đỉnh lũ và thời gian xuất hiện đỉnh, riêng thời gian xuất hiện trận lũ năm 2010 tại trạm Ba Thá sớm hơn so với thực đo. Về xu thế nhánh lũ lên, nhánh lũ xuống giữa tính toán với thực đo đều phù hợp, với trận lũ kép năm 2001 tại Ba Thá có sự sai khác nhiều ở đỉnh lũ nhỏ khi yếu tố mưa chưa phản ánh được, đối với đỉnh lũ lớn đã có sự phù hợp giữa tính toán và thực đo; với trận lũ năm 2001 và 2010 tại trạm Hưng Thi trong quá trình tính toán các đỉnh lũ nhỏ thường thiên thấp hơn với thực đo, đỉnh lũ lớn có sự phù hợp giữa tính toán và thực đo. Chỉ số Nash đạt được tương đối tốt từ 0.794 đến 0.852, sai số tổng lượng nhỏ, phù hợp giữa tính toán và thực đo. Như vậy bộ thông số thu được sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định là đạt yêu cầu, được sử dụng sang các bước tiếp theo.

Bộ thông số của mô hình thu được sau quá trình hiệu chỉnh/kiểm định trình bày trong bảng sau:

Bảng 18: Bộ thông số của mô hình MIKE-NAM

Lưu vực	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
BATHA	10.2	52.5	0.879	636.4	85	0.0476	0.2065
HUNGTHI	10.1	81.5	0.878	203.4	25.4	0.0755	0.556

3.3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE11

3.3.2.1. Hiệu chỉnh mô hình MIKE11

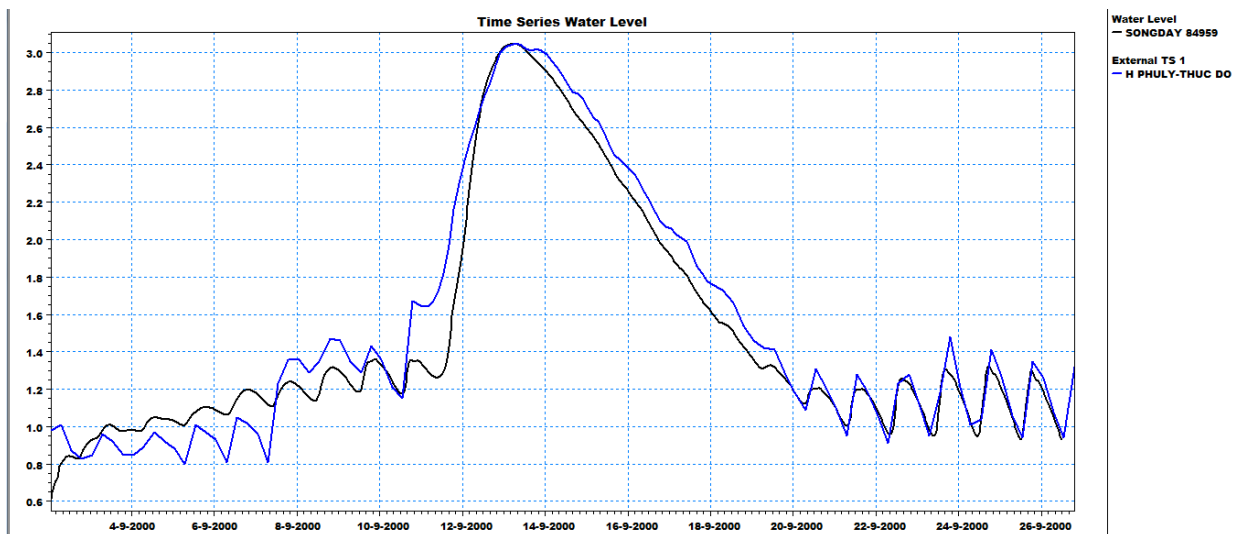
Mô hình MIKE-NAM được hiệu chỉnh trước tại các tiểu lưu vực, bộ thông số đối với các tiểu lưu vực được mượn từ bộ thông số thu được thông qua quá trình hiệu chỉnh và kiểm định đối với lưu vực BATHA, HUNGTHI vì các tiểu lưu vực này có các điều kiện tương tự về dòng chảy, vùng mưa. Kết quả tính toán sẽ đưa vào MIKE11 qua các biên gia nhập khu giữa (Q~t).

Phương pháp thử sai được dùng để hiệu chỉnh các thông số của mô hình. Lựa chọn một bộ hệ số nhám cho các mặt cắt ngang trong sơ đồ tính toán, vì các hệ số nhám tại các đoạn của sông là khó xác định chính xác trước, các chương trình tính toán thủy lực phải tìm cách hiệu chỉnh sao cho kết quả tính toán phù hợp với thực đo và đạt được dạng quá trình lũ và đỉnh lũ sát với thực tế nhất.

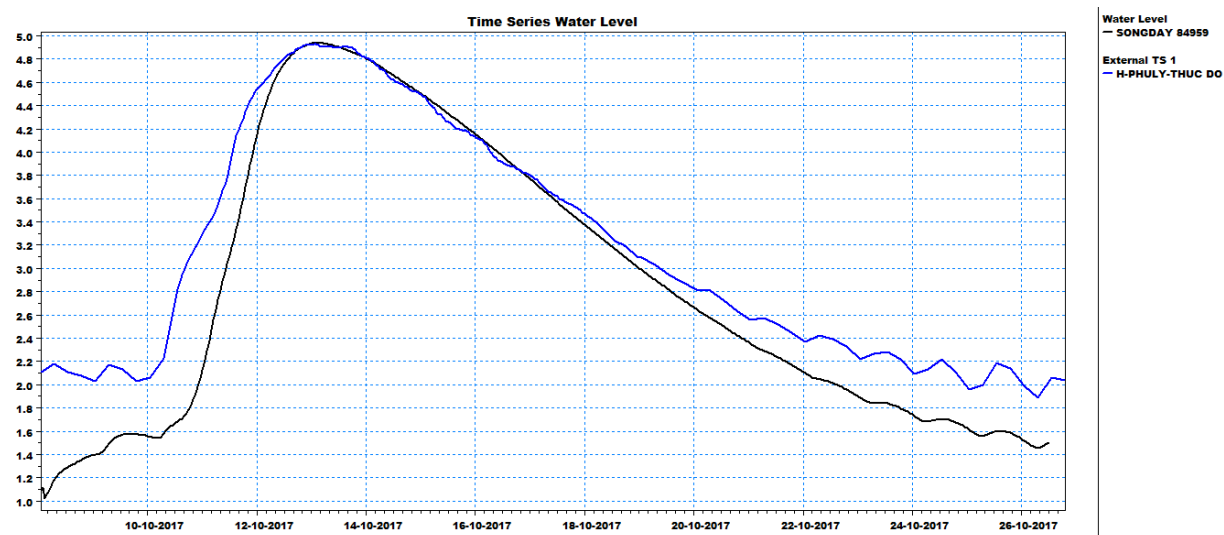
- Sử dụng 02 trận lũ năm 2000 và 2017 để tính toán và hiệu chỉnh mô hình MIKE11.

STT	Trạm thủy văn	Trận lũ	
		Bắt đầu	Kết thúc
1	Phủ Lý,	01:00 02/9/2000	19:00 26/9/2000
2	Gián Khẩu	01:00 08/10/2017	19:00 26/10/2017

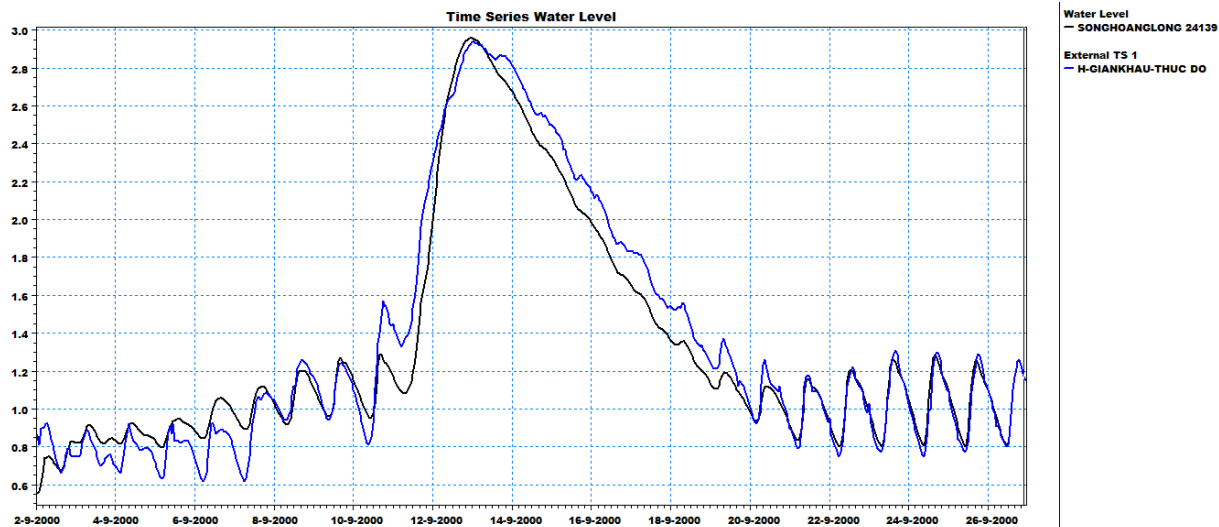
- Kết quả tính toán quá trình mực nước lũ trên sông Đáy, Hoàng Long bằng mô hình MIKE 11 được kiểm tra tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu như sau:



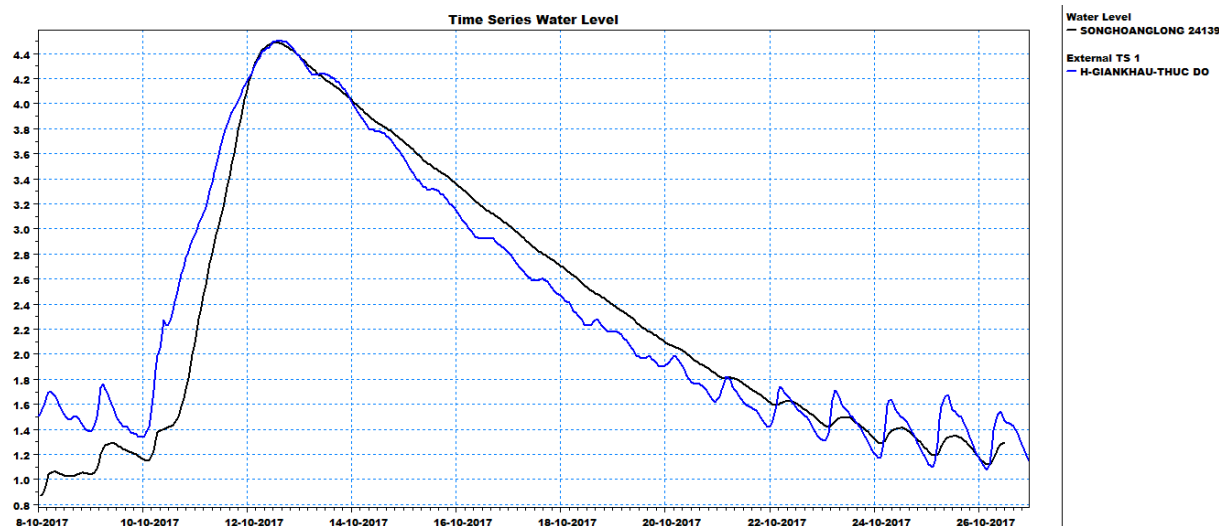
Hình 24: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2000 tại trạm Phủ Lý trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11



Hình 25: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2017 tại trạm Phủ Lý trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11



Hình 26: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2000 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11



Hình 27: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2017 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11

Bảng 19: Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE11

Trạm	Trận lũ	Nash	Hmax tđ (m)	Hmax tt (m)	ΔH (m)	Δt (giờ)
Phủ Lý	2000	0.958	3.05	3.04	-0.01	0
Gián Khẩu	2000	0.962	2.94	2.96	+0.02	1
Phủ Lý	2017	0.939	4.93	4.95	+0.02	0
Gián Khẩu	2017	0.925	4.50	4.49	-0.01	0

- Kết quả hiệu chỉnh đường quá trình mực nước lũ tính toán với đường quá trình mực nước lũ thực đo tại các trạm kiểm tra Phủ Lý và Gián Khẩu cho thấy về đỉnh lũ cũng như thời gian xuất hiện đỉnh khá tốt, xu thế sườn lũ lên và sườn lũ xuống tương đối phù hợp, dao động triều tại chân lũ cũng khá phù hợp, chỉ số Nash đạt trên 0.925, như vậy quá trình hiệu chỉnh với bộ thông số là đạt yêu cầu.

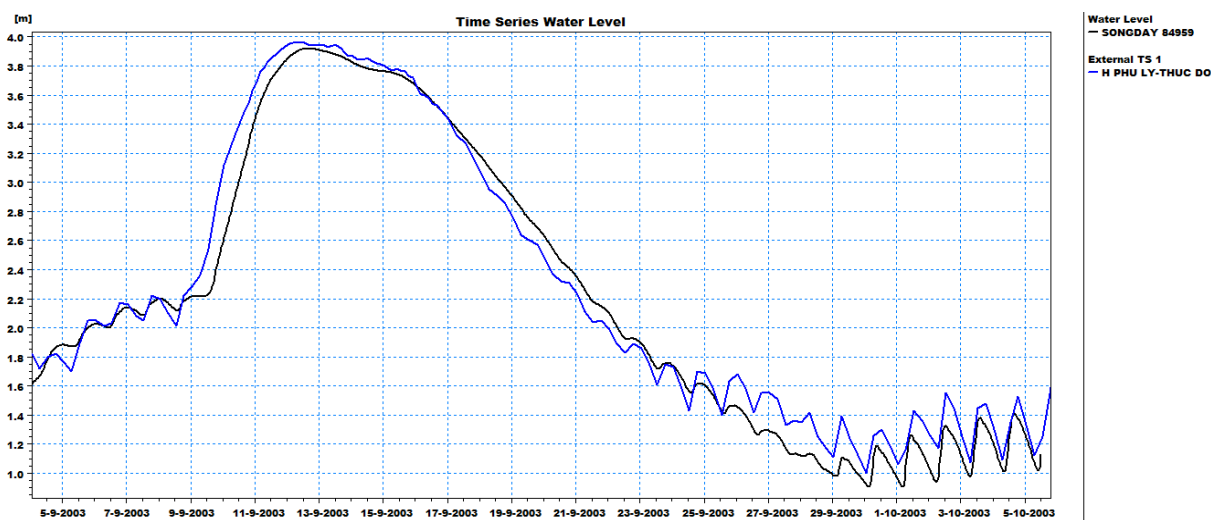
3.3.2.2. Kiểm định mô hình MIKE11

Từ bộ thông số đã thu được trong quá trình hiệu chỉnh mô hình MIKE11, để đánh giá độ ổn định của bộ thông số tiến hành kiểm định lại với bộ số liệu độc lập.

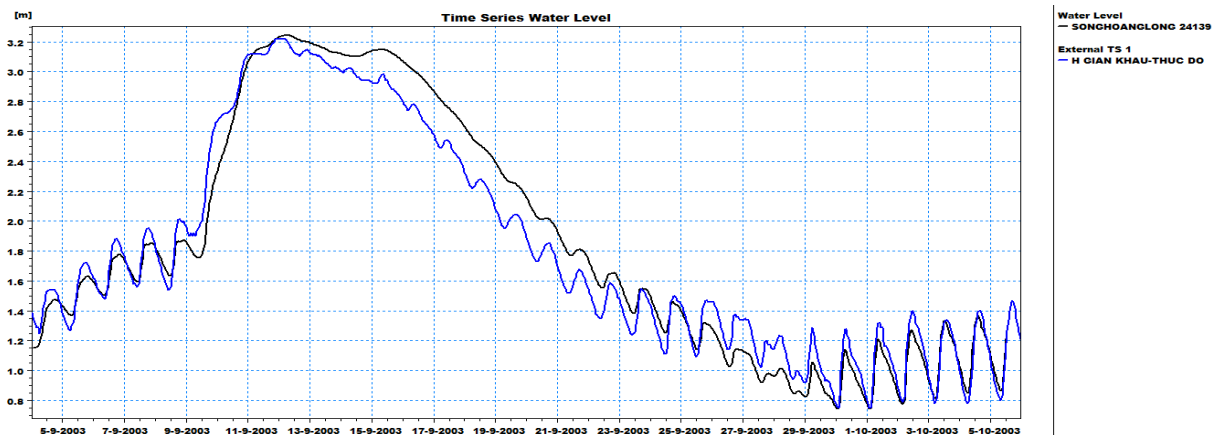
- Sử dụng 02 trận lũ năm 2003 và 2010 để kiểm định mô hình.

STT	Trạm thủy văn	Trận lũ	
		Bắt đầu	Kết thúc
1	Phủ Lý,	01:00 04/9/2003	19:00 05/10/2003
2	Gián Khẩu	01:00 19/8/2010	19:00 12/9/2010

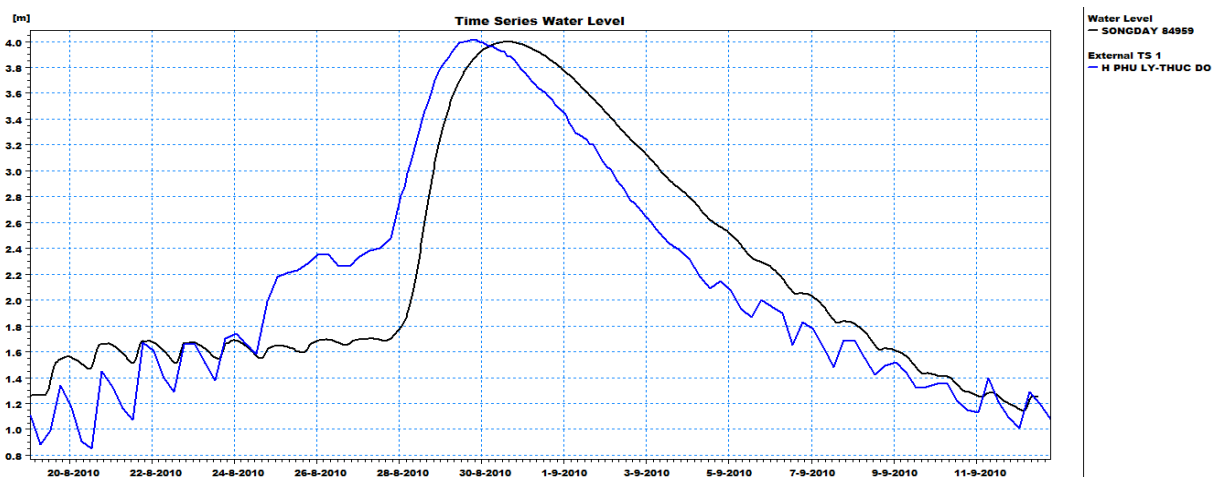
- Kết quả kiểm định quá trình mực nước lũ trên sông Đáy, Hoàng Long bằng mô hình MIKE 11 được kiểm tra tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu như sau:



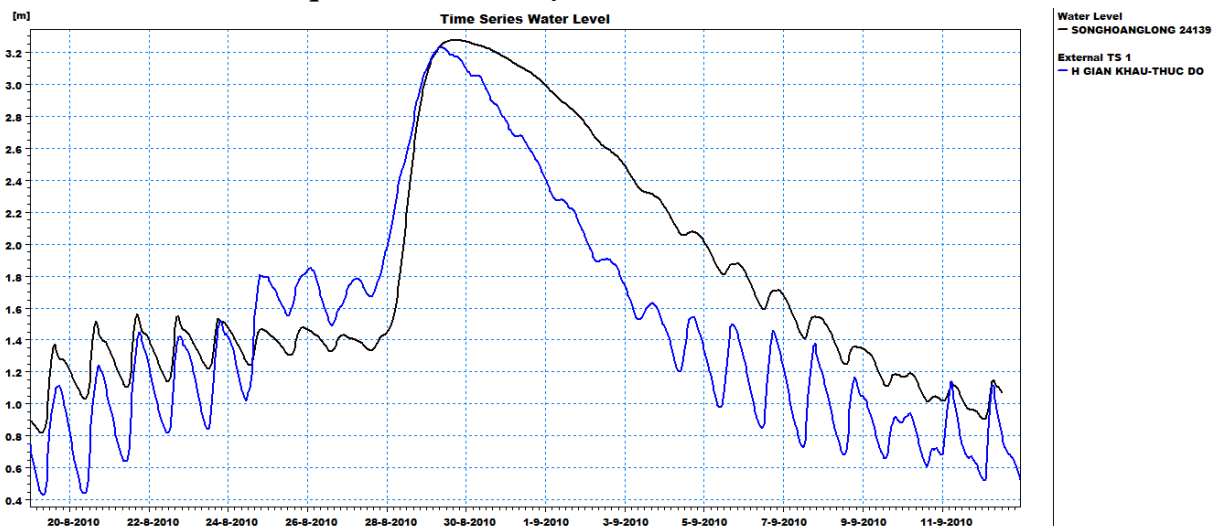
Hình 28: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2003 tại trạm Phủ Lý trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11



Hình 29: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2003 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11



Hình 30: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2010 tại trạm Phủ Lý trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11



Hình 31: Đường quá trình mực nước trận lũ năm 2010 tại trạm Gián Khẩu trong quá trình kiểm định mô hình MIKE11

Bảng 20: Kết quả kiểm định mô hình MIKE11

Trạm	Trận lũ	Nash	Hmax tđ (m)	Hmax tt (m)	ΔH (m)	Δt (giờ)
Phủ Lý	2003	0.959	3.96	3.92	-0.05	1
Gián Khẩu	2003	0.943	3.22	3.25	+0.03	0
Phủ Lý	2010	0.832	4.01	3.99	-0.02	13
Gián Khẩu	2010	0.774	3.23	3.29	+0.06	4

- Qua quá trình kiểm định ta nhận thấy: Đường quá trình mực nước lũ tính toán với đường quá trình mực nước lũ thực đo tại các trạm kiểm tra Phủ Lý và Gian Khẩu có sự phù hợp về hình dạng lũ, sườn lũ lên, sườn lũ xuống, về giá trị và thời gian xuất hiện đỉnh lũ, riêng thời gian xuất hiện đỉnh lũ năm 2010 tại trạm thủy văn Phủ Lý chậm hơn thực đo có thể do số liệu đo mưa trên lưu vực chưa đủ để phản ánh hết diễn biến mưa xảy ra thực tế, tuy nhiên việc phản ánh xu thế mực nước và dạng đường quá trình mực nước là tốt. Về xu thế triều giữa tính toán và thực đo ở mực nước thấp tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu là khá phù hợp, riêng trạm Gian Khẩu năm 2010 biên độ triều tính toán thiên thấp so với biên độ triều thực đo, tuy nhiên về thời gian xuất hiện chân, đỉnh triều tương đối phù hợp. Chỉ số Nash đạt được tương đối tốt từ 0.774 đến 0.959. Như vậy có sự sai khác nhỏ giữa tính toán và thực đo nhưng nhìn chung quá trình tính toán khá phù hợp với thực đo tại các trạm kiểm tra Phủ Lý và Gian Khẩu, bộ thông số đã thu được có thể sử dụng cho các bước tiếp theo.

Bộ thông số của mô hình như sau:

Bảng 21: Kết quả xác định hệ số nhám trên các sông

STT	Tên sông	Mặt cắt	Hệ số nhám
1	Sông Bôi	0	0.040
2	Sông Bôi	7604	0.040
3	Sông Bôi	8798	0.040
4	Sông Bôi	11544	0.035
5	Sông Bôi	25462	0.035
6	Sông Châu Giang	0	0.025
7	Sông Châu Giang	2000	0.025
8	Sông Châu Giang	10000	0.030
9	Sông Châu Giang	20000	0.030
10	Sông Châu Giang	25000	0.030
11	Sông Đào	0	0.030
12	Sông Đào	13079	0.030
13	Sông Đào	24425	0.030
14	Sông Đáy	35345	0.035
15	Sông Đáy	52616	0.035
16	Sông Đáy	70017	0.035
17	Sông Đáy	84959	0.035
18	Sông Đáy	86750	0.030
19	Sông Đáy	10010	0.030
20	Sông Đáy	10940	0.030
21	Sông Đáy	12810	0.030
22	Sông Đáy	14562	0.030
23	Sông Đáy	14920	0.025
24	Sông Đáy	15071	0.025
25	Sông Đáy	16543	0.025
26	Sông Đáy	17995	0.025
27	Sông Đáy	18992	0.025

STT	Tên sông	Mặt cắt	Hệ số nhám
28	Sông Hoàng Long	0	0.035
29	Sông Hoàng Long	6157	0.035
30	Sông Hoàng Long	11161	0.035
31	Sông Hoàng Long	16588	0.035
32	Sông Hoàng Long	24139	0.035
33	Sông Nhuệ	0	0.030
34	Sông Nhuệ	61000	0.030
35	Sông Nhuệ	62000	0.025
36	Sông Nhuệ	70050	0.025
37	Sông Nhuệ	74000	0.025

3.4. Ứng dụng mô hình MIKE11 đã xây dựng vào dự báo thử nghiệm

Để đánh giá mức đảm bảo của phương án trong dự báo thử nghiệm cần xác định được sai số cho phép. Sai số cho phép tại hai vị trí dự báo Phủ Lý và Gián Khẩu như Bảng 22, Bảng 23.

Bảng 22: Sai số cho phép dự báo mực nước đỉnh lũ tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu
(Quyết định số 722/QĐ-TCKTTV, ngày 05/12/2018 của Tổng cục KTTV, Ban hành quy định tạm thời sai số cho phép tại các vị trí dự báo thủy văn trên các sông thuộc phạm vi cả nước)

Sông	Trạm	Sai số đỉnh lũ (m)
Đáy	Phủ Lý	0.48
Hoàng Long	Gián Khẩu	0.40

Bảng 23: Sai số cho phép dự báo quá trình lũ tại vị trí trạm Phủ Lý và Gián Khẩu

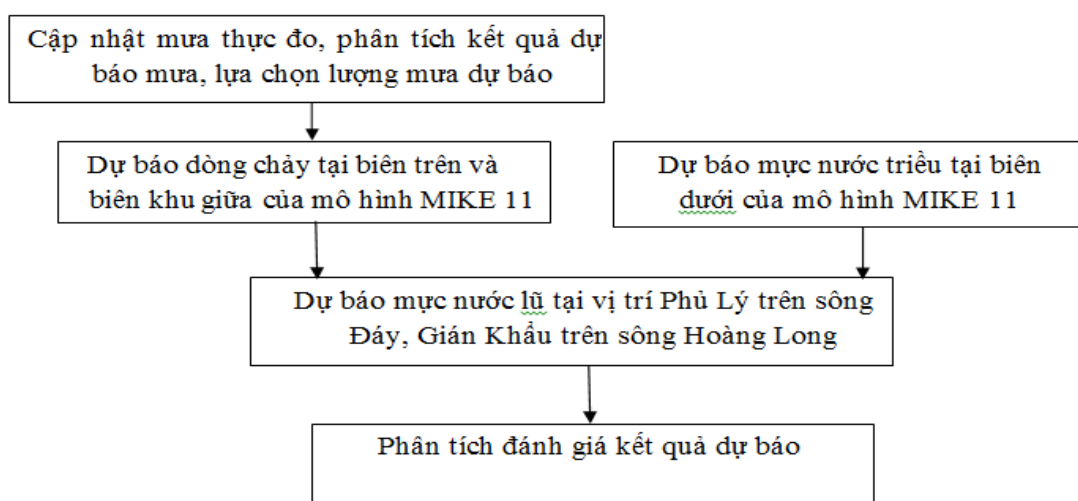
Sông	Trạm	Sai số 12h (m)	Sai số 24h (m)
Đáy	Phủ Lý	0.19	0.30
Hoàng Long	Gián Khẩu	0.17	0.27

Nguồn: Đài KTTV tỉnh Hà Nam, Đài KTTV tỉnh Ninh Bình

Sau khi đã tiến hành các bước hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thu được bộ thông số ổn định cho lưu vực sông Đáy – Hoàng Long, tiến hành ứng dụng dự báo quá trình lũ cho các vị trí trạm thủy văn Phủ Lý và trạm thủy văn Gián Khẩu với thời gian dự kiến từ 12 giờ đến 24 giờ.

Để tiến hành dự báo lũ tại hai vị trí trên cần tiến hành dự báo biên, biên trên là quá trình lưu lượng tại trạm Ba Thá và Hưng Thi, biên khu giữa là quá trình lưu lượng tại các tiểu lưu vực, sử dụng các giá trị mưa dự báo 12 giờ, 24 giờ trên lưu vực. Hiện nay có rất nhiều các mô hình dự báo mưa đang được áp dụng trên thế giới cũng như tại Việt Nam, sau khi tham khảo ý kiến các chuyên gia tại Trung tâm dự báo KTTV quốc gia, căn cứ trên tính liên tục và độ tin cậy cũng như khả năng sử dụng bộ số liệu trực tiếp trong nghiệp vụ về sau, nghiên cứu này lựa chọn kết quả dự báo mưa của mô hình hạn vừa Châu Âu hiện đang được sử dụng trong dự báo tác nghiệp tại Trung tâm dự báo KTTV quốc gia, kết hợp với các bản tin dự báo mưa lớn được đưa ra của Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình, sau đó tiến hành phân tích các kết quả dự báo mưa và lựa chọn kết quả dự báo mưa làm đầu vào cho mô hình dự báo lũ. Biên dưới là số liệu mực nước triều thiên văn tại cửa sông Đáy.

Các bước tiến hành thử nghiệm dự báo lũ như sau:



Hình 32: Các bước tiến hành dự báo thử nghiệm

- *Bước 1.* Cập nhật mưa thực đo, phân tích kết quả dự báo mưa, lựa chọn mưa dự báo: Đến thời điểm dự báo cập nhật số liệu mưa thực đo trên toàn bộ hệ thống trạm đo mưa trên lưu vực vào mô hình, phân tích sự hợp lý về kết quả mưa dự báo 12 giờ, 24 giờ từ mô hình dự báo mưa, cập nhật kết quả mưa dự báo vào mô hình.

- *Bước 2.* Dự báo dòng chảy tại biên trên và biên khu giữa của mô hình MIKE11: Từ số liệu mưa đã cập nhật tiến hành chạy mô hình MIKE-NAM cho các biên trên và biên khu giữa cho toàn bộ hệ thống, kết quả là dòng chảy tại các tiểu lưu vực.

- *Bước 3.* Dự báo triều tại biên dưới của mô hình MIKE11: Là biên triều thiên văn tại cửa Đáy, tính từ bộ hằng số điều hòa. Bước này có thể được thực hiện trước cho cả giai đoạn dự báo và nhập sẵn trong file dữ liệu biên.

- *Bước 4.* Dự báo mực nước lũ tại vị trí Phủ Lý trên sông Đáy, Gián Khẩu trên sông Hoàng Long: Từ kết quả dự báo biên ở bước trên là đầu vào của mô hình thủy lực, tiến hành chạy mô hình MIKE11, trích kết quả dự báo mực nước tại các vị trí Phủ Lý và Gián Khẩu.

- *Bước 5.* Phân tích kết quả dự báo: Trong dự báo tác nghiệp đây là bước quan trọng trước khi cung cấp bản tin dự báo, trị số dự báo mực nước từ mô hình cần được dự báo viên phân tích, đánh giá tính hợp lý (về xu thế, biên độ...) hoặc có thể so sánh với các phương án dự báo khác nhau và các nhận định của dự báo viên. Từ đó dự báo viên lựa chọn kết quả dự báo cuối cùng có độ tin cậy cao nhất phù hợp với thời hạn dự báo.

Các bước dự báo trên đây được thực hiện theo trình tự với mỗi lần dự báo, khi dự báo cho các lần tiếp theo cần cập nhật số liệu mưa thực đo đến thời điểm dự báo và mưa dự báo 12 giờ, 24 giờ vào mô hình.

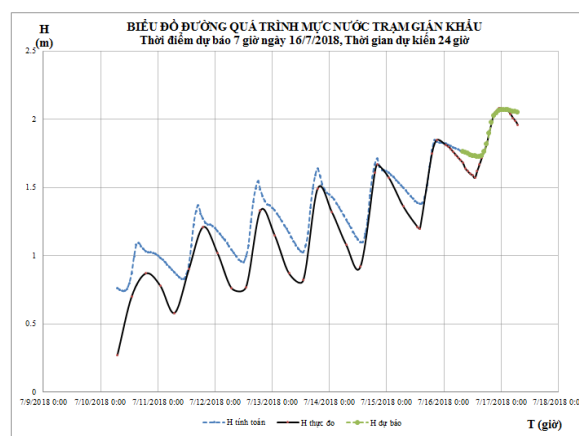
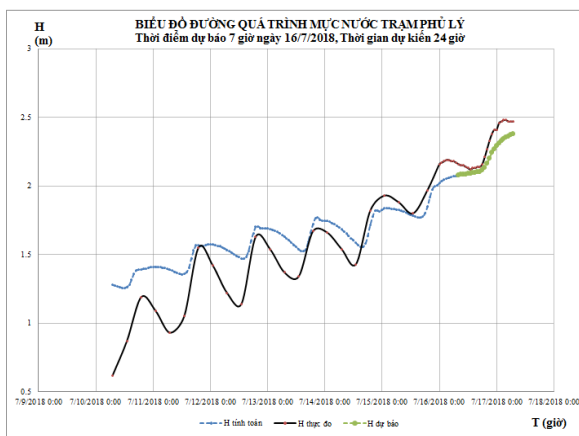
Sau khi đã hoàn thiện mô hình qua các bước hiệu chỉnh và kiểm định, cũng là lúc bắt đầu mùa mưa lũ trên lưu vực sông nghiên cứu, Luận văn này đã tiến hành dự báo thử nghiệm từ ngày 15/7 đến 26/7/2018, và sau đó đã xác định đây là đợt lũ cao nhất năm 2018 trên hệ thống sông Đáy-Hoàng Long. Ngày 15/7/2018 Đài KTTV tỉnh Hà Nam phát Tin mưa lớn diện rộng số: 07-07-MLDR/ĐKTTVHN: Do

ảnh hưởng của dải hội tụ nhiệt đới kết hợp với hoạt động mạnh của đới gió Đông nam nên từ chiều nay (15/7) đến hết ngày 19/7, tỉnh Hà Nam có mưa, mưa vừa, có nơi mưa to và dông. Trong cơn dông cần đề phòng có gió giật mạnh. Tổng lượng mưa từ chiều ngày 15-19 phổ biến từ 100 đến 150 mm, vùng núi Thanh Liêm, Kim Bảng từ 100 đến 200 mm. Ngày 17/7/2018 Đài KTTV tỉnh Ninh Bình đã phát tin mưa lớn diện rộng số: MLDR 08-10/ĐKTTVNB với nội dung: Do ảnh hưởng dải hội tụ nhiệt đới hoạt động mạnh nối với áp thấp nhiệt đới trên khu vực nam vịnh Bắc Bộ nên từ ngày 17/7 khu vực tỉnh Ninh Bình có mưa vừa mưa to và dông. Nhận định đợt mưa có khả năng gây ra một đợt lũ trên hệ thống sông Đáy-Hoàng Long. Tiến hành dự báo thử nghiệm ngày 2 lần vào 07 và 19 giờ, bắt đầu từ ngày 16/7/2018 khi mực nước trên các sông đang lên, kết thúc thử nghiệm ngày 04/8/2018 khi mực nước đã xuống dưới mức báo động 1.

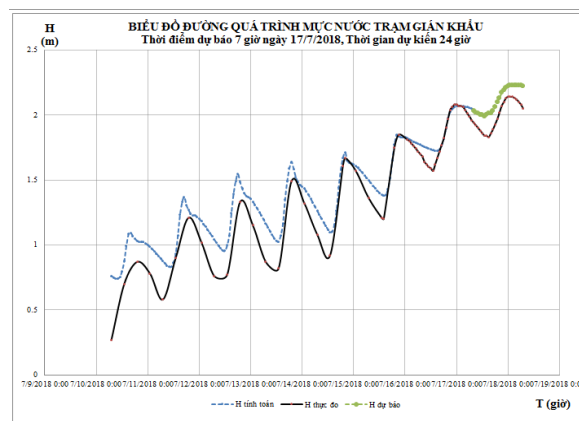
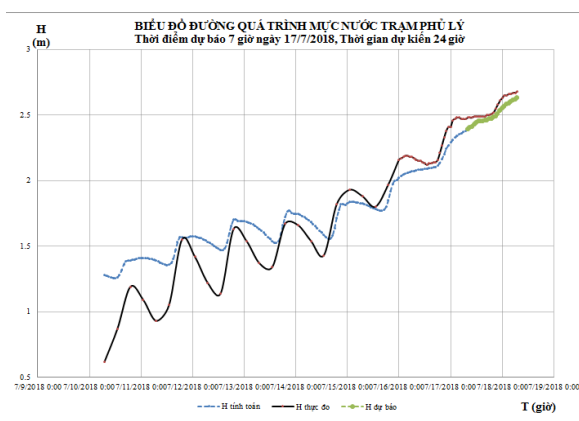
Số liệu mưa dự báo được khai thác từ mô hình số trị hạn vừa Châu Âu tại Trung tâm dự báo KTTV quốc gia dưới dạng file số liệu như sau:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	2018071700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	name	Lang	Ha	Ba	Hoa	Kim	Chi	Ba	Phu	Nho	Ninh	Ben
3	0	0	Dong	Vi	Binh	Boi	Ne	Tha	Ly	Quan	Binh	De
4	0	0	0	0	0	0	0	0	(KT)	0	(KT)	0
5	id	48820	48/58	48/57	48818	48/61	48/63	74117	48821	48832	48824	74181
6	lat	21.9	21	21.1	20.8	20.3	20.5	20.8	21	20.6	20.5	20.4
7	lon	104.5	105.8	105.4	105.3	105.5	105.8	105.7	105.8	106.1	105.9	105.8
8	7/17/2018 13:00	1.5	4.7	2.9	7.1	5.1	8.3	2.9	4.2	11.2	11.8	11.3
9	7/17/2018 19:00	11.1	6.7	10	15.1	19.2	17.8	15.3	7.3	12.9	8.5	16.2
10	7/18/2018 1:00	2.9	3.1	0.7	2.2	4.8	7.6	4.6	2.3	5.9	6.4	7.1
11	7/18/2018 7:00	0.1	1.3	0.2	2	5.7	5.2	2.9	3.4	4.6	5.3	8.2
12	7/18/2018 13:00	0	21.7	26.8	34.3	22.2	22.3	34.5	18.8	20.9	25.3	26.7
13	7/18/2018 19:00	13.9	8.1	11.4	20	6.6	5.3	14.3	6.9	14	7.1	2.8
14	7/19/2018 1:00	12.2	5.2	10.1	8.2	3.4	4.6	8.4	2.7	5.1	3.4	5.6
15	7/19/2018 7:00	10.2	3.1	9.4	6.6	7.5	6.2	9.4	3.6	4	5.3	7.9
16	7/19/2018 13:00	4.4	6.4	5.9	9.2	11.5	12.6	4.5	7.6	9	11.4	14.6
17	7/19/2018 19:00	11.1	9.5	8.8	4.8	5.7	3.8	6.1	5.2	2.1	6.4	4.7
18	7/20/2018 1:00	55.7	3.4	1.5	0.9	10.6	7.9	4.2	4.4	10.5	7.6	8.7
19	7/20/2018 7:00	32.8	4.6	2	3.5	5.2	6	7.8	7.1	7.8	5.9	5.2
20	7/20/2018 13:00	7.4	0.8	1.8	3.3	5.3	3.2	1.4	0.8	1.2	2.2	7.2
21	7/20/2018 19:00	4.6	1.4	1.5	3.3	3.3	3.7	2.7	1.4	3.4	3.9	3.1
22	7/21/2018 1:00	2.8	0.3	1.1	2.8	3.8	2.3	0.9	0.2	0.9	1.7	2.8
23	7/21/2018 7:00	2.1	1.3	3.7	2.4	1.2	1.8	2	0.7	1.9	1.6	1.8
24	7/21/2018 13:00	0.7	0.3	0.6	0.6	0	0	0.5	0.3	1	0.1	0

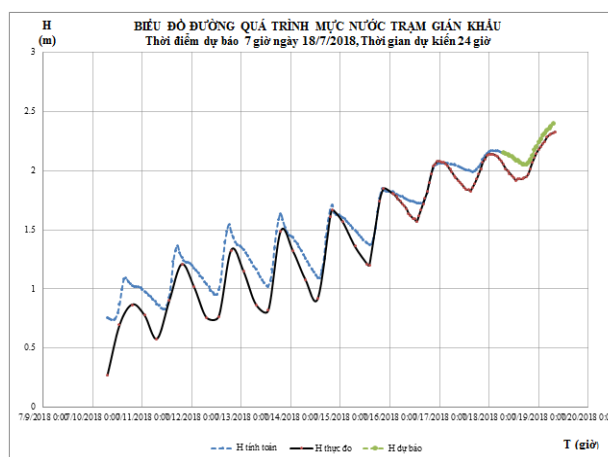
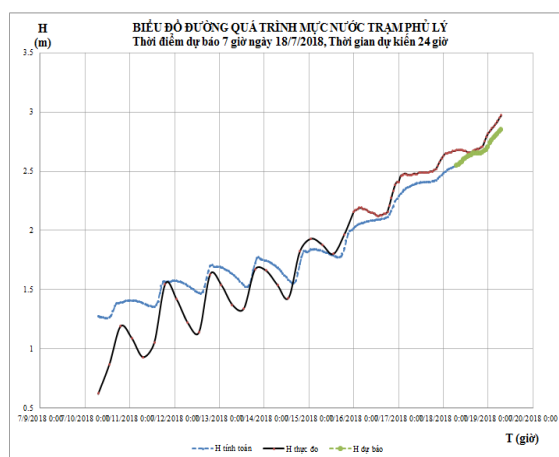
Một số biểu đồ so sánh kết quả dự báo và thực đo tại trạm Phủ Lý và Giám Khẩu như sau:



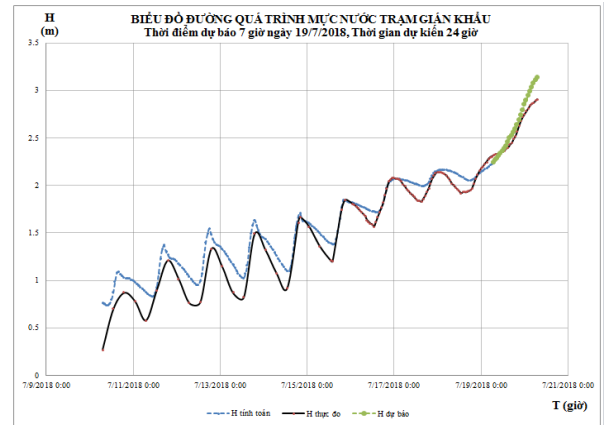
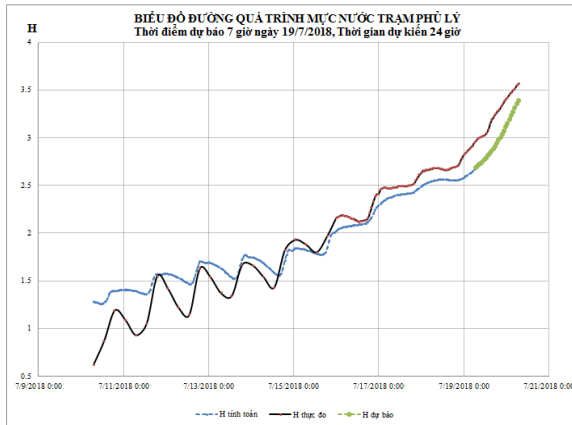
Hình 33: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 16/7/2018 tại trạm Phũ Lý và Gián Khẩu



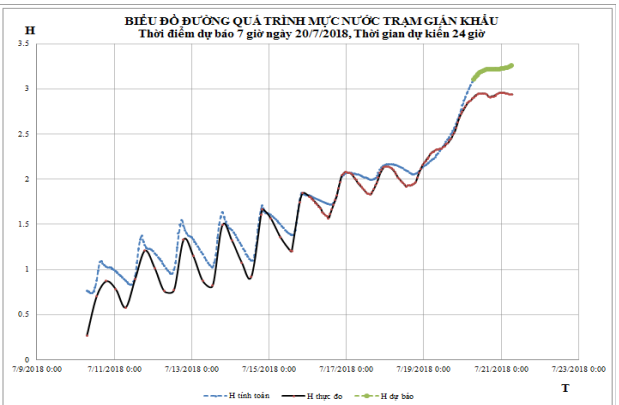
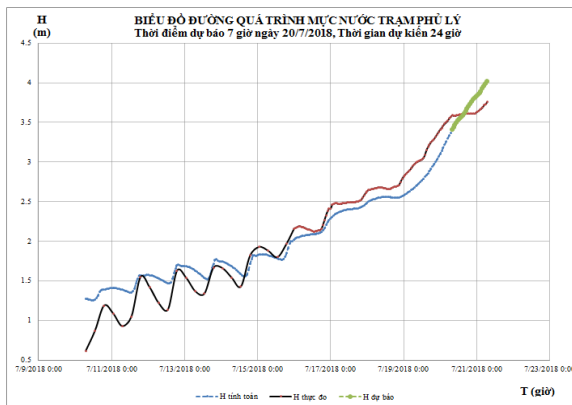
Hình 34: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 17/7/2018 tại trạm Phũ Lý và Gián Khẩu.



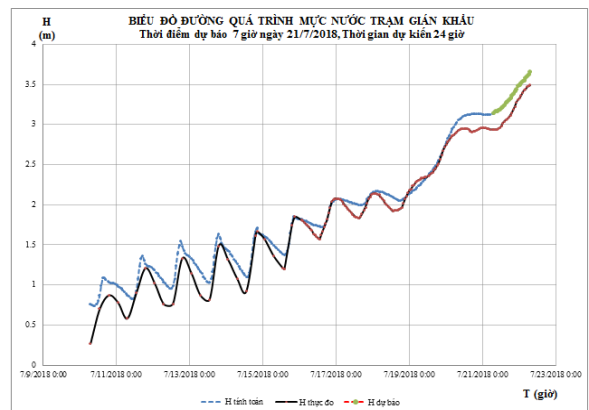
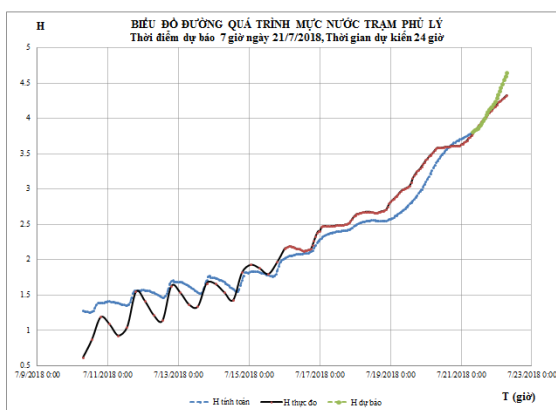
Hình 35: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 18/7/2018 tại trạm Phũ Lý và Gián Khẩu.



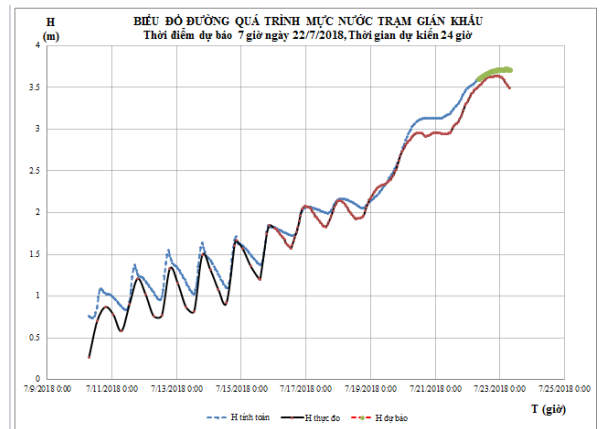
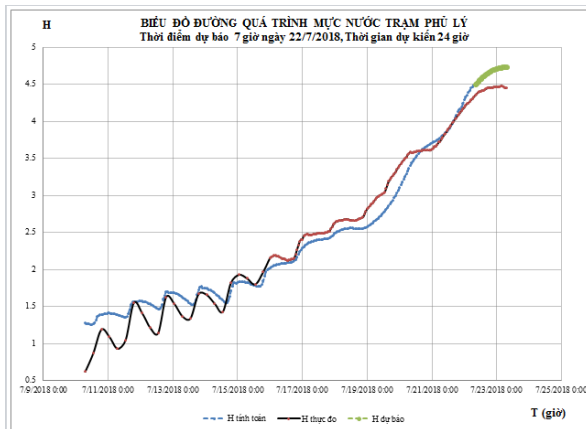
Hình 36: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 19/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.



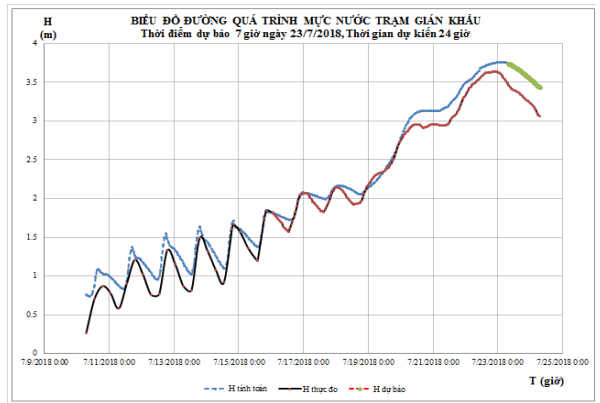
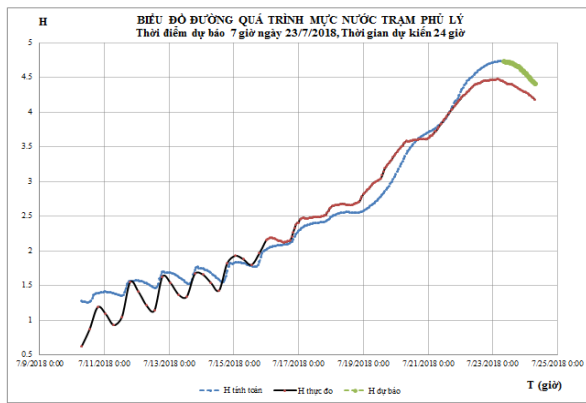
Hình 37: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 20/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.



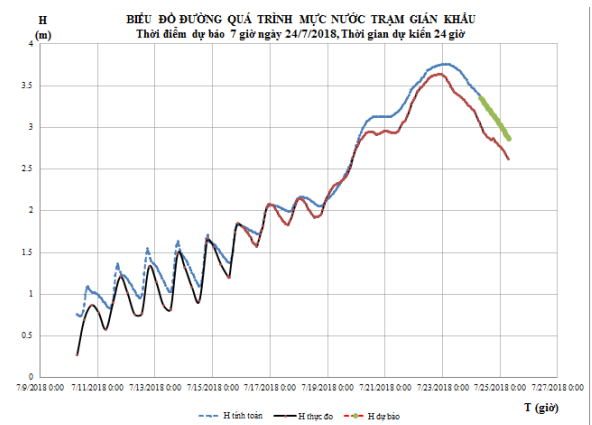
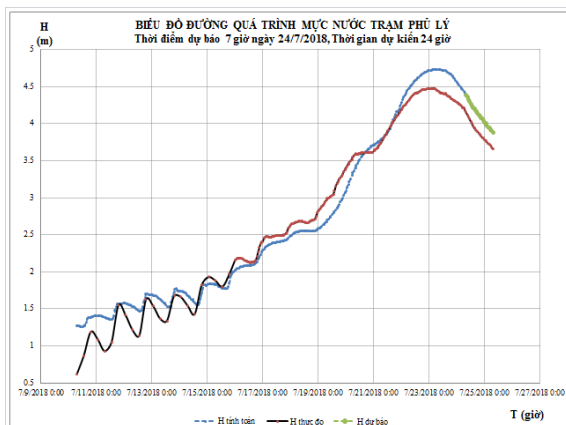
Hình 38: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 21/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu.



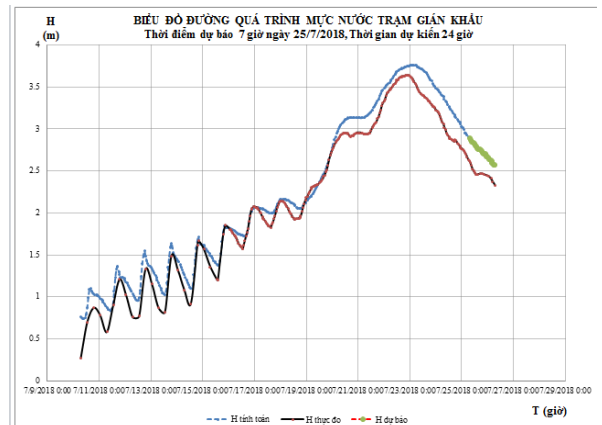
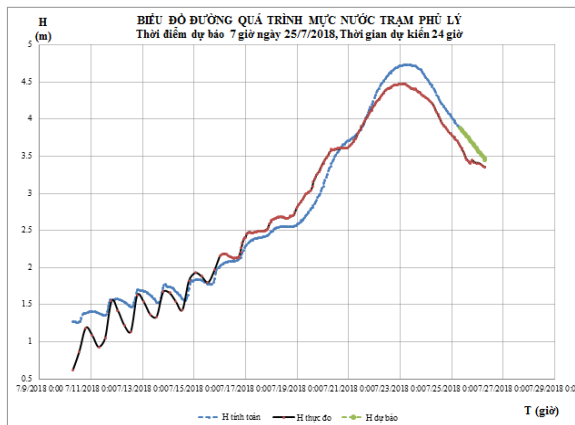
Hình 39: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 22/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu



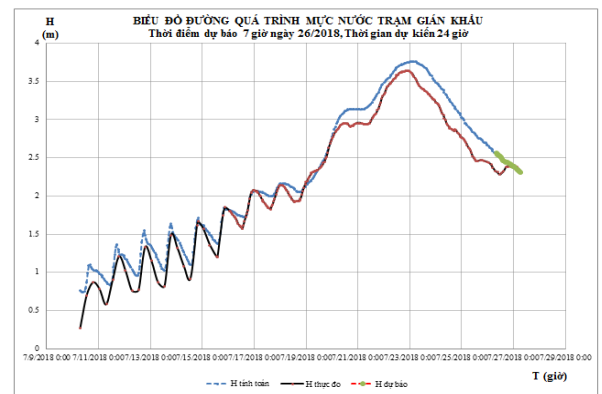
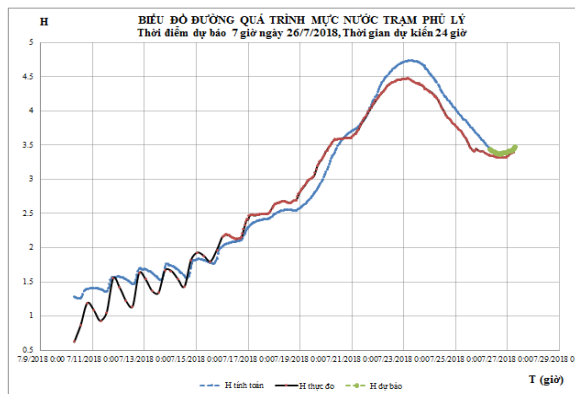
Hình 40: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 23/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu



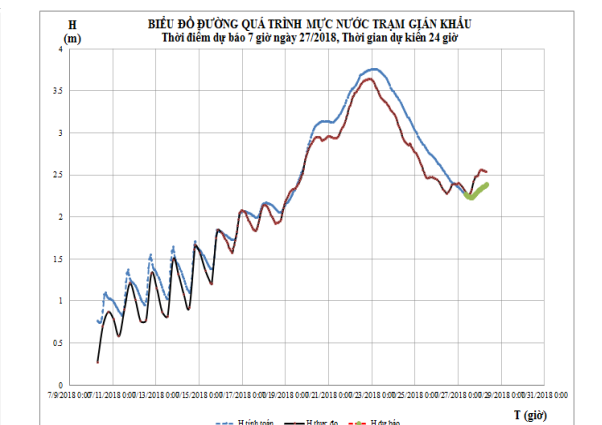
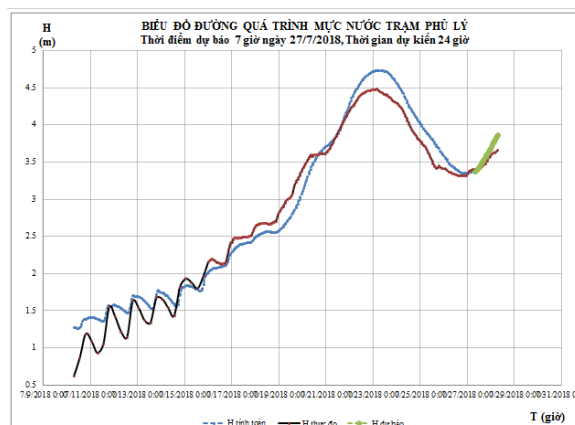
Hình 41: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 24/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu



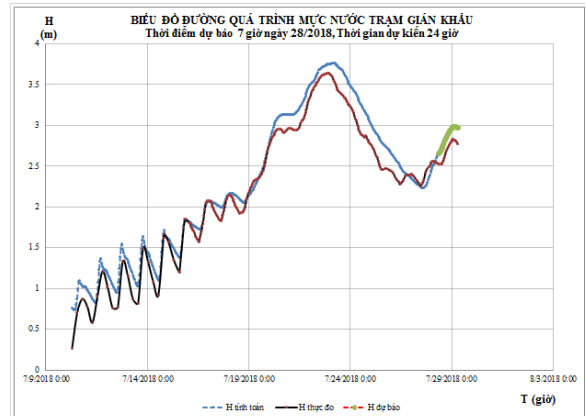
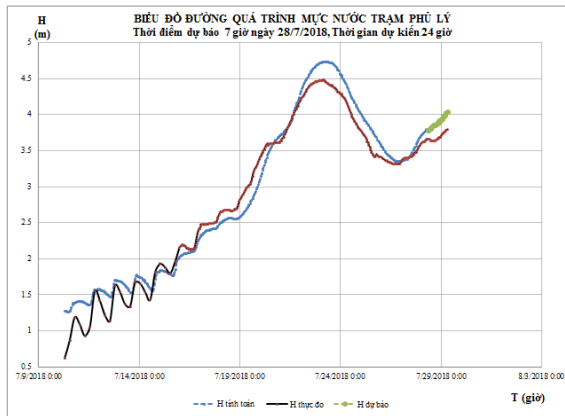
Hình 42: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 25/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



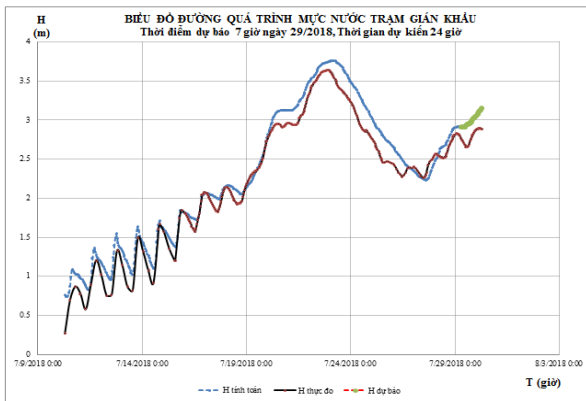
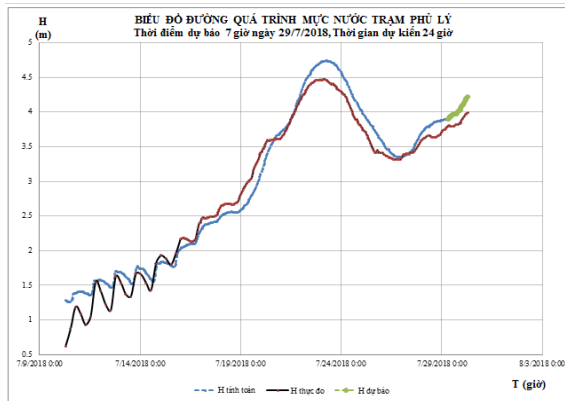
Hình 43: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 26/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



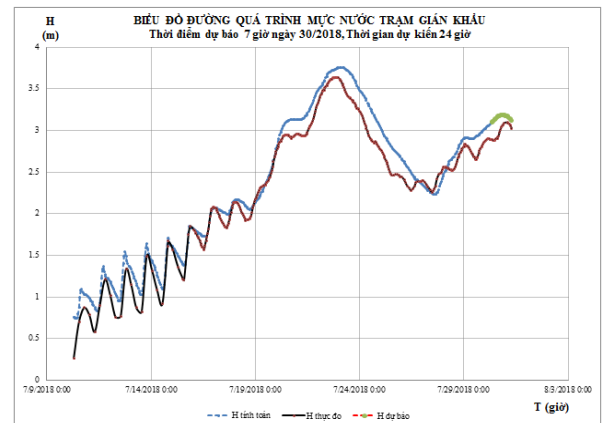
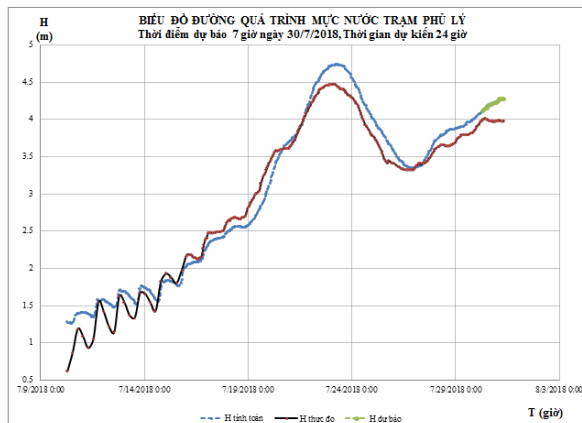
Hình 44: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 27/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



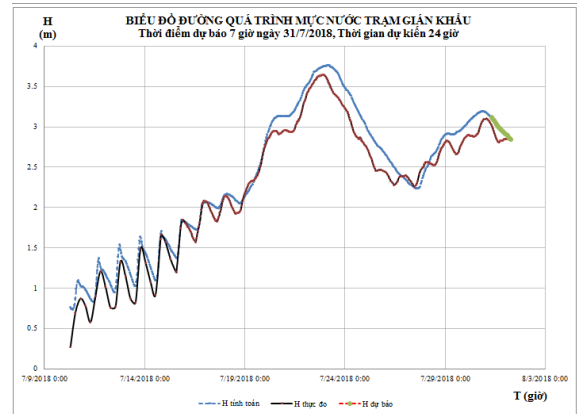
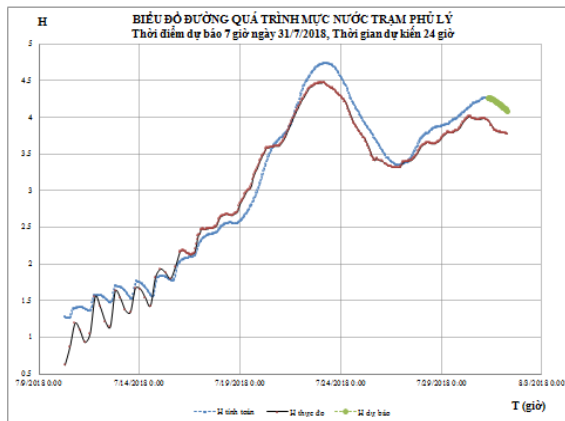
Hình 45: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 28/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



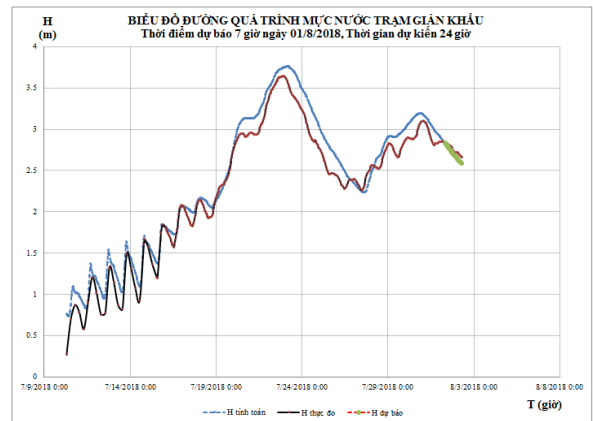
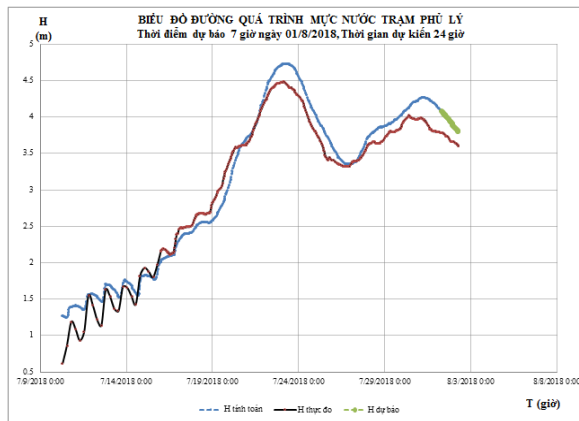
Hình 46: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 29/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



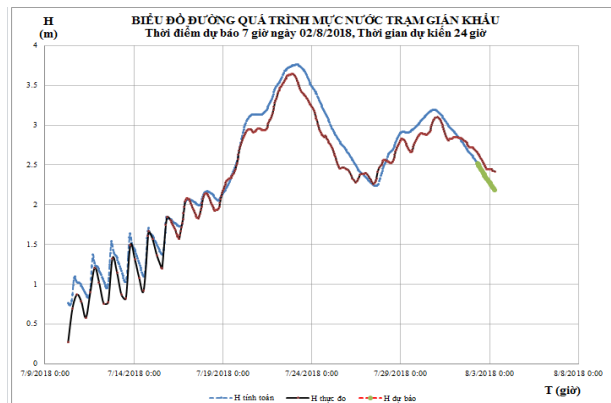
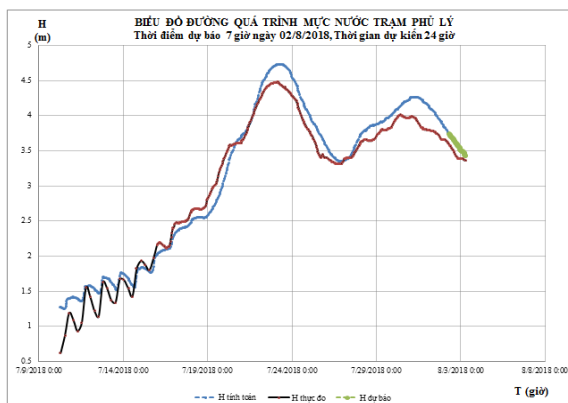
Hình 47: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 30/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



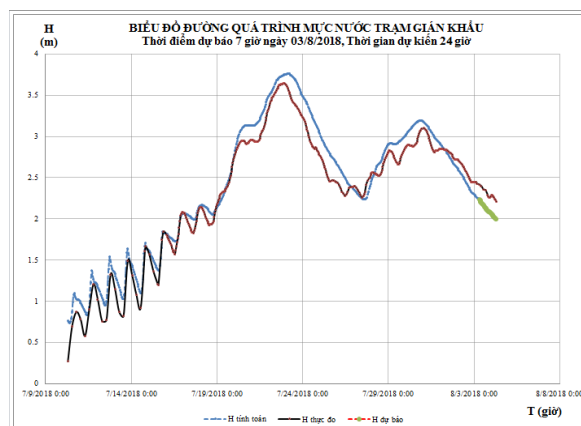
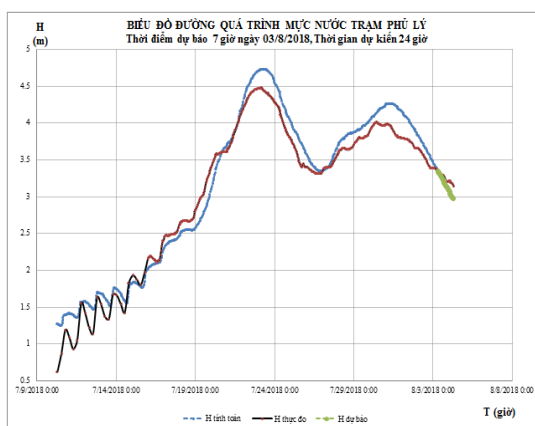
Hình 48: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 31/7/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



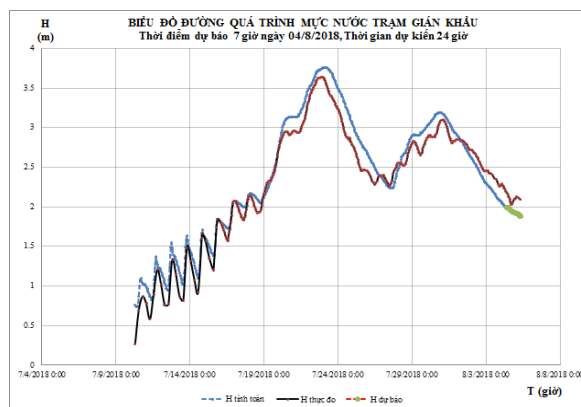
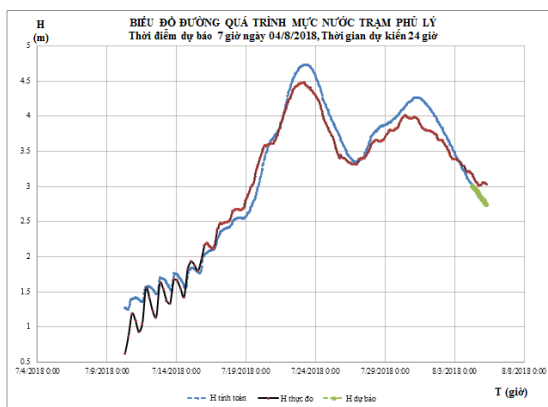
Hình 49: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 01/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



Hình 50: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 02/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gián Khẩu



Hình 51: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 03/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu



Hình 52: Biểu đồ so sánh đường quá trình mực nước dự báo và thực đo 7h ngày 04/8/2018 tại trạm Phủ Lý và Gian Khẩu

Kết quả dự báo thử nghiệm như sau:

Bảng 24: Kết quả dự báo thử nghiệm

Sông	Trạm	Thời gian dự kiến	Tổng số lần dự báo	Số lần dự báo đúng	σ'/σ	η	Mức đảm bảo phương án (%)
Đáy	Phủ Lý	12h	40	29	0.39	0.92	73
		24h	40	28	0.49	0.87	70
Hoàng Long	Gián Khẩu	12h	40	28	0.41	0.91	70
		24h	40	31	0.46	0.89	78

Đánh giá dự báo đỉnh lũ được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 25: Đánh giá dự báo đỉnh lũ

Sông	Trạm	Hmax tđ (m)	Hmax db (m)	ΔH (m)	Δt (giờ)	Đánh giá
Đáy	Phủ Lý	4.48	4.77	+ 0.29	-5	Đúng
Hoàng Long	Gián Khẩu	3.64	3.78	+ 0.14	-6	Đúng

Qua kết quả dự báo thử nghiệm cho thấy việc sử dụng bộ thông số của mô hình thu được dự báo cho trận lũ tháng 7 năm 2018 có mức đảm bảo phương án trên 70%; trên sông Đáy tại Phủ Lý với thời gian dự kiến 12 giờ, 24 giờ ở mức dùng tạm; trên sông Hoàng Long tại Gian Khẩu đối với thời gian dự kiến 12 giờ ở mức dùng tạm, thời gian dự kiến 24 giờ ở mức đạt yêu cầu. Dự báo nhánh lũ lên ở cả hai vị trí với từng lần dự báo cho kết quả tốt, phù hợp với thực đo, tuy nhiên đối với nhánh lũ xuống có sự sai khác lớn giữa dự báo và thực đo trong các lần dự báo; dự báo đỉnh lũ kép cho kết quả tốt, mực nước dự báo và thời gian xuất hiện nằm trong sai số cho phép.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sau thời gian thực hiện luận văn đã tổng quan làm rõ thêm được tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước về xu hướng dự báo lũ, đặc biệt là những phương án dự báo lũ cho lưu vực sông Đáy-Hoàng Long hiện đang được áp dụng trong dự báo nghiệp vụ tại Đài KTTV tỉnh Hà Nam và Đài KTTV tỉnh Ninh Bình; phân tích, đánh giá ưu, nhược điểm của các phương án dự báo. Tổng quan về điều kiện địa lý tự nhiên ảnh hưởng đến dòng chảy lũ, tổng hợp những nguyên nhân, đặc điểm gây mưa lũ chủ yếu và những trận lũ điển hình trong khu vực nghiên cứu. Đã ứng dụng mô hình MIKE11 trong dự báo lũ lưu vực sông Đáy-Hoàng Long, trên cơ sở đó đã rút ra được một số kết luận sau đây:

Kết luận

Luận văn đã thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định được bộ thông số cho mô hình MIKE-NAM đối với lưu vực Ba Thá và Hưng Thi. Đã chọn trận lũ năm 2000 và 2017 để hiệu chỉnh, cho kết quả khá tốt chỉ số Nash từ 0.838 đến 0.932. Chọn trận lũ năm 2001 và 2010 để kiểm định, cho kết quả khá tốt về đỉnh lũ và thời gian xuất hiện đỉnh, sai số tổng lượng nhỏ, chỉ số Nash đạt được tương đối tốt từ 0.794 đến 0.852 và có sự phù hợp giữa tính toán và thực đo. Bộ thông số thu được đã mô phỏng khá tốt quá trình lưu lượng tại Ba Thá và Hưng Thi.

Luận văn đã thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định bộ thông số cho mô hình MIKE11 đối với vực sông Đáy-Hoàng Long, quá trình mực nước lũ được kiểm tra Phủ Lý, Gián Khẩu. Đã chọn trận lũ năm 2000 và 2017 để hiệu chỉnh, kết quả cho thấy về đỉnh lũ cũng như thời gian xuất hiện đỉnh khá tốt, chỉ số Nash đạt trên 0.925. Chọn trận lũ các năm 2003 và 2010 để kiểm định, so sánh đường quá trình mực nước lũ tính toán với đường quá trình mực nước lũ thực đo tại Phủ Lý, Gián Khẩu có sự phù hợp về hình dạng lũ, sườn lũ lên, sườn lũ xuống, về giá trị và thời gian xuất hiện đỉnh lũ, chỉ số Nash đạt được tương đối tốt từ 0.774 đến 0.959. Bộ thông số thu được đã mô phỏng khá tốt quá trình mực nước lũ tại Phủ Lý và Gián Khẩu; qua quá trình hiệu chỉnh/kiểm định mô hình MIKE-NAM, MIKE11 đã thu được bộ thông số ổn định cho lưu vực sông Đáy-Hoàng Long.

Luận văn đã tiến hành dự báo thử nghiệm cho trận lũ từ ngày 16/7/2018 đến 04/8/2018 trên lưu vực sông Đáy-Hoàng Long trên cơ sở sử dụng sản phẩm mưa từ mô hình số trị hạn vừa Châu Âu, với tổng số 40 lần dự báo cho 12 giờ, 24 giờ. Chất lượng dự báo lũ trên sông Đáy tại Phủ Lý với thời gian dự kiến 12 giờ, 24 giờ ở mức dùng tạm; trên sông Hoàng Long tại Gián Khẩu đối với thời gian dự kiến 12 giờ ở mức dùng tạm, thời gian dự kiến 24 giờ ở mức đạt yêu cầu. Như vậy, luận văn đã ứng dụng mô hình MIKE11 để mô phỏng được mực nước lũ trên lưu vực sông Đáy-Hoàng Long tại Phủ Lý và Gián Khẩu, kết quả này khi được hoàn thiện và kiểm tra thêm sẽ góp phần phục vụ công tác dự báo tại hai vị trí này với thời gian dự kiến từ 12 giờ đến 24 giờ.

Kiến nghị:

Để kết quả dự báo thử nghiệm có thể đạt kết quả tốt hơn và có thể đưa vào sử dụng cho dự báo tác nghiệp, luận văn đưa ra một số kiến nghị sau:

- + Với mật độ các trạm đo mưa hiện tại trên lưu vực sông Đáy-Hoàng Long là tương đối thưa, chưa đủ để phản ánh tình hình diễn biến mưa trên lưu vực do vậy cần tăng cường số lượng trạm đo mưa đặc biệt là khu vực nội đồng, chú trọng ưu tiên phát triển các trạm đo mưa tự động. Cần bổ sung, nâng cấp các trạm đo mực nước thành các trạm đo lưu lượng như trạm thủy văn Ba Thá, Hưng Thi.

- + Kết quả tính toán dự báo dòng chảy phụ thuộc nhiều vào dự báo mưa, thời gian chảy truyền và tỉ trọng gia nhập khu giữa phụ thuộc vào tâm mưa. Cần tham khảo số liệu mưa dự báo từ các nguồn khác nhau để có đánh giá về độ tin cậy của dự báo. Ngoài ra cần hiệu chỉnh mưa dự báo trong dự báo tác nghiệp.

- + Cần tiếp tục hiệu chỉnh các thông số của bộ mô hình, đảm bảo độ ổn định. Dự báo thử nghiệm cho các trận lũ tiếp theo.

- + Trong tương lai, khi áp dụng nghiên cứu trong dự báo nghiệp vụ cần tính đến các trường hợp xả tràn tại các đập tràn Đức Long, Gia Tường, Lạc Khoái trên hệ thống sông Hoàng Long và ảnh hưởng của dòng chảy lũ từ sông Hồng vào hạ lưu sông Đáy qua sông Đào.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

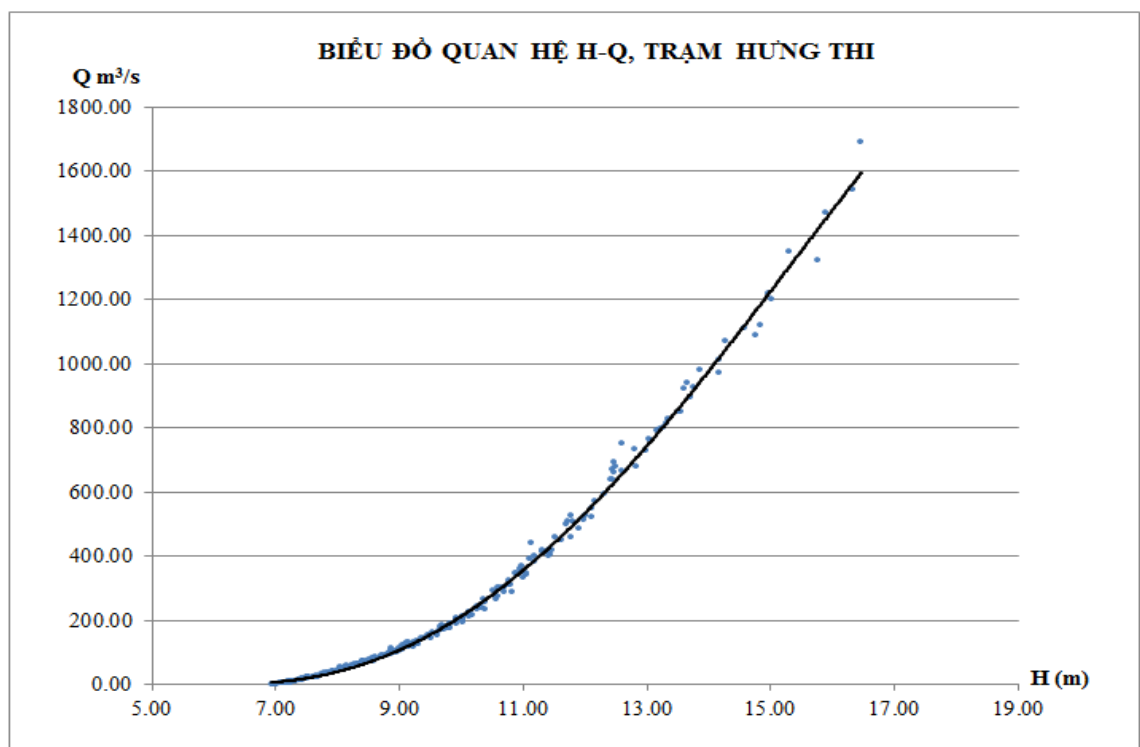
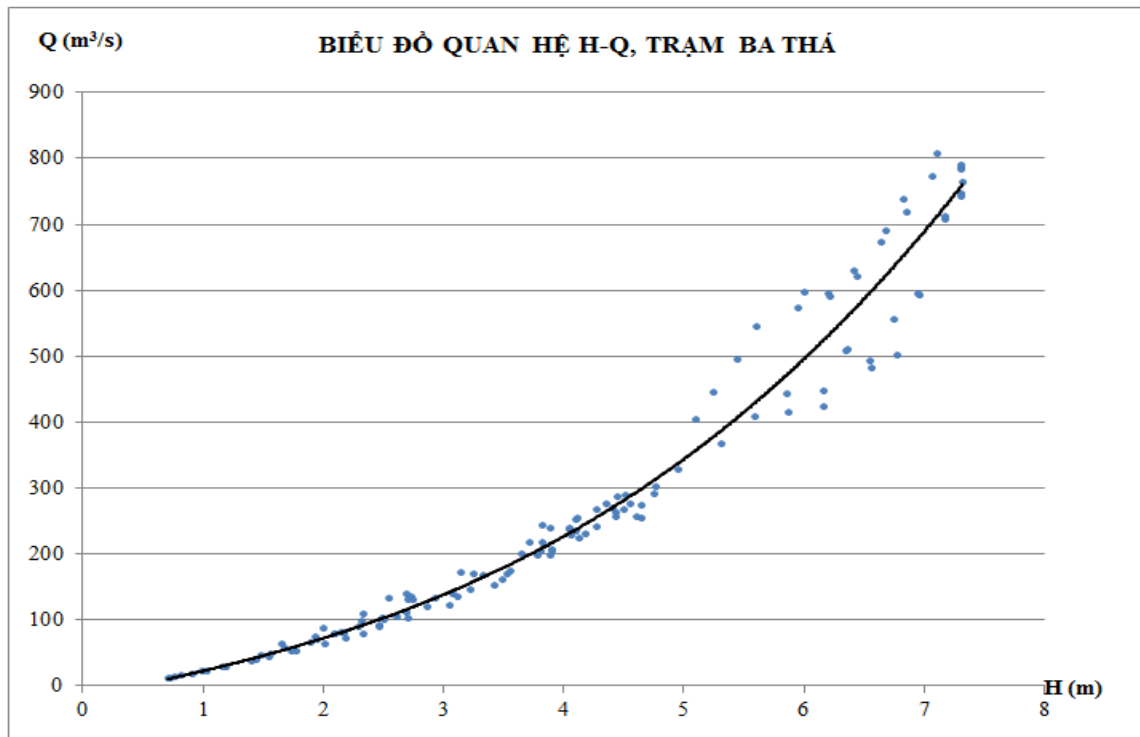
1. Bùi Văn Chanh và Trần Ngọc Anh (2016), “Tích hợp bộ mô hình dự báo thủy văn lưu vực sông Trà Khúc”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội*.
2. Cục thống kê Hà Nam (2017), “Niên giám thống kê 2016 tỉnh Hà Nam”.
3. Đặng Đình Đức (2012), “*Nghiên cứu xây dựng bản đồ tính dễ bị tổn thương cho lưu vực sông Nhuệ Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội*”, Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
4. Nguyễn Ý Như (2011), “*Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến cực trị dòng chảy trên lưu vực sông Nhuệ Đáy thuộc địa bàn thành phố Hà Nội*” Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
5. Đặng Thị Lan Phương (2012), “*Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE từng bước hoàn thiện công nghệ dự báo lũ sông Hồng – Thái bình*”, Luận văn Thạc sỹ khoa học, ĐH Khoa học Tự nhiên – ĐH Quốc gia Hà Nội.
6. Lại Thị Thanh (2014), “*Nghiên cứu quy hoạch phòng chống lũ sông Hoàng Long trong điều kiện không xây dựng hồ chứa nước Hưng Thi*”, Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Thủy lợi.
7. Trần Thục (2011), “*Xây dựng công nghệ tính toán dự báo lũ lớn hệ thống sông Hồng – Thái Bình*”, Đề tài cấp Bộ.
8. Website: <http://thoibaonganhang.vn/> (Năm 2017).

Tiếng Anh

9. DHI (2007), MIKE ZERO Software Package, Rainfall-Runoff Parametters.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1: BIỂU ĐỒ QUAN HỆ MỨC NƯỚC – LƯU LƯỢNG TRẠM THỦY VĂN BA THÁ VÀ TRẠM THỦY VĂN HƯNG THI



**PHỤ LỤC 2: ĐẶC TRƯNG DIỆN TÍCH LƯU VỰC TRONG MÔ HÌNH
MIKE-NAM**

STT	Tiểu lưu vực	Sông	Diện tích (Km ²)
1	BATHA	Đáy	1422.97
2	HUNGTHI	Bôi	639.901
3	PHULY	Đáy	766.763
4	NHUE	Nhuệ	469.801
5	CHAUGIANG	Châu Giang	137.368
6	GIANKHAU	Hoàng Long	84.9506
7	BENDE	Bôi	284.256
8	NINHBINH	Đáy	514.087
9	DOCBO	Đào	290.895
10	LV1	Hoàng Long	498.837
11	LV2	Đáy	511.777
12	LV3	Đáy	535.378

**PHỤ LỤC 3: CÁC TRỌNG SỐ TRẠM ĐO MƯA ĐỂ TÍNH LƯỢNG MƯA
TRUNG BÌNH LƯU VỰC BẰNG ĐA GIÁC THEISON TRONG MÔ HÌNH
MIKE-NAM**

Trạm đo mưa	Lưu vực											
	BA THA	HUNG THI	PHU LY	NHUE	CHAU GIANG	GIAN KHAU	BEN DE	NINH BINH	DOC BO	LV1	LV2	LV3
Láng	0	0	0	0.266	0	0	0	0	0	0	0	0
Hà Đông	0.142	0	0.008	0.503	0.0125	0	0	0	0	0	0	0
Sơn Tây	0.465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba Vĩ	0.104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hòa Bình	0.077	0.338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kim Bôi	0	0.48	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chi Nê	0	0.117	0.336	0	0	0	0.239	0	0	0	0	0
Ba Thá	0.211	0.0358	0.497	0.123	0	0	0	0	0	0	0	0
Phủ Lý	0	0	0.127	0.109	0.988	0.023	0.068	0.813	0.013	0	0	0.022
Nho Quan	0	0	0	0	0	0.074	0	0	0	0.37	0.145	0
Ninh Bình	0	0	0	0	0	0.021	0	0.060	0.009		0.85	0.86
Bến Đề	0	0	0	0	0	0.882	0.34	0.101	0	0.314	0.003	
Hưng Thị	0	0.0289	0	0	0	0	0.352	0	0	0.316	0	0
Nam Định	0	0	0	0	0	0	0	0.026	0.978	0	0	0.121

PHỤ LỤC 4: BIỂU ĐỒ SO SÁNH MỰC NƯỚC TRIỀU TÍNH TOÁN
TẠI CỬA ĐÁY VỚI MỰC NƯỚC TRẠM THỦY VĂN NHƯ TÂN

