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

Vũ Mạnh Cường

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-HMS TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN SÔNG HỒNG

LUẬN VĂN THẠC SỸ KHOA HỌC

Hà nội - năm 2009

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

Vũ Mạnh Cường

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-HMS TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN SÔNG HỒNG

Chuyên ngành: Thủy văn học
Mã số: 60.44.90

LUẬN VĂN THẠC SỸ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGS.TS. Nguyễn Hữu Khải

Hà nội - năm 2009

Lời cảm ơn

Luận văn thạc sỹ khoa học "Nghiên cứu ứng dụng mô hình HEC-HMS tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng" hoàn thành tại Khoa Khí tượng-Thủy văn-Hải dương học thuộc trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội vào tháng 12 năm 2009, dưới sự hướng dẫn trực tiếp của PGS.TS. Nguyễn Hữu Khải.

Tác giả xin bày tỏ sự cảm ơn chân thành tới thầy giáo PGS.TS. Nguyễn Hữu Khải. Thầy đã tận tình hướng dẫn, chỉ bảo cho em trong suốt quá trình nghiên cứu Luận văn.

Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới các Thầy, Cô giáo Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học đã giúp đỡ em trong quá trình học tập và nghiên cứu luận văn. Tác giả cũng xin cám ơn TS. Đặng Ngọc Tĩnh (Trưởng phòng Thủy văn I, Trung tâm Dự báo Trung ương) và CVC. Trần Ngọc Minh (Giám đốc Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Việt Bắc) cùng các đồng nghiệp đã tạo điều kiện tốt nhất trong quá trình tác giả thu thập và sử lý tài liệu phục vụ quá trình thực hiện Luận văn.

Trong khuôn khổ của Luận văn, do thời gian và điều kiện hạn chế nên không tránh khỏi những thiếu sót. Vì vậy, tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của độc giả và những người quan tâm.

MỤC LỤC

DANH MỤC BẢNG BIỂU 6

DANH MỤC HÌNH VẼ 7

MỞ ĐÀU 8

Chương 1 TỔNG QUAN 10

1.1 ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG HỒNG 10

1.1.1 Vị trí địa lý 10

1.1.2 Địa hình, địa mạo 10

1.1.3 Địa chất, thổ nhưỡng 11

1.1.4 Thực vật 12

1.1.5 Điều kiện khí hậu, thủy văn 13

1.2 HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN SÔNG HỒNG 22

1.2.1 Hồ Thác Bà 22

1.2.2 Hồ Tuyên Quang 22

1.2.3 Hồ Hòa Bình 23

1.3 GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP VÀ NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỒ CHỨA. 23

1.3.1 Các phương pháp tính toán điều tiết vận hành hồ chứa 23

1.3.2 Giới thiệu một số công trình nghiên cứu trước đây 24

1.3.3 Giới thiệu một số mô hình mô phỏng vận hành hệ thống hồ chứa 25

Chương 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH HEC-HMS 27

2.1 GIỚI THIỆU MÔ HÌNH HEC-HMS 27

2.1.1 Giới thiệu 27

2.1.2 Mô phỏng các thành phần lưu vực 27

2.2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH HEC-HMS 27

2.2.1 Mưa 28

2.2.2 Tổn thất 29

2.2.3 Chuyển đổi dòng chảy 34

2.2.4 Tính toán dòng chảy ngầm 39

2.2.5 Diễn toán dòng chảy 41

Chương 3 NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-HMS TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN SÔNG HỒNG

3.1 SƠ ĐỒ HÓA HỆ THỐNG 50

3.2 THU THẬP VÀ CHỈNH LÝ SỐ LIỆU 52

3.2.1 Số liệu thủy văn 52

3.2.2 Số liệu đặc trưng hồ chứa 53

3.2.3 Chỉnh lý số liệu 54

3.3 ĐIỀU KIỆN BIÊN VÀ ĐIỀU KIỆN BAN ĐẦU 55

3.4 HIỆU CHỈNH MÔ HÌNH 57

3.4.1 Lựa chọn mô hình 57

3.4.2 Hiệu chỉnh thông số mô hình 58

3.5 KIỂM NGHIỆM MÔ HÌNH 64

3.6 ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CỦA CÁC HỒ CHỨA TRONG MÙA KIỆT 69

3.7 MỘT SỐ NHẬN XÉT 72

KẾT LUẬN 73

TÀI LIỆU THAM KHẢO 75

PHỤ LỤC 1 77

PHỤ LỤC 2 89

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1	Nhiệt độ bình quân tháng tại một số trạm trên lưu vực	14
Bảng 1.2	Độ ẩm bình quân tháng tại một số trạm trên lưu vực	14
Bảng 1.3	Lượng mưa trung bình tháng, năm trong thời kỳ quan trắc tại một số trạm khí tượng trên lưu vực sông Hồng	15
Bảng 1.4	Đặc trưng hình thái các lưu vực sông chính	16
Bảng 1.5	Đặc trưng dòng chảy năm tại một số trạm thuỷ văn trên hệ thống sông Hồng	18
Bảng 1.6	Lưu lượng trung bình tháng tại một số trạm trên hệ thống sông Hồng	19
Bảng 1.7	Đặc trưng cát bùn lơ lửng tại các trạm thuỷ văn trên hệ thống sông	20
Bảng 3.1	Bảng thống kê khoảng cách các đoạn sông	52
Bảng 3.2	Bảng thống kê các trạm thủy văn ở biên trên	53
Bảng 3.3	Bảng thống kê các trạm thủy văn ở khu giữa và hạ lưu	54
Bảng 3.4	Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Tuyên Quang	54
Bảng 3.5	Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Thác Bà	55
Bảng 3.6	Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Hòa Bình	55
Bảng 3.7	Bảng thống kê các trạm đo mưa, bốc hơi, lượng thấm của các hồ	56
Bảng 3.8	Kết quả hiệu chỉnh thông số thời gian trễ lag	59
Bảng 3.9	Kết quả độ hữu hiệu khi hiệu chỉnh mô hình theo chỉ tiêu Nash	59
Bảng 3.10	Kết quả độ hữu hiệu khi kiểm nghiệm mô hình theo chỉ tiêu Nash	64
Bảng 3.11	Lịch thời vụ vụ chiêm xuân ở đồng bằng sông Hồng	69
Bảng 3.12	Kết quả tính toán và thực đo trạm Hà Nội ứng với $H \geq 2.2$ m năm 2008	70
Bảng 3.13	Kết quả tính toán và thực đo trạm Hà Nội ứng với $H \geq 2.2$ m năm 2009	70

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1	Bản đồ vị trí địa lý lưu vực sông Hồng	12
Hình 2.1	Biểu đồ mưa	29
Hình 2.2	Các biến số trong phương pháp thấm Green- Ampt	33
Hình 2.3	Sơ đồ tính thấm theo độ ẩm đất	34
Hình 2.4	Các phương pháp cắt nước ngầm	40
Hình 3.1	Sơ đồ hóa hệ thống hồ chứa và mạng lưới sông Hồng	51
Hình 3.2	Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Hòa Bình năm 2008	60
Hình 3.3	Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Thác Bà năm 2008	60
Hình 3.4	Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Tuyên Quang năm 2008	61
Hình 3.5	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Ghềnh Gà năm 2008	61
Hình 3.6	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Vụ Quang năm 2008	62
Hình 3.7	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Sơn Tây năm 2008	62
Hình 3.8	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Hà Nội năm 2008	63
Hình 3.9	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Thượng Cát năm 2008	63
Hình 3.10	Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Hòa Bình năm 2009	65
Hình 3.11	Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Thác Bà năm 2009	65
Hình 3.12	Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Tuyên Quang năm 2009	66
Hình 3.13	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Ghềnh Gà năm 2009	66
Hình 3.14	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Vụ Quang năm 2009	67
Hình 3.15	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Sơn Tây năm 2009	67
Hình 3.16	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Hà Nội năm 2009	68
Hình 3.17	Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Thượng Cát năm 2009	68
Hình 3.18	Đường quá trình mực nước Trạm Hà Nội năm 2008	71
Hình 3.19	Đường quá trình mực nước Trạm Hà Nội năm 2009	72

MỞ ĐẦU

1. Đặt vấn đề.

Việt Nam có 9 hệ thống sông lớn và một số sông suối nhỏ có lượng nước rất phong phú. Tuy nhiên, dòng chảy trên các sông suối phân phối không đều trong năm; mùa lũ lượng dòng chảy rất lớn dẫn đến thừa nước gây ra lũ lụt, mùa cạn lượng dòng chảy nhỏ dẫn đến thiếu nước dùng. Do đó, phía thượng lưu của các sông suối đã xây dựng các hồ chứa, nhằm điều tiết dòng chảy. Nếu có phương án khai thác hiệu quả, thì đây là nguồn tài nguyên thiên nhiên vô cùng quí giá, để phục vụ phát triển các ngành kinh tế của đất nước.

Hệ thống sông Hồng là hệ thống sông lớn thứ hai ở nước ta, chỉ sau hệ thống sông Mê Kông, được bắt nguồn từ tỉnh Vân Nam - Trung Quốc. Hệ thống sông Hồng gồm 3 nhánh; sông Thao (được coi là nhánh chính của sông Hồng), sông Lô và sông Đà. Trên hệ thống sông Hồng có nhiều bậc thang có thể xây dựng các hồ chứa nhằm; phòng lũ cho hạ du, cung cấp nước nhà máy thủy điện, phục vụ giao thông thủy, cung cấp nước tưới... Hiện nay trên các sông suối đã xây dựng một số hồ chứa, trong đó phải kể đến là hồ Thác Bà trên sông Chảy, hồ Tuyên Quang trên sông Gâm, hồ Hòa Bình trên sông Đà. Sự điều tiết của 3 hồ chứa này đã làm thay đổi chế độ dòng chảy tự nhiên; giảm lượng dòng chảy mùa lũ ở hạ du (đặc biệt là Hà Nội), làm tăng dòng chảy mùa cạn (đặc biệt là trong thời kỳ cung cấp nước tưới cho Nông nghiệp).

Vì vậy, tính toán sự điều tiết của các hồ chứa thượng nguồn sông Hồng ảnh hưởng đến mực nước vùng hạ du (đặc biệt là Thủ đô Hà Nội) là cần thiết. Trong khuôn khổ của luận văn, tác giả tập trung nghiên cứu ứng dụng mô hình HEC-HMS tính toán sự điều tiết của các hồ chứa thượng nguồn sông Hồng, ảnh hưởng đến mực nước tại Hà Nội trong thời kỳ mùa kiệt.

2. Mục đích của luận văn.

Nghiên cứu ứng dụng của mô hình HEC-HMS tính toán điều tiết của các hồ chứa thượng nguồn sông Hồng, ảnh hưởng đến mực nước tại Hà Nội vào mùa kiệt.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

- Đối tượng: Mô hình HEC-HMS
- Phạm vi nghiên cứu: từ 3 hồ chứa; Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang đến trạm Thủy văn Hà Nội.

4. Phương pháp nghiên cứu.

- Phương pháp phân tích hệ thống.
- Phương pháp mô hình toán.

5. Bố cục của Luận văn.

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận và phụ lục, Luận văn gồm 3 chương chính:

- Chương 1. Tổng quan
- Chương 2. Cơ sở lý thuyết của mô hình HEC-HMS
- Chương 3. Nghiên cứu ứng dụng mô hình HEC-HMS tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng.

CHƯƠNG 1
TỔNG QUAN

1.1. ĐIỀU KIỆN ĐỊA LÝ TỰ NHIÊN LƯU VỰC SÔNG HỒNG.

1.1.1. Vị trí địa lý.

Hệ thống sông Hồng là hệ thống sông lớn thứ hai ở nước ta, chỉ sau hệ thống sông Mê Kông, nằm trong phạm vi toạ độ địa lý: $100^0$00'-$106^0$35' kinh độ đông, $20^0$00'-$25^0$30' vĩ độ bắc; phía bắc giáp lưu vực sông Trường Giang, phía đông giáp lưu vực sông Thái Bình, phía tây giáp lưu vực sông Mê Kông và sông Mã, phía nam giáp Vịnh Bắc Bộ. Phần lưu vực hệ thống sông Hồng trong lãnh thổ nước ta nằm trong phạm vi toạ độ địa lý: $102^0$10'-$106^0$35' kinh độ đông, $20^0$00'-$23^0$07' vĩ độ bắc.

Diện tích lưu vực hệ thống sông Hồng khoảng 155.000 km^2, trong đó có 82.300 km^2 nằm ngoài lãnh thổ Việt Nam (Trung Quốc 7110 km^2 và Lào 1120 km^2, phần diện tích nằm trong lãnh thổ nước ta là 72.700 km^2 (chiếm 46,9%), bao trùm toàn bộ hay một phần địa phận 17 tỉnh và thành phố: Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hoà Bình, Lào Cai, Yên Bái, Hà giang, Tuyên Quang, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, thành phố Hà Nội, Hưng Yên, Hà Nam, Hà Đông, Ninh Bình, Nam Định, Thái Bình.

1.1.2. Địa hình, địa mạo.

Địa hình trong lưu vực hệ thống sông Hồng rất đa dạng, bao gồm: núi, đồi và đồng bằng. Địa hình đồi núi chiếm phần lớn diện tích lưu vực, có xu thế thấp dần theo hướng tây bắc - đông nam, độ cao trung bình 1090 m. Trong lãnh thổ Việt Nam, phần phía tây của lưu vực sông Hồng được giới hạn bởi khối núi ở biên giới Việt - Lào với những đỉnh cao trên 1800 m như: Pu-đen-đinh (1886 m), Pu-Sam-Sao (1897 m), Khoan-La-San (1853 m), là đường phân nước giữa sông Đà (một nhánh của sông Hồng) với sông Mê Kông; phía tây bắc của lưu vực là những dãy núi cao ở biên giới Việt - Trung, với những đỉnh cao trên 2000 m như: Pu Si Ling (3076 m), Phu Nam Nhe (2534 m), phần phía bắc cũng có những dãy núi cao với những đỉnh cao trên 2000 m như: Kiều Liêu Ti (2402 m), Tây Côn Lĩnh (2419 m); phần phía đông bắc là 2 cánh cung: sông Gâm, Ngân Sơn và dãy Tam Đảo.

Ở trung và thượng lưu có những khối núi và cao nguyên. Dãy Hoàng Liên Sơn kéo dài từ biên giới Việt - Trung đến Vạn Yên với đỉnh Phan Xi Păng cao nhất Việt Nam (3143 m), sau đó là đỉnh Phu-Luông (2985 m), là đường phân nước giữa

sông Đà với sông Thao. Dãy núi Con Voi ở tả ngạn trung lưu sông Thao là đường phân nước giữa sông Thao với sông Lô. Khối núi Tây Côn Lĩnh phía hữu ngạn trung lưu sông Lô có những đỉnh cao trên 2000 m: Tây Côn Lĩnh 2419 m, Kiều Liêu Ti 2402 m.

Trong lưu vực sông Hồng có các cao nguyên đá vôi như các cao nguyên: Tà Phìn, Sín Chải, Sơn La, Mộc Châu thuộc lưu vực sông Đà; Bắc Hà, Quản Bạ, Đồng Văn, Yên Minh thuộc lưu vực sông Lô.

Địa hình đồi dạng bát úp, cao từ 50-100 m, đặc trưng cho cảnh quan vùng trung du, phân bố rộng khắp trong lưu vực.

Xen kẽ giữa những cao nguyên và đồi núi có những bồn địa như ở Nghĩa Lộ, Quang Huy. Vùng đồng bằng nằm ở châu thổ sông Hồng - Thái Bình, địa hình bằng phẳng, nghiêng ra biển theo hướng tây bắc - đông nam. Đồng bằng bị chia cắt thành những khu bởi các bờ đê chạy dọc theo các triền sông.

1.1.3. Địa chất, thổ nhưỡng.

Lưu vực sông Hồng trong địa phận Việt Nam là nơi gặp gỡ của hai hệ thống địa chất - kiến tạo lớn, đó là nền địa chất Hoa Nam và địa máng Mezozoi, nối hai phương kiến tạo khác nhau và cắt nhau: đông bắc nằm trên và tây bắc nằm dưới. Ranh giới của 2 hệ thống này là đường đứt gãy kiến tạo lớn và sâu chạy theo hướng tây bắc - đông nam ra tận Vịnh Bắc Bộ, chính sông Thao và sông Chảy chảy trên đường đứt gãy này. Hệ thống đứt gãy này chia lưu vực sông Hồng thành 2 miền uốn nếp khác nhau: Việt - Trung nằm ở đông bắc và Ấn - Trung nằm ở phía tây nam. Vì thế, cấu tạo địa chất trong lưu vực rất phức tạp.

Vùng núi cao trong trong lưu vực được cấu tạo bằng các loại đá như: granít, đá phiến, sa diệp thạch, phiến thạch, sa thạch, cát kết, cuội kết và đá vôi. Đất trong lưu vực được phát triển trên các loại đá mẹ khác nhau, gồm các loại đất như: Đất mùn trên núi cao, đất feralít trên các loại đá mác ma, đá vôi và các loại đá khác với các màu vàng nhạt, vàng, đỏ, đỏ vàng, nâu đỏ..., đất đá vôi, đất phù sa và cát ven sông, ven biển, đất phèn và đất mặn.

1.1.4. Thực vật.

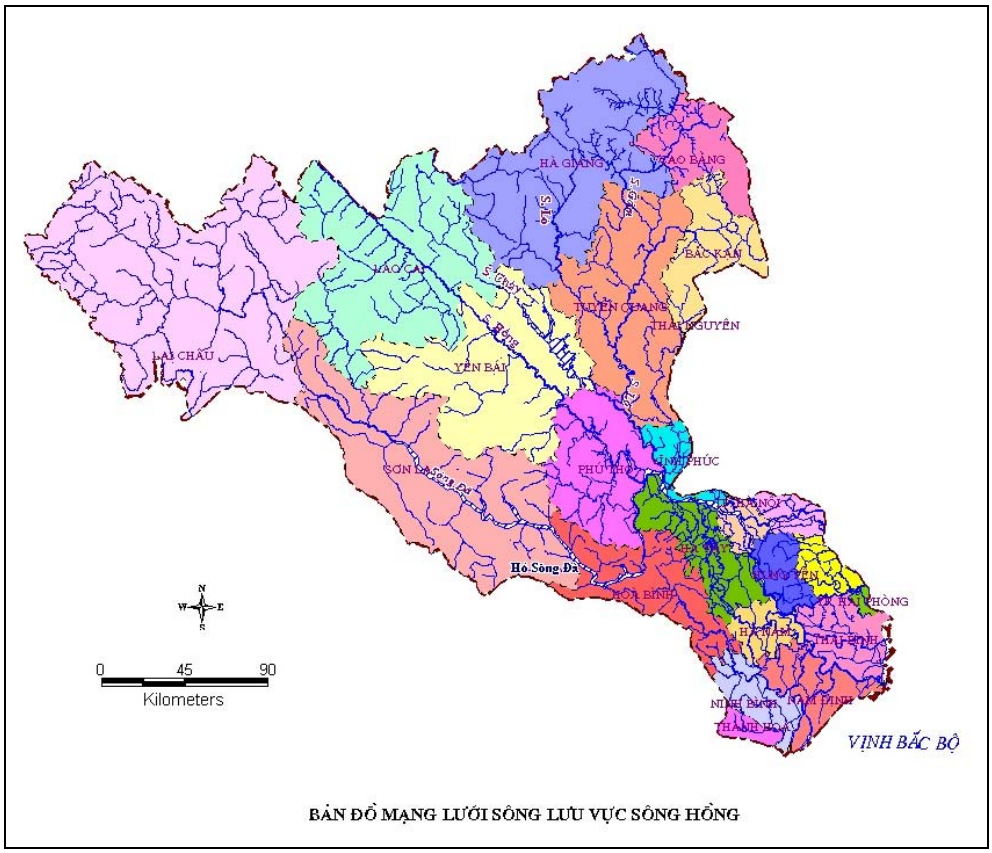
Thực vật trong lưu vực sông rất phong phú, với nhiều loại thực vật và phân bố theo độ cao khác nhau:

Ở độ cao từ trên 1700 m có rừng nhiệt đới núi cao, cây cao thường dưới 20 m, lớp mùn rất giàu, cây sống trong sương mù nên có rêu.

Ở độ cao 700-1700 m có rừng nhiệt đới thường xanh, gồm rừng kín hỗn hợp cây lá rộng; lá kim á nhiệt đới và rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới, cây cao 25-30 m.

Ở độ cao 700 m có rừng kín thường xanh mưa ẩm á nhiệt đới, trảng cỏ và cây bụi.

Rừng ngập mặn ở ven biển.



Hình 2.1. Bản đồ vị trí địa lý lưu vực sông Hồng địa phận Việt Nam

1.1.5. Điều kiện khí hậu, thủy văn.

1.1.5.1. Điều kiện khí hậu.[9]

Toàn bộ lưu vực sông Hồng nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, chịu tác động của cơ chế gió mùa Đông Nam Á với 2 loại gió mùa mùa đông và gió mùa mùa hạ, kết hợp với địa hình biến đổi phức tạp đã tạo cho khí hậu trên lưu vực sông Hồng phân hoá thành 2 mùa rõ rệt: mùa đông (trùng với mùa gió mùa mùa đông) và mùa hạ (trùng với mùa gió mùa mùa hạ)

Mùa đông thường bắt đầu từ tháng XI đến tháng IV năm sau. Do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc nên thời tiết giá lạnh. Càng lên cao thì thời gian lạnh càng kéo dài, thậm chí có những điểm lạnh quanh năm như Sapa, có hiện tượng sương muối, băng, tuyết…

Mùa hè thường bắt đầu từ tháng V-X, trên lưu vực sông Đà bắt đầu sớm hơn khoảng 1 tháng.

Hướng gió trên lưu vực sông Đà phụ thuộc vào hướng thung lũng, chủ yếu là thổi theo hướng Tây hoặc Tây Bắc và thường là vào mùa hè. Trên lưu vực sông Lô lại có hướng gió thịnh hành là hướng Nam và Đông Nam. Đây thực chất là kết quả của gió Tây Nam khô nóng vượt qua dãy Trường Sơn ra biển Đông và bị hút vào áp thấp Bắc Bộ nên hầu hết vùng đồng bằng Bắc Bộ và lãnh thổ phía Bắc- Đông Bắc chịu ảnh hưởng của loại gió này. Vào mùa đông gây nên những đợt ấm xen kẽ.

Tốc độ gió trung bình nhiều năm đạt từ 1- 1,5m/s, tốc độ gió trung bình nhiều năm tại Bắc Hà là 1,1m/s, Hoàng Xu Phì là 1,2m/s, trên lưu vực sông Gâm thì dao động từ 1-1,5m/s. Tốc độ gió lớn nhất có thể đạt tới 40m/s và thường xuất hiện khí có giông, bão. Tốc độ gió lớn nhất quan trắc được tại trạm khí tượng Sơn La là 40m/s, tại Bắc Hà là 30m/s, Hoàng Xu Phì là 40m/s, Bắc Mê là 45m/s, Na Hang là 30m/s.

Nhiệt độ trung bình năm trên toàn lưu vực dao động từ 21-23^{o} và nhiệt độ biến đổi tương đối đồng đều trong các tháng. Chế độ nhiệt trong năm biến đổi theo thời gian và không gian rất rõ rệt, có xu hướng tăng dần từ thượng lưu về hạ lưu.

Nhiệt độ cao nhất thường xuất hiện vào tháng V, tại Sơn La dao động từ 37^{o}-41^{o}C , trong khi đó trên lưu vực sông Chảy thì nhiệt độ cao nhất có thể đạt tới 41,2^{o}C tại Lục Yên, trên lưu vực sông Gâm thì nhiệt độ lớn nhất đã quan trắc được là 41,5^{o}C tại Chiêm Hoá và ở Bắc Mê là 41^{o}C.

Nhiệt độ thấp nhất thường xuất hiện vào tháng XII và tháng I trên toàn lưu vực. Theo số liệu đã quan trắc được, nhiệt độ có thể xuống tới -3,6^{o}C tại Bắc Hà, -0,6^{o}C ở Chợ Rã, -0,2^{o}C tại Sơn La.

Bảng 1.1. Nhiệt độ bình quân tháng tại một số trạm trên lưu vực [9]

Tên Trạm	Tháng (^oC)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lai Châu	17.1	19.5	22.0	24.7	26.1	26.4	26.2	26.2	25.5	23.5	20.5	17.3
Sơn La	15.0	18.5	20.2	23.7	24.7	25.5	25.2	24.9	24.1	21.9	19.0	15.4
Tuyên Quang	16.2	18.9	20.8	24.8	27.7	28.8	28.4	28.2	27.2	24.8	21.9	17.5
Hà Nội	17.0	19.1	21.1	25.1	28.1	29.9	29.5	28.9	28.1	26.1	22.7	18.5

Độ ẩm tương đối trung bình tháng trong năm trên toàn lưu vực tương đối cao, dao động từ khoảng 81-83% trên lưu vực sông Đà, 81,86% trên lưu vực sông Gâm, thậm chí có khu vực trên lưu vực sông Chảy có độ ẩm trung bình tháng lớn nhất đạt 88,6%. Độ ẩm tuyệt đối trung bình nhiều năm trên lưu vực sông Đà được xác định vào khoảng 20-23,3mb.

Tháng có độ ẩm tương đối trung bình cao nhất thường vào khoảng tháng VII, VIII (trên lưu vực sông Gâm) và cũng vào khoảng tháng VIII trên lưu vực sông Chảy. Tháng có độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất thường vào khoảng tháng III, V, độ ẩm dao động từ 75%-85%

Bảng 1.2. Độ ẩm bình quân tháng tại một số trạm trên lưu vực [9]

Tên Trạm	Tháng (%)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Lai Châu	83.7	88.7	84.7	86.0	80.7	80.3	82.0	86.3	85.3	80.3	80.7	81.0
Sơn La	80.5	74.8	72.8	76.8	76.3	81.3	81.0	84.8	78.8	79.8	81.3	79.0
Tuyên Quang	78.8	75.3	73.5	75.0	79.5	84.3	85.3	87.0	83.5	80.0	81.8	79.0
Hà Nội	82.0	83.5	82.3	82.0	81.8	82.5	81.8	86.8	83.8	81.3	82.0	80.5

Tổng lượng bốc hơi piche trung bình nhiều năm các trạm Sơn La là 932,8mm, Thác Bà là 803,4mm, trên lưu vực sông Gâm là 782,6mm. Tổng lượng bốc hơi mặt nước quan trắc được trên lưu vực sông Gâm có thể đạt 1283,5mm, trên sông Chảy là 1285,4mm và trên sông Đà là 1091mm.

Mùa mưa trên lưu vực gần như trùng với mùa gió mùa Đông Nam và thường kéo dài khoảng 5 tháng (V-IX), song cũng có những năm mùa mưa bắt đầu sớm hơn hoặc kết thúc muộn hơn từ 15 đến 30 ngày. Trên lưu vực sông Đà do chịu ảnh

hưởng của không khí nhiệt đới Bắc Ấn Độ Dương (gió Tây Nam) vào nửa đầu mùa hạ nên mùa mưa có thể xuất hiện sớm hơn và kết thúc muộn hơn.

Lượng mưa trên sông Hồng tập trung vào 6 tháng mùa lũ với lượng mưa chiếm khoảng 80-85% lượng mưa năm, có khi lên tới 89% trên lưu vực sông Lô. Lượng mưa trong các tháng mùa khô chỉ chiếm khoảng 15-20% lượng mưa năm. Tháng có lượng mưa ít nhất thường rơi vào khoảng tháng XII, I. Các tháng V, X là các tháng chuyển tiếp nên lượng mưa bình quân tháng nhìn chung còn khá lớn.

Mưa lớn thường tập trung vào các tháng VI, VII, VIII, chủ yếu là tháng VIII, chiếm khoảng 18,7-21,2% lượng mưa năm. Có thể kể đến các tâm mưa lớn như tâm mưa Bắc Quang thuộc trung lưu của lưu vực sông Lô, tâm mưa Thượng nguồn sông Đà. Lượng mưa trên lưu vực khá phong phú, bình quân nhiều năm trên toàn lưu vực vào khoảng 1500mm/năm. Tuy nhiên sự biến đổi lượng mưa trên lưu vực rất lớn, dao động từ 1200 mm/năm đến 4800 mm/năm Lượng mưa trung bình tháng năm tại một số trạm đo mưa trong lưu vực như sau:

Bảng 1.3. Lượng mưa trung bình tháng, năm trong thời kỳ quan trắc tại một số trạm khí tượng trên lưu vực sông Hồng [9]

TT	Tên trạm	Lượng mưa tháng (mm)												Lượng mưa năm (mm)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	Lai Châu	29.8	38.4	61.5	135.1	264.1	442.0	463.5	370.8	154.5	88.3	47.5	26.0	2118.7
2	Sơn La	18.1	24.2	48.7	121.1	179.8	253.8	258.9	267.7	130.3	63.0	35.2	14.1	1414.8
3	Quỳnh Nhai	24.2	31.9	57.9	132.6	200.8	307.9	343.1	312.4	153.9	77.0	43.0	20.9	1705.5
4	Lào Cai	26.4	37.2	56.0	125.0	175.8	244.5	312.1	348.1	217.8	134.1	50.3	25.2	1752.6
5	Yên Bái	36.6	45.7	76.3	131.1	212.8	278.2	330.6	354.3	284.0	172.6	63.4	29.6	2004.8
6	Chiêm Hoá	25.2	32.8	55.8	125.3	226.7	281.9	275.2	295.7	161.5	117.2	47.3	22.4	1667.0
7	Tuyên Quang	24.6	27.8	53.3	113.7	215.2	278.3	280.0	312.8	189.1	132.3	47.1	16.7	1690.8
8	Thái Nguyên	26.1	33.6	62.6	121.6	234.3	330.4	428.6	351.1	246.9	146.1	49.0	23.4	2053.7
9	Việt Trì	25.2	29.0	44.0	103.5	188.7	256.9	251.8	273.6	183.8	152.4	55.8	17.7	1582.5
10	Sơn Tây	22.6	24.4	44.1	100.8	227.0	279.0	311.1	293.3	237.3	168.9	62.4	18.8	1786.7
11	Hà Nội	21.5	26.7	49.6	100.7	180.6	264.0	264.0	295.6	227.8	146.1	64.2	17.5	1658.1

1.1.5.2. Điều kiện Thủy văn.

Do các vùng trong lưu vực sông Hồng có sự khác nhau về điều kiện khí hậu, địa hình, địa mạo, địa chất nên mạng lưới sông suối phát triển không đều với mật độ lưới sông từ (0,25-0,50) km/km^2 ở những cao nguyên đá vôi đến hơn 1,5 km/km^2 ở những nơi mưa nhiều, địa hình dốc và chia cắt mạnh.

Hệ thống sông Hồng do ba nhánh sông lớn tạo thành: sông Đà, sông Thao và sông Lô. Cả 3 nhánh sông này đều bắt nguồn từ tỉnh Vân Nam (Trung Quốc) rồi chảy vào địa phận Việt Nam.

Sông Thao (ở địa phận Trung Quốc có tên là sông Nguyên) bắt nguồn từ hồ Đại Lý ở độ cao gần 2000 m trên đỉnh Ngụy Sơn thuộc tỉnh Vân Nam - Trung Quốc, theo hướng tây bắc - đông nam chảy vào nước ta ở huyện Bát Xát tỉnh Lào Cai, tiếp nhận nước của sông Đà ở Trung Hà và sông Lô ở Việt Trì, rồi chảy vào đồng bằng châu thổ sông Hồng. Sông Thao được coi là dòng chính của sông Hồng và phần hạ lưu từ Việt Trì đến cửa Ba Lạt được gọi là sông Hồng. Đồng bằng châu thổ sông Hồng có mạng lưới sông ngòi kênh rạch chằng chịt. Ở đây, sông Hồng có các phân lưu như: sông Đuống, sông Luộc chảy sang sông Thái Bình, sông Trà Lý, sông Đào và sông Ninh Cơ. Như vậy, ngoài cửa Ba Lạt ra, nước sông Hồng còn chảy ra Vịnh Bắc Bộ tại các cửa Trà Lý, Lạch Giang và Đáy. Đặc trưng hình thái lưu vực sông chính của hệ thống sông Hồng phần chảy qua lãnh thổ Việt Nam được thống kê trong bảng 1.4.

Bảng 1.4. Đặc trưng hình thái các lưu vực sông chính [8]

TT	Sông	Chảy vào sông	Chiều dài sông (m)	Diện tích lưu vực (km^2)	Đặc trưng trung bình lưu vực						
					Độ cao (m)	Độ dốc $^0/_{00}$	Chiều rộng (km)	Mật độ lưới sông (km/km^2)	Hệ số không cân bằng lưới sông	Hệ số hình dạng sông	Hệ số uốn khúc
1	Thao (đến Việt Trì)	Hồng	902/332	51800/12000	647	29.9	-	1.00	0.12	-	-
2	Đà	Hồng	1010/570	52900/26800	965	36.8	-	-	-	-	-
3	Lô	Hồng	470/275	39000/22600	884	19.7	-	0.98	0.94	-	-

Lưu vực sông Thao có dạng dài, hẹp ngang, mở rộng ở phía thượng lưu và thu hẹp ở trung và hạ lưu. Ở phần phía bờ phải thuộc lãnh thổ nước ta lưới sông kém phát triển. Một số sông nhánh chính của sông Thao ở nước ta như: Ngòi Bo (F =587 km^2), Ngòi Nhù (F=1550 km^2), Ngòi Hút (F=632 km^2), Ngòi Thia (F=1570 km^2), Ngòi Bứa (F=1370 km^2), Ngòi Phát (F=512 km^2), Ngòi Lao (F=650 km^2).[8]

Sông Đà có tên gọi là sông Lý Tiên ở Trung Quốc, bắt nguồn từ vùng núi cao tỉnh Vân Nam, theo hướng tây bắc - đông nam chảy vào địa phận nước ta tại xã Ka Long huyện Mường Tè, tỉnh Lai Châu, rồi tiếp tục chảy qua tỉnh Điện Biên, Sơn La và Hoà Bình rồi đổ vào sông Thao tại Trung Hà. Sông Đà dài 1010 km, diện tích lưu vực 52.900km^2 (riêng trong trong lãnh thổ nước ta sông Đà dài 570 km và diện tích lưu vực 26.800km^2, bao gồm toàn bộ hay một phần địa phận các tỉnh Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hoà Bình. Do điều kiện địa hình nên lưu vực sông Đà có dạng dài và hẹp ngang - dạng hình lông chim. Một số sông nhánh tương đối lớn của sông Đà như: Nậm Na (F = 6860 km^2), Nậm Pô (F = 2280 km^2), Nậm Mức (F = 2930 km^2), Nậm Mu (F = 3400 km^2), Nậm Bú (F = 1410 km^2), Nậm Sập (F = 1110 km^2)... [8]

Sông Lô bắt nguồn từ vùng núi cao trên 2000 m ở phía tây nam tỉnh Vân Nam, Trung Quốc. Phần ở Trung Quốc sông Lô có tên gọi là sông Bàn Long, chảy theo hướng tây bắc - đông nam vào địa phận huyện Vị Xuyên tỉnh Hà Giang, qua các tỉnh Tuyên Quang, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, nhập vào sông Thao tại Việt Trì. Dòng chính sông Lô dài 470 km và diện tích lưu vực 39.000 km^2, trong đó ở nước ta sông Lô dài 275 km và diện tích lưu vực 22.600 km^2. Lưu vực sông Lô hẹp ngang ở thượng và hạ lưu, mở rộng ở trung lưu. Trong lãnh thổ nước ta, sông Lô có một số nhánh chính như: Miện (F=1930 km^2), Gâm (F=17.200 km^2), Nhiên (F=6500 km^2), Phó Đáy (F=1610 km^2). [8]

Sông Đáy cũng được coi là sông nhánh của sông Hồng ở phía hữu ngạn, bắt nguồn từ vùng núi Ba Vì, chảy theo hướng tây bắc - đông nam và đổ ra biển tại cửa Đáy.

Mạng lưới trạm thủy văn trên hệ thống sông Hồng thuộc Việt Nam, nhìn chung có nhiều biến động về số lượng các trạm quan trắc; năm 1958 có 69 trạm, năm 1961 có 90 trạm, năm 1969 tăng lên đến 127 trạm, sau đó đến năm 1990 giảm

xuống còn 68 trạm. Các trạm quan trắc lưu lượng cũng có diễn biến tương tự: năm 1958 có 16 trạm, năm 1961 là 58 trạm và đến năm 1990 là 32 trạm.

Do ảnh hưởng của các yếu tố khí hậu và mặt đệm, đặc biệt là mưa và địa hình, nên sự phân bố của dòng chảy năm rất không đều trong lưu vực. Trong địa phận Việt Nam, mô đun dòng chảy năm trung bình nhiều năm M_o biến đổi trong phạm vi (12-120) l/s.km^2. Nhìn chung, sự phân bố của M_o tương tự như sự phân bố của mưa trung bình nhiều năm X_o. Các trung tâm M_o lớn xuất hiện ở các sườn núi đón gió mùa ẩm, như ở vùng núi Tây Côn Lĩnh (Mo>80 l/s.km^2), vùng núi Hoàng Liên Sơn, vùng núi tả ngạn sông Đà ở biên giới Việt - Trung..., lớn nhất ở sườn núi phía đông nam Tây Côn Lĩnh (M_o>120 l/s.km^2). Các trung tâm M_o nhỏ xuất hiện ở các thung lũng, cao nguyên khuất gió mùa ẩm như ở cao nguyên Sơn La (M_o<12 l/s.km^2), thung lũng sông Nậm Rốm ở Điện Biên và thung lũng sông Gâm từ Đầu Đẳng đến Chiêm Hoá (M_o<15 l/s.km^2). Đặc trưng dòng chảy tại một số trạm thuỷ văn được thống kê trong bảng 1.5.

Bảng 1.5. Đặc trưng dòng chảy năm tại một số trạm thuỷ văn trên hệ thống sông Hồng [9]

Trạm	Sông	Diện tích (km^2)	Thông số thống kê			M_o (l/s.km^2)
			Q_0	C_V	C_S	
Lai Châu	Đà	33800	1112	0.16	0.20	32.9
Tạ Bú	Đà	45900	1525	0.18	1.20	33.2
Hoà Bình	Đà	51800	1677	0.14	0.50	32.4
Đạo Đức	Lô	8260	167	0.21	1.20	20.1
Hàm Yên	Lô	11900	375	0.14	1.20	31.5
Ghềnh Gà	Lô	29600	776	0.17	0.80	26.2
VụQuang	Lô	367900	1040	0.17	1.10	28.3
Lào Cai	Hồng	41000	496	0.20	1.80	12.1
Yên Bái	Hồng	48000	753	0.19	1.80	15.7
Sơn Tây	Hồng	143600	3497	0.15	1.20	24.3
Hà Nội	Hồng		2650	0.14	0.80	

Tổng lượng dòng chảy trung bình nhiều năm của hệ thống sông Hồng khoảng 127 km^3, trong đó 48,7 km^3 (chiếm 38,3%) từ Trung Quốc và Lào chảy vào, 78,6 km^3 được hình thành trong lãnh thổ nước ta, trong đó sông Đà: 55,1 km^3 (43,4%), sông Thao: 25,6 km^3 (20,2%), sông Lô: 33,3 km^3 (26,2%). Lưu lượng

dòng chảy trung bình tháng, năm thời kỳ quan trắc tại một số trạm trên lưu vực nghiên cứu như sau:

Bảng 1.6. Lưu lượng trung bình tháng tại một số trạm trên hệ thống sông Hồng [9]

Trạm	Sông	Lưu lượng trung bình tháng (m^3/s)												$Q_{TBnăm}$ (m^3/s)
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Lai Châu	Đà	392	311	255	259	495	1513	2953	2917	1857	1237	855	530	1131
Tạ Bú	Đà	508	407	343	379	754	2171	4078	4020	2442	1592	1136	704	1545
Hoà Bình	Đà	600	513	471	531	855	2374	4504	4407	2629	1741	1185	741	1712
Đạo Đức	Lô	61.7	54.8	52.0	55.5	90.8	213	384	416	280	171	121	78.7	165
Hàm Yên	Lô	125	112	109	133	273	572	891	856	594	393	250	156	372
Ghềnh Gà	Lô	244	217	219	272	575	1238	1765	1794	1273	765	520	311	766
Vụ Quang	Lô	392	370	371	450	777	1533	2316	2384	1643	1052	698	455	1037
Lào Cai	Hồng	249	211	174	186	273	607	1053	1368	952	720	535	342	556
Yên Bái	Hồng	322	275	241	273	413	888	1310	1720	1409	1067	680	433	752
Sơn Tây	Hồng	1275	1115	1040	1210	2023	4767	8156	8639	5849	3904	2604	1603	3515
Hà Nội	Hồng	1023	906	854	1005	1578	3469	5891	6245	4399	2909	2024	1285	2632

Cũng như mưa, hàng năm dòng chảy sông suối cũng biến đổi theo mùa: mùa lũ và mùa cạn. Mùa lũ hàng năm trên các sông vùng trung và thượng lưu thường bắt đầu vào các tháng V, VI kết thúc vào tháng IX,X. Ở hạ lưu mùa lũ xuất hiện muộn hơn từ tháng VI đến tháng X. Một số sông ở cao nguyên Sơn La, Mộc Châu (thuộc lưu vực sông Đà) mùa lũ từ tháng VII đến tháng X. Lượng dòng chảy mùa lũ chiếm khoảng (70-80)% lượng dòng chảy năm. 3 tháng liên tục có lượng dòng chảy lớn nhất thường xuất hiện vào các tháng VI-VIII hay VII-IX, trong đó tháng VII hoặc tháng VIII có lượng dòng chảy trung bình tháng lớn nhất; lượng dòng chảy của 3 tháng lớn nhất chiếm khoảng 50-65% lượng dòng chảy năm, trong đó tháng lớn nhất chiếm khoảng 15-30% lượng dòng chảy năm. Lượng dòng chảy mùa cạn chỉ chiếm 20-30% dòng chảy năm, trong đó 3 tháng liên tục có lượng dòng chảy nhỏ nhất chỉ chiếm dưới 10% dòng chảy năm và xuất hiện vào các tháng I-III hay II-IV

Hàm lượng bùn cát lơ lửng của sông Hồng rất lớn; đạt tới 2000-3000 g/m^3 trên sông Thao, 1100-1600 g/m^3 trên sông Đà, 290-700 g/m^3 trên sông Lô, 850-

1000 g/m^3 trên sông Hồng. Các hồ chứa lớn như Hoà Bình trên sông Đà, Thác Bà trên sông Chảy, Tuyên Quang trên sông Gâm và các hồ chứa vừa và nhỏ khác đã và đang ảnh hưởng đến dòng chảy cát bùn phía hạ lưu do một khối lượng khá lớn cát bùn lắng đọng trong lòng hồ và gây ra bồi xói lòng sông, bờ sông ở hạ lưu.

Tổng lượng cát bùn lơ lửng trung bình năm đạt tới $46,4.10^6$ tấn/năm ở sông Thao tại trạm Yên Bái, 70.10^6 tấn/năm tại Tạ Bú, 63.10^6 tấn/năm tại Hoà Bình trên sông Đà (thời kỳ 1959-1982), 12.10^6 tấn/năm tại Vụ Quang trên sông Lô, 115.10^6 tấn/năm tại Sơn Tây trên sông Hồng (thời kỳ 1959-1982). Đặc trưng cát bùn lơ lửng tại các trạm thuỷ văn trên các sông thuộc hệ thống sông Hồng được thống kê trong bảng 1.7.

Bảng 1.7. Đặc trưng cát bùn lơ lửng tại các trạm thuỷ văn trên hệ thống sông Hồng [9]

TT	Trạm	Sông	Diện tích (km^2)	Thời kỳ quan trắc	Hàm lượng cát bùn lơ lửng	Lưu lượng cát bùn lơ lửng	Tổng lượng cát bùn lơ lửng trung bình năm	Hệ số xâm thực
					g/m^3	R(kg)	10^6 tấn/ năm	tấn/ km^2.năm
1	Lai Châu	Đà	33800	1961-1989	1600	1770	55.8	1650
2	Tạ Bú	Đà	45900	1961-2003	1420	2200	69.4	1510
3	Hoà Bình	Đà	51800	1959-2003	762	1310	41.4	799
4	Đạo Đức	Lô	8260	1960-2003	662	111	3.50	421
5	Hàm Yên	Lô	11900	1959-2003	388	144	4.55	383
6	Ghềnh Gà	Lô	29600	1961-2003	397	312	9.85	331
7	Vụ Quang	Lô	367900	1959-2003	360	377	11.9	323
8	Lào Cai	Thao	41000	1959-1978	2730	1580	49.8	1210
9	Yên Bái	Thao	48000	1959-2003	1960	1470	46.4	966
10	Sơn Tây	Hồng	143600	1958-2003	853	2990	94.4	657
11	Hà Nội	Hồng	-	1957-2003	766	2020	63.7	

1.2. HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN LƯU VỰC SÔNG HỒNG.

1.2.1. Hồ Thác Bà.[5], [6]

Nhà máy thuỷ điện Thác Bà là đứa con đầu lòng của ngành thuỷ điện Việt Nam và được xây dựng đầu tiên ở miền Bắc nước ta trong thời kỳ quá độ đi lên chủ nghĩa xã hội. Hồ Thác Bà được xây dựng trên sông Chảy (phụ lưu của sông Lô) tại

huyện Yên Bình tỉnh Yên Bái. Công trình được khởi công xây dựng ngày 19/8/1964 với 3 tổ máy, công suất thiết kế: 108 MW, khánh thành vào ngày 5/10/1971 và tổ máy số 1 chính thức đi vào hoạt động.

Các thông số chính của hồ Thác Bà:

- Diện tích lưu vực: 6.430km^2.
- Công suất lắp máy : 120MW.
- Chiều cao lớn nhất của đập: 48m.
- Chiều dài đỉnh đập: 657m.
- Cao trình mực nước dâng bình thường: 58,0 m
- Cao trình mực nước dâng gia cường: 61,0 m
- Mực nước chết: 46,0 m
- Dung tích hữu ích của hồ chứa: 2,16 tỷ m^3.
- Mực nước trước lũ: 56,0 m
- Dung tích cắt lũ cho hạ du: 0,45 tỷ m^3.

1.2.2. Hồ Tuyên Quang. [5], [6]

Nhà máy thủy điện Tuyên Quang một trong những công trình trọng điểm của đất nước được thi công tại huyện Na Hang tỉnh Tuyên Quang. Đây là nhà máy thuỷ điện có công suất lớn thứ ba của miền Bắc sau nhà máy thuỷ điện Sơn La và Hoà Bình.

- Chiều dài đập: 717,9 m
- Chiều cao đập: 92,2 m
- Mực nước dâng bình thường: 120 m
- Mực nước chết: 90 m
- Mực nước dâng gia cường: 123,89 m (hiện nay 122 m)
- Dung tích hữu ích của hồ chứa: 1,699 tỷ m^3.
- Mực nước trước lũ: 105,22 m
- Dung tích cắt lũ cho hạ du: 1,0 tỷ m^3.
- Công suất lắp máy: 240 MW

1.2.3. Hồ Hòa Bình. [5], [6]

Nhà máy thủy điện Hòa Bình có công suất lớn nhất Việt Nam, được khởi công xây dựng vào ngày 06/11/1979, tại thị xã Hòa Bình tỉnh Hòa Bình và khánh thành ngày 20/12/1994. Nhà máy gồm 8 tổ máy với công suất thiết kế 1920 MW.

Các thông số chính của hồ Hòa Bình:

- Chiều dài đập: 734 m
- Chiều cao đập: 128 m
- Mực nước dâng bình thường: 115 m (hiện nay là 117 m)
- Mực nước chết: 80 m
- Mực nước dâng gia cường: 120 m (hiện nay 122 m)
- Dung tích hữu ích của hồ chứa: 9,45 tỷ m^3.
- Mực nước trước lũ: 88,0 m
- Dung tích cắt lũ cho hạ du: 4,9 tỷ m^3.

1.3. GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP VÀ NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỒ CHỨA. [5]

1.3.1. Các phương pháp tính toán điều tiết vận hành hồ chứa.

Các phương pháp tính toán điều tiết hồ chứa đã có từ lâu. Ở một số nước như Liên Xô cũ, Mỹ, Trung Quốc, Thái Lan, Malayxia có nhiều công trình nghiên cứu về các giải pháp khai thác hồ chứa cho các mục đích khác nhau. nhưng có thể tổng hợp lại thành 3 loại chính như sau:

a) Phương pháp đơn giản.

Phương pháp đường lũy tích: đây là một phương pháp đơn giản hóa được sử dụng để xác định thể tích hồ chứa. phương pháp xem xét thời kỳ cực hạn nhất của dòng chảy trong lịch sử. Dung tích hồ chứa tính được bằng việc tìm chênh lệch lớn nhất giữa dòng chảy vào lũy tích và lượng xả ra lũy tích. Trong phương pháp đường lũy tích dòng chảy, khả năng trữ nước có thể được xác định bằng đồ thị hoặc bằng giải tích.

Phương pháp diễn toán hồ chứa: Cơ sở toán học của phương pháp này là phương trình cân bằng nước hồ chứa, biểu thị quan hệ giữa lượng dòng chảy đến, tổn thất trên hồ, dòng chảy xả khỏi hồ và thay đổi lượng trữ trong hồ.

$$\Delta W = V_{t+1} - V_t = W_{Dt} - W_{xt} - W_{Et} - W_{Tt} \qquad (1.1)$$

Phương pháp diễn toán hồ chứa đòi hỏi phải biết mối quan hệ giữa cao độ hồ chứa, lượng trữ và lưu lượng. Mối quan hệ này là một hàm của địa hình vị trí hồ chứa và các đặc tính của công trình xả nước.

b) Phương pháp tối ưu hóa.

Kỹ thuật tối ưu hóa bằng chương trình tuyến tính (LP) và chương trình động lực (DP) đã được sử dụng rộng rãi trong tài nguyên nước. Loucks và nnk (1981) đã minh họa áp dụng LP, chương trình không tuyến tính (WLP) và DP cho tài nguyên

nước. Young (1967) lần đầu tiên đề xuất sử dụng phương pháp hồi quy tuyến tính để vạch ra quy tắc vận hành chung tối ưu hóa. Phương pháp mà ông đã dùng được gọi là "chương trình động lực (PP) Monte-Carlo". Một mô hình chương trình để thiết kế hệ thống kiểm soát lũ hồ chứa đa mục tiêu đã được phát triển bởi Windsor (1975), Karamouz và Houck (1987) đã vạch ra quy tắc vận hành chung khi sử dụng DP xác định và hồi quy động lực (DPR).

Mô hình tối ưu hóa thường được sử dụng trong nghiên cứu điều hành hồ chứa sử dụng dòng chảy dự báo như đầu vào. Datta và Bunget (1984) vạch ra một chính sách điều hành hạn ngắn cho hồ chứa đa mục tiêu từ một mô hình tối ưu hóa với mục tiêu cực tiểu hóa tổn thất hạn ngắn.

c) Phương pháp mô phỏng.

Vì không có khả năng để thí nghiệm với hồ chứa thực, mô hình mô phỏng toán học được phát triển và sử dụng trong nghiên cứu. Hiện nay có hàng loạt mô hình có thể áp dụng nhằm mô phỏng và phân tích sâu hơn phương thức hoạt động của hồ chứa và tác động của chúng đối với lưu vực như; mô hình SSAR, mô hình HEC-RESSIM mô hình MIKE11, mô hình MIKEBASIN ...

1.3.2. Giới thiệu một số công trình nghiên cứu trước đây.

Ở Việt nam, nhiều công trình nghiên cứu về vận hành hồ chứa điều tiết lũ đã được tiến hành; Nguyễn Văn Tường (1996) nghiên cứu phương pháp điều hành hồ chứa Hòa Bình chống lũ hàng năm với việc xây dựng tập hàm vào bằng phương pháp Monte-Carlo. Lâm Hùng Sơn (2005) nghiên cứu cơ sở điều hành hệ thống hồ chứa lưu vực sông hồng, trong đó chú ý đến việc phân bổ dung tích và trình tự phối hợp cắt lũ của từng hồ chứa trong hệ thống để đảm bảo an toàn hồ chứa và hệ thống đê Đồng bằng sông Hồng. Trần Hồng Thái (2005) và Ngô Lê Long (2006) bước đầu áp dụng thuật tối ưu hóa trong vận hành hồ Hòa Bình phòng chống lũ và phát điện. Nguyễn Hữu Khải và Lê Thị Huệ nghiên cứu áp dụng mô hình HEC-RESSIM cho điều tiết lũ hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Hương. Lê Kim Truyền đã nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn điều hành cấp nước mùa cạn cho Đồng bằng sông Hồng. Nguyễn Lan Châu (2008-2009) nghiên cứu đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Đà, Lô đến dòng chảy mùa cạn hạ lưu sông Hồng và đề xuất giải pháp đảm bảo nguồn nước cho hạ du.

1.3.3. Giới thiệu một số mô hình mô phỏng vận hành hệ thống hồ chứa.

a) Mô hình HEC-5.

Mô hình HEC-5 được xây dựng tại trung tâm thủy văn công trình quân đội Hoa Kỳ (Hydrologic Enginneering Center) bởi Bill S.Eichert. Phiên bản đầu tiên được viết để vận hành kiểm soát lũ cho một trận lũ đơn năm 1973. Chương trình sau đó mở rộng thêm bao gồm vận hành cho các mục tiêu duy trì và diễn toán theo thời gian.

Hệ thống hồ chứa được vận hành để thỏa mãn các ràng buộc tại từng hồ riêng lẻ, để duy trì dòng chảy đã xác định trước tại điểm kiểm soát hạ lưu và giữ cho hệ thống trong trạng thái cân bằng. Quá trình bắt đầu với trạng thái hiện thời của hồ và các yêu cầu của nó. Sau đó hồ kiểm tra các điểm kiểm soát hạ lưu rồi tính toán các yêu cầu và ràng buộc của chúng. Nếu có nhiều hồ chứa cùng vận hành tới một điểm kiểm soát thì các mức tương đương của hồ chứa được tính toán để xác định hồ chứa nào được ưu tiên cao hơn. Nếu có thể, quyết định lượng xả để cân bằng các mực của vận hành hồ cho một điểm kiểm soát và mức cân bằng trong hệ thống bậc thang.

b) Mô hình HEC-RESSIM.

Mô hình HEC-RESSIM (Reservoir System Simulation) được Trung tâm Thuỷ văn công trình Hoa kỳ (Hydrologic Engineering Center, U.S. Army Corps of engineering) phát triển lên từ mô hình Hec-5. Mô hình này rất thành công trong việc mô phỏng các chương trình kiểm soát lũ và điều tiết hệ thống. HEC-RESSIM bao gồm các giao diện đồ hoạ đẹp, các chương trình tính toán vận hành hồ chứa, và các khả năng lưu trữ và quản lý số liệu. Vì được phát triển lên từ Hec-5 nên tính toán về cơ bản là có nét tương đồng.

c) Mô hình MIKE11.

Mô hình MIKE11 không có môdun riêng cho diễn toán hồ chứa. tuy nhiên có thể áp dụng phần cấu trúc thủy lực trong môdun thủy lực HD. Một cấu trúc được xác định với một sự vận hành là hàm của mực nước và lưu lượng ở những vị trí khác nhau trong mô hình. Hàm này được biểu thị: $Q = AQ_a$, trong đó Q_a là lưu lượng tại vị trí a và A là hệ số: $A = f(Z_b)$ với Z_b là mực nước hoặc lưu lượng tại vị trí b, a là vị trí ở thượng lưu, còn b là ở hạ lưu đập.

Đặc điểm này cho phép dòng chảy ở vị trí kiểm soát có liên quan đến 2 biến trong hệ thống. Ví dụ, dòng ra khỏi hồ có liên quan với dòng vào (vị trí a) và mực nước hồ hay mực nước thượng lưu. Khi hồ chứa đầy thì dòng ra ở vị trí b (Q) bằng dòng vào ở vị trí a (Q_0), còn khi hồ chứa trống thì dòng ra bằng 0. Q được tính trực tiếp trên cơ sở giá trị Q_0 và Z_0 của lần lặp trước. trong hầu hết các tình huống thực tế, dạng công trình này được sử dụng trong liên kết với vận hành hồ chứa trong thời kỳ lũ.

d) Mô hình HEC-HMS.

Mô hình HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center -Hydrologic Modeling System) được phát triển từ mô hình HEC-1, do tập thể các kỹ sư thuỷ văn thuộc quân đội Hoa Kỳ nghiên cứu.

Về lý thuyết, mô hình HEC- HMS cũng dựa trên cơ sở lý luận của mô hình HEC-1: nhằm mô phỏng quá trình mưa- dòng chảy. Mô hình bao gồm hầu hết các phương pháp tính dòng chảy lưu vực và diễn toán, phân tích đường tần suất lưu lượng, công trình xả của hồ chứa và vỡ đập của mô hình HEC-1.

Những phương pháp tính toán mới được đề cập trong mô hình HEC-HMS: tính toán đường quá trình liên tục trong thời đoạn dài và tính toán dòng chảy phân bố trên cơ sở các ô lưới của lưu vực. Việc tính toán liên tục có thể dùng một bể chứa đơn giản biểu thị độ ẩm của đất hay phức tạp hơn là mô hình 5 bể chứa, bao gồm sự trữ nước tầng trên cùng, sự trữ nước trên bề mặt, trong lớp đất và trong hai tầng ngầm. Dòng chảy phân bố theo không gian có thể được tính toán theo sự chuyển đổi phân bố phi tuyến (Mod Clak) của mưa và thấm cơ bản.

CHƯƠNG 2
CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH HEC-HMS

2.1. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH HEC-HMS. [13]

2.1.1. Giới thiệu.

Mô hình HEC là sản phẩm của tập thể các kỹ sư thuỷ văn thuộc quân đội Hoa Kỳ. HEC-1 đã góp phần quan trọng trong việc tính toán dòng chảy lũ tại những con sông nhỏ không có trạm đo lưu lượng. Tính cho đến thời điểm này, đã có không ít đề tài nghiên cứu khả năng ứng dụng thực tế. Tuy nhiên, HEC-1 được viết từ những năm 1968, chạy trong môi trường DOS, số liệu nhập không thuận tiện, kết quả in ra khó theo dõi. Hơn nữa, đối với những người không hiểu sâu về chương trình kiểu Format thường rất lúng túng trong việc truy xuất kết quả mô hình nếu không muốn làm thủ công. Do vậy, HEC-HMS là một giải pháp, nó được viết để "chạy" trong môi trường Windows, hệ điều hành rất quen thuộc với mọi người. Phiên bản đầu tiên của HEC- HMS là version 2.0, hiện nay phiên bản mới nhất của HEC- HMS là version 3.4.

2.1.2. Mô phỏng các thành phần lưu vực.

Các đặc trưng vật lý của khu vực và của sông được miêu tả trong mô hình lưu vực. Các yếu tố thủy văn như: lưu vực bộ phận, đoạn sông, hợp lưu, phân lưu, hồ chứa, nguồn, hồ, đầm được gắn kết trong một hệ thống mạng lưới để tính toán quá trình dòng chảy. Các quá trình tính toán được bắt đầu từ thượng lưu đến hạ lưu.

Mưa

Mưa là yếu tố đầu vào của quá trình mưa - dòng chảy. Số liệu mưa để đưa vào mô hình có thể được lấy từ các trạm đo mưa trên lưu vực, từ số liệu rađa hoặc được tính toán thu phóng theo các trận mưa trong quá khứ.

Mô hình HEC-HMS tính mưa trung bình lưu vực theo 3 cách; phương pháp trung bình số học, phương pháp đa giác Thiessen, phương pháp đường đẳng trị.

Tổn thất

Tập hợp các phương pháp khác nhau có sẵn trong mô hình để tính toán tổn thất. Có thể lựa chọn một phương pháp tính toán tổn thất trong số các phương pháp:

Phương pháp tính thấm theo hai giai đoạn - thấm ban đầu và thấm hằng số (Initial and Constant), thấm theo số đường cong thấm của cơ quan bảo vệ đất Hoa Kỳ(SCS Curve Number) và thấm theo hàm Green and Ampt. Phương pháp tính độ ẩm đất bao gồm 5 lớp được áp dụng cho các mô hình mô phỏng quá trình thấm phức tạp và bao gồm cả bốc hơi.

Chuyển đổi dòng chảy

Có nhiều phương pháp để chuyển lượng mưa hiệu quả thành dòng chảy trên bề mặt của lưu vực. Các phương pháp đường đơn vị bao gồm: đường đơn vị tổng hợp Clack, Snyder và đường đơn vị không thứ nguyên của cơ quan bảo vệ đất Hoa Kỳ. Ngoài ra phương pháp tung độ đường đơn vị xác định bởi người sử dụng cũng có thể được dùng. Phương pháp Clark sửa đổi (Mod Clark) là một phương pháp đường đơn vị không phân bố tuyến tính được dùng với lưới mưa, mô hình còn bao gồm cả phương pháp sóng động học.

Diễn toán kênh hở

Một số phương pháp diễn toán thủy văn được bao gồm để tính toán dòng chảy trong các kênh hở. Diễn toán mà không tính đến sự suy giảm có thể được mô phỏng trong phương pháp trễ. Mô hình bao gồm cả phương pháp diễn toán truyền thống Muskingum. Phương pháp Puls sửa đổi cũng có thể được dùng để mô phỏng một đoạn sông như là một chuỗi các thác nước, các bể chứa với quan hệ lượng trữ - dòng chảy ra được xác định bởi người sử dụng. Các kênh có mặt cắt ngang hình thang, hình chữ nhật, hình tam giác hay hình cong có thể được mô phỏng với phương pháp sóng động học hay Muskingum- Cunge. Các kênh có diện tích bãi được mô phỏng với phương pháp Muskingum- Cunge và phương pháp mặt cắt ngang 8 điểm.

2.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH HEC-HMS. [13]

Mô hình HEC-HMS được sử dụng để mô phỏng quá trình mưa- dòng chảy khi nó xảy ra trên một lưu vực cụ thể. Ta có thể biểu thị mô hình bằng sơ đồ sau:

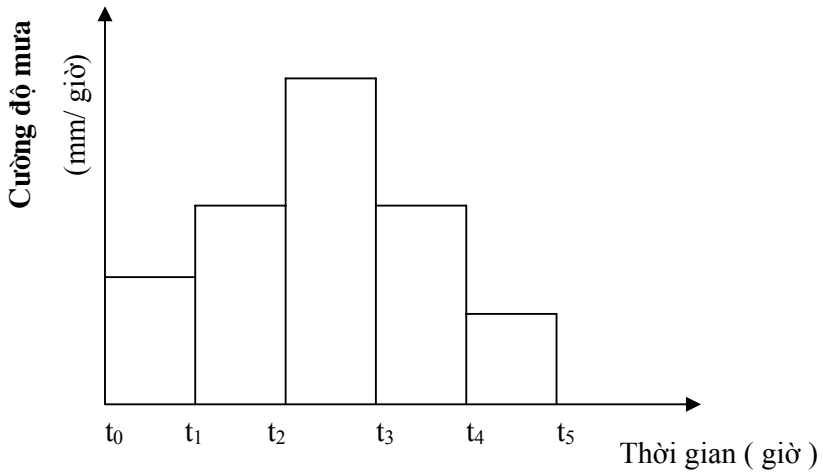
$$\text{Mưa (X)} \xrightarrow[Y=X-P]{\text{Tổn thất(P)}} \text{Dòng chảy (Y)} \xrightarrow[q_p]{\text{Đường lũ đơn vị}} \text{Đường quá trình lũ (Q~t).}$$

Ta có thể hình dung bản chất của sự hình thành dòng chảy của một trận lũ như sau: Khi mưa bắt đầu rơi cho đến một thời điểm t_i nào đó, dòng chảy mặt chưa được hình thành, lượng mưa ban đầu đó tập trung cho việc làm ướt bề mặt và thấm. Khi cường độ mưa vượt quá cường độ thấm (mưa hiệu quả) thì trên bề mặt bắt đầu hình thành dòng chảy, chảy tràn trên bề mặt lưu vực, sau đó tập trung vào mạng lưới sông suối. Sau khi đổ vào sông, dòng chảy chuyển động về hạ lưu, trong quá trình chuyển động này dòng chảy bị biến dạng do ảnh hưởng của đặc điểm hình thái và độ nhám lòng sông.

2.2.1. Mưa.

Mưa được sử dụng là đầu vào cho quá trình tính toán dòng chảy ra của lưu vực. Mô hình HEC- HMS là mô hình thông số tập trung, mỗi lưu vực con có một trạm đo mưa đại diện. Lượng mưa ở đây được xem là mưa bình quân lưu vực (phân bố đồng đều trên toàn lưu vực). Dù mưa được tính theo cách nào đều tạo nên một biểu đồ mưa như hình 2.1. Biểu đồ mưa biểu thị chiều sâu lớp nước trung bình trong một thời đoạn tính toán.

Phương pháp tính lượng mưa trung bình trên diện tích tính toán gồm có: phương pháp trung bình số học và phương pháp trung bình có trọng số; phương pháp sau còn có thể chia ra: phương pháp đa giác Thiessen, phương pháp đường đẳng trị mưa.



Hình 2.1 Biểu đồ mưa

** Mưa tính theo phương pháp trung bình số học:*

Lớp nước mưa trung bình trên lưu vực là giá trị trung bình số học của lượng mưa tại các trạm đo mưa nằm trên lưu vực.

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_{(i)}}{n} \qquad (2.1)$$

Trong đó:

X_i : lượng mưa tại trạm thứ i

n : số trạm đo mưa trên lưu vực

** Mưa tính theo phương pháp trung bình có trọng số:*

+ Phương pháp đa giác Thiessen: Trọng số là hệ số tỷ lệ giữa phần diện tích của lưu vực do một trạm mưa nằm trong lưu vực hoặc bên cạnh lưu vực đại biểu với toàn bộ diện tích lưu vực.

Lượng mưa trung bình trên lưu vực được tính theo công thức sau:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \qquad (2.2)$$

Trong đó:

X_i : lượng mưa đo được tại trạm thứ i

f_i : diện tích lưu vực bộ phận thứ i

n : số trạm đo mưa (cũng là số diện tích lưu vực bộ phận)

+ Phương pháp đường đẳng trị mưa: Trọng số là diện tích kẹp giữa hai đường đẳng trị mưa và tính lượng mưa trung bình theo công thức (2.2). Trong đó: X_i là lượng mưa trung bình của hai đường đẳng trị mưa kề nhau, f_i là diện tích bộ phận nằm giữa hai đường ấy.

2.2.2. Tổn thất.

Nước mưa điền trũng và thấm được gọi là lượng tổn thất trong mô hình HEC-HMS. Lượng điền trũng và thấm được biểu thị bằng lượng trữ nước trên bề

mặt của lá cây hay cỏ, lượng tích đọng cục bộ trên bề mặt đất, trong các vết nứt, kẽ hở hoặc trên mặt đất ở đó nước không tự do di chuyển như dòng chảy trên mặt đất. Thấm biểu thị sự di chuyển của nước xuống những vùng nằm dưới bề mặt đất.

Mô hình HEC-HMS có 4 phương pháp được dùng để tính toán tổn thất. Dùng bất kỳ phương pháp nào ta đều tính được lượng tổn thất trung bình trong một thời đoạn tính toán. Một hệ số không thấm tính theo phần trăm được sử dụng với các phương pháp để bảo đảm tại phần diện tích không thấm đó 100% mưa sẽ sinh dòng chảy.

2.2.2.1. Phương phápTốc độ thấm ban đầu và thấm ổn định (Intial and Constant Rate)

Khái niệm cơ bản của phương pháp này là: Tỷ lệ tiềm năng lớn nhất của tổn thất mưa f_c, nó không đổi trong suốt cả trận mưa. Do vậy, nếu p_t là lượng mưa trong khoảng thời gian từ t đến t + Δt, lượng mưa hiệu quả pe_t trong thời đoạn đó được cho bởi:

$$pe_t = p_t - f_c \quad \text{nếu } p_t > f_c$$
$$pe_t = 0 \quad \text{nếu } p_t \le f_c \qquad (2.3)$$

Quá trình thấm bắt đầu từ một cường độ thấm I_a nào đó, sau đó giảm dần cho đến khi đạt tới một giá trị không đổi f_c. Tổn thất ban đầu được thêm vào mô hình để biểu thị hệ số trữ nước của lưu vực. Hệ số trữ là kết quả của sự giữ nước của thảm phủ thực vật trên lưu vực, nước được trữ trong những chỗ lõm bị thấm hay bốc hơi gọi là tổn thất điền trũng. Tổn thất này xảy ra trước khi hình thành dòng chảy trên lưu vực. Khi lượng mưa rơi trên lưu vực chưa vượt quá lượng tổn thất ban đầu thì chưa sinh dòng chảy.

Lượng mưa hiệu quả được tính theo công thức:

$$pe_t = 0 \quad \text{nếu } \Sigma p_i < I_a$$
$$pe_t = p_t - f_c \quad \text{nếu } \Sigma p_i > I_a \text{ và } p_t > f_c \qquad (2.4)$$
$$pe_t = 0 \quad \text{nếu } \Sigma p_i > I_a \text{ và } p_t < f_c$$

Những thông số của phương pháp này biểu thị các đặc trưng vật lý các lớp đất của lưu vực, điều kiện ẩm kỳ trước.

Nếu lưu vực ở điều kiện bão hòa ẩm, tổn thất ban đầu sẽ tiến dần tới 0. Nếu lưu vực khô hạn, tổn thất ban đầu sẽ lớn biểu thị lớp nước mưa lớn nhất rơi trên lưu vực nhưng không sinh dòng chảy, điều này sẽ phụ thuộc vào địa hình lưu vực, việc sử dụng đất, loại đất và việc xử lý đất.

2.2.2.2. Phương pháp SCS Curve Number (Chỉ số CN)

Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ (1972) đã phát triển một phương pháp để tính tổn thất dòng chảy từ mưa gọi là phương pháp SCS. Phương pháp này phụ thuộc vào lượng mưa tích lũy, độ che phủ đất, sử dụng đất và độ ẩm kỳ trước, được sử dụng theo công thức

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \qquad (2.5)$$

Trong đó: Pe: lượng mưa tích lũy hiệu quả

P: lớp nước mưa

I_a: Lượng tổn thất ban đầu

S: khả năng giữa nước lớn nhất của lưu vực

Đó là phương trình cơ bản của phương pháp SCS để tính độ sâu mưa hiệu dụng hay dòng chảy trực tiếp từ một trận mưa.

Qua nghiên cứu các kết quả thực nghiệm trên nhiều lưu vực nhỏ, Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ đã xây dựng được quan hệ kinh nghiệm:

$$I_a = 0,2*S \qquad (2.6)$$

Do đó:
$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \qquad (2.7)$$

Lập đồ thị quan hệ giữa P và P_e bằng các số liệu của nhiều lưu vực, người ta đã tìm ra được họ các đường cong. Để tiêu chuẩn hoá các đường cong này, người ta sử dụng số liệu của đường cong CN làm thông số. Đó là một số không thứ nguyên, lấy giá trị trong khoảng (0 - 100). Đối với bề mặt không thấm nước hoặc mặt nước, CN = 100; đối với bề mặt tự nhiên, CN < 100.

Khả năng giữa nước lớn nhất của lưu vực (S) và đặc tính của lưu vực có quan hệ với nhau thông qua một tham số là số hiệu đường cong CN:

$$S = \frac{1000 - 10 * CN}{CN} \qquad \text{(hệ Anh)} \qquad (2.8)$$

hoặc $$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \qquad \text{(hệ mét)} \qquad (2.9)$$

Các số hiệu của đường cong CN đã được cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ lập thành bảng tính sẵn dựa trên phân loại đất và tình hình sử dụng đất. Đất được phân thành 4 nhóm theo định nghĩa sẵn như sau:

Nhóm A: cát tầng sâu, hoàng thổ sâu và phù sa kết tập

Nhóm B: hoàng thổ nông, đất mùn pha cát

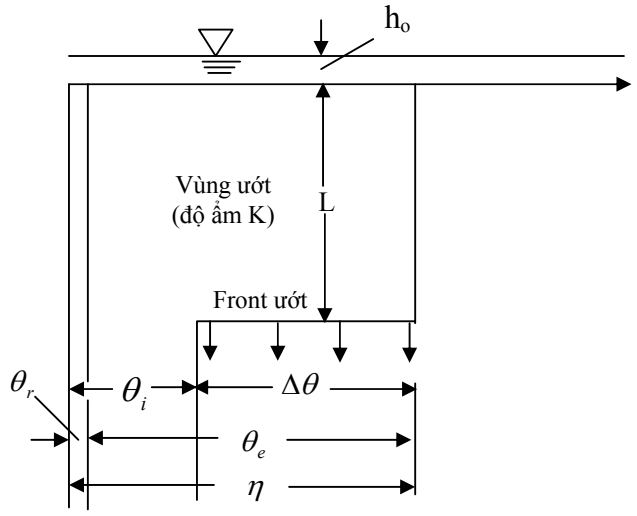
Nhóm C: mùn pha sét, mùn pha cát tầng nông, đất có hàm lượng chất hữu cơ thấp và đất pha sét cao

Nhóm D: đất nở ra rõ rệt khi ướt, đất sét dẻo nặng và đất nhiễm mặn.

Nếu lưu vực tạo thành bởi nhiều loại đất và có nhiều tình hình sử dụng đất khác nhau, ta có thể tính một giá trị hỗn hợp của CN.

2.2.2.3. Phương pháp tính thấm Green and Ampt

Green và Ampt (1911) đã đề nghị bức tranh giản hoá về thấm như minh hoạ trong hình 2.3.



Hình 2.2 Các biến số trong phương pháp thấm Green- Ampt

Xét một cột đất thẳng đứng có diện tích mặt cắt ngang bằng đơn vị và xác định thể tích kiểm tra là thể tích bao quanh đất ướt giữa mặt đất và độ sâu L. Nếu lúc đầu, đất có hàm lượng ẩm θ_i trên toàn bộ chiều sâu thì hàm lượng ẩm của đất sẽ tăng lên từ θ_i tới η (độ rỗng) khi front ướt đi qua. Hàm lượng ẩm θ_i là tỷ số của thể tích nước trong đất so với tổng thể tích bên trong thể tích kiểm tra, do đó lượng gia tăng của nước trữ bên trong thể tích kiểm tra do thấm sẽ là L(η - θ_i) đối với một *đơn* vị diện tích mặt cắt ngang. Độ sâu luỹ tích của nước mưa thấm vào trong đất được tính:

$$F(t) = L(\eta - \theta_i) = L\Delta\theta \qquad (2.10)$$

với $\Delta\theta = \eta - \theta_i$

Khi đã tìm được F, ta có thể xác định được tốc độ thấm f bằng phương trình sau:

$$f(t) = K\left[\frac{\psi\Delta\theta}{F(t)} + 1\right] \qquad (2.11)$$

Trong đó: K là độ dẫn thuỷ lực của đất

ψ là cột nước mao dẫn của front ướt

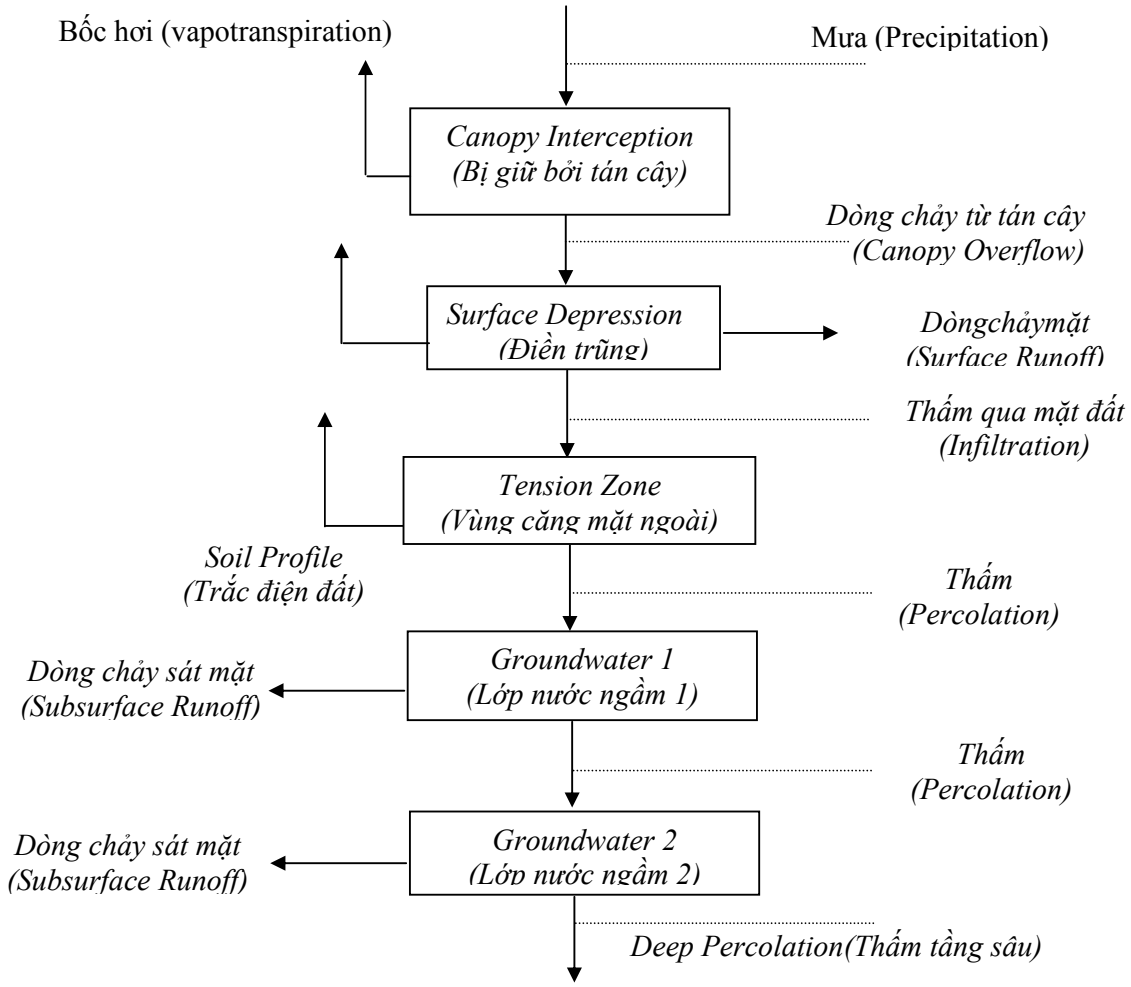
$\Delta\theta$ là khả năng thấm của tầng đất

F là độ sâu luỹ tích của nước thấm vào đất

$$F(t) = Kt + \psi\Delta\theta \ln\left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta}\right) \qquad (2.12)$$

2.2.2.4. Phương pháp tính toán độ ẩm đất (Soil Moisture Accounting)

Phương pháp tính toán độ ẩm đất (SMA) dùng hệ thống bể chứa 5 lớp bao gồm sự trữ nước tầng trên cùng, sự trữ nước trên bề mặt, tầng sát mặt đất và trong hai tầng ngầm với bốc hơi để mô phỏng thấm. Dung tích trữ và tỉ lệ thấm lớn nhất được xác định riêng biệt từ các lưu vực con trong các đơn vị SMA, nhiều lưu vực con có thể dùng cùng một đơn vị SMA. Sơ đồ biểu diễn tổn thất trong tính toán mưa- dòng chảy:



Hình 2.3 Sơ đồ tính thấm theo độ ẩm đất.

2.2.3. Chuyển đổi dòng chảy.

2.2.3.1. Phương pháp đường quá trình đơn vị tổng hợp Clark

Nước được trữ một thời đoạn ngắn trong khu vực: trong đất, trên bề mặt và trong kênh đóng vai trò quan trọng trong việc chuyển lượng mưa hiệu quả thành dòng chảy. Mô hình bể chứa tuyến tính là sự biểu thị chung của các tác động tới sự trữ. Mô hình bắt đầu với phương trình liên tục:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \qquad (2.13)$$

Trong đó: $\frac{dS}{dt}$ là lượng trữ nước trong hệ thống trong thời gian t

I(t) là lưu lượng chảy vào hồ chứa tại thời điểm t.

Q(t) là lưu lượng chảy ra khỏi hồ chứa tại thời điểm t

Với mô hình bể chứa tuyến tính lượng trữ tại thời điểm t có quan hệ với dòng chảy ra như sau:

$$S_t = k * Q_t \qquad (2.14)$$

trong đó: k là hệ số trữ của bể chứa tuyến tính (là hằng số). Kết hợp và giải hai phương trình dùng lược đồ sai phân đơn giản:

$$Q_t = C_A I_A + C_B Q_{t-1} \qquad (2.15)$$

trong đó C_A, C_B: hệ số diễn toán, được tính theo:

$$C_A = \frac{\Delta t}{k + 0.5\Delta t} \qquad (2.16)$$

$$C_B = 1 - C_A$$

Dòng chảy ra trung bình trong thời đoạn t:

$$\overline{Q} = \frac{Q_{t-1} + Q_t}{2} \qquad (2.17)$$

Công thức (2.17) là dòng chảy ra tại một vi phân diện tích, giả sử rằng lưu lượng này truyền đến tuyến cửa ra không bị biến dạng. Vấn đề còn lại là thời gian đi từ vi phân diện tích tới tuyến cửa ra lưu vực. Dòng chảy cửa ra là tập hợp của các lưu lượng đến cùng một lúc, do đó mỗi lưu vực cần xác định đường cong phân bố diện tích- thời gian chảy truyền để tính ra lưu lượng cửa ra.

Trong trường hợp không có số liệu dùng đường cong kinh nghiệm sau:

$$\frac{A_t}{A} = \begin{cases} 1.414\left(\frac{t}{t_c}\right)^{1.5} & cho\ (t \le \frac{t_c}{2}) \\ 1 - 1.414\left(1 - \frac{t}{t_c}\right)^{1.5} & cho\ (t \ge \frac{t_c}{2}) \end{cases} \qquad (2.18)$$

trong đó: A là tổng diện tích của lưu vực, A_t là luỹ tích diện tích thành phần lưu vực trong thời gian t, t_c là thời gian tập trung nước của lưu vực.

Tung độ của đường cong thời gian- diện tích được nội suy theo thời đoạn tính toán. Đường quá trình chuyển đổi thu được, được diễn toán qua một hồ chứa

tuyến tính để tính toán mưa hiệu quả được chuyển thành lưu lượng của dòng chảy theo thời gian.

Diễn toán qua hồ chứa tuyến tính được thiết lập dùng phương trình sau:

$$Q(2) = C_A * I + C_B * Q(1) \qquad (2.19)$$

Hệ số diễn toán được tính từ:

$$Q_c = \frac{Q(1) + Q(2)}{2} \qquad (2.20)$$

trong đó: Q(2) là lưu lượng tức thời tại cuối thời đoạn tính toán, Q(1) là lưu lượng tức thời tại đầu thời đoạn tính toán, I là tung độ của đường quá trình chuyển đổi Δt (là thời khoảng tính toán tính bằng giờ) và Q_c là tung độ đường quá trình đơn vị tại cuối của thời đoạn tính toán.

2.2.3.2. Phương pháp đường quá trình đơn vị tổng hợp Snyder.

Snyder (1938) đã tìm ra các quan hệ tổng hợp về một số đặc trưng của một đường quá trình đơn vị chuẩn. Từ các quan hệ đó ta, có thể xác định được 5 đặc trưng cần thiết của một đường quá trình đơn vị đối với một thời gian mưa hiệu dụng cho trước: lưu lượng đỉnh trên một đơn vị diện tích q_{pR}, thời gian trễ của lưu vực t_{pR}, thời gian đáy t_b và các chiều rộng W (theo đơn vị thời gian) của đường quá trình đơn vị tại các tung độ bằng 50% và 75% của lưu lượng đỉnh. Sử dụng các đặc trưng này, ta có thể vẽ ra được đường quá trình đơn vị yêu cầu.

Snyder đã đưa ra định nghĩa về đường quá trình đơn vị chuẩn. Đó là một đường đơn vị có thời gian mưa t_r liên hệ với thời gian trễ của lưu vực qua phương trình:

$$t_p = 5.5 * t_r \qquad (2.21)$$

Đối với đường quá trình đơn vị chuẩn, ông đã tìm thấy rằng:

* Thời gian trễ t_p được tính:

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \qquad (2.22)$$

trong đó: t_p được tính bằng giờ, L là chiều dài của dòng chính (tính bằng km) từ cửa ra đến đường phân nước, L_c là khoảng cách (tính bằng km) từ cửa ra đến một

điểm trên dòng sông gần nhất với tâm của diện tích lưu vực, $C_1 = 0,75$ và C_t là một hệ số được suy ra từ những lưu vực có số liệu đo đạc trong cùng vùng nghiên cứu.

* Lưu lượng đỉnh trên đơn vị diện tích lưu vực tính theo $m^3/s.km^2$ (hay cfs/mi^2) của đường quá trình đơn vị chuẩn là:

$$q_p = \frac{C_2 * C_p}{t_p} \qquad (2.23)$$

trong đó: $C_2 = 2,75$ và C_p là một hệ số được suy ra từ các lưu vực có số liệu đo đạc trong cùng vùng nghiên cứu.

Nếu $t_{pR} = 5,5\ t_R$ thì : $t_R = t_r$, $t_{pR} = t_p$, $q_{pR} = q_p$ và các hệ số C_t, C_p được tính bởi các phương trình (2.22), (2.23). Nếu t_{pR} khác đáng kể $5,5\ t_R$, thì thời gian trễ chuẩn được tính bởi:

$$t_p = t_{pR} + \frac{t_r - t_R}{4} \qquad (2.24)$$

* Mối liên hệ giữa lưu lượng đỉnh trên đơn vị diện tích lưu vực của đường quá trình đơn vị chuẩn q_p và đường quá trình đơn vị tính toán q_{pR} được biểu thị qua phương trình:

$$q_{pR} = \frac{q_p t_p}{t_{pR}} \qquad (2.25)$$

* Thời gian đáy t_b (tính bằng giờ) của đường quá trình đơn vị có thể được xác định dựa theo điều kiện: diện tích nằm bên dưới đường quá trình đơn vị phải tương đương với độ sâu 1 cm của lượng dòng chảy trực tiếp. Giả thiết, biểu đồ đường quá trình đơn vị có dạng hình tam giác, ta ước tính được thời gian đáy:

$$t_b = \frac{C_3}{q_{pR}} \qquad (2.26)$$

với: $C_3 = 5,56$

* Chiều rộng (tính bằng giờ) của biểu đồ đường quá trình đơn vị tại một lưu lượng bằng một tỷ số phần trăm nào đó của lưu lượng đỉnh q_{pR} được tính theo hệ thức:

$$W = C_W . q_{pR}^{-1.08} \qquad (2.27)$$

với: C_W = 1,22 đối với chiều rộng 75%

C_W = 2,14 đối với chiều rộng 50%

Người ta thường phân bố 1/3 chiều rộng đó trước thời gian xuất hiện đỉnh và 2/3 chiều rộng còn lại cho sau thời gian này.

2.2.3.3. Phương pháp đường đơn vị tổng hợp không thứ nguyên SCS

Từ kết quả phân tích một số lượng lớn đường quá trình đơn vị, cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ đã đề nghị thời gian nước rút có thể được lấy xấp xỉ bằng 1,67 T_p. Bởi vì diện tích nằm bên dưới đường quá trình đơn vị phải bằng với độ sâu dòng chảy trực tiếp là 1 cm nên ta có:

$$q_p = \frac{C * A}{T_p} \qquad (2.28)$$

với C = 2,08 (483.4 trong đơn vị Anh) và A là diện tích lưu vực tính bằng km^2 (hay mi^2).

Hơn nữa, công trình nghiên cứu các đường quá trình đơn vị của nhiều lưu vực lớn và nhỏ miền nông thôn đã cho thấy có thể ước tính thời gian trễ của lưu vực: $t_p \approx 0{,}6T_c$, với T_c là thời gian tập trung nước của lưu vực.

Thời gian nước lên T_p có thể được biểu thị theo thời gian trễ t_p và thời gian mưa hiệu dụng t_r như sau:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \qquad (2.29)$$

2.2.3.4. Phương pháp đường đơn vị xác định bởi người sử dụng

Cho phép điều khiển chính xác mối quan hệ kinh nghiệm giữa 1 đơn vị lượng mưa và dòng chảy trực tiếp nhận được. Tung độ của đường quá trình phải được nhập vào cùng thời đoạn như bước thời gian mô hình. Các thông số yêu cầu là tung độ đường quá trình và thời đoạn tung độ.

2.2.3.5. Phương pháp sóng động học (Kinematic Wave)

Phương pháp sóng động học dùng phương trình liên tục và phương trình động lượng để chuyển lượng mưa hiệu quả thành dòng chảy.

2.2.3.6. Phương pháp Mod Clack

Phương pháp Mod Clack là phương pháp chuyển đổi tuyến tính áp dụng trên lưu vực có dạng ô lưới. Lượng mưa vượt thấm cho mỗi ô sẽ có một thời gian trễ và được diễn toán như một hồ chứa tuyến tính. Mỗi ô chứa các thông tin về toạ độ, diện tích và chỉ số thời gian chảy truyền trong lưu vực. Thời gian trễ cho mỗi ô theo chỉ số thời gian tập trung nước, các ô trong lưu vực có cùng hệ số trữ. Các thông số yêu cầu là thời gian tập trung nước của toàn bộ lưu vực, thời gian chảy truyền và hệ số trữ của mỗi ô lưới.

2.2.4. Tính toán dòng chảy ngầm.

Dòng chảy trong sông bao gồm hai thành phần: dòng chảy mặt do nước mưa cung cấp, dòng chảy ngầm do nguồn nước ngầm cung cấp. Dòng chảy ngầm không đo đạc trực tiếp mà chỉ tính theo suy đoán hợp lý.

Mô hình HEC-HMS cung cấp 3 phương pháp tính dòng chảy ngầm:

2.2.4.1. Phương pháp cắt nước ngầm

Có nhiều phương pháp khác nhau để tách dòng chảy trực tiếp và dòng chảy ngầm như: phương pháp đường thẳng, phương pháp chiều dài đáy cố định và phương pháp độ dốc biến đổi (hình 2.4).

* Cắt nước ngầm theo đường thẳng nằm ngang: trong phương pháp này, ta chỉ cần vẽ một đường thẳng nằm ngang từ điểm bắt đầu của dòng chảy mặt đến giao điểm của nó với nhánh nước hạ của đường quá trình lưu lượng. Theo phương pháp này, lưu lượng nước ngầm là hằng số bằng lưu lượng thực đo tại chân đường lũ lên.

* Phương pháp đáy cố định: cho rằng dòng chảy mặt kết thúc sau khi xuất hiện đỉnh là một khoảng thời gian N (N được coi là ngưỡng của dòng chảy ngầm). Từ điểm bắt đầu của dòng chảy mặt, ta kéo dài đường quá trình dòng ngầm về phía trước cho đến khi gặp đường thẳng đứng đi đỉnh lũ. Sau đó, dùng một đoạn thẳng nối giao điểm này với điểm trên nhánh nước hạ cách đỉnh một khoảng thời gian N ($N = F^{0.2}$, F là diện tích lưu vực). Công thức tính:

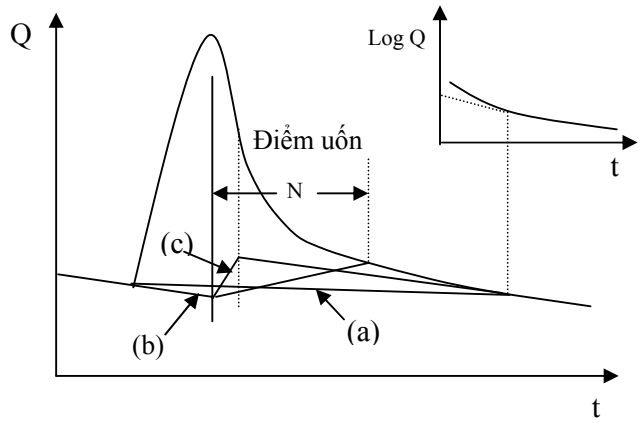
$$Q = Q_0 k^t \qquad (2.30)$$

trong đó: Q_0 là lưu lượng tại điểm chân lũ lên

k là hệ số kinh nghiệm

t là thời gian tính từ chân lũ tới điểm có lưu lượng Q tính toán

* Phương pháp độ dốc biến đổi: Từ điểm bắt đầu dòng chảy mặt, ta kéo dài đường quá trình dòng chảy ngầm về phía trước như trên, mặt khác, từ điểm kết thúc dòng chảy mặt ta kéo dài đường quá trình dòng ngầm về phía sau cho đến khi gặp đường thẳng đứng đi qua điểm uốn trên nhánh nước hạ. Sau cùng nối liền giao điểm bằng một đoạn thẳng.



Hình 2.4 Các phương pháp cắt nước ngầm

2.2.4.2. Phương pháp dòng chảy ngầm ổn định theo tháng (Constant Monthly)

Phương pháp này sử dụng dòng chảy ngầm ổn định trong một tháng cụ thể tại tất cả các bước thời gian tính toán. Dòng chảy mặt được tính bằng phương pháp đường đơn vị và cộng thêm với dòng chảy ngầm để tạo thành dòng chảy tổng cộng tại cửa ra.

2.2.4.3. Phương pháp hồ chứa tuyến tính (Linear Reservoir)

Phương pháp hồ chứa tuyến tính, tính toán dòng chảy từ tầng ngầm và chỉ có thể được dùng cùng với phương pháp tổn thất tính toán độ ẩm đất. Lượng nước có ở trong mỗi tầng ngầm được chuyển thành dòng chảy qua một chuỗi các hồ chứa tuyến tính. Các thông số yêu cầu là: hệ số lượng trữ và số hồ chứa. Dòng chảy ra từ hồ chứa cuối cùng trong chuỗi hồ chứa của một tầng ngầm là dòng chảy ngầm của tầng đó. Dòng chảy ngầm tổng cộng là tổng của dòng chảy ra trong hai tầng ngầm.

2.2.5. Diễn toán dòng chảy.

Diễn toán lũ được dùng để tính toán sự di chuyển sóng lũ qua đoạn sông và hồ chứa. Hầu hết các phương pháp diễn toán lũ có trong HEC-HMS dựa trên phương trình liên tục và các quan hệ giữa lưu lượng và lượng trữ. Những phương pháp này là Muskingum, Muskingum- Cunge, Puls cải tiến (Modified Puls), sóng động học (Kinematic Wave) và Lag.

Trong tất cả những phương pháp này quá trình diễn toán được tiến hành trên một nhánh sông độc lập từ thượng lưu xuống hạ lưu, các ảnh hưởng của nước vật trên đường mặt nước như nước nhảy hay sóng đều không được xem xét.

2.2.5.1. Phương pháp diễn toán sóng động học (Kinematic Wave).

Khi giải phương trình sóng động học giả thiết rằng độ dốc đáy kênh và độ dốc mặt nước là như nhau và các ảnh hưởng của gia tốc trọng trường là không đáng kể (các thông số theo đơn vị mét được chuyển thành đơn vị Anh để sử dụng trong phương trình).

Mô hình sóng động học được xác định bằng hai phương trình sau:

Phương trình động lượng đơn giản thành:

$$S_t = S_0 \qquad (2.31)$$

trong đó: S_t là độ dốc ma sát và S_0 là độ dốc đáy kênh. Vì vậy, lưu lượng tại bất kỳ điểm nào trong kênh đều được tính theo công thức Maning:

$$Q = \frac{1.49}{n} S_0^{1/2} A R^{2/3} \quad \text{(hệ đơn vị Anh)} \qquad (2.32)$$

với: Q là lưu lượng dòng chảy, S_0 là độ dốc đáy kênh, R là bán kính thủy lực, A là diện tích mặt cắt ướt, n là hệ số nhám Manning. Phương trình (2.32) được đơn giản thành:

$$Q = \alpha A^m \qquad (2.33)$$

trong đó: α và m liên quan tới chế độ dòng chảy và độ nhám bề mặt.

Phương trình động lượng được đơn giản thành quan hệ giữa diện tích và lưu lượng, sự chuyển động của sóng lũ còn được mô tả bởi phương trình liên tục:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \qquad (2.34)$$

Điều kiện ban đầu của vùng dòng chảy tràn trên mặt là đất khô và không có lưu lượng gia nhập tại đường biên của vùng. Điều kiện ban đầu và điều kiện biên cho diễn toán sóng động học trong kênh được xác định dựa trên đường quá trình ở thượng lưu.

2.2.5.2. Phương pháp diễn toán Muskingum.

Phương pháp Muskingum là một phương pháp diễn toán lũ đã được dùng phổ biến để điều khiển quan hệ động giữa lượng trữ và lưu lượng. Phương pháp này đã mô hình hoá lượng trữ của lũ trong một lòng sông bằng tổ hợp của hai loại dung tích, một dung tích hình nêm và một dung tích lăng trụ.

Giả thiết rằng, diện tích mặt cắt ngang của dòng lũ tỷ lệ thuận với lưu lượng đi qua mặt cắt đó, thể tích của lượng trữ lăng trụ là KQ, trong đó K là hệ số tỷ lệ. Thể tích của lượng trữ hình nêm là KX(I - Q), trong đó X là một trọng số có giá trị nằm trong khoảng $0 \le X \le 0.5$. Do đó, tổng lượng trữ sẽ bằng tổng của hai lượng trữ thành phần:

$$S = KQ + KX(I - Q) \qquad (2.35)$$

Phương trình lượng trữ của phương pháp Muskingum được viết dưới dạng:

$$S = K[XI + (1-X)Q] \qquad (2.36)$$

Phương trình này tiêu biểu cho một mô hình tuyến tính để diễn toán dòng chảy trong các dòng sông.

Giá trị của X phụ thuộc vào hình dạng của dung tích hình nêm đã mô hình hoá. Giá trị của X thay đổi từ 0 đối với loại dung tích kiểu hồ chứa, đến 0.5 đối với dung tích hình nêm đầy. Khi X = 0, dung tích hình nêm không tồn tại và do đó cũng không có nước vật. Đó là trường hợp của một hồ chứa có mặt nước nằm ngang. Trong trường hợp này, phương trình (2.36) sẽ dẫn đến một mô hình hồ chứa tuyến tính, S = KQ. Trong các sông thiên nhiên, X lấy giá trị giữa 0 và 0.3 với giá trị trung bình gần với 0.2. Việc xác định X với độ chính xác cao là không cần thiết, bởi vì các kết quả tính toán của phương pháp này tương đối ít nhạy cảm với giá trị của X. Tham số K là thời gian chảy truyền của sóng lũ qua đoạn lòng dẫn. Để xác định các

giá trị của K và X trên cơ sở các đặc tính của lòng dẫn và lưu lượng, ta có thể sử dụng một phương pháp gọi là Muskingum- Cunge. Trong diễn toán lũ, giá trị của K và X được giả thiết đã biết và không đổi trên toàn phạm vi thay đổi của dòng chảy.

Các giá trị của lượng trữ tại thời điểm j và j+1 theo (2.36) được viết là :

$$S_j = K[XI_j+(1-X)Q_j] \qquad (2.37)$$

$$S_{j+1} = K[XI_{j+1}+(1-X)Q_{j+1}] \qquad (2.38)$$

Sử dụng các phương trình (2.37) và (2.38), ta tính được số gia của lượng trữ trên khoảng thời gian Δt là :

$$S_{j+1}- S_j =K\{[XI_{j+1}+(1-X)Q_{j+1}]- [XI_j+(1-X)Q_j]\} \qquad (2.39)$$

Số gia của lượng trữ còn có thể biểu thị bằng phương trình:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2}\Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2}\Delta t \qquad (2.40)$$

Kết hợp (2.39) , (2.40) và sau khi rút gọn ta thu được:

$$Q_{j+1} = C_1I_{j+1}+C_2I_j + C_3Q_j \qquad (2.41)$$

đó là phương trình diễn toán của phương pháp Muskingum, trong đó

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad (2.42)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad (2.43)$$

$$C_3 = \frac{2K(1-X)-\Delta t}{2K(1-X)+\Delta t} \qquad (2.44)$$

Lưu ý rằng : $C_1+C_2 +C_3 = 1$

Ta có thể xác định được K và X nếu trong đoạn sông đang xét đã có sẵn các đường quá trình lưu lượng thực đo của dòng vào và dòng ra. Giả thiết nhiều giá trị khác nhau của X và sử dụng các giá trị đã biết của các đường quá trình lưu lượng, ta tính được các giá trị liên tiếp của tử số và mẫu số trong biểu thức của K được suy ra từ (2.39) và (2.40).

$$K = \frac{0.5\Delta t[(I_{j+1} + I_j) - (Q_{j+1} + Q_j)]}{X(I_{j+1} - I_j) + (1-X)(Q_{j+1} - Q_j)} \qquad (2.45)$$

2.2.5.3. Phương pháp diễn toán Muskingum- Cunge

Cunge (1969) đã đề nghị một phương pháp dựa trên phương pháp Muskingum, một phương pháp đã được áp dụng một cách truyền thống trong diễn toán lượng trữ thuỷ văn tuyến tính.

Công thức cơ bản của phương trình liên tục và dạng khuyếch tán của phương trình động lượng:

$$\frac{\delta A}{\delta t} + \frac{\delta Q}{\delta x} = q_1 \qquad (2.46)$$

$$S_r = S_0 - \frac{\delta Y}{\delta x} \qquad (2.47)$$

Bằng cách kết hợp phương trình (2.46) và (2.47) rồi tuyến tính hoá. Phương trình khuyếch tán rối sau được thành lập:

$$\frac{\delta Q}{\delta t} + c\frac{\delta Q}{\delta x} = \mu\frac{\delta^2 Q}{\delta x^2} + cq_1 \qquad (2.48)$$

trong đó:

Q = lưu lượng dòng vào (cfs)

A = diện tích mặt cắt ngang trung bình (ft^2)

t = thời gian tính toán (giây)

x = khoảng cách dọc theo chiều dài sông(feet)

Y = độ sâu dòng chảy (feet)

q_1 = lượng nhập khu giữa (thứ nguyên là lưu lượng trên 1 đơn vị chiều dài kênh dẫn)

S_r = độ dốc ma sát

S_0 = độ dốc đáy kênh

c = tốc độ sóng động học tương ứng với Q và B, được tính như sau:

$$c = \frac{dQ}{dA} \qquad (2.49)$$

Hệ số khuyếch tán thủy lực μ được biểu thị như sau:

$$\mu = \frac{Q}{2BS_0} \qquad (2.50)$$

trong đó: B là chiều rộng của mặt nước.

Theo công thức của Muskingum, với lượng gia nhập khu giữa phương trình liên tục được biểu thị:

$$Q_t = C_1 I_{t-1} + C_2 I_t + C_3 Q_{t-1} + C_4 (q_l \Delta x) \qquad (2.51)$$

trong đó: Các hệ số C_1, C_2, C_3 được tính theo công thức (2.42), (2.43) và (2.44), còn:

$$C_4 = \frac{2\left(\frac{\Delta t}{K}\right)}{\frac{\Delta t}{K} + 2(1 - X)} \qquad (2.52)$$

Trong các phương trình này, K là hằng số lượng trữ có thứ nguyên thời gian và X là một hệ số biểu thị ảnh hưởng tương đối của dòng chảy vào đối với lượng trữ. Cunge chỉ ra rằng: khi K và Δt được coi là không đổi thì phương trình (2.51) là một nghiệm gần đúng của các phương trình sóng động học (2.31) và (2.34). Hơn thế nữa, ông đã chứng minh rằng (2.51) có thể được coi là một nghiệm gần đúng của một phương trình khuếch tán dạng sửa đổi, nếu:

$$K = \frac{\Delta x}{c} \qquad (2.53)$$

$$X = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{Q}{BS_o c \Delta x}\right) \qquad (2.54)$$

Các giá trị c, Q, B và các hệ số C_1, C_2, C_3, C_4 luôn thay đổi vì K, X đều thay đổi theo thời gian và không gian. Trong HEC- HMS sử dụng thuật toán do Ponce đưa ra (1986) để tính toán tại mỗi bước thời gian Δt và không gian Δx. Giá trị Δt được chọn là giá trị nhỏ nhất trong các cách sau:

- Bước thời gian của đường quá trình thực đo.

- 1/20 thời gian đạt tới đỉnh cao nhất của đường quá trình dòng chảy đến.

- Thời gian chảy truyền của đoạn kênh

và Δx được ước tính như sau:

$$\Delta x = c\Delta t \qquad (2.55)$$

Δx phải thỏa mãn yêu cầu sau:

$$\Delta x < \frac{1}{2}\left(c\Delta t + \frac{Q_0}{BS_0 c} \right) \qquad (2.56)$$

$$Q_0 = Q_B + \frac{1}{2}(Q_d - Q_B) \qquad (2.57)$$

trong đó: Q_0 là lưu lượng tham chiếu, Q_B là dòng chảy ngầm và Q_d lưu lượng đỉnh lấy từ đường quá trình dòng chảy đến:

Giá trị Δx, Δt được chọn sẽ được in ra cùng với lưu lượng đỉnh lũ tính toán trong bảng kết quả mô hình.

Số liệu theo phương pháp Muskingum- Cunge bao gồm các đặc trưng kênh nhánh và kênh chính sau đây:

- Mặt cắt ngang đoạn kênh đặc trưng
- Độ dài đoạn kênh L
- Hệ số nhám Manning n
- Độ dốc đáy kênh S_0

Phương pháp Muskingum- Cunge sử dụng một trong hai hình dạng mặt cắt ngang kênh để tính toán trong mô hình:

+ Mặt cắt ngang tiêu chuẩn: Gồm có các mặt cắt: hình tròn, hình tam giác, hình vuông, hình chữ nhật và hình thang với các hệ số α, m tương ứng.

+ Phương pháp mặt cắt ngang 8 điểm.

2.2.5.4. Phương pháp Modified Puls

Cho tới nay, hệ phương trình Saint- Venant chưa có lời giải tổng quát bằng biểu thức giải tích, mà chỉ có cách giải gần đúng. Có hai hướng tìm lời giải gần đúng của hệ phương trình này, một là các phương pháp thuỷ động lực, hai là các phương pháp giản hoá. Phương pháp Modified Puls (Chow, 1964) thuộc cách giải

giản hoá, theo phương pháp này người ta dùng phương trình cân bằng nước thay cho phương trình liên tục (2.34), dùng phương trình lượng trữ thay cho phương trình động lực (2.31). Phương trình cân bằng nước viết cho đoạn sông bất kỳ là:

$$\frac{dW}{dt} = Q_v - Q_r \qquad (2.58)$$

Nếu lượng nhập khu giữa q = 0, ta có dạng sai phân:

$$\frac{Q_{t1} + Q_{t2}}{2} - \frac{Q_{d1} + Q_{d2}}{2} = \frac{W_2 - W_1}{\Delta t} \qquad (2.59)$$

Với: Q_{t1}, Q_{t2} là lưu lượng trạm trên ở đầu và cuối thời đoạn Δt

Q_{d1}, Q_{d2} là lưu lượng trạm dưới ở đầu và cuối thời đoạn Δt

W_1, W_2 thể tích nước của đoạn sông ở đầu và cuối thời đoạn tính toán Δt

Phương trình lượng trữ:

$$W = f(Q_d, Q_t) \qquad (2.60)$$

Phương trình (2.60) biểu thị quan hệ giữa lượng trữ của đoạn sông W với lưu lượng chảy vào Q_t và lưu lượng chảy ra Q_d . Nếu xác định được quan hệ hàm số này thì ta có thể tính được giá trị lưu lượng chảy ra tại cuối thời đoạn Q_{d2} khi biết các giá trị lưu lượng chảy vào: Q_{d1}, Q_{t1}, Q_{t2}. Nói cách khác, ta dự báo được lưu lượng chảy ra với thời gian dự kiến là Δt .

Như thế, đáng lẽ phải giải hệ phương trình Saiint- Venant, ta thay bằng giải hệ phương trình (2.58), (2.60) đơn giản hơn.

Diễn toán Puls cải tiến được tính toán bằng cách cung cấp quan hệ lượng trữ với lưu lượng ra là đầu vào trực tiếp của mô hình HEC- HMS. Quan hệ này có thể lấy được từ việc nghiên cứu thành phần nước hoặc việc phân tích thủy lực khác của sông hay hồ.

Số liệu lượng trữ và lưu lượng ra dùng trong phương pháp có thể tính toán từ các đặc tính kênh. Chương trình sử dụng mặt cắt ngang 8 điểm đặc trưng cho đoạn sông diễn toán. Lưu lượng ra được tính từ độ sâu bình thường dùng phương trình Manning. Lượng trữ chính là diện tích mặt cắt ngang 8 điểm lấy dọc theo sông. Giá

trị lượng trữ và lưu lượng được tính với các mực nước khác nhau bắt đầu tại điểm thấp nhất trên mặt cắt ngang tới mực nước lớn nhất xác định.

2.2.5.5. Phương pháp diễn toán Lag

Đây là phương pháp diễn toán lũ đơn giản nhất trong mô hình HEC- HMS. Phương pháp này quan niệm rằng: lũ ở thượng lưu sẽ truyền nguyên vẹn về hạ lưu sau một khoảng thời gian trễ nào đó. Dòng chảy không bị suy yếu và hình dạng của nó cũng không bị thay đổi trong quá trình chảy truyền.

Đường quá trình lũ ở trạm dưới được tính theo biểu thức sau:

$$Q_t = \begin{Bmatrix} I_t .....t < lag \\ I_{t-lag} ....t \geq lag \end{Bmatrix} \qquad (2.61)$$

trong đó:

Q_t là tung độ đường quá trình dòng chảy ở trạm dưới trong thời gian t

I_t là tung độ đường quá trình dòng chảy ở trạm trên trong thời gian t

lag là thời gian trễ

Phương pháp này là dạng đặc biệt của các phương pháp khác, kết quả của nó sẽ giống các phương pháp khác nếu ta chọn lựa các thông số của các phương pháp này cẩn thận. Ví dụ: trong phương pháp Muskingum, ta chọn X= 0.5 và K= Δt thì đường quá trình dòng chảy tính toán ở trạm trên sẽ bằng trạm dưới với thời gian trễ là K.

Từ đường quá trình thực đo, ta có thể ước lượng thời gian trễ là khoảng thời gian nằm giữa hai đỉnh của 2 đường quá trình lưu lượng trạm trên và trạm dưới trên biểu đồ.

2.2.5.6. Diễn toán hồ chứa.

Diễn toán hồ chứa trong mô hình HEC-HMS sử dụng phương trình lượng trữ:

$$I_{avg} - Q_{avg} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \qquad (2.62)$$

Trong đó:

I_{avg}: lưu lượng chảy vào trung bình trong khoảng thời gian tính toán

Q_{avg}: lưu lượng chảy ra trung bình trong khoảng thời gian tính toán

ΔS: sự thay đổi lượng trữ

Với phép xấp xỉ gần đúng, phương trình 2.62 có thể được viết như sau:

$$\frac{I_t - I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t - Q_{t+1}}{2} = \frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} \qquad (2.63)$$

Với t chỉ số thời gian tính toán, I_t và I_{t+1} là lưu lượng dòng vào đầu và cuối thời đoạn tính toán. Q_t và Q_{t+1} là lưu lượng dòng ra đầu và cuối thời đoạn tính toán. S_t và S_{t+1} giá trị lượng trữ tương ứng. Công thức 2.63 có thể được biến đổi như sau:

$$\left(\frac{2S_{t+1}}{\Delta t} + Q_{t+1}\right) = (I_t + I_{t+1}) + \left(\frac{2S_t}{\Delta t} - Q_t\right) \qquad (2.64)$$

Tất cả các số hạng ở vế phải của phương trình 2.64 đã biết; I_t và I_{t+1} là tung độ của quá trình dòng chảy vào, hoặc có thể được tính toán từ các mô hình mưa dòng chảy. Q_t và S_t là các giá trị tại thời điểm đầu, tại t = 0, các giá trị đó là điều kiện ban đầu, mỗi bước thời gian sau sẽ được tính từ các giá trị của bước thời gian trước. Như vậy, số hạng $\left(\frac{2S_{t+1}}{\Delta t} + Q_{t+1}\right)$ có thể được tính toán bằng công thức 2.64.

2.2.5.7. Diễn toán điểm rẽ nhánh.

Phương pháp diễn toán tại điểm rẽ nhánh giống như sự chia nhánh của con sông và được sử dụng mô hình đơn giản tức là sử dụng công thức liên tục:

$$Q_t^{main} = I_t - Q_t^{bypass} \qquad (2.65)$$

Trong đó:

Q_t^{main} là lưu lượng chảy vào lòng dẫn phía hạ lưu của dòng chính tại thời điểm t, I_t là lưu lượng dòng chính phía thượng lưu và Q_t^{bypass} là lưu lượng chảy vào dòng nhánh.

2.2.5.8. Diễn toán điểm nhập lưu.

Tương tự như phương pháp diễn toán dòng chảy tại điểm rẽ nhánh, phương pháp diễn toán tại điểm nhập lưu cũng sử dụng công thức liên tục. Công thức diễn toán tại điểm nhập lưu được viết như sau:

$$\sum_r I_t^r - Q_t = 0 \qquad (2.66)$$

Trong đó: I_t^r là lưu lượng của dòng r tại thời điểm t và Q_t là dòng chảy ra từ chỗ nhập lưu tại thời điểm t. công thức 2.66 được viết lại như sau:

$$Q_t = \sum_r I_t^r \qquad (2.67)$$

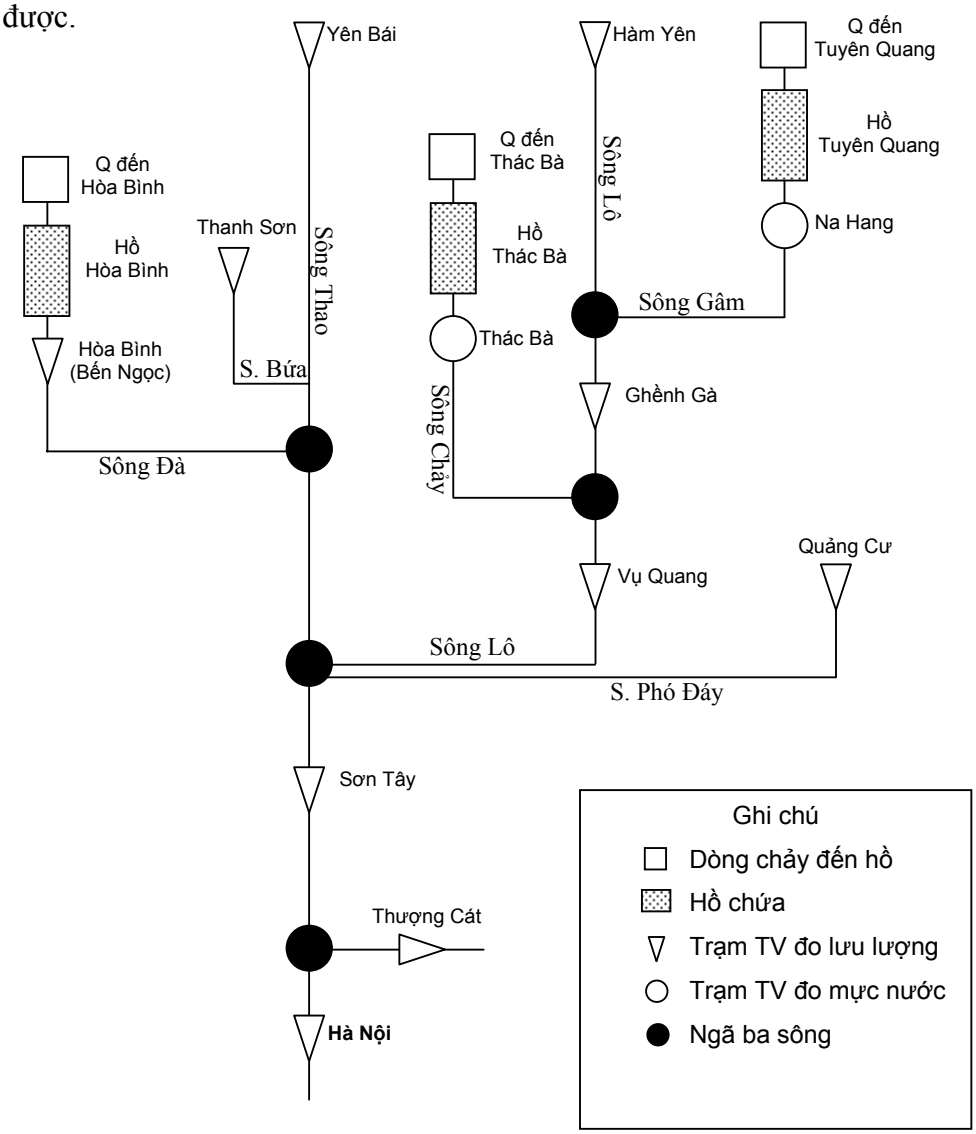
Tức là dòng chảy phía hạ lưu tại thời điểm t bằng tổng dòng chảy phía thượng lưu tại thời điểm t.

CHƯƠNG 3

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-HMS TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT HỆ THỐNG HỒ CHỨA THƯỢNG NGUỒN SÔNG HỒNG

3.1. SƠ ĐỒ HÓA HỆ THỐNG.

Hệ thống hồ chứa và mạng lưới sông được mô phỏng trong luận văn là mạng sông Hồng đoạn từ các hồ thượng nguồn hồ Hòa Bình-Yên Bái-hồ Thác Bà-Hàm Yên-hồ Tuyên Quang đến Hà Nội-Thượng Cát, ngoài ra còn 2 sông nhánh là sông Bứa tính đến Thanh Sơn và sông Phó Đáy tính đến Quảng Cư. Sơ đồ được xây dựng (hình 3.1) dựa vào tình hình số liệu dòng chảy tại các trạm trên các sông thu thập được.



Hình 3.1 Sơ đồ hóa hệ thống hồ chứa và mạng lưới sông Hồng

Căn cứ vào vị trí các hồ chứa, các trạm thủy văn trên sông Đà, sông Thao, Sông Lô, sông Chảy, sông Hồng, sông Đuống, luận văn đã lựa chọn các biên trên của sơ đồ là; dòng chảy vào hồ Hòa Bình (trên sông Đà), Thanh Sơn (trên sông Bứa), Yên Bái (trên sông Thao), dòng chảy vào hồ Thác Bà (trên sông Chảy), Hàm Yên (trên sông Lô), dòng chảy vào hồ Tuyên Quang (trên sông Gâm) và Quảng Cư (trên sông Phó Đáy). Biên dưới để kiểm chứng mô hình là 2 trạm Hà nội (trên sông Hồng) và Thượng Cát (trên sông Đuống).

Bảng 3.1 Bảng thống kê khoảng cách các đoạn sông.

TT	Tên vị trí	Khoảng cách (km)	Sông
1	Hồ Hòa Bình – NB (S.Đà, S.Thao)	49.0	Đà
2	Yên Bái – NB (S.Đà, S.Thao)	92.0	Thao
3	Thanh Sơn – NB (S.Đà, S.Thao)	49.5	Bứa
4	Hồ Thác Bà – NB (S.Lô, S.Chảy)	27.0	Chảy
5	Hàm Yên – NB (S.Lô, S.Gâm)	28.0	Lô
6	Hồ Tuyên Quang – NB (S.Lô, S.Gâm)	65.0	Gâm
7	NB (S.Lô, S.Gâm) – Ghềnh Gà	5.0	Lô
8	Ghềnh Gà – NB (S.Lô, S.Chảy)	45.0	Lô
9	NB (S.Lô, S.Chảy) – Vụ Quang	12.5	Lô
10	Vụ Quang – NB (S.Thao, S.Lô)	43.5	Lô
11	Quảng Cư – NB (S.Thao, S.Lô)	30.0	Phó Đáy
12	NB (S.Đà, S.Thao) – NB (S.Thao, S.Lô)	12.0	Thao
13	NB (S.Thao, S.Lô) – Sơn Tây	15.0	Hồng
14	Sơn Tây – NB Đuống	39.5	Hồng
15	NB Đuống – Thượng Cát	1.5	Hồng
16	NB Đuống – Hà Nội	5.0	Hồng

Trong HEC-HMS, mô hình mạng được định nghĩa bởi các điểm nguồn (Source), các nút hợp lưu (Junction), các hồ chứa (Reservoir), các điểm phân lưu (Diversion) và được liên kết với nhau bởi các đoạn sông (Reach).

Sơ đồ diễn toán của hệ thống gồm 5 nhánh nhập lưu và 1 nhánh phân lưu:

- Nhánh từ hồ Hòa bình đến ngã ba Trung Hà trên sông Đà
- Nhánh từ Yên Bái đến ngã ba Trung Hà trên sông Thao, nhập với nhánh sông Đà sau đó chảy về Việt Trì.
- Nhánh từ Hồ Thác Bà đến ngã ba sông Chảy và sông Lô.
- Nhánh từ Hàm Yên đến ngã ba sông Lô và sông Gâm.

- Nhánh từ hồ Tuyên Quang đến ngã ba sông Lô và sông Gâm. Sau đó diễn toán qua trạm Ghềnh Gà về ngã ba sông Chảy và sông Lô, sau đó diễn toán qua trạm Vụ Quang về ngã ba Việt Trì.
- Nhánh phân lưu được diễn toán từ ngã ba Việt Trì qua trạm Sơn Tây về Trạm Hà Nội và Thượng Cát.

Khoảng cách giữa các đoạn diễn toán được thống kê trong bảng 3.1

3.2. THU THẬP VÀ CHỈNH LÝ SỐ LIỆU.

Căn cứ vào yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình và tình hình số liệu thực tế tại các trạm Thủy văn trong khu vực nghiên cứu, luận văn đã thu thập và xử lý số liệu.

3.2.1 Số liệu thủy văn.

Số liệu sử dụng là số liệu dòng chảy mùa cạn từ 01/01 đến 31/05 năm 2008 và 2009. Yêu cầu số liệu đầu vào của mô hình gồm lưu lượng tại các biên trên, các trạm ở khu giữa và các trạm hạ lưu. Theo yêu cầu đó, số liệu lưu lượng trung bình ngày tại các trạm thu thập được liệt kê trong bảng 3.2, bảng 3.3

Bảng 3.2 Bảng thống kê các trạm thủy văn ở biên trên.

TT	Trạm	Sông	Thời gian
1	Lưu lượng đến hồ Hòa Bình	Đà	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
2	Hòa Bình (Bến Ngọc)	Đà	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
3	Yên Bái	Thao	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
4	Thanh Sơn	Bứa	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
5	Lưu lượng đến hồ Thác Bà	Chảy	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
6	Lưu lượng ra hồ Thác Bà	Chảy	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
7	Hàm Yên	Lô	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
8	Lưu lượng đến hồ Tuyên Quang	Gâm	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
9	Lưu lượng ra hồ Tuyên Quang	Gâm	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
10	Quảng Cư	Phó Đáy	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009

Trong đó, thời gian từ 01/01/2008 ÷ 31/05/2008 dùng để hiệu chỉnh mô hình, thời gian từ 01/01/2009 ÷ 31/05/2009 dùng để kiểm định mô hình

Số liệu tại các trạm ở khu giữa và hạ lưu dùng để kiểm tra ở các đoạn sông diễn toán được thông kê trong bảng 3.3

Bảng 3.3 Bảng thống kê các trạm thủy văn ở khu giữa và hạ lưu.

TT	Trạm	Sông	Thời gian
1	Ghềnh Gà	Lô	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
2	Vụ Quang	Lô	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
3	Sơn Tây	Hồng	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
4	Hà Nội	Hồng	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009
5	Thượng Cát	Đuống	01/01/2008 ÷ 31/05/2008 01/01/2009 ÷ 31/05/2009

3.2.2 Số liệu đặc trưng hồ chứa. [5]

Số liệu đặc trưng của 3 hồ; Hòa Bình, Thác Bà và Tuyên Quang được thống kê trong bảng 3.4, bảng 3.5, bảng 3.6

Bảng 3.4 Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Tuyên Quang

TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)	TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)
1	39.2	0	0	13	100	973000	4835
2	45	1000	11	14	105	1235000	5630
3	50	3000	127	15	110	1534000	6057
4	55	11000	202	16	115	1875000	7281
5	60	26000	391	17	120	2260000	8149
6	65	52000	685	18	125	2693000	9154
7	70	98000	1155	19	130	3183000	10475
8	75	171000	1773	20	135	3736000	11673
9	80	273000	2319	21	140	4351000	12933
10	85	402000	2880	22	145	5027000	14116
11	90	561000	3471	23	150	5765000	15410
12	95	750000	4105				

Bảng 3.5 Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Thác Bà

TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)	TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)
1	20	0	0	6	50	1337800	159700
2	30	16500	5000	7	55	2250500	206300
3	35	81100	23100	8	60	3395600	252400
4	40	273800	56100	9	65	4766200	296400
5	45	675600	106900	10	70	6355800	340000

Bảng 3.6 Quan hệ Z ~ V ~ F hồ Hòa Bình

TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)	TT	Z (m)	V (10^3m^3)	F (10^3m^2)
1	25	322000	1930	9	104	7420000	17350
2	50	1222000	5580	10	110	8520000	18650
3	75	3215000	10620	11	115	9450000	19830
4	80	3800000	11900	12	120	10480000	21750
5	85	4360000	13200	13	125	11526000	23770
6	90	5089000	14470	14	135	14007000	25850
7	94	5700000	15200	15	150	19005000	39680
8	100	6634000	16400				

3.2.3 Chỉnh lý số liệu.

Số liệu lưu lượng trung bình ngày tại các trạm thủy văn được lấy theo số liệu thực đo.

Mô hình diễn toán hồ chứa (mô hình Specified Release) có hạn chế là không đưa được vào một số thành phần trong phương trình cân bằng hồ chứa như Bốc hơi và mưa khu giữa. Nên luận văn lấy số liệu lưu lượng đến các hồ do Trung tâm dự báo Trung ương cung cấp và được xử lý như sau:

$$Q_{den} = Q_{thuongluu} + Q_{khugiua} - Q_{tonthat} \qquad (3.1)$$

Trong đó:

Q_{den} là lưu lượng đến hồ

$Q_{thuongluu}$ là lưu lượng ở trạm thượng lưu

$Q_{khugiua}$ tính từ lượng mưa khu giữa

$Q_{tonthat} = Q_{bochoi} + Q_{tham}$

Lưu lượng ở trạm thượng lưu đối với hồ Hòa Bình là Trạm Tạ Bú (sông Đà), đối với hồ Thác Bà là trạm Bảo Yên (sông Chảy), đối với hồ Tuyên Quang là trạm Bắc Mê (sông Gâm) và trạm Đầu Đẳng (sông Năng).

Lượng mưa khu giữa được tính từ các trạm khí tượng, thủy văn và các trạm đo mưa xung quanh hồ, thống kê trong bảng 3.7.

Lượng bốc hơi được tính từ các trạm đo bốc hơi xung quanh hồ, thống kê trong bảng 3.7. Lượng thấm được lấy theo giá trị cố định được thống kê trong bảng 3.7.

Bảng 3.7 Bảng thống kê các trạm đo mưa, bốc hơi, lượng thấm của các hồ

Tên hồ	Tên trạm đo mưa	Tên trạm đo bốc hơi	Lượng thấm
Hòa Bình	Tạ Bú, Vạn Yên, Tà Hộc, Mộc Châu, Sơn La, Phù Yên, Cò Nòi, Yên Châu, Thuận Châu, Chiềng Mai, Tà Nàng, Km22, Km46, Bản Chiềng, Hòa Bình	Trạm đo bốc hơi trên lòng hồ	$5m^3$/tháng
Thác Bà	Bảo Yên, Thác Bà, Lào Cai, Mường Khương, Bắc Hà, Hoàng Su Phì	Bảo Yên	
Tuyên Quang	Bảo Lạc, Bắc Mê, Đầu Đẳng, Na Hang, Chiêm Hóa, Mèo Vạc, Đồng Văn, Yên Minh, Chợ rã		

Lưu lượng ra khỏi hồ; đối với hồ Hòa Bình lấy số liệu lưu lượng của trạm Bến Ngọc, đối với hồ Thác Bà và hồ Tuyên Quang lấy số liệu tính toán lưu lượng qua đập của nhà máy.

Ngoài ra mô hình còn tính được mực nước tại các trạm thông qua đường quan hệ $Q = f(H)$ thực đo.

3.3. ĐIỀU KIỆN BIÊN VÀ ĐIỀU KIỆN BAN ĐẦU.

Trong mô hình HEC-HMS, phần diễn toán hồ chứa và diễn toán trong các đoạn sông thì điều kiện biên là đường quá trình lưu lượng đến các hồ chứa và đường quá trình lưu lượng đo đạc tại các trạm thủy văn ở thượng lưu, được sơ đồ hóa trong mô hình thông qua các điểm nguồn (Source). Điều kiện ban đầu được sử

dụng trong mô hình diễn toán là mực nước hoặc dung tích hồ tại đầu thời đoạn tính toán.

Các điều kiện biên trong khu vực nghiên cứu bao gồm; đường Q~t đến hồ Hòa Bình, hồ Thác Bà, hồ Tuyên Quang, đường Q~t tại các trạm Yên Bái, Thanh Sơn, Hàm Yên, Quảng Cư.

Các điều kiện ban đầu trong khu vực nghiên cứu bao gồm mực nước của 3 hồ Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang ở đầu thời đoạn tính toán.

3.4. HIỆU CHỈNH MÔ HÌNH.

3.4.1. Lựa chọn mô hình.

a) lựa chọn mô đun diễn toán hồ chứa.

Trong HEC-HMS cung cấp 3 mô đun diễn toán hồ chứa; mô đun dòng ra theo dạng quan hệ (Outflow Curve), mô đun dòng ra theo dạng cấu trúc (Outflow Structures) và mô đun theo lý thuyết (Specified Release).

Mô đun Outflow Curve chỉ phù hợp với dạng hồ chứa với dòng ra không có sự điều khiển của con người, tuy nhiên trong thực tế dòng ra của 3 hồ nghiên cứu trong luận văn đều có sự điều khiển của con người. Mô đun Specified Release đã khắc phục được điều này bằng cách cho phép đưa vào mô hình đường quá trình Q~t của dòng ra để tính toán cân bằng hồ chứa. Nhưng nhược điểm của 2 phương pháp này là không đưa được thành phần bốc hơi và tổn thất để tính toán cân bằng hồ chứa.

Mô đun Outflow Structures, có thể nói là một mô hình khá đầy đủ và hoàn chỉnh cho bài toán cân bằng hồ chứa. Trong mô hình này cho phép đưa được cấu trúc của đập như; hình dạng các cửa xả mặt, cửa xả đáy chiều cao đập và đưa được thành phần bốc hơi và tổn thất vào mô hình để tính toán cân bằng hồ chứa. Tuy nhiên, trong khuôn khổ của luận văn không có số liệu của nhà máy về quá trình điều khiển của các cửa xả, nên mô hình không thể tính được lưu lượng qua các cửa xả đó.

Do vậy luận văn chọn mô đun Specified Release để diễn toán hồ chứa và để áp dụng mô đun này tác giả đã xử lý số liệu đầu vào được trình bày ở mục 3.2.3

b) lựa chọn mô đun diễn toán trong sông.

Như đã trình bày ở chương 2, trong HEC-HMS có 5 mô hình diễn toán dòng chảy trong sông; mô hình sóng động học (Kinematic Wave), mô hình Muskingum, mô hình Muskingum-Cunge, mô hình Modified Puls và mô hình Lag.

Mỗi mô hình có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Trong khuôn khổ của luận văn là diễn toán dòng chảy trong sông trong thời gian mùa kiệt, tốc độ truyền sóng lũ không thay đổi nhiều. Do đó trong luận văn, khi diễn toán dòng chảy trong các đoạn sông tác giả đã chọn mô hình Lag, vì mô hình Lag đơn giản, hiệu chỉnh thông số nhanh mà vẫn cho kết quả tốt.

3.4.2. Hiệu chỉnh thông số mô hình.

Số liệu dùng để hiệu chỉnh mô hình là chuỗi số liệu dòng chảy từ 01/01/2008 đến 31/05/2008.

Trong khuôn khổ của luận văn chỉ nghiên cứu khu vực từ 3 hồ Hòa Bình, hồ thác Bà và hồ tuyên quang về đến trạm thủy văn Hà Nội. Mặt khác, diễn toán dòng chảy trong các đoạn sông là mô hình Lag, nên chỉ hiệu chỉnh thông số thời gian trễ (lag) cho từng đoạn sông.

Các đoạn sông diễn toán trong sơ đồ tính không đủ trạm đo, tức là không có đường quá trình dòng vào và đường quá trình dòng ra ở mỗi đoạn sông. Do vậy, lúc đầu ước lượng thời gian trễ (lag) dựa vào khoảng cách giữa các đoạn sông, sau đó đưa vào mô hình và tiến hành hiệu chỉnh thông số này bằng phương pháp thử sai. So sánh đường quá trình dòng chảy tính toán với đường quá trình dòng chảy thực đo và đánh giá độ hữu hiệu của mô hình bằng chỉ tiêu Nash. Kết quả hiệu chỉnh thông số thời gian trễ (lag) cho các đoạn sông được thống kê ở bảng 3.8, độ hữu hiệu của mô hình được thông kê tại bảng 3.9.

Kết quả hiệu chỉnh mô hình cho thấy; tại 3 hồ chứa (hồ Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang) được trình bày trong hình 3.2 đến hình 3.4 và trong bảng 1.1, 1.2, 1.3 phụ lục 1 qua đó có thể thấy đường mực nước hồ tính toán phù hợp với đường mực nước hồ thực đo. Còn kết quả diễn toán tại các đoạn sông được trình bày tại hình 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 và trong bảng 1.4 phụ lục 1.

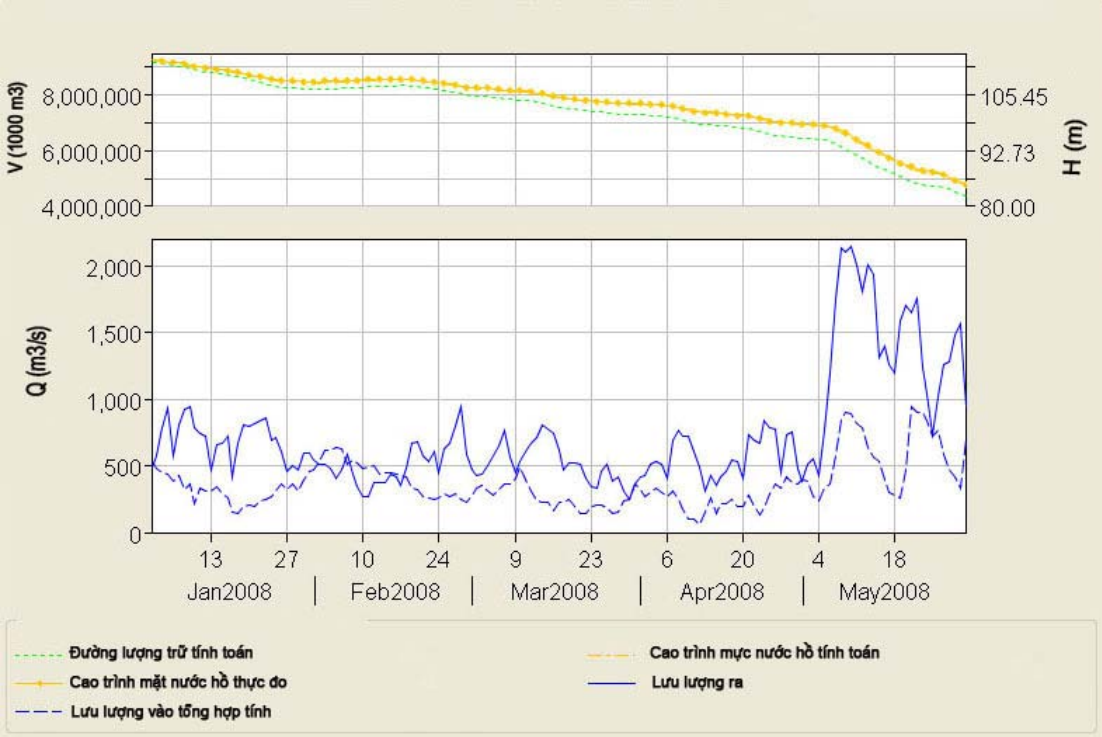
Bảng 3.8 Kết quả hiệu chỉnh thông số thời gian trễ lag

TT	Đoạn sông diễn toán	Sông	Khoảng cách (km)	Lag (Min)
1	Hồ Hòa Bình – NB (S.Đà, S.Thao)	Đà	49.0	720
2	Yên Bái – NB (S.Đà, S.Thao)	Thao	92.0	1320
3	Thanh Sơn – NB (S.Đà, S.Thao)	Bứa	49.5	1080
4	Hồ Thác Bà – NB (S.Lô, S.Chảy)	Chảy	27.0	600
5	Hàm Yên – NB (S.Lô, S.Gâm)	Lô	28.0	600
6	Hồ Tuyên Quang – NB (S.Lô, S.Gâm)	Gâm	65.0	1000
7	NB (S.Lô, S.Gâm) – Ghềnh Gà	Lô	5.0	80
8	Ghềnh Gà – NB (S.Lô, S.Chảy)	Lô	45.0	720
9	NB (S.Lô, S.Chảy) – Vụ Quang	Lô	12.5	200
10	Vụ Quang – NB (S.Thao, S.Lô)	Lô	43.5	720
11	Quảng Cư – NB (S.Thao, S.Lô)	Phó Đáy	30.0	600
12	NB (S.Đà, S.Thao) – NB (S.Thao, S.Lô)	Thao	12.0	200
13	NB (S.Thao, S.Lô) – Sơn Tây	Hồng	15.0	260
14	Sơn Tây – NB Đuống	Hồng	39.5	720
15	NB Đuống – Thượng Cát	Hồng	1.5	30
16	NB Đuống – Hà Nội	Hồng	5.0	100

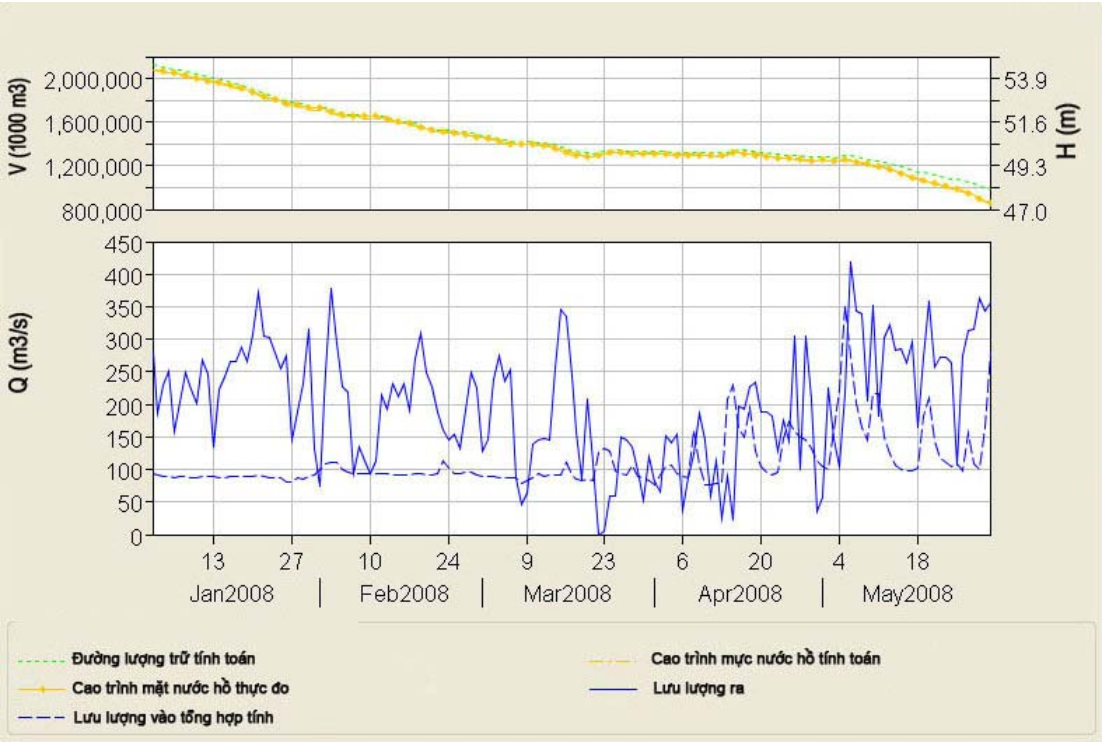
Bảng 3.9 Kết quả độ hữu hiệu khi hiệu chỉnh mô hình theo chỉ tiêu Nash

TT	Tên trạm	Nash
1	Ghềnh Gà	0.91
2	Vụ Quang	0.85
3	Sơn Tây	0.90
4	Hà Nội	0.83
5	Thượng Cát	0.78

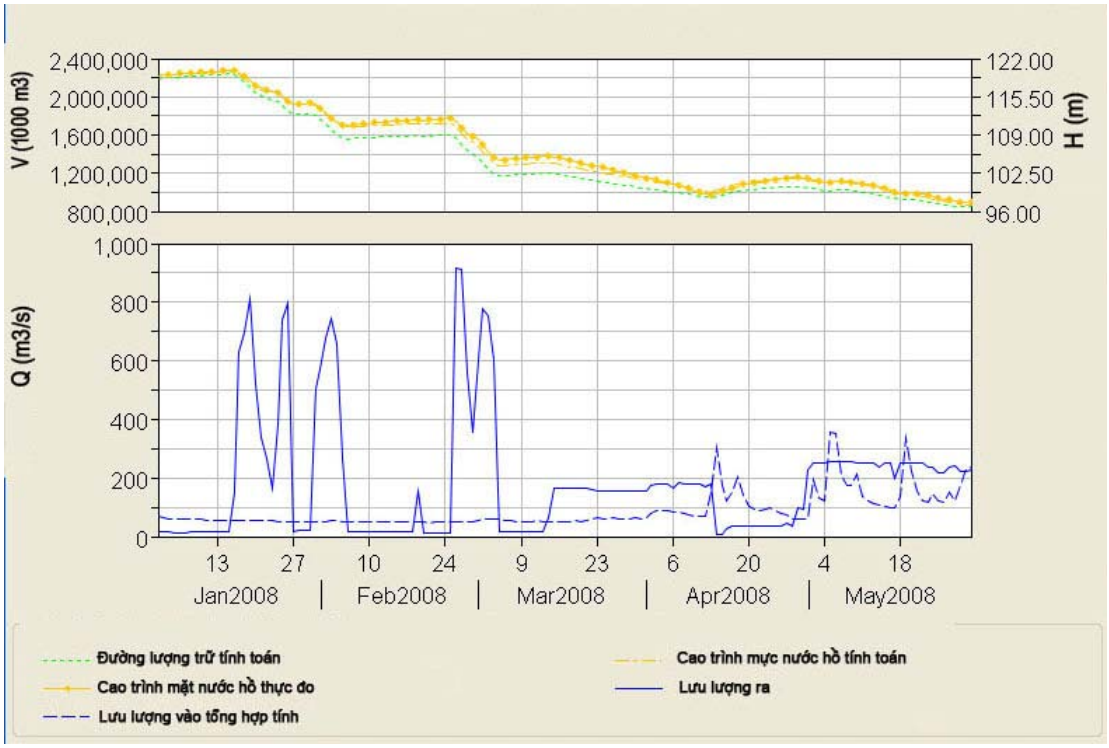
Qua đó có thể thấy, nói chung về dạng đường quá trình lưu lượng và mực nước tính toán và thực đo là phù hợp, kết quả đánh giá theo chỉ tiêu Nash khá tốt từ 0.78 đến 0.91. Tuy nhiên, về tổng lượng dòng chảy tại các trạm kiểm tra ở khu giữa và tại 2 trạm Hà Nội, Thượng Cát đều thiếu hụt. Vấn đề này là do lượng gia nhập khu giữa ở các đoạn sông từ thượng lưu về hạ lưu chưa được xét đến đầy đủ.



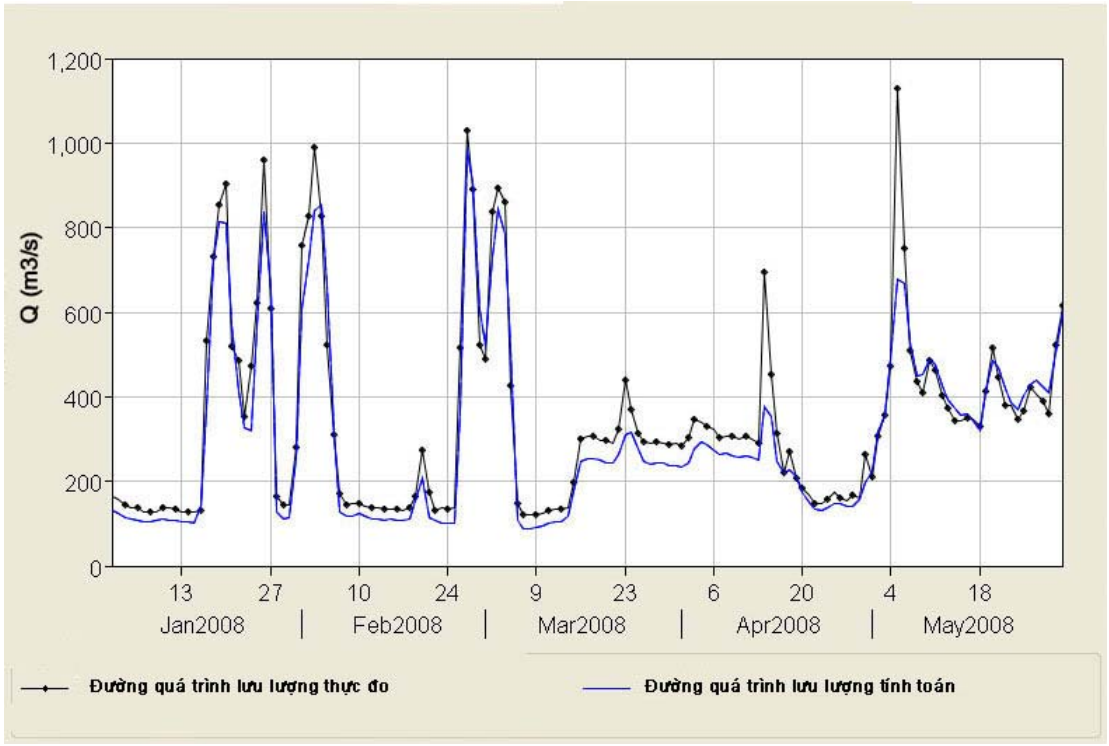
Hình 3.2 Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Hòa Bình năm 2008.



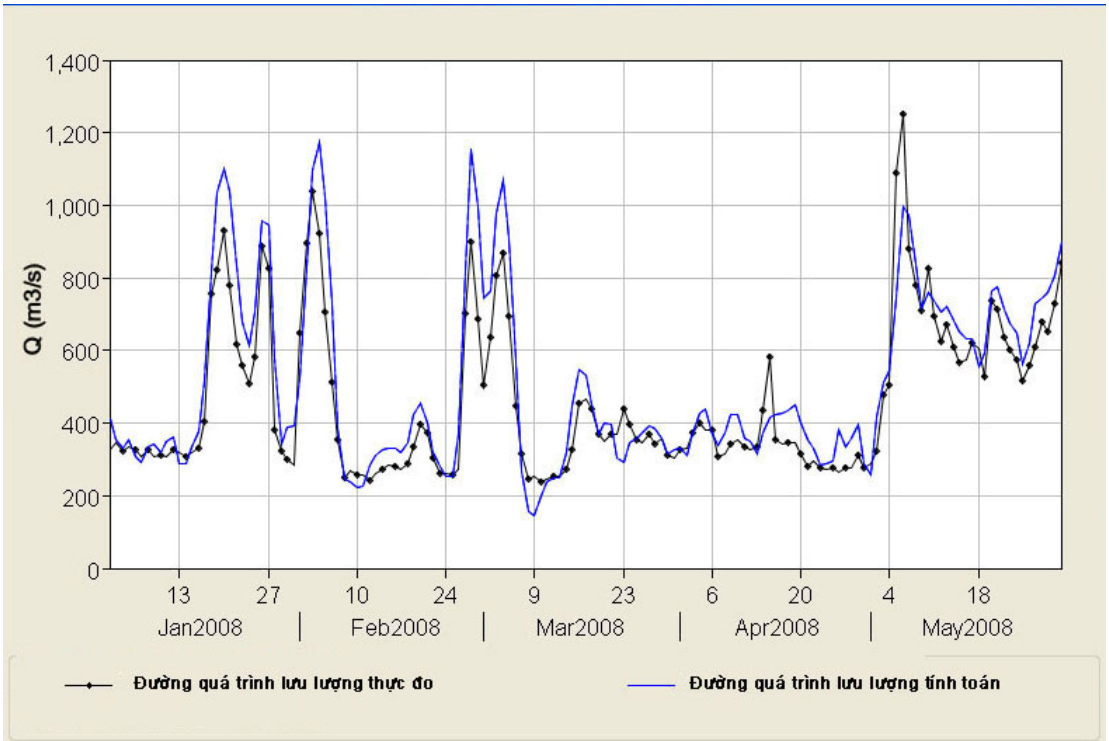
Hình 3.3 Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Thác Bà năm 2008.



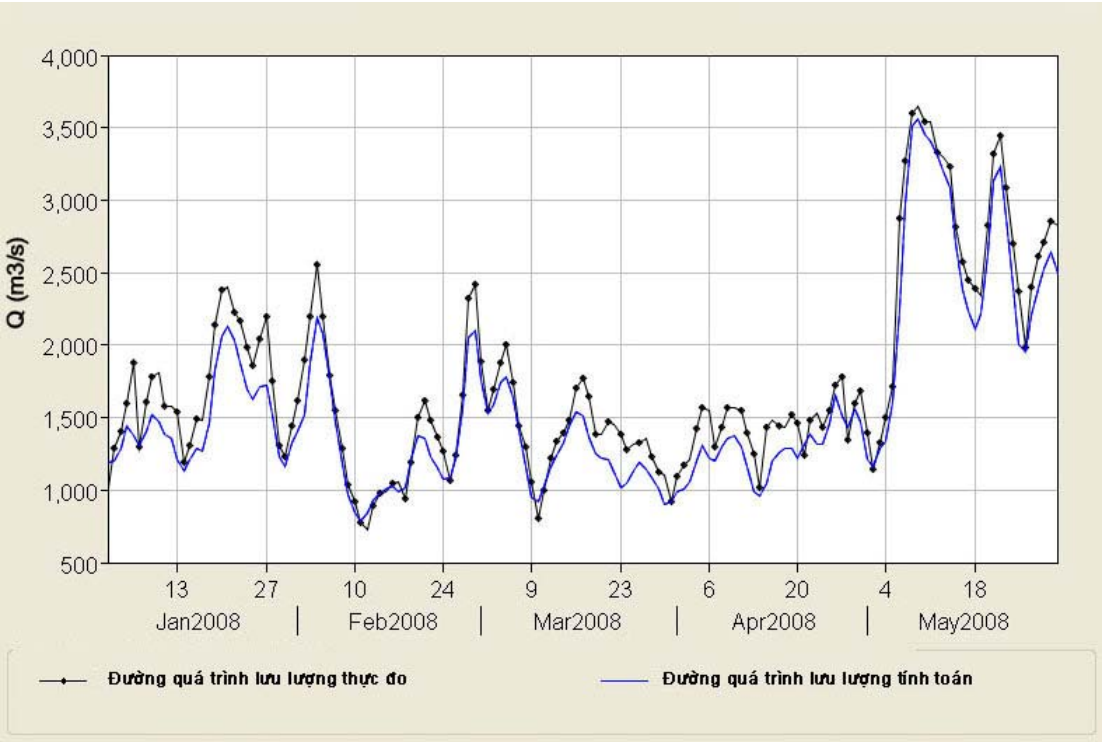
Hình 3.4 Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hồ Tuyên Quang năm 2008.



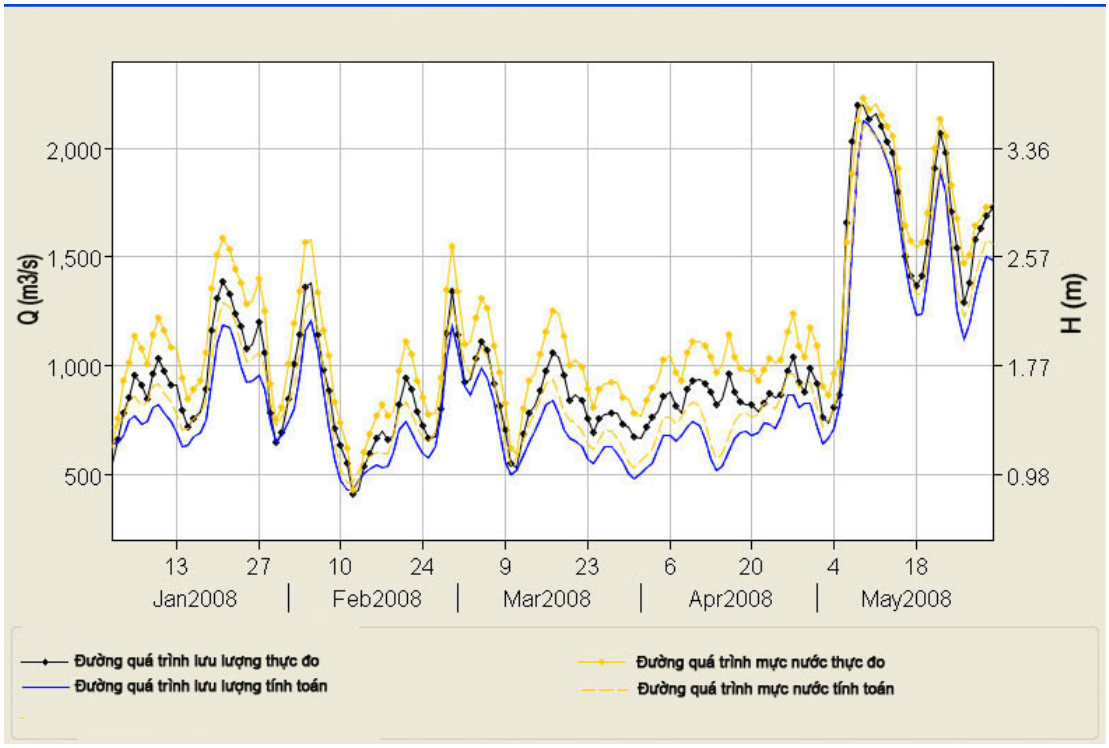
Hình 3.5 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Ghềnh Gà năm 2008.



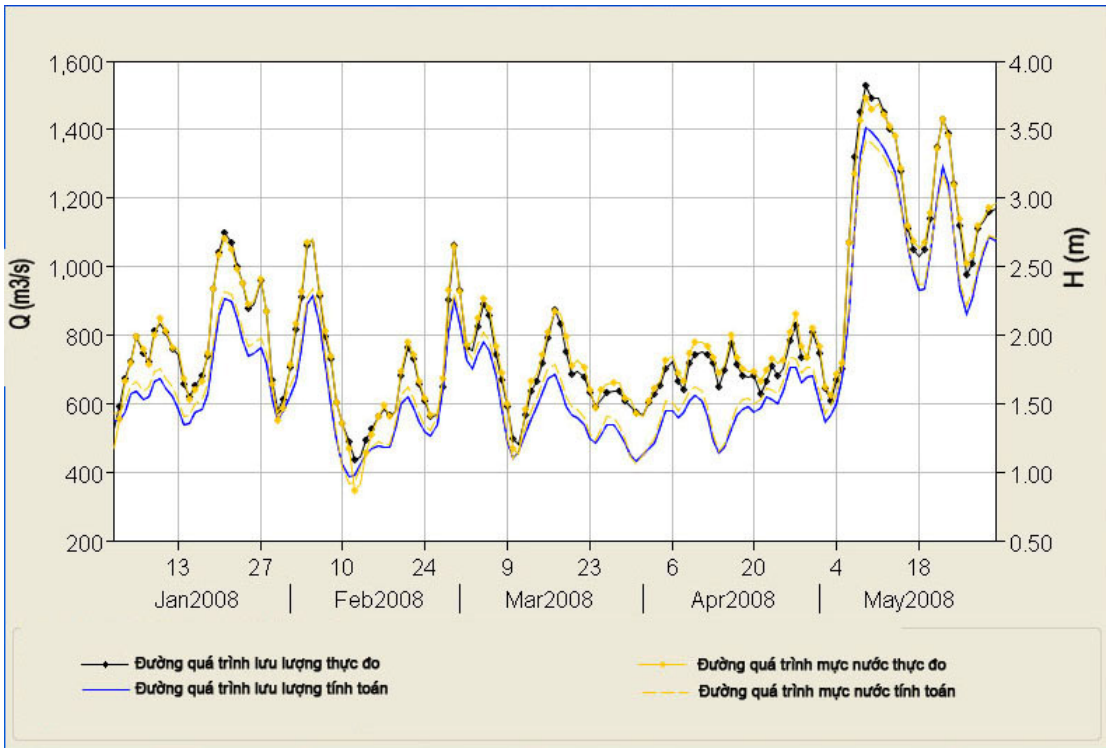
Hình 3.6 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Vụ Quang năm 2008.



Hình 3.7 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Sơn Tây năm 2008.



Hình 3.8 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Hà Nội năm 2008.



Hình 3.9 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Thượng Cát năm 2008.

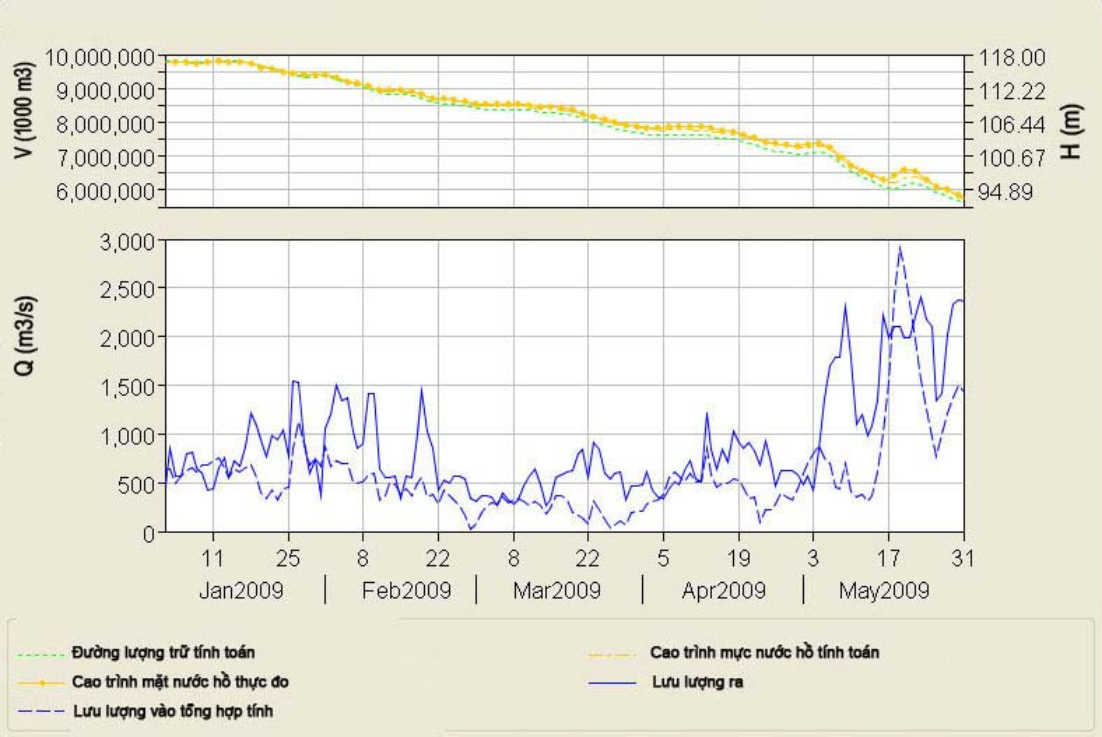
3.5. KIỂM NGHIỆM MÔ HÌNH.

Số liệu dùng kiểm nghiệm mô hình là chuỗi số liệu lưu lượng tại các trạm từ 01/01/2009 đến 31/05/2009. Với bộ thông số đã lựa chọn cho các đoạn sông như ở bảng 3.7, kết quả diễn toán tại 3 hồ chứa được trình bày tại hình 3.10 đến hình 3.12 và bảng 2.1, 2.2, 2.3 phụ lục 2. Kết quả diễn toán ở các đoạn sông được trình bày tại hình 3.13 đến hình 3.17 và bảng 2.4 phụ lục 2. Độ hữu hiệu của kiểm nghiệm mô hình tính theo chỉ tiêu Nash được thống kê tại bảng 3.10.

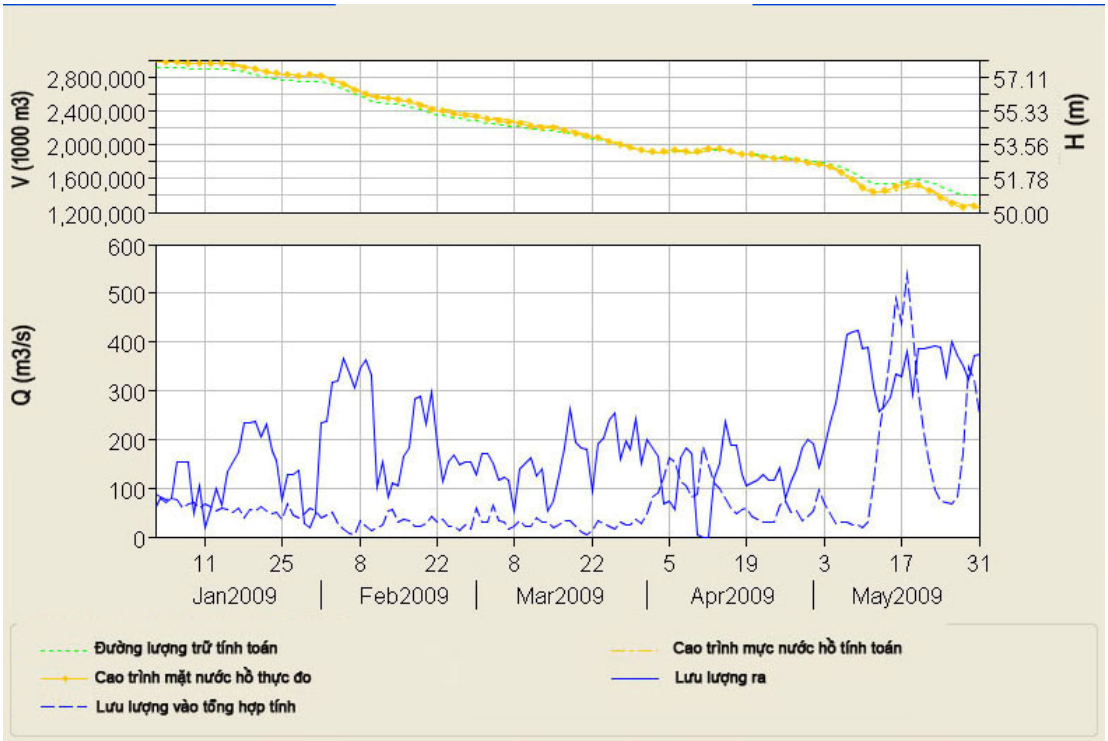
Bảng 3.10 Kết quả độ hữu hiệu khi kiểm nghiệm mô hình theo chỉ tiêu Nash

TT	Tên trạm	Nash
1	Ghềnh Gà	0.91
2	Vụ Quang	0.93
3	Sơn Tây	0.97
4	Hà Nội	0.91
5	Thượng Cát	0.93

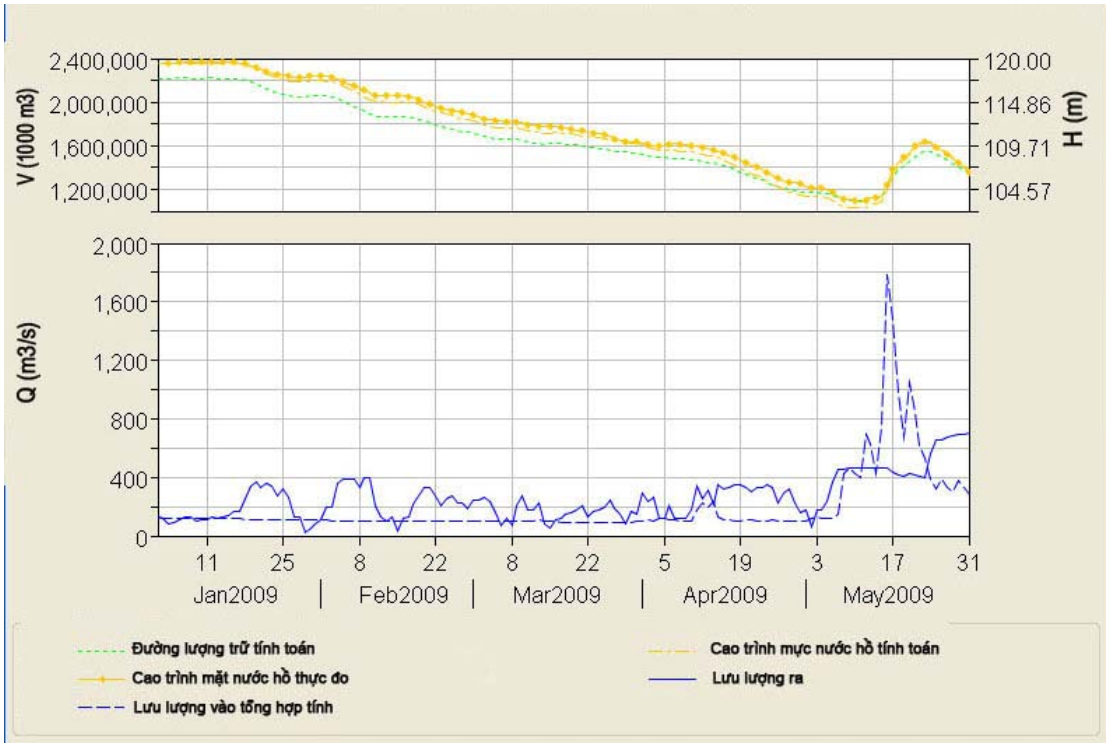
Kết quả kiểm nghiệm mô hình cũng cho thấy; kết quả diễn toán tại 3 hồ rất tốt, kết quả diễn toán tại các đoạn sông về dạng đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo là phù hợp, kết quả đánh giá mô hình theo chỉ tiêu Nash rất tốt từ 0.91 đến 0.97. Còn về tổng lượng dòng chảy tại các trạm kiểm tra ở khu giữa và tại 2 trạm Hà Nội, Thượng Cát vẫn thiếu hụt.



Hình 3.10 Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Hòa Bình năm 2009.

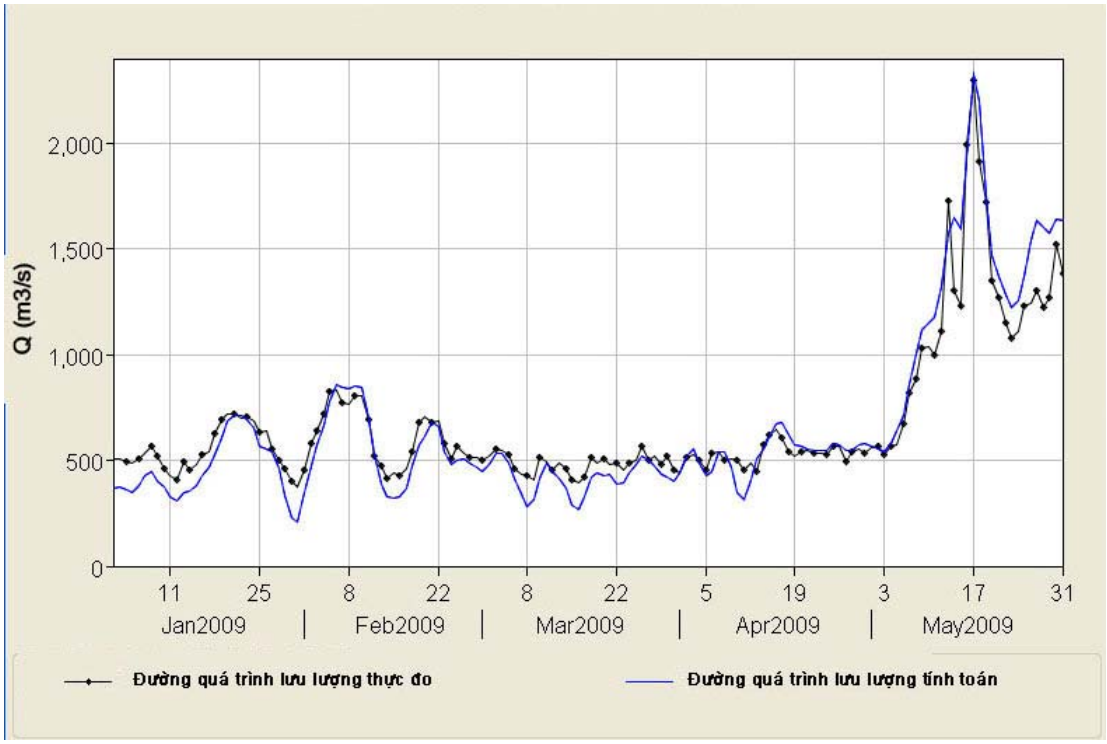


Hình 3.11 Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Thác Bà năm 2009.

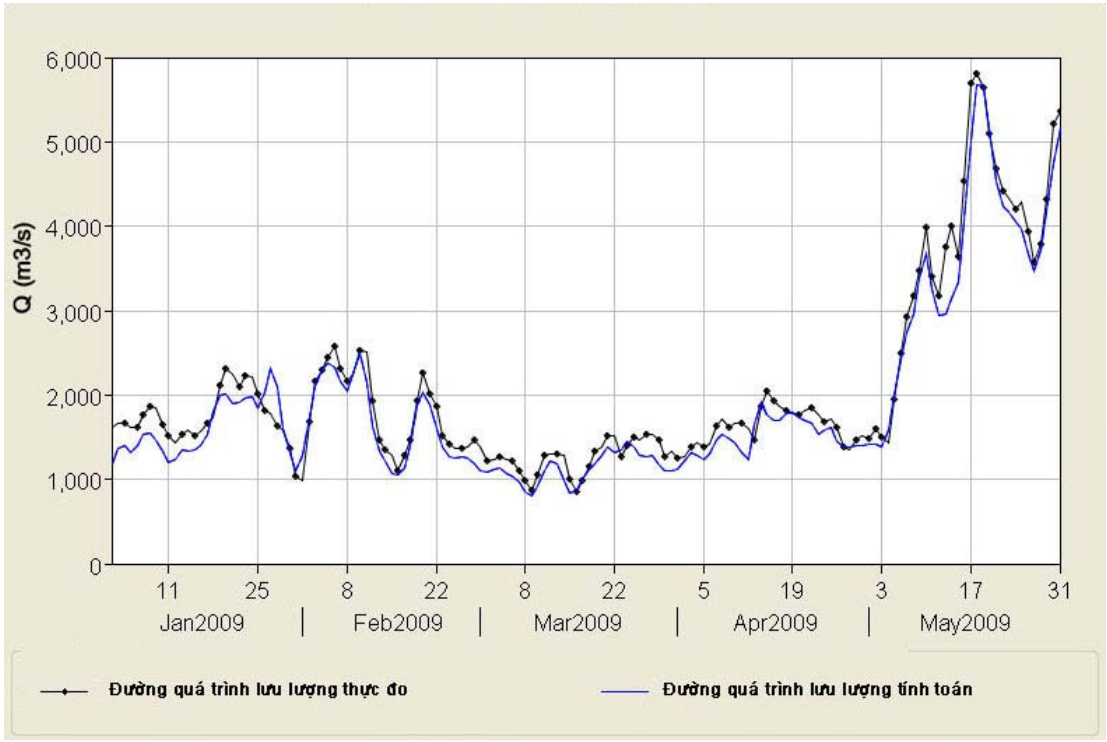


Hình 3.12 Kết quả kiểm nghiệm mô hình tại hồ Tuyên Quang năm 2009.

Hình 3.13 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Ghềnh Gà năm 2009.

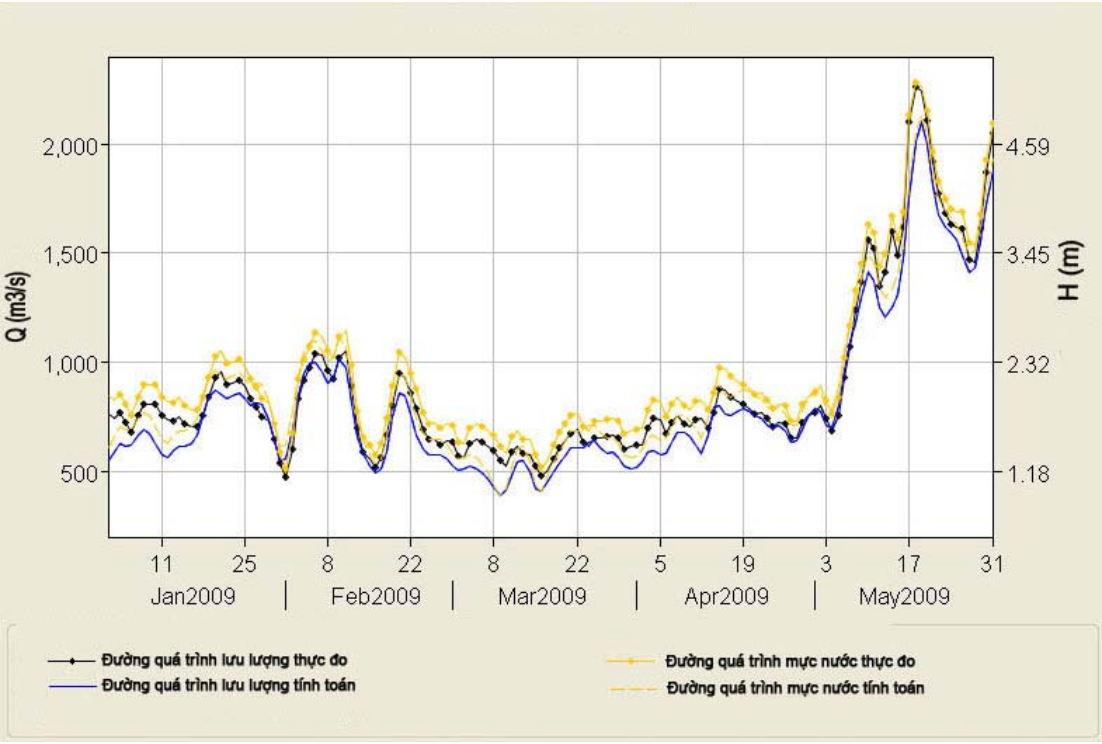


Hình 3.14 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Vụ Quang năm 2009.



Hình 3.15 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Sơn Tây năm 2009.

Hình 3.16 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Hà Nội năm 2009.



Hình 3.17 Đường Q~t tính toán và thực đo trạm Thượng Cát năm 2009.

3.6. ĐÁNH GIÁ VAI TRÒ CỦA CÁC HỒ CHỨA TRONG MÙA KIỆT.

Có thể sử dụng HEC-HMS để khôi phục dòng chảy sau hồ chứa và từ đó đánh giá vai trò của của các hồ chứa thượng nguồn sông Hồng trong mùa kiệt.

Trong thời gian mùa kiệt, đối với các hồ chứa, ngoài nhiệm vụ phát điện còn phải điều tiết chống hạn cho hạ du, cung cấp nước tưới cho ngành Nông nghiệp.

Bảng 3.11. Lịch thời vụ vụ chiêm xuân ở đồng bằng sông Hồng [5]

Lúa chiêm			
Thời đoạn	**Từ ngày**	**Đến ngày**	**Số ngày**
Làm đất - Gieo cấy (Làm ải)	20/I	9/II	20
Cấy- Đẻ nhánh	10/II	17/III	35
Đẻ nhánh – Làm đòng	18/III	17/IV	30
Làm đòng- Trỗ bông	18/IV	23/V	35
Trỗ bông – Chín vàng	24/V	23/VI	30
Cây màu			
Gieo – Mọc 3 lá	10/II	24/II	15
3 lá- Trỗ cờ	25/II	24/IV	60
Trỗ cờ-Chín sữa	25/IV	24/V	30
Chín sữa- chín vàng	25/V	8/VI	15

Hiện nay, để chống hạn cho hạ du trong thời kỳ mùa kiệt, thì mực nước tại Hà Nội duy trì từ 2.3 m đến 2.5 m (đối với vụ chiêm xuân năm 2010 đề nghị là 2.2m). Số liệu thực đo và kết quả tính toán của năm dùng để hiệu chỉnh mô hình (năm 2008) và năm dùng để kiểm nghiệm mô hình (năm 2009) trong thời gian điều tiết, ứng với mực nước tại Hà Nội ≥ 2.2 m, được thống kê tại bảng 3.12 và 3.13.

Để thấy rõ vai trò điều tiết của 3 hồ chứa thượng nguồn sông Hồng ảnh hưởng đến mực nước tại Hà Nội trong thời kỳ mùa kiệt, luận văn đã tính toán và so sánh kết quả giữa dòng chảy tại trạm Hà Nội có sự điều tiết của 3 hồ chứa và dòng chảy tự nhiên. Kết quả được trình bày tại hình 3.18 và 3.19.

Từ kết quả được thống kê tại bảng 3.12 và 3.13 thấy rằng; đối với năm 2008, lưu lượng tính toán thấp hơn lưu lượng thực đo từ 82 đến 227 m^3/s, dẫn đến mực nước tính toán thấp hơn mực nước thực đo từ 0.29 đến 0.53 m. Năm 2009, lưu lượng tính toán thấp hơn lưu lượng thực đo từ 8 đến 248 m^3/s, dẫn đến mực nước tính toán thấp hơn mực nước thực đo từ 0.01 đến 0.39 m

Bảng 3.12.Kết quả tính toán và thực đo trạm Hà Nội ứng với H ≥ 2.2 m năm 2008

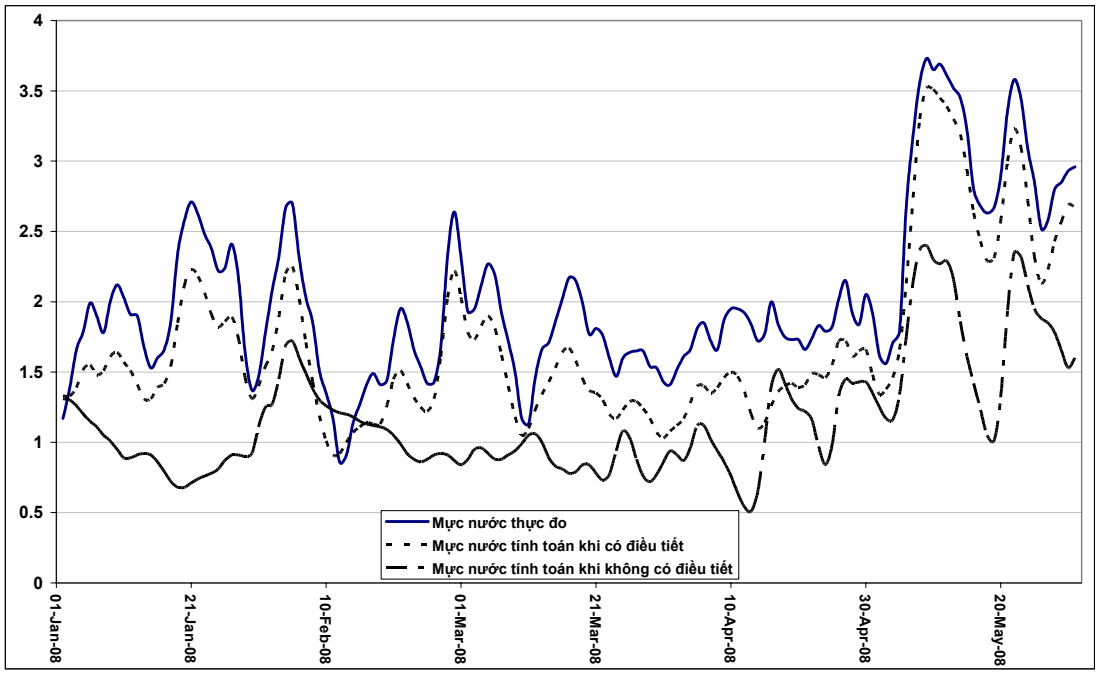
Thời gian	Qtính toán (m^3/s)	Qthực đo (m^3/s)	Htính toán (m)	Hthực đo (m)
19-Jan-08	950	1160	1.85	2.34
20-Jan-08	1118	1310	2.12	2.58
21-Jan-08	1185	1390	2.23	2.71
22-Jan-08	1159	1330	2.18	2.62
23-Jan-08	1083	1240	2.06	2.48
24-Jan-08	986	1180	1.91	2.38
25-Jan-08	926	1080	1.82	2.22
26-Jan-08	951	1100	1.86	2.24
27-Jan-08	973	1200	1.89	2.41
03-Feb-08	973	1140	1.89	2.32
04-Feb-08	1165	1360	2.2	2.67
05-Feb-08	1202	1380	2.25	2.70
06-Feb-08	1054	1140	2.02	2.31
28-Feb-08	1062	1150	2.03	2.33
29-Feb-08	1181	1340	2.22	2.64
01-Mar-08	1058	1140	2.03	2.32
05-Mar-08	976	1110	1.9	2.27

Bảng 3.12.Kết quả tính toán và thực đo trạm Hà Nội ứng với H ≥ 2.2 m năm 2009

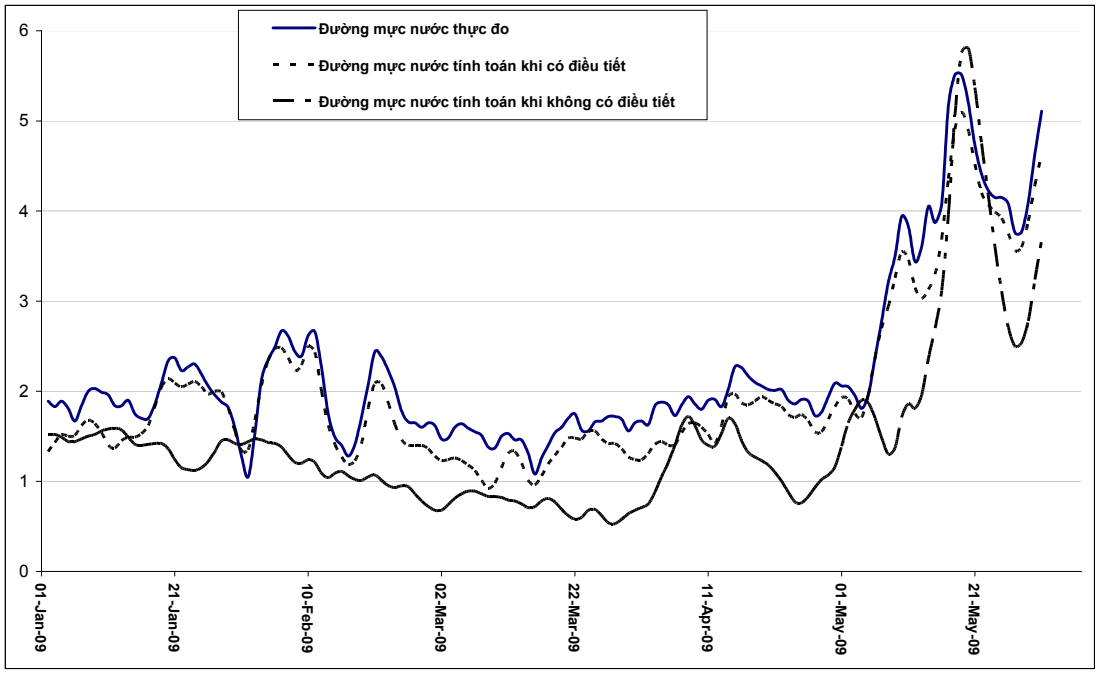
Thời gian	Qtính toán (m^3/s)	Qthực đo (m^3/s)	Htính toán (m)	Hthực đo (m)
20-Jan-09	1131	1260	2.14	2.34
21-Jan-09	1099	1280	2.09	2.37
22-Jan-09	1075	1190	2.05	2.23
23-Jan-09	1093	1220	2.08	2.27
24-Jan-09	1114	1240	2.11	2.30
04-Feb-09	1262	1270	2.34	2.35
05-Feb-09	1347	1360	2.47	2.49
06-Feb-09	1355	1490	2.48	2.67
07-Feb-09	1279	1450	2.37	2.61
08-Feb-09	1191	1330	2.23	2.44
09-Feb-09	1234	1290	2.29	2.39
10-Feb-09	1372	1450	2.50	2.62
11-Feb-09	1317	1480	2.43	2.66
12-Feb-09	1044	1210	2.00	2.26
20-Feb-09	1103	1330	2.09	2.44
21-Feb-09	1094	1290	2.08	2.38
22-Feb-09	962	1190	1.87	2.23
15-Apr-09	1022	1220	1.97	2.27
16-Apr-09	962	1210	1.87	2.26

Theo kết quả nghiên cứu [5], trong nhiều năm hồ Hòa Bình đóng vai trò quan trọng trong việc chống hạn cho hạ du với sự hỗ trợ của hồ Tuyên Quang, còn tác động của hồ Thác Bà là không đáng kể. Do vậy, trong các giai đoạn điều tiết nhằm chống hạn cho hạ du, hồ Hòa Bình có ngày xả với lưu lượng trung bình ngày lên đến 945 m^3/s (năm 2008) và 1544 m^3/s (năm 2009), hồ Tuyên Quang xả với lưu lượng trung bình ngày lên đến 914 m^3/s (năm 2008) và 395 m^3/s (năm 2009), trong khi đó lưu lượng đảm bảo hồ Hòa Bình là 600 m^3/s và hồ Tuyên Quang là 135 m^3/s.

Qua kết quả tính toán thấy rằng; nếu dòng chảy dòng chảy tự nhiên, không có sự điều tiết của hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng, thì mực nước tại Hà Nội trong mùa kiệt rất thấp (dưới 2 m). Khi có điều tiết của hệ thống hồ chứa, thì mực nước tại Hà Nội nâng lên từ 0.42 đến 1.52 m (năm 2008) và từ 0.33 đến 1.26 m (năm 2009).



Hình 3.18 Đường quá trình mực nước Trạm Hà Nội năm 2008



Hình 3.19 Đường quá trình mực nước Trạm Hà Nội năm 2009

3.7. MỘT SỐ NHẬN XÉT.

Về mặt lý thuyết, mô hình HEC- HMS hoàn toàn có thể sử dụng để tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng làm cơ sở cho việc xây dựng quy trình vận hành hệ thống mùa kiệt. Mô hình có thể diễn toán trên đoạn sông bất kỳ với 5 mô đun có sẵn, mô hình còn diễn toán được ở các điểm nhập lưu và phân lưu.

Qua kết quả hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình cho thấy; về dạng đường lưu lượng và mực nước tính toán phù hợp với thực đo tại các trạm ở khu giữa và 2 trạm Hà Nội và Thượng Cát. Kết quả đánh giá mô hình theo chỉ tiêu Nash là khá tốt. Tuy nhiên mực nước tính toán thấp hơn mực nước thực đo.

Kết quả tính toán cho thấy khả năng điết tiết của hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng, ảnh hưởng của chúng đến mực nước tại Hà Nội khi so với dòng chảy tự nhiên.

KẾT LUẬN

Sau quá trình thực hiện luận văn "Nghiên cứu ứng dụng mô hình HEC-HMS tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng", tác giả rút ra một số kết luận sau:

1. Luận văn đã phân tích đặc điểm điều kiện địa lý tự nhiên lưu vực sông Hồng, đặc biệt là khu vực nghiên cứu. Từ đó tìm hiểu chế độ dòng chảy trên lưu vực sông Hồng nói chung và khu vực nghiên cứu nói riêng.
2. Bước đầu tiếp cận bài toán tính toán cân bằng hệ thống hồ chứa. Tổng quan các công trình nghiên cứu trước đây về tính toán điều tiết hồ chứa để ứng dụng mô hình HEC-HMS vào tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng.
3. Luận văn đi sâu nghiên cứu mô hình HEC-HMS và rút ra một số nhận xét sau:
   - Mô hình HEC-HMS là một mô hình thủy văn hoàn chỉnh, mô hình mô tả đầy đủ các quá trình thủy văn từ lúc mưa rơi xuống lưu vực đến dòng chảy ở mặt cắt cửa ra.
   - Số liệu mưa đầu vào trong các mô hình mưa rào dòng chảy rất đa dạng; có thể là số liệu trận mưa thực tế, có thể số liệu mưa được mô phỏng từ các trận mưa trong quá khứ, có thể số liệu mưa được tính từ số liệu Rađa.
   - Tuy nhiên mô hình HEC-HMS có một số nhược điểm; trong 2 phương pháp diễn toán hồ chứa (Outflow Curve và Specified Release) không đưa được một số thành phần vào để tính cân bằng hồ chứa. Trong các phương pháp diễn toán dòng chảy trong sông không xử lý được các nhiễm động ở hạ lưu truyền lên (như ảnh hưởng của nước vật), không dự đoán chính xác quá trình lưu lượng tại một biên hạ lưu, khi có sự thay đổi lớn về tốc độ sóng động học (như sự thay đổi tạo nên một vùng ngập lũ lớn).
4. Phân tích và xử lý số liệu về mạng lưới sông, số liệu về hồ chứa, số liệu về dòng chảy tại các trạm thủy văn. Xây dựng mạng lưới tính toán và cơ sở dự liệu đầu vào cho mô hình HEC-HMS.
5. Ứng dụng mô hình HEC-HMS để tính toán điều tiết hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng, ảnh hưởng của sự điều tiết đến mực nước tại trạm Hà Nội.

6. Kết quả tính toán cho thấy; đối với kết quả diễn toán hồ chứa, đường mực nước hồ giữa tính toán và thực đo là khá phù hợp. Đối với kết quả diễn toán dòng chảy trong sông, dạng đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo là khá phù hợp. Đánh giá độ hữu hiệu của mô hình theo chỉ tiêu Nash là rất cao. Tuy nhiên, lưu lượng tính toán thấp hơn lưu lượng thực đo dẫn đến mực nước tính toán thấp hơn mực nước thực đo. Vấn đề này là do lượng gia nhập khu giữa trên các đoạn sông chưa được đề cập trong luận văn.
7. Với kết quả đã đạt được, tác giả cho rằng Mô hình HEC-HMS hoàn toàn có thể được áp dụng để tính toán sự điều tiết của hệ thống hồ chứa, ảnh hưởng của sự điều tiết đến mực nước hạ lưu của bất kỳ một khu vực nghiên cứu nào (khu vực nghiên cứu không bị ảnh hưởng của thủy triều).
8. Hướng phát triển của luận văn:

- Tính toán lưu lượng tại biên trên bằng các mô hình mưa rào dòng chảy có sẵn trong mô hình.
- Nếu có số liệu về cấu trúc các cửa xả tại các hồ và quá trình điều khiển các cửa xả ở các nhà máy, thì có thể áp dụng mô hình Outflow Structures để diễn toán hồ chứa.
- Nghiên cứu đánh giá lượng gia nhập khu giữa trên các đoạn sông để đưa vào mô hình diễn toán dòng chảy trong sông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

[1] Nguyễn Tuấn Anh. Xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đà và sông Lô đảm bảo an toàn chống lũ đồng bằng bắc Bộ và an toàn công trình khi có các hồ Thác Bà, Hoà Bình, Tuyên Quang. Báo cáo tổng hợp Tiểu dự án 2 trong dự án "nghiên cứu và soạn thảo quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Đà và sông Lô phục vụ đa mục tiêu, đảm bảo an toàn phát triển kinh tế xã hội đồng bằng Bắc bộ. Hà Nội, 2007

[2] Ban chỉ đạo phòng chống bão lụt TW. Quy trình vận hành hồ chứa thuỷ điện Hoà Bình và các công trình cắt giảm lũ sông Hồng trong mùa lũ. Hà Nội, 1997.

[3] Lê Thị Huệ (2000), *Ứng dụng mô hình HEC-RASSIM*, Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội.

[4] Nguyễn Hữu Khải, Lê Thị Huệ. Ứng dụng mô hình HEC-RESSIM trong tính toán điều tiết lũ. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN số 10/2006. Hà Nội, 2006.

[5] Nguyễn Hữu Khải, *Nghiên cứu cơ sở khoa học điều hành hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng phục vụ phát điện và cấp nước chống hạn hạ du*, Đề tài đặc biệt ĐHQG Hà Nội 2007-2008.

[6] Quyết định số: 92/2007/QĐ-TTg, của Thủ tướng Chính phủ *Phê duyệt Quy hoạch phòng, chống lũ hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình*, ngày 21 tháng 6 năm 2007.

[7] Nguyễn Văn Tuần, Trịnh Quang Hoà, Nguyễn Hữu Khải. Tính toán thuỷ lợi. NXB ĐHQG, Hà Nội, 2001

[8] Viện Khí tượng Thủy văn (1985), *Đặc trưng hình thái lưu vực sông Việt Nam*, Xí nghiệp in Tổng cục KTTV.

[9] Trần Thanh Xuân (2007), *Đặc điểm thuỷ văn và nguồn nước sông Việt Nam*, NXB Nông Nghiệp, Hà Nội

[10] Trang WEB; *Hội đập lớn và phát triển nguồn nước Việt Nam*,www.vncold.vn

Tiếng Anh

[11] DHI MIKE 11 Reference Manual. 2004

[12] Jain S.K. Singh V.P. Water resuorces systems planing and managemant. Elsevier Science B.V. Netherlands. .2003

[13] Hydrologic Engineering Center (2000), *Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual*.

[14] HEC HEC-5. Simulation of Control and Conservation System. Program User Manual. Davis USA. 1982

[15] Larry W.Mays. Water Resources Engineering. Mc Graw New York. 1996.

[16] US Army Corps of Engineers. HEC-RESSIM Reservoir System Simulaition. Version 2.0. Users' Manual. 2003.