

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

NGUYỄN VĂN LANH

**XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬN HÀNH HỢP LÝ CÔNG TRÌNH
THỦY LỢI DẦU TIẾNG ĐỂ PHỤC VỤ CẤP NƯỚC
VÀ PHÒNG LŨ HẠ DU SÔNG SÀI GÒN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Thành phố Hồ Chí Minh - Năm 2021

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM

NGUYỄN VĂN LANH

**XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬN HÀNH HỢP LÝ CÔNG TRÌNH
THỦY LỢI DẦU TIẾNG ĐỂ PHỤC VỤ CẤP NƯỚC
VÀ PHÒNG LŨ HẠ DU SÔNG SÀI GÒN**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

MÃ SỐ : 9.58.02.12

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS. TS LÊ VĂN DỰC

Thành phố Hồ Chí Minh - Năm 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Nguyễn Văn Lanh. Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các nội dung và kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình khoa học nào.

Tác giả luận án

Nguyễn Văn Lanh

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên Tác giả bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc đến Thầy hướng dẫn PGS. TS. Lê Văn Dực, đã tận tình hướng dẫn Tác giả trong suốt quá trình nghiên cứu và hoàn thiện luận án. Tác giả xin cảm ơn Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, lãnh đạo Công ty TNHH MTV khai thác Thủy lợi Dầu Tiếng-Phước Hòa đã tạo điều kiện thuận lợi cho Tác giả trong thời gian nghiên cứu và hoàn thành luận án. Tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến Quý Thầy (Cô) và các bạn đồng nghiệp, đã đóng góp nhiều ý kiến thiết thực để Tác giả hoàn thiện luận án. Cuối cùng, với tình yêu từ đáy lòng, Tác giả cảm ơn cha, mẹ và các anh, chị, em hai bên nội, ngoại; vợ và hai con của Tác giả; những người thân yêu trong gia đình đã luôn ở bên cạnh, động viên về vật chất và tinh thần để Tác giả vững tâm hoàn thành luận án của mình.

Tác giả luận án

Nguyễn Văn Lanh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC HÌNH ẢNH	ix
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	3
4. Phương pháp nghiên cứu	3
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án	7
6. Những đóng góp mới của luận án	7
7. Cấu trúc của luận án	8
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU	10
1.1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ VẬN HÀNH HỒ CHỨA.....	10
1.1.1. Nghiên cứu xây dựng quy trình, công cụ hỗ trợ vận hành	10
1.1.2. Dự báo các yếu tố đầu vào để tính toán hỗ trợ vận hành hồ chứa	24
1.1.3. Nghiên cứu về vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng	35
1.2. TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH THỦY LỢI HỒ DẦU TIẾNG.....	44
1.2.1. Đặc điểm, quy mô, nhiệm vụ công trình hồ Dầu Tiếng	44
1.2.2. Quy trình phục vụ vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng.....	50
1.2.3. Thực tiễn yêu cầu vận hành hồ Dầu Tiếng hiện nay	54
1.3. ĐỊNH HƯỚNG NGHIÊN CỨU.....	57
1.3.1. Hướng tiếp cận nghiên cứu	57
1.3.2. Nhiệm vụ nghiên cứu	60
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP LUẬN VỀ VẬN HÀNH HỢP LÝ HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG	61
2.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM	61
2.1.1. Khái niệm mô hình vận hành hợp lý hồ chứa nước.....	61
2.1.2. Khái niệm vận hành hợp lý hồ chứa nước theo thời gian thực	62

2.1.3. Các nội dung nghiên cứu vận hành hợp lý hồ Dầu Tiếng.....	63
2.2. TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH.....	63
2.3. CƠ SỞ DỮ LIỆU PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU.....	65
2.3.1. Cơ sở dữ liệu cho mô hình nghiên cứu xả nước đầy mặn	65
2.3.2. Cơ sở dữ liệu khí tượng, thủy văn, độ mặn	69
2.4. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA CẠN....	70
2.4.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu.....	70
2.4.2. Giới thiệu mô hình mạng nơ-ron nhân tạo.....	72
2.4.3. Cấu trúc mạng ANN ứng dụng dự báo dòng chảy	73
2.4.4. Công cụ nghiên cứu và phương pháp chuẩn hóa số liệu	74
2.5. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP XẢ NƯỚC ĐẦY MẶN.....	74
2.5.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu.....	74
2.5.2. Một số mô hình toán ứng dụng nghiên cứu xâm nhập mặn	76
2.5.3. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 11	79
2.6. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA LŨ	86
2.6.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu.....	86
2.6.2. Cơ sở phương pháp trích xuất dữ liệu thời tiết dự báo.....	87
2.6.3. Giới thiệu mô hình nghiên cứu mô phỏng dòng chảy	91
2.7. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LŨ HỒ DẦU TIẾNG	93
2.7.1. Cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ.....	93
2.7.2. Cơ sở thiết lập bài toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng.....	94
2.7.3. Sơ đồ quy trình điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng	95
2.8. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	96
CHƯƠNG 3 NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP VÀ ỨNG DỤNG HỖ TRỢ VẬN HÀNH HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG	98
3.1. NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA CẠN.....	98
3.1.1. Tài liệu sử dụng.....	98
3.1.2. Lập các phương án dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn	98
3.1.3. Phân tích kết quả huấn luyện, kiểm tra các kịch bản dự báo	98
3.1.4. Phân tích kết quả kiểm định mô hình	100

3.1.5. Kiến nghị sử dụng kết quả dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn	102
3.2. NGHIÊN CỨU XẢ NƯỚC ĐẦY MẶN TẠI TRẠM BƠM HÒA PHÚ TRÊN SÔNG SÀI GÒN	102
3.2.1. Thiết lập mô hình nghiên cứu xả nước đầy mặn	102
3.2.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nghiên cứu xả nước đầy mặn.....	104
3.2.3. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa mực nước triều và độ mặn	108
3.2.4. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa thời gian xả và độ mặn.....	110
3.2.5. Nghiên cứu xác định thời điểm xả nước hợp lý tại hồ Dầu Tiếng.....	111
3.2.6. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa thời gian và lưu lượng xả.....	113
3.2.7. Nghiên cứu xác định lưu lượng, thời gian xả hợp lý.....	115
3.2.8. Phân tích, đánh giá hiệu quả áp dụng kết quả nghiên cứu	118
3.2.9. Ứng dụng kết quả nghiên cứu xả nước đầy mặn đợt thứ 8 và 9 năm 2016 ..	122
3.3. NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ DẦU TIẾNG TRONG MÙA LŨ	124
3.3.1. Nghiên cứu trích xuất dữ liệu từ các mô hình dự báo thời tiết.....	124
3.3.2. Thiết lập công cụ mô phỏng dòng chảy lũ về hồ Dầu Tiếng	131
3.3.3. Kiến nghị sử dụng kết quả dự báo dòng chảy về hồ trong mùa lũ.....	134
3.3.4. Ứng dụng kết quả nghiên cứu mô phỏng lũ về hồ Dầu Tiếng	135
3.4. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LŨ HỒ DẦU TIẾNG.....	138
3.4.1. Tài liệu sử dụng.....	138
3.4.2. Các sơ đồ chương trình tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng	139
3.4.3. Chương trình tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng	142
3.4.4. Ứng dụng kết quả nghiên cứu tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng.....	143
3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.....	144
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	149
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	151
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	153
PHỤ LỤC	161

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

ANN	: Artificial Neural Network (Mạng nơ-ron nhân tạo)
BP	: Backpropagation (Lan truyền ngược)
BVMT	: Bảo vệ môi trường
CSDL	: Cơ sở dữ liệu
H (m)	: Mực nước (m)
KHTL	: Khoa học Thủy lợi
KTTV	: Khí tượng Thủy văn
MT	: Môi trường
MAX, MIN	: Lớn nhất, Nhỏ nhất
MLP	: Multiple Layers Perceptron (Mạng nơ-ron nhiều lớp)
NAM	: Nedbor-Afstromnings-Model (Mô hình mưa - dòng chảy)
NCKT	: Nghiên cứu khả thi
NCS	: Nghiên cứu sinh
NN & PTNT	: Nông nghiệp và phát triển nông thôn
P (%)	: Tần suất (%)
Q (m ³ /s)	: Lưu lượng (m ³ /s)
QTVH	: Quy trình vận hành
RMSE	: Root Mean Square Error (Sai số căn bậc hai bình quân)
MAE	: Mean Absolute Error (Sai số trung bình tuyệt đối)
r	: Correlation coefficient (Hệ số tương quan)
NSE (R ²)	: Model coefficient of efficiency (Hệ số hiệu quả mô hình)
W (10 ⁶ m ³)	: Tổng lượng (triệu mét khối)
Z (m)	: Cao trình mực nước hồ (m)
TN & MT	: Tài nguyên và Môi trường
TB	: Trung bình
TP. HCM	: Thành phố Hồ Chí Minh
GIS	: Geographic Information System (Hệ thống thông tin địa lý)
HTTP	: Hyper Text Transfer Protocol (Giao thức truyền tải siêu văn bản)
PMF	: Probable Maximum Flood (Lũ lớn nhất khả năng - Lũ cực hạn)
TNHH MTV	: Trách nhiệm hữu hạn một thành viên

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Các thông số thống kê và lượng mưa thiết kế cho các trạm trong và ngoài lưu vực nghiên cứu	46
Bảng 1.2: Một số đặc trưng dòng chảy mùa lũ trên sông Sài Gòn.....	47
Bảng 1.3: Lưu lượng đỉnh lũ và lưu lượng xả max hàng năm hồ Dầu Tiếng	48
Bảng 1.4: Các thông số kỹ thuật chính hồ chứa thủy lợi Dầu Tiếng	48
Bảng 1.5: Nhiệm vụ cấp nước của hồ Dầu Tiếng sau khi bổ sung nước từ hồ Phước Hòa.....	50
Bảng 2.1: Vị trí các trạm đo lưu lượng và thời gian quan trắc.....	68
Bảng 2.2: Độ mặn trung bình cực đại tháng (g/l) tại biên hạ lưu.....	68
Bảng 2.3: Tổng lượng nước dùng để xả đầy, pha loãng mặn trên sông Sài Gòn	75
Bảng 2.4: Tọa độ địa lý các trạm đo mưa tự động và diện tích trạm tính theo phương pháp đa giác Thiessen trên lưu vực hồ Dầu Tiếng [50].....	86
Bảng 2.5: Mức nước cao nhất trước lũ của hồ chứa Dầu Tiếng [42].....	95
Bảng 2.6: Mức nước tích hợp lý để đảm bảo nhiệm vụ tích nước [21]	95
Bảng 3.1: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng hàng ngày	99
Bảng 3.2: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng 10 ngày sau	99
Bảng 3.3: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng 30 ngày sau	100
Bảng 3.4: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo nước đến hồ hàng ngày	101
Bảng 3.5: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo lượng nước đến hồ trung bình 10 ngày.....	101
Bảng 3.6: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo lượng nước đến hồ trung bình 30 ngày.....	102
Bảng 3.7: Kết quả đánh giá sai số mô hình theo chỉ tiêu NASH	107
Bảng 3.8: Độ mặn tính toán và thực đo tại một số vị trí	108
Bảng 3.9: Diễn biến mặn tại Hòa Phú sau khi có xả tràn tại hồ Dầu Tiếng.....	110

Bảng 3.10: Diễn biến mặn tại Hòa Phú sau khi có xả tràn tại hồ Dầu Tiếng	110
Bảng 3.11: Kết quả tỷ lệ % độ mặn giảm tại các đỉnh khi thay đổi thời điểm xả, ứng với trường hợp xả liên tục 60 m ³ /s.....	112
Bảng 3.12: Các phương án xả trước 48 giờ	113
Bảng 3.13: Tỷ lệ % độ mặn giảm trung bình tại các đỉnh theo các phương án	114
Bảng 3.14: Phương án xả gián đoạn theo từng đợt (mỗi đợt 04 giờ).....	116
Bảng 3.15: Phương án xả 32 giờ liên tục theo các cấp lưu lượng xả từ 20 đến 240 m ³ /s	116
Bảng 3.16: Lượng nước thực tế đã dùng để xả đầy, pha loãng mặn năm 2010.....	119
Bảng 3.17: Phương án xả nước theo kết quả nghiên cứu (xả tối ưu).....	119
Bảng 3.18: Kết quả xả nước giảm mặn theo các trường hợp	120
Bảng 3.19: Chỉ dẫn xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn...	121
Bảng 3.20: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 22/11/2018).....	127
Bảng 3.21: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 23/11/2018).....	127
Bảng 3.22: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 24/11/2018).....	128
Bảng 3.23: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 25/11/2018).....	128
Bảng 3.24: Tổng lượng mưa (mm) bình quân lưu vực thực đo và mưa dự báo trong 3 ngày, từ ngày 25/11/2018 đến ngày 27/11/2018.....	129
Bảng 3.25: Số liệu mưa 03 giờ thực đo và dự báo theo mô hình ECMWF trong cơn Bão số 9 vào tháng 11 năm 2018	129
Bảng 3.26: Số liệu mưa ngày thực đo và mưa dự báo theo mô hình ECMWF trong cơn Bão số 9 vào tháng 11 năm 2018	130
Bảng 3.27: Trọng số Theissen của các trạm mưa	132
Bảng 3.28: Bộ thông số được chọn để tính toán mô hình NAM.....	133

Bảng 3.29: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 22/11/2018).....	135
Bảng 3.30: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 23/11/2018).....	136
Bảng 3.31: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 24/11/2018).....	136
Bảng 3.32: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 25/11/2018).....	136
Bảng 3.33: Tổng hợp kết quả mô phỏng lưu lượng và tổng lượng nước đến hồ....	137
Bảng 3.34: Kết quả tính toán chênh lệch giữa tổng lượng nước mô phỏng và thực đo	137
Bảng 3.35: Kết quả tính toán mực nước hồ cuối thời đoạn dự báo.....	138

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1: Bản đồ vị trí hồ Dầu Tiếng trong lưu vực hệ thống sông Đồng Nai.....	44
Hình 1.2: Sơ đồ tiếp cận tổng quát nghiên cứu đề tài luận án.....	59
Hình 2.1: Sơ đồ nội dung nghiên cứu vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng....	63
Hình 2.2: Địa hình mặt cắt ngang sông.....	66
Hình 2.3: Bản đồ cao độ số DEM vùng nghiên cứu.....	67
Hình 2.4: Quan hệ $Z \sim W$ lòng hồ Dầu Tiếng	69
Hình 2.5: Kiến trúc một nơ-ron nhân tạo.....	72
Hình 2.6: Mạng nơ-ron lan truyền thuận	73
Hình 2.7: Cấu trúc mạng MLP sử dụng cho mô hình dự báo dòng chảy.....	73
Hình 2.8: Một ví dụ về mô hình mạng nơ-ron sử dụng công cụ Neural Network Toolbox.....	74
Hình 2.9: Trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn	75
Hình 2.10: Sơ đồ nội dung nghiên cứu xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú	76
Hình 2.11: Sơ đồ sai phân 6 điểm ẩn Abbott.....	80
Hình 2.12: Sơ đồ sai phân 6 điểm ẩn Abbott trong mặt phẳng $x \sim t$	81
Hình 2.13: Sơ đồ sai phân 6 điểm Abbott cho phương trình liên tục.....	81

Hình 2.14: Sơ đồ sai phân 6 điểm Abbott cho phương trình động lượng	83
Hình 2.15: Sơ đồ sai phân	84
Hình 2.16: Sơ đồ nội dung nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ về hồ Dầu Tiếng.....	87
Hình 2.17: Thông tin thời tiết trả về từ Website https://freemeteo.vn/	88
Hình 2.18: Sơ đồ quy trình điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng	96
Hình 3.1: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-2 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng.....	99
Hình 3.2: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-DB10-2 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng	100
Hình 3.3: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-DB30-1 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng	100
Hình 3.4: So sánh lưu lượng đến hồ hằng ngày giữa thực đo và dự báo	101
Hình 3.5: Lưu lượng đến hồ trung bình 10 ngày sau giữa thực đo và dự báo	101
Hình 3.6: Lưu lượng đến hồ trung bình 30 ngày sau giữa thực đo và dự báo	102
Hình 3.7: Mạng lưới hệ thống hạ lưu sông Đồng Nai-Sài Gòn.....	103
Hình 3.8: Mức nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 30/5/2010.....	105
Hình 3.9: Mức nước mô phỏng và thực đo tại Thủ Dầu Một từ 01/01 đến 30/5/2010	105
Hình 3.10: Mức nước mô phỏng và thực đo tại Thủ Dầu Một từ 01/01 đến 31/5/2011	105
Hình 3.11: Mức nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 31/5/2011 ..	105
Hình 3.12: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 09/2 đến 26/3/2010	106
Hình 3.13: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Hòa Phú từ 27/3 đến 30/4/2010.....	106
Hình 3.14: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Hòa Phú từ 08/02 đến 22/4/2011	106
Hình 3.15: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 11/02 đến 27/5/2011	106
Hình 3.16: Mức nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 21/4/2013 ..	107
Hình 3.17: Lưu lượng mô phỏng và thực đo tại Bến Súc từ 9/4 đến 16/4/2013.....	107
Hình 3.18: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn.....	108

Hình 3.19: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú	109
Hình 3.20: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú.....	109
Hình 3.21: Diễn biến mực nước, độ mặn theo các phương án xả nước so với phương án không xả nước, tháng 3-4/2010.....	114
Hình 3.22: Diễn biến mặn theo các phương án	115
Hình 3.23: Diễn biến lưu lượng tăng thêm theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả gián đoạn 08 đợt	117
Hình 3.24: Diễn biến mặn theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả gián đoạn 08 đợt	117
Hình 3.25: Diễn biến lưu lượng tăng thêm theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả liên tục 08 đợt	118
Hình 3.26: Diễn biến mặn theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả liên tục..	118
Hình 3.27: Diễn biến mặn theo các trường hợp xả nước.....	120
Hình 3.28: Sơ đồ quy trình điều hành xả nước	121
Hình 3.29: Độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên Sông Sài Gòn sau khi xả nước đầy mặn từ hồ Dầu Tiếng, từ 01:00 01/01/2016 đến 13:00 08/5/2016	124
Hình 3.30: Tổng lượng nước xả và số giờ vượt ngưỡng cho phép	124
Hình 3.31: Tổng hợp mưa dự báo theo 13 trạm mưa trên lưu vực.....	125
Hình 3.32: Thông tin thời tiết theo từng trạm mưa trên lưu vực.....	125
Hình 3.33: Một số hình ảnh di chuyển tâm mưa từ cơn Bão số 9 năm 2018.....	126
Hình 3.34: Đường xu thế và phương trình hồi quy tuyến tính với bước thời gian tính toán 03 giờ theo mô hình dự báo mưa ECMWF	130
Hình 3.35: Đường xu thế và phương trình hồi quy tuyến tính với bước thời gian tính toán 01 ngày theo mô hình dự báo mưa ECMWF.....	130
Hình 3.36: Bản đồ phân chia lưu vực theo phương pháp Theissen [50].....	132
Hình 3.37: Hiệu chỉnh lưu lượng giữa mô phỏng và thực đo mùa lũ năm 2017	134
Hình 3.38: Kiểm định lưu lượng giữa mô phỏng và thực đo mùa lũ năm 2018.....	134

Hình 3.39: Đường tần suất mực nước Triều lớn nhất trạm Vũng Tàu.....	139
Hình 3.40: Sơ đồ LOGIC chương trình điều tiết lũ.....	139
Hình 3.41: Sơ đồ thuật toán tính điều tiết lũ.....	141
Hình 3.42: Thông tin đầu vào tính toán điều tiết lũ.....	142
Hình 3.43: Giao diện hiển thị kết quả tính toán điều tiết lũ	142
Hình 3.44: Quá trình lưu lượng đến và lưu lượng xả	143
Hình 3.45: Diễn biến mực nước hồ trong thời gian điều tiết lũ	144

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết

Hồ chứa nước Dầu Tiếng được xếp vào loại công trình Thủy lợi cấp đặc biệt có liên quan đến an ninh Quốc gia, và phục vụ cho nhiều mục tiêu như: Nông nghiệp (110,868 ha); Công nghiệp và sinh hoạt ($45 \text{ m}^3/\text{s}$); xả nước đầy mặn và chất ô nhiễm, hỗ trợ tạo nguồn tưới cho 28.800 ha ven sông Sài Gòn và 32.317 ha ven sông Vàm Cỏ Đông; tạo môi trường nuôi trồng thủy sản, khai thác thủy điện và phát triển du lịch; góp phần điều hòa sinh thái, phòng và giảm lũ cho hạ du sông Sài Gòn. Với tốc độ phát triển kinh tế và tập trung ngày càng đông dân số ở các trung tâm kinh tế của các tỉnh: Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước, Long An và TP. Hồ Chí Minh..... dẫn đến nhu cầu sử dụng nước trong hệ thống đã có sự thay đổi so với thiết kế ban đầu, và sự thay đổi hiện trạng ở vùng thượng và hạ lưu cũng có tác động nhất định đến phương án vận hành hồ Dầu Tiếng.

Ngoài ra, sự tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu đã làm mất cân đối về phân phối dòng chảy đến hồ chứa, làm gia tăng các hiện tượng thời tiết cực đoan (*hạn hán, triều cường, xâm nhập mặn..*), làm cho công tác vận hành hồ gặp không ít khó khăn:

- **Về mùa cạn**, lượng dòng chảy đến hồ không đủ bù vào lượng tổn thất, lượng nước cấp trong mùa cạn phụ thuộc chủ yếu vào lượng nước tích được từ mùa mưa lũ năm trước, những năm hạn nhu cầu sử dụng nước tăng cao cũng là những năm xâm nhập mặn diễn biến phức tạp trên sông Sài Gòn và sông Vàm Cỏ Đông (*năm 2005, 2011, 2016*).

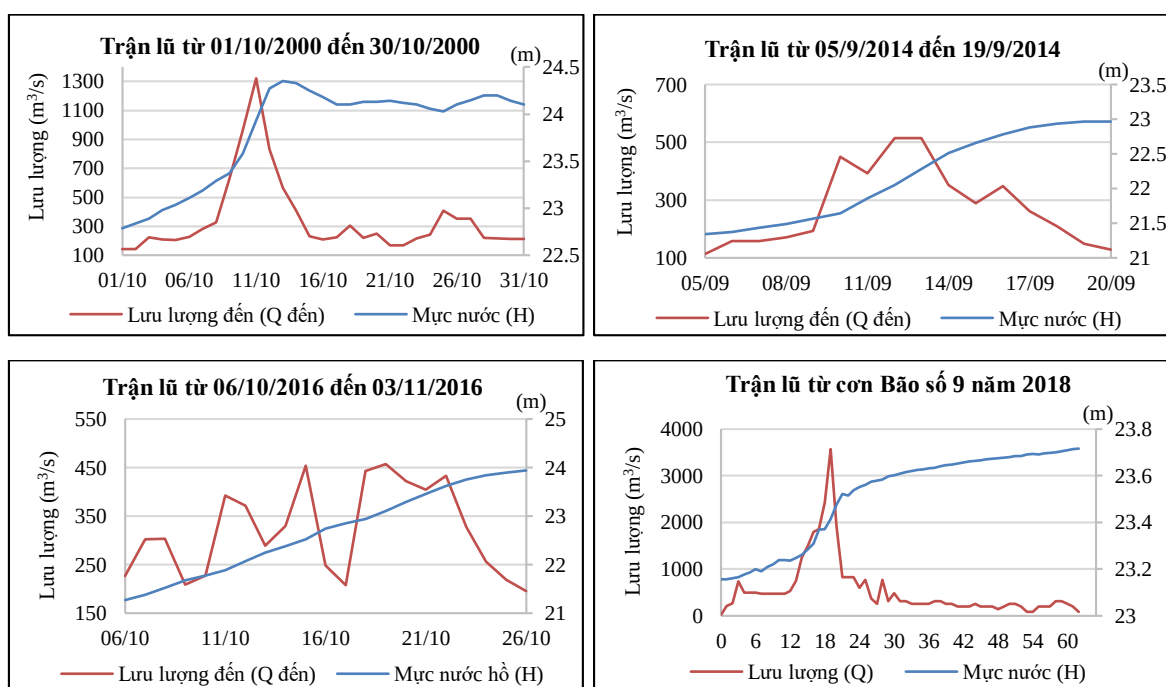
- **Về mùa lũ**, thời gian dòng chảy lũ tập trung về hồ nhanh hơn, diễn biến khó lường hơn, các trường hợp điển hình về mưa lũ cực đoan có thể kể đến như:

- (1) Năm 2000, đợt lũ từ ngày 01/10/2000 đến 30/10/2000, tổng lượng trận lũ là 927,51 triệu m^3 , tổng lượng lũ xả là 587,92 triệu m^3 , mực nước hồ tăng thêm là 1,31 m.

- (2) Năm 2014, đợt lũ từ ngày 05/9/2014 đến 19/9/2014, tổng lượng trận lũ trong 15 ngày là 380 triệu m^3 , mực nước hồ tăng trong thời gian này là 1,63 m.

- (3) Năm 2016, đợt lũ từ ngày 6/10/2016 đến 03/11/2016, tổng lượng trận lũ trong 28 ngày là 806,98 triệu m^3 , mực nước hồ tăng thêm trong thời gian này là 3,52 m.

- (4) Năm 2018, đợt lũ do cơn Bão số 9, với tổng lượng trận lũ trong 62 giờ là 121,71 triệu m^3 , mực nước hồ lên nhanh nhất trong 01 giờ là 06 cm, với $Q_{\text{đến Max}} = 3573 \text{ m}^3/\text{s}$.



Hồ Dầu Tiếng và phần lớn các hồ chứa nói chung đều có quy trình vận hành, tuy nhiên còn nhiều quy định trong các quy trình chưa phù hợp với điều kiện vận hành thực tế, trong khi công cụ hỗ trợ điều hành (*công cụ dự báo mưa, lũ và tính toán điều tiết lũ*) còn thiếu, nên khi xảy ra những tình huống ngoài quy trình thì thường phải quyết định vận hành phần lớn là dựa vào kinh nghiệm, đó là một trong những nguyên nhân dẫn đến việc tích và cấp nước chưa thật sự hiệu quả.

Do đó, hướng nghiên cứu nhằm cải thiện phương pháp vận hành phù hợp với tình hình thực tế, đảm bảo các yêu cầu tổng hợp như: quy trình, quy phạm; thông tin dự báo mưa, lũ trên lưu vực, dự báo triều và mặn ở hạ du; và trạng thái của hệ thống tại thời điểm vận hành (*thời gian thực*)là hướng tiếp cận khoa học, là “**mô hình vận hành hợp lý**” cho các hồ chứa nói chung và cho công trình hồ nước Dầu Tiếng nói riêng.

Từ những yêu cầu, phân tích nêu trên, tác giả chọn đề tài nghiên cứu “**Xây dựng mô hình vận hành hợp lý công trình thủy lợi Dầu Tiếng để phục vụ cấp nước và phòng lũ hạ du sông Sài Gòn**”...là nhu cầu cấp thiết có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong quản lý, khai thác và vận hành công trình hồ chứa nước Dầu Tiếng hiện nay.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu cơ sở khoa học, giải pháp dự báo dòng chảy đến hồ trong mùa cạn và

mùa lũ; giải pháp xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn; và công cụ hỗ trợ điều hành xả lũ hợp lýđể đảm bảo tích và cấp nước hiệu quả, đảm bảo an toàn công trình, phòng và giảm lũ hạ cho du sông Sài Gòn, chủ động thích ứng với sự tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu đến hệ thống công trình hồ chứa nước Dầu Tiếng.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là công trình hồ chứa nước Dầu Tiếng; các yếu tố liên quan đến vận hành hồ; các đặc trưng thủy văn, thủy lực, chất lượng nước thuộc vùng hạ du hệ thống sông Sài Gòn-Đồng Nai.

Phạm vi nghiên cứu *xét về mặt phương pháp* là nghiên cứu các giải pháp “**phi công trình**” để hỗ trợ vận hành hợp lý cho hồ chứa nước Dầu Tiếng. Phạm vi nghiên cứu *xét về mặt không gian* là lưu vực hồ Dầu Tiếng, và hạ du hệ thống sông Đồng Nai.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp quan sát khoa học, thu thập thông tin: Quan sát khoa học là phương pháp nhận biết đối tượng một cách có hệ thống để thu thập thông tin, là một hình thức quan trọng để nhận thức kinh nghiệm, thông tin. Nhờ quan sát mà có thông tin về đối tượng, trên cơ sở đó tiến hành các bước tìm tòi và khám phá tiếp theo. Quan sát khoa học là một hoạt động được tổ chức đặc biệt, có mục đích, có kế hoạch, có phương tiện để nhận diện các đối tượng được lựa chọn. Mục đích quan sát là tìm các dấu hiệu đặc trưng hay những quy luật vận động và phát triển của đối tượng. Quan sát khoa học được tiến hành trong thời gian dài hay ngắn, không gian rộng hay hẹp, đối tượng nhiều hay ít, tùy thuộc vào mục tiêu nghiên cứu của đề tài. Các tài liệu quan sát qua xử lý đặc biệt cho ta những kết luận đầy đủ, chính xác về đối tượng.

Phương pháp phân tích và tổng hợp lý thuyết: Phân tích lý thuyết là nghiên cứu các văn bản, các tài liệu lý luận khác nhau trong và ngoài nước liên quan đến công tác vận hành hồ chứa nước, bằng cách phân tích chúng thành các bộ phận, từng mặt theo lịch sử thời gian, để hiểu chúng một cách đầy đủ và toàn diện, nhằm phát hiện ra những xu hướng, những trường phái nghiên cứu của từng tác giả và từ đó chọn lọc những thông tin quan trọng, phù hợp, phục vụ cho đề tài nghiên cứu. Tổng hợp lý thuyết là phương pháp liên kết từng mặt, từng bộ phận thông tin từ các lý thuyết đã

thu thập được, để tạo ra một hệ thống lý thuyết mới đầy đủ và sâu sắc phù hợp với chủ đề nghiên cứu. Quá trình tổng hợp lý thuyết cho ta một tài liệu toàn diện và khái quát hơn các tài liệu đã có. Nghiên cứu lý thuyết thường bắt đầu từ phân tích các tài liệu để tìm ra cấu trúc các lý thuyết, các trường phái, các xu hướng phát triển của lý thuyết. Từ phân tích lại tổng hợp để xây dựng thành một hệ thống khái niệm, phạm trù, nguyên lý, tiến tới tạo thành các lý thuyết khoa học mới. Đó là những phương pháp phổ biến và phù hợp với lĩnh vực quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Phương pháp phân loại, hệ thống hóa lý thuyết: Phân loại là phương pháp sắp xếp các tài liệu khoa học thành một hệ thống logic, chặt chẽ theo từng mặt, từng nhóm kiến thức, từng vấn đề có cùng bản chất, cùng một hướng phát triển. Phân loại làm cho khoa học từ chỗ có kết cấu nội dung phức tạp thành cái dễ nhận biết, dễ sử dụng theo mục đích nghiên cứu của các đề tài. Phân loại còn giúp phát hiện các quy luật phát triển của khách thể, cũng như sự phát triển của tri thức khoa học, để từ đó mà dự đoán được các xu hướng phát triển của khoa học và thực tiễn. Hệ thống hóa là phương pháp sắp xếp các tri thức khoa học thành hệ thống trên cơ sở một mô hình lý thuyết làm cho sự hiểu biết về đối tượng nghiên cứu được đầy đủ và sâu sắc. Hệ thống hóa là phương pháp tuân theo quan điểm cấu trúc hệ thống trong nghiên cứu khoa học. Những thông tin đa dạng thu thập được từ các nguồn, các tài liệu khác nhau nhờ phương pháp hệ thống hóa mà có được một chỉnh thể với một cấu trúc chặt chẽ, để từ đó có thể xây dựng một lý thuyết mới hoàn chỉnh. Phân loại và hệ thống hóa là những bước tiến để tạo ra những tri thức khoa học mới, sâu sắc và toàn diện. Đó là những phương pháp rất phổ biến và phù hợp với lĩnh vực quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Phương pháp giả thuyết: Giả thuyết là phương pháp nghiên cứu đối tượng bằng cách dự đoán bản chất của đối tượng và tìm cách chứng minh các dự đoán đó. Phương pháp giả thuyết có chức năng dự đoán và chức năng chỉ đường, trên cơ sở dự đoán mà tìm bản chất của sự kiện, hiện tượng. Với hai chức năng đó, giả thuyết thực chất là một phương pháp nhận thức. Trong nghiên cứu khoa học, khi phát hiện các hiện tượng lạ mà với kiến thức đã có, không thể giải thích được, người ta thường tiến hành so sánh hiện tượng chưa biết với các hiện tượng đã biết, từ tri thức cũ với trí tưởng

tượng sáng tạo mà hình dung ra cái cần tìm. Đó chính là thao tác xây dựng giả thuyết. Trong giả thuyết, dự đoán được lập luận theo lối giả định, suy diễn, chân lý có tính xác xuất, cho nên cần phải chứng minh. Chứng minh giả thuyết có thể được thực hiện theo cách chứng minh trực tiếp và chứng minh gián tiếp. Chứng minh trực tiếp là phép chứng minh dựa vào các luận cứ chân thực và theo các quy tắc suy luận để rút ra luận đề. Chứng minh gián tiếp là phép chứng minh khẳng định rằng phản luận đề là không chân xác và từ đó rút ra luận đề chân thực. Với đặc điểm là phương pháp biện luận, giả thuyết được sử dụng như là một thử nghiệm của tư duy, thử nghiệm thiết kế với các lý thuyết. Suy diễn để rút ra các kết luận chân thực từ giả thuyết là thao tác logic quan trọng của quá trình nghiên cứu khoa học.

Phương pháp điều tra, phân tích số liệu khảo sát, và xử lý thông tin: Điều tra là phương pháp khảo sát một nhóm đối tượng trên một diện rộng nhằm phát hiện các quy luật phân bố, trình độ phát triển, những đặc điểm về định tính và định lượng của các đối tượng cần nghiên cứu. Các tài liệu điều tra được sẽ là những thông tin quan trọng về đối tượng cần cho các quá trình nghiên cứu và là căn cứ để đề xuất những giải pháp khoa học hay giải pháp thực tiễn. Điều tra là phương pháp nghiên cứu thực tiễn quan trọng và phổ biến trong lĩnh vực quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Phân tích số liệu khảo sát sử dụng các kỹ thuật thống kê toán để phân tích. Thường dùng các phần mềm chuyên dụng như SPSS, SAS, EViews, AMOS, R,... trong đó ở Việt Nam, SPSS có vẻ thông dụng nhất. Một số kỹ thuật phân tích thống kê thường dùng là: thống kê mô tả, phân tích tương quan, phân tích độ tin cậy, phân tích nhân tố khám phá (EFA), phân tích nhân tố khẳng định (CFA), phân tích hồi quy tuyến tính đa biến, phân tích phương sai (ANOVA), và phân tích mô hình phương trình cấu trúc (SEM).

Kết quả thu thập thông tin từ nghiên cứu tài liệu, số liệu thống kê, quan sát và thực nghiệm tồn tại dưới dạng thông tin định tính và thông tin định lượng. Các thông tin định tính và thông tin định lượng cần được xử lý để xây dựng các luận cứ, phục vụ cho việc chứng minh hoặc bác bỏ các giả thiết khoa học. Xử lý thông tin toán học đối với các thông tin định lượng, đây là việc sử dụng phương pháp thống kê toán học để xác định xu hướng, diễn biến của tập hợp số liệu thu thập được. Xử lý thông tin

Logic đối với các thông tin định tính, đây là việc đưa ra những phán đoán về bản chất các sự kiện, đồng thời thể hiện những liên tưởng logic của các sự kiện.

Phương pháp thực nghiệm khoa học: Thực nghiệm khoa học là phương pháp nghiên cứu thực tiễn quan trọng, trong đó chủ động tác động vào đối tượng và quá trình diễn biến của sự kiện hoặc hiện tượng mà đối tượng tham gia, để hướng dẫn sự phát triển của chúng theo mục tiêu dự kiến. Thực nghiệm thành công sẽ cho các kết quả khách quan, và như vậy mục đích khám phá khoa học được thực hiện một cách hoàn toàn chủ động. Thực nghiệm đã giúp đẩy nhanh quá trình nghiên cứu khoa học và khả năng vận dụng nhanh chóng các kết quả nghiên cứu khoa học vào thực tiễn sản xuất. Phương pháp thực nghiệm giúp trình độ kỹ thuật thực hành nghiên cứu đạt tới mức độ tinh vi, giúp phát triển cả khả năng tư duy lý thuyết, tạo ra một hướng nghiên cứu mới, hoàn toàn chủ động trong sáng tạo khoa học. Trong nghiên cứu khoa học tự nhiên và khoa học kỹ thuật, người ta còn sử dụng phương pháp thí nghiệm với những biện pháp kỹ thuật nhằm phát hiện đặc điểm và các quy luật phát triển của đối tượng nghiên cứu. Thí nghiệm có thể là một bước, hay một bộ phận của quá trình thực nghiệm khoa học. Từ kết quả của những thí nghiệm có thể chuyển dần thành lý thuyết thực nghiệm. Thực nghiệm và thí nghiệm về bản chất cũng là để tìm tòi hay chứng minh một ý tưởng, một giả thuyết khoa học nào đó. Đây là phương pháp rất phù hợp và phổ biến trong lĩnh vực quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Trong luận án, thực nghiệm khoa học được thực hiện thông qua việc sử dụng các giá trị khác nhau của các tham số, thu thập số liệu thống kê thực tế về giá trị độ mặn, mực nước triều, lượng mưa, mực nước hồ và lưu lượng dòng chảy lịch sử qua các năm của một số trạm đo thủy văn và sử dụng các số liệu từ kết quả mô phỏng. Tác giả tiến hành sắp xếp các số liệu thành một hệ thống logic và khoa học, sau đó tính toán các đặc trưng số thống kê, so sánh và tổng hợp để làm cơ sở cho việc rút ra những nhận xét, đánh giá tính hiệu quả của những phương pháp, thuật toán và mô hình được đề xuất.

Phương pháp ứng dụng toán học và mô hình toán: Sử dụng toán học thống kê như một công cụ xử lý các thông tin đã thu thập được từ các phương pháp nghiên cứu khác nhau (*Quan sát, điều tra,...*) làm cho các kết quả nghiên cứu trở nên chính xác,

bảo đảm độ tin cậy; Sử dụng các lý thuyết toán học và phương pháp Logic toán học để xây dựng các lý thuyết chuyên ngành. Toán học bảo đảm cho quá trình nghiên cứu đi đúng hướng, nhất quán, cũng như trong trình bày kết quả nghiên cứu thành một hệ thống, mạch lạc và đồng thời giúp tạo lập các ngôn ngữ khoa học chính xác, khách quan của các kết quả nghiên cứu và nhờ đó các kết luận của các công trình nghiên cứu có tính thuyết phục cao hơn. Trong luận án tác giả ứng dụng mô hình MIKE 11 nghiên cứu xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn, ứng dụng mô hình MIKE NAM và mô hình mạng trí tuệ nhân tạo (ANN) để tính toán, dự báo dòng chảy đến hồ Dầu Tiếng.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

5.1. Ý nghĩa khoa học của luận án

Bằng cách tiếp cận những tiến bộ khoa học và công nghệ ngày nay dưới dạng các mô hình mô phỏng số, mô phỏng thống kê và truy xuất thông tin dữ liệu khí tượng toàn cầu với sự trợ giúp của máy tính, kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học trong việc phân tích dự báo đầu vào (tức là dòng chảy đến), đầu ra (nhu cầu sử dụng nước) và cân bằng điều phối nguồn nước (cơ chế vận hành) của hồ chứa nước điển hình Dầu Tiếng, góp phần vào sự phát triển khoa học về vận hành hệ thống hồ chứa đa mục tiêu nói riêng và lĩnh vực quản lý tài nguyên nước nói chung.

5.2. Ý nghĩa thực tiễn của luận án

Trong bối cảnh luôn có sự biến động về các điều kiện tự nhiên, các hoạt động dân sinh kinh tế, biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Nghiên cứu vận hành điều phối hồ chứa nước hợp lý là bài toán luôn có tính thời sự, trong đó bao gồm đánh giá nguồn nước đến (dòng chảy trung bình, kiệt, lũ), xác định nhu cầu và cân bằng điều phối nguồn nước. Trên cơ sở bộ dữ liệu thu thập đầy đủ và đảm bảo độ tin cậy, các nội dung tổng hợp từ đầu vào cho đến đầu ra cuối cùng được thực hiện bằng những công cụ và phương pháp thích hợp theo nguyên lý thủy văn, kết quả của luận án sẽ là kênh thông tin hữu ích phục vụ công tác vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng đạt hiệu quả cao, góp phần vào việc phát triển ổn định kinh tế xã hội của các địa phương trong vùng hưởng lợi từ hệ thống công trình Thủy lợi Dầu Tiếng - Phước Hòa.

6. Những đóng góp mới của luận án

Đóng góp về mặt lý thuyết, phương pháp:

(1) Nghiên cứu đã đề xuất giải pháp dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn theo thời gian thực dựa trên việc ứng dụng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), để dự báo lưu lượng đến hồ hàng ngày, trung bình 10 ngày, và trung bình 30 ngày sau.

(2) Nghiên cứu đã đề xuất giải pháp xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn, đó là: Đã xác định được thời điểm bắt đầu xả nước tại hồ Dầu Tiếng (*trước 48 giờ so với thời điểm mặn bắt đầu đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú*), đề xuất xả liên tục 32 giờ với lưu lượng tối thiểu 120 m³/s trong một đợt triều cường.

Đóng góp về ứng dụng thực tiễn:

(3) Nghiên cứu đã lập chương trình trích xuất dữ liệu mưa từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu (GFS, NEMS và ECMWF); phân tích, đề xuất mô hình phù hợp (ECMWF) cho lưu vực hồ Dầu Tiếng; kết hợp dữ liệu mưa dự báo và thực đo tại 13 trạm trên lưu vực, thông qua mô hình MIKE-NAM mô phỏng dòng chảy đến hồ trước từ 03 đến 05 ngày để phục vụ điều hành hồ chứa trong mùa lũ theo thời gian thực, đáp ứng yêu cầu của Quyết định 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019 về việc ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai.

(4) Nghiên cứu đã lập chương trình tính toán điều tiết lũ cho hồ Dầu Tiếng, đảm bảo các ràng buộc theo quy trình vận hành, trạng thái của hệ thống và tình trạng triều ở hạ du theo thời gian thực. Chương trình được ứng dụng thử nghiệm để tính toán điều tiết cho trận lũ về hồ với tần suất P=PMF. Kết quả tính toán cho thấy lưu lượng phải xả lớn nhất trong thời gian điều tiết lũ là 2.102,87 m³/s, đỉnh lũ được cắt giảm 4532,13 m³/s.

7. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần Mở đầu, Kết luận và kiến nghị, Tài liệu tham khảo và Phụ lục. Luận án được thực hiện với 3 chương như sau:

Chương 1: là phần ***Tổng quan nghiên cứu***, với các nội dung chính như sau:

(i) Tổng quan nghiên cứu về vận hành hồ chứa, đề cập đến những nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến biện pháp “***phi công trình***” với 02 nhóm kỹ thuật chính (xây dựng quy trình, công cụ hỗ trợ vận hành; dự báo các yếu tố đầu vào để tính toán hỗ trợ vận hành), và những nghiên cứu liên quan đến vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng;

(ii) Tổng quan về công trình Thủy lợi hồ Dầu Tiếng, giới thiệu về đặc điểm, quy mô, nhiệm vụ; quy trình phục vụ vận hành và thực tiễn yêu cầu vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng;

(iii) Định hướng nghiên cứu trình bày về hướng tiếp cận, và nhiệm vụ nghiên cứu.

Chương 2: là phần nghiên cứu về *Cơ sở phương pháp luận về vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng*, với các nội dung chính như sau:

(i) Một số khái niệm theo quan điểm của tác giả về mô hình vận hành hợp lý hồ chứa nước, về vận hành hợp lý hồ chứa nước theo thời gian thực; các nội dung nghiên cứu vận hành hợp lý hồ Dầu Tiếng; tiêu chuẩn đánh giá mô hình; và cơ sở dữ liệu phục vụ nghiên cứu cho đề tài luận án;

(ii) Cơ sở phương pháp dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn;

(iii) Cơ sở phương pháp xả nước đầy mặn trên sông Sài Gòn;

(iv) Cơ sở phương pháp dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ;

(v) Cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng.

Chương 3: là phần *Nghiên cứu giải pháp và ứng dụng hỗ trợ vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng*, với các nội dung chính như sau:

(i) Nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn;

(ii) Nghiên cứu xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn;

(iii) Nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ;

(iv) Nghiên cứu tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ VẬN HÀNH HỒ CHỨA

Vận hành hồ chứa khai thác đa mục tiêu, là “**bài toán**” phức tạp, phụ thuộc vào nhiệm vụ của hệ thống (cấp nước, phát điện; phòng, giảm lũ cho hạ du....); và đặc điểm tự nhiên, kinh tế-xã hội vùng thượng và hạ lưu công trình, cũng như khu vực xây dựng hồ. Nói cách khác, nghiên cứu vận hành cho một hồ chứa cụ thể luôn là “**bài toán**” có tính thời sự, ngay cả khi nó được đưa vào sử dụng lâu dài với hàng loạt các công trình đã được nghiên cứu hỗ trợ vận hành như hồ chứa nước Dầu Tiếng, bởi tính bất định trong chuỗi thống kê của các yếu tố tự nhiên liên quan (như mưa, lũ, hạn hán), nhất là trong bối cảnh biến đổi khí hậu hiện nay; sự thay đổi nhu cầu nước của những hộ hưởng lợi của các địa phương trong hệ thống.

Để quản lý, khai thác và vận hành hồ chứa hiệu quả rất cần được tiến hành đồng thời các biện pháp “**công trình**” và “**phi công trình**”. Gần đây, khi bàn về giải pháp nâng cao khả năng phòng chống lũ cho hạ du, các nhà khoa học có đề xuất sử dụng biện pháp công trình, cụ thể là đề xuất nâng chiều cao đập để tăng dung tích phòng lũ hoặc xây dựng các tuyến đê dọc sông Sài Gòn để phòng ngập do xả lũ, tuy nhiên hạn chế có thể thấy khi sử dụng biện pháp công trình là phải sử dụng nguồn kinh phí khá lớn, thời gian kéo dài.

Liên quan đến phạm vi nghiên cứu của đề tài luận án, biện pháp “**phi công trình**” được nghiên cứu chủ yếu thông qua 02 nhóm kỹ thuật chính như sau:

1.1.1. Nghiên cứu xây dựng quy trình, công cụ hỗ trợ vận hành

1.1.1.1. Nghiên cứu ngoài nước

Seyed Jamshid Mousavi và Mohammad Karamouz [70] đã nghiên cứu phát triển một mô hình tối ưu hóa quy hoạch động (DP) để giải quyết tối ưu hóa hoạt động của hệ thống nhiều hồ chứa. Để khắc phục vấn đề về kích thước trong phương pháp tiếp cận DP, một phương pháp đã được phát triển để có thể nhận biết trước quá trình chuyển đổi lưu trữ của các hồ chứa đang dẫn tới tình trạng không khả thi. Những điều kiện không khả thi này sau đó được bỏ qua trong các lần tính toán tiếp theo, cung cấp

sự cải thiện đáng kể trong thời gian chạy cần thiết để giải quyết một vấn đề như vậy.. Trong mô hình DP, việc đặt ra nhiều ràng buộc hơn đối với vấn đề làm cho vùng khả thi của mô hình hạn hẹp hơn. Mặt khác, DP là một thuật toán dựa trên tìm kiếm, trong đó giải pháp tối ưu có được bằng cách tìm kiếm giải pháp tốt nhất trong số các giải pháp khả thi. Do đó, nếu số lượng các giải pháp khả thi (ứng cử viên) giảm, nhiệm vụ tìm kiếm ứng viên tốt nhất sẽ giảm bớt thời gian hoàn thành. Công việc được thực hiện trong bài báo này là chỉ ra cách những ràng buộc bổ sung này đóng một vai trò tích cực như thế nào trong việc giảm thiểu số lượng tìm kiếm rời rạc cần thiết để tìm ra giải pháp tối ưu cho bài toán vận hành nhiều bể chứa.

Xiang Li, Shenglian Guo, Pan Liu, và Guiya Chen [64] điều khiển động, giới hạn mực nước vận hành hồ chứa bằng cách xem xét dòng chảy đến ngẫu nhiên. Vận hành lũ trên nguyên tắc tổng quát là mực nước hồ chứa không cho phép vượt quá giới hạn mực nước lũ trong suốt mùa lũ. Tuy nhiên cơ sở quy tắc vận hành hiện hành đã bỏ qua thông tin dự báo thời tiết để điều khiển xả lũ theo thời gian thực mà quá ưu tiên cho hạ thấp dòng chảy lũ. Điều khiển động hồ chứa hiệu quả là đưa ra được phương pháp luận để so sánh giữa điều khiển lũ và bảo toàn vận hành hồ chứa trong suốt chu kỳ mùa lũ. Mô hình vận hành điều khiển động được xem xét dòng chảy đến không chắc chắn, sai số dự báo lũ và sự không chắc chắn về hình dạng đường quá trình lũ là mục đích để phát triển ở đây. Mô hình này bao gồm 3 mô đun, mô đun dự báo lũ đến, sử dụng đánh giá biên trên của điều khiển động và là cơ sở kết quả dòng chảy đến, mô đun vận hành được sử dụng trữ lũ và mô đun phân tích rủi ro sử dụng để đánh giá lũ. Có thể chấp nhận vận hành điều khiển rủi ro lũ với các ràng buộc và các phương pháp phân tích lượng được cho và biến điều khiển động của hồ chứa được đánh giá bằng cách sử dụng mô phỏng Monte Carlo. Kết quả ứng dụng chỉ ra rằng điều khiển động của hồ chứa có thể hiệu quả gia tăng lượng phát điện và giảm tốc độ sóng lũ.

D. Nagesh Kumar và M. Janga [58] đã áp dụng phương pháp tối ưu hóa đàn Kiến (Ant Colony Optimization -ACO), một kỹ thuật được đề xuất để đưa ra các sách lược vận hành cho một hệ thống hồ chứa đa mục đích. Để xây dựng mô hình áp dụng ACO cho vận hành hồ chứa, vấn đề được tiếp cận bằng cách xem xét một chuỗi thời gian

hữu hạn của dòng chảy vào, phân loại thể tích hồ chứa thành một số khoảng thời gian và xác định lưu lượng hồ chứa cho từng thời kỳ theo tiêu chí tối ưu được xác định trước. Để đánh giá hiệu suất của ACO, các mô hình đã phát triển cũng được giải quyết bằng cách sử dụng thuật toán di truyền được mã hóa thực (GA). Kết quả của hai mô hình chỉ ra rằng mô hình ACO hoạt động tốt hơn, về sản lượng điện hàng năm cao hơn, đồng thời đáp ứng nhu cầu tưới tiêu và hạn chế lũ lụt, so với mô hình của GA. Cuối cùng, người ta thấy rằng mô hình ACO tốt hơn mô hình GA, đặc biệt là trong trường hợp vận hành hồ chứa đường chân trời trong thời gian dài.

Jothiprakash. V và Ganesan Shanthi [62] đã nghiên cứu ứng dụng thuật toán di truyền tìm sách lược vận hành hồ chứa đơn. Trong nghiên cứu này, một mô hình Thuật toán di truyền đã được phát triển và áp dụng cho hồ chứa Pechiparai ở Tamil Nadu, Ấn Độ để đưa ra các chiến lược hoạt động tối ưu. Hàm mục tiêu được đặt ra để giảm thiểu tổng bình phương hàng năm của hình thức tưới tiêu mong muốn và khối lượng lưu trữ mong muốn. Các biến quyết định được giải phóng cho tưới tiêu và các nhu cầu khác (nhu cầu công nghiệp và đô thị), từ hồ chứa. Vì các đường cong quy tắc được suy ra thông qua tìm kiếm ngẫu nhiên nên người ta thấy rằng các bản phát hành giống với các yêu cầu của nhu cầu. Do đó, dựa trên nghiên cứu điển hình hiện tại, kết luận rằng mô hình GA có thể hoạt động tốt hơn nếu được áp dụng trong vận hành thực tế của hồ chứa.

Li Chen, James McPhee, William W và G. Yeh [63] đã phát triển một thuật toán di truyền đa mục tiêu tiến hóa vĩ mô hiệu quả (MMGA) để tối ưu hóa các đường cong quy tắc của hệ thống hồ chứa đa mục đích ở Đài Loan. Tiến hóa vĩ mô là một kiểu tiến hóa loài cấp cao mới có thể tránh được sự hội tụ sớm có thể phát sinh trong quá trình chọn lọc các GA thông thường. MMGA làm phong phú thêm khả năng của GA để xử lý các vấn đề đa phương bằng cách đa dạng hóa bộ giải pháp. Kết quả mô phỏng sử dụng bài toán kiểm tra điểm chuẩn chỉ ra rằng MMGA được đề xuất mang lại các giải pháp trải rộng tốt hơn và hội tụ gần biên giới Pareto thực hơn so với thuật toán di truyền không phân loại-II (NSGA-II). Khi được áp dụng vào một nghiên cứu điển hình thực tế, MMGA có thể tạo ra các giải pháp dàn trải đồng nhất cho một vấn đề hai mục tiêu liên quan đến cung cấp nước và sản xuất thủy điện. Kết quả của công việc này chỉ ra rằng MMGA

được đề xuất có tính cạnh tranh cao và cung cấp một giải pháp thay thế khả thi để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa đa mục tiêu cho quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

MS. Hashemi, G.A Barani và H. Ebrahimi [66] đã nghiên cứu ứng dụng thuật toán di truyền tối ưu vận hành hồ chứa đa mục tiêu Jiroft, với dòng chảy đến được xem là ngẫu nhiên. Hàm mục tiêu và các ràng buộc được chuyển thành bài toán không ràng buộc bằng phương pháp hàm phạt ngoài, sau đó dùng thuật toán di truyền không ràng buộc để giải. Hộp công cụ thuật toán di truyền trong phần mềm Matlab-7 đã được sử dụng để tối ưu hóa hoạt động của hồ chứa đập Jiroft. Dòng chảy đến hồ chứa đập được coi là không chắc chắn. Áp dụng các dòng vào với các xác suất khác nhau cho mô hình tối ưu hóa, việc giải phóng nước từ hồ chứa không thay đổi đáng kể, nhưng thể tích hồ chứa được thay đổi theo các xác suất khác nhau của dòng vào. Lượng nước được tính toán hàng tháng từ hồ chứa phù hợp tốt với nhu cầu hàng tháng của hạ du. Ngoài ra, dung tích trữ của các hồ thấp trong thời kỳ lũ lụt trong năm và đủ cao trong thời kỳ hạn hán với nhu cầu sử dụng nước cao.

Chun-Tian Cheng, và K.W. Chau [83] đã xây dựng chương trình điều khiển lũ hệ thống hồ chứa ở Trung Quốc. Hầu hết các hệ thống quản lý lũ lụt hiện có kiểm soát của hồ chứa đã được thành lập cho các mục đích đặc biệt và thiếu chia sẻ dữ liệu, thông tin liên lạc với chính phủ, điều đó rất khó khăn cho việc ra quyết định. Do đó, một chương trình quốc gia về hệ thống kiểm soát lũ SOPs đã được phê duyệt. Trọng tâm chính của nghiên cứu này là tích hợp hệ thống phần mềm quản lý kiểm soát lũ các hồ chứa. Nghiên cứu được tập trung vào việc thiết kế sơ đồ của hệ thống và các thành phần cốt lõi của chúng. Hệ thống này có thể được áp dụng cho một trung tâm kiểm soát lưu vực sông hoặc hồ chứa bằng cách sử dụng các cơ sở dữ liệu tiêu chuẩn quốc gia và dễ dàng tích hợp vào hệ thống kiểm soát lũ lụt quốc gia trong tương lai.

Xiang-Yang Li, K.W. Chau, Chun-Tian Cheng, và Y.S. Li [77] sử dụng hệ thống cảnh báo trên Web cho vùng Shuangpai ở Trung Quốc (WFFS). Dự báo lũ truyền thống và vận hành các hồ chứa ở Trung Quốc trên cơ sở tính toán thủy văn thông qua chương trình tính trên máy tính. Hệ thống dự báo lũ trên cơ sở Web, bao gồm 5 mô đun chính: dữ liệu mưa theo thời gian thực, mô hình dự báo thủy văn, mô hình hiệu chỉnh, mô

hình dự báo mưa, và phân tích lũ, được trình bày ở đây. WFFS mang lại ý nghĩa thuận tiện hơn cho người dự báo lũ và điều khiển, cho phép phân bố thời gian thực trong phạm vi rộng, cảnh báo lũ tại các vị trí khác nhau theo không gian và thời gian. WFFS đã phát triển ngôn ngữ Java và ứng dụng trong khu vực Shuangpai với kết quả tốt.

Chih-Chiang Wei, và Nien-Sheng Hsu [78] đã trình bày thủ tục mô phỏng vận hành thời gian thực để xác định lượng xả hồ chứa trong mùa lũ bằng mô hình thủy văn và mô hình vận hành hồ chứa. Trong mô hình vận hành hồ chứa nghiên cứu so sánh 2 quỹ đạo vận hành điều khiển lũ cho hệ thống hồ chứa đa mục đích. Ý tưởng sử dụng của phương pháp này nhận được từ chương trình HEC 5 được phát triển bởi US Army Corps of Engineers. Thủ tục mô phỏng này đã được áp dụng cho hệ thống lưu vực sông Tanshui Đài Loan, sử dụng bước thời gian dự báo 6 giờ. So sánh các kết quả đạt được từ hai quỹ đạo biểu thị rằng trong xác định lượng xả thực từ hồ chứa thông qua hệ thống lũ dự phòng để Minimum lượng lũ xả.

Giha Lee, Sunmin Kim, Kwansue Jung và Yasuto Tachikawa [79] đã phát triển một mô hình hệ thống phân bố mưa-dòng chảy dựa trên hệ thống mô hình hướng đối tượng thủy văn (OHyMoS) cho lưu vực sông lớn (lưu vực Daechung, Hàn Quốc. Các tác giả đã áp dụng ba mô-đun thủy văn mô phỏng dòng chảy, dòng chảy trong kênh, hồ chứa nước và lưu lượng xả, sau đó liên kết các mô-đun lại với nhau theo OHyMoS để mô phỏng dự báo tại tám cửa ra. Hệ thống mô hình phát triển có thể được sử dụng cho việc lập kế hoạch tài nguyên nước và quản lý đập Daechung và cũng có thể dễ dàng mở rộng cho các lưu vực lớn khác, chẳng hạn như toàn bộ lưu vực sông Geum bao gồm lưu vực Đập Daechung, bằng cách kết hợp các mô hình phụ lưu vực vào hệ thống.

Bahram Malekmohammadi, Banafsheh Zahraie và Reza Kerachian [80] đã trình bày một phương pháp tiếp cận khác để vận hành lũ thời gian thực trong quản lý hệ thống hồ chứa. Phương pháp này được dựa trên cơ sở kết hợp mô hình tối ưu thuật toán di truyền (GA) vận hành hồ chứa cho hệ thống 2 hồ chứa bậc thang, mô hình thủy lực dựa trên mô hình mô phỏng đường quá trình thủy lực hạ lưu hệ thống sông. Hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã được sử dụng và ứng dụng thuật toán K-Nearest Neighbor (K-NN) phát triển các quy tắc vận hành tối ưu. Tối ưu di truyền mô hình hồ chứa theo giờ để giảm

thiếu lũ lụt bồi thường thiệt hại trong hạ lưu sông. Công cụ GIS cũng đã được sử dụng để xác định vùng đất sử dụng, thiệt hại trong vùng đồng bằng ngập lũ hạ lưu và nó đã được liên kết với các mô-đun của mô hình HEC-RAS, HEC-GEORAS. Mô hình phát triển đã được áp dụng cho hệ thống hồ chứa Bakhtiari và Dez ở phía Tây Nam của Iran. Kết quả cho thấy đề xuất mô hình có thể được sử dụng hiệu quả cho quản lý lũ lụt và vận hành theo thời gian thực của các hệ thống sông, hồ chứa.

Bertrand Richaud, Henrik Madsen, Dan Rosbjerg, Claus B. Pedersen và Long L. Ngo (2011) [81] đã áp dụng kỹ thuật tối ưu – mô phỏng để giải quyết bài toán vận hành đa mục đích, Bài báo này với mục đích tiếp cận theo hướng tối ưu – mô phỏng đa mục tiêu với các quy tắc cứng điều phối tối ưu và quy tắc tối ưu thời gian thực. Quy tắc cứng sẽ sử dụng công cụ tối ưu – mô phỏng để đưa ra các quy tắc vận hành hồ chứa Hoà Bình, Quy tắc tối ưu thời gian thực được sử dụng tối ưu trực tuyến với mục đích dự báo ngắn hạn, điều tiết lũ, thủy điện và giảm lũ cho hạ lưu sông Hồng. Tiếp cận nhận được thỏa hiệp giữa các mục tiêu. Lựa chọn phương pháp tối ưu Pareto, tham chiếu tối ưu có thể làm giảm lũ ở hạ lưu của sông Hồng, và gia tăng phát điện và lưu trữ nước cho mùa cạn. Thủ tục tối ưu thời gian thực xa hơn cải thiện hiệu quả của vận hành hồ chứa và nâng cao khả năng mềm dẻo ra quyết định.

J. Yazdi, S. A. A. Salehi Neyshabouri [82] đã kết hợp mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu cho quản lý lũ. Trong nghiên cứu này, một thuật toán được trình bày để thiết kế tối ưu các biện pháp công trình và phi công trình giảm thiểu lũ lụt, dựa trên cách tiếp cận tối ưu hóa dựa trên mô phỏng. Với mục đích này, mô hình mô phỏng MIKE-11 được sử dụng để tính toán thiệt hại tiềm tàng của các kịch bản lũ lụt khác nhau dưới sự kết hợp khác nhau của các biện pháp công trình và phi công trình và mô hình này được kết hợp với mô hình tối ưu đa mục đích NSGA-II, mô hình tối ưu hóa mục tiêu nhằm đưa ra các giải pháp Pareto tối ưu giữa hai mục tiêu mâu thuẫn là giảm thiểu chi phí đầu tư cho các biện pháp giảm nhẹ lũ lụt và những thiệt hại tiềm tàng của vùng ngập lũ. Mô hình đề xuất sau đó được áp dụng cho một lưu vực nhỏ ở miền trung của Iran như một nghiên cứu điển hình và các giải pháp đánh đổi tối ưu đã được tính toán cho các kịch bản lũ lụt khác nhau.

1.1.1.2. Nghiên cứu trong nước

Hoàng Thanh Tùng, Vũ Minh Cát và Roberto Ranzi [52] đã kết hợp mô hình mô phỏng với mô hình điều khiển hệ thống trong “Nghiên cứu cơ sở khoa học vận hành hệ thống hồ chứa phòng lũ cho lưu vực sông Cả”. Nghiên cứu cũng đã xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống liên hồ chứa trên sông Cả, tiến hành tích hợp mô hình dự báo mưa, lũ với mô hình vận hành hồ chứa, tiến hành thử nghiệm cho các kịch bản dòng chảy lũ khác nhau, từ đó xây dựng cơ sở khoa học vận hành hệ thống liên hồ chứa phòng lũ cho lưu vực sông Cả.

Lương Hữu Dũng [8] đã có nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ vận hành hệ thống liên hồ chứa kiểm soát lũ lưu vực sông Ba. Nghiên cứu đã thiết lập bộ công cụ mô hình toán phục vụ bài toán vận hành liên hồ chứa phòng lũ bao gồm các mô hình thủy văn NAM được sử dụng trong việc kéo dài và đồng bộ dòng chảy lũ đến vị trí các hồ và tại các lưu vực bộ phận trên lưu vực sông Ba; mô đun vận hành để ứng dụng vận hành trong mùa lũ trên lưu vực sông Ba; Mô hình Mike11 được sử dụng để mô phỏng, kiểm tra mực nước và lưu lượng tại các điểm kiểm soát trên lưu vực. Nghiên cứu đã (1) Xác định vai trò của từng hồ, hệ thống hồ trong vận hành hệ thống liên hồ chứa kiểm soát lũ lưu vực sông Ba; (2) Đề xuất quy tắc xả nước tạo dung tích chứa lũ không gây tác động tiêu cực cho hạ du; (3) Góp phần điều chỉnh nội dung vận hành trong Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Ba.

Nguyễn Thượng Bằng [1] đã nghiên cứu mô hình tối ưu đa mục tiêu hệ thống thủy lợi-thủy điện, với hai mục tiêu cực đại tổng điện năng trong mùa cấp nước và cực tiểu tổng diện tích mặt hồ ứng với mực nước dâng bình thường và dùng phương pháp quy hoạch phi tuyến tổng hạ nhanh nhất GRG (Generalized reduced gradient) để giải. Với hướng nghiên cứu đã chọn, tác giả đã giải quyết được một số vấn đề về mặt phương pháp luận và mô hình tính toán, về xử lý số liệu, và về xác lập bài toán, áp dụng mô hình vào một ví dụ thực tiễn, giải bài toán và phân tích kết quả. Từ kết quả nghiên cứu đã rút ra một số kết luận sau:

- Trên cơ sở lý thuyết toán tối ưu, đã phân tích, đề xuất và xây dựng được một mô hình tối ưu đa mục tiêu hệ thống thủy lợi-thủy điện khai thác tổng hợp nguồn nước có

xét đến mối liên hệ chặt chẽ với nền kinh tế quốc dân và môi trường sinh thái. Đã lựa chọn và sử dụng phương pháp nghiệm có khoảng cách ngắn nhất đến nghiệm lý tưởng, phương pháp theo dãy mục tiêu được sắp xếp và phương pháp hàm khả dụng nhằm xác định quy mô hợp lý của các hồ chứa.

- Bằng những luận cứ có tính khoa học và thực tiễn, đã đề xuất hướng tiếp cận để phân tích và xử lý mối quan hệ giữa hệ thống thủy lợi với ba mục tiêu được quan tâm là: phát triển kinh tế-phát triển xã hội-bảo vệ môi trường sinh thái. Trên cơ sở đó, ba mục tiêu trên đã được biểu diễn thành cặp hàm mục tiêu: điện năng mùa cấp của hệ thống thủy lợi lớn nhất và mục tiêu diện tích mặt hồ ứng với mực nước dâng bình thường của hệ thống thủy lợi nhỏ nhất, thỏa mãn các điều kiện ràng buộc về nhiệm vụ đặt ra đối với hệ thống thủy lợi.

- Đã đề xuất kỹ thuật xử lý tài liệu đầu vào của mô hình. Đặc biệt đã thiết lập được công thức giải tích mới để tính điện năng mùa cấp cho hồ bậc thang điều tiết năm phục vụ cho mô hình bài toán đa mục tiêu hệ thống thủy lợi.

- Đã áp dụng mô hình và phương pháp giải cho hệ thống thủy lợi trên lưu vực sông Lô-Gâm-Chảy. Kết quả cho thấy mô hình có khả năng ứng dụng vào thực tế.

Lâm Hùng Sơn [37] đã xem xét, đánh giá hiệu quả cắt lũ của hồ chứa và nghiên cứu cơ sở điều hành hệ thống hồ chứa thượng nguồn chống lũ hạ du để đưa ra giải pháp nâng cao hiệu quả chống lũ trong giai đoạn tới. Kết quả của nghiên cứu này đã đề xuất cơ sở điều hành cụ thể cho các hồ chứa hiện có thông qua việc sửa đổi lại quy trình vận hành hồ chứa căn cứ vào việc dự báo để nhận biết sớm quy mô, dạng lũ để quyết định ngay phương án điều hành thích ứng. Tùy thuộc vào độ tin cậy của tài liệu quan trắc và của mô hình toán dự báo mà đặt ra từ 2 đến 3 mức nhận biết quy mô, dạng lũ để đưa vào quy trình vận hành chống lũ: Lũ lớn, lũ nhỏ; hoặc lũ lớn, lũ vừa và lũ nhỏ. Cách thức nhận biết quy mô, dạng lũ để quyết định phương án điều hành hồ chứa hiện có như trên cũng sẽ được đưa vào từng quy trình cụ thể hồ chứa lớn dự kiến. Trên cơ sở tổng hợp các phương án điều hành của từng hồ và thông qua tính toán dự báo để điều hành hệ thống hồ chứa thông qua quy trình điều hành chung.

Nguyễn Thế Hùng và Lê Hùng [2] đã nghiên cứu đề xuất các mô hình toán để giải

bài toán điều tiết tối ưu vận hành hồ chứa đa mục đích trên lưu vực sông Vu Gia-Thái Bình (VGTB). Dựa trên các mô hình toán đã thiết lập, nghiên cứu đã ứng dụng kỹ thuật tối ưu quy hoạch động để giải các mô hình toán và xây dựng chương trình tính bằng ngôn ngữ lập trình Delphi. Chương trình tính đã được áp dụng cho hồ Định Bình và hồ A Vương. Nghiên cứu đã đề xuất được mô hình tối ưu tổng quát của bài toán điều tiết vận hành hồ chứa đa mục đích, ứng dụng quy hoạch động và xây dựng chương trình tính để giải các mô hình trên, với kết quả tìm được đã cho thấy lợi ích đạt được là rất lớn so với cách vận hành theo biểu đồ điều phối hiện nay.

Ngô Lê Long, Henrik Madsen và Dan Rosbjerg [67] đã trình bày các quy tắc vận hành hồ Hòa Bình với mục đích phòng lũ cho Châu thổ sông Hồng và phát điện. Các tác giả đã đề xuất tối ưu quỹ đạo điều khiển vận hành hồ chứa Hòa Bình bằng cách ứng dụng tổ hợp mô hình mô phỏng (Mike 11) và mô hình tối ưu SCE (gói phần mềm Autocal của DHI, 2005a). Nghiệm tối ưu được thỏa hiệp giữa phòng lũ và phát điện cho vận hành hồ chứa Hòa Bình trong mùa lũ và mức nước hồ chứa tại bắt đầu của mùa khô. Kết quả chứng minh rằng quy tắc tối ưu có thể tìm thấy, so sánh quy tắc hiện hành giảm lũ hạ lưu và mức nước hồ, cho gia tăng sản xuất điện năng trong mùa lũ và trong mùa cạn.

Nguyễn Văn Hạnh và nnc [7] đã xây dựng bộ phần mềm của công nghệ điều hành hồ theo thời gian thực phục vụ đa mục tiêu và áp dụng cụ thể cho hồ Tuyên Lâm - Đà Lạt - Lâm Đồng. Bộ các phần mềm bao gồm phần mềm cơ sở dữ liệu, phần mềm dự báo dòng chảy đến hồ, phần mềm thu thập dữ liệu từ xa và phần mềm điều hành hồ tối ưu. Đầu ra của phần mềm thu thập dữ liệu, phần mềm dự báo dòng chảy đến và các dữ liệu dòng chảy đến trong quá khứ là đầu vào cho phần mềm điều hành hồ tối ưu. Kết quả tính toán là lượng nước cấp cho hạ du cho tất cả các thời đoạn trong năm.

Tăng Đức Thắng và các cộng sự [41] đã xây dựng phần mềm hỗ trợ vận hành hồ chứa trong điều kiện không có hệ thống quan trắc và dự báo dòng chảy. Trong nghiên cứu này các tác giả giới thiệu một công cụ tính toán xác định độ mở cửa van trong các tràn hồ chứa, cho các hồ có lưu vực vừa và lớn. Việc tính toán thử nghiệm qua một số trận lũ lịch sử và lớn cho thấy công cụ này có thể đáp ứng được cho việc vừa xả lũ, vừa tích nước theo các mục tiêu đặt ra.

Hà Ngọc Hiến, Nguyễn Hồng Phong, Trần Thị Hương và nnc [10] đã xây dựng mô hình vận hành tối ưu chống lũ theo thời gian thực cho hệ thống hồ chứa trên sông Đà và sông Lô với các mục tiêu là tối đa tổng dung tích chống lũ còn lại của các hồ, mực nước các hồ dâng đều và tối đa tổng dung tích chống lũ còn lại và mực nước hạ du và tổng dung tích chống lũ còn lại đi theo một quỹ đạo cho trước. Mô hình đã được áp dụng cho hệ thống sông Hồng gồm bốn hồ chứa Sơn La, Hòa Bình, Tuyên Quang và Thác Bà. Kết quả tính toán cho thấy hiệu quả chống lũ của mô hình.

Tô Thúy Nga [22] trong công trình nghiên cứu của mình Tác giả đã: (i) Thiết lập được chương trình tính cho mô hình mô phỏng (MOPHONG-LU) tích hợp được ba mô hình: Mô hình mưa dòng chảy, mô hình vận hành hồ chứa và diễn toán lũ trong sông cho vùng thượng du sông Vu Gia–Thu Bồn phục vụ cho dự báo lũ với thời gian dự kiến từ 3 đến 5 ngày làm cơ sở cho việc xác định chế độ vận hành hồ chứa theo thời gian thực. (ii) Lần đầu tiên xây dựng được phương pháp vận hành hồ chứa theo thời gian thực cho hệ thống hồ chứa trên sông Vu Gia –Thu Bồn thời kỳ mùa lũ một cách đầy đủ, có khả năng ứng dụng trong thực tế. (iii) Trên cơ sở nghiên cứu các phương án vận hành hệ thống hồ chứa phòng lũ, đã đề xuất phương án tăng dung tích phòng lũ và chế độ vận hành hợp lý nhằm nâng cao hiệu quả cắt giảm lũ cho hạ du, là cơ sở cho việc bổ sung quy trình liên hồ chứa đã được phê duyệt.

Nguyễn Sơn Hùng [9] đã đề xuất vấn đề vận hành hồ chứa ở nước ta qua kinh nghiệm của Nhật Bản. Tác giả cho rằng vai trò của vận hành hồ chứa rất quan trọng vì:

- Xả lũ không hợp lý sẽ gây tai hại như: (1) Gây tốc độ gia tăng mực nước sông ở hạ lưu cao; (2) ở đập.
- Vận hành và điều tiết lũ hợp lý sẽ: (1) Giảm lũ cho hạ lưu; (2) Sử dụng hiệu quả dung tích hồ chứa. Có nghĩa là hồ chứa vừa có hiệu quả giảm thiệt hại do lũ, vừa sử dụng tài nguyên nước hiệu quả hơn so với trước khi có hồ chứa.

Tác giả đưa ra 3 điều kiện chính yếu trong vận hành hồ chứa trong mùa lũ là:

- Xả lũ sao cho phải đảm bảo không gây tốc độ dâng mực nước sông ở hạ lưu quá nhanh (ở Nhật quy định vận tốc gia tăng mực nước phải dưới 30-50 cm/30 phút);
- Không xả nước vô ích (không có hiệu quả cho điều tiết lũ, thủy lợi, thủy điện);

- Giữ mực nước hồ như quy định trong quy trình vận hành hồ.

Qua khảo sát quá trình tiến triển các quy định và công nghệ về vận hành hồ chứa ở Nhật Bản, tác giả đề xuất như sau:

(1) Quy định một cơ quan đầu mối trách nhiệm quản lý sông, sử dụng hay khai thác sông và nước theo đơn vị lưu vực để tránh chồng chéo đưa đến kết quả giải quyết các tồn tại không hiệu quả, không toàn diện và mất nhiều thời gian. Về nhiệm vụ nghiên cứu để lập và ban hành các quy định pháp lý, tiêu chuẩn kỹ thuật cũng cần phương hướng tập trung và thống nhất như vậy. Cơ quan nào chuyên và chủ quản ngành nào phụ trách phần quy định pháp lý và tiêu chuẩn kỹ thuật của ngành đó, như vậy mới có thể quản lý nhất quán, sát với thực tế và tu sửa cái tiết kịp thời;

(2) Nghiên cứu bổ sung hoàn thiện quy định về lập quy trình và khả năng người trách nhiệm quản lý và vận hành hồ chứa. Biên soạn các sổ tay hướng dẫn cụ thể để lập quy trình chung và quy trình chi tiết đầy đủ để dễ dàng thực hiện ở hiện trường;

(3) Phương thức “Vận hành xả lũ theo mực nước hồ” có nhiều ưu điểm hiện nay rất cần được quan tâm để áp dụng thực tế là: (i) Vận hành không dựa vào lưu lượng vào hồ, (ii) Định thức hóa các yêu cầu vận hành bằng các chỉ tiêu định lượng, do đó ai vận hành cũng có kết quả như nhau, do đó, tính giải thích (accountability) hay tính minh bạch rất cao. Đối với nước ta, có thể suy nghĩ đây là cơ hội tốt để xem xét, nghiên cứu áp dụng rộng rãi trong nước, phương thức này thích hợp với điều kiện về thiết bị thiếu thốn và kỹ năng chưa cao của người phụ trách vận hành hồ chứa;

(4) Bổ sung nhiệm vụ điều tiết lũ và duy trì dòng chảy tối thiểu cho các hồ thủy lợi và thủy điện;

(5) Chuyển giao công nghệ, kinh nghiệm để sớm nâng cao công nghệ vận hành, cũng như quản lý và duy tu bảo dưỡng hồ chứa. Kế tiếp là đào tạo nhân rộng số chuyên gia và khuyến khích, tài trợ các công trình nghiên cứu vận hành, quản lý an toàn hồ chứa để tìm ra các biện pháp hay cải thiện thích hợp hơn nữa cho điều kiện của nước ta.

1.1.1.3. Một số nhận xét về các nghiên cứu trong và ngoài nước

a. *Nhận xét về các công trình nghiên cứu ngoài nước*

+ *Mục tiêu của các nghiên cứu:* Phát triển một mô hình tối ưu hóa quy hoạch

động (DP) để giải quyết tối ưu hóa hoạt động của hệ thống nhiều hồ chứa [70]; Vận hành lũ trên nguyên tắc tổng quát là mực nước hồ chứa không cho phép vượt quá giới hạn mực nước lũ trong suốt mùa lũ [64];

+ *Các công cụ, phương pháp đã và được đề xuất áp dụng*: Phương pháp tối ưu hóa đàn Kiến (Ant Colony Optimization -ACO), một kỹ thuật được đề xuất để đưa ra các sách lược vận hành cho một hệ thống hồ chứa đa mục đích [58]; một thuật toán di truyền đa mục tiêu tiến hóa vĩ mô hiệu quả (MMGA) để tối ưu hóa các đường cong quy tắc của hệ thống hồ chứa đa mục đích [63]; hàm mục tiêu và các ràng buộc được chuyển thành bài toán không ràng buộc bằng phương pháp hàm phạt ngoài, sau đó dùng thuật toán di truyền không ràng buộc để giải, hộp công cụ thuật toán di truyền trong phần mềm Matlab-7 đã được sử dụng để tối ưu hóa hoạt động của hồ chứa [66]; hệ thống phần mềm quản lý kiểm soát lũ các hồ chứa có thể được áp dụng cho một trung tâm kiểm soát lưu vực sông hoặc hồ chứa bằng cách sử dụng các cơ sở dữ liệu tiêu chuẩn quốc gia và dễ dàng tích hợp vào hệ thống kiểm soát lũ lụt quốc gia trong tương lai [83]; hệ thống cảnh báo, dự báo lũ trên cơ sở Web (WFFS) phát triển bằng ngôn ngữ Java bao gồm 5 mô đun chính: dữ liệu mưa theo thời gian thực, mô hình dự báo thủy văn, mô hình hiệu chỉnh, mô hình dự báo mưa, và phân tích lũ mang lại ý nghĩa thuận tiện hơn cho người dự báo lũ và điều khiển, cho phép phân bố thời gian thực trong phạm vi rộng, cảnh báo lũ tại các vị trí khác nhau theo không gian và thời gian [77]; mô phỏng vận hành thời gian thực từ chương trình HEC 5 được phát triển bởi US Army Corps of Engineers để xác định lượng xả hồ chứa trong mùa lũ bằng mô hình thủy văn và mô hình vận hành hồ chứa, so sánh 2 quỹ đạo vận hành điều khiển lũ cho hệ thống hồ chứa đa mục đích, xác định lượng xả thực từ hồ chứa thông qua hệ thống lũ dự phòng để minimum lượng lũ xả [78]; phát triển một mô hình hệ thống phân bố mưa-dòng chảy dựa trên hệ thống mô hình hướng đối tượng thủy văn (OHyMoS) cho lưu vực sông lớn để mô phỏng dự báo tại tám cửa ra, và có thể dễ dàng mở rộng cho các lưu vực lớn khác bằng cách kết hợp các mô hình phụ lưu vực vào hệ thống [79]; vận hành lũ thời gian thực trong quản lý hệ thống hồ chứa dựa trên cơ sở kết hợp mô hình tối ưu thuật toán di truyền (GA) vận hành hồ chứa cho hệ thống 2 hồ

chứa bậc thang [80]; kỹ thuật tối ưu – mô phỏng để giải quyết bài toán vận hành đa mục tiêu với các quy tắc cứng điều phối tối ưu và quy tắc tối ưu thời gian thực, quy tắc cứng sẽ sử dụng công cụ tối ưu – mô phỏng để đưa ra các quy tắc vận hành hồ chứa, quy tắc tối ưu thời gian thực được sử dụng tối ưu trực tuyến với mục đích dự báo ngắn hạn, điều tiết lũ, thủy điện và giảm lũ cho hạ lưu [81].

+ *Các kết quả, kết luận được rút ra:* Giải pháp tối ưu có được bằng cách tìm kiếm giải pháp tốt nhất trong số các giải pháp khả thi [70]; điều khiển động hồ chứa hiệu quả là đưa ra được phương pháp luận để so sánh giữa điều khiển lũ và bảo toàn vận hành hồ chứa trong suốt chu kỳ mùa lũ [64]; cho thấy rằng mô hình áp dụng phương pháp tối ưu hóa đàn Kiến (ACO) hoạt động tốt hơn so với mô hình dựa trên thuật toán di truyền (GA), về sản lượng điện hàng năm cao hơn, đồng thời đáp ứng nhu cầu tưới tiêu và hạn chế lũ lụt, đặc biệt là trong trường hợp vận hành hồ chứa đường chân trời trong thời gian dài [58]; bài toán kiểm tra điểm chuẩn chỉ ra rằng thuật toán di truyền đa mục tiêu tiến hóa vĩ mô hiệu quả (MMGA) được đề xuất mang lại các giải pháp trải rộng tốt hơn và hội tụ gần biên giới Pareto thực hơn so với thuật toán di truyền không phân loại-II (NSGA-II), và MMGA được đề xuất có tính cạnh tranh cao và cung cấp một giải pháp thay thế khả thi để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa đa mục tiêu cho quy hoạch và quản lý tài nguyên nước [63]; điều khiển động của hồ chứa được đánh giá bằng cách sử dụng mô phỏng Monte Carlo có thể hiệu quả gia tăng lượng điện phát điện và giảm tốc độ sóng lũ [64]; thủ tục tối ưu thời gian thực xa hơn cải thiện hiệu quả của vận hành hồ chứa và nâng cao khả năng mềm dẻo ra quyết định [81]

b. Nhận xét về các công trình nghiên cứu trong nước

Phương pháp kết hợp mô hình mô phỏng với mô hình điều khiển hệ thống, tích hợp mô hình dự báo mưa, lũ với mô hình vận hành hồ chứa, và thử nghiệm cho các kịch bản dòng chảy lũ khác nhau, từ đó xây dựng cơ sở khoa học vận hành hệ thống liên hồ chứa phòng lũ cho lưu vực [52]; mô hình thủy văn NAM được sử dụng trong việc kéo dài và đồng bộ dòng chảy lũ đến vị trí các hồ và tại các lưu vực bộ phận trên lưu vực, đề xuất quy tắc xả nước tạo dung tích chứa lũ không gây tác động tiêu cực cho hạ du [8].

Tối ưu đa mục tiêu hệ thống thủy lợi-thủy điện, với hai mục tiêu cực đại tổng

điện năng trong mùa cấp nước và cực tiểu tổng diện tích mặt hồ ứng với mực nước dâng bình thường, và dùng phương pháp quy hoạch phi tuyến tổng hạ nhanh nhất GRG (Generalized reduced gradient) để giải quyết một số vấn đề về mặt phương pháp luận và mô hình tính toán, về xử lý số liệu và về xác lập bài toán [1]; phương pháp nhận biết quy mô, dạng lũ để quyết định phương án điều hành hồ chứa hiện có sẽ được đưa vào từng quy trình cụ thể hồ chứa lớn dự kiến, trên cơ sở tổng hợp các phương án điều hành của từng hồ và thông qua tính toán dự báo để điều hành hệ thống hồ chứa thông qua quy trình điều hành chung [37].

Kỹ thuật tối ưu quy hoạch động để giải các mô hình toán và xây dựng chương trình tính bằng ngôn ngữ lập trình Delphi, đề xuất mô hình tối ưu tổng quát của bài toán điều tiết vận hành hồ chứa đa mục đích, ứng dụng quy hoạch động và xây dựng chương trình tính để giải các mô hình trên cho thấy lợi ích đạt được là rất lớn so với cách vận hành theo biểu đồ điều phối hiện nay [2]; đề xuất tối ưu quỹ đạo điều khiển vận hành hồ chứa bằng cách ứng dụng tổ hợp mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu, nghiệm tối ưu được thỏa hiệp giữa phòng lũ và phát điện cho vận hành hồ chứa trong mùa lũ và mực nước hồ chứa tại bắt đầu của mùa khô, chứng minh rằng quy tắc tối ưu có thể tìm thấy, so sánh quy tắc hiện hành giảm lũ hạ lưu và mực nước hồ, cho gia tăng sản xuất điện năng trong mùa lũ và trong mùa cạn [67];

Công nghệ điều hành hồ theo thời gian thực phục vụ đa mục tiêu bao gồm phần mềm cơ sở dữ liệu, phần mềm dự báo dòng chảy đến hồ, phần mềm thu thập dữ liệu từ xa và phần mềm điều hành hồ tối ưu. Kết quả tính toán là lượng nước cấp cho hạ du cho tất cả các thời đoạn trong năm [7]; Phần mềm hỗ trợ vận hành hồ chứa trong điều kiện không có hệ thống quan trắc và dự báo dòng chảy giới thiệu một công cụ tính toán xác định độ mở cửa van trong các tràn hồ chứa, cho các hồ có lưu vực vừa và lớn, cho thấy công cụ này có thể đáp ứng được cho việc vừa xả lũ, vừa tích nước theo các mục tiêu đặt ra [41]; mô hình vận hành tối ưu chống lũ theo thời gian thực cho hệ thống hồ chứa, với các mục tiêu là tối đa tổng dung tích chống lũ còn lại của các hồ, mực nước các hồ dâng đều và tối đa tổng dung tích chống lũ còn lại và mực nước hạ du và tổng dung tích chống lũ còn lại đi theo một quỹ đạo cho trước [10];

Chương trình tính cho mô hình mô phỏng (MOPHONG-LU) tích hợp được ba mô hình: Mô hình mưa dòng chảy, mô hình vận hành hồ chứa và diễn toán lũ trong sông cho vùng thượng du phục vụ cho dự báo lũ với thời gian dự kiến từ 3 đến 5 ngày làm cơ sở cho việc xác định chế độ vận hành hồ chứa theo thời gian thực, đề xuất phương án tăng dung tích phòng lũ và chế độ vận hành hợp lý nhằm nâng cao hiệu quả cắt giảm lũ cho hạ du, là cơ sở cho việc bổ sung quy trình liên hồ chứa đã được phê duyệt [22]; Vai trò của vận hành hồ chứa rất quan trọng vì: Xả lũ không hợp lý sẽ gây tai hại như: (1) Gây tốc độ gia tăng mực nước sông ở hạ lưu cao; (2) ở đập. Vận hành và điều tiết lũ hợp lý sẽ: (1) Giảm lũ cho hạ lưu; (2) Sử dụng hiệu quả dung tích hồ chứa. Có nghĩa là hồ chứa vừa có hiệu quả giảm thiệt hại do lũ, vừa sử dụng tài nguyên nước hiệu quả hơn so với trước khi có hồ chứa [9].

1.1.2. Dự báo các yếu tố đầu vào để tính toán hỗ trợ vận hành hồ chứa

1.1.2.1. Nghiên cứu ngoài nước

Jer Lang Hong và Kee An Hong [55] sử dụng các mô hình nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự báo dòng chảy trước một và hai bước thời gian cho các thời gian di chuyển khác nhau từ đập đến điểm lấy nước để giúp xác định điều tiết lượng nước xả từ các đập để vận hành hồ chứa hiệu quả hơn. Hai mô hình ANN khác nhau, Multi -Layer Perceptron (MLP) và General Regression Neural Network (GRNN), đã được phát triển và so sánh hiệu suất của chúng. Các biến đầu vào nội sinh và ngoại sinh như lưu lượng dòng chảy và lượng mưa với các độ trễ khác nhau đã được sử dụng và so sánh về khả năng đưa ra các dự báo về dòng chảy trong tương lai. Các biến đầu vào yêu cầu được quyết định dựa trên các đặc tính thống kê của lượng mưa và dòng chảy được ghi lại như tương quan chéo giữa dòng chảy và lượng mưa, tự tương quan tự động và từng phần của các dòng chảy tốt nhất trong việc đại diện cho phản ứng của lưu vực. Kết quả cho thấy cả hai phương pháp đều hoạt động tốt về R^2 nhưng các mô hình GRNN nhìn chung cho các giá trị RME và MAE thấp hơn cho thấy sự vượt trội của chúng so với các mô hình MLP.

Anusree .K, và K.O.Varghese [56] sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (ANN), hệ thống Logic mờ thần kinh thích ứng (ANFIS) và nhiều hồi quy phi tuyến (MNLR) để dự báo dòng chảy hàng ngày tại cửa ra của lưu vực sông Karuvannur, nằm ở quận Thrissur, Ấn

Độ, được trình bày trong nghiên cứu này. Dữ liệu lượng mưa từ chín trạm đo được sử dụng để phát triển mô hình. Các véc tơ đầu vào cho mô phỏng bao gồm các kết hợp khác nhau của lượng mưa và dòng chảy trước đó, với độ trễ thời gian khác nhau. Hiệu suất của các mô hình được đánh giá với các giá trị hiệu quả của mô hình RMSE và Nash-Sutcliffe. Kết quả cho thấy mô hình ANFIS dự báo dòng chảy hàng ngày chính xác hơn so với mô hình ANN và MNLR. Hơn nữa, mô hình ANFIS với sự kết hợp đầu vào của dòng chảy trước đó với độ trễ thời gian một ngày và lượng mưa trước thời gian với độ trễ thời gian ba và bốn ngày, tốt hơn tất cả các trường hợp khác được xem xét ở đây. Do đó, bằng cách sử dụng mô hình ANFIS với 3 đầu vào này, có thể dự báo lưu lượng hàng ngày của lưu vực sông Karuvannur với độ chính xác cao hơn.

Zedeh Mehdi cùng cộng sự [68] sử dụng các mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự báo dòng chảy hàng ngày. Mạng nơ-ron Perceptron nhiều lớp (MLP) được phát triển bằng cách sử dụng năm véc tơ đầu vào dẫn đến năm mô hình ANN: MLP1, MLP2, MLP3, MLP4 và MLP5. Hai hàm kích hoạt đã được sử dụng và chúng là sigmoid logistic và sigmoid tiếp tuyến. Thuật toán MLP_Levenberg – Marquardt (LM) được sử dụng để huấn luyện các mô hình ANN. Bản ghi dữ liệu 5 năm, được chọn ngẫu nhiên, được sử dụng cho đào tạo và kiểm tra ANN. Dòng ra dự báo cho thấy rằng chức năng kích hoạt sigmoid tiếp tuyến hoạt động tốt hơn so với chức năng kích hoạt sigmoid logistic. Các giá trị R^2 và RMSE cho MLP4 với chức năng kích hoạt sigmoid tiếp tuyến trong thời gian xác nhận tương ứng bằng 0,89 và 1,7 m³/s. Các véc tơ đầu vào thích hợp cho MLP được xác định bằng phân tích tương quan. Người ta nhận thấy rằng lượng mưa và xả trước đó với độ trễ thời gian 1 ngày như một vectơ đầu vào được dự đoán tốt nhất về dòng chảy hàng ngày. Ngoài ra, so sánh các MLP cho thấy rằng việc tăng dữ liệu đầu vào không phải lúc nào cũng hữu ích.

Zadeh Mehdi cùng cộng sự [69] nghiên cứu so sánh bốn thuật toán mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự tính lưu lượng xả hàng tháng. Các thuật toán này, bao gồm lan truyền ngược linh hoạt (ANN_RP), gradient liên hợp theo tỷ lệ (ANN_SCG), tốc độ học thay đổi (ANN_GDX) và Levenberg – Marquardt (ANN_LM), đã được áp dụng cho dữ liệu khối lượng xả hàng tháng. Hàm truyền được sử dụng là sigmoid tiếp tuyến

và các véc tơ đầu vào được xây dựng theo những cách khác nhau trong quá trình phát triển thuật toán. Các thuật toán được đào tạo và thử nghiệm bằng cách sử dụng bản ghi dữ liệu 36 năm (432 giá trị hàng tháng) được chọn ngẫu nhiên. So sánh các thuật toán cho thấy ANN_SCG hoạt động tốt hơn các thuật toán khác, trong đó các giá trị của R^2 và sai số bình phương trung bình căn trong quá trình xác thực là 0,78 và 63 triệu mét khối. Hơn nữa, véc tơ đầu vào bao gồm lượng mưa $[P(t)]$, lượng mưa trước $[P(t-1)]$ và lưu lượng xả hàng tháng trước đó với độ trễ một lần $[V(t-1)]$ vượt trội hơn so với các véc tơ đầu vào khác để dự đoán khối lượng xả hàng tháng.

Shahrokh Asadi, Jamal Shahrabi, Peyman Abbaszadeh, Shabnam Tabanmehr [71] đề xuất một mô hình thông minh kết hợp để dự báo dòng chảy. Mô hình được đề xuất là sự kết hợp của các phương pháp tiền xử lý dữ liệu, thuật toán di truyền và thuật toán Levenberg–Marquardt (LM) để học các mạng nơ-ron chuyển tiếp nguồn cấp dữ liệu. Trên thực tế, nó phát triển trọng số ban đầu của mạng nơ-ron với thuật toán LM bằng cách sử dụng thuật toán di truyền. Các tác giả cũng sử dụng các phương pháp xử lý trước dữ liệu như biến đổi dữ liệu, lựa chọn biến đầu vào và phân cụm dữ liệu để cải thiện độ chính xác của mô hình. Khả năng của phương pháp đề xuất được kiểm tra bằng cách áp dụng nó để dự báo dòng chảy tại lưu vực sông Aghchai thuộc Tây Nam Iran. Kết quả cho thấy rằng phương pháp này có thể dự đoán dòng chảy chính xác hơn so với các mô hình ANN và Hệ thống logic mờ thần kinh thích ứng (ANFIS).

Muhammad Tayyab, Jianzhong Zhou, Xiaofan Zeng, và Rana Adnan [72] đã áp dụng ba loại Mạng thần kinh nhân tạo (ANN) khác nhau và một mô hình tự hồi quy để nghiên cứu lưu vực sông Jinsha-Kim Sa (JRB), ở Trung Quốc. Ba kỹ thuật ANN bao gồm mạng nơ-ron truyền ngược (FFBPNN), mạng nơ-ron hồi quy tổng quát (GRNN) và mạng nơ-ron hàm cơ sở xuyên tâm (RBFNN). Mạng thần kinh nhân tạo (ANN) đã cho thấy độ chính xác cao so với mô hình tự hồi quy thống kê (AR) vì mô hình thống kê không thể mô phỏng mô hình phi tuyến tính. Kết quả khác nhau giữa các trường hợp được sử dụng trong nghiên cứu dựa trên dữ liệu sẵn có và khu vực nghiên cứu, FFBPNN cho thấy khả năng ứng dụng tốt nhất so với các kỹ thuật khác.

Vahid, và Nourani [73] đã trình bày việc triển khai thủy văn đầu tiên của mạng

lưới thần kinh nhân tạo cảm xúc (EANN), như một thể hệ mới của các mô hình dựa trên Trí tuệ nhân tạo để lập mô hình lượng mưa hàng ngày-dòng chảy (r-r) của các lưu vực Mosselle và Lobbs Hole Creek, Australia. EANN bao gồm các thông số cảm xúc mô phỏng nhằm mục đích cải thiện quá trình học qua mạng. EANN được đào tạo bởi một phiên bản sửa đổi của thuật toán lan truyền ngược (BP) đã được áp dụng để dự báo dòng chảy trước một và nhiều bước của hai lưu vực với hai điều kiện khí hậu khác biệt. Cũng để đánh giá khả năng của EANN được đào tạo bằng tập dữ liệu đào tạo nhỏ hơn, ba chiến lược phân chia dữ liệu với số lượng mẫu huấn luyện khác nhau xem xét cho mục đích huấn luyện. So sánh tổng thể các kết quả thu được của mô hình r-r chỉ ra rằng EANN có thể vượt trội hơn so với mô hình mạng nơ-ron chuyển tiếp nguồn cấp dữ liệu thông thường (FFNN) tới 13% và 34% về tiêu chí hiệu quả đào tạo và xác minh, tương ứng. Tính ưu việt của EANN so với ANN cổ điển là do khả năng nhận biết và phân biệt các tình huống khô (ngày không mưa) và ẩm ướt (ngày mưa) bằng cách sử dụng các thông số nội tiết tố của hệ thống cảm xúc nhân tạo.

1.1.2.2. Nghiên cứu trong nước

Lê Văn Nghinh và cộng sự [25] đã nghiên cứu dự báo mực nước lũ trước 6 giờ cho khu vực tỉnh Bình Định và Quảng Trị bằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo chạy trên phần mềm Neuro Solution và phương pháp phân tích hồi quy nhiều biến MVR (Multi-variable regression). Đây là các phương pháp đơn giản nhưng tận dụng triệt để các thông tin (dữ liệu đo đạc) hiện có trên lưu vực và đặc biệt rất thuận tiện cho việc dự báo tác nghiệp. Kết quả đạt được của nghiên cứu này cho thấy khả năng ứng dụng rất tốt của mô hình mạng trí tuệ nhân tạo ANN - mạng Nơ-ron thần kinh với thuật toán lan truyền ngược (BPNN) vào dự báo thủy văn. Khả năng ứng dụng này không chỉ dừng lại ở hướng nghiên cứu BPNN mà còn ở các hướng khác như mạng Fuzzy và sự kết hợp với các thuật toán giải đoán gen GA để tìm mạng tốt nhất nâng cao hiệu quả và giảm thời gian chạy mô hình.

Hà Quang Thụy, Phạm Thị Hoàng Nhung [43] đã nghiên cứu ứng dụng mạng nơ-ron nhiều lớp lan truyền thẳng làm công cụ cho dự báo lưu lượng nước đến hồ Hoà Bình với giải thuật học lan truyền ngược sai số. Chỉ số sai số căn quân phương

- RMSE và chỉ số xác định R^2 được sử dụng để đánh giá độ chính xác của dự báo. Các tác giả đã tiến hành thử nghiệm một số phương án dự báo để tìm ra phương án tối ưu. Để thực hiện điều này các tác giả đã xây dựng một phần mềm mô phỏng mạng nơ-ron truyền thẳng sử dụng thuật toán học lan truyền ngược sai số. Phần mềm được phát triển riêng cho việc dự báo dòng chảy do đó trong quá trình chạy các tham số dự báo luôn được tính toán và hiển thị trực quan giúp cho người dự báo dễ dàng lựa chọn các phương án. Kết quả thu được khá khả quan với chỉ số R^2 đạt 0.8737, một chỉ số khá cao đối với dự báo lưu lượng nước trước 10 ngày;

Nguyễn Trung Tính, Trần Văn Tỷ và Huỳnh Vương Thu Minh [26] đã nghiên cứu đánh giá và lựa chọn mô hình khí hậu toàn cầu GCMs (Global Climate Models) từ Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5) thích hợp cho khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Phương pháp thống kê được sử dụng để đánh giá độ tin cậy các mô hình GCMs thông qua các chỉ số (sai số bình phương trung bình chuẩn hóa (NRMSE), sai số trung bình chuẩn hóa (NME), phần trăm sai lệch (PBias)) và các mô hình GCMs được chọn được tích hợp theo gia trọng (W_i). Từ kết quả tích hợp này, xu hướng thay đổi lượng mưa tương lai (2015-2040 từ CMIP5) theo các kịch bản phát thải thấp (RCP2.6), trung bình (RCP4.5) và cao (RCP8.5) được phân tích và đánh giá. Kết quả phân tích thống kê (của 16 mô hình) cho thấy khả năng mô phỏng lượng mưa của các mô hình tương đối khác nhau. Từ kết quả này, 5 mô hình gồm BBC-CSM 1.1, GFDL-CM3, MIROC5, MRI-CGCM3, và NoESM1-M được chọn (dựa vào các chỉ số trên) để tích hợp theo gia trọng (W_i). Kết quả tích hợp 5 mô hình trên theo gia trọng có khả năng mô phỏng tốt lượng mưa cho khu vực, với các giá trị PBias và NSE (Hệ số Nash Sutcliffe) lần lượt là +2,3% và 0,87.

Ngô Lê An, Lê Thị Hải Yến, Ngô Lê Long, và Nguyễn Thị Thu Hà [27] đã nhận định các mô hình khí hậu toàn cầu hoặc khu vực đang được sử dụng rộng rãi để mô phỏng các thông tin khí tượng trên một phạm vi không gian dù kết quả mô phỏng lượng mưa từ các mô hình này vẫn còn các sai số. Trong nghiên cứu này tám phương pháp hiệu chỉnh đại diện cho ba nhóm biến đổi dựa vào phân bố xác suất lý thuyết, biến đổi có tham số và biến đổi phi tham số được đưa vào đánh giá. Chỉ tiêu bình quân sai số tuyệt

đôi (MAE) được sử dụng để xếp hạng các phương pháp được tính toán từ phương pháp đánh giá chéo (cross-validation). Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhóm phương pháp biến đổi phi tham số có hiệu quả cao nhất cả về hiệu chỉnh cường độ mưa lẫn số ngày có mưa. Các phương pháp thuộc nhóm hàm phân bố xác suất cho hiệu quả thấp nhất vì các hàm phân bố khó mô tả chính xác biến động mưa ngày. Các hàm phân phối xác suất có nhiều thông số hơn cho kết quả tốt hơn các hàm ít thông số vì nó dễ mô tả tần suất kinh nghiệm chính xác hơn. Điều này càng thể hiện rõ khi xét trên không gian các trạm đo, các sai số lớn thường ở các trạm đo mưa gần biển nơi có lượng mưa ngày lớn kèm theo sự biến động của nó cao theo thời gian. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tại vị trí các trạm đo mưa có lượng mưa ngày lớn sẽ cho kết quả tính toán sai số nhiều nhất do khả năng ngoại suy các giá trị cực trị của các phương pháp hiệu chỉnh vẫn còn hạn chế.

Ngô Lê An, và Nguyễn Thị Bích Ngọc [28] đã nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ đến các hồ chứa chính trên lưu vực sông Ba. Các phương pháp chính được sử dụng trong nghiên cứu này là: *phương pháp thống kê và xử lý số liệu, phương pháp kế thừa nghiên cứu*, và *phương pháp mô hình toán* dùng các mô hình thủy văn mưa dòng chảy (HEC-HMS) trong lưu vực, mô hình mô phỏng vận hành hồ chứa (HEC-RESSIM) kết hợp với kết quả dự báo từ mô hình khí tượng BOLAM. Căn cứ vào kết quả mô phỏng dòng chảy đến hồ tiến hành dự báo theo 2 phương án:

+ *Phương án 1*: Tại thời điểm bắt đầu dự báo dựa vào mưa và quá trình dòng chảy tại các thời đoạn trước tiến hành dự báo lũ cho 6h sau và trong 6h đó coi mưa trên toàn lưu vực là bằng 0. Tại thời điểm 6h tiếp theo khi đã biết mưa xảy ra ở thời đoạn trước tiếp tục tiến hành dự báo cho 6h sau đó với giả thiết mưa như trên để tính lưu lượng dòng chảy toàn trận lũ.

+ *Phương án 2*: Từ kết quả mưa lưới dự báo trước 24h để tính toán dự báo lũ trên lưu vực: Tại thời điểm bắt đầu dự báo dựa vào mưa và quá trình dòng chảy tại các thời điểm trước tiến hành dự báo lũ cho 6h sau và trong 6h đó lượng mưa trên lưu vực được lấy từ kết quả mưa dự báo. Tại thời điểm 6h tiếp theo khi đã biết mưa xảy ra ở thời đoạn trước tiếp tục tiến hành dự báo cho 6h sau và mưa trong thời đoạn được lấy từ kết quả mưa dự báo để dự báo dòng chảy trận lũ.

Cả 2 phương án đều tính toán dự báo thử nghiệm với trận lũ tháng 11 năm 2009 để dự báo dòng chảy đến cho các hồ Củng Sơn, An Khê, và Ayun Hạ. Mặc dù cả 2 phương án dự báo bước đầu dự báo chỉ với thời gian dự kiến là 6 giờ nhưng đều cho kết quả đánh giá tương đối tốt, cho thấy chỉ số đảm bảo cả 2 phương án đều đạt trên 80%. Tuy nhiên, dự báo lũ theo phương án 2 có sử dụng mưa dự báo cho kết quả tốt hơn (nhưng chưa nhiều) so với phương án 1 khi không sử dụng mưa dự báo, nhưng đây cũng là kết quả khả quan để đưa ra hướng đi mới đó là dự báo lũ có kết hợp với mưa dự báo để cải thiện chất lượng dự báo và kéo dài thời gian dự kiến.

Nguyễn Đăng Tính [44], *“Ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo để dự báo mưa và dòng chảy làm cơ sở cho công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai hạn hán trên một số lưu vực thuộc Tây Nguyên Việt Nam”*. Kết quả dự báo dòng chảy và mưa trên 3 lưu vực sông thuộc vùng Tây nguyên đóng một vai trò vô cùng quan trọng trong công tác cảnh báo hạn sớm cho vùng Tây nguyên. Kết quả dự báo của mô hình cho thấy rằng hệ số hạn được tính toán từ mưa, dòng chảy và kết hợp cả hai yếu tố khí tượng thủy văn quan trắc ngoài hiện trường như mực nước trong các hồ chứa, trên các sông, mực nước ngầm, lưu lượng nước ngầm vv... sẽ cung cấp thông tin rất hữu hiệu cho các nhà quản lý, các nhà cung cấp dịch vụ nước để chuẩn bị phương án phòng tránh, đối phó và giảm nhẹ tác hại do thiếu hụt nguồn nước. Thiệt hại do hạn hán là do những khách quan và chủ quan gây ra cho nên cần phải có văn bản pháp luật hướng dẫn cụ thể phòng chống hạn. Ở khu vực Tây Nguyên tài liệu mưa khá phong phú, tài liệu đo đạc dòng chảy ít hơn. Số liệu thiếu nhất là dung tích trữ các hồ chứa, nhiều hồ chứa vừa và nhỏ hầu như không có số liệu quan trắc. Về lâu dài cần thiết lập được hệ thống quan trắc mực nước hồ để chủ động điều tiết, sử dụng nước một cách hiệu quả nhất, và cần xây dựng một hệ thống giám sát và đo đạc các yếu tố khí tượng thủy văn, địa chất thủy văn, bề mặt thảm phủ vv... có độ chính xác cao để phục vụ trong công tác cảnh báo sớm các dấu hiệu thiếu hụt nguồn nước để làm cơ sở vững chắc trong công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai hạn hán trên phạm vi toàn quốc.

Huỳnh Ái Phương, và Đào Nguyên Khôi [33], *“Ứng dụng mạng nơ-ron lan truyền ngược được tích hợp trong module nntool của Matlab để nghiên cứu cho lưu vực sông*

Srêpôk”. Mô hình ANN được sử dụng để mô phỏng lưu lượng dòng chảy cho lưu vực sông Sêrêpôk. Kết quả phân tích cho thấy các giá trị lượng mưa với thời gian trễ là 2 ngày và lưu lượng với thời gian trễ là 1 ngày được chọn làm đầu vào cho mô hình ANN. Tương ứng với các số liệu đầu vào này, 3 mô hình ANN: ANN1, ANN2, và ANN3 được phát triển. Kết quả hiệu chỉnh cho thấy mô hình ANN2 với 3 thông số đầu vào: $P(t)$, $P(t-1)$, và $Q(t-1)$ cho kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy tại trạm Bản Đôn tốt nhất ($NSE = 0,95$ cho giai đoạn hiệu chỉnh và $NSE = 0,96$ cho giai đoạn kiểm định) so với 2 mô hình ANN còn lại. Bên cạnh đó, kết quả so sánh các mô hình ANN với các thông số đầu vào khác nhau cũng cho thấy rằng việc tăng các thông số đầu vào không phải lúc nào cũng cho kết quả tốt hơn. Do đó, việc lựa chọn các thông số đầu vào cho mô hình ANN có ảnh hưởng nhất định đến độ chính xác của kết quả mô phỏng.

1.1.2.3. Tóm lược một số kết quả về các nghiên cứu trong và ngoài nước

+ *Các nghiên cứu ngoài nước*: Hằng số suy thoái được suy ra bằng cách sử dụng dữ liệu dòng chảy, và các dòng chảy trong tương lai được dự báo bằng cách sử dụng dòng chảy hiện tại và các hằng số suy thoái giả định rằng không có mưa trong thời gian tới, nơi các dự báo được đưa ra. Các biến đầu vào yêu cầu được quyết định dựa trên các đặc tính thống kê của lượng mưa và dòng chảy được ghi lại như tương quan chéo giữa dòng chảy và lượng mưa, tự tương quan tự động và từng phần của các dòng chảy tốt nhất trong việc đại diện cho phản ứng của lưu vực [55]; mô hình hệ thống Logic mờ thần kinh thích ứng (ANFIS) dự báo dòng chảy hàng ngày chính xác hơn so với mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) và nhiều hồi quy phi tuyến (MNLR), mô hình ANFIS với sự kết hợp đầu vào của dòng chảy trước đó với độ trễ thời gian một ngày và lượng mưa trước thời gian với độ trễ thời gian ba và bốn ngày, có thể dự báo lưu lượng hàng ngày của lưu vực sông với độ chính xác cao hơn [56]; Mạng nơ-ron Perceptron nhiều lớp (MLP) được phát triển bằng cách sử dụng năm véc tơ đầu vào dẫn đến năm mô hình ANN: MLP1, MLP2, MLP3, MLP4 và MLP5. Hàm kích hoạt sigmoid logistic và sigmoid tiếp tuyến đã được sử dụng. Thuật toán MLP_Levenberg – Marquardt (LM) được sử dụng để huấn luyện các mô hình ANN. Dòng ra dự báo cho thấy rằng chức năng kích hoạt sigmoid tiếp tuyến hoạt động tốt

hơn so với chức năng kích hoạt sigmoid logistic [68]; bốn thuật toán mạng nơ-ron nhân tạo (ANN): lan truyền ngược linh hoạt (ANN_RP), gradient liên hợp theo tỷ lệ (ANN_SCG), tốc độ học thay đổi (ANN_GDX) và Levenberg – Marquardt (ANN_LM) được so sánh để dự đoán lưu lượng xả hàng tháng. Hàm truyền được sử dụng là sigmoid tiếp tuyến và các véc tơ đầu vào được xây dựng theo những cách khác nhau trong quá trình phát triển thuật toán, cho thấy ANN_SCG hoạt động tốt hơn các thuật toán khác. Véc tơ đầu vào bao gồm lượng mưa $[P(t)]$, lượng mưa trước $[P(t-1)]$ và lưu lượng xả hàng tháng trước đó với độ trễ một lần $[V(t-1)]$ vượt trội hơn so với các véc tơ đầu vào khác để dự đoán khối lượng xả hàng tháng [69]; phương pháp mô hình thông minh kết hợp của các phương pháp tiền xử lý dữ liệu, thuật toán di truyền và thuật toán Levenberg–Marquardt (LM) để học các mạng nơ-ron chuyển tiếp nguồn cấp dữ liệu để dự báo dòng chảy, nó phát triển trọng số ban đầu của mạng nơ-ron với thuật toán LM bằng cách sử dụng thuật toán di truyền. Kết quả cho thấy rằng phương pháp mô hình thông minh kết hợp có thể dự đoán dòng chảy chính xác hơn so với các mô hình Mạng lưới thần kinh nhân tạo (ANN) và Hệ thống logic mờ thần kinh thích ứng (ANFIS) [71]; ba kỹ thuật ANN bao gồm mạng nơ-ron truyền ngược truyền ngược (FFBPNN), mạng nơ-ron hồi quy tổng quát (GRNN) và mạng nơ-ron hàm cơ sở xuyên tâm (RBFNN) và một mô hình tự hồi quy để nghiên cứu lưu vực sông. Mạng thần kinh nhân tạo (ANN) đã cho thấy độ chính xác cao so với mô hình tự hồi quy thống kê (AR) vì mô hình thống kê không thể mô phỏng mô hình phi tuyến tính, FFBPNN cho thấy khả năng ứng dụng tốt nhất so với các kỹ thuật khác [72]; Ngoài trọng lượng và độ lệch thông thường, mạng lưới thần kinh nhân tạo cảm xúc (EANN) được đào tạo bởi một phiên bản sửa đổi của thuật toán lan truyền ngược (BP) đã được áp dụng để dự báo dòng chảy trước một và nhiều bước của hai lưu vực với hai điều kiện khí hậu khác biệt, kết quả chỉ ra rằng EANN có thể vượt trội hơn so với mô hình mạng nơ-ron chuyển tiếp nguồn cấp dữ liệu thông thường (FFNN) tới 13% và 34%. Tính ưu việt của EANN so với ANN cổ điển là do khả năng nhận biết và phân biệt các tình huống khô (ngày không mưa) và ẩm ướt (ngày mưa) bằng cách sử dụng các thông số nội tiết tố của hệ thống cảm xúc nhân tạo [73].

+ *Các nghiên cứu trong nước*: Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo chạy trên phần mềm Neuro Solution và phương pháp phân tích hồi quy nhiều biến MVR (Multi-variable regression) cho thấy khả năng ứng dụng rất tốt của mô hình mạng trí tuệ nhân tạo ANN với thuật toán lan truyền ngược (BPNN) vào dự báo thủy văn. Khả năng ứng dụng này không chỉ dừng lại ở hướng nghiên cứu BPNN mà còn ở các hướng khác như mạng Fuzzy và sự kết hợp với các thuật toán giải đoán gen GA để tìm mạng tốt nhất nâng cao hiệu quả và giảm thời gian chạy mô hình [25]; một phần mềm mô phỏng mạng nơ-ron truyền thẳng sử dụng thuật toán học lan truyền ngược sai số được phát triển riêng cho việc dự báo dòng chảy do đó trong quá trình chạy các tham số dự báo luôn được tính toán và hiển thị trực quan giúp cho người dự báo dễ dàng lựa chọn các phương án [43]; Phương pháp thống kê được sử dụng để đánh giá độ tin cậy các mô hình khí hậu toàn cầu (GCMs-Global Climate Models) thông qua các chỉ số (sai số bình phương trung bình chuẩn hóa (NRMSE), sai số trung bình chuẩn hóa (NME), phần trăm sai lệch (PBias)) và các mô hình GCMs được chọn được tích hợp theo gia trọng (W_i), 5 mô hình gồm BBC-CSM 1.1, GFDL-CM3, MIROC5, MRI-CGCM3, và NoESM1-M được chọn (dựa vào các chỉ số trên) để tích hợp theo gia trọng (W_i) có khả năng mô phỏng tốt lượng mưa và để đánh giá xu thế và ảnh hưởng của thay đổi lượng mưa đến quản lý tài nguyên nước trong tương lai cho khu vực nghiên cứu [26]; Chỉ tiêu bình quân sai số tuyệt đối (MAE) được sử dụng để xếp hạng các phương pháp được tính toán từ phương pháp đánh giá chéo (cross-validation). Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhóm phương pháp biến đổi phi tham số có hiệu quả cao nhất cả về hiệu chỉnh cường độ mưa lẫn số ngày có mưa. Các phương pháp thuộc nhóm hàm phân bố xác suất cho hiệu quả thấp nhất vì các hàm phân bố khó mô tả chính xác biến động mưa ngày. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tại vị trí các trạm đo mưa có lượng mưa ngày lớn sẽ cho kết quả tính toán sai số nhiều nhất do khả năng ngoại suy các giá trị cực trị của các phương pháp hiệu chỉnh vẫn còn hạn chế [27]; Phân tích tương quan về thời gian của chuỗi số liệu lượng mưa với thời gian trễ là 2 ngày và lưu lượng với thời gian trễ là 1 ngày được sử dụng để xác định đầu vào cho mô hình ANN. Tương ứng với các số liệu đầu vào này, 3 mô hình ANN: ANN1, ANN2, và ANN3 được phát triển. Kết quả cho thấy rằng việc tăng các thông số đầu vào không phải lúc

nào cũng cho kết quả tốt hơn. Do đó, việc lựa chọn các thông số đầu vào cho mô hình ANN có ảnh hưởng nhất định đến độ chính xác của kết quả mô phỏng [33].

Nhận xét chung về các nghiên cứu trong và ngoài nước:

Đặc điểm dễ nhận thấy những nghiên cứu ngoài nước có xu hướng ứng dụng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo vào công tác dự báo dòng chảy ngày một phát triển, các mô hình dự báo cho ra kết quả tốt, đạt được độ chính xác và tin cậy cao về mặt khoa học. Các nghiên cứu về sự kết hợp giữa mạng nơ-ron đa lớp và các thuật toán mới ngày một nhiều hơn nhằm tìm ra những mô hình tối ưu phục vụ công tác dự báo dòng chảy. Một số nghiên cứu cũng cho thấy kết quả dự báo ngắn hạn thường đạt độ chính xác cao hơn các dự báo dài hạn, các nghiên cứu ngoài nước đã chỉ ra được ưu điểm khi ứng dụng phương pháp ANN vào công tác dự báo dòng chảy là giải quyết được vấn đề về thiếu số liệu đối với những khu vực mà các trạm đo đặc khí tượng thủy văn không nhiều, khó áp dụng các công cụ mô hình thủy văn với dữ liệu phức tạp, và tính phi tuyến tính trong chuỗi dữ liệu thủy văn cũng được giải quyết khi sử dụng các mô hình ANN. Ngoài ra, các nghiên cứu về những giải thuật huấn luyện mạng nơ-ron nhân tạo cũng minh chứng rằng các phương pháp này hoàn toàn phù hợp cho dự báo dòng chảy sông.

Các nghiên cứu trong nước chủ yếu cho các hồ chứa phát điện có kết hợp tưới, những nghiên cứu về các hồ chứa chỉ cho mục đích thủy lợi có dung tích không lớn và thường thuộc phạm vi phục vụ trong một tỉnh. Hơn nữa, mỗi công trình nghiên cứu hầu như chỉ áp dụng cho một hệ thống cụ thể mà chưa thể áp dụng được rộng rãi cho những hệ thống khác nhau, điều này có thể hiểu được là do mỗi hệ thống nằm trong các vùng địa lý khác nhau và có tính đặc thù địa phương (*đặc biệt chế độ thủy văn, thủy lực*), cũng như gắn với mục tiêu, nhiệm vụ riêng. Các tác giả đã ứng dụng nhiều loại mô hình như RAMS, HEC-HMS, HECRESSIM, BOLAM, mạng nơ-ron nhân tạo, NAM vào tính toán và dự báo lũ. Trong số đó, kỹ thuật dự báo lũ từ các mô hình mô phỏng được ứng dụng rộng rãi, tuy nhiên các mô hình mô phỏng phụ thuộc nhiều vào số liệu đầu vào, trong đó mưa dự báo là yếu tố quan trọng nhất. Chỉ có một số ít lưu vực có thông tin dự báo mưa, vì vậy thông tin dự báo dòng chảy về hồ thường ở thể bị động, chưa hỗ trợ điều hành đủ tốt cho nhiệm vụ phòng và giảm lũ cho hạ

du. Đã có một vài nghiên cứu quan tâm đến việc xây dựng công nghệ dự báo và công nghệ nhận dạng lũ, nâng cao khả năng dự báo (*từ ngắn hạn lên trung hạn*) để phục vụ cho công tác phòng chống lũ và điều hành hồ chứa ở các tỉnh miền Trung và miền Bắc [7], [8], [22]. Tuy nhiên do đặc điểm lũ ở mỗi vùng có sự khác nhau, chẳng hạn như đặc điểm lũ trên lưu vực hồ Dầu Tiếng là lên và xuống thường chậm hơn so với ở các lưu vực ở miền Trung hay miền Bắc, vì vậy cần phải có những nghiên cứu tính toán và dự báo mưa lũ phù hợp với điều kiện của từng vùng.

1.1.3. Nghiên cứu về vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng

Công trình Thủy lợi Dầu Tiếng được đưa vào khai thác vận hành từ năm 1985, là một trong số ít những công trình thủy lợi khai thác đa mục tiêu và phục vụ cho nhiều tỉnh, thành phố. Để đáp ứng yêu cầu thực tiễn, phát huy tiềm năng tổng hợp của công trình, đã có nhiều nghiên cứu trong nước được thực hiện trong thời gian qua. Một số công trình tiêu biểu được thể hiện qua hai nhóm nghiên cứu như: (i) Nghiên cứu về vận hành hồ chứa; (ii) Nghiên cứu hỗ trợ điều hành cấp nước, xả nước đầy mặn.

1.1.3.1. Nghiên cứu về vận hành hồ chứa

Nguyễn Tuấn Long, Đinh Công Sản [34], “*Tính toán dòng chảy và điều tiết lũ ứng với 03 mô hình mưa điển hình trên lưu vực hồ Dầu Tiếng*”. Trong nghiên cứu này các tác giả đã sử dụng tài liệu thực đo từ năm 1978 đến 2008, áp dụng mô hình toán NAM để tính toán mô phỏng dòng chảy lũ và áp dụng nguyên lý, phương pháp thử dần để tính toán điều tiết dòng chảy lũ ứng với 03 mô hình mưa cho công trình hồ chứa Dầu Tiếng.

Trịnh Thị Xuân Phương [32], “*Tích hợp công nghệ thông tin địa lý và mô hình mạng nơ-ron nhân tạo phục vụ việc quản lý nguồn nước lưu vực sông Đồng Nai*”. Kết quả đạt được của nghiên cứu này là:

- *Ứng dụng công nghệ GIS để xây dựng bản đồ “số hóa” cho lưu vực sông Đồng Nai*: Các đối tượng được thu thập, tổ chức và lưu trữ đầy đủ trong chương trình, từ các đối tượng cơ bản, đóng vai trò “bản đồ nền” đến các đối tượng mang tính đặc trưng cho đặc điểm địa lý thủy văn trong lưu vực. Khi có nhu cầu, người dùng có thể tích hợp thêm các mô đun khác vào chương trình và sử dụng bộ dữ liệu đã được tạo sẵn này.

- *Xây dựng chương trình ANN thực hiện việc dự báo lưu lượng, mực nước tại các*

trạm thủy văn trong lưu vực: Chương trình ANN một lần nữa đã chứng tỏ được sự phù hợp trong việc tìm ra mối quan hệ không tường minh giữa các đối tượng, cụ thể ở đây chính là mối quan hệ giữa các biến lưu lượng, lượng mưa, mực nước đầu vào và biến lưu lượng, mực nước ở đầu ra. Chương trình thực hiện và cho độ chính xác cao trong việc thực hiện dự báo lưu lượng, mực nước tại các trạm thủy văn trong lưu vực. Với tính tin cậy này, dữ liệu được tính từ chương trình ANN có thể được sử dụng để làm dữ liệu đầu vào cho các mô hình khác trong quy trình tính toán điều hành hồ chứa.

– *Tích hợp giữa chương trình ANN và chương trình GIS:* Kỹ thuật chính được dùng để kết nối giữa hai chương trình này với nhau đó là DDE (Dynamic Data Exchange). Người dùng có thể thao tác trên giao diện GIS để chọn các trạm nguồn - đích đưa vào chương trình ANN và thao tác trên giao diện của chương trình ANN để lấy về dữ liệu đo của các trạm này được lưu trong cơ sở dữ liệu Access (bằng kỹ thuật ADO). Nhờ đó các dữ liệu cần thiết có thể được truyền đi qua lại giữa các ứng dụng riêng biệt. Việc tích hợp của chương trình ANN cùng với dữ liệu quan trắc tại các trạm trong cơ sở dữ liệu Access vào chương trình GIS hoàn toàn trong suốt đối với người dùng. Điều này giúp người dùng dễ dàng sử dụng chương trình, khi đối tượng sử dụng ở đây là những người trong lĩnh vực quản lý nguồn nước, có thể không biết hoặc không quan tâm đến những kỹ thuật trong công nghệ thông tin.

Nguyễn Văn Lanh [18], “*Nghiên cứu tính toán các đặc trưng thủy văn thủy lực làm cơ sở cho việc xây dựng quy trình vận hành mùa lũ hồ Dầu Tiếng*”. Trong nghiên cứu này tác giả đã xây dựng công cụ tính toán hiệu quả các số liệu lưu lượng đầu vào của hệ thống (sử dụng mô hình NAM) và các giá trị mực nước tại các vị trí khác nhau ở hạ du ứng với các phương án vận hành (sử dụng MIKE 11), làm cơ sở khoa học giúp cho cơ quan quản lý cũng như người trực tiếp vận hành chủ động hơn trong công tác tính toán điều tiết và vận hành hồ chứa trong mùa lũ, giảm thiểu ngập lụt cho hạ du.

Nguyễn Thành Phong [31], “*Nghiên cứu ngập lụt vùng ven sông Sài Gòn Đồng Nai TP. HCM do chế độ xả lũ các hồ Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ, ... kết hợp với mưa, triều cường và Lũ sông Vàm Cỏ*”. Kết quả nghiên cứu cho thấy kích thước các tuyến đê hiện trạng chủ yếu chỉ ở quy mô tuyến đê chống lũ nhỏ và ngăn triều trên thực tế đã

xuống cấp nhanh khiến cao trình nói chung không đạt cao trình đề thiết kế, không đủ sức phòng lũ. Do điều kiện đất thấp, lầy thụt, công trình chưa hoàn chỉnh nên khu vực thường xuyên bị thiệt hại do thủy triều và không đủ sức ngăn lũ. Hiện trạng hệ thống đê bao không đủ sức phòng lũ khi xảy ra tổ hợp bất lợi tháng 10. Khi hoàn chỉnh quy hoạch thủy lợi thì có thể chống được tổ hợp bất lợi tháng 10 năm 2000. Nhưng khi có tổ hợp bất lợi hơn như tổ hợp bất lợi 1, 2, 3, 4 thì hệ thống đê bao của thành phố hoàn toàn không thể chống được nước lũ cho vùng ven sông và khu vực nội thành.

Triệu Ánh Ngọc & nnc [29], “*Tối ưu hóa quy trình vận hành hồ chứa đa mục tiêu bằng giải thuật di truyền có định hướng*”. Mục tiêu của nghiên cứu là thiết kế một mô hình vận hành hồ chứa với cân bằng tương tác giữa khả năng xả nước và trữ nước, bao gồm yêu cầu dòng chảy môi trường và kiểm soát lũ. Tối ưu hóa đường đặc tính vận hành hồ chứa trong việc quản lý hồ chứa đa mục tiêu dự kiến sử dụng một thuật toán di truyền với một định hướng có ràng buộc. Phương pháp thực hiện của mô hình dự kiến được kết hợp trong thuật toán di truyền một hàm hình phạt (CGA), mà ở đó nhu cầu nước được giả thiết trong một sự ràng buộc với quá trình vận hành trữ và xả nước của hồ chứa. Các hàm hình phạt được thiết kế với các ràng buộc khác nhau, được tích hợp vào hàm mục tiêu trong quá trình vận hành hồ. Mô hình được đánh giá thông qua chỉ số GSI.

Đặng Quốc Dũng [4], “*Áp dụng mô hình toán đánh giá xu hướng mưa tháng tại lưu vực hồ Dầu Tiếng*”. Tác giả đã sử dụng số liệu mưa tháng các năm (1985-2003) của trạm Đồng Pan để đánh giá xu hướng mưa và mô hình Thomas - Fiering để dự báo lượng mưa cho các năm tiếp theo (2004-2008). Từ kết quả thu được trong quá trình tính toán cho thấy mặc dù có sự sai lệch về lượng mưa dự báo bằng phương pháp Thomas Fiering so với lượng mưa đo thực tế, thế nhưng nghiên cứu cũng thể hiện khá rõ nét đặc trưng và xu hướng mưa ở khu vực Tây Nam của vùng Đông Nam Bộ. Trong kết quả tính toán này, với sự hạn chế về số liệu nên có sự sai lệch xảy ra. Trong tương lai gần, dữ liệu sẽ được thu thập thêm từ nhiều trạm đo khác nhau để mô tả chính xác hơn các giá trị tính toán. Xác định được sự phân bố và dự báo mưa các mùa, các tháng, có thể tính được lưu lượng dòng chảy để phục vụ cho nông nghiệp, nhu cầu sinh hoạt của người dân tại khu vực cũng như giúp ích cho công tác quản lý nguồn nước trong lưu vực hồ Dầu Tiếng.

Với quy mô và tầm quan trọng của hồ chứa nước Dầu Tiếng, cũng như sự thay đổi mục tiêu công trình, còn rất nhiều nghiên cứu được thực hiện từ năm 1987 tới nay như: Nguyễn Sinh Huy, Nguyễn Tôn Quyền, Thái Đình Hòe [11], “*Lợi dụng tổng hợp công trình kho nước Dầu Tiếng*”; Nguyễn Sinh Huy [12], “*Dự báo lũ kho nước Dầu Tiếng*”; Nguyễn Sinh Huy [13], “*Đánh giá hiệu quả và khả năng của công trình Dầu Tiếng khi phối hợp với công trình Phước Hòa*”; Nguyễn Ân Niên, Đỗ Tiến Linh và nnc [30], “*Nghiên cứu lập quy trình vận hành hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng trong sự phối hợp với Trị An, Thác Mơ, Phước Hòa*”; Đinh Công Sản, Nguyễn Tuấn Long [35], “*Phương pháp và kết quả xây dựng biểu đồ điều phối hồ chứa nước Dầu Tiếng trong giai đoạn có bổ sung nước từ hồ Phước Hòa*”.

1.1.3.2. Nghiên cứu hỗ trợ điều hành cấp nước, xả nước đầy mặn

Bùi Đức Tuấn [51] đã đưa ra một số nhận định về những tác động của cân bằng nước hồ Dầu Tiếng đến môi trường khu vực, một số nhận định cụ thể như sau:

Tác động lên chế độ khí hậu, thủy văn vùng hồ:

+ *Phân bố ẩm*: Trong các tháng mùa khô (từ tháng XII năm trước đến tháng IV năm sau) độ ẩm tương đối của không khí sau khi có hồ tăng lên khoảng 3 - 4% so với trước khi xây hồ trong khi trong các tháng mùa mưa hầu như không có sự thay đổi

+ *Phân bố nhiệt*: Sự biến đổi nhiệt độ không khí vùng hồ liên quan đến khả năng của khối lượng nước trong hồ về tàng trữ và điều tiết một lượng nhiệt gấp nhiều lần so với trước khi có hồ, làm điều hòa nhiệt độ trong chu kỳ ngày đêm và năm, làm thay đổi các giá trị cực đoan.

+ *Mưa*: Tăng số lần mưa nhỏ và các hiện tượng liên quan (sương, sương mù, mây thấp) so với trước khi có hồ.

+ *Mức nước mùa lũ*: Trước khi xây hồ, mực nước trung bình tháng mùa lũ của sông Sài Gòn tại Dầu Tiếng biến đổi từ 73 – 131 cm. Sau khi xây hồ, mực nước trong hồ tăng dần từ đầu mùa lũ khoảng 1.800 cm đến cuối tháng khoảng 2.450 cm.

+ *Mức nước mùa cạn*: Trước khi xây hồ, mực nước trung bình của sông biến đổi trong khoảng 59 – 75 cm. còn sau khi xây hồ, mùa cạn là thời gian hồ cấp nước cho hạ du nên mực nước giảm dần từ đầu đến cuối mùa, biến đổi từ 2.450 – 1.800 cm.

+ *Độ sâu hồ*: Trước khi xây hồ, độ sâu sông khoảng 6 - 7m. Sau khi xây hồ, độ sâu hồ khoảng 6 - 10m, có nơi 20m.

+ *Mặt thoáng*: Trước khi có hồ, mặt thoáng nước sông chiếm diện tích không đáng kể. Sau khi xây hồ, diện tích mặt thoáng đạt 27.000 ha.

+ *Tốc độ dòng chảy*: trước khi có hồ, tốc độ dòng chảy trong sông tự nhiên có thể đạt 1 - 1,7 m/s. Sau khi có hồ, tốc độ dòng chảy trong hồ rất nhỏ, chỉ từ 0 - 0,05m/s.

+ *Hướng chảy*: Trước khi xây hồ, hướng chảy dòng nước trùng theo hướng của dòng sông. Sau khi xây hồ, hướng chảy trong hồ không đồng nhất, phụ thuộc nhiều vào gió.

Tác động lên sự xâm nhập mặn ở hạ du:

+ *Trên sông chính Đồng Nai*: Giới hạn mặn 4‰ và 1‰ được đẩy lùi về hạ du 8 – 10 km, giới hạn mặn 4‰ bị đẩy lùi đến Cát Lái.

+ *Trên sông Sài Gòn*: Giới hạn mặn 4‰ đẩy lùi tới tận Thủ Thiêm, giới hạn mặn 1‰ ở dưới xa cửa Rạch Tra, từ Lái Thiêu trở lên được xem là vùng hoàn toàn ngọt;

+ *Trên sông Vàm Cỏ*: Từ Hiệp Hòa trở lên đã được ngọt hóa.

Tăng Đức Thắng [40], “*Nghiên cứu phát triển lý luận bài toán thành phần nguồn nước và nghiên cứu ứng dụng cho một số bài toán điển hình cho Đồng bằng sông Cửu Long và Đông Nam Bộ*”. Trong nghiên cứu này tác giả cũng đã chỉ rõ rằng “*tại vị trí Rạch Tra thì ảnh hưởng của nguồn Dầu Tiếng+ Thị Tính bằng khoảng 12 → 15 lần ảnh hưởng của nguồn Đồng Nai, nghĩa là để đẩy mặn như nhau thì phải xả 1 m³/s tại Dầu Tiếng+Thị Tính hoặc không thì phải xả 12 → 15 m³/s tại nguồn Đồng Nai*”.

Huỳnh Thanh Sơn, Đỗ Đức Hải [38], “*Tính toán xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn dưới tác động của Hồ Dầu Tiếng*”. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã giới thiệu việc tính toán thủy lực và truyền mặn trong hệ thống sông, kênh bằng mô hình 1D (MIKE 11), áp dụng mô phỏng cho hệ thống sông Sài Gòn, từ đó nêu được vai trò của hồ Dầu Tiếng đối với chế độ thủy lực và xâm nhập mặn vùng hạ du sông Sài Gòn.

Lâm Minh Triết, Phạm Đức Nghĩa, Trịnh Thị Long [47], “*Nghiên cứu về vấn đề nhiễm mặn nước sông Sài Gòn và đề xuất giải pháp ngăn mặn*”. Các tác giả đã xây dựng một số kịch bản tính toán nhằm dự báo mức độ xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn, ứng với một số trường hợp có sự thay đổi điều kiện cấp nước từ thượng nguồn

(hồ Dầu Tiếng, Phước Hoà, Trị An ...), mực nước biển dâng, do ảnh hưởng của việc xây dựng mới các hồ chứa, biến đổi khí hậu, sự gia tăng sử dụng nước và tổ hợp các sự thay đổi trên. Một số kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau:

(1) Xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn phụ thuộc vào các yếu tố như: gia tăng sử dụng nước, nước biển dâng và đặc biệt là lưu lượng xả nước đẩy mặn của hồ Dầu Tiếng. Hồ Dầu Tiếng đóng vai trò quan trọng trong việc xả nước đẩy mặn trên sông Sài Gòn. Qua các kịch bản tính toán cũng đã cho thấy mức độ xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn giảm tương ứng với việc gia tăng lưu lượng xả từ hồ Dầu Tiếng.

(2) Trong tương lai, nếu xảy ra các trường hợp bất lợi như: nước biển dâng, hồ Dầu Tiếng không đủ nước để xả thì mặn có thể xâm nhập rất sâu trên sông Sài Gòn. Theo tính toán, ranh giới mặn 0,25 g/l có thể lên đến gần rạch Sơn (xã An Nhơn Tây, huyện Củ Chi). Trong trường hợp này cần nghiên cứu xây dựng các công trình ngăn mặn trên sông Sài Gòn hoặc các sông chính ở hạ lưu. Kết quả này có thể tham khảo làm căn cứ xác định vị trí đặt trạm bơm cấp nước thô cho các nhà máy cấp nước trong tương lai.

(3) Trong trường hợp do điều kiện phát triển kinh tế làm gia tăng lượng nước sử dụng ở hạ du (không xét đến yếu tố gia tăng mực nước), để đảm bảo các nhà máy nước trên sông Sài Gòn hoạt động bình thường thì hồ Dầu Tiếng phải xả thường xuyên xuống sông Sài Gòn với một lưu lượng tối thiểu là 40 m³/s.

Nguyễn Bình Dương, Đinh Công Sản, Phạm Đức Nghĩa [5], “*Ứng dụng mô hình Mike11 phân tích, xác định mối quan hệ giữa lượng nước ngọt xả xuống sông Sài Gòn với hiệu quả đẩy mặn*”. Các tác giả xây dựng các kịch bản nhằm xác định ranh giới xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn khi hồ Dầu Tiếng không xả nước, xem xét ảnh hưởng của nước biển dâng đến xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn và khả năng đẩy mặn của hồ Dầu Tiếng với xâm nhập mặn vào sông Sài Gòn do tác động nước biển dâng;

Đỗ Tiến Lanh, Phạm Thế Vinh [17], “*Nghiên cứu dự báo mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước xả hồ Dầu Tiếng phục vụ cấp nước sinh hoạt cho địa bàn TP. HCM*”. Các tác giả cho rằng, muốn dự báo mặn cho vùng nghiên cứu nhanh và chính xác, trước tiên phải dự báo được lưu lượng từ thượng lưu, dòng chảy trong vùng nghiên cứu và mực nước triều Vũng Tàu. Từ đó, để chủ động

cho việc khai thác cần phải nghiên cứu xây dựng kế hoạch dài hạn, trung hạn và ngắn hạn dựa trên tính toán dự báo xâm nhập mặn để chủ động sử dụng hiệu quả nguồn nước hồ Dầu Tiếng khi cần. Việc nắm bắt cập nhật thông tin chính xác về các tài liệu như lưu lượng xả từ hồ chứa, mưa, mực nước sông, nồng độ mặn của các trạm khí tượng thủy văn để có thể dự báo và đưa ra những quyết định kịp thời và chính xác trong việc điều phối nguồn nước là việc hết sức cần thiết cho việc cấp nước của nhà máy.

Nguyễn Văn Linh [19], *“Nghiên cứu cải tiến phương pháp xả tràn tiết kiệm nước dựa trên mối quan hệ triều-mặn trên sông Sài Gòn phục vụ cấp nước có hiệu quả cho nhà máy nước Tân Hiệp-TP. Hồ Chí Minh”*. Nghiên cứu đã xác định được mối quan hệ về thời gian đỉnh triều xuất hiện tại Cảng sài Gòn và đỉnh mặn xuất hiện tại trạm bơm Hòa Phú có khoảng thời gian lệch nhau từ 5 đến 6 giờ. Cuối cùng nghiên cứu đã đề xuất được công thức kinh nghiệm về thời gian cần thiết để vận hành xả nước tiết kiệm. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu chủ yếu được rút ra từ quá trình xả nước thực tế, chưa được tiến hành nghiên cứu bằng các phương pháp hiện đại như sử dụng mô hình toán, cần tiếp tục nghiên cứu để đảm bảo cơ sở khoa học chắc chắn hơn.

Huỳnh Thanh Sơn, Ứng Ngọc Nam [39], *“Nghiên cứu dự báo mặn trên sông Sài Gòn, phục vụ cấp nước cho nhà máy nước Tân Hiệp nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước xả hồ Dầu Tiếng”*. Trong nghiên cứu này các tác giả đã nỗ lực để tính toán dự báo mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp theo các giai đoạn dự báo (dài hạn, trung hạn và ngắn hạn). Các tác giả đã nghiên cứu dự báo xâm nhập mặn phục vụ cho việc cấp nước; dự báo xâm nhập mặn khi có tác động của biến đổi khí hậu;

Ngoài ra còn một số nghiên cứu điển hình có thể kể đến như: Nguyễn Ân Niên, Đỗ Tiến Linh [14], *“Tính toán dự báo xâm nhập mặn hạ du sông Sài Gòn-Đồng Nai, phục vụ NCKT nhà máy nước Bến Than trên sông Sài Gòn”*; Đỗ Tiến Linh [15], *“Tính toán điều phối các hồ chứa trong lưu vực sông Đồng Nai-Sài Gòn nhằm cải thiện chế độ xâm nhập mặn trên sông vào mùa khô”*; Đỗ Tiến Linh [16], *“Nghiên cứu chế độ điều tiết, cấp nước của hồ Dầu Tiếng trong việc đẩy mặn và cải thiện chất lượng nước cho sông Sài Gòn”*; Vũ Văn Nghị và nhóm nghiên cứu [23], *“Nghiên cứu dự báo xâm nhập mặn nhằm xác định ranh giới xâm nhập mặn hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai theo các*

kịch bản biến đổi khí hậu, từ đó đề xuất giải pháp kiểm soát và đề xuất mức lưu lượng xả cần thiết từ hồ Dầu Tiếng từ 25-28 m³/s, tương ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu”; Võ Khắc Trí [46], “Đánh giá thực trạng và nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng, ngành kinh tế khác nhau trong hệ thống thủy lợi hồ Dầu Tiếng”; Nguyễn Bình Dương, Nguyễn Duy Khang, Đinh Công Sản [6], “Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học của việc xả tiết kiệm nước từ Dầu Tiếng để xả đầy mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp”; Nguyễn Văn Lanh, Lê Văn Dực [20], “Bước đầu đánh giá tính hiệu quả việc xả nước đầy mặn của hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và đặt vấn đề cho nhiệm vụ nghiên cứu tiếp theo”; Đinh Công Sản, Vũ Minh Thiện [36], “Xây dựng biểu đồ trữ và cấp nước hiệu quả cho các hộ dùng nước từ hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng – Phước Hòa trong những năm đủ nước, thiếu nước và khan hiếm nước theo cả 3 kênh (kênh Đông, kênh Tây và kênh Tân Hưng) theo thứ tự ưu tiên là sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp trước và sau khi có bổ sung nước từ hồ Phước Hòa”; Tính toán nhu cầu nước, lập quy trình vận hành hồ Dầu Tiếng khi có bổ sung nước từ hồ Phước Hòa [53].

1.1.3.3. Một số đánh giá về các nghiên cứu liên quan đến vận hành hồ Dầu Tiếng

+ Các nghiên cứu phục vụ tích-cấp nước, dự báo mưa lũ, điều tiết lũ hồ chứa:

(1) Đối với các nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ, gần đây đã có nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ dựa trên dữ liệu mưa quan trắc và mưa dự báo, tuy nhiên thời gian dự kiến dự báo mưa chưa đủ dài, nên thời gian dự kiến dự báo dòng chảy về hồ cũng chưa đủ dài so với thời điểm bắt đầu dự báo [50].

(2) Đối với các nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn, hiện nay ngoài việc tính toán dòng chảy về hồ bằng phương pháp cân bằng nước hồ, thì chưa có phương pháp nào tính toán dự báo nước đến hồ.

(3) Đã có một vài nghiên cứu đề cập đến tính toán điều tiết lũ cho hồ Dầu Tiếng, tuy nhiên mực nước hồ tính toán sau điều tiết lũ còn duy trì ở các mức khá cao (25,01 m; 26,92 m) [53], trong trường hợp tiếp tục có một hình thể thời tiết khác sau đó gây mưa lũ lớn trên lưu vực, hồ chứa sẽ không còn dung tích phòng lũ để điều tiết lũ.

+ Các nghiên cứu phục vụ xả nước đầy, pha loãng mặn trên sông Sài Gòn:

(4) Một vài nghiên cứu khi xây dựng các kịch bản có tính tới lượng nước xả từ

hồ Trị An và Phước Hòa đến diễn biến mặn trên sông Sài Gòn [47]. Tuy nhiên, kết quả thực nghiệm cho thấy vai trò nguồn nước từ 2 hồ này có tác dụng rất ít đến xâm nhập mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn.

(5) Có nghiên cứu đã đề xuất lưu lượng xả xuống sông Sài Gòn là $90 \text{ m}^3/\text{s}$ (bao gồm Dầu Tiếng $40 \text{ m}^3/\text{s}$ và bổ sung từ Phước Hòa $50 \text{ m}^3/\text{s}$) [6]. Đề xuất này khó có thể thực hiện, bởi thực tế nguồn nước bổ sung từ hồ Phước Hòa để xả xuống sông Sài Gòn chỉ cho phép tối đa là $16,1 \text{ m}^3/\text{s}$ cho cả hai mục đích đẩy mặn và tưới tạo nguồn, số còn lại là để cấp nước cho nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt [53].

(6) Có nghiên cứu bàn về việc sử dụng lượng nước xả từ kênh Đông để giúp đẩy mặn sông Sài Gòn [39], thực tế kênh Đông, kênh Tây và kênh Tân Hưng mở nước trong suốt mùa khô chỉ để phục vụ cấp nước cho nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt... mà không tham gia đẩy mặn trên sông Sài Gòn, việc làm này chưa có ý nghĩa về mặt thực tế khi tiến hành xây dựng các kịch bản để xả nước đẩy mặn trên sông Sài Gòn.

(7) Có nghiên cứu đề xuất lưu lượng cần thiết xả từ hồ Dầu Tiếng (ngay cả khi có biến đổi khí hậu) từ $25\text{-}28 \text{ m}^3/\text{s}$ [23]. Đề xuất này có thể phù hợp khi mức độ xâm nhập mặn chưa cao, nhưng sẽ khó đảm bảo đưa độ mặn về ngưỡng cho phép đối với những năm đặc biệt khô hạn. Thực tế cho thấy, đợt triều cường từ ngày 25/02 đến 01/3/2006, hồ Dầu Tiếng đã xả nước đẩy mặn đợt 3 (từ 12 giờ 25/02/2006 đến 17 giờ 01/3/2006) với lưu lượng từ 40 đến $60 \text{ m}^3/\text{s}$, nhưng độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú vẫn vượt ngưỡng cho phép, có thời điểm độ mặn tăng đến 381 mg/l Cl- .

(8) Có nghiên cứu chỉ ra rằng thời gian chuyển nước cần thiết từ đập Dầu Tiếng đến trạm bơm Hòa Phú để đẩy mặn là 8 giờ [5], nhưng lại chưa chỉ ra được ảnh hưởng của lưu lượng xả đến sự thay đổi độ mặn tại đây, hay ảnh hưởng của trạng thái mực nước triều đối với thời gian chuyển nước như thế nào và thời điểm bắt đầu xả nên lệch pha bao nhiêu so với đỉnh triều lớn nhất tại trạm Cảng Sài Gòn là hợp lý. Ngoài ra, nghiên cứu đưa ra kết luận: “*tổng lượng nước cần xả cho nhà máy nước Tân Hiệp từ 1307 đến 1437 triệu m^3 ứng với tần xuất triều tại Vũng Tàu từ 25% đến 75%*” và cho rằng “*lượng nước này sẽ không là áp lực lớn đối với hồ Dầu Tiếng khi hồ Dầu Tiếng được bổ sung $50 \text{ m}^3/\text{s}$ từ hồ Phước Hòa*”. Kết luận này chưa hoàn toàn xác đáng, bởi thực tế sông Sài Gòn chỉ

có thể nhận lưu lượng 16,1 m³/s trong tổng số 50 m³/s để phục vụ đầy mặn và tưới tạo nguồn ven sông Sài Gòn, phần còn lại 33,9 m³/s dùng cho nhiệm vụ khác.

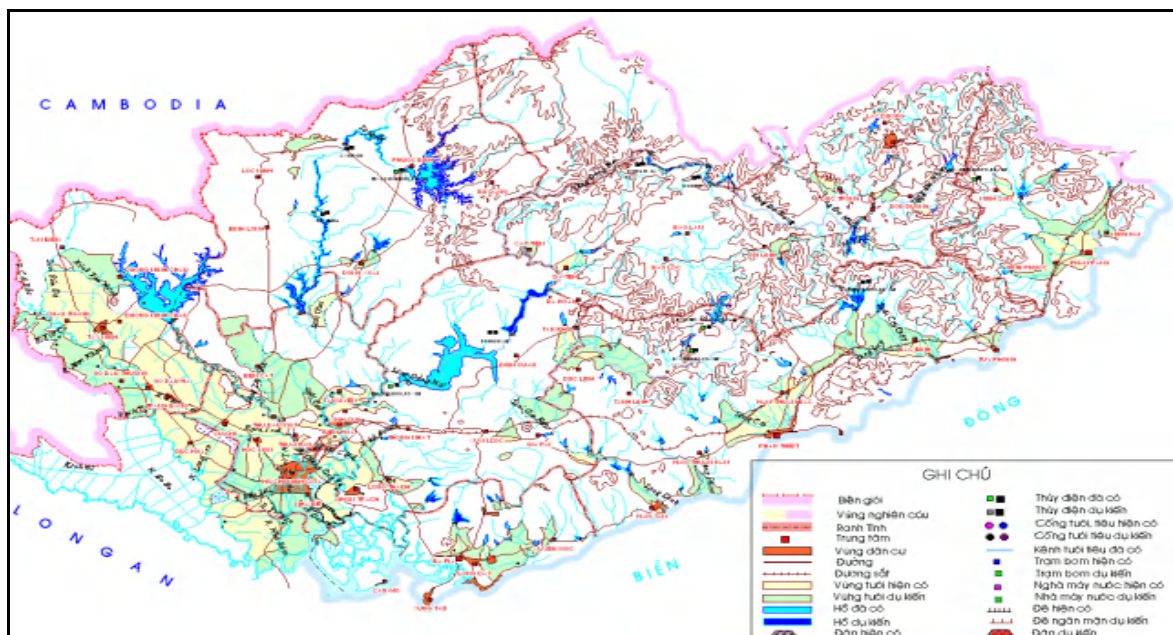
(9) Có nghiên cứu đã chỉ ra được ranh giới xâm nhập mặn vào sâu bên trong cửa sông Sài Gòn có tính đến tác động của nước biển dâng [5], nhưng việc tính toán dự báo cụ thể tại trạm bơm Hòa Phú, hay mối liên hệ cụ thể giữa mực nước triều tại trạm Cảng Sài Gòn và độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú vẫn chưa thực hiện.

1.2. TỔNG QUAN VỀ CÔNG TRÌNH THỦY LỢI HỒ DẦU TIẾNG

1.2.1. Đặc điểm, quy mô, nhiệm vụ công trình hồ Dầu Tiếng

1.2.1.1. Vị trí địa lý

Hồ Dầu Tiếng với công trình đầu mối nằm ở thượng lưu sông Sài Gòn, tại ngã ba Dầu Tiếng, tỉnh Bình Dương và huyện Dương Minh Châu, tỉnh Tây Ninh. Diện tích lưu vực hồ trải dài từ 11⁰12' tới 12⁰00' vĩ Bắc và từ 116⁰10' đến 116⁰30' kinh Đông, phía Bắc là nông trường Nước Trong, phía Tây là sông Vàm Cỏ Đông, phía Đông là sông Sài Gòn, phía Nam là Quốc lộ 22 về phía Tây Nam huyện Củ Chi, TP. HCM, xem Hình 1.1.



Hình 1.1: Bản đồ vị trí hồ Dầu Tiếng trong lưu vực hệ thống sông Đồng Nai

1.2.1.2. Đặc điểm bề mặt lưu vực

Địa hình: Hướng dốc địa hình là Đông Bắc-Tây Nam, cao độ cao trung bình lưu vực khoảng 26 m. Phần thượng lưu lưu vực về phía Campuchia có cao độ từ 50-100 m, khu vực lòng hồ có cao độ 5-15 m, một số nơi thuộc lòng sông cũ < 5 m.

Địa chất: Địa chất lưu vực hình thành bởi trầm tích của kỉ Đệ Tứ gồm các vật liệu bồi lắng từ sét đến sỏi và các trầm tích Đệ Tứ Neogene tạo thành bởi đá trầm tích và bùn.

Thổ nhưỡng: Những vùng cao (100-150 m) là đất đỏ trên nền macma bazơ và trung tính, với tầng dày phổ biến > 10 cm, Vùng đất thấp hơn là đất xám, có tầng dày phổ biến > 100 cm. Đất đỏ vàng chiếm diện tích 14,3% trên đá khác với tầng dày < 50 cm và đất đen than bùn chiếm diện tích 4,57% có tầng dày < 50 cm.

Thảm phủ thực vật: Cây bụi phổ biến chiếm 89.010 ha (37%); tiếp đến rừng tự nhiên giàu và trung bình là 24.410 ha (14%), rau màu và cây công nghiệp ngắn ngày là 31.200 ha (13%), cây công nghiệp dài ngày 23.650 ha (10%), cây ăn quả + nương rẫy + đồng cỏ chiếm 7%, đất lúa và lúa-màu chiếm diện tích ít (5%).

1.2.1.3. Đặc điểm khí hậu, khí tượng

Gió: Tốc độ gió trung bình lưu vực từ 1,6-2,2 m/s và lớn nhất là 30,2-32,4 m/s. Từ tháng 5 đến 11, gió mùa Tây Nam mang không khí ẩm từ vịnh Thái Lan thổi vào lưu vực gây mưa. Gió mùa Đông Bắc mang khối không khí khô thổi từ lục địa Châu Á vào từ tháng 12 đến 4 và tạo nên mùa khô.

Nhiệt độ: Nhiệt độ trung bình năm là 27°C, nhiệt độ cao nhất là 30°C, thấp nhất là 24°C. Nhiệt độ cao nhất vào các tháng 4 và 5, nhiệt độ thấp nhất vào các tháng 11 và 7.

Độ ẩm: Độ ẩm với giá trị trung bình năm khoảng > 70%. Từ tháng 5-11 độ ẩm trung bình trên 85-90%, tháng 3 có độ ẩm thấp nhất, trung bình khoảng 69-70%.

Nắng, bốc hơi: Số giờ nắng trung bình năm vào khoảng 7,4 giờ/ngày với lượng bức xạ mặt trời là 19,7 mj/m². Bốc hơi trung bình năm là 990 mm/năm, dao động từ 800 đến 1200 mm/năm, giá trị bốc hơi lớn nhất có khi lên đến 1500 mm/năm.

Chế độ mưa: Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 7 đến tháng 4 năm sau. Lượng mưa bình quân năm lưu vực là 1900 mm, tuy nhiên trong một vài năm gần đây xu thế lượng mưa tăng, trung bình năm đạt 2010 mm/năm. Phân tích liệt số liệu từ 25 – 70 năm cho thấy chủ yếu có 3 loại mưa gây lũ là:

- 1) Mưa gây lũ hàng năm do gió mùa Tây - Nam, từ tháng 5 đến tháng 11, và mạnh nhất từ tháng 7 đến tháng 10.
- 2) Mưa gây lũ do một số hiện tượng thời tiết bất thường mang tính vi mô như

giông nhiệt, đối lưu... hoặc ở tầm vĩ mô nhưng mức độ thấp như sự mạnh lên của gió mùa Tây- Nam do có front lạnh, ảnh hưởng xa của áp thấp nhiệt đới.

3) Hầu hết các đợt mưa gây lũ chỉ xảy ra trong một nhóm ngày, thường từ 1 - 7 ngày, trong đó nhóm 1 - 3 ngày chiếm tỷ lệ cao và cũng chiếm tỷ trọng lớn trong những trận mưa dài ngày. Bảng phương pháp thống kê xác định được các đặc trưng về lượng mưa thiết kế thời đoạn 1, 3, 5, 7 ngày lớn nhất các trạm trong và ngoài lưu vực như sau:

Bảng 1.1: Các thông số thống kê và lượng mưa thiết kế cho các trạm trong và ngoài lưu vực nghiên cứu

Thời đoạn (ngày)	Các thông số thống kê			Lượng mưa thiết kế (mm)				
	X _{tb} (mm)	C _v	C _s	P=10%	P=1,0%	P=0,5%	P=0,1%	P=0,01%
Trạm Cà Tum								
1max	109,7	0,39	1,66	166,0	255,8	282,8	346,0	438,0
3max	171,8	0,40	1,31	263,1	392,8	430,5	517,0	640,2
5max	210,1	0,36	0,87	310,8	432,7	466,3	541,4	644,4
7max	238,4	0,32	0,72	339,8	455,3	486,5	555,6	648,9
Trạm Chơn Thành								
1max	105,4	0,31	0,84	148,9	200,9	215,2	247,0	290,6
3max	155,4	0,29	0,61	215,1	280,1	297,3	335,2	385,8
5max	192,6	0,26	0,16	257,6	315,0	329,2	358,9	396,3
7max	224,9	0,26	-	299,8	353,4	365,4	389,3	417,1
Trạm Dầu Tiếng								
1max	110,0	0,37	1,99	162,5	255,7	284,6	353,0	454,6
3max	152,7	0,31	1,02	215,7	296,5	319,1	370,4	411,6
5max	180,6	0,25	0,73	240,6	309,2	327,8	368,9	424,5
7max	205,2	0,23	0,78	268,0	341,3	361,3	405,6	465,9
Trạm Đồng Bân								
1max	92,5	0,28	0,46	126,8	161,5	170,6	190,1	215,8
3max	141,9	0,26	0,73	190,9	246,9	262,1	295,7	341,1
5max	172,8	0,26	0,75	232,6	301,5	320,2	361,6	417,8
7max	202,8	0,23	0,59	264,7	331,3	349,0	387,7	439,3
Trạm Lộc Ninh								
1max	114,7	0,47	1,23	186,4	285,6	314,1	379,3	471,6
3max	176,3	0,56	2,42	299,9	549,3	629,1	821,7	1003,4
5max	216,4	0,49	1,75	355,1	583,4	652,6	815,1	1053,0
7max	246,2	0,47	1,40	399,5	624,4	690,3	842,4	1060,3
Trạm Tây Ninh								
1max	109,4	0,28	1,11	150,1	204,1	219,4	254,2	303,0
3max	154,1	0,25	0,89	205,4	267,9	285,2	323,9	377,1
5max	189,3	0,26	1,28	254,7	346,8	373,4	434,5	521,2
7max	223,5	0,22	0,82	288,9	366,5	387,7	435,1	499,7

Từ năm 2018 trên lưu vực Dầu Tiếng được lắp đặt thêm 8 trạm đo mưa tự động với chế độ đo mưa giờ, mưa trận và mưa ngày, nâng tổng số các trạm đo mưa trên lưu vực là 13 trạm (không bao gồm trạm Tây Ninh). So sánh lượng mưa bình quân lưu vực năm 2018-2019 của 6 trạm và 13 trạm cho thấy sự chênh lệch không nhiều, lượng mưa trung bình nhiều năm từ 1978 - 2012 của 6 trạm là 1773 mm, từ 2013 - 2019 là 2038 mm. Như vậy lượng mưa trung bình nhiều năm của những năm gần đây tăng khoảng 13%.

1.2.1.4. Đặc điểm thủy văn

Dòng chảy tự nhiên lưu vực hồ Dầu Tiếng có lưu lượng trung bình 50 m³/s và chế độ chia làm hai mùa rõ rệt, mùa lũ thường chậm pha hơn 2 tháng so với mùa mưa, tức là bắt đầu từ tháng 7 và kết thúc vào tháng 11, lũ có dạng hình răng cưa (nhiều đỉnh), mỗi năm có ít nhất 4 - 5 trận lũ tương ứng với 4 – 5 đợt mưa lớn trong năm.

Theo tài liệu đo đạc từ năm 1976 đến năm 1983 khi chưa có hồ cho thấy: Các trận lũ đã xảy ra trên sông Sài Gòn không lớn; Lưu lượng đỉnh lũ ngày lớn nhất đo được là 266 m³/s (khoảng 100 l/s.km²); Lũ lớn nhất trong năm thường xuất hiện vào các tháng 9, 10; Lũ muộn nhất trong năm thường xảy ra vào trung tuần tháng 11; Những trận có đỉnh lớn đều có thời gian lũ kéo dài, lượng lũ lớn. Do đó, tháng có đỉnh lũ lớn nhất thường cũng là tháng có lưu lượng bình quân lớn nhất trong năm; Đường quá trình lũ thường có dạng lũ kép, kéo dài ngày.

Bảng 1.2: Một số đặc trưng dòng chảy mùa lũ trên sông Sài Gòn

Năm	Lũ sớm			Lũ lớn			Lũ muộn		
	Qmax (m ³ /s)	Ngày xuất hiện	Qtháng (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Ngày xuất hiện	Qtháng (m ³ /s)	Qmax (m ³ /s)	Ngày xuất hiện	Qtháng (m ³ /s)
1976	90,2	25/7	35,1	266,0	24/9	166,0	138,0	5/11	95,0
1977	110,0	27/7	54,7	152,0	26/9	136,0	138,0	10/11	72,2
1978	43,0	28/6	26,6	259,0	25/10	185,0	100,0	14/11	73,1
1979	101,0	18/6	45,2	210,0	4/10	123,0	78,0	6/11	52,7
1980	128,0	23/6	48,7	238,0	21/8	116,0	186,0	12/11	108,0
1981	88,0	28/7	47,9	155,0	21/10	97,1	97,2	17/11	71,9
1982	95,8	21/7	32,5	256,0	13/9	171,0	119,0	11/11	69,9
1983	42,0	13/6	14,9	245,0	18/8	126,0			

Mô đuyên đỉnh lũ lớn nhất đã xảy ra trong vùng khoảng 30 năm trở lại đây thay đổi từ 0,30 – 0,61m³/s.km². Theo phương trình cân bằng nước trong hồ Công Ty TNHH MTV KTTT Dầu Tiếng – Phước Hòa tính ngược lại lưu lượng đỉnh lũ ngày lớn nhất, và những trận lũ có tổng lượng lũ đến lớn hơn 100 triệu m³, xem Bảng 1.3.

Bảng 1.3: Lưu lượng đỉnh lũ và lưu lượng xả max hàng năm hồ Dầu Tiếng

Năm	Ngày	Số ngày	Tổng lượng lũ W (10 ⁶ m ³)	Lưu lượng lũ Q _{max} (m ³ /s)	Lưu lượng xả Q _{xả max} (m ³ /s)
1985	21/9-3/10	12	280	540,1	350
	3/10-14/10	11	253	532	
1986	1/9-30/9	30	585,5	451	320
1990	24/9-4/10	10	185	428,2	100
	18/8-28/8	11	156	328	60
1991	20/10-31/10	10	137,6	318,5	100
1992	9/10-21/10	13	186,5	330	130
1993	19/10-31/10	12	282,9	545,7	200
1994	8/10-20/10	12	164,7	293,3	50
1995	16/9-26/9	11	206,4	217,2	0
1996	28/9-8/10	10	194,39	450	0
	14/11-30/11	16	389,1	562,9	160,6
1998	12/XI-25/XI	13	164,03	293,2	0
1999	01/X-20/X	19	383,04	466,6	100
2000	07/X-15/X	8	458,97	1.328	600
2001	28/X-10/XI	13	185,18	329,24	150
2006	01/X-14/X	14	284,72	336,15	0
2007	9/X-20/X	11	254,96	524,92	300
2008	7/IX-19/IX	12	291,23	423,96	
2009	28/IX-13/X	15	261,99	467,1	200
2011	19/IX-28/IX	9	171,10	311,09	0
2012	9/IX-23/IX	14	330,69	443	0
2014	17/VII-24/VII	7	209,38	754,49	30
	12/IX-17/IX	6	181,30	515,69	0
2016	06/X-21/X	16	422,24	457,61	0
2019	12/IX-26/IX	15	279,77	420,76	0

1.2.1.5. Quy mô, nhiệm vụ thiết kế của công trình hồ Dầu Tiếng

Nhiệm vụ vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng là phải đảm bảo an toàn tuyệt đối công trình, tham gia vào việc phòng và giảm lũ cho hạ du sông Sài Gòn, tích và cấp nước hiệu quả để phục vụ cho các nhu cầu sử dụng nước trong hệ thống (như Nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt; nuôi trồng, khai thác thủy sản; khai thác thủy điện và phát triển du lịch; góp phần vào điều hòa sinh thái, bảo vệ môi trường....). Quy mô thiết kế công trình Thủy lợi Dầu Tiếng được thể hiện qua Bảng 1.4.

Bảng 1.4: Các thông số kỹ thuật chính hồ chứa thủy lợi Dầu Tiếng

Thông số	Đơn vị	Trị số
<i>Hồ chứa:</i>		
- Diện tích lưu vực	km ²	2700
- Mực nước chết	m	+17,0

Thông số	Đơn vị	Trị số
- Mức nước dâng bình thường	m	+24,4
- Mức nước lớn nhất thiết kế	m	+25,1
- Mức nước lớn nhất kiểm tra	m	+26,92
- Dung tích toàn bộ	10 ⁶ m ³	1580
- Dung tích hữu ích	10 ⁶ m ³	1110
- Dung tích chết	10 ⁶ m ³	470
<i>Đập chính:</i>		
- Cao trình đỉnh đập	m	+28,0
- Cao trình đỉnh tường chắn sóng	m	+29,25
- Chiều dài đập	km	1,1
- Chiều cao đập lớn nhất	m	28
<i>Đập phụ:</i>		
- Cao trình đỉnh đập	m	+(27÷28)
- Chiều dài đập	km	27
- Chiều cao đập lớn nhất	m	8
- Cao trình tường chắn sóng	m	+(28,25÷29,25)
<i>Tràn xả lũ:</i>		
- 6 khoang cửa cung, kích thước mỗi khoang (b x h)	m	(10x6)
- Cao trình ngưỡng	m	+14
- Lưu lượng xả lũ thiết kế	m ³ /s	2.800
- Lưu lượng xả lũ kiểm tra (PMF)	m ³ /s	3.253
<i>Cổng lấy nước số 1:</i>		
- Cao trình cửa vào cổng	m	+13
- Lưu lượng thiết kế cổng	m ³ /s	93
- Kích thước mặt cắt ngang cổng n x (b x h)	m	3x(3x4)
<i>Cổng lấy nước số 2:</i>		
- Cao trình cửa vào cổng	m	+13
- Lưu lượng thiết kế cổng	m ³ /s	93
- Kích thước mặt cắt ngang cổng n x (b x h)	m	3 x (3 x 4)
<i>Cổng lấy nước số 3:</i>		
- Cao trình cửa vào cổng	m	+17
- Lưu lượng thiết kế cổng	m ³ /s	12,8
- Kích thước mặt cắt ngang cổng n x (b x h)	m	1 x (3 x 3)

Nguồn: Công ty TNHH MTV khai thác Thủy lợi Dầu Tiếng – Phước Hòa

Sau khi có dự án chuyển nước từ hồ Phước Hòa về hồ Dầu Tiếng, thì nhiệm vụ cấp nước của hồ Dầu Tiếng đã tăng so với nhiệm vụ thiết kế ban đầu, được Bộ NN & PTNT phê duyệt điều chỉnh tại Quyết định số 2851/QĐ-BNN-XD ngày 17/9/2008; Quyết định số 2597/QĐ-BNN-TCTL ngày 23/10/2012 và Quyết định số 3184/QĐ-BNN-XD ngày 21/12/2012, cụ thể như sau:

Bảng 1.5: Nhiệm vụ cấp nước của hồ Dầu Tiếng sau khi bổ sung nước từ hồ Phước Hòa

STT	Hạng mục	Đơn vị	Dầu Tiếng	Phước Hòa bổ sung	Tổng hồ Dầu Tiếng
I	Cấp nước tưới	ha	68.300	40.617	108.917
1	Cấp nước tưới Tân Hưng	ha	10.700		10.700
2	Cấp nước tưới Kênh Tây	ha	21.000		21.000
3	Cấp nước tưới Kênh Đông	ha	36.600		36.600
4	Cấp nước tưới Tân Biên	ha		6.407	6.407
5	Cấp nước tưới Đức Hòa	ha		10.181	10.181
6	Cấp nước tưới Thái Mỹ - Củ Chi	ha		1.161	1.161
7	Tạo nguồn cấp cho khu tưới mở rộng Tây Ninh	ha		21.000	21.000
8	Tạo nguồn cấp cho khu tưới bơm Lộc Giang A (Long An)	ha		1.868	1.868
II	Cấp nước sinh hoạt và công nghiệp	m ³ /s	9,40	28,13	37,53
1	Cấp nước cho Tp.HCM	m ³ /s	7,00	15,63	22,63
2	Cấp nước cho nhà máy đường Bourbon	m ³ /s	2,00	3,50	5,90
3	Cấp nước cho nhà máy đường Tây Ninh	m ³ /s	0,40		
4	Cấp nước qua nhà máy nước đá Tây Ninh	m ³ /s		5,00	5,00
5	Cấp nước cho Long An	m ³ /s		4,00	4,00
III	Xả nước xuống sông Sài Gòn vào mùa cạn	m ³ /s	20	16,10	36,10
IV	Hỗ trợ tạo nguồn tưới hạ du	ha	61.117		61.117
1	Ven sông Sài Gòn	ha	28.800		28.800
2	Ven sông Vàm Cỏ Đông	ha	32.317		32.317

Nguồn: Công ty TNHH MTV khai thác Thủy lợi Dầu Tiếng – Phước Hòa

1.2.2. Quy trình phục vụ vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng

1.2.2.1. Cơ sở pháp lý căn cứ để lập quy trình vận hành

Cơ sở pháp lý căn cứ để lập QTVH hồ chứa nước nói chung, và để lập QTVH hồ chứa nước Dầu Tiếng nói riêng, thực hiện theo Điều 11, Nghị định số 114/2018/NĐ-CP ngày 04/9/2018 của Chính phủ về quản lý an toàn đập, hồ chứa nước. Cụ thể:

i) Cơ sở pháp lý để lập quy trình, nguyên tắc vận hành công trình, thông số kỹ thuật chủ yếu, nhiệm vụ công trình;

ii) Quy định quy trình vận hành cửa van; quy định cụ thể về vận hành hồ chứa nước trong mùa lũ, mùa cạn trong trường hợp bình thường và trong trường hợp xảy ra hạn hán, thiếu nước, xâm nhập mặn, lũ, ngập lụt... và trong tình huống khẩn cấp;

iii) Quy định chế độ quan trắc, cung cấp thông tin về quan trắc khí tượng thủy văn chuyên dùng theo quy định tại Điều 15 Nghị định này;

iv) Công tác cảnh báo khi vận hành xả lũ trong trường hợp bình thường và trong

tình huống khẩn cấp, cảnh báo khi vận hành phát điện bao gồm: Quy định khoảng thời gian tối thiểu phải thông báo trước khi vận hành mở cửa xả nước đầu tiên; tín hiệu cảnh báo, thời điểm cảnh báo, vị trí cảnh báo; trách nhiệm của các tổ chức, cá nhân trong việc phát lệnh, truyền lệnh, thực hiện lệnh vận hành xả lũ; trách nhiệm của các tổ chức, cá nhân trong việc phát tin, truyền tin, nhận tin cảnh báo xả lũ;

v) Quy định về dòng chảy tối thiểu;

vi) Quy định trách nhiệm và quyền hạn của tổ chức, cá nhân liên quan trong việc thực hiện quy trình vận hành hồ chứa nước theo khoản 6 Điều 13 Nghị định này;

vii) Quy định về tổ chức thực hiện và trường hợp sửa đổi, bổ sung quy trình.

Ngoài ra, khi lập quy trình vận hành hồ Dầu Tiếng còn phải căn cứ theo một số Luật, Nghị định; các thông tư hướng dẫn, và các Quyết định liên quan như sau:

Các Luật: Luật Tài nguyên nước năm 2012; Luật phòng, chống thiên tai năm 2013; Luật KTTV năm 2015; Luật BVMT năm 2014; Luật Thủy lợi năm 2017;

Các Nghị định của Chính Phủ: Số 160/2018/NĐ-CP ngày 29/11/2018 qui định chi tiết thi hành một số điều của Luật phòng, chống thiên tai; số 201/2013/NĐ-CP ngày 27/11/2013 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tài nguyên nước; số 112/2008/NĐ-CP ngày 20/10/2008 quy định quản lý, bảo vệ, khai thác tổng hợp tài nguyên và môi trường các hồ chứa thủy điện, thủy lợi; số 43/2015/NĐ-CP ngày 06/05/2015 quy định lập, quản lý hành lang bảo vệ nguồn nước; số 38/2016/NĐ-CP ngày 15/05/2016 quy định chi tiết một số điều của Luật KTTV; số 46/2015/NĐ-CP ngày 12/05/2015 quy định quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng;

Các Thông tư: Số 26/2012/TT-BTNMT ngày 28/12/2012 của Bộ Tài nguyên Môi trường ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về quan trắc thủy văn; số 03/2012/TT-BTNMT ngày 12/04/2012 của Bộ Tài nguyên Môi trường quy định về quản lý, sử dụng đất vùng bán ngập lòng hồ thủy điện, thủy lợi; số 64/2017/TT-BTNMT ngày 22/12/2017 của Bộ Tài nguyên Môi trường ban hành quy định kỹ thuật xác định dòng chảy tối thiểu trên sông, suối và hạ lưu các hồ chứa, đập dâng; số 65/2017/TT-BTNMT ngày 22/12/2017 của Bộ Tài nguyên Môi trường quy định về xác định dòng chảy tối thiểu trên sông, suối và xây dựng quy trình vận hành liên hồ;

số 30/2018/TT-BTNMT ngày 26/12/2018 của Bộ Tài nguyên Môi trường quy định kỹ thuật về quan trắc và cung cấp thông tin, dữ liệu khí tượng thủy văn đối với trạm khí tượng thủy văn chuyên dùng; số 05/2018/TT-BNNPTNT ngày 15/5/2018 của Bộ nông nghiệp và Phát triển nông thôn Quy định chi tiết một số điều của Luật Thủy lợi;

Các Tiêu chuẩn, Quy chuẩn Việt Nam: QCVN 04-05:2012 - Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế; TCVN 8412:2010 - Công trình thủy lợi – Hướng dẫn lập quy trình vận hành; TCVN 8414:2010 - Công trình thủy lợi - Quy trình quản lý vận hành, khai thác và kiểm tra kho nước; TCVN 8418:2010 - Công trình thủy lợi - Quy trình vận hành duy tu bảo dưỡng cống; TCVN 8643: 2011- Công trình thủy lợi - Cấp hạn hán đối với nguồn nước tưới và cây trồng được tưới; TCVN 8304:2009 - Công tác thủy văn trong hệ thống thủy lợi; TCVN 9845:2013 - Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ;

Các Quyết định của Thủ tướng Chính phủ: Số 498/QĐ-TTg ngày 12/10/1993 phê duyệt điều chỉnh nhiệm vụ công trình; số 729/QĐ-TTg ngày 19/06/2012 phê duyệt quy hoạch cấp nước thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2025; số 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019 ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai; số 05/2020/QĐ-TTg 31/01/2020 quy định mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ trên các sông thuộc phạm vi cả nước; số 05/2020/QĐ-TTg ngày 31/01/2020 quy định mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ trên các sông thuộc phạm vi cả nước;

Các Quyết định của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và PTNT: Số 3415/QĐ-BNN-XD ngày 21/12/2010 phê duyệt dự án đầu tư xây dựng công trình Thủy lợi Phước Hòa, khoản vay bổ sung giai đoạn 2; số 3184/QĐ-BNN-XD ngày 21/12/2012 phê duyệt điều chỉnh dự án Thủy lợi Phước Hòa tỉnh Bình Dương, Bình Phước (lần 2); số 2597/QĐ-BNN-TCTL ngày 23/10/2012 phê duyệt điều chỉnh, bổ sung Báo cáo nghiên cứu khả thi và kế hoạch đấu thầu tổng thể Tiểu dự án Hiện đại hoá hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng, Dự án Hỗ trợ thủy lợi Việt Nam (VWRAP); số 960/QĐ-TCTL ngày 28/12/2012 phê duyệt Kế hoạch sẵn sàng trong trường hợp khẩn cấp hồ chứa nước Dầu Tiếng, tỉnh Tây Ninh; số 2382/QĐ-BNN-TCTL ngày 15/6/2016 phê duyệt, bổ sung nhiệm vụ phát điện vào hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng - Phước Hòa.

1.2.2.2. Các quy trình vận hành hồ Dầu Tiếng đang sử dụng hiện nay

i) Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai

Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai được Thủ tướng Chính phủ ban hành theo Quyết định số 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019 (Quy trình 1895), được tóm tắt thành 5 Phần, và 17 Điều, xem Phụ lục 1.

ii) Quy trình vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng

Quy trình vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng được Bộ trưởng Bộ NN & PTNT ban hành theo Quyết định số 3474/QĐ-BNN-TCTL ngày 01/9/2020 (Quy trình 3474), với các quy định ràng buộc về cơ bản không được vượt qua khuôn khổ của Quy trình 1895 do Thủ tướng ban hành. Điều khác biệt ở Quy trình 3474 so với Quy trình 1895 là ở Điều 15 Quy trình 3474, quy định về “**Vận hành đảm bảo an toàn công trình**” (trong Quy trình 1895 không quy định rõ nội dung này), nội dung cụ thể Điều 15, Quy trình 3474 quy định như sau:

1. Khi mực nước hồ Dầu Tiếng đạt cao trình 25,1 m mà lưu lượng đến hồ còn tiếp tục tăng và có khả năng ảnh hưởng đến an toàn công trình, Giám đốc Công ty Dầu Tiếng - Phước Hòa phải báo cáo ngay tới Tổng cục Thủy lợi; Bộ NN & PTNT; Trưởng BCH PCTT & TKCN các tỉnh Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước, Long An và TP. HCM; đồng thời quyết định thực hiện chế độ vận hành đảm bảo an toàn công trình theo quy định:

a) Xây dựng phương án vận hành xả nước qua tràn với lưu lượng xả lớn nhất bằng lưu lượng thiết kế ($Q_{x\max} = 2.800\text{m}^3/\text{s}$) đảm bảo mực nước hồ không vượt quá cao trình mực nước lũ kiểm tra +26,92m theo nguyên tắc:

- Vận hành mở cửa van của tràn xả lũ bảo đảm mực nước hồ không vượt quá cao trình mực nước lũ kiểm tra +26,92m;

- Sau đỉnh lũ, phải vận hành mở cửa van đưa mực nước hồ giảm dần về cao trình mực nước lũ thiết kế +25,1m và đưa mực nước hồ về cao trình mực nước trước lũ theo quy định tại Bảng 2, Quy trình 1895.

- Trình tự đóng mở cửa van đập tràn thực hiện theo Điều 6, Quy trình 3474;

- Hiệu lệnh thông báo xả nước qua tràn thực hiện theo Điều 9, Quy trình 3474.

b) Báo cáo Trưởng BCH PCTT & TKCN hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng - Phước Hòa trình Bộ NN & PTNT xem xét, quyết định phương án vận hành.

2. Bộ NN & PTNT chủ trì, phối hợp với Ủy ban nhân dân các tỉnh Tây Ninh, Bình Dương, Bình Phước, Long An và TP. HCM thống nhất phương án vận hành hồ; đồng thời chuẩn bị triển khai Phương án ứng phó với tình huống khẩn cấp hồ chứa nước Dầu Tiếng đã được phê duyệt.

3. Trong trường hợp vượt quá thẩm quyền, Bộ trưởng Bộ NN & PTNT báo cáo Thủ tướng Chính phủ đồng thời báo cáo Trưởng ban Chỉ đạo Trung ương về phòng, chống thiên tai xin ý kiến chỉ đạo.

4. Trường hợp hệ thống công trình đầu mối hồ chứa gặp sự cố phải tháo nước khẩn cấp, Giám đốc Công ty Dầu Tiếng - Phước Hòa lập phương án vận hành xả nước nhằm khống chế tốc độ hạ thấp mực nước bảo đảm không mất an toàn đập, công trình đầu mối và vùng hạ du.

5. Trách nhiệm phát hiện và xử lý sự cố hoặc các tình huống bất thường theo quy định tại Điều 23 và Điều 24, Quy trình 1895.

Như vậy, có thể hiểu hiện nay Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa đang sử dụng Quy trình 1895 và Điều 15 của Quy trình 3474 để vận hành hồ Dầu Tiếng, và đây cũng là cơ sở để phục vụ nghiên cứu sử dụng trong luận án.

1.2.3. Thực tiễn yêu cầu vận hành hồ Dầu Tiếng hiện nay

Tổng kết công tác quản lý, vận hành trong 35 năm cho thấy: Có 10 năm lũ lớn ($Q_{lũ} > 400 \text{ m}^3/\text{s}$), riêng năm 2000 có lưu lượng lũ lớn nhất $Q_{lũ} = 1320 \text{ m}^3/\text{s}$. Mực nước trong hồ vượt mực nước dâng bình thường 2-39 cm (có 11 năm), năm 2016 đạt cao nhất $H_{\max\max} = 24,79 \text{ m}$. Có 7 năm mực nước hồ thấp hơn cao trình mực nước chết (+17,0 m). Mực nước cuối mùa lũ thấp nhất vào năm 2004 ($H = 21,22 \text{ m}$). Tích nước đầy hồ sớm nhất vào 16/10, muộn nhất vào 24/12. Năm có mực nước cao nhất cuối mùa cạn là năm 1999 ($H = 20,04 \text{ m}$), thấp nhất cuối mùa cạn vào năm 2005 ($H = 15,62 \text{ m}$).

Sau khi xây dựng hồ chứa, theo thời gian diện tích rừng đầu nguồn đã giảm dần, dẫn đến sự thay đổi trong việc phân phối dòng chảy trong năm. Mùa khô lượng dòng chảy về hồ bị giảm sút, trong khi đó lưu lượng lũ và thời gian truyền lũ về hồ trong mùa mưa lại nhiều hơn và nhanh hơn so với khi chưa xây dựng hồ, dẫn đến công tác dự báo và điều tiết lũ gặp nhiều khó khăn. Những năm chịu sự tác động của El Nino, mùa mưa

thường kết thúc sớm và thường là những năm hồ tích nước không đạt thiết kế, mùa khô của năm liền sau đó cũng thường diễn biến phức tạp, nắng nóng kéo dài và nhu cầu nước tăng cao, dòng chảy đến trong mùa khô không đủ bù vào lượng nước tổn thất, lượng nước cấp trong mùa khô phụ thuộc hoàn toàn vào lượng nước tích được cho đến cuối của mùa mưa lũ của năm trước, gây khó khăn cho việc xây dựng kế hoạch cấp nước.

Các công trình nghiên cứu về hồ Dầu Tiếng thể hiện nhiều cố gắng, công sức của các tác giả nhằm tìm các giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác nguồn nước hồ Dầu Tiếng cho nhiệm vụ tích, cấp nước, dự báo mưa lũ, điều tiết lũ hồ chứa. Tuy nhiên, do hệ thống rộng lớn, cấu trúc hệ thống phức tạp, lại phục vụ cho nhiều mục đích sử dụng nước, nội dung và mục tiêu của các nghiên cứu do còn bao quát, chưa thực sự giải quyết hiệu quả những vấn đề cụ thể còn tồn tại trong công tác quản lý, khai thác và vận hành công trình, đặc biệt là bài toán vận hành hợp lý cho nhiều mục tiêu. Do đó, trong một số trường hợp kết quả nghiên cứu, đề xuất chưa phù hợp với điều kiện vận hành của hồ Dầu Tiếng, chưa áp dụng thật hiệu quả vào điều hành thực tế.

Tiếp tục kế thừa kết quả đạt được của các nghiên cứu đã thực hiện, và hướng tới khắc phục những hạn chế. Một số yêu cầu thực tiễn cần tiếp tục nghiên cứu, giải quyết để đạt được mục tiêu trong quản lý, vận hành hợp lý theo điều kiện thực tế của hồ chứa nước Dầu Tiếng và hạ du sông Sài Gòn, cụ thể như sau:

Với công tác tính toán dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn:

Hiện nay việc tính toán lưu lượng đến hồ Dầu Tiếng chủ yếu được tính toán bằng phương pháp cân bằng nước, kết quả tính toán chỉ cho biết dòng chảy đến hồ tại thời điểm cân bằng nước, chưa thể dự báo cho thời gian dự kiến trong tương lai. Do đó yêu cầu thực tiễn nghiên cứu phải có phương pháp dự báo dòng chảy đến hồ để phục vụ điều hành cấp nước và cung cấp thông tin theo quy định của quy trình vận hành, cụ thể:

Theo quy định tại điều 41 của Quy trình 1895, Chủ hồ chứa phải:

- Tổ chức dự báo lưu lượng đến hồ, mực nước hồ 10 ngày tới vào các ngày 01, 11, 21 hàng tháng.
- Cung cấp cho các đơn vị theo quy định thông tin về lưu lượng đến hồ, tổng lưu lượng xả về hạ du dự kiến 10 ngày tới trước 11 giờ các ngày 01, 11 và 21 hàng tháng.

Với công tác tính toán xả nước đầy, pha loãng mặn trên sông Sài Gòn:

Ngoài nhiệm vụ cấp nước theo thiết kế, từ năm 2004 đến nay mỗi năm hồ Dầu Tiếng phải điều tiết nước xả qua tràn để đầy, pha loãng mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn, giúp cho nhà máy nước Tân Hiệp hoạt động liên tục vào các kỳ triều cường trong các tháng mùa khô.

Cho đến nay việc xả nước đầy mặn chủ yếu dựa vào kinh nghiệm, cơ sở khoa học vận hành chưa chắc chắn, kết quả xả nước đầy mặn chưa đáp ứng yêu cầu thực tế, lượng nước cần thiết cho nhiệm vụ này còn lớn, trong khi tỷ lệ bơm hút hiệu quả chỉ khoảng 10% (từ 10-20 triệu m³/năm). Theo đó, việc quyết định xả nước đầy mặn sau khi đã tiếp nhận thông tin cảnh báo độ mặn bắt đầu vượt ngưỡng tại trạm bơm Hòa Phú. Thời gian bắt đầu xả khi nào sau khi nhận được thông tin cảnh báo, và phương pháp xả như thế nào cho hợp lý (*tập trung hay gián đoạn, hay vừa tập trung vừa gián đoạn*)... vẫn chưa nhận được nhiều câu trả lời thỏa đáng, dẫn đến bị động trong cách điều hành, và thực tế đã chứng minh rằng có năm lượng nước xả lớn nhưng độ mặn vẫn chưa đưa về được ngưỡng cho phép (*như một số đợt xả nước đầy mặn cho mùa khô năm 2016*).

Thực tiễn vận hành cho thấy, thời gian khi có yêu cầu xả nước đầy mặn, cũng là thời gian gia tăng các nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng khác (*nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt*). Một đợt xả nước thông thường trước đây (5-7 ngày) có thể sử dụng từ 20-30 triệu m³ nước, vì vậy nếu không có giải pháp xả nước tiết kiệm, công tác vận hành điều tiết cấp nước trong mùa cạn sẽ gặp rất nhiều khó khăn. Từ đó đặt ra yêu cầu nghiên cứu nhằm tối thiểu lượng nước xả từ hồ Dầu Tiếng mà vẫn đảm bảo nhiệm vụ đầy, pha loãng mặn hiệu quả trên sông Sài Gòn.

Với công tác tính toán, dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ:

Để giải quyết mâu thuẫn giữa nhiệm vụ tích nước phục vụ sản xuất và xả nước để điều tiết lũ, thì công tác tính toán, dự báo dòng chảy đến hồ chứa nói chung và dự báo dòng chảy đến hồ chứa trong mùa lũ (*dự báo lũ*) nói riêng là hết sức quan trọng. Yêu cầu đặt ra cho công tác dự báo lũ là: (i) dự báo lũ đến hồ với thời gian dự kiến đủ dài, và (ii) dự báo lũ đến hồ theo thời gian thực để Chủ hồ có thể đưa ra các quyết định vận hành hợp lý theo thời gian thực. Tuy nhiên, cho đến nay công tác dự báo lũ thỏa mãn yêu cầu

như trên chưa được nghiên cứu, giải quyết dẫn đến một số quyết định chưa hợp lý là: (i) không cần thiết phải xả lũ (*tạo lũ nhân tạo ảnh hưởng cho hạ du, hoặc làm mất nước ảnh hưởng đến nhiệm vụ tích nước hồ*), hoặc (ii) không xả lũ kịp thời (*dẫn đến hiện tượng **lũ chồng lũ** và có thể đe dọa đến an toàn công trình*).

Theo quy định tại điều 39 của Quy trình 1895, hàng ngày Chủ hồ chứa phải:

- Tổ chức quan trắc lượng mưa theo quy định; quan trắc, tính toán mực nước hồ, lưu lượng đến hồ, lưu lượng xả qua đập tràn, nhà máy, qua cống lấy nước đầu kênh (đối với hồ chứa thủy lợi) ít nhất 04 lần/ngày vào các thời điểm: 01 giờ, 07 giờ, 13 giờ, 19 giờ;
- Thực hiện bản tin dự báo 01 lần vào 9 giờ. Nội dung bản tin bao gồm lưu lượng đến hồ, mực nước hồ thời điểm hiện tại và các thời điểm 06 giờ, 12 giờ, 18 giờ, 24 giờ tới; dự kiến tổng lưu lượng xả tại các thời điểm 06 giờ, 12 giờ, 18 giờ và 24 giờ tới.

Với công tác tính toán điều tiết lũ cho hồ Dầu Tiếng:

Công tác tính toán điều tiết lũ hợp lý là vừa phải dựa trên các quy định ràng buộc trong quy trình vận hành (*quy trình của hồ Dầu Tiếng và quy trình liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai*); dựa vào trạng thái của các đặc trưng hồ chứa (*mực nước hồ, dung tích hồ*); dựa vào thông tin dự báo mưa-lũ trên lưu vực; và dựa vào tình trạng thủy triều ở hạ du sông Sài Gòn (*triều cường, triều kém*).

Cho đến nay, vẫn chưa có các tính toán và đánh giá cần thiết về diễn biến mực nước hồ và phương án vận hành điều tiết lũ hợp lý khi lũ về hồ với các tần suất thiết kế ($P=0,1\%$, $P=0,02\%$). Yêu cầu đặt ra khi tính toán lưu lượng xả cần thiết phải sao cho mực nước hồ trong quá trình điều tiết lũ không vượt quá cao trình mực nước lớn nhất kiểm tra (26,92 m) và sau điều tiết lũ phải đưa mực nước hồ về cao trình mực nước trước lũ [42], hoặc cao trình mực nước tích hợp lý [21]. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất một chương trình tính toán, điều tiết lũ hợp lý sẽ có ý nghĩa rất thiết thực cho người làm công tác chuyên môn và công tác quản lý điều hành hồ Dầu Tiếng.

1.3. ĐỊNH HƯỚNG NGHIÊN CỨU

1.3.1. Hướng tiếp cận nghiên cứu

Công trình hồ chứa nước Dầu Tiếng đảm nhiệm nhiều mục tiêu khác nhau gồm cấp nước cho sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp; xả nước đầy mặn, cải thiện môi trường;

phòng và giảm lũ hạ du, do đó bài toán vận hành hồ chứa sẽ phải là bài toán mang tính tổng hợp không kém phần phức tạp; để giải quyết tốt bài toán vận hành hồ chứa một cách hợp lý, đòi hỏi hàng loạt kiến thức về xác định dòng chảy đến (trung bình, lũ và kiệt), nhu cầu nước dùng của các đối tượng, tính toán cân bằng và điều phối nguồn nước thỏa mãn các khía cạnh kỹ thuật, kinh tế và môi trường. Những kiến thức cần thiết gồm khái niệm, lý thuyết và mô hình hóa hệ thống thủy văn đối với lưu vực liên quan dưới ảnh hưởng các tác động của con người; phương pháp phân tích thống kê và xây dựng mối tương quan, cho đến hiểu biết vận dụng chính sách và pháp luật liên quan đến tài nguyên nước, nhất là các quy định trong vận hành điều phối.

Trước sự tiến bộ khoa học hiện nay với sự hỗ trợ của máy tính, các mô hình ngẫu nhiên, mô hình ANN, mô hình mô phỏng và công nghệ GIS, đã cho phép tính toán, xử lý dữ liệu nhanh, khối lượng cần xử lý lớn và có độ chính xác cao theo không gian và thời gian. Các công cụ này tạo điều kiện thuận lợi cho việc nghiên cứu, xác lập cơ sở khoa học trong nhiệm vụ quản lý, vận hành nói chung, và nhiệm vụ tích, cấp nước phục vụ sản xuất và đầy mặn nói riêng, nhằm nâng cao công tác dự báo nước đến để phục vụ vận hành hồ và xây dựng các công cụ hỗ trợ điều hành hồ chứa thủy lợi Dầu Tiếng mang tính khả dụng, là điều cần quan tâm nhất hiện nay. Một số hướng tiếp cận nghiên cứu chủ yếu cho đề tài luận án cụ thể như sau:

1.3.1.1. Tiếp cận lý thuyết

Trên cơ sở phân tích tổng quan các công trình nghiên cứu đã thực hiện trước đây, tiếp tục củng cố, bổ sung phương pháp luận với những luận giải lý thuyết, mô hình hóa hệ thống thủy văn, nguồn nước và được kiểm chứng với dữ liệu thực đo. *Theo cách tiếp cận này, mô hình mạng ANN được sử dụng để nghiên cứu dự báo dòng chảy đến trong mùa cạn; mô hình MIKE-NAM được sử dụng để mô phỏng dòng chảy đến trong mùa lũ; và mô hình MIKE 11 được sử dụng để tiến hành các thực nghiệm số nhằm tìm các giải pháp xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn.*

1.3.1.2. Tiếp cận quy luật tự nhiên

Phát hiện các quy luật khách quan của các yếu tố (như mưa, dòng chảy), sử dụng công nghệ thông tin, toán thống kê,... để xây dựng chương trình, phần mềm hỗ trợ

điều hành trong quản lý, khai thác nguồn nước hợp lý. *Theo cách tiếp cận này, mô hình ANN được sử dụng để phát hiện các quy luật tự nhiên thông qua việc học từ chuỗi dữ liệu thống kê trong quá khứ để có thể áp dụng dự báo trong tương lai.*

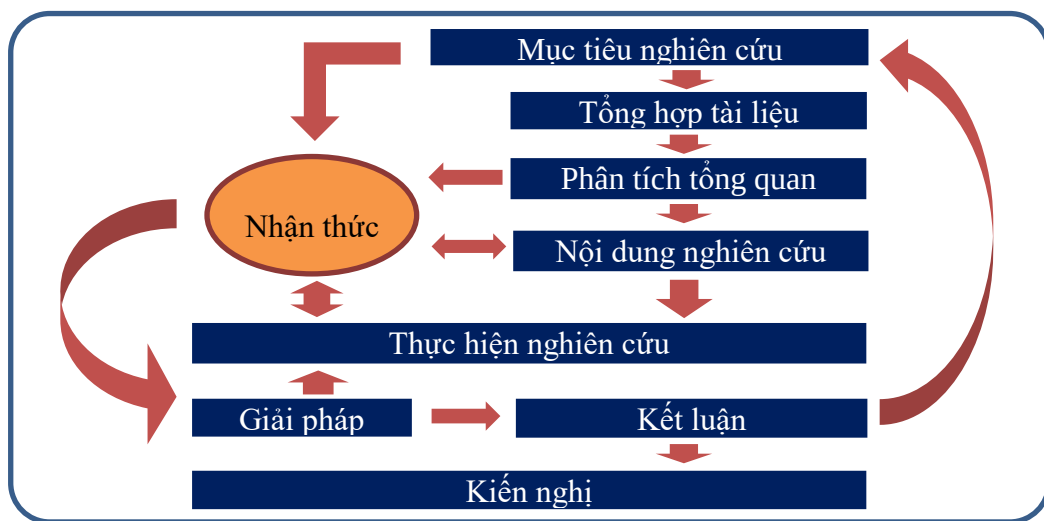
1.3.1.3. Tiếp cận thực tiễn, trình điều khiển

Là cách tiếp cận dựa trên các quy phạm, quy trình, quy định, nhiệm vụ và hướng dẫn để đánh giá nhu cầu thực tế và đưa ra các kịch bản, các giải pháp vận hành hợp lý, đảm bảo thích ứng với sự tác động của con người, thiên tai thời tiết, đặc biệt trong những trường hợp cực đoan như lũ, hoặc thiếu hụt nguồn nước về hồ chứa. *Theo cách tiếp cận này, chương trình điều tiết lũ được xây dựng dựa vào các quy định trong Quy trình 1895 và tình trạng triều (hoặc mực nước triều dự báo) để xây dựng các thuật toán tính toán điều tiết lũ.*

1.3.1.4. Tiếp cận thực nghiệm

Tiến hành các thử nghiệm chuyên môn và kiểm chứng kết quả trên hiện trường với mô phỏng trên máy tính để đánh giá tính hiệu quả, phát hiện các quy luật, giải pháp công nghệ cụ thể cho sản xuất, nâng cao hiệu quả vận hành hồ chứa. *Theo cách tiếp cận này, mô hình MIKE 11 được sử dụng để tiến hành thực nghiệm số để tìm ra các quy luật hoặc chỉ dẫn vận hành xả nước đầy đặn hiệu quả trên sông Sài Gòn.*

Từ các cách tiếp cận như trên, cơ sở tiếp cận hệ thống và quan điểm tuân thủ logic khoa học, luận án được nghiên cứu theo sơ đồ tổng quát như Hình 1.2.



Hình 1.2: Sơ đồ tiếp cận tổng quát nghiên cứu đề tài luận án

1.3.2. Nhiệm vụ nghiên cứu

Trên cơ sở tổng quan nghiên cứu trong và ngoài nước, đặc biệt là những nghiên cứu liên quan trực tiếp đến hồ Dầu Tiếng và phân tích ưu, nhược điểm, những kết quả đạt được, những hạn chế của quy trình và công tác vận hành thực tiễn hồ chứa nước Dầu Tiếng, Tác giả lựa chọn các hướng tiếp cận nêu trên vừa mang tính kế thừa, vừa mang tính sáng tạo với những nội dung cần nghiên cứu như sau:

- (1) Nghiên cứu giải pháp và ứng dụng dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn và trong mùa lũ;
- (2) Nghiên cứu giải pháp và ứng dụng xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn;
- (3) Nghiên cứu giải pháp và ứng dụng tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP LUẬN VỀ VẬN HÀNH HỢP LÝ HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG

2.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM

2.1.1. Khái niệm mô hình vận hành hợp lý hồ chứa nước

Mô hình (model) là sự đơn giản hóa hiện thực một cách có chủ định. Nó cho phép nhà nghiên cứu bỏ qua các mặt thứ yếu để tập trung vào phương diện chủ yếu, có ý nghĩa quan trọng đối với vấn đề nghiên cứu.

Mô hình vận hành là sự đơn giản hóa hiện thực vận hành (hay các yêu cầu thực tiễn trong vận hành) một cách có chủ định. Nó cho phép nhà nghiên cứu bỏ qua một số yêu cầu nghiên cứu vận hành không cần thiết (hoặc các nghiên cứu đã thực hiện) để tập trung vào phương diện chủ yếu theo yêu cầu thực tiễn (những vấn đề chưa được nghiên cứu hoặc đã được nghiên cứu nhưng chưa đáp ứng yêu cầu thực tiễn), có ý nghĩa quan trọng đối với vấn đề nghiên cứu (các nội dung cần nghiên cứu bổ sung). Như vậy, mô hình vận hành hồ Dầu Tiếng sẽ tập trung nghiên cứu những vấn đề chủ yếu theo yêu cầu thực tiễn đó là nghiên cứu dự báo dòng chảy kiệt, lũ, điều tiết lũ và giải pháp xả nước đầy mặn.

Mô hình vận hành hợp lý là mô hình vận hành thường gắn với những điều kiện cụ thể (số liệu nghiên cứu, các ràng buộc cụ thể) của một hệ thống hay một đối tượng nghiên cứu cụ thể (chủ thể nghiên cứu) để đạt được kết quả có thể chấp nhận được (kết quả hợp lý chung cho chủ thể nghiên cứu), mà chưa đạt đến được mục tiêu kết quả tối ưu.

Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, thì **Mô hình vận hành hợp lý** cho hồ chứa nước nói chung và cho hồ Dầu Tiếng nói riêng, là mô hình vận hành được tập trung nghiên cứu về **phương pháp** vận hành, **thời điểm** vận hành, và **kết quả** vận hành, trong đó:

Về phương pháp vận hành, là vận hành hồ chứa dựa trên các yếu tố tổng hợp như quy trình, quy phạm; thông tin mưa dự báo, dòng chảy đến hồ dự báo, thông tin dự báo triều và mặn ở hạ du; và trạng thái của hệ thống tại thời điểm vận hành (*thời gian thực*). Về mùa cạn, cần nghiên cứu đề xuất phương pháp dự báo dòng chảy về hồ khi không có số liệu mưa dự báo, và đề xuất phương pháp vận hành để tiết kiệm nguồn nước cấp qua hệ thống kênh và lượng nước xả xuống hạ du để đầy mặn (*điển hình như hồ Dầu Tiếng*

đẩy mặn trên sông Sài Gòn). Về mùa lũ, cần nghiên cứu để dự báo lũ chính xác hơn với thời gian dự báo dự kiến dài hơn để chủ động điều tiết lũ và tích nước hợp lý, bên cạnh đó việc xây dựng một chương trình hỗ trợ điều hành xả lũ hợp lý là điều cần thiết để đáp ứng được kịp thời các đòi hỏi của việc điều hành hồ chứa theo thời gian thực.

Về thời điểm vận hành, là vận hành hồ chứa có xét đến trạng thái của hệ thống theo thời gian thực (*trước, trong và sau thời điểm vận hành*). Với dự báo dòng chảy về mùa cạn, thì căn cứ vào dòng chảy thực đo trung bình 10 ngày, trung bình 20 ngày và trung bình 30 ngày trước so với thời điểm vận hành để dự báo dòng chảy đến trung bình cho 10 ngày, trung bình cho 20 ngày và trung bình cho 30 ngày sau. Với dự báo dòng chảy về mùa lũ, thì căn cứ vào lượng mưa thực đo từ thời điểm vận hành trở về trước và lượng mưa dự báo từ thời điểm vận hành trở về sau từ 5 đến 7 ngày. Với việc tính toán điều tiết lũ, thì căn cứ vào tình trạng triều (*triều cường, triều kém*) dự báo của 5 ngày tới so với thời điểm vận hành và căn cứ vào dòng chảy dự báo được mô phỏng từ dữ liệu mưa thực đo và mưa dự báo, ngoài ra còn căn cứ vào trạng thái của hệ thống (*mức nước hồ*) tại thời điểm vận hành. Nghiên cứu vận hành hồ chứa xem xét tới thời điểm vận hành là hướng tiếp cận khoa học hiện nay, nó giải quyết được nhiều vấn đề trong vận hành hồ chứa mà mô hình vận hành cũ khó giải quyết (*là mô hình vận hành chỉ dựa vào quy trình vận hành được lập sẵn*), đặc biệt là vấn đề mâu thuẫn giữa các mục tiêu (*tích nước, xả nước; điều tiết lũ và an toàn công trình*).

Về kết quả vận hành, phải mang lại lợi ích hài hòa cho nhiều mục tiêu như tích, cấp nước, an toàn công trình, phòng và giảm lũ cho hạ du.

2.1.2. Khái niệm vận hành hợp lý hồ chứa nước theo thời gian thực

Vận hành hợp lý hồ chứa nước theo thời gian thực, là hướng tiếp cận mà mọi quyết định vận hành tại một thời điểm nào đó tùy thuộc vào trạng thái hệ thống tại thời điểm đó và thông tin dự báo ở những thời điểm tiếp theo, tức là:

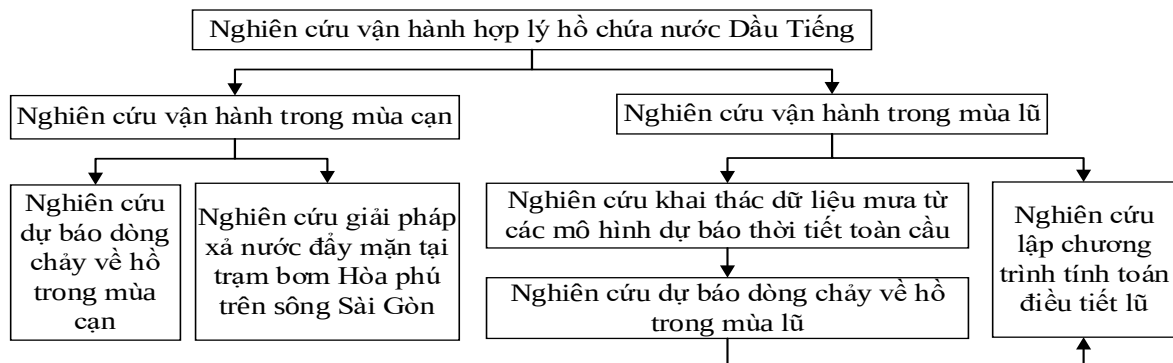
$$\text{Quyết định vận hành} = F(\text{Quy trình, trạng thái hệ thống, dữ liệu dự báo})$$

Đối với bài toán vận hành hồ chứa thời kỳ mùa cạn có nhiệm vụ cấp nước. Trạng thái hệ thống tại thời điểm vận hành bao gồm mức nước hồ hiện có, nhu cầu cấp cho Nông nghiệp, Công nghiệp, Sinh hoạt và đẩy mặn. Dữ liệu dự báo gồm lưu lượng đến, lưu lượng thất thoát do thấm và bốc hơi, và tình trạng triều và mặn dự báo ở hạ du.

Đối với bài toán vận hành hồ chứa thời kỳ mùa lũ vừa có nhiệm vụ tích và cấp nước, vừa có nhiệm vụ phòng chống lũ cho công trình và hạ du. Trạng thái của hệ thống tại thời điểm vận hành bao gồm mực nước hồ chứa, mực nước chống lũ cho công trình (*là mực nước lớn nhất thiết kế hoặc mực nước lớn nhất kiểm tra*), mực nước hạ lưu tại nút phòng lũ (*các cấp báo động mực nước hoặc tình trạng triều ở hạ du*), lưu lượng đến hồ chứa. Trong đó, dự báo chính xác lưu lượng nước đến hồ là yếu tố quan trọng nhất.

2.1.3. Các nội dung nghiên cứu vận hành hợp lý hồ Dầu Tiếng

Vận hành hồ chứa nước bao gồm vận hành hồ chứa trong mùa cạn và vận hành hồ chứa trong mùa lũ. Phương pháp, nguyên tắc chỉ dẫn vận hành hồ chứa nước nói chung và hồ chứa nước Dầu Tiếng nói riêng chủ yếu dựa vào quy trình vận hành. Cơ sở phương pháp vận hành hồ chứa nước Dầu Tiếng trong thời gian qua cũng được nhiều dự án thực hiện [4], [5], [6], [12], [13], [34], [35], [36], [47], [48], [49], [50], [51], [53], tuy nhiên để đáp ứng tình hình hiện nay thì cần phải tập trung nghiên cứu thêm. Do đó, nhiệm vụ nghiên cứu vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng trong luận án này sẽ được thực hiện qua một số nội dung cơ bản như sơ đồ Hình 2.1.



Hình 2.1: Sơ đồ nội dung nghiên cứu vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng

2.2. TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH

Về tiêu chuẩn đánh giá kết quả mô phỏng [24], phương pháp thống kê được dùng để định lượng sai khác giữa chuỗi số liệu tính toán và thực đo, đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình. Các chỉ tiêu đánh giá được sử dụng cho nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn và mùa lũ.

Trong các công thức từ (2.1) đến (2.5), các ký hiệu được dùng gồm: n là độ dài số liệu quan trắc, O_i là giá trị số liệu quan trắc (thực đo) thứ i ; P_i số liệu tính toán (dự báo) thứ i , và $\bar{O}$ và $\bar{P}$ là bình quân số liệu quan trắc và tính toán ($i = 1$ đến n).

Hệ số tương quan Pearson (r):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n ((O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \quad (2.1)$$

Hệ số tương quan (r) cho phép đánh giá mối quan hệ tuyến tính giữa tập giá trị dự báo và tập giá trị quan trắc. Giá trị của nó biến thiên trong khoảng -1 đến 1, giá trị hoàn hảo bằng 1. Giá trị tuyệt đối của hệ số tương quan càng lớn thì mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến càng chặt chẽ. Hệ số tương quan dương phản ánh mối quan hệ cùng chiều (đồng biến); ngược lại, hệ số tương quan âm biểu thị mối quan hệ ngược chiều (nghịch biến) giữa dự báo và quan trắc.

Hệ số hiệu quả mô hình (model coefficient of efficiency), R^2 , được sử dụng cho việc đo mức độ liên kết giữa các giá trị thực đo và mô phỏng. Hệ số này được đề xuất bởi Nash và Sutcliffe (1970) và bằng:

$$NSE = R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2.2)$$

Giá trị R^2 biểu thị sự tương thích tốt giữa các giá trị mô phỏng và thực đo. Hàm mục tiêu do đó phải hướng đến nỗ lực cực đại hóa số hạng này càng gần tới 1 càng tốt để có được kết quả mô phỏng tốt.

Đối với chỉ số Nash và Pearson, tiêu chuẩn đánh giá như sau:

$0,9 < R^2 \leq 1,0$	<i>Rất tốt</i>
$0,8 < R^2 \leq 0,9$	<i>Tốt</i>
$0,7 < R^2 \leq 0,8$	<i>Khá tốt</i>
$0,5 < R^2 \leq 0,7$	<i>Đạt yêu cầu</i>
$R^2 \leq 0,5$	<i>Không đạt yêu cầu</i>

Sai số căn bậc hai bình quân:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (2.3)$$

Sai số tuyệt đối trung bình:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \quad (2.4)$$

Giá trị MAE nằm trong khoảng $(0, +\infty)$. MAE biểu thị biên độ trung bình của sai số mô hình nhưng không nói lên xu hướng lệch của giá trị dự báo và quan trắc. Khi

MAE = 0, giá trị của mô hình hoàn toàn trùng khớp với giá trị quan trắc, mô hình được xem là “lý tưởng”. Do đó, RMSE, MAE càng tiến tới giá trị 0, mô phỏng càng tốt.

Hệ số lượng thặng dư (BIAS):

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (2.5)$$

Bias giữa các giá trị mô phỏng và thực đo, nếu:

$Bias \leq 5\%$	<i>Rất tốt</i>
$5,0\% < Bias \leq 10\%$	<i>Tốt</i>
$10\% < Bias \leq 15\%$	<i>Khá tốt</i>
$15\% < Bias \leq 20\%$	<i>Đạt yêu cầu</i>
$Bias > 20\%$	<i>Không đạt yêu cầu</i>

Ngoài các phương pháp thống kê, độ tin cậy của mô hình cũng được đánh giá thông qua việc so sánh trên biểu đồ chuỗi số liệu tính toán và thực đo.

2.3. CƠ SỞ DỮ LIỆU PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU

2.3.1. Cơ sở dữ liệu cho mô hình nghiên cứu xả nước đẩy mặn

2.3.1.1. Dữ liệu địa hình mặt cắt sông kênh

Hệ thống sông kênh rạch trong vùng nghiên cứu được số hoá dựa trên ảnh vệ tinh, các bản đồ số hoá, bản đồ giấy theo hệ toạ độ UTM. Số liệu mặt cắt các sông, kênh rạch trong hệ thống được thu thập và cập nhật từ nhiều nguồn khác nhau như:

- Số liệu đo đạc mặt cắt sông Thị Vải, thuộc đề tài “Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của quá trình phát triển kinh tế - xã hội tới môi trường sông Thị Vải và vùng phụ cận đề xuất các giải pháp bảo vệ môi trường” do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện năm 2008 và dự án nghiên cứu khả thi “Xây dựng hệ thống cảng Container Cái Mép” của công ty vắn Hà Lan HAECON, Hà Lan, thực hiện năm 2002.

- Số liệu đo địa hình mặt cắt sông Soài Rạp và sông Nhà Bè thuộc dự án cải tạo luồng giao thông thủy của Công ty Tư vấn xây dựng cảng - đường thủy phía Nam TEDISOUTH (năm 1996, 1999, 2001, 2004, 2006 và 2007).

- Số liệu mặt cắt sông Lòng Tàu, Nhà Bè và Sài Gòn, thuộc dự án luồng tàu Sài Gòn - Vũng Tàu của Cục Hàng Hải Việt Nam từ (1996-2007).

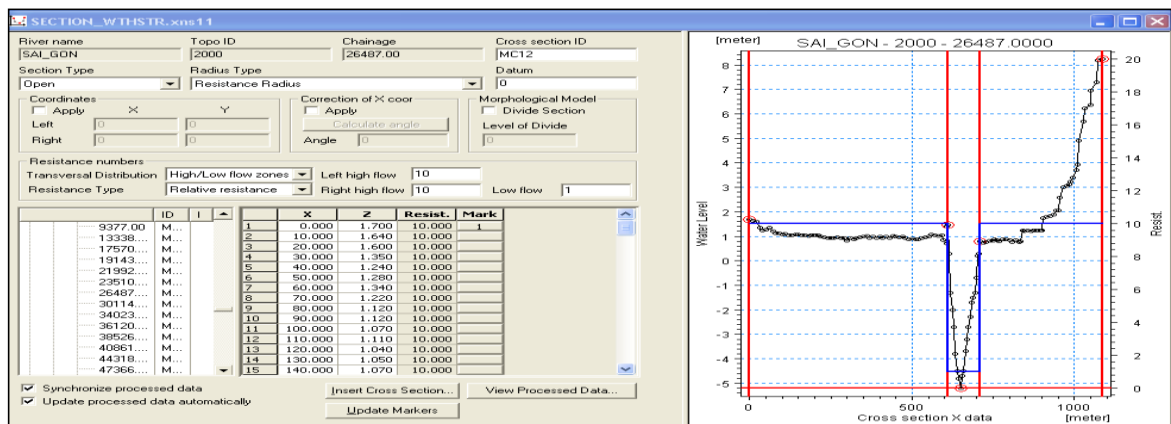
– Số liệu mặt cắt kênh rạch thuộc khu vực Nam Sài Gòn thuộc dự án “Nghiên cứu sử dụng tổng hợp nguồn nước ở lưu vực sông Đồng Nai phục vụ phát triển kinh tế-xã hội miền Đông Nam Bộ” do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam thực hiện năm 2005.

– Số liệu mặt cắt kênh rạch thuộc khu vực bán Đảo Thanh Đa trong các dự án nghiên cứu chống sạt lở khu vực bán đảo Thanh Đa, năm 2004.

– Số liệu đo đạc địa hình sông Vàm Cỏ do các cơ quan chức năng Bộ Thủy Lợi cũ thực hiện đến năm 1997.

– Số liệu địa hình lòng dẫn sông Sài Gòn và sông Đồng Nai do công ty bảo đảm hàng hải đo đạc cho đến năm 2002. Một số mặt cắt địa hình lòng dẫn sông Sài Gòn được Viện Thủy lợi và Môi trường-Cơ sở 2-ĐHTL đo bổ sung năm 2013 phục vụ dự án [53].

– Ngoài ra, mặt cắt các kênh rạch nhỏ trong vùng nghiên cứu được lấy từ số liệu đo đạc của nhiều dự án do Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, Công ty Tư vấn xây dựng thủy lợi 2 thực hiện trong các năm gần đây.



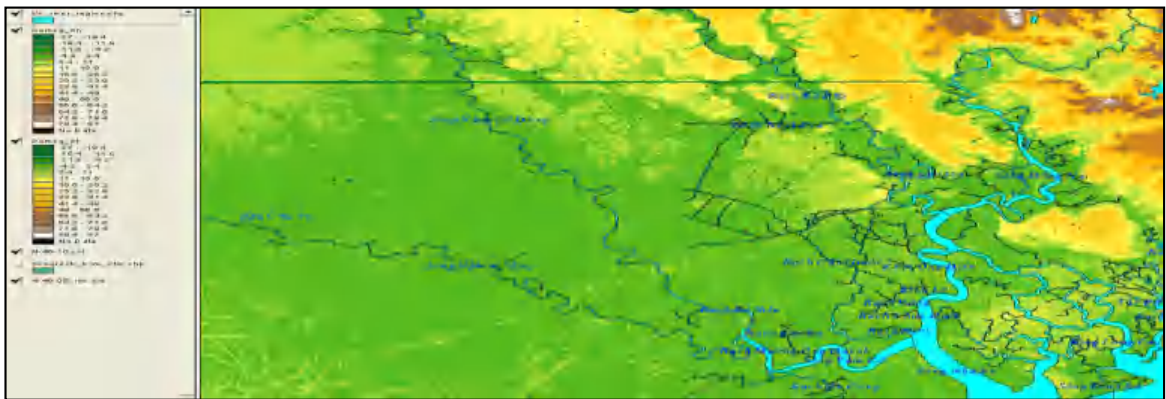
Hình 2.2: Địa hình mặt cắt ngang sông

Dữ liệu địa hình các sông, kênh từ các nguồn nêu trên được hiệu chỉnh và xử lý, các thông số liên quan đến cao trình đều được qui về hệ cao độ nhà nước. Kết quả có được bộ cơ sở dữ liệu về địa hình đảm bảo cho việc tính toán thủy lực xâm nhập mặn cho vùng nghiên cứu. Kết quả sơ đồ hoá hệ thống sông, kênh và số liệu địa hình, biên đầu vào bao gồm: 372 nhánh sông; 2296 mặt cắt; 3648 điểm tính toán mực nước; 2916 điểm tính toán lưu lượng; 6564 điểm tính toán độ mặn; 04 biên mực nước phía hạ lưu; 97 biên lưu lượng thượng lưu và các nguồn nhập lưu.

2.3.1.2. Dữ liệu địa hình các ô ruộng và cơ sở hạ tầng

CSDL địa hình các ô ruộng, vị trí và cao trình bờ bao quanh các ô ruộng thuộc khu vực nghiên cứu được cập nhật từ các nguồn dữ liệu sau:

- + Bản đồ số về địa hình, giao thông, sông rạch, hành chánh, dân cư tỷ lệ 1:2000, 1:5000 do sở địa chính TP. HCM cung cấp (2006).
- + Bản đồ số về địa hình, giao thông, sông rạch tỷ lệ 1:10000 năm 2005.
- + Bản đồ số về địa hình, giao thông, sông rạch tỷ lệ 1:50000 năm 2005.
- + Bản đồ cao độ số DEM có độ phân giải (90 x 90) m.



Hình 2.3: Bản đồ cao độ số DEM vùng nghiên cứu

Số liệu về các công trình thủy lợi, giao thông trên hệ thống được thu thập từ các hồ sơ thiết kế, từ các công ty Quản lý Khai thác các Công trình Thủy lợi, Giao thông, hầu hết các công trình lớn đã được tập hợp và đưa vào mô hình.

2.3.1.3. Dữ liệu tại các biên

Chế độ thủy văn tại vùng hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai chịu tác động của 3 yếu tố chính sau: (1) Lượng nước xả từ hồ Trị An và Phước Hòa xuống sông Đồng Nai và sông Bé; (2) Lưu lượng nước xả từ hồ Dầu Tiếng xuống sông Sài Gòn; (3) Các dao động thủy triều.

Các nguồn khác có mức độ ảnh hưởng đến chế độ thủy văn là không đáng kể.

• Biên thủy văn tại thượng nguồn và các nguồn nhập lưu

CSDL cơ bản bao gồm các biên lưu lượng chính (Phước Hoà, Trị An, Dầu Tiếng, Thị Tính, Vàm Cỏ Đông và Vàm Cỏ Tây) ngoài ra còn có các nguồn lưu lượng nhập lưu từ nước thải công nghiệp và sinh hoạt, lượng nước phục vụ cho sản xuất nông nghiệp, sinh hoạt. Tổng cộng có 97 biên lưu lượng và các nguồn xả thải.

Bảng 2.1: Vị trí các trạm đo lưu lượng và thời gian quan trắc

Stt	Tên trạm	Tên sông	Đoạn (km)	Thời gian quan trắc từ 2005 - 2016
1	Vàm Cỏ Đông	Vamcodong	0	Tháng 1 ÷ tháng 12
2	Dầu Tiếng	Saigon	0	Tháng 1 ÷ tháng 12
3	Trị An	Dong_nai	0	Tháng 1 ÷ tháng 12
4	Phước Hoà	Songbe	0	Tháng 1 ÷ tháng 12

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia, Ủy ban sông Mekong, Bộ NN&PTNT

• Biên thủy văn hạ lưu

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chế độ thủy văn tại vùng nghiên cứu đó là sự lan truyền các sóng thủy triều và các dòng vật chất từ biển Đông tới. Các ảnh hưởng này được tham số hóa bằng giá trị mực nước, mặn, hàm lượng các chất... trên các biên thủy văn tại các cửa sông Soài Rạp, Ngã Bảy, Cái Mép.... Các dữ liệu cần cho biên hạ lưu bao gồm mực nước và độ mặn.

Trong vùng nghiên cứu có nhiều cửa sông thoát ra biển. Mực nước, mặn tại các cửa sông này bị khống chế bởi chế độ thủy triều, và dữ liệu độ mặn các cửa sông này được nội suy từ dữ liệu của vịnh Đồng Tranh và Gành Rái.

Mực nước trên biên hạ lưu: Mực nước thực đo các trạm Vũng Tàu, Vàm Kênh sử dụng để lập CSDL biên mực nước tại các biên hạ lưu. Mực nước trên biên đổ ra Vịnh Gành Rái tính theo mực nước tại trạm Vũng Tàu với hệ số điều chỉnh là 0,95. Mực nước tại biên hạ nguồn đổ ra Đồng Tranh được lấy theo mực nước thực đo tại trạm Vàm Kênh.

Độ mặn trên biên hạ lưu: Do không có số liệu thực đo mặn đồng bộ tại các cửa sông, độ mặn trên biên hạ lưu được nội suy từ số liệu độ mặn trung bình cực đại hàng tháng trên vịnh Đồng Tranh, vịnh Gành Rái và được trình bày trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2: Độ mặn trung bình cực đại tháng (g/l) tại biên hạ lưu

Tên biên hạ lưu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Gành Rái	32	33	33	32	31	27	26	24	23	25	30	31
Soài Rạp	30	31	32	33	25	22	20	18	18	20	25	30

• Biên khí tượng (mưa, gió, bốc hơi ...)

- *Số liệu gió:* Gió có thể ảnh hưởng đến kết quả của mô hình, tuy nhiên trong nghiên cứu này không đề cập đến gió trong khu vực nghiên cứu.
- *Số liệu mưa:* Do mô hình mô phỏng xâm nhập mặn, chất lượng nước trong mùa khô nên lượng mưa không có hoặc rất nhỏ, cho nên mô hình không đề cập đến.

2.3.2. Cơ sở dữ liệu khí tượng, thủy văn, độ mặn

2.3.2.1. Dữ liệu khí tượng

Lượng mưa trên lưu vực: Lượng mưa ngày thực đo của 5 trạm trên lưu vực (Lộc Ninh, Kà Tum, Đồng Ban, Chơn Thành, Thị Xã Tây Ninh) từ năm 1990 đến 2020, trong đó từ năm 2017 đến nay có lượng mưa giờ, mưa trận, và mưa ngày của 13 trạm (Lộc Ninh, Kà Tum, Đồng Ban, Tân Hà, Minh Hòa, Tân Hòa 1, Tân Hòa 2, Lộc Thành, Lộc Thiện, Thanh Lương, Tân Thành, Minh Tâm, Dầu Tiếng).

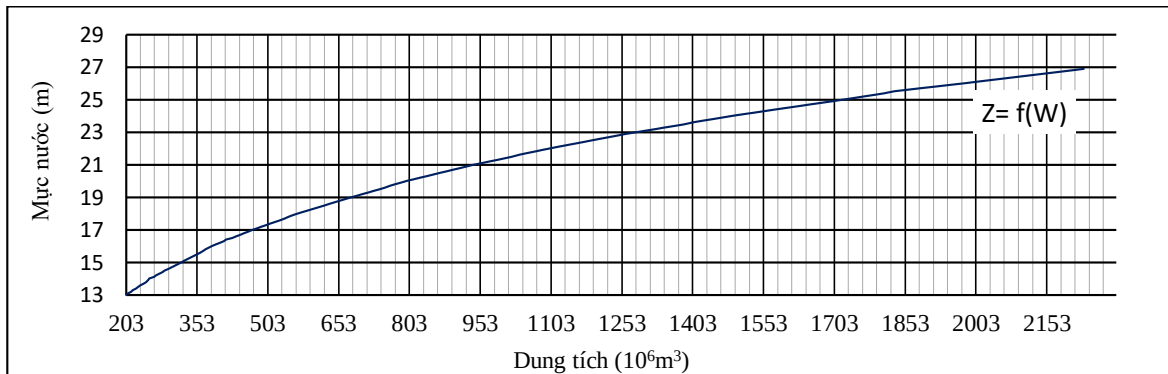
Bốc hơi trạm Dầu Tiếng: Bốc hơi ngày thực đo từ ống Piche tại trạm Dầu Tiếng có từ năm 1990 đến năm 2020.

Thông tin thời tiết: Thông tin thời tiết được thu thập có từ năm 2017 cho đến nay từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu (mô hình ECMWF, GFS, và NEMS).

2.3.2.2. Dữ liệu thủy văn

Mực nước hồ: Dữ liệu mực nước hồ Dầu Tiếng thực đo lúc 7 giờ từ 1985 đến 2020, riêng mực nước giờ thực đo có từ 2017 đến năm 2020.

Tài liệu quan hệ mực nước-dung tích hồ: Chương trình còn sử dụng dữ liệu bảng tra quan hệ $Z \sim W$; dữ liệu về cao trình mực nước tích hợp lý [21], xem Bảng 2.6.



Hình 2.4: Quan hệ $Z \sim W$ lòng hồ Dầu Tiếng

Lưu lượng đến hồ: Lưu lượng đến hồ Dầu Tiếng từ năm 1985 đến năm 2020. Tài liệu lưu lượng sử dụng cho hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình mô phỏng MIKE-NAM, và nghiên cứu dự báo dòng chảy về mùa cạn thông qua mô hình ANN. Lưu lượng đến hồ được tính toán từ việc cân bằng nước hồ hàng ngày.

Các bước tính toán theo phương trình cân bằng nước hồ được thực hiện như sau:

$$\sum W_{\text{đến}} = \sum W_{\text{đi}} \pm \sum \Delta W_{\text{hồ}} \quad (2.6)$$

$$\sum W_{\text{đi}} = \sum W_{\text{tràn}} + \sum W_{\text{cống}} + \sum W_{\text{tồn thất}} \quad (2.7)$$

$$\sum \Delta W_{\text{hồ}} = \sum \Delta W_{\text{hồ phẳng}} + \sum \Delta W_{\text{hồ nghiêng}} \quad (2.8)$$

Trong đó:

$\sum W_{\text{đến}}, \sum W_{\text{đi}}$: Tổng lượng nước đến/đi khỏi hồ trong thời đoạn tính toán.

$\sum \Delta W_{\text{hồ}}$: Chênh lệch tổng lượng nước hồ trong thời đoạn tính toán.

$\sum \Delta W_{\text{hồ phẳng}}$: Chênh lệch tổng lượng nước hồ với mặt nước hồ là phẳng.

$\sum \Delta W_{\text{hồ nghiêng}}$: Chênh lệch phần dung tích động của hồ trong thời đoạn tính toán (giá trị này phụ thuộc vào quá trình lũ đến hồ).

Trong một nghiên cứu trước đây của GS Nguyễn Sinh Huy, tồn thất hồ chứa nước Dầu Tiếng bằng 2% dung tích hồ trung bình tháng.

Lưu lượng xả: Lưu lượng xả từ hồ Srok Phu Miêng, hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng về hạ du từ năm 2005 đến năm 2016.

Mực nước: Tại các trạm Nhà Bè, trạm Thủ Dầu Một, trạm Cảng Sài Gòn, và trạm Vũng Tàu từ năm 2006 đến năm 2013.

2.3.2.3. Dữ liệu độ mặn

Độ mặn thực đo: Độ mặn thực đo tại trạm bơm Hòa Phú từ năm 2005 đến năm 2016, độ mặn thực đo tại nhà Bè và Thủ Dầu Một từ 2010 đến 2013.

2.3.2.4. Đánh giá chung về tình hình tài liệu đã thu thập

Các tài liệu trong nghiên cứu này được thu thập trong các dự án trước đây đã được sử dụng. Qua phân tích thống kê, đánh giá số liệu cho thấy kết quả đánh giá thể hiện chất lượng tài liệu tương đối tốt. Tuy nhiên, tài liệu dòng chảy đến hồ được tính toán từ việc cân bằng nước, trong khi số liệu đo mực nước hàng ngày lại được làm tròn tới Centimet (cm), vì vậy tính chính xác của chuỗi số liệu dòng chảy đến chỉ mang tính tương đối.

2.4. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA CẠN

2.4.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu

Qua thống kê tài liệu phân phối dòng chảy trong năm của lưu vực sông Sài Gòn cho thấy dòng chảy mùa cạn chiếm từ 20 – 30 % tổng lượng dòng chảy năm, trong thời kỳ kiệt nhất (*bình quân 3 tháng*) thì dòng chảy kiệt giảm 8 % đến 10 % tổng lượng dòng chảy năm trên sông Sài Gòn. Phân tích thời kỳ dòng chảy kiệt nhất vào

tháng 3 và tháng 4, cho thấy Mô đuyên dòng chảy kiệt nhất trên sông Sài Gòn là 0,1 l/s.km², các trị số cực tiểu trên tương ứng với mức tần suất đảm bảo $P = 95 \%$ [53].

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy kiệt (*khả năng trữ ẩm và cấu tạo địa chất, thổ nhưỡng địa mạo và lớp phủ thực vật của lưu vực*), trong đó rừng đầu nguồn có vai trò duy trì lượng dòng chảy ổn định trong mùa khô. Trong những năm gần đây, lượng dòng chảy đến trong mùa khô có năm không đủ bù vào lượng tổn thất, sự suy giảm dòng chảy kiệt về lượng bởi do sự suy giảm diện tích rừng đầu nguồn là nguyên nhân cần được xem xét.

Lưu vực hồ Dầu Tiếng với diện tích khoảng 2700 km², với 04 sông, suối chính (Kà Tum, Bỏ Túc, Suối Ngô và Tống Lê Chân) và hàng chục nhánh suối nhỏ, nên việc kiểm soát lưu lượng về hồ trong mùa cạn gặp rất nhiều khó khăn. Việc xác định lưu lượng về hồ chủ yếu bằng phương pháp tính toán cân bằng nước, do đó chưa thể dự báo lưu lượng về hồ một cách chủ động.

Trong mùa khô, do hầu như ít chịu tác động bởi mưa nên dòng chảy đến hồ chứa chủ yếu là dòng chảy ngầm, đặc điểm về lượng dòng chảy là biến đổi chậm theo thời gian. Từ đặc điểm đó, việc lựa chọn phương pháp mô hình dựa trên dữ liệu trong quá khứ đã biết của thời gian trước đó để dự báo cho thời gian sau đó, là một cách tiếp cận đã được quan tâm áp dụng để dự báo dòng chảy đến trong mùa khô.

Một trong những mô hình, phương pháp đang được sử dụng phổ biến hiện nay là sử dụng phương pháp mô hình mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) để ứng dụng vào dự báo. Với đặc tính nổi bật của ANN là khả năng học hỏi và tìm ra các mối quan hệ phức tạp giữa các dữ liệu đầu vào, đầu ra, nên việc tiếp cận phương pháp ANN là một lựa chọn phù hợp trong điều kiện của mùa khô. Các bước nghiên cứu dự báo dòng chảy về mùa cạn bằng phương pháp ANN như sau:

Bước 1: Nghiên cứu cơ sở lý thuyết mô hình mạng nơ-ron (ANN)

Bước 2: Phân tích cấu trúc mạng ANN ứng dụng dự báo dòng chảy mùa cạn

Bước 3: Chọn bộ công cụ để nghiên cứu, huấn luyện bộ dữ liệu phục vụ dự báo lưu lượng nước đến hồ

Bước 4: Chọn bộ dữ liệu để huấn luyện và kiểm tra mạng

Bước 5: Chuẩn hóa số liệu đầu vào

Bước 6: Thiết lập các nhóm kịch bản dự báo

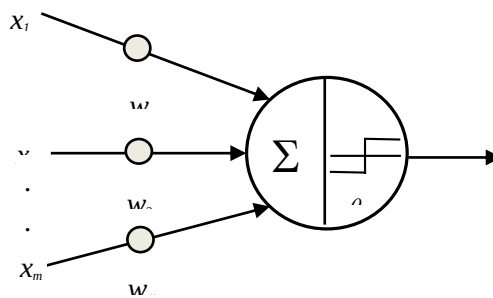
Bước 7: Phân tích kết quả huấn luyện và kiểm tra các kịch bản dự báo

Bước 8: Phân tích kết quả kiểm định mô hình

Bước 9: Phân tích khả năng ứng dụng mô hình ANN dự báo dòng chảy đến hồ Dầu Tiếng.

2.4.2. Giới thiệu mô hình mạng nơ-ron nhân tạo

Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) là sự mô phỏng toán học của mạng nơ-ron sinh học. Một mô hình ANN được xây dựng từ những thành phần cơ sở là những nơ-ron nhân tạo gồm nhiều đầu vào và một đầu ra, xem Hình 2.5.

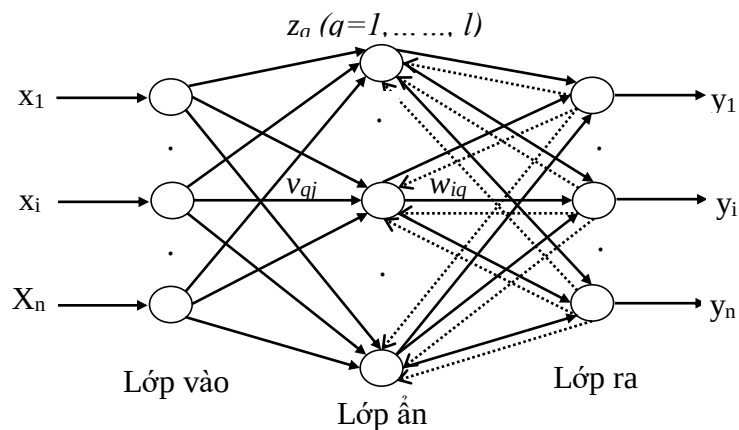


Hình 2.5: Kiến trúc một nơ-ron nhân tạo

Các đầu vào tiếp nhận kích thích từ đầu ra của những nơ-ron khác hoặc từ môi trường. Mỗi nơ-ron vào có một bộ trọng số nhằm khuếch đại tín hiệu kích thích sau đó tất cả sẽ được cộng lại. Tín hiệu sau đó sẽ được tiếp tục biến đổi nhờ một hàm phi tuyến, thường gọi là hàm kích hoạt. Và cuối cùng tín hiệu sẽ được đưa đến đầu ra của nơ-ron để lại trở thành đầu vào của các nơ-ron khác hoặc trở thành tín hiệu ra của toàn bộ mạng.

Khi kết hợp các nơ-ron lại với nhau ta có một ANN. Tùy theo cách thức liên kết giữa các nơ-ron mà ta có các loại mạng khác nhau như: mạng truyền thuận, mạng phản hồi,... Có thể xem ANN như là một mô hình toán $Y=F(X)$ với X là véc tơ số liệu đầu vào và Y là véc tơ số liệu đầu ra. Ưu điểm của một mạng nơ-ron nhân tạo là nó cho phép xây dựng một mô hình tính toán có khả năng học dữ liệu rất cao. Có thể coi ANN là một hộp đen có nhiều đầu vào và nhiều đầu ra có khả năng học được mối quan hệ giữa đầu ra và đầu vào dựa trên dữ liệu được học.

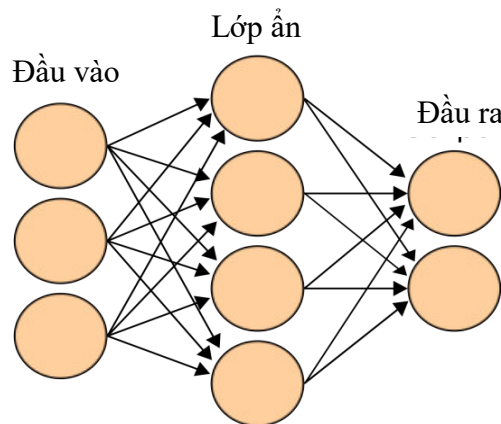
Chin-Teng Lin và C.S. George Lee [57], cho rằng chỉ cần đưa vào mạng một tập mẫu dữ liệu trong quá trình học mạng sẽ phát hiện được các ràng buộc dữ liệu hữu ích mà không cần phải có thêm các tri thức về miền ứng dụng và vì vậy rất thuận lợi khi xây dựng mô hình dữ liệu. Chính vì lý do đó, mạng nơ-ron có thể được ứng dụng trong các mô hình dự báo. Và cũng theo các tác giả, cần đưa thêm hằng số quán tính để tăng tốc độ học và tránh cực tiểu cục bộ.



Hình 2.6: Mạng nơ-ron lan truyền thuận

2.4.3. Cấu trúc mạng ANN ứng dụng dự báo dòng chảy

Trên cơ sở lý thuyết về mạng nơ-ron được trình bày ở Phụ lục 2 và qua phân tích ưu nhược điểm và tính khả dụng của các cấu trúc mạng nơ-ron, cấu trúc mạng nơ-ron ứng dụng dự báo dòng chảy trong nghiên cứu này lựa chọn loại đa lớp với 3 lớp bao gồm: Lớp đầu vào (input layer), lớp ẩn (hidden layer), và lớp đầu ra (output layer). Sau đó thuật toán lan truyền ngược được ứng dụng để huấn luyện mạng.

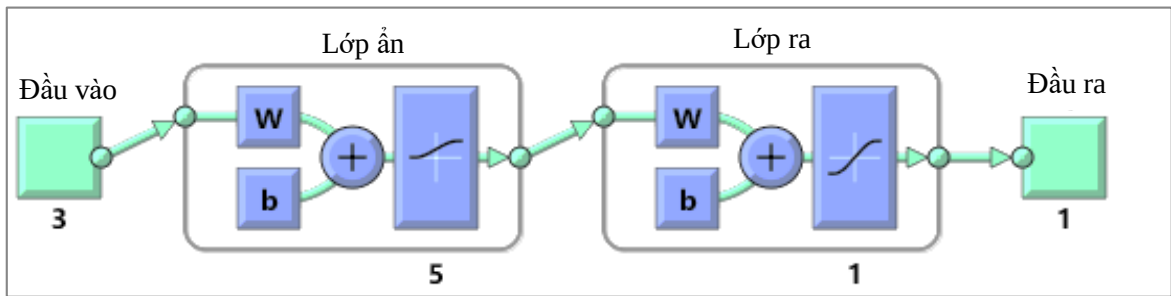


Hình 2.7: Cấu trúc mạng MLP sử dụng cho mô hình dự báo dòng chảy

Một mạng nơ-ron nhân tạo đa lớp (MLP) với một lớp ẩn (Z_j) được trình bày như Hình 2.7. Các đơn vị trong lớp đầu vào ký hiệu là X_i , đơn vị lớp đầu ra ký hiệu là Y_i , các Bias của lớp ẩn và lớp đầu ra ký hiệu là V_{0j} , W_{0k} .

2.4.4. Công cụ nghiên cứu và phương pháp chuẩn hóa số liệu

Để huấn luyện bộ dữ liệu phục vụ dự báo lưu lượng nước đến hồ, mô hình mạng nơ-ron nhân tạo trong nghiên cứu này được sử dụng thông qua bộ công cụ Neural Network Toolbox (nntool) của Matlab [65].



Hình 2.8: Một ví dụ về mô hình mạng nơ-ron sử dụng công cụ Neural Network Toolbox

Xử lý số liệu đầu vào mô hình ANN bao gồm huấn luyện và kiểm tra mạng, chuẩn hóa dữ liệu và các kịch bản dự báo. Dữ liệu đầu vào mô hình được chuẩn hóa như sau:

$$X_n = 0,05 + 0,9 * \frac{(X_r - X_{Min})}{(X_{Max} - X_{Min})} \quad (2.9)$$

Trong đó X_n là số liệu sau khi chuẩn hóa, và X_r là số liệu thô đầu vào; X_{max} và X_{min} là số liệu lớn nhất và nhỏ nhất của chuỗi. Việc chuẩn hóa dữ liệu nhằm mục đích chuyển đổi các dữ liệu về khoảng $[0,1]$ để tăng hiệu quả của mô hình. Do bản chất tự nhiên của thuật toán lan truyền ngược, những giá trị lớn sẽ gây khó khăn cho quá trình huấn luyện, hoặc làm quá trình huấn luyện mạng chậm đi bởi vì đạo hàm của hàm kích hoạt Log-Sigmoid tại những giá trị này xấp xỉ bằng không [59].

2.5. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP XẢ NƯỚC ĐẦY MẶN

2.5.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu

Trước khi có công trình hồ Dầu Tiếng, năm bình thường biên mặn 1,0 g/l vượt quá Thủ Dầu Một, biên mặn 4,0 g/l lên đến cửa Rạch Tra, và năm mặn nhất (1977) biên mặn 1,0 g/l lên đến Thủ Dầu Một. Sau khi có công trình hồ Dầu Tiếng, biên mặn 1,0 g/l ở khu vực Lái thiêu, biên mặn 4,0 g/l dao động từ Phú Xuân tới trạm Phú An [47], [51].



Hình 2.9: Trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn

Số liệu thống kê từ khi công trình hồ Dầu Tiếng đi vào hoạt động (1985) đến nay, có 03 năm xảy ra tình trạng xâm nhập mặn phức tạp nhất (2005, 2011 và 2016). Khi độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn có dấu hiệu vượt ngưỡng cho phép, hồ Dầu Tiếng phải xả nước xuống hạ du để đẩy mặn, lượng nước đã dùng cho đẩy mặn từ năm 2004 đến năm 2016 là 1.221,248 triệu m^3 , xem Bảng 2.3.

Bảng 2.3: Tổng lượng nước dùng để xả đẩy, pha loãng mặn trên sông Sài Gòn

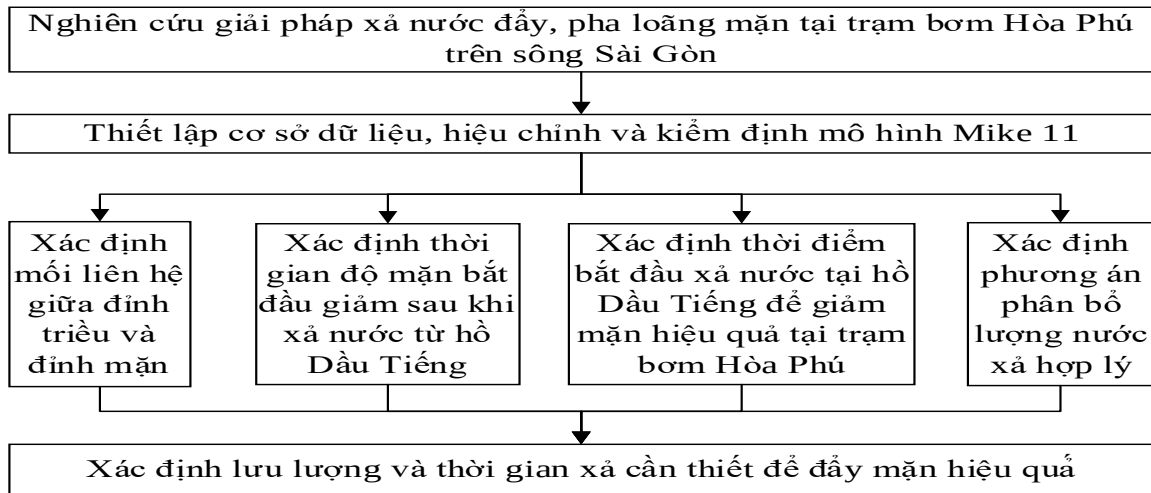
STT	Năm	Tổng lượng xả ($10^6 m^3$)	STT	Năm	Tổng lượng xả ($10^6 m^3$)
1	2004	20,736	8	2011	106,884
2	2005	172,467	9	2012	17,280
3	2006	94,914	10	2013	114,048
4	2007	105,408	11	2014	37,044
5	2008	208,303	12	2015	109,692
6	2009	25,920	13	2016	135,400
7	2010	73,152	Tổng		1221,248

(Nguồn: Công ty TNHH MTV khai thác Thủy lợi Dầu Tiếng-Phước Hòa)

Diễn biến mặn thường tăng cao tại trạm bơm Hòa Phú theo các đợt triều cường trong mùa khô, đặc biệt là vào tháng 3 và tháng 4 hàng năm, đây là cơ sở để xem xét nghiên cứu về mối liên hệ giữa mực nước triều và độ mặn.

Theo nghiên cứu của GS.TS Tăng Đức Thắng [40]: “Để tác động đến chất lượng nước trên sông Sài Gòn, nếu xả từ hồ Dầu Tiếng $01 m^3$ thì phải xả tương đương $12 m^3$ đến $15 m^3$ từ hồ Trị An và hồ Phước Hòa”. Đây cũng là cơ sở để xem xét khi chọn biên chính trong nghiên cứu xả nước đẩy mặn trên sông Sài Gòn.

Sơ đồ nội dung nghiên cứu xả nước đẩy mặn ở Hình 2.10.



Hình 2.10: Sơ đồ nội dung nghiên cứu xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú

2.5.2. Một số mô hình toán ứng dụng nghiên cứu xâm nhập mặn

Có rất nhiều mô hình đã và đang được sử dụng để mô phỏng chế độ thủy văn-thủy lực nói chung, và nghiên cứu xâm nhập mặn cho hạ du sông Đồng Nai nói riêng. Mỗi mô hình đều có thể mạnh, hoặc là về lý thuyết thủy lực và toán học, hoặc là về áp dụng trong thực tiễn, hoặc là có những tiện ích về phân tích kết quả. Một số mô hình đang được sử dụng hiện nay như:

2.5.2.1. Mô hình SOGREAH

Mô hình SOGREAH do các chuyên gia thủy lực hãng SOGREAH - Pháp lập năm 1967 theo đơn đặt hàng của UNESCO để nghiên cứu sự truyền lũ trên châu thổ sông Mekong. Mô hình xét đến cả ý nghĩa vật lý và tính toán theo phương pháp số. Dòng chảy lũ biến thiên theo thời gian t và không gian 2 chiều x, y . Hệ phương trình truyền sóng lũ được viết tương tự như phương trình truyền triều với thành phần cản tuân theo định luật Strickler, cùng với các giả thiết đơn giản hoá khi tính toán để thiết lập hệ phương trình liên tục cho một ô và phương trình động lực dòng chảy.

Mô hình SOGREAH thiết lập trên cơ sở hệ phương trình Saint-Venant viết cho dòng 1 chiều không ổn định trong kênh hở, được giải theo 2 phương pháp:

+ *Sơ đồ hiện*: Giả thiết mực nước các ô kề bên biết được ở bước $t = n\Delta t$, sẽ cho phép tính trực tiếp Z_i và Z_i^{n+1} . Do vậy lời giải (tính $Q_{i,k}$) chỉ phụ thuộc $t = n\Delta t$.

+ *Sơ đồ ẩn*: Giả thiết lưu lượng giữa ô i và k bằng giá trị trung gian ở thời điểm bất kỳ trong khoảng $n\Delta t$ và $(n+1)\Delta t$, từ đó có hệ phương trình sai phân phi tuyến.

2.5.2.2. Mô hình KOD

Mô hình KOD của GS. TSKH Nguyễn Ân Niên ra đời từ đầu năm 1970 sử dụng hệ phương trình Saint – Venant trong tính toán dòng chảy và giải bằng sơ đồ hiện với phương pháp sai phân 4 điểm Preismann. Đến năm 1980 tác giả đã phát triển sơ đồ 2D. Năm 2005, theo luận văn của TS Nguyễn Việt Hưng, sơ đồ này đã được hoàn thiện thêm. Tác giả dùng sơ đồ Lax cho phương trình sai phân tìm mực nước các ô chứa Z' của lớp thời gian sau. Phương trình chuyển động giải theo kiểu ẩn, tức là sơ đồ tam giác ngược, và cách giải này đã làm triệt tiêu sai số của sơ đồ Lax nếu bước thời gian nhỏ hơn bước thời gian giới hạn (Δt_{gh} theo tiêu chuẩn Levy-Freidrich-Courant).

2.5.2.3. Mô hình SAL

Mô hình SAL là chương trình tính dòng chảy kiệt và lũ được GS. TS Nguyễn Tất Đắc xây dựng từ những năm 80. Mô hình SAL với nhiều phiên bản khác nhau được sử dụng cho nhiều bài toán vùng sông Đồng Nai – Sài Gòn và ĐBSCL. Mô hình SAL sử dụng hệ phương trình Saint-Venant cho dòng chảy không ổn định và một chiều trong kênh hở và giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn dùng sơ đồ sai phân 4 điểm Preissman.

2.5.2.4. Mô hình VRSAP

Mô hình VRSAP do cố PGS Nguyễn Như Khuê khởi thảo năm 1978 với đối tượng là mạng lưới sông, kênh trên đồng bằng thấp, có trao đổi nước với những vùng đồng ruộng ngập nước, vận động dưới ảnh hưởng của thủy triều, lũ nguồn và mưa rào trên đồng bằng. Đến nay, VRSAP được tiếp tục cải tiến nâng cao tính năng, hoàn thiện phần tính diễn biến mặn, thay đổi cấu trúc chương trình và chuyển sang ngôn ngữ lập trình Visual Basic trong môi trường Windows để tăng tốc độ tính toán và quy mô bài toán. Mô hình sử dụng hệ phương trình Saint-Venant và giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn dùng sơ đồ sai phân 4 điểm Preissman. Các phép biến đổi đã đưa hai phương trình đạo hàm riêng về hai phương trình đại số bậc nhất. Các hệ số liên quan đến ẩn số tính vào thời điểm $t+\Delta t$ chưa biết được giải khử dần bằng cách tính lặp.

2.5.2.5. Mô hình DUFLOW

Mô hình DUFLOW được xây dựng bởi các tổ chức Rijkwaterstaat, IHE-Delft,

Deft University of Technology, STOWA và Agricultural University of Wageningen (Hà Lan). Mô hình gồm các chương trình: Mô phỏng mưa-dòng chảy (RAM); Tính chất và lượng nước trong sông (DUFLOW); Tính dòng chảy nước ngầm (ModDUFLOW). Mô hình DUFLOW được xây dựng trên hệ phương trình Saint-Venant và giải bằng phương pháp sai phân 4 điểm Preissmann để mô phỏng sự truyền sóng triều ở cửa sông, sóng lũ trong sông kênh và vận hành hệ thống tưới tiêu.

2.5.2.6. Mô hình HYDROGIS

Mô hình HYDROGIS được TS Nguyễn Hữu Nhân phát triển từ năm 1995 cho mô phỏng dòng chảy trong sông kênh và truyền tải chất trên cơ sở hệ phương trình Saint-Venant và giải bằng phương pháp sai phân 4 điểm Preissmann. Mô hình có hệ thông tin địa lý (GIS) hỗ trợ.

2.5.2.7. Mô hình iSIS

Mô hình iSIS do công ty Halcrow và Viện Nghiên cứu Thủy lực Wallingford xây dựng sử dụng chương trình thủy động lực học dòng chảy một chiều mô phỏng dòng chảy không ổn định trong mạng trong sông, kênh và ô đồng. Mô hình ISIS dựa trên hệ phương trình Saint-Venant giải theo phương pháp sai phân dùng sơ đồ sai phân ẩn 6 điểm của Abbott và Ionescu. Hệ phương trình viết cho một mạng sẽ tạo nên hệ phương trình bậc nhất có chứa ẩn số. Mực nước ở một điểm bất kỳ có thể biểu diễn bằng hàm của mực nước tại các nút lân cận.

2.5.2.8. Mô hình MIKE

Mô hình MIKE do Viện Nước và Môi trường Đan Mạch (DHI) xây dựng. Mô hình kết hợp với hệ thông tin địa lý (GIS) để phân tích và lập bản đồ. Mô hình dựa trên hệ phương trình Saint-Venant cho dòng một chiều và giải theo phương pháp sai phân dùng sơ đồ sai phân ẩn 6 điểm của Abbott và Ionescu.

MIKE 11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng phục vụ cho quy hoạch. Mô đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trọng tâm của hệ thống mô hình MIKE 11 và là cơ sở cho hầu hết các mô đun bao gồm: Dự báo lũ, truyền tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô đun vận chuyển bùn lắng không cố kết.

Đặc trưng cơ bản của hệ thống mô hình MIKE 11 là cấu trúc mô đun tổng hợp với nhiều loại mô đun được thêm vào mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ thống sông.

Ngoài mô đun HD đã mô tả ở trên, MIKE bao gồm các mô đun bổ sung đối với: Thủy văn, Tải khuếch tán, Các mô hình về chất lượng nước, Vận chuyển bùn cát có cở kết (có tính dính), Vận chuyển bùn cát không có cở kết (không có tính dính). Trong nghiên cứu này, mô hình MIKE 11 được sử dụng.

2.5.3. Cơ sở lý thuyết mô hình Mike 11

2.5.3.1. Các phương trình cơ bản và phương pháp giải

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

- + Dòng chảy thay đổi từ từ dọc theo lòng dẫn để áp suất thủy tĩnh chiếm ưu thế, gia tốc theo chiều thẳng đứng được bỏ qua.
- + Độ dốc đáy lòng dẫn nhỏ và đáy cố định, bỏ qua hiện tượng xói và bồi.
- + Có thể áp dụng hệ số sức cản của dòng chảy rối đều, ổn định cho dòng không ổn định để mô tả các tác động của lực cản.
- + Chất lỏng không nén được.

Phương trình liên tục

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2.10)$$

Nếu trên đoạn sông đang xét có lưu lượng q (trên đơn vị chiều dài) gia nhập vào hoặc chảy đi từ hai bên bờ thì phương trình liên tục có thể viết:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial h}{\partial t} + q = 0 \quad (2.11)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + \frac{gQ|Q|}{c^2 AR} + gA \frac{\partial h}{\partial x} = 0 \quad (2.12)$$

Trong đó:

$q > 0$: Lưu lượng nhập vào (m^2/s); $q < 0$: Lưu lượng phân đi (m^2/s);

Q : Lưu lượng dòng chảy (m^3/s); A : Diện tích mặt cắt ngang (m^2);

x : Khoảng cách tính theo chiều dòng chảy (m);

h : Cao trình mực nước (m); g : Gia tốc trọng trường (m/s^2);

R : Bán kính thuỷ lực (m); t : Thời gian (s); B : Chiều rộng mặt thoáng (m);

α : Hệ số phân bố động lượng (momentum distribution coefficient);

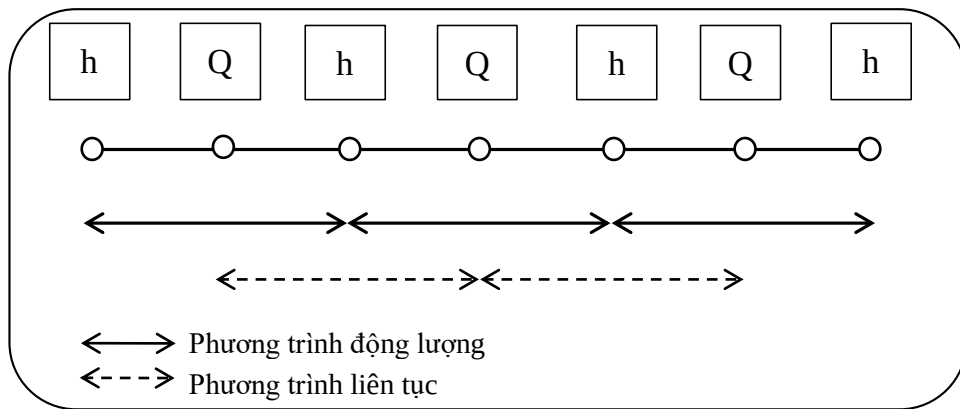
C : Hệ số cản/nhám Chezy ($m^{1/2}/s$), có thể tính theo công thức Manning $C = \frac{R^{1/6}}{n}$; n : Là hệ số nhám.

Phương pháp giải hệ phương trình Saint Venant:

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

Trong phương trình liên tục, ta có:

$$\frac{\partial A}{\partial t} = b \frac{\partial h}{\partial t} \Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial x} + b \frac{\partial h}{\partial t} = q \quad (2.13)$$

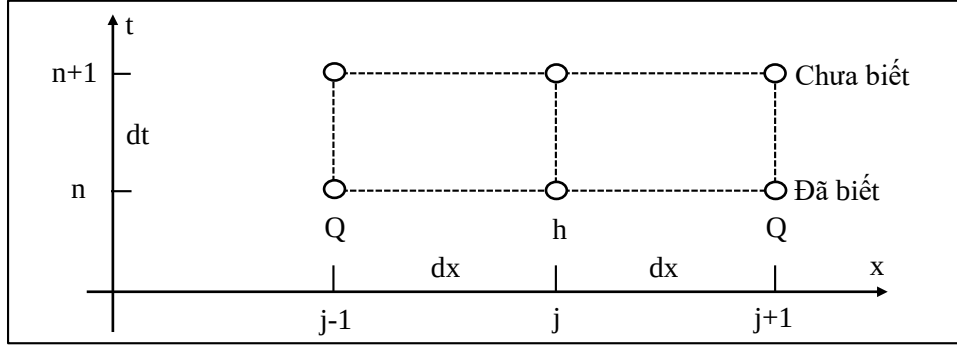


Hình 2.11: Sơ đồ sai phân 6 điểm ẩn Abbott

Sai phân hoá phương trình trên tại bước thời gian thứ $(n+1/2)$, ta thu được các phương trình sai phân:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{(Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^n) - (Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^n)}{2 \Delta x_j} \quad (2.14)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} \quad (2.15)$$



Hình 2.12: Sơ đồ sai phân 6 điểm Abbott trong mặt phẳng $x \sim t$

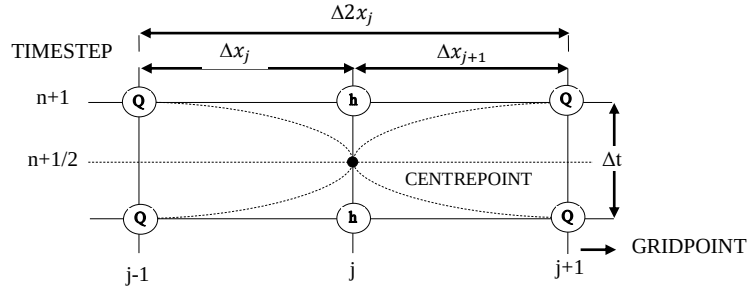
Với b trong phương trình (2.13) được tính theo công thức:

$$b = \frac{A_{0j} + A_{0,j+1}}{\Delta 2x_j} \quad (2.16)$$

Trong đó: A_{0j} : Diện tích mặt phân cách giữa 2 điểm lưới $j-1$ và điểm lưới j

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

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



Hình 2.13: Sơ đồ sai phân 6 điểm Abbott cho phương trình liên tục

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

$$\alpha_j Q_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j Q_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (2.17)$$

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

Sai phân hoá phương trình động lượng:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{Q_j^{n+1} - Q_j^n}{\Delta t} \quad (2.18)$$

$$\frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} = \frac{\left[\alpha \frac{Q^2}{A} \right]_{j+1}^{n+1/2} - \left[\alpha \frac{Q^2}{A} \right]_{j-1}^{n+1/2}}{\Delta 2x_j} \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{\frac{(h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n)}{2} - \frac{(h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n)}{2}}{\Delta 2x_j} \quad (2.20)$$

Để xác định thành phần bậc 2 phương trình trên, sử dụng phương trình gần đúng:

$$Q^2 = \theta \cdot Q_j^{n+1} \cdot Q_j^n - (\theta - 1) \cdot Q_j^n \cdot Q_j^n \quad (2.21)$$

Với θ là hệ số do người sử dụng tự xác định (hệ số này được ghi trong mục *Default value* của mô đun HD và có mặc định từ 0 đến 1). Thế vào các phương trình sai phân và rút gọn các hệ số, được phương trình động lượng viết dưới dạng:

$$\alpha_j h_{j-1}^{n+1} + \beta_j Q_j^{n+1} + \gamma_j h_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (2.22)$$

Trong đó:

$$\alpha_j = f(A)$$

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

$$\gamma_j = f(A)$$

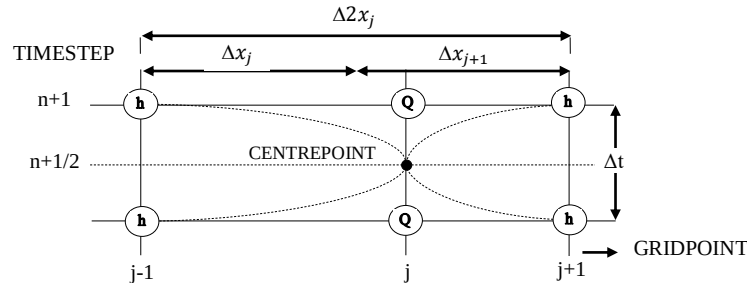
$$\delta_j = f(A, \Delta x, \Delta t, \alpha, q, v, \theta, h_{j-1}^n, Q_{j-1}^{n+1/2}, Q_j^n, h_{j+1}^n, Q_{j+1}^{n+1/2})$$

Từ đó, khi viết các phương trình này với đầy đủ các bước thời gian, thu được một ma trận tính toán, sử dụng công cụ toán học giải các ma trận để tìm nghiệm của bài toán. Tính ổn định của phương pháp sai phân hữu hạn để giải hệ phương trình Saint Venant được bảo đảm khi các điều kiện sau được thỏa mãn: Số liệu địa hình phải tốt, giá trị cho phép tối đa với Δx (dx-max) được lựa chọn trên cơ sở này. Bước thời gian Δt cần thiết đủ nhỏ để điều kiện ổn định Courant được thỏa mãn trong sơ đồ sai phân hiện. Tuy nhiên, khi giải hệ phương trình Saint-Venant với sơ đồ ẩn thì điều kiện ổn định Courant không nhất thiết phải thỏa mãn.

Các sông trong hệ thống được chia thành các đoạn có chiều dài từ 1000 - 2000 m, trong mỗi đoạn sông đặc trưng mặt cắt thay đổi không đáng kể, không có dòng chảy tập trung chảy vào. Bước thời gian tính toán được chọn: $\Delta t = 10$ giây.

Việc sai phân hóa hệ phương trình cơ bản (2.10) và phương trình (2.11) được thực hiện cho mỗi đoạn sông, sau khi sai phân, ở mỗi đoạn sông thu được một hệ phương trình bậc nhất với các ẩn số lưu lượng Q và mực nước H ở hai đầu. Mạng sông được chia thành các đoạn, trong mỗi đoạn có các đặc trưng lòng dẫn ít biến đổi, các công trình, đập, cầu, cống được mô phỏng như những đoạn sông đặc biệt.

Ngoài mô đun thủy lực (HD) là phần trung tâm của mô hình làm nhiệm vụ tính toán các đặc trưng thủy lực của dòng chảy, MIKE 11 cũng cho phép tính toán quá trình xâm nhập mặn thông qua mô đun AD.



Hình 2.14: Sơ đồ sai phân 6 điểm Abbott cho phương trình động lượng

Mô đun tải phân tán (AD) được dùng để mô phỏng vận chuyển một chiều của mặn, chất huyền phù hoặc hoà tan (phân huỷ) trong các lòng dẫn hở dựa trên phương trình bảo toàn khối lượng các chất hòa tan hoặc lơ lửng với giả thiết các chất này được hòa tan, nghĩa là không có thay đổi hay biến động trong cùng mặt cắt và dòng chảy không phân tầng (đồng đẳng).

Phương trình truyền tải - phân tán:

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial C}{\partial x} \right) = -AKC + C_2 q \quad (2.23)$$

Trong đó:

A: Diện tích mặt cắt ướt (m²);

C: Nồng độ (kg/m³) hay phần nghìn ppt (concentration);

D: Hệ số phân tán (m²/s) (dispersion coefficient);

q: Lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài dọc sông (m²/s);

C₂: Nồng độ nhập lưu ngang (nguồn/giếng) (kg/m³) (source/sink concentration);

K: Hệ số phân huỷ sinh học (1/s) (linear decay coefficient).

Hệ số K chỉ được sử dụng khi các hiện tượng hay quá trình xem xét có liên quan đến các phản ứng sinh hóa. Hệ số phân huỷ sinh học K bao hàm trong đó rất nhiều các hiện tượng và phản ứng sinh hoá. Hệ số này không cần xem xét trong bài toán lan truyền chất bảo toàn thông thường (như mặn).

Phương trình (2.23) thể hiện hai cơ chế truyền tải, đó là truyền tải đối lưu do tác dụng của dòng chảy và truyền tải phân tán do Gradient nồng độ gây ra.

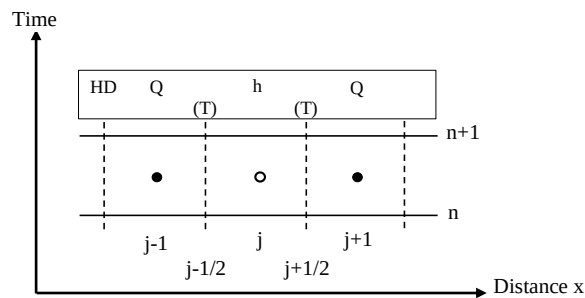
Sự phân tán nồng độ theo chiều dọc sông gây ra do sự kết hợp của dòng chảy rối và sự phân tán. Sự phân tán nồng độ dọc theo sông do sự khác biệt giữa nồng độ từng điểm trên mặt cắt so với nồng độ trung bình mặt cắt và do ảnh hưởng của chảy rối lớn hơn rất nhiều so với sự phân tán hỗn loạn của các phân tử đơn lẻ. Về mặt trị số, thành phần phân tán rối lớn hơn nhiều so với thành phần phân tán phân tử. Sự phân bố của thành phần phân tán rối trong dòng chảy là không đồng đều, nó phụ thuộc vào hướng của tốc độ dòng chảy và khoảng cách đến mặt đáy (sông, hay kênh), do đó hệ số phân tán rối khác nhau theo các hướng khác nhau. Quá trình truyền tải phân tán được giả thiết tuân theo định luật Fick. Trong Mike11, hệ số phân tán được xác định như là một hàm của dòng chảy trung bình:

$$D_j^{n+1} = a \left| \frac{Q^{n+1/2}}{A^{n+1/2}} \right|_j^b \quad (2.24)$$

Trong đó: a, b: các hằng số do người dùng xác định.

Phương pháp giải phương trình truyền tải-phân tán:

Người ta thường giải phương trình truyền chất theo phương pháp số với sơ đồ sai phân ẩn trung tâm. Sơ đồ sai phân hữu hạn này được xây dựng bằng cách xem xét lượng dòng chảy vào một thể tích kiểm tra xung quanh nút điểm j. Các giới hạn biên của thể tích kiểm tra này là đáy sông, bề mặt nước và hai mặt cắt tại hai điểm j-1/2 và j+1/2.



Hình 2.15: Sơ đồ sai phân

Phương trình liên tục:

$$\frac{V_j^{n+1/2} C_j^{n+1}}{\Delta t} - \frac{V_j^{n+1/2} C_j^n}{\Delta t} + T_{j+1/2}^{n+1/2} - T_{j-1/2}^{n+1/2} = q^{n+1/2} C_q^{n+1/2} - V_j^{n+1/2} K C_j^n \quad (2.25)$$

Trong đó:

C: Nồng độ (mg/l); V: Thể tích (m³); K: Hệ số phân huỷ (1/s);

q: Lượng nhập lưu ngang vào nút (m³/s),

Δt : Bước thời gian; C_q : Nồng độ của dòng nhập lưu (mg/l).

T : Tải lượng qua các bề mặt thể tích tính toán (transport through box walls) (kg/s);

Phương trình truyền tải-phân tán:

$$T_{j+1/2}^{n+1/2} = Q_{j+1/2}^{n+1/2} C_{j+1/2}^* - A_{j+1/2}^{n+1/2} D \frac{C_{j+1}^{n+1/2} - C_j^{n+1/2}}{\Delta x} \quad (2.26)$$

Trong đó:

$Q_{j+1/2}^{n+1/2}$: Lưu lượng qua mặt phân cách bên phải vùng tính toán (m^3/s),

$A_{j+1/2}^{n+1/2}$: Diện tích mặt phân cách bên phải vùng tính toán (m^2),

D : Hệ số phân tán (m^2/s),

$C_{j+1/2}^*$: Nồng độ nội suy phía thượng lưu, được tính theo công thức:

$$C_{j+1/2}^* = \frac{1}{4} (C_{j+1}^{n+1} + C_j^{n+1} + C_{j+1}^n + C_j^n) - \min \left[\frac{1}{6} \left(1 + \frac{\sigma^2}{2} \right), \frac{1}{4\sigma} \right] (C_{j+1}^n - 2C_j^n + C_{j-1}^n) \quad (2.27)$$

với σ là số Courant $\sigma = u\Delta t/\Delta x$

Thay thế và sắp xếp các phương trình trên, thu được một phương trình sai phân:

$$\alpha_j C_{j-1}^{n+1} + \beta_j C_j^{n+1} + \gamma_j C_{j+1}^{n+1} = \delta_j \quad (2.28)$$

2.5.3.2. Điều kiện biên

Điều kiện biên thủy lực: Biên thủy lực ở mặt cắt thượng lưu là quá trình lưu lượng, có thể thu được từ tài liệu thực đo. Biên hạ lưu có thể là quá trình mực nước thu được từ tài liệu thực đo.

Điều kiện biên mặn: Sử dụng số liệu đo mặn tại các trạm đo mặn trong khu vực nghiên cứu. Mô đun AD hỗ trợ việc mô phỏng chất lượng nước với các mô đun nhỏ:

- Mô đun Advection Dispersion (thuần phân tán);
- Mô đun mô phỏng chất lượng nước Water Quality (sử dụng thêm mô đun Ecolab);
- Mô đun vận chuyển bùn cát kết dính Cohesive sediment transport;
- Mô đun vận chuyển bùn cát kết dính cấp độ cao Advanced cohesive sediment transport module.

Để tính toán lan truyền mặn, mô hình sử dụng mô đun Advection Dispersion với

tham số chính là hệ số phân tán D (Dispersion). Hệ số phân tán được coi như là hàm của vận tốc trung bình dòng chảy qua đoạn sông tính toán theo công thức:

$$D = aV^b \quad (2.29)$$

Trong đó: a : Hằng số; b : Số mũ phân tán; Các giá trị D thường gặp: D : 1-5 m²/s với suối nhỏ, 5-20 m²/s đối với sông.

2.6. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA LŨ

2.6.1. Cơ sở tiếp cận nghiên cứu

Sự thay đổi của chế độ dòng chảy, nguồn nước theo thời gian chủ yếu do các nhân tố khí hậu quyết định, đặc biệt là nhân tố mưa, sau đó là tác động của nguồn nước dự trữ trong các tầng chứa nước trong lưu vực.

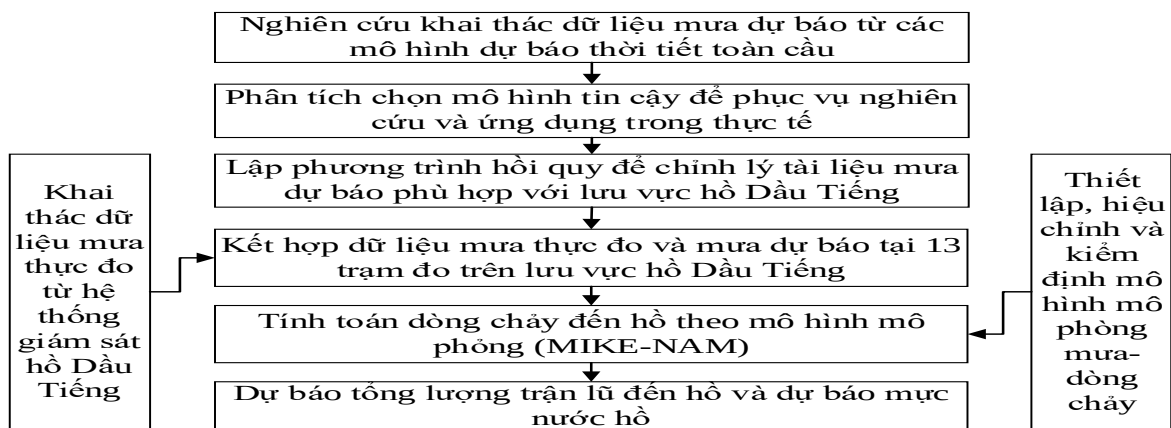
Đối với lưu vực hồ Dầu Tiếng, thời gian vận hành phức tạp nhất trong mùa lũ là khi hồ đã tích đạt thiết kế (+24,40 m), thời gian này thường xuất hiện các hình thái thời tiết gây mưa lớn do Bão và áp thấp nhiệt đới, nên việc tính toán và điều tiết lũ cần đặc biệt quan tâm để đảm bảo an toàn công trình, phòng và giảm lũ cho hạ du, và nâng cao hiệu quả trữ lượng nước dành cho mùa khô của năm tiếp theo.

Với mật độ các trạm đo mưa hiện nay (13 trạm/2700 km²), nguồn dữ liệu quan trắc gồm mưa giờ, mưa trận và mưa ngày đã đáp ứng yêu cầu quan trắc mưa theo thời gian thực. Vị trí lắp đặt trạm mưa và diện tích mỗi trạm không chế, xem Bảng 2.4.

Bảng 2.4: Tọa độ địa lý các trạm đo mưa tự động và diện tích trạm tính theo phương pháp đa giác Thiessen trên lưu vực hồ Dầu Tiếng [50]

STT	Trạm mưa	Vĩ độ	Kinh độ	Diện tích (km ²)
1	Tân Hà	11,72	106,18	215,64
2	Tân Thành	11,51	106,29	225,21
3	Tân Hòa 1	11,67	106,40	228,22
4	Tân Hòa 2	11,55	106,37	152,20
5	Minh Tâm	11,59	106,49	297,81
6	Thanh Lương	11,72	106,56	222,14
7	Lộc Thành	11,75	106,47	225,02
8	Lộc Thiện	11,85	106,52	227,01
9	Dầu Tiếng	11,32	106,34	86,68
10	Minh Hòa	11,44	106,41	209,35
11	Kà Tum	11,63	106,26	209,15
12	Lộc Ninh	11,84	106,59	167,01
13	Đồng Ban	11,55	106,16	78,66
Tổng diện tích				2544,10

Để dự báo lũ tin cậy hơn cần phải có thông tin về mưa dự báo tốt. Hiện nay, có nhiều Website cung cấp thông tin dự báo thời tiết toàn cầu, và đáng chú ý là có thông tin dự báo mưa, đây là cơ sở sử dụng lượng mưa dự báo để nâng cao chất lượng dự báo lũ. Do đó, trọng tâm của nhiệm vụ nghiên cứu dự báo lũ về hồ Dầu Tiếng là xây dựng chương trình khai thác thông tin dự báo mưa từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu, và thiết lập công cụ mô phỏng dòng chảy lũ phù hợp với lưu vực hồ Dầu Tiếng. Như vậy, công tác dự báo lũ về hồ Dầu Tiếng sẽ được cải thiện khi đã có đầy đủ các trạm đo mưa tự động và dữ liệu đo đạc quá khứ đủ dài, có công cụ mô phỏng dòng chảy lũ. Nội dung nghiên cứu dự báo lũ về hồ Dầu Tiếng được thực hiện theo sơ đồ Hình 2.16.



Hình 2.16: Sơ đồ nội dung nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ về hồ Dầu Tiếng

2.6.2. Cơ sở phương pháp trích xuất dữ liệu thời tiết dự báo

2.6.2.1. Nguồn dữ liệu dự báo

Ngày nay thông tin dự báo thời tiết được chia sẻ rộng rãi qua mạng Internet từ nhiều nguồn khác nhau như: <http://www.accuweather.com>; <http://wunderground.com>; <https://weather.com>; <http://weather.weatherbug.com>; <http://intellicast.com>; <https://www.windy.com>; <https://freemeteo.vn>. Các Website này cung cấp thông tin dưới hai hình thức miễn phí và có trả phí. Hầu hết các nguồn trên Internet chỉ cung cấp thông tin chung về thời tiết cho một vùng nào đó (Xã, Huyện...), trong khi thông tin mưa dự báo cần được thu thập tại các vị trí đã xây dựng trạm đo mưa. Và nguồn cung cấp thông tin mưa dự báo theo tọa độ vị trí địa lý của trạm đo mưa trong luận án có thể tham khảo từ các website như: <https://freemeteo.vn/>; <https://www.windy.com>.

2.6.2.2. Phương pháp trích xuất dữ liệu từ website *freemeteo.vn*

Theo mô tả của nhà cung cấp, hệ thống thời tiết của họ tạo nên và cung cấp dự báo thời tiết chi tiết cho tất cả các khu vực trên hành tinh, cả đất liền và vùng biển phù hợp với từng nhu cầu của những người cần cập nhật thời tiết hàng ngày. Hơn 11 triệu vị trí địa lý được khảo sát nghiên cứu và dự báo thời tiết chi tiết được cung cấp, cập nhật hai lần hàng ngày. Các báo cáo thời tiết từ hàng nghìn trạm quan trắc trực tuyến có chứng nhận trên khắp thế giới được trình bày theo thời gian thực, cung cấp thông tin chính xác về điều kiện thời tiết địa phương. Hình ảnh trực tiếp qua vệ tinh, bản đồ thời tiết địa phương hoặc toàn cầu và dữ liệu lịch sử, tất cả đều có trên Website này. Mục tiêu của nhà cung cấp dịch vụ là vươn tới toàn cầu và chất lượng dịch vụ không phân biệt dành cho tất cả cộng đồng hoặc cá nhân.

Sau khi có tọa độ địa lý của các trạm mưa, xem Bảng 2.4, để khai thác được dữ liệu mưa dự báo từ Website này, người sử dụng cần thực hiện các bước như sau:

Bước 1: Mở Website của nhà cung cấp (<https://freemeteo.vn/>)

Bước 2: Chọn và nhập tọa độ (Vĩ độ, Kinh độ) vào mục → OK

Bước 3: Chọn vào bất kỳ ngày nào trong tuần

Bước 4: Chọn vào mục và chọn mục

Bước 5: Ghi chép thông tin mưa dự báo 07 ngày, xem Hình 2.17.

Thời tiết Kon Rung (1), dự báo thời tiết trong 7 ngày						
Hôm nay 11 Thg12	Thứ Ba 12 Thg12	Thứ Tư 13 Thg12	Thứ Năm 14 Thg12	Thứ Sáu 15 Thg12	Thứ Bảy 16 Thg12	Chủ Nhật 17 Thg12
						
tối đa: 23°C tối thiểu: 16°C	tối đa: 23°C tối thiểu: 16°C	tối đa: 25°C tối thiểu: 17°C	tối đa: 23°C tối thiểu: 18°C	tối đa: 22°C tối thiểu: 17°C	tối đa: 20°C tối thiểu: 17°C	tối đa: 19°C tối thiểu: 16°C
Bầu trời có mây	Bầu trời có mây	Bầu trời có mây	Bầu trời có mây	Bầu trời có mây	Bầu trời có mây	Bầu trời có mây
 13 Km/h Lượng mưa 0,1 mm	 9 Km/h Lượng mưa 0,3 mm	 12 Km/h Lượng mưa 0 mm	 16 Km/h Lượng mưa 0,3 mm	 18 Km/h Lượng mưa 0,4 mm	 21 Km/h Lượng mưa 0,5 mm	 30 Km/h  Lượng mưa 0,5 mm

Hình 2.17: Thông tin thời tiết trả về từ Website <https://freemeteo.vn/>

Hiện tại sản phẩm dự báo tại Website này chỉ cung cấp thông tin thời tiết miễn phí, chưa có sản phẩm dự báo phải trả phí, là nguồn cung cấp tham khảo hữu ích trong việc tính toán, phục vụ công việc và nghiên cứu.

2.6.2.3. Phương pháp trích xuất dữ liệu từ Website Windy.com

Website **Windy.com** cung cấp thông tin chính xác về tốc độ gió, mật độ mây, nhiệt độ, lượng mưa, lượng tuyết rơi, sóng và cũng có những lựa chọn để xem nhiệt độ, dòng chảy khí quyển, tầng ozon, bụi, độ ẩm, điểm sương và nồng độ carbon monoxide trong không khí. Các bản đồ tương tác của **Windy.com** cung cấp một dự báo đầy đủ cho một tuần tại thời điểm hiện tại. Dữ liệu của **Windy.com** bao gồm các thông số đo được từ các nguồn khác nhau cùng với dữ liệu nội suy. Các mô hình sử dụng gió **GFS** (Hệ thống dự báo toàn cầu) với lưới phân giải 22 km, **ECMWF** (Trung tâm châu Âu dự báo thời tiết trung hạn) với độ phân giải 09 km và rất nhiều mô hình địa phương với độ phân giải thậm chí còn 3 km. Tại các vị trí không có dữ liệu, một thuật toán nội suy được áp dụng. Nếu nhấp vào bản đồ trên **Windy.com** và di chuyển con trỏ xung quanh bản đồ sẽ có thể thấy được dữ liệu nội suy cho bất kỳ nơi nào trên thế giới. Hầu hết các trang web dự báo thời tiết chỉ sử dụng mô hình **GFS** vì nó miễn phí thay vì **ECMWF** được coi là tiên tiến hơn và chính xác hơn mô hình **GFS**.

Mô hình **ECMWF** được biết đến ở Mỹ với tư cách là “mô hình châu Âu” có độ phân giải là 0,1 ° (~9km). Sản lượng dự báo của nó được sản xuất mỗi 03 giờ trong 144 giờ đầu tiên, từ 06 giờ mỗi ngày đến ngày thứ 10. Mô hình **GFS** được điều hành bởi Dịch vụ Thời tiết Quốc gia Hoa Kỳ (**NWS**), có độ phân giải ~ 13 km. Sản lượng dự báo của nó được sản xuất mỗi giờ trong 120 giờ đầu tiên, 03 giờ cho đến ngày thứ 10.

Tuy nhiên, **Windy.com** sử dụng cả hai và người dùng có quyền chuyển đổi và chọn một trong hai hệ thống họ muốn sử dụng. Ngoài **ECMWF** và **GFS** là hai mô hình toàn cầu vượt trội so với các mô hình địa phương về độ phân giải và phạm vi. **Windy.com** cũng sử dụng các mô hình dữ liệu khác và cho phép người dùng lựa chọn bất cứ mô hình nào. Bốn mô hình địa phương **Windy.com** sử dụng là: **NEMS**, phát triển bởi **Meteoblue.com** có độ phân giải ~ 4 km và chỉ có ở Châu Âu; **NAM CONUS**, độ phân giải ~ 5 km và chỉ có ở lục địa Mỹ; **NAM Alaska**, độ phân giải ~ 6 km và chỉ giới hạn ở Alaska; **NAM Hawaii**, đặc trưng của Hawaii và độ phân giải là ~ 3 km.

Thông tin phân tích, đánh giá tổng quan nguồn dữ liệu mưa dự báo toàn cầu trên cơ sở mô hình **ECMWF**, **GFS** và **NEMS**, xem Phụ lục 4.

Website **Windy.com** cung cấp các **API** (*Application Programming Interface*) về thời tiết. Yêu cầu **API** được thực hiện qua giao thức HTTP và các tính năng dữ liệu trả về kiểu JSON hoặc kiểu XML. Nhiều tính năng của **API** có thể được kết hợp thành một yêu cầu HTTP. Đây là cách thuận tiện để giúp cho người sử dụng có thể thực hiện việc truy vấn dữ liệu nhanh chóng hơn, gọn nhẹ hơn.

Để khai thác thông tin mưa dự báo và có thể lưu trữ vào máy tính phục vụ nghiên cứu và ứng dụng vào thực tế dự báo dòng chảy về hồ, cần lập chương trình khai thác dữ liệu mưa từ dữ liệu trả về kiểu JSON hoặc kiểu XML. Nghiên cứu này chọn kiểu dữ liệu trả về là JSON, một số bước phân tích các chuỗi giá trị JSON Weather trả về như sau:

Bước 1: Tạo một lớp (class) giống như một đối tượng thể hiện vị trí cần lấy thông tin thời tiết chứa các thuộc tính như: temp, wind, pressure, precip, country, city.

Bước 2: Tạo một class để lưu các thông tin như Location, Wind, Rain,...

Bước 3: Tạo một class để chuyển đổi dữ liệu từ JSON trả về.

Bước 4: Tạo mới một class để lấy chuỗi JSON từ API theo địa điểm cần biết.

Bước 5: Xây dựng giao diện cơ bản để hiển thị các lớp xử lý.

Bước 6: Viết Code (mã nguồn) cho chương trình, xem Phụ lục 5.

2.6.2.4. Phương pháp lập phương trình hồi quy tương quan

Để có thể sử dụng dữ liệu mưa dự báo trong thực tế, cần hiệu chỉnh dữ liệu mưa dự báo về mức gần tương đồng với dữ liệu thực đo, và một trong những phương pháp được đề xuất sử dụng trong nghiên cứu này là phương pháp bình phương nhỏ nhất để lập phương trình hồi quy tương quan.

Phương pháp bình phương nhỏ nhất thường được dùng để lập công thức thực nghiệm. Giả sử cần tìm mối quan hệ hàm số giữa hai đại lượng x và y , tiến hành thí nghiệm rồi quan sát, đo đạc, ta nhận được bảng tương ứng:

X	X_1	X_2	$X_3, \dots$	X_i	X_n
Y	Y_1	Y_2	$Y_3, \dots$	Y_i	Y_n

Từ bảng trên lập ra mối quan hệ hàm số $y = f(x)$ cụ thể gọi là lập công thức thực nghiệm. Hàm số $f(x)$ tìm được là gần đúng, việc tìm ra hàm số xấp xỉ của hàm số $f(x)$ bằng phương pháp bình phương cực tiểu sẽ rất phức tạp nếu không biết trước dạng

của hàm số xấp xỉ. Một trong các hàm số xấp xỉ đã biết và rất hay dùng trong các bài toán thực tế có dạng: $y = ax + b$ và $y = ax^2 + bx + c$

Các cặp số $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ nhận được từ thực nghiệm chỉ là những giá trị gần đúng của x, y nên chúng không hoàn toàn là nghiệm đúng của phương trình $y = ax + b$ nghĩa là:

[illegible]

Trong đó: v_i là các sai số.

Phương pháp bình phương bé nhất nhằm xác định các các hệ số a và b sao cho tổng bình phương của các sai số là bé nhất, nghĩa là :

$$S = \sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n (ax_i + b_i - y_i)^2 \rightarrow \min \quad (2.31)$$

Như vậy a, b phải thỏa mãn hệ phương trình:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (ax_i + b_i - y_i)x_i = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (ax_i + b_i - y_i) = 0 \end{cases} \quad (2.32)$$

Rút gọn ta có hệ sau:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i + nb = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (2.33)$$

Đây là hệ 2 phương trình hai ẩn số a và b , n là số lần làm thí nghiệm. Giải hệ này ta tìm được a và b như sau:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right]^2} \quad (2.34)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - [\sum_{i=1}^n x_i]^2} \quad (2.35)$$

Hiện nay để thực hiện nhiệm vụ này, phần mềm Excel đã lập sẵn các phương trình cho tương quan tuyến tính và phi tuyến, trong đó tương quan phi tuyến bao gồm hàm số mũ, hàm logarit, hàm đa thức bậc cao và hàm lũy thừa.

2.6.3. Giới thiệu mô hình nghiên cứu mô phỏng dòng chảy

Ngày nay phát triển những mô hình mới hay cải tiến những mô hình đã hiện hữu vẫn còn tiếp tục. Đặc biệt, sự quan tâm đang khơi dậy việc xây dựng các mô hình dạng phân bố vật lý; và những yêu cầu về dữ liệu lớn cũng thúc ép việc sử dụng những công nghệ quản lý cơ sở dữ liệu và hệ thống thông tin địa lý trong mô hình thủy văn [24].

Khi có nhiều lựa chọn mô hình, việc cân nhắc để chọn ứng dụng một mô hình cần xem xét rất nhiều yếu tố: độ tin cậy, tính phổ biến, liên kết với các công cụ khác, giao diện, tiện ích liên quan đến xử lý số liệu đầu vào, trình diễn kết quả, hỗ trợ người sử dụng, khả năng mở rộng áp dụng, quản lý số liệu và khả năng thay đổi các kịch bản, thời gian tính toán. Thông thường, mô hình thủy văn được chia làm ba nhóm chính, đó là (1) mô hình kinh nghiệm hộp đen, (2) mô hình khái niệm, và (3) mô hình vật lý phân bố.. Đa số những mô hình được ứng dụng trong thực tế hiện nay thuộc nhóm (2), chúng đòi hỏi bộ từ 5-10 tham số mô phỏng. Những mô hình loại này không chỉ đơn giản mà còn mô phỏng khá hợp lý dòng chảy so với số liệu thực đo.

Một trong những mô hình thuộc loại này là NAM (là từ viết tắt của tiếng Đan Mạch “Nedbor-afstromnings-Model”, có nghĩa là mô hình giáng thủy dòng chảy). Mô hình NAM ban đầu do Đại học Kỹ Thuật Đan Mạch xây dựng (Nielsen và Hansen, 1973) và tiếp tục được Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) nâng cấp và ứng dụng thành công cho rất nhiều dự án ở nhiều vùng khí hậu khác nhau trên thế giới như Mantania, Srilanca.... Hơn nữa, NAM được chuyển giao cho trên 100 tổ chức trên thế giới kèm theo bộ mô hình thủy động lực học sông, kênh MIKE11, trong đó có Việt Nam.

Sau dự án hỗ trợ tăng cường năng lực các Viện ngành nước được tài trợ bởi cơ quan phát triển quốc tế Đan Mạch (*DANIDA*), mô hình NAM đã được nghiên cứu sử dụng trong tính toán dự báo trên nhiều hệ thống sông trong nước và nhiều dự án liên quan đến hồ Dầu Tiếng, đây là cơ sở thuận lợi cho việc tiếp tục kế thừa, bổ sung hoàn thiện phương pháp sử dụng, ứng dụng dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng.

Ngoài ra, việc chọn NAM cũng dựa trên cơ sở mô hình được kết nối đồng bộ với các mô hình quản lý lưu vực khác như mô hình cân bằng nước MIKE Basin và mô hình thủy động lực học MIKE 11 và MIKE 11 GIS. Nội dung cơ sở lý thuyết về mô hình MIKE-NAM được trình bày ở Phụ lục 6.

2.7. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LŨ HỒ DẦU TIẾNG

2.7.1. Cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ

Trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn Việt Nam **TCVN 10778 : 2015** do Trung tâm Khoa học và Triển khai kỹ thuật thủy lợi thuộc trường Đại học Thủy lợi biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố tại Quyết định số 3981/QĐ-BKHCHN ngày 31 tháng 12 năm 2015. Cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ được chỉ dẫn qua một số nội dung như sau:

2.7.1.1. Cơ sở tính toán điều tiết lũ

Cơ sở để tính toán điều tiết lũ là giải hệ phương trình cơ bản sau đây:

a) Phương trình cân bằng nước:

$$[Q_v(t) - Q_r(t)] \times \Delta t = \Delta V(t) \quad (2.36)$$

b) Phương trình động lực mô tả quá trình chuyển nước qua các cửa vào hoặc cửa ra của hồ chứa:

$$Q(t) = f[C, Z_t(t), Z_h(t)] \quad (2.37)$$

Trong đó:

Δt : là khoảng thời gian tính toán, s;

$Q_v(t)$: là lưu lượng nước lũ chảy vào hồ chứa trong khoảng thời gian tính toán Δt ứng với tần suất thiết kế, m^3/s ;

$Q_r(t)$: là lưu lượng nước tháo ra khỏi hồ chứa qua các công trình xả trong khoảng thời gian tính toán Δt , m^3/s ;

$\Delta V(t)$: là chênh lệch dung tích hồ chứa trong khoảng thời gian tính toán Δt , m^3 ;

C : là đặc trưng cho thông số công tác của cửa đưa nước ra khỏi hồ (hoặc đưa nước vào hồ);

$Z_t(t)$: là quá trình mực nước trong hồ (mực nước thượng lưu) theo thời gian t , m;

$Z_h(t)$: là quá trình mực nước ở hạ lưu tuyến ra (mực nước hạ lưu) theo thời gian t , m;

$Q(t)$: là hàm số biểu thị quan hệ giữa lưu lượng nước chảy vào hồ (hoặc chảy ra khỏi hồ) với các đại lượng C , $Z_t(t)$ và $Z_h(t)$, m^3/s .

Có nhiều phương pháp giải hệ phương trình (2.36) và (2.37). Ngoài phương pháp

giải hệ phương trình quy định trong tiêu chuẩn này, ở đây, áp dụng các phần mềm chuyên dụng và phương pháp tính toán thông dụng khác đang được giảng dạy trong các trường đại học kỹ thuật liên quan đến tính toán điều tiết lũ của hồ chứa.

2.7.1.2. Các tài liệu cơ bản và điều kiện biên phục vụ tính toán điều tiết lũ

a) Mô hình trận lũ thiết kế và trận lũ kiểm tra, bao gồm lưu lượng đỉnh lũ, tổng lượng trận lũ và đường quá trình phân phối tổng lượng lũ theo thời gian. Phương pháp xác định mô hình trận lũ thiết kế và trận lũ kiểm tra thực hiện theo quy định hiện hành về tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế;

b) Thông số thiết kế của các công trình tham gia tháo lũ như công trình xả mặt (cao trình ngưỡng tràn, chiều rộng đường tràn, hình thức tràn), kích thước và cao trình của các công trình xả sâu. Dựa vào các thông số này để tính toán thiết lập đường cong biểu diễn quan hệ giữa khả năng xả lũ (lưu lượng xả lũ) của các công trình tháo lũ có mặt trong công trình hồ chứa với mực nước hồ chứa. Với nhà máy thủy điện khi lũ đến vẫn hoạt động thì phải tính thêm lưu lượng qua tuốc bin như một thành phần của lưu lượng xả lũ. Trong thành phần của lưu lượng xả lũ không xét đến lượng nước qua âu thuyền và lượng nước dùng cho tưới ruộng và các mục đích khác;

c) Chọn phương thức xả lũ phù hợp với điều kiện của đối tượng cần bảo vệ ở hạ du;

d) Đường đặc tính dung tích hồ chứa (đường quan hệ $Z \sim V$);

e) Căn cứ vào yêu cầu phòng lũ cho các khu vực xung quanh bờ hồ và thượng lưu hồ để xác định mực nước lớn nhất cho phép xuất hiện trong lòng hồ, đề xuất biện pháp phù hợp nhằm hạn chế ảnh hưởng bất lợi của ngập lụt do hồ vận hành xả lũ gây ra;

f) Dự báo về lưu lượng lớn nhất, mực nước lớn nhất, thời gian xuất hiện đỉnh lũ và biên độ dao động mực nước lũ trong một ngày đêm tại các khu vực cần bảo vệ ở phía sông khi hồ chứa xả lũ thiết kế và xả lũ kiểm tra.

2.7.2. Cơ sở thiết lập bài toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng

Bài toán tính toán điều tiết lũ (*tích nước hay xả nước*) cho hồ chứa nước Dầu Tiếng là bài toán phức tạp, do đồng thời phải căn cứ vào trạng thái của hệ thống tại thời điểm vận hành (*như mực nước hồ hiện tại, mực nước triều hiện tại*), diễn biến mực nước triều dự báo và diễn biến lưu lượng nước đến hồ dự báo trong thời gian

điều tiết lũ, các quy định ràng buộc của quy trình vận hành (*như lưu lượng được phép xả lớn nhất dựa trên tình trạng mực nước triều trong thời gian điều tiết lũ, mực nước lớn nhất hồ được phép tích trong thời gian điều tiết lũ và mực nước hồ phải đưa về sau thời gian điều tiết lũ*). Và trên cơ sở một số quy định của Quy trình 1895, có thể thiết lập bài toán điều tiết lũ cho hồ chứa nước Dầu Tiếng như sau:

Khi mực nước tại trạm Phú An trên sông Sài Gòn đạt mức 1,3 m trở lên (ứng với thời điểm bắt đầu của kỳ triều cường ở hạ du sông Sài Gòn) và khi mực nước hồ chưa vượt quá cao trình mực nước dâng gia cường (hay mực nước lớn nhất thiết kế $H = 25,10$ m hoặc ứng với dung tích hồ $W = 1740,20$ triệu m^3) chỉ được xả với lưu lượng nhỏ hơn hoặc bằng $200 m^3/s$. Các trường hợp còn lại (ứng với thời gian trong kỳ triều kém hoặc $H_{\text{Phú An}} < 1,30$ m hoặc khi mực nước hồ đạt mức 25,10 m trở lên và còn tiếp tục lên), được phép xả với lưu lượng lớn hơn $200 m^3/s$. Trong mọi trường hợp không để mực nước hồ vượt quá cao trình mực nước lớn nhất kiểm tra (tức là cho phép sử dụng đến cao trình 26,92 m để tích nước điều tiết lũ, nhưng không để mực nước hồ vượt quá cao trình 26,92 m), kết thúc quá trình điều tiết lũ phải đưa mực nước hồ về cao trình mực nước trước lũ, xem Bảng 2.5.

Để đảm bảo nhiệm vụ chống lũ cho công trình, phòng lũ cho hạ du và tích nước hiệu quả để phục vụ cho sản xuất. Nghiên cứu đề xuất sau điều tiết lũ nên đưa mực nước hồ về cao trình mực nước tích hợp lý, xem Bảng 2.6.

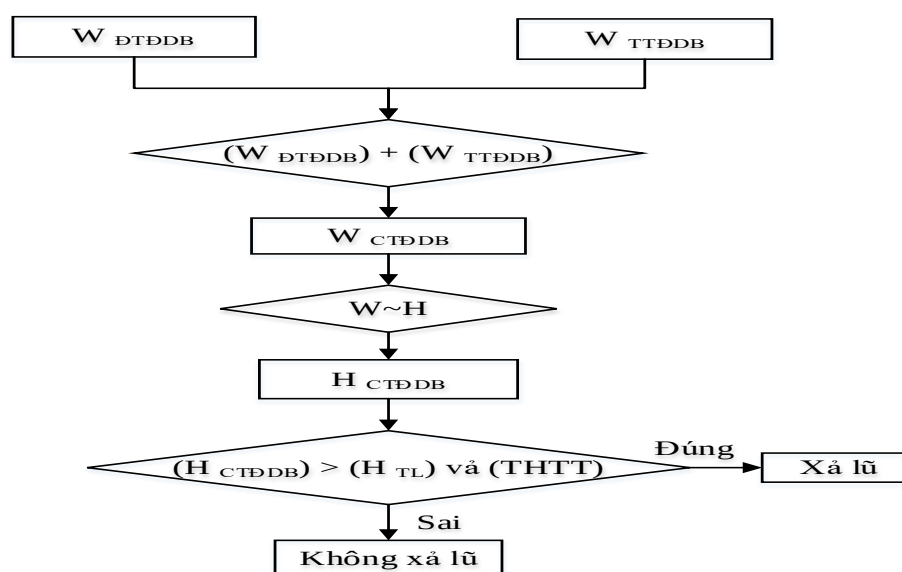
Bảng 2.5: Mực nước cao nhất trước lũ của hồ chứa Dầu Tiếng [42]

Hồ \ Thời kỳ	Mực nước hồ (m)							
	Từ 01 tháng 7 đến 15 tháng 7	Từ 16 tháng 7 đến 31 tháng 7	Từ 01 tháng 8 đến 15 tháng 8	Từ 16 tháng 8 đến 31 tháng 8	Từ 01 tháng 9 đến 15 tháng 9	Từ 16 tháng 9 đến 30 tháng 9	Từ 01 tháng 10 đến 15 tháng 10	Từ 16 tháng 10 đến 30 tháng 10
Dầu Tiếng	20,30	21,20	22,10	22,70	23,30	23,65	24,00	24,40

Bảng 2.6: Mực nước tích hợp lý để đảm bảo nhiệm vụ tích nước [21]

Đặc trưng	Thời gian					
	01/07	01/08	01/09	01/10	01/11	01/12
Z (m)	17,27	18,70	20,20	22,06	23,90	24,40

2.7.3. Sơ đồ quy trình điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng



Hình 2.18: Sơ đồ quy trình điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng

Trong đó:

$W_{ĐTĐDB}$: Dung tích hồ đầu thời đoạn dự báo;

$W_{TTĐDB}$: Dung tích đến hồ trong thời đoạn dự báo;

$W_{CTĐDB}$: Dung tích hồ cuối thời đoạn dự báo;

$H_{CTĐDB}$: Mức nước hồ cuối thời đoạn dự báo;

H_{TL} : Cao trình mực nước trước lũ theo Quy trình 1895;

THTT: Tình hình thời tiết sau thời đoạn dự báo;

$W \sim H$: Quan hệ dung tích và mực nước hồ.

2.8. KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Kết quả nghiên cứu Chương 2 đã đề xuất khái niệm vận hành hợp lý hồ chứa nước và vận hành hợp lý hồ chứa nước theo thời gian thực, đề xuất sơ đồ tổng quát những vấn đề cần nghiên cứu và cơ sở phương pháp nghiên cứu vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng với một số nội dung cụ thể như sau:

Thứ nhất, nghiên cứu đã trình bày cơ sở phương pháp dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn qua việc phân tích tình hình đặc điểm nguồn nước đến hồ trong mùa cạn và những khó khăn trong việc kiểm soát nước đến hồ do lưu vực rộng lớn, đặc biệt là các phương pháp tính toán dự báo nước đến hồ trong mùa cạn hiện nay vẫn chưa thật sự hiệu quả. Từ đó đề xuất phương pháp mạng ANN, vốn là phương pháp với đặc tính nổi bật là khả năng học hỏi và tìm ra các mối quan hệ phức tạp giữa các dữ liệu đầu

vào, đầu ra, nên việc tiếp cận phương pháp ANN là một lựa chọn phù hợp trong điều kiện của mùa khô. Trên cơ sở lý thuyết về mạng ANN, nghiên cứu đã phân tích cấu trúc mạng ANN ứng dụng cho dự báo dòng chảy, phương pháp chuẩn hóa số liệu đầu vào mô hình mạng ANN, đề xuất sử dụng bộ công cụ Neural Network Toolbox (nntool) của Matlab [65] dựa trên bộ dữ liệu quá khứ để huấn luyện và kiểm tra nhằm tìm ra cấu trúc mạng ANN phù hợp để phục vụ dự báo lưu lượng nước đến hồ.

Thứ hai, nghiên cứu đã trình bày cơ sở phương pháp nghiên cứu xả nước đầy mặn trên sông Sài, với nội dung này, vấn đề xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn được phân tích, lựa chọn, kế thừa những kết quả đã được nghiên cứu và thực hiện trước đây. Mô hình MIKE 11 được thiết lập và cập nhật bổ sung theo số liệu mới, đảm bảo phù hợp với hiện trạng hệ thống và nguồn dữ liệu biên đưa vào mô hình để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình nhằm thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu thực nghiệm số đối vấn đề xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn. Qua đó, các nội dung cần nghiên cứu về xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn cũng được trình bày cụ thể.

Thứ ba, nghiên cứu đã trình bày cơ sở phương pháp dự báo nước về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ. Nội dung nghiên cứu này đã phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy lũ, tầm quan trọng của dự báo lũ đến việc tính toán điều tiết lũ hồ chứa. Để nâng cao chất lượng dự báo lũ thì phải làm tốt công tác dự báo mưa, do đó việc nghiên cứu trích xuất dữ liệu mưa từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu là rất cần thiết. Kế thừa các nghiên cứu trước đây, trong nghiên cứu này đề xuất sử dụng công cụ mô hình NAM để mô phỏng dòng chảy về hồ từ dữ liệu mưa quan trắc theo thời gian thực và dữ liệu mưa dự báo từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu.

Thứ tư, nghiên cứu đã trình bày cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng dựa trên cơ sở phương pháp tính toán điều tiết lũ tham khảo theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 10778 : 2015, và các ràng buộc được quy định trong Quy trình 1895, từ đó thiết lập bài toán điều tiết lũ cho hồ Dầu Tiếng, đảm bảo yếu tố đầu vào hệ thống là dòng chảy đến hồ dự báo, và điều kiện biên đầu ra của hệ thống là tình trạng triều dự báo ở hạ du sông Sài Gòn. Nội dung nghiên cứu này cũng đã đề xuất sơ đồ quy trình điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng nhằm mục đích đảm bảo an toàn hồ theo quy định, tiết giảm xả lũ thừa để tăng trữ lượng nước cấp cho mùa khô năm tiếp theo, mang lại hiệu quả cho công tác quản lý nguồn nước của hồ Dầu Tiếng.

CHƯƠNG 3

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP VÀ ỨNG DỤNG HỖ TRỢ VẬN HÀNH HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG

3.1. NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ MÙA CẠN

3.1.1. Tài liệu sử dụng

Số liệu dùng để huấn luyện mạng là chuỗi dữ liệu lưu lượng theo ngày từ năm 1990-2011 (giai đoạn **Train**), số liệu dùng để kiểm tra mạng từ năm 2012-2016 (giai đoạn **Test**). Chia dữ liệu cho 02 giai đoạn **Train** và **Test** theo tỉ lệ lần lượt là 80% và 20% nhằm giúp cho giai đoạn học được nhiều dữ liệu và nắm bắt quy luật và quan hệ tốt hơn.

3.1.2. Lập các phương án dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn

Phương án 1: Dự báo lưu lượng nước đến hồ hằng ngày, gồm có:

- + Kịch bản 1 (KB-1): Q_{t-1}, Q_{t-2}
- + Kịch bản 2 (KB-2): $Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}$
- + Kịch bản 3 (KB-3): $Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4}$
- + Kịch bản 4 (KB-4): $Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Q_{t-4}, Q_{t-5}$

Trong đó: $Q_{t-1}, Q_{t-2}, \dots, Q_{t-n}$ lần lượt là lưu lượng đến hồ các ngày trước đó.

Phương án 2: Dự báo lưu lượng nước đến hồ trung bình 10 ngày sau, gồm có:

- + Kịch bản 1 (KB-DB10-1): Q_{HT}, Q_{t-TB10}
- + Kịch bản 2 (KB-DB10-2): $Q_{HT}, Q_{t-TB10}, Q_{t-TB20}$

Trong đó: Q_{HT} là lưu lượng đến hồ thời điểm hiện tại; Q_{t-TB10} là lưu lượng đến hồ trung bình 10 ngày trước đó; Q_{t-TB20} là lưu lượng đến hồ trung bình 20 ngày trước đó.

Phương án 3: Dự báo lưu lượng nước đến hồ trung bình 30 ngày sau, gồm có:

- + Kịch bản 1 (KB-DB30-1): Q_{HT}, Q_{t-TB30}
- + Kịch bản 2 (KB-DB30-2): $Q_{HT}, Q_{t-TB30}, Q_{t-TB60}$

Trong đó: Q_{HT} là lưu lượng đến hồ thời điểm hiện tại; Q_{t-TB30} là lưu lượng đến hồ trung bình 30 ngày trước đó; Q_{t-TB60} là lưu lượng đến hồ trung bình 60 ngày trước đó.

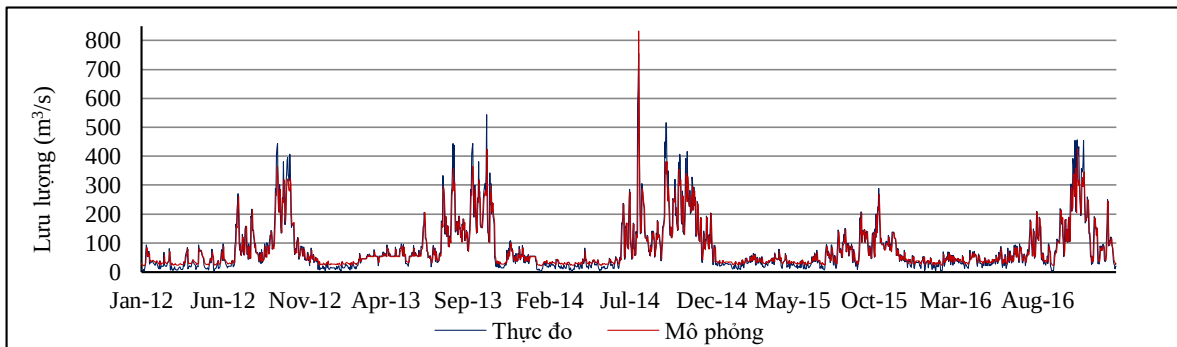
3.1.3. Phân tích kết quả huấn luyện, kiểm tra các kịch bản dự báo

Phương án 1: Sau khi huấn luyện bộ dữ liệu cho các kịch bản từ KB-1 đến KB-4 giai đoạn **Train**, và kiểm tra lại cho giai đoạn **Test** cho kết quả khá tốt với hệ số tương quan

Pearson (r)=80 % và hệ số hiệu quả mô hình Nash-Suiccliffe (R^2)=90 %. So sánh các kịch bản giai đoạn **Test**, kịch bản KB-2 cho kết quả tốt với hệ số tương quan $r=0,91$ và hệ số hiệu quả mô hình $R^2=0,82$; sai số MAE và RMSE thấp nhất. Do đó chọn kịch bản KB-2 làm đầu vào để huấn luyện mạng cho dự báo dòng chảy đến hồ hằng ngày.

Bảng 3.1: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng hàng ngày

Kịch bản	Huấn luyện (Train)					Kiểm tra (Test)				
	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-1	0,78	34,48	-0,04	0,88	21,28	0,79	40,60	0,0002	0,89	24,16
KB-2	0,80	32,41	-0,05	0,90	19,39	0,82	37,32	-0,0002	0,91	22,46
KB-3	0,78	34,43	-0,03	0,88	21,28	0,80	39,64	0,0004	0,89	23,98
KB-4	0,79	33,29	-0,04	0,89	20,59	0,81	37,93	0,0001	0,90	22,95

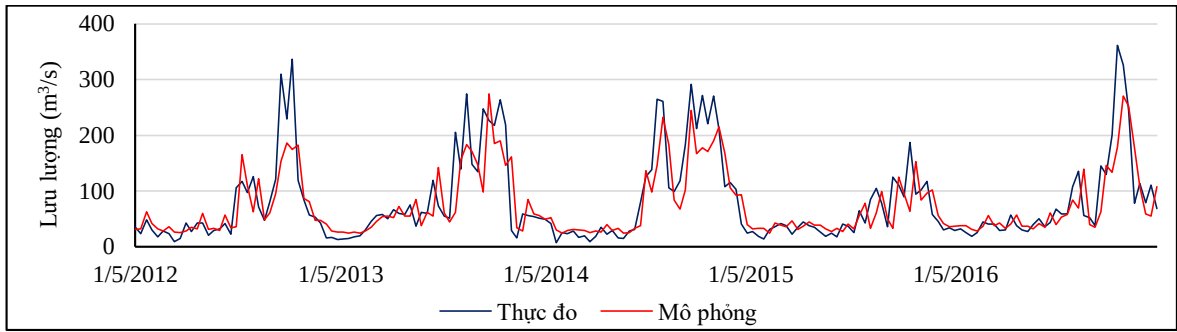


Hình 3.1: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-2 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng

Phương án 2: Sau khi huấn luyện bộ dữ liệu cho 2 kịch bản: KB-DB10-1 và KB-DB10-2 giai đoạn **Train**, và kiểm tra lại cho giai đoạn **Test** cho kết quả đạt yêu cầu, với hệ số hiệu quả mô hình $70\% \geq R^2 \geq 50\%$. So sánh các kịch bản tại giai đoạn **Test**, kịch bản KB-DB10-2 có hệ số hiệu quả mô hình R^2 tốt hơn so với kịch bản KB-DB10-1 và sai số RMSE thấp hơn. Do đó chọn kịch bản KB-DB10-2 làm đầu vào để huấn luyện mạng sử dụng cho dự báo dòng chảy đến hồ trung bình 10 ngày sau đó.

Bảng 3.2: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng 10 ngày sau

Kịch bản	Huấn luyện (Train)					Kiểm tra (Test)				
	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-DB10-1	0,64	38,09	0,02	0,80	23,87	0,66	44,70	0,12	0,83	27,44
KB-DB10-2	0,63	38,60	0,01	0,79	24,26	0,67	44,17	0,08	0,82	27,70

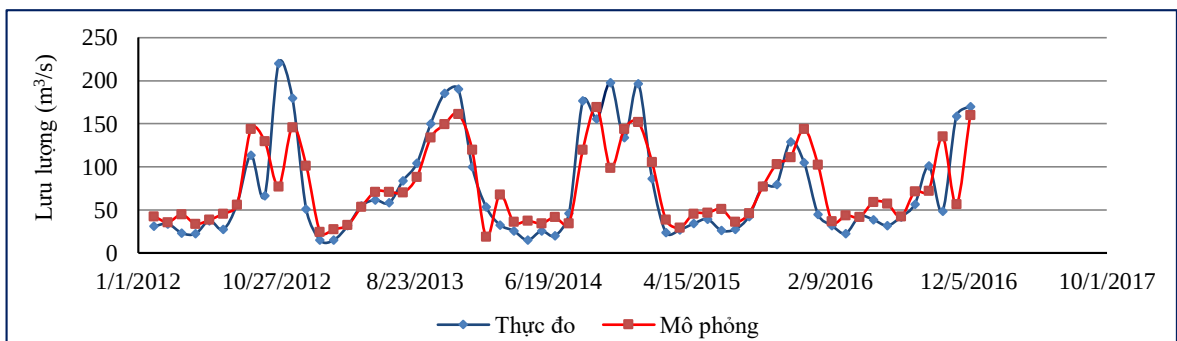


Hình 3.2: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-DB10-2 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng

Phương án 3: Sau khi huấn luyện bộ dữ liệu cho 2 kịch bản: KB-DB30-1 và KB-DB30-2 giai đoạn 1990-2011, và kiểm tra lại cho giai đoạn 2012-2016 cho kết quả đạt yêu cầu, hệ số hiệu quả mô hình $70\% \geq R^2 \geq 50\%$. So sánh các kịch bản tại giai đoạn **Test**, kịch bản KB-DB30-1 có hệ số hiệu quả mô hình $R^2 = 0,57$ tốt hơn so với kịch bản KB-DB30-2 là 0,50, và sai số RMSE là **45,63** thấp hơn so với kịch bản KB-DB30-2 là **51,88**. Do đó chọn kịch bản KB-DB30-1 làm đầu vào để huấn luyện mạng sử dụng cho dự báo dòng chảy đến hồ trung bình 30 ngày sau đó.

Bảng 3.3: Kết quả thống kê thông số hiệu quả mô hình cho các kịch bản dự báo dòng chảy trung bình đến hồ Dầu Tiếng 30 ngày sau

Kịch bản	Huấn luyện (Train)					Kiểm tra (Test)				
	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-DB30-1	0,59	32,33	-0,04	0,77	18,17	0,57	45,63	0,04	0,77	30,69
KB-DB30-2	0,57	33,28	-0,01	0,76	18,25	0,50	51,88	0,05	0,67	33,75



Hình 3.3: Kết quả kiểm tra lưu lượng dự báo cho kịch bản KB-DB30-1 giai đoạn 2012 – 2016 lưu vực hồ Dầu Tiếng

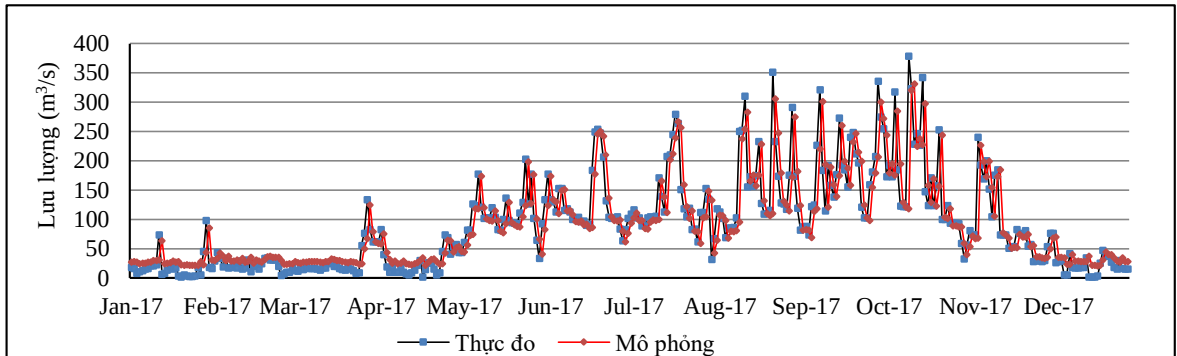
3.1.4. Phân tích kết quả kiểm định mô hình

Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ Dầu Tiếng hằng

ngày khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$, xem Bảng 3.4. Các sai số dự báo xảy ra tại các thời điểm mùa cạn rơi vào tháng 12 đến tháng 5, tuy nhiên không đáng kể.

Bảng 3.4: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo nước đến hồ hàng ngày

Kịch bản	Kết quả các hệ số hiệu quả của mô hình dự báo				
	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-2	0,70	44,37	-0,019	0.83	27,87

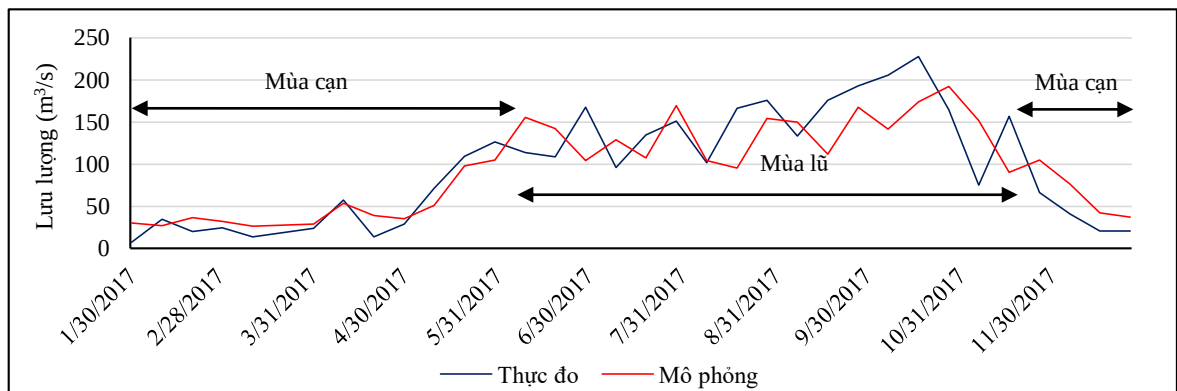


Hình 3.4: So sánh lưu lượng đến hồ hàng ngày giữa thực đo và dự báo

Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ Dầu Tiếng trung bình 10 ngày sau khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$, xem Bảng 3.5. Các sai số dự báo xảy ra tại các thời điểm mùa lũ rơi vào tháng 7 đến tháng 11.

Bảng 3.5: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo lượng nước đến hồ trung bình 10 ngày

Kịch bản	Kết quả các hệ số hiệu quả của mô hình dự báo				
	R^2	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-DB10-2	0,70	35,96	0,02	0,84	29,10

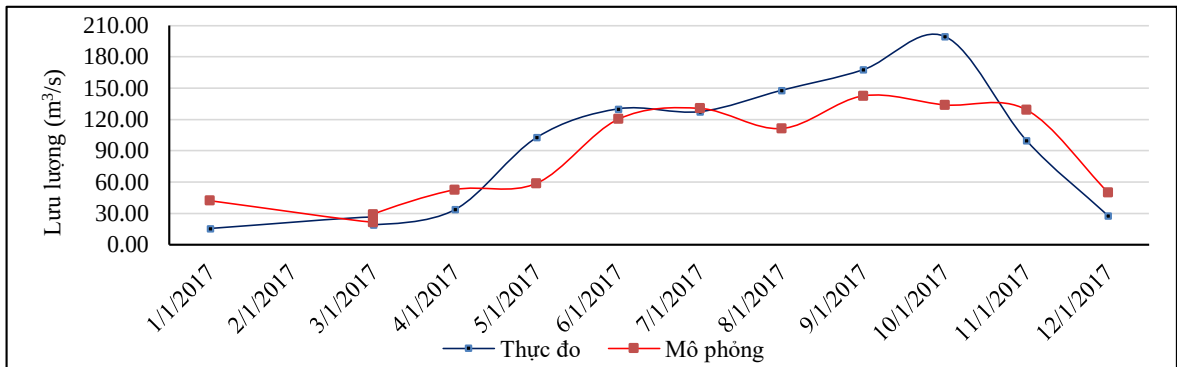


Hình 3.5: Lưu lượng đến hồ trung bình 10 ngày sau giữa thực đo và dự báo

Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ Dầu Tiếng 30 ngày sau khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$, xem Bảng 3.6. Các sai số dự báo xảy ra tại các thời điểm mùa lũ rơi vào tháng 8 đến tháng 11.

Bảng 3.6: Thống kê hệ số hiệu quả mô hình dự báo lượng nước đến hồ trung bình 30 ngày

Kịch bản	Kết quả các hệ số hiệu quả của mô hình dự báo				
	R ²	RMSE	BIAS	Pearson	MAE
KB-DB30-1	0,77	30,05	0,07	0,90	24,72



Hình 3.6: Lưu lượng đến hồ trung bình 30 ngày sau giữa thực đo và dự báo

Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình tại một số thời điểm trong mùa lũ cho thấy sự sai khác lớn giữa dữ liệu mô phỏng và thực đo, bởi dữ liệu đưa vào mô hình chưa bao gồm dữ liệu mưa. Do đó, chỉ nên sử dụng phương pháp dự báo nước đến hồ 10 ngày và 30 ngày sau đó cho mùa cạn.

3.1.5. Kiến nghị sử dụng kết quả dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn

Theo quy định tại điều 41 của Quy trình 1895, các đơn vị quản lý hồ chứa phải:

- Tổ chức dự báo lưu lượng đến hồ, mực nước hồ 10 ngày tới vào các ngày 01, 11, 21 hàng tháng.
- Cung cấp cho các đơn vị theo quy định thông tin về lưu lượng đến hồ, tổng lưu lượng xả về hạ du dự kiến 10 ngày tới trước 11 giờ các ngày 01, 11 và 21 hàng tháng.

Theo quy định như trên, kết quả dự báo sẽ là một kênh tham khảo cho đơn vị quản lý hồ chứa lập các bản tin dự báo cung cấp cho các đơn vị theo quy trình, là cơ sở để tham khảo phục vụ điều hành cấp nước trong mùa cạn, điều này chưa được thực hiện trước đây.

3.2. NGHIÊN CỨU XẢ NƯỚC ĐẦY MẶN TẠI TRẠM BƠM HÒA PHÚ TRÊN SÔNG SÀI GÒN

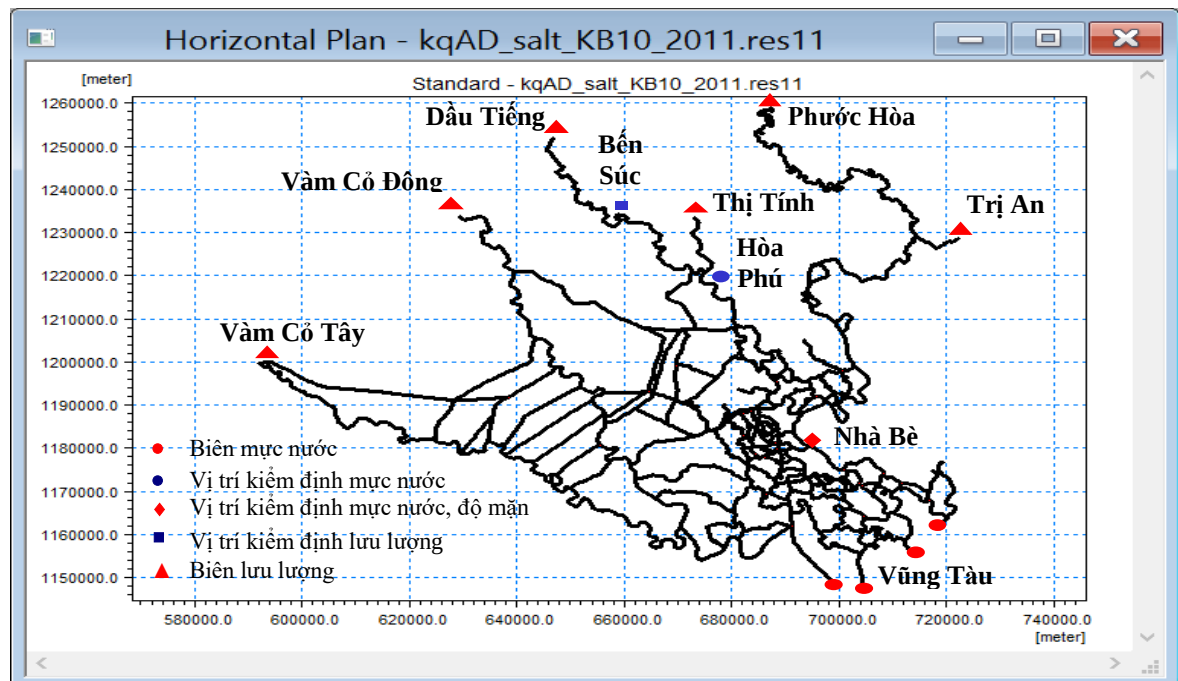
3.2.1. Thiết lập mô hình nghiên cứu xả nước đầy mặn

Mô hình Mike 11 đã được ứng dụng thành công ở hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai qua nhiều nghiên cứu [5], [6], [23], [38], [39], [47], [53]. Đề tài nghiên cứu luận

án kế thừa sơ đồ mạng sông-kênh từ các dự án đã thực hiện trước đây [5], [6], [47], [53], và cập nhật bổ sung, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình cho 3 năm vận hành 2010, 2011 và 2013. Đây là những năm xảy ra tình trạng xâm nhập mặn phức tạp, khô hạn kéo dài và đặc biệt năm 2013 có số liệu đo dòng chảy trên sông Sài Gòn [53].

3.2.1.1. Phạm vi nghiên cứu và biên vùng tính toán thủy lực

Phạm vi vùng nghiên cứu bao gồm toàn bộ sông Sài Gòn-Đồng Nai, các sông chính ở hạ lưu (Soài Rạp, Lòng Tàu ..) và các sông rạch thuộc các khu vực lân cận. Để đánh giá chính xác và khách quan các ảnh hưởng của xâm nhập mặn từ biển Đông vào sông Sài Gòn, biên vùng tính toán phải mở rộng đến phạm vi không gian mà tại các thay đổi trong vùng nghiên cứu không ảnh hưởng đến điều kiện biên, ngược lại sự thay đổi của điều kiện biên sẽ có ảnh hưởng đến vùng nghiên cứu. Trên cơ sở dữ liệu thu thập được, phạm vi không gian đặt biên vùng tính toán được chọn như Hình 3.7.



Hình 3.7: Mạng lưới hệ thống hạ lưu sông Đồng Nai-Sài Gòn

Với việc chọn phạm vi không gian đặt biên vùng tính toán như trên, biên tính toán đảm bảo được các điều kiện như sau:

- Biên giới hạn vùng tính toán thủy lực chọn ra trùng các biên tự nhiên không chế chế độ thủy văn và thủy lực hệ thống sông rạch tại hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai - Thị Vải -Vàm Cỏ Đông -Vàm Cỏ Tây. Các biên bắt đầu từ các hồ Dầu Tiếng, Phước Hòa,

Trị An và kết thúc các cửa sông đổ ra biển Đông. Ảnh hưởng của sông Mekong lên vùng nghiên cứu được thể hiện thông qua biên lưu lượng đầu sông Vàm Cỏ Tây.

– Tại các điểm biên mở (được đặt tại biên vùng tính toán) và biên nhập lưu trên vùng tính toán thủy lực (nằm trong vùng tính toán) đều có các trạm đo các yếu tố KTTV và MT (gồm: 20 trạm đo mưa và 11 trạm KTTV và MT) thuộc mạng lưới trạm KTTV Quốc gia hoạt động trên 10 năm với các chuỗi số liệu thực đo tin cậy.

– Tài liệu về địa hình, các hệ thống công trình hạ tầng và mặt cắt sông rạch được cập nhật tương đối đầy đủ.

Mặc dù số liệu đầu vào đã được thu thập từ nhiều nguồn, tuy nhiên vùng nghiên cứu có địa hình phức tạp, hệ thống sông, kênh dày đặc do đó cơ sở dữ liệu cho mô hình toán vẫn chưa thể thỏa mãn tính đầy đủ.

3.2.1.2. Cơ sở dữ liệu mô phỏng hiện trạng

Mô hình MIKE 11 cần các số liệu đầu vào như sau:

– *Dữ liệu về địa hình bao gồm:* Địa hình mặt cắt các sông, kênh; Địa hình các ô ruộng và cơ sở hạ tầng (cầu, cống, đường ...);

– *Dữ liệu tại các biên bao gồm:* Biên thủy văn tại các biên thượng nguồn và các nguồn nhập lưu; biên thủy văn hạ lưu; biên khí tượng (mưa, gió, bốc hơi ...);

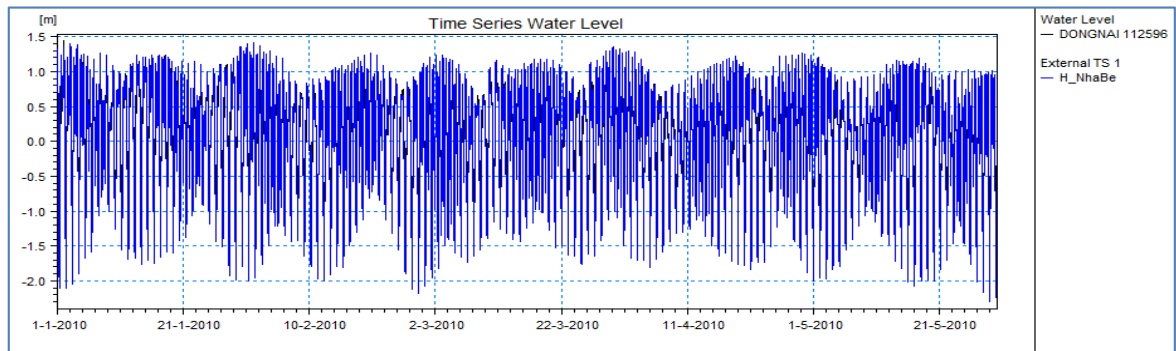
– *Dữ liệu để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình:* Số liệu mực nước tại các trạm Nhà Bè, Thủ Dầu Một được dùng để hiệu chỉnh và kiểm định mực nước. Số liệu lưu lượng tại cầu Bến Súc trên sông Sài Gòn được dùng để kiểm định lưu lượng. Số liệu mặn tại trạm Nhà Bè, trạm bơm Hòa Phú được dùng để hiệu chỉnh và kiểm định xâm nhập mặn.

3.2.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nghiên cứu xả nước đẩy mặn

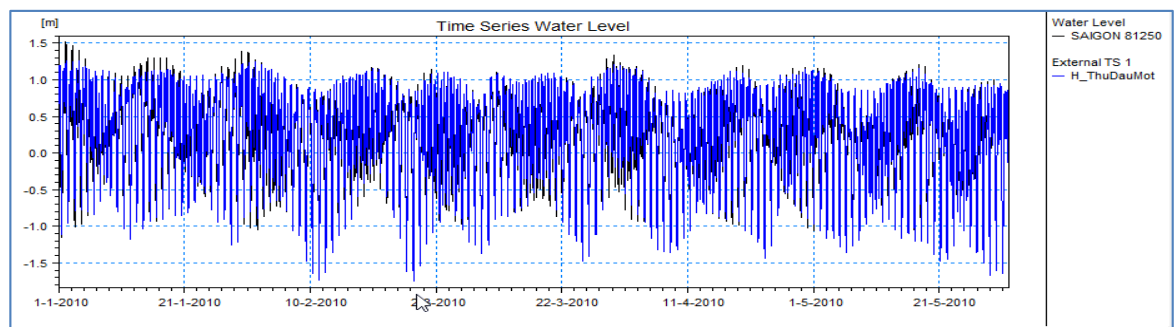
Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nhằm mục đích chọn được các thông số mô hình nêu dưới đây nhằm làm cho kết quả tính toán phù hợp với số liệu thực đo đồng thời trên toàn vùng nghiên cứu. Việc hiệu chỉnh này được thực hiện thông qua so sánh kết quả tính toán và số liệu thực đo. Các thông số cần hiệu chỉnh bao gồm:

1. Bước thời gian tính **dt**;
2. Kích thước và hình dạng các ô ruộng, công trình và mặt cắt sông, kênh;
3. Hiệu chỉnh hệ số nhám Manning;
4. Hệ số khuếch tán.

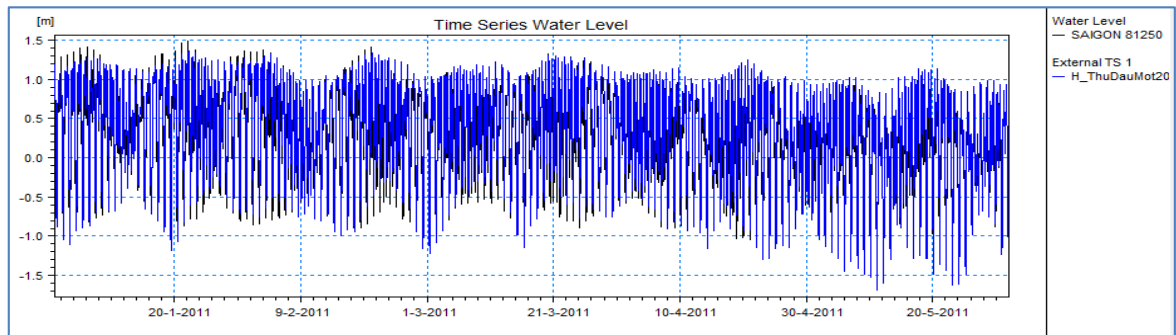
a. Hiệu chỉnh mực nước tại Thủ Dầu Một và Nhà Bè



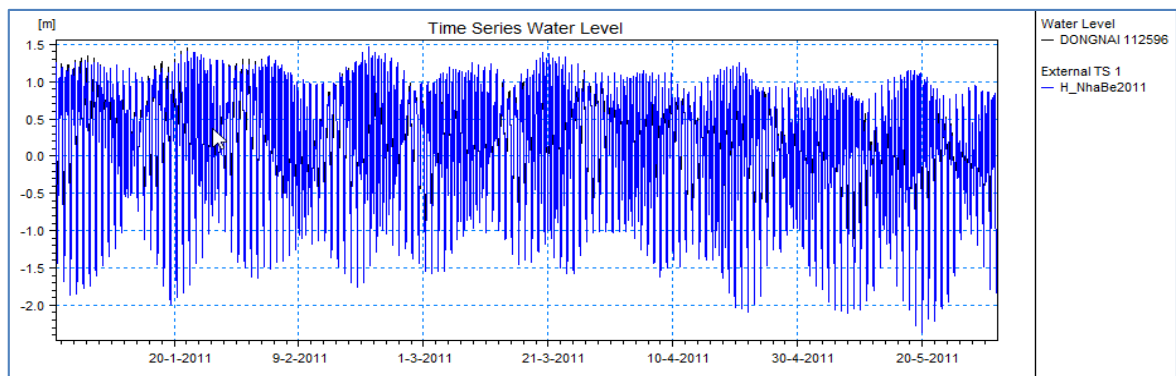
Hình 3.8: Mực nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 30/5/2010



Hình 3.9: Mực nước mô phỏng và thực đo tại Thủ Dầu Một từ 01/01 đến 30/5/2010

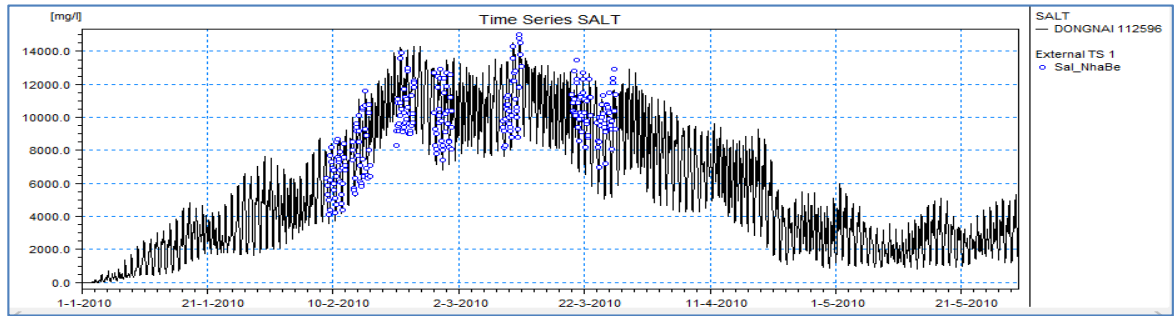


Hình 3.10: Mực nước mô phỏng và thực đo tại Thủ Dầu Một từ 01/01 đến 31/5/2011

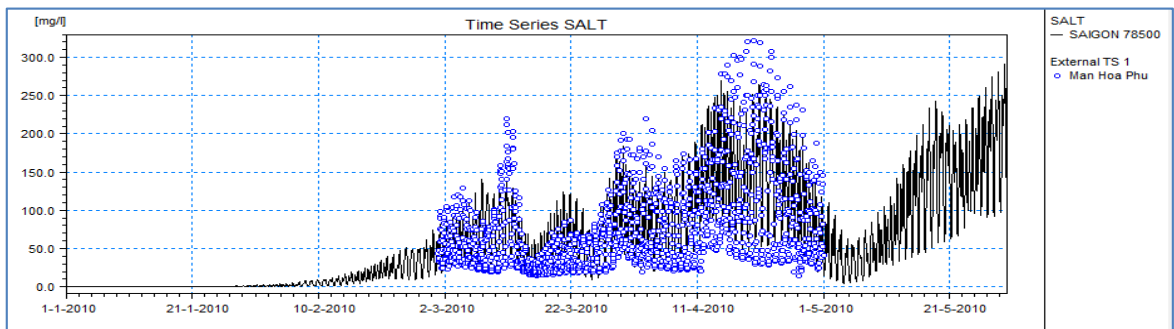


Hình 3.11: Mực nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 31/5/2011

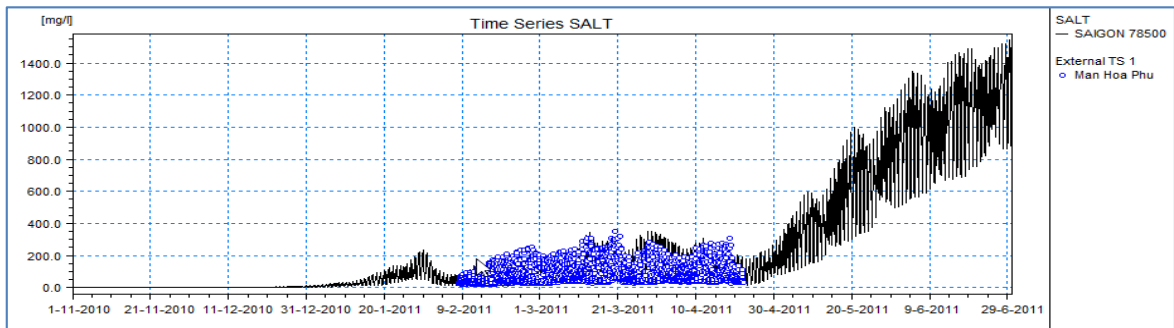
b. Hiệu chỉnh, kiểm định độ mặn tại Hoà Phú, Nhà Bè năm 2010 và 2011



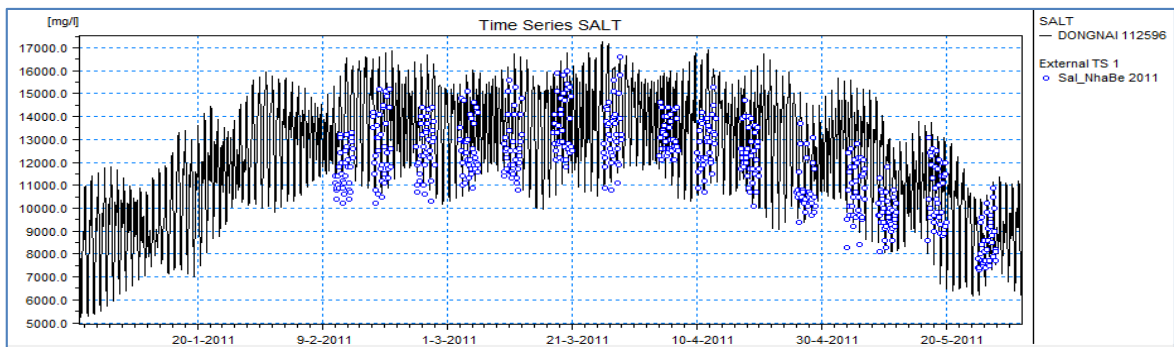
Hình 3.12: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 09/2 đến 26/3/2010



Hình 3.13: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Hoà Phú từ 27/3 đến 30/4/2010

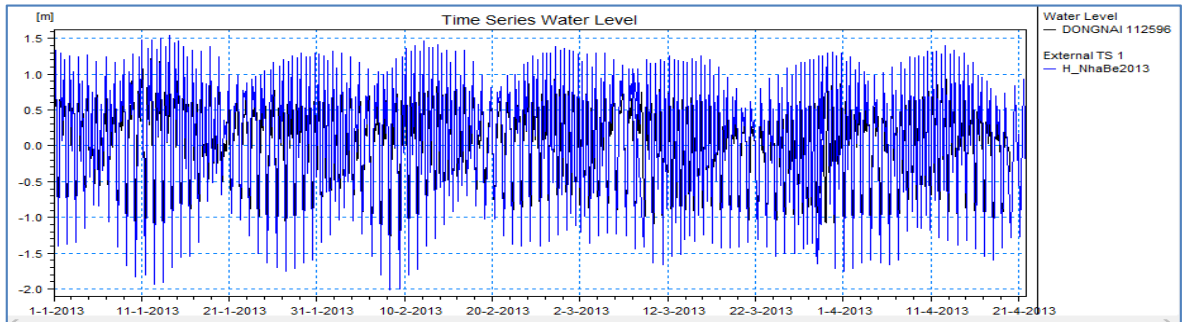


Hình 3.14: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Hoà Phú từ 08/02 đến 22/4/2011

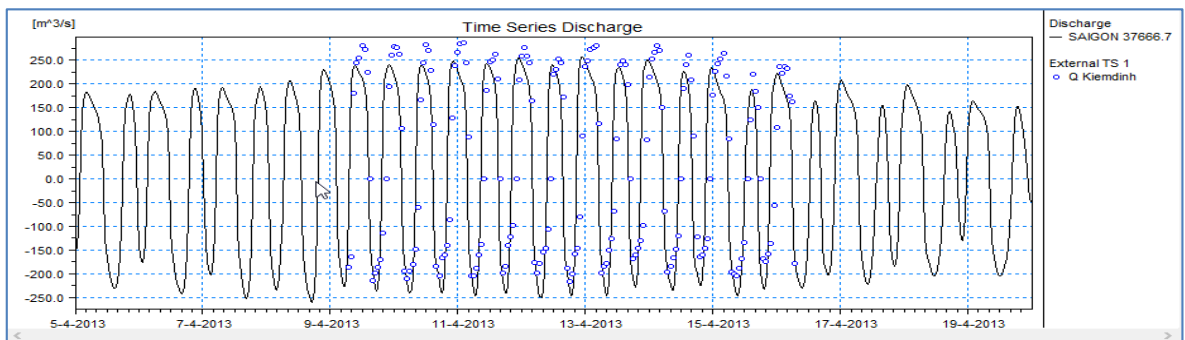


Hình 3.15: Độ mặn mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 11/02 đến 27/5/2011

c. Kiểm định mực nước tại Nhà Bè, lưu lượng tại Bến Súc năm 2013



Hình 3.16: Mực nước mô phỏng và thực đo tại Nhà Bè từ 01/01 đến 21/4/2013



Hình 3.17: Lưu lượng mô phỏng và thực đo tại Bến Súc từ 9/4 đến 16/4/2013

Qua biểu đồ đường quá trình mực nước, lưu lượng, nồng độ mặn mô phỏng và thực đo trong thời kỳ hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy: Mực nước tính toán tương đối phù hợp với số liệu thực đo cả về pha, biên độ dao động lẫn giá trị tuyệt đối. Kết quả mô phỏng lưu lượng chưa tốt như mô phỏng mực nước, nhưng vẫn đảm bảo về pha, điều này có thể lý giải bởi tính phức tạp và khó khăn trong quá trình quan trắc lưu lượng dòng chảy. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình xâm nhập mặn khá tốt, xu thế biến đổi nồng độ mặn theo thời gian hầu như phù hợp với số liệu thực đo, độ mặn tính toán có sai khác với độ mặn thực đo nhưng trong mức độ có thể chấp nhận được.

Bảng 3.7: Kết quả đánh giá sai số mô hình theo chỉ tiêu NASH

SST	Trạm	Thời gian	Nash	Thông số	Ghi chú
1	Thủ Dầu Một	01/01/2010 - 30/5/2010	0,89	Mực nước	Hiệu chỉnh
2	Nhà Bè	01/01/2010 - 30/5/2010	0,86	Mực nước	Hiệu chỉnh
3	Thủ Dầu Một	01/01/2011 - 31/5/2011	0,86	Mực nước	Kiểm định
4	Nhà Bè	01/01/2011 - 31/5/2011	0,86	Mực nước	Kiểm định
9	Nhà Bè	01/01/2013 - 21/4/2013	0,85	Mực Nước	Kiểm định
10	Bến Súc	09/04/2013 - 16/04/2013	0,67	Lưu lượng	Kiểm định

So sánh kết quả độ mặn tính toán và thực đo tại một số vị trí như ở Bảng 3.8.

Bảng 3.8: Độ mặn tính toán và thực đo tại một số vị trí

Tên trạm	Độ mặn tính toán lớn nhất từ (mg/l)	Độ mặn thực đo lớn nhất từ (mg/l)	Thời gian kiểm tra
Nhà Bè	15.000	14.692	09/2/2010 đến 26/3/2010
Hòa Phú	269,5	322	27/3/2010 đến 30/4/2010
Nhà Bè	17.250	16.600	11/02/2011 đến 27/5/2011
Hòa Phú	352	349	08/02/2011 đến 22/4/2011

3.2.3. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa mực nước triều và độ mặn

3.2.3.1. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng tài liệu mực nước trạm Vũng Tàu và trạm Cảng Sài Gòn là hai trạm thủy văn quốc gia cơ bản, có số liệu dự báo thủy triều hàng giờ và phổ biến trong “Bảng thủy triều” do Tổng cục biển và Hải đảo Việt Nam – Trung Tâm hải văn biên soạn.

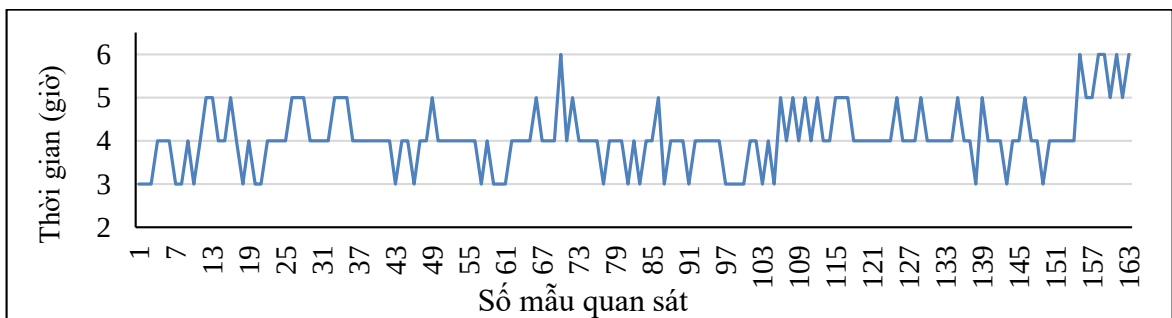
Trong mỗi đợt triều cường, Nhà máy nước Tân Hiệp yêu cầu xả nước đầy mặn khi độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú có dấu hiệu vượt 150 mg/l Cl⁻. Vì vậy, chọn những mẫu triều tương ứng với độ mặn có giá trị từ 150 mg/l Cl⁻ trong tháng 3 và 4 (thường có diễn biến mặn cao nhất trong năm) các năm 2006, 2007, 2010, 2013, 2015 để nghiên cứu.

Từ số liệu tổng hợp, phân tích các mẫu triều-mặn, so sánh thời gian lệch pha giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu với đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn, thời gian lệch pha giữa đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn với đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú, thời gian lệch pha giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu với đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú.

3.2.3.2. Kết quả tổng hợp, phân tích

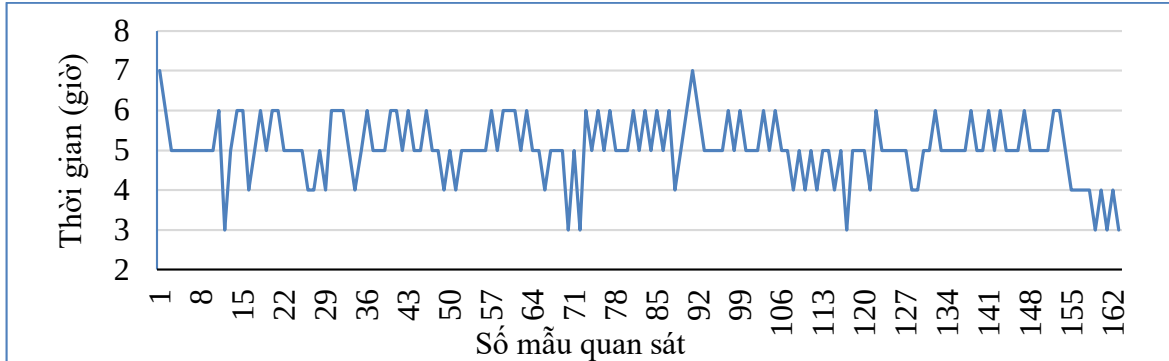
Kết quả tổng hợp, phân tích 163 mẫu Triều-Mặn cho thấy:

- Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn là 4,07 giờ, làm tròn là **04** giờ, xem Hình 3.18 và Phụ lục 3.



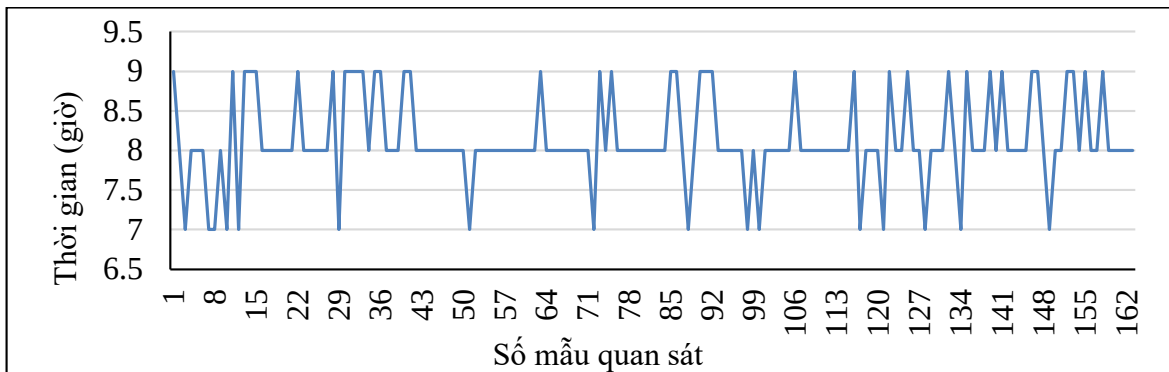
Hình 3.18: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn

- Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú là 5,06 giờ, làm tròn là **05** giờ, xem Hình 3.19 và Phụ lục 3.



Hình 3.19: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú

- Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú là 8,13 giờ, làm tròn là **08** giờ, xem Hình 3.20 và Phụ lục 3.



Hình 3.20: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú

Nếu gọi T_{TrVT} và T_{TrSG} là thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh triều lần lượt tại trạm Vũng Tàu và trạm Cảng Sài Gòn, (T_{TrVT} và T_{TrSG} được xác định từ bảng lịch Triều), T_{MHP} là thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú. Có thể xác định được mối liên hệ về thời gian giữa đỉnh Triều tại trạm Cảng Sài Gòn hoặc trạm Vũng Tàu với thời gian dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú trong một kỳ triều cường, mối liên hệ này được diễn đạt qua các công thức kinh nghiệm sau:

$$T_{MHP} \approx (T_{TrVT} + 8) \text{ giờ} \quad (3.1)$$

Và

$$T_{MHP} \approx (T_{TrSG} + 5) \text{ giờ} \quad (3.2)$$

3.2.4. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa thời gian xả và độ mặn

3.2.4.1. Phương pháp nghiên cứu

Thực nghiệm mô hình theo các cấp xả khác nhau và theo các thời điểm bắt đầu xả khác nhau, phân tích sự thay đổi độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú trong từng trường hợp xả nước so với khi chưa xả nước, từ đó rút ra kết luận về thời gian mà nguồn nước xả từ hồ Dầu Tiếng đã tác động lên độ mặn tại trạm Bơm Hòa Phú.

Trường hợp 1: Xả theo các cấp lưu lượng từ 20 m³/s đến 70 m³/s, với thời gian bắt đầu xả như nhau (ví dụ bắt đầu xả từ 06 giờ ngày 27/3/2010).

Trường hợp 2: Thay đổi thời gian bắt đầu xả, không thay đổi lưu lượng xả, cụ thể chọn xả thử nghiệm với lưu lượng 60 m³/s.

3.2.4.2. Kết quả nghiên cứu

Trường hợp 1: Kết quả nghiên cứu cho thấy, sau từ 01 đến 02 giờ xả thì độ mặn tại Hòa Phú đã có sự thay đổi (giảm so với khi chưa xả nhưng rất nhỏ), xem Bảng 3.9.

Bảng 3.9: Diễn biến mặn tại Hòa Phú sau khi có xả tràn tại hồ Dầu Tiếng

(Cùng thời gian bắt đầu xả, chỉ thay đổi theo các cấp lưu lượng xả)

[illegible]

Trường hợp 2: Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, chỉ sau từ 01 đến 02 giờ thì nguồn nước từ Dầu Tiếng đã tác động đến độ mặn tại Hòa Phú, xem Bảng 3.10.

Bảng 3.10: Diễn biến mặn tại Hòa Phú sau khi có xả tràn tại hồ Dầu Tiếng

(Cùng cấp lưu lượng xả, chỉ thay đổi thời gian bắt đầu xả)

[illegible]

3/25/2010 18:00	361,752	361,752	361,752	361,752	361,752	361,752	Thời điểm bắt đầu xả
3/25/2010 19:00	347,608	347,608	347,608	347,608	347,608	347,607	Thời điểm độ mặn bắt đầu thay đổi
3/25/2010 20:00	322,066	322,066	322,066	322,066	322,066	322,006	
.....							
3/26/2010 3:00	351,865	351,865	351,865	351,865	351,865	330,885	
3/26/2010 4:00	319,725	319,725	319,725	319,725	319,725	295,210	Thời điểm bắt đầu xả
3/26/2010 5:00	282,067	282,067	282,067	282,067	282,065	255,055	Thời điểm độ mặn bắt đầu thay đổi
3/26/2010 6:00	243,366	243,366	243,366	243,366	243,305	214,639	
3/26/2010 8:00	170,287	170,287	170,287	170,287	169,183	145,132	Thời điểm bắt đầu xả
3/26/2010 9:00	144,280	144,280	144,280	144,280	142,661	123,818	
3/26/2010 10:00	129,466	129,466	129,466	129,455	127,269	110,536	Thời điểm độ mặn bắt đầu thay đổi
3/26/2010 11:00	129,946	129,946	129,946	129,811	126,319	109,140	
.....							

Kết luận: Chỉ sau từ 01 đến 02 giờ tính từ thời điểm bắt đầu xả, độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú đã có sự thay đổi, tuy nhiên độ mặn giảm rất ít so với khi chưa xả.

3.2.5. Nghiên cứu xác định thời điểm xả nước hợp lý tại hồ Dầu Tiếng

3.2.5.1. Phương pháp nghiên cứu

Chọn một cấp lưu lượng xả bất kỳ, thay đổi thời điểm bắt đầu xả nước, so sánh kết quả và tính tỷ lệ phần trăm độ mặn giảm so với khi chưa xả, lặp lại cách làm cho đến khi tìm được tỷ lệ phần trăm giảm đỉnh mặn cao nhất (là đỉnh mặn chọn để khảo sát), đồng thời so sánh tỷ lệ phần trăm trung bình giảm mặn của các đỉnh theo mỗi trường hợp xả. Lấy mùa cạn năm 2010 để nghiên cứu, các bước thực nghiệm như sau:

Bước 1: Thực nghiệm mô hình với trường hợp hồ Dầu Tiếng không xả nước, kết quả cho thấy: Diễn biến mặn tại trạm bơm Hòa Phú có chiều hướng tăng cao (500 mg/l CL⁻) so với ngưỡng cho phép của nhà máy nước Tân Hiệp, xem Hình 3.21.

Bước 2: Dựa trên bảng lịch triều [45], có thể xác định mực nước triều tại trạm Cảng Sài Gòn đạt đỉnh từ 13 giờ ngày 27/03/2010, từ đó nhận định độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú sẽ bắt đầu đạt đỉnh từ 18 giờ ngày 27/03/2010 (13+5=18 : Công thức 3.2).

Thực nghiệm mô hình xả nước liên tục trong một ngày với từng cấp lưu lượng (20 đến 70 m³/s), và theo các thời điểm bắt đầu xả khác nhau, tính tỷ lệ phần trăm độ mặn giảm tại các đỉnh, tìm thời điểm xả hợp lý để giảm các đỉnh mặn trong đợt triều cường.

3.2.5.2. Kết quả nghiên cứu

Từ kết quả mô phỏng ở bước 1, xác định được diễn biến và thời gian xuất hiện các đỉnh mặn khi chưa xả nước từ hồ Dầu Tiếng.

Từ kết quả ở bước 02, chọn một cấp lưu lượng xả bất kỳ để đánh giá (chọn mức xả 60 m³/s và chỉ xả 01 ngày), ứng với mỗi trường hợp khi thay đổi thời điểm bắt đầu xả, tính tỷ lệ phần trăm độ mặn giảm so với khi chưa xả nước, xem Bảng 3.11.

Bảng 3.11: Kết quả tỷ lệ % độ mặn giảm tại các đỉnh khi thay đổi thời điểm xả, ứng với trường hợp xả liên tục 60 m³/s

Đỉnh mặn	Độ mặn đỉnh (mg/l CL ⁻)	Thời điểm xuất hiện đỉnh mặn	Thời gian xả trước đỉnh mặn thứ 4 (giờ)						
			24	28	34	38	48	72	96
1	365,21	02 giờ 26/3/2010	0,00	0,00	0,00	0,00	4,53	24,81	23,62
2	379,84	18 giờ 26/3/2010	0,00	0,17	4,07	7,89	17,81	23,32	22,77
3	416,87	04 giờ 27/3/2010	0,00	9,26	15,04	18,83	23,77	21,90	21,55
4	401,48	18 giờ 27/3/2010	5,81	21,31	23,92	24,28	24,05	22,18	21,76
5	463,10	05 giờ 28/3/2010	16,12	22,36	22,16	22,04	21,80	20,36	20,09
6	437,04	19 giờ 28/3/2010	23,55	23,13	22,87	22,72	22,41	20,84	20,50
7	485,00	06 giờ 29/3/2010	21,95	21,47	21,29	21,20	20,96	19,59	19,31
8	469,53	19 giờ 29/3/2010	22,27	21,74	21,55	21,45	21,19	19,77	19,45
9	476,73	07 giờ 30/3/2010	21,84	21,36	21,18	21,08	20,83	19,44	19,11
10	478,36	19 giờ 30/3/2010	21,59	21,13	20,96	20,87	20,62	19,23	18,89
11	464,60	08 giờ 31/3/2010	21,67	21,21	21,05	20,95	20,70	19,29	18,93
12	497,59	20 giờ 31/3/2010	20,68	20,28	20,14	20,05	19,82	18,48	18,12
13	444,22	10 giờ 01/4/2010	21,23	20,81	20,65	20,56	20,31	18,93	18,55
Trung bình			16,39	18,69	19,57	20,16	21,19	20,28	20,04

Bảng 3.11 cho thấy, để giảm đỉnh mặn thứ 4 (ứng với thời điểm 18 giờ ngày 27/3/2010), xả trước 38 giờ cho tỷ lệ giảm mặn là 24,28 %, xả trước 48 giờ cho tỷ lệ giảm mặn là 24,05 %, còn xả trước 72 giờ chỉ cho tỷ lệ giảm mặn là 22,18%. Xét tổng thể, xả trước 48 giờ cho tỷ lệ giảm mặn trung bình của các đỉnh mặn cao nhất là 21,19 %, xả trước 38 giờ cho tỷ lệ giảm mặn trung bình của các đỉnh mặn là 20,16 %, và xả trước 72 giờ chỉ cho tỷ lệ giảm mặn trung bình của các đỉnh mặn là 20,28 %.

Nếu gọi T_{Tran} là thời điểm dự kiến bắt đầu xả nước qua tràn để đẩy mặn tại trạm bơm Hòa Phú, T_{MHP} là thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm

Hòa Phú, T_{TrVT} và T_{TrSG} là thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh Triều lần lượt tại trạm Vũng Tàu và trạm Cảng Sài Gòn, thì mối liên hệ giữa T_{Tran} , T_{MHP} , T_{TrVT} và T_{TrSG} (thông qua công thức 3.1 và 3.2) được diễn đạt qua các công thức kinh nghiệm sau:

$$T_{Tran} \approx (T_{MHP} - 48) \text{ giờ} \quad (3.3)$$

Hay

$$T_{Tran} \approx (T_{TrSG} - 53) \text{ giờ} \quad (3.4)$$

Hay

$$T_{Tran} \approx (T_{TrVT} - 56) \text{ giờ} \quad (3.5)$$

Kết luận: Thời điểm bắt đầu xả càng xa hoặc càng gần so thời điểm của đỉnh mặn cần khống chế, thì tỷ lệ giảm mặn càng thấp. Xả trước 48 giờ so với thời điểm dự kiến mặn bắt đầu đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú sẽ mang lại hiệu quả nhất.

3.2.6. Nghiên cứu xác định mối liên hệ giữa thời gian và lưu lượng xả

3.2.6.1. Phương pháp nghiên cứu

Thực tế khi xảy ra tình hình khô hạn cũng là thời điểm gia tăng nhu cầu sử dụng nước, việc cấp nước không chỉ dựa vào nhu cầu thực tế của từng đối tượng mà còn phụ thuộc lượng nước còn trong hồ chứa, mỗi đối tượng được sử dụng một lượng nhất định dựa trên việc tính toán hợp lý và thứ tự ưu tiên cho từng đối tượng. Với nhiệm vụ xả nước đầy mặn, phải tìm cách phân bổ lưu lượng xả như thế nào với cùng một tổng lượng nước được phép xả để giảm mặn hiệu quả. Để có lời giải hợp lý, giả sử rằng chỉ được dùng 10,368 triệu m^3 cho mỗi đợt xả (bằng $\frac{1}{2}$ mức xả so với thực tế), cần xác định phương án xả hợp lý để giảm mặn hiệu quả. Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Lập các phương án xả nước, xem Bảng 3.12.

Bảng 3.12: Các phương án xả trước 48 giờ

Các phương án xả	Thời gian bắt đầu xả	Thời gian kết thúc xả	Tổng số giờ xả	Tổng số ngày xả	$Q_{Xả}$ (m^3/s)	$W_{Xả}$ ($10^6 m^3$)
Phương án 1 (PA1)	18 giờ 25/3/2010	18 giờ 31/3/2010	144	6	20	10,368
Phương án 2 (PA2)	18 giờ 25/3/2010	18 giờ 29/3/2010	96	4	30	10,368
Phương án 3 (PA3)	18 giờ 25/3/2010	18 giờ 28/3/2010	72	3	40	10,368
Phương án 4 (PA4)	18 giờ 25/3/2010	18 giờ 27/3/2010	48	2	60	10,368
Phương án 5 (PA5)	18 giờ 25/3/2010	18 giờ 26/3/2010	24	1	120	10,368
Phương án 6 (PA6)	18 giờ 25/3/2010	06 giờ 26/3/2010	12	0.5	240	10,368

Bước 2: Từ tài liệu mực nước triều dự báo [45], xác định được từ 13 giờ 27/3/2010 mực nước triều tại trạm Cảng Sài Gòn bắt đầu đạt đỉnh, do đó từ 18 giờ 27/3/2010 (ứng

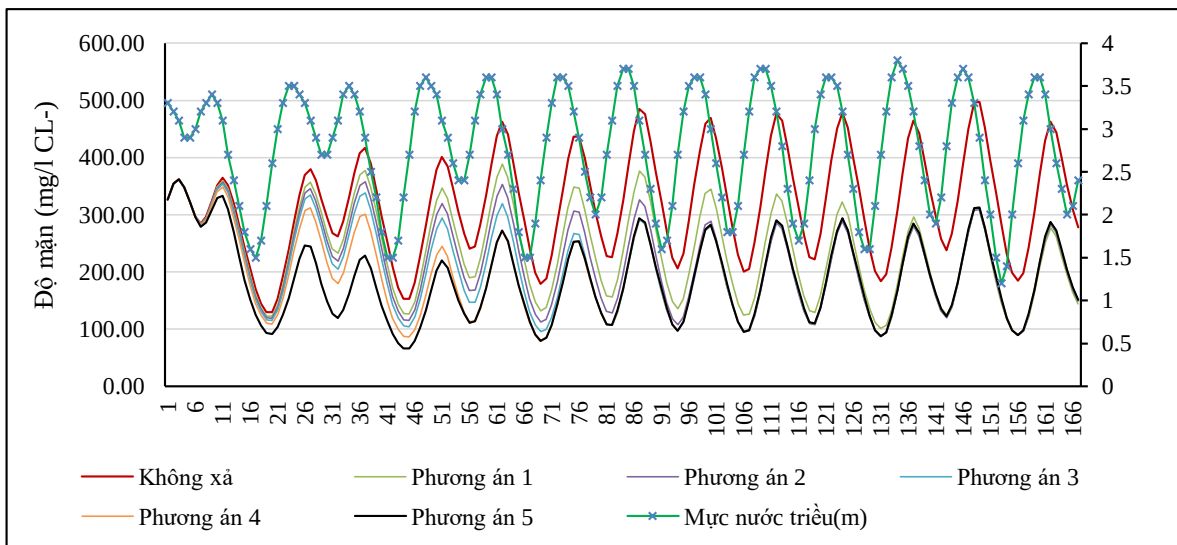
với đỉnh mặn thứ 4) tại trạm bơm Hòa Phú mặn có khả năng vượt ngưỡng cho phép (sau 05 giờ so với thời điểm mực nước triều bắt đầu đạt đỉnh tại trạm Cảng Sài Gòn), nên quyết định bắt đầu xả nước từ 18 giờ 25/3/2010 (xả trước 48 giờ với đỉnh mặn thứ 4).

3.2.6.2. Kết quả nghiên cứu

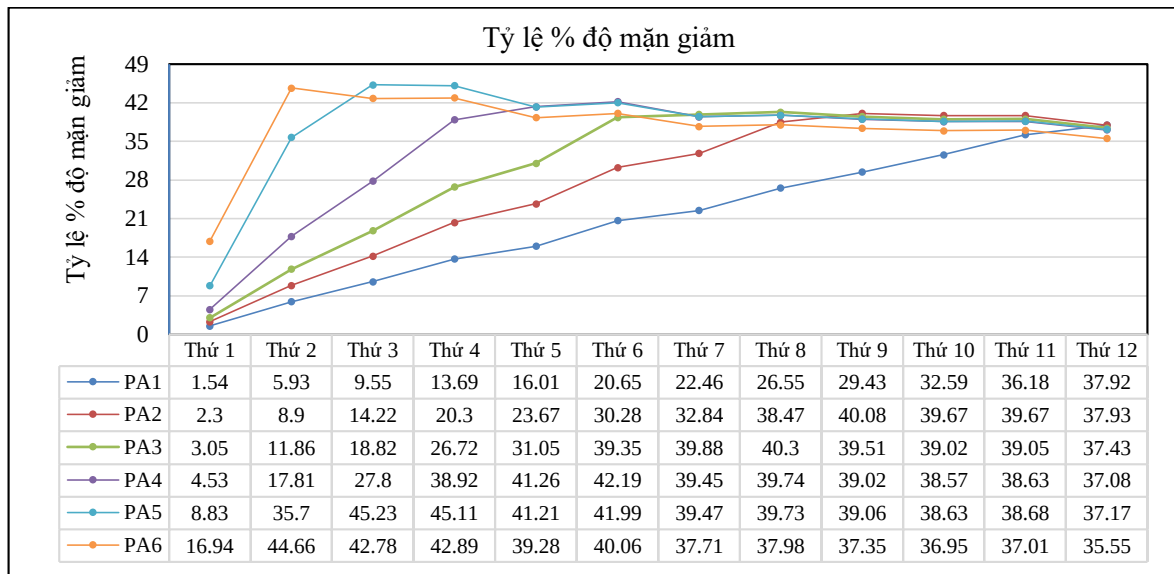
Kết quả mô phỏng theo các phương án xả nước so với không xả nước (xem Hình 3.21) và tỷ lệ phần trăm độ mặn giảm trung bình tại các đỉnh, xem Bảng 3.13.

Bảng 3.13: Tỷ lệ % độ mặn giảm trung bình tại các đỉnh theo các phương án

Đỉnh mặn	Tỷ lệ % giảm độ mặn tại các đỉnh theo các phương án (PA)					
	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5	PA6
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Đỉnh mặn thứ 1	1,54	2,30	3,05	4,53	8,83	16,94
Đỉnh mặn thứ 2	5,93	8,90	11,86	17,81	35,70	44,66
Đỉnh mặn thứ 3	9,55	14,22	18,82	27,80	45,23	42,78
Đỉnh mặn thứ 4	13,69	20,30	26,72	38,92	45,11	42,89
Đỉnh mặn thứ 5	16,01	23,67	31,05	41,26	41,21	39,28
Đỉnh mặn thứ 6	20,65	30,28	39,35	42,19	41,99	40,06
Đỉnh mặn thứ 7	22,46	32,84	39,88	39,45	39,47	37,71
Đỉnh mặn thứ 8	26,55	38,47	40,30	39,74	39,73	37,98
Đỉnh mặn thứ 9	29,43	40,08	39,51	39,02	39,06	37,35
Đỉnh mặn thứ 10	32,59	39,67	39,02	38,57	38,63	36,95
Đỉnh mặn thứ 11	36,18	39,67	39,05	38,63	38,68	37,01
Đỉnh mặn thứ 12	37,92	37,93	37,43	37,08	37,17	35,55
Đỉnh mặn thứ 13	40,10	38,76	38,24	37,87	37,95	36,30
Tỷ lệ % độ mặn giảm trung bình	22,51	28,24	31,10	34,07	37,60	37,34



Hình 3.21: Diễn biến mực nước, độ mặn theo các phương án xả nước so với phương án không xả nước, tháng 3-4/2010



Hình 3.22: Diễn biến mặn theo các phương án

Bảng 3.13, tại đỉnh mặn thứ 04 cho thấy: PA4 có tỷ lệ phần trăm giảm mặn là 38,92 %, và tỷ lệ phần trăm giảm trung bình của các đỉnh mặn trong đợt triều cường là 34,07 %; PA5 có tỷ lệ phần trăm giảm mặn cao nhất là 45,11 %, và tỷ lệ phần trăm giảm trung bình của các đỉnh mặn trong đợt triều cường là 37,60 %; PA6 có tỷ lệ phần trăm giảm mặn là 42,89 %, và tỷ lệ phần trăm giảm trung bình của các đỉnh mặn trong đợt triều cường là 37,34 %. Từ 03 phương án (PA4, PA5 và PA6) có thể nhận định rằng: *Với một tổng lượng xả nhất định, phương án phân bổ lượng nước xả mang lại hiệu quả nhất là xả tập trung với lưu lượng lớn trong thời gian ngắn thay vì với lưu lượng nhỏ trong thời gian dài, do mỗi ngày có 02 đỉnh triều nên phải xả tập trung từ một ngày trở lên.*

3.2.7. Nghiên cứu xác định lưu lượng, thời gian xả hợp lý

3.2.7.1. Phương pháp nghiên cứu

Kết quả thực nghiệm mô hình như Bước 1 mục 3.2.5.1 cho thấy: Trong đợt triều cường từ ngày 25/03 đến 01/04/2010 có 13 thời điểm độ mặn tại Hòa Phú đạt đỉnh (13 đỉnh mặn), ứng với 13 thời điểm mực nước triều tại Cảng Sài Gòn đạt đỉnh (13 đỉnh triều). Do cần khống chế từ đỉnh mặn thứ 4 trở đi, nên bắt đầu xả từ 18 giờ 25/3/2010 (trước 48 giờ so với đỉnh mặn thứ 4). Thực nghiệm mô hình theo 02 trường hợp:

Trường hợp 1: Xả theo các cấp lưu lượng từ 20 m³/s đến 240 m³/s, thời gian xả gián đoạn theo từng đợt (04 giờ/đợt), ứng với từng đợt mặn đạt đỉnh, xem Bảng 3.14.

Bảng 3.14: Phương án xả gián đoạn theo từng đợt (mỗi đợt 04 giờ)

Đỉnh mặn	Thời gian xả nước		Các cấp lưu lượng xả (m ³ /s)	Thời điểm mặn đạt đỉnh	Đỉnh độ mặn khi chưa xả (mg/l)
	Từ	Đến			
1				02 giờ 26/3/2010	365,214
2				18 giờ 26/3/2010	379,844
3				04 giờ 27/3/2010	416,873
4	18 giờ 25/3/2010	21 giờ 25/3/2010	20-240	18 giờ 27/3/2010	401,484
5	05 giờ 26/3/2010	08 giờ 26/3/2010	20-240	05 giờ 28/3/2010	463,101
6	19 giờ 26/3/2010	22 giờ 26/3/2010	20-240	19 giờ 28/3/2010	437,036
7	06 giờ 27/3/2010	09 giờ 27/3/2010	20-240	06 giờ 29/3/2010	484,997
8	19 giờ 27/3/2010	22 giờ 27/3/2010	20-240	19 giờ 29/3/2010	469,530
9	07 giờ 28/3/2010	10 giờ 28/3/2010	20-240	07 giờ 30/3/2010	476,733
10	19 giờ 28/3/2010	22 giờ 28/3/2010	20-240	19 giờ 30/3/2010	478,358
11	08 giờ 29/3/2010	11 giờ 29/3/2010	20-240	08 giờ 31/3/2010	464,596
12				20 giờ 31/3/2010	497,588
13				09 giờ 01/4/2010	462,486

Trường hợp 2: Xả liên tục theo các cấp lưu lượng từ 20 đến 240 m³/s, theo các trường hợp xả: 04 giờ liên tục (01 đợt xả), 08 giờ liên tục (02 đợt xả), 12 giờ liên tục (03 đợt xả), 16 giờ liên tục (04 đợt xả), 20 giờ liên tục (05 đợt xả), 24 giờ liên tục (06 đợt xả), 28 giờ liên tục (07 đợt xả), 32 giờ liên tục (08 đợt xả), xem Bảng 3.15.

Bảng 3.15: Phương án xả 32 giờ liên tục theo các cấp lưu lượng xả từ 20 đến 240 m³/s

Đỉnh mặn	Thời gian xả nước		Các cấp lưu lượng xả (m ³ /s)	Thời điểm mặn đạt đỉnh	Đỉnh độ mặn khi chưa xả (mg/l CL-)
	Từ	Đến			
1				02 giờ 26/3/2010	365,214
2				18 giờ 26/3/2010	379,844
3				04 giờ 27/3/2010	416,873
4	18 giờ 25/3/2010	01 giờ 27/3/2010	20-240	18 giờ 27/3/2010	401,484
5				05 giờ 28/3/2010	463,101
6				19 giờ 28/3/2010	437,036
7				06 giờ 29/3/2010	484,997
8				19 giờ 29/3/2010	469,530
9				07 giờ 30/3/2010	476,733
10				19 giờ 30/3/2010	478,358
11				08 giờ 31/3/2010	464,596
12				20 giờ 31/3/2010	497,588
13				09 giờ 01/4/2010	462,486

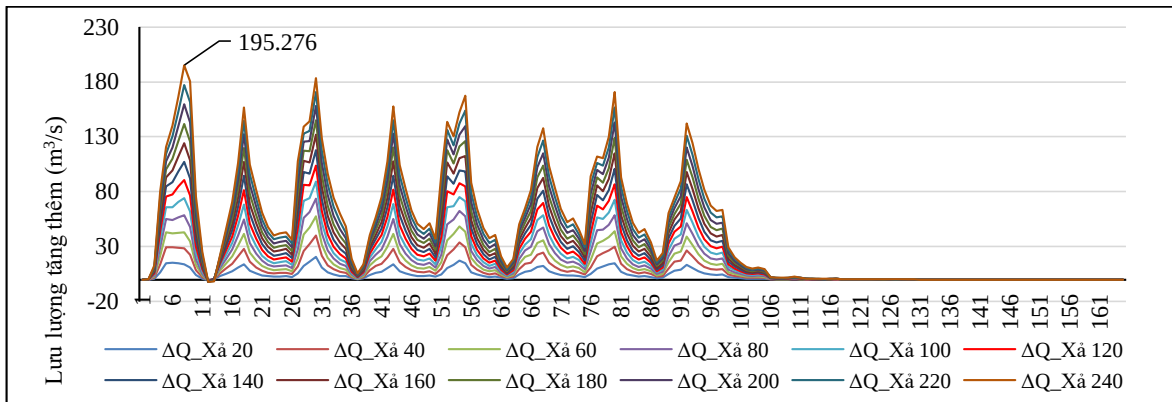
3.2.7.2. Kết quả nghiên cứu

Khi tăng dần thời gian xả theo hình thức xả gián đoạn và xả liên tục với các cấp lưu lượng xả từ 20-240 m³/s, cho thấy hình thức xả liên tục với tổng thời gian xả từ 32 giờ

trở lên mới mang lại hiệu quả giảm mặn. Vì vậy, nghiên cứu sẽ phân tích kết quả cho trường hợp xả với tổng thời gian là 32 giờ, theo hình thức xả gián đoạn và xả liên tục.

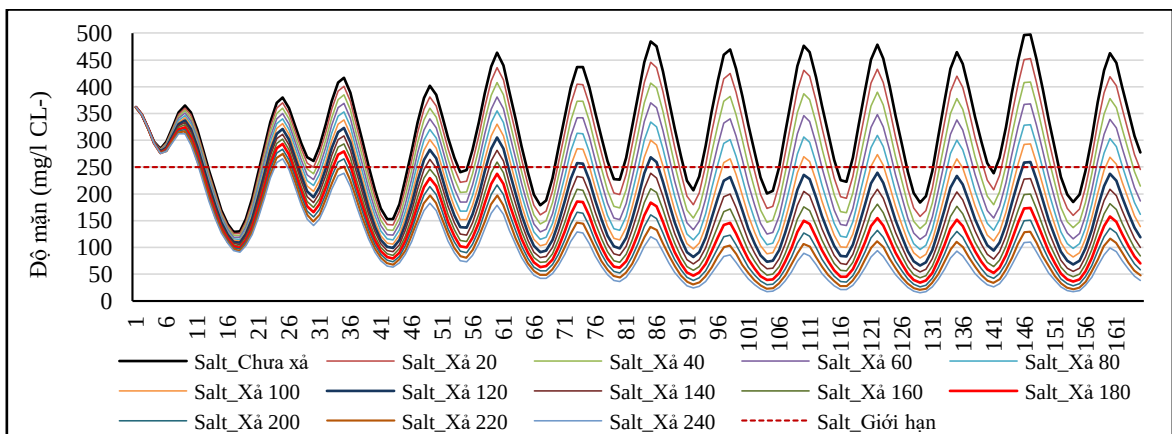
Trường hợp 1: Xả gián đoạn 08 đợt (04 giờ/đợt, tổng là 32 giờ xả)

Sau khi xả gián đoạn 08 đợt với các cấp lưu lượng từ 20 m³/s đến 240 m³/s, lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú thay đổi chủ yếu trong 106 giờ đầu. Lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú thay đổi lớn nhất 195,276 m³/s sau 08 giờ xả 240 m³/s, xem Hình 3.23.



Hình 3.23: Diễn biến lưu lượng tăng thêm theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả gián đoạn 08 đợt

Để đưa từ đỉnh mặn thứ tư về ngưỡng cho phép, cần phải xả 180 m³/s. Nếu xả 120 m³/s trong 32 giờ (13,824 triệu m³), chỉ đưa được các đỉnh mặn thứ 8, 9, 10, 11 và 13 về ngưỡng cho phép, các đỉnh mặn còn lại đều cao hơn ngưỡng cho phép, xem Hình 3.24.

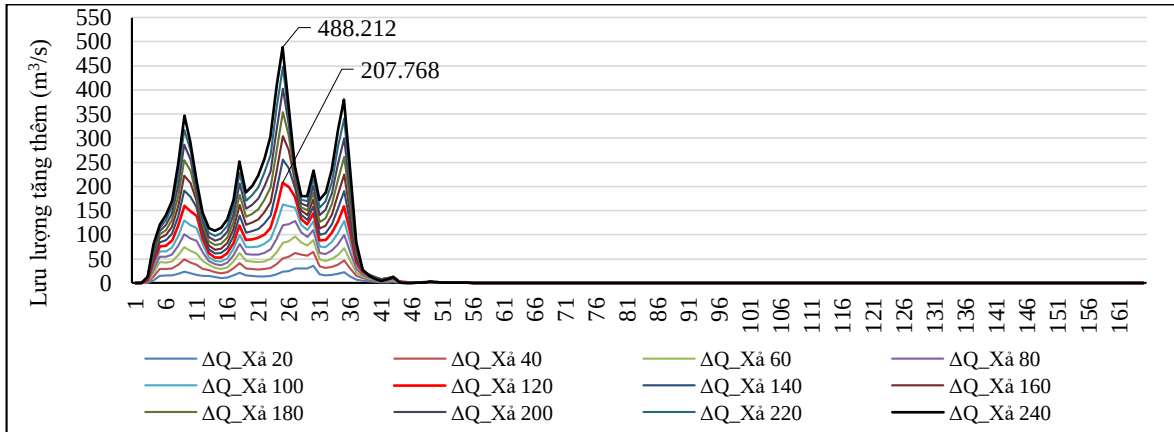


Hình 3.24: Diễn biến mặn theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả gián đoạn 08 đợt

Trường hợp 2: Xả liên tục 08 đợt (04 giờ/đợt, tổng là 32 giờ xả)

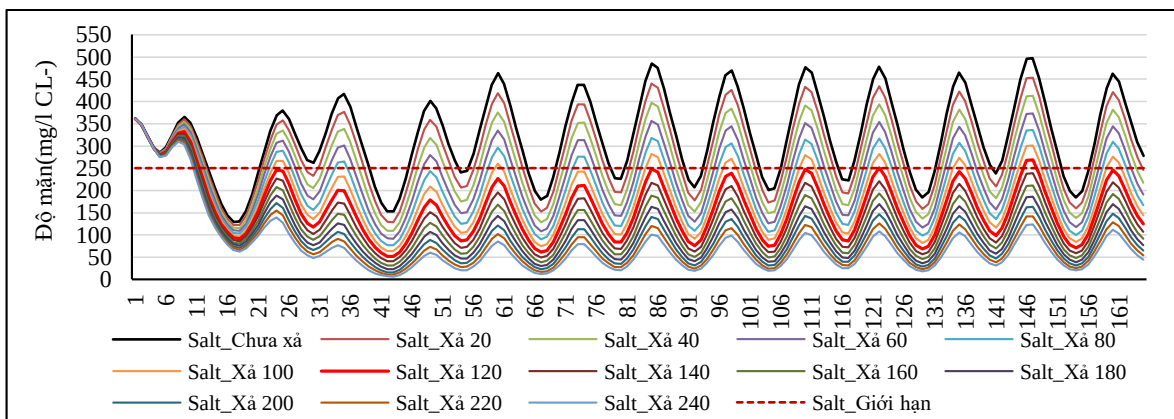
Sau khi xả nước liên tục 32 giờ với các cấp lưu lượng từ 20 m³/s đến 240 m³/s, lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú có thay đổi chủ yếu trong 48 giờ đầu, những giờ tiếp theo

trong kỳ triều cường gần như không có sự thay đổi so với khi chưa xả. Sau 25 giờ xả $120 \text{ m}^3/\text{s}$, lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú thay đổi lớn nhất $207,768 \text{ m}^3/\text{s}$, và thay đổi lớn nhất $488,212 \text{ m}^3/\text{s}$ khi xả $240 \text{ m}^3/\text{s}$, các trường hợp còn lại xem Hình 3.25.



Hình 3.25: Diễn biến lưu lượng tăng thêm theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả liên tục 08 đợt

Hình 3.26 cho thấy, chỉ cần xả $120 \text{ m}^3/\text{s}$ trong 32 giờ (tổng lượng xả $13,824 \text{ triệu m}^3$) là có thể đưa từ đỉnh mặn thứ 2 trở đi về ngưỡng cho phép (chỉ có đỉnh mặn thứ 12 cao hơn ngưỡng cho phép nhưng không đáng kể).



Hình 3.26: Diễn biến mặn theo các cấp lưu lượng xả với trường hợp xả liên tục

Nhận xét: Cùng một tổng lượng nước xả, nếu xả liên tục sẽ mang lại hiệu quả giảm mặn hơn so với xả gián đoạn. Sau khi xả liên tục 02 giờ, lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú đã có sự thay đổi nhưng không đáng kể; phải sau khi xả liên tục 25 giờ, lưu lượng tại trạm bơm Hòa Phú mới có sự thay đổi đáng kể. Đặc biệt, sau khi xả liên tục 32 giờ, với lưu lượng $120 \text{ m}^3/\text{s}$, đã đưa các đỉnh mặn cần hạ thấp về ngưỡng cho phép.

3.2.8. Phân tích, đánh giá hiệu quả áp dụng kết quả nghiên cứu

3.2.8.1. Phương pháp phân tích, đánh giá

Năm 2010, Chủ hồ căn cứ tình hình xâm nhập mặn, và yêu cầu xả nước đẩy mặn của nhà máy nước Tân Hiệp. Tiến hành xả nước 05 đợt, với tổng lượng xả là 73,152 triệu m^3 , nhằm duy trì độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú về ngưỡng cho phép, xem Bảng 3.16.

Bảng 3.16: Lượng nước thực tế đã dùng để xả đẩy, pha loãng mặn năm 2010

Đợt	Thời gian bắt đầu xả	Thời gian kết thúc xả	Số giờ xả	$Q_{xả}$ m^3/s	$W_{xả}$ ($10^6 m^3$)	Tổng ($10^6 m^3$)
1	10 h ngày 12/3	10 h ngày 15/3	72	50	12.960	13,824
	10 h ngày 15/3	18 h ngày 15/3	08	30	0.864	
2	15 h ngày 29/3	08 h ngày 01/4	65	30	7.020	7,020
3	23 h ngày 02/4	09 h ngày 03/4	10	50	1.800	3,204
	09 h ngày 03/4	22 h ngày 03/4	13	30	1.404	
4	09 h ngày 14/4	09 h ngày 15/4	24	30	2.592	14,256
	09 h ngày 15/4	18 h ngày 18/4	81	40	11.664	
5	08 h ngày 23/4	08 h ngày 27/4	96	30	10.368	34,848
	08 h ngày 27/4	10 h ngày 04/5	170	40	24.480	
Tổng lượng nước xả cả năm						73,152

Nhằm đánh giá khả năng ứng dụng kết quả nghiên cứu mang lại trong điều hành xả nước thực tế, tiến hành thực nghiệm mô hình cho 3 trường hợp như sau:

Trường hợp 1: Thử nghiệm mô hình với trường hợp hồ Dầu Tiếng không xả nước.

Trường hợp 2: Thử nghiệm mô hình với thời gian và lưu lượng xả theo thực tế cho mùa khô năm 2010.

Trường hợp 3: Đưa vào mô hình lưu lượng xả, thời gian xả theo kết quả nghiên cứu, cụ thể: Xả $120 m^3/s$ trong 32 giờ, và xả trước 48 giờ so với thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú, xem Bảng 3.17.

Với mỗi trường hợp nêu trên, tính tổng số giờ có độ mặn vượt ngưỡng cho phép.

Bảng 3.17: Phương án xả nước theo kết quả nghiên cứu (xả tối ưu)

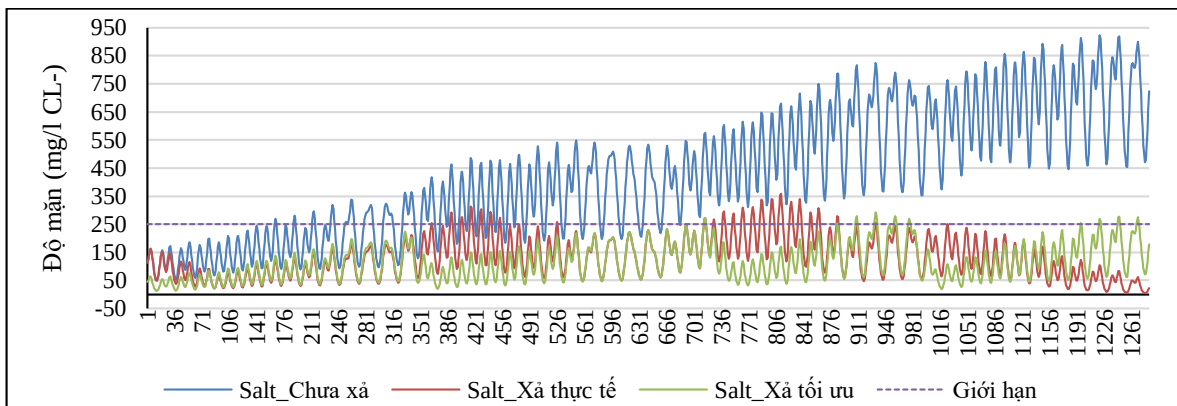
Đợt	Thời điểm bắt đầu xuất hiện đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn	Thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú	Thời điểm bắt đầu xả	Thời điểm kết thúc xả	Tổng thời gian xả (giờ)	Lưu lượng xả (m^3/s)
1	16 giờ 12/3/2010	20 giờ 12/3/2010	20 giờ 10/3/2010	03 giờ 12/3/2010	32	120
2	14 giờ 27/3/2010	18 giờ 27/3/2010	18 giờ 25/3/2010	01 giờ 27/3/2010	32	120
3	15 giờ 12/4/2010	19 giờ 12/4/2010	19 giờ 10/4/2010	02 giờ 12/4/2010	32	120
4	13 giờ 23/4/2010	17 giờ 23/4/2010	17 giờ 21/4/2010	0 giờ 23/4/2010	32	120

3.2.8.2. Kết quả phân tích, đánh giá

Bảng 3.18: Kết quả xả nước giảm mặn theo các trường hợp

Trường hợp	Tổng số giờ mặn vượt ngưỡng cho phép	Tổng lượng nước xử dụng để đẩy mặn (10^6m^3)	Ghi chú
1	931	0	Không xả nước
2	83	73,152	Xả theo thực tế
3	29	55,296	Xả theo phương pháp mới

Từ kết quả thử nghiệm mô hình, trong khoảng thời gian từ 10/3/2010 đến 05/5/2010 cho thấy: Nếu không xả nước, tổng số giờ mặn vượt ngưỡng là 931 giờ. Nếu xả theo thực tế, tổng số giờ mặn còn vượt ngưỡng là 83 giờ (*giảm 91,08 % so với trường hợp không xả nước*). Nếu xả theo kết quả nghiên cứu (phương pháp mới) thì tổng số giờ mặn còn vượt ngưỡng là 29 giờ (*giảm 96,89 % so với trường hợp không xả nước, và giảm 65,06% so với trường hợp đã xả theo thực tế*). Tổng lượng nước cần thiết để xả theo phương pháp mới là 55,296 triệu m^3 (*đã tiết kiệm được 24,41 %*).



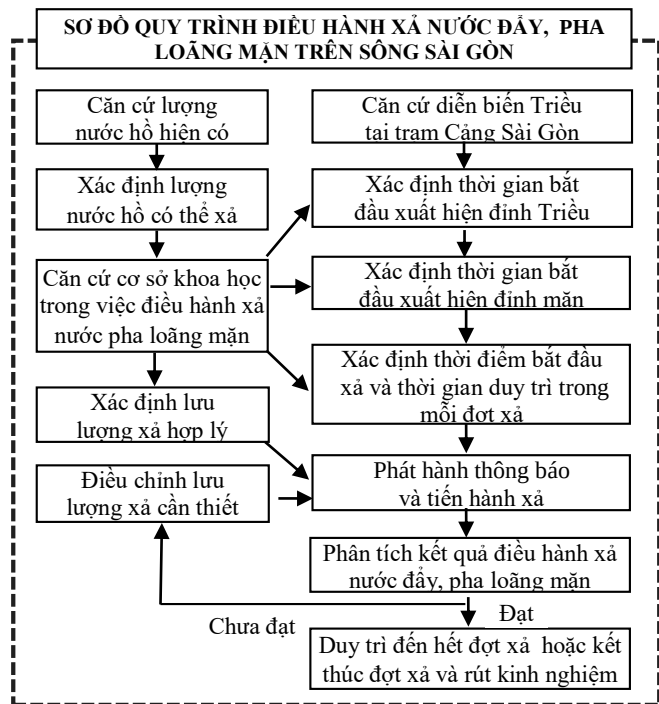
Hình 3.27: Diễn biến mặn theo các trường hợp xả nước

Nhận xét: Sau khi ứng dụng phương pháp mới xả nước đẩy mặn (thử nghiệm qua mô hình), lượng nước xả đã tiết kiệm được $(73,152 - 55,296) = 17,86$ triệu m^3 (đã giảm 24,41 % so với xả theo thực tế), kết quả giảm số giờ mặn vượt ngưỡng cho phép là $(83 - 29) = 54$ giờ (giảm 65,06 % so với xả theo thực tế).

3.2.8.3. Quy trình xả nước đẩy mặn tại trạm bơm Hòa Phú

Xuất phát từ nhiệm vụ vận hành thực tế, kinh nghiệm vận hành và kết quả nghiên cứu khoa học trình bày ở trên. Có thể đề xuất quy trình điều hành xả nước pha loãng mặn (hay đẩy mặn) trên sông Sài Gòn phục vụ cho nhà máy nước Tân Hiệp có thể bơm nước hoạt động liên tục trong mùa khô như sau:

(1) Xác định thời gian cần xả trong năm: Thời gian xả nước đầy mặn theo yêu cầu trong hợp đồng ký với nhà máy nước Tân Hiệp là từ tháng 1 đến 12 hàng năm. Khi độ mặn đo được tại trạm bơm Hòa Phú trong kỳ triều cường bắt đầu vượt ngưỡng 150 mg/lit CL⁻. Tuy nhiên, thời gian độ mặn đạt đỉnh cao nhất là vào tháng 3 và tháng 4 (năm cực hạn mặn có thể tăng cao sang nửa đầu tháng 5). Vì vậy cần dự trữ lượng nước để tăng cường xả từ đầu tháng 3 đến nửa đầu tháng 5.



Hình 3.28: Sơ đồ quy trình điều hành xả nước pha loãng mặn hợp lý trên sông Sài Gòn

(2) Xác định thời điểm mặn đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú: Căn cứ tài liệu mực nước triều được xuất bản hàng năm của Trung tâm hải văn, thuộc Tổng cục biển và hải đảo Việt Nam để xác định mực nước triều cao tại trạm Cảng Sài Gòn, từ đó xác định thời điểm mặn đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa theo công thức 3.2.

(3) Xác định thời điểm bắt đầu xả nước tại đập Dầu Tiếng: Sau khi xác định được thời điểm dự kiến bắt đầu xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú (T_{MHP}) theo công thức 3.2. Có thể xác định thời điểm (T_{Tran}) dự kiến bắt đầu xả nước qua tràn để đầy, pha loãng mặn tại trạm bơm Hòa Phú theo công thức 3.3.

(4) Mức lưu lượng trong mỗi đợt xả: Xả liên tục trong 32 giờ. Khuyến nghị xả 120 m³/s trong thời gian từ tháng 3 đến nửa đầu tháng 5 (thời gian dòng chảy kiệt nhất trong năm), thời gian còn lại trong mùa cạn xả mức 100 m³/s, xem Bảng 3.19.

Bảng 3.19: Chỉ dẫn xả nước đầy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn

NỘI DUNG	Xả theo hợp đồng	Xả trong mùa khô	Xả cao điểm trong mùa khô	Thời gian còn lại trong mùa khô	Mực nước triều bắt đầu đạt đỉnh tại trạm Cảng Sài Gòn	Độ mặn bắt đầu đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú	Bắt đầu xả tại đập tràn Dầu Tiếng
					(T=dd/mm/yyyy hh:mm)		
Thời gian	12 tháng	Tháng	Tháng 3	Tháng 1			

yêu cầu xả trong năm		1 đến 7	đến 15/5	đến 2 và từ 16/5 đến 30/6			
Lưu lượng xả	Theo quy trình $\leq 36 \text{ m}^3/\text{s}$	Theo quy trình $\leq 36 \text{ m}^3/\text{s}$	≥ 120	≥ 100			
Thời gian xả	Hàng ngày	Hàng ngày	Liên tục 32 giờ/đợt	Liên tục 32 giờ/đợt			
Thời điểm					$T_{\text{TrSG}} = T$	$T+ (5 \text{ giờ})$	$T- (43 \text{ giờ})$
Độ mặn yêu cầu	$\leq 250 \text{ mg/l CL-}$	$\leq 250 \text{ mg/l CL-}$	$\leq 250 \text{ mg/l CL-}$	$\leq 250 \text{ mg/l CL-}$			

3.2.9. Ứng dụng kết quả nghiên cứu xả nước đẩy mặn đợt thứ 8 và 9 năm 2016

3.2.9.1. Đặc điểm, tình hình mùa khô năm 2016

Mùa mưa năm 2015 kết thúc sớm, mực nước tại các sông, kênh ở hạ du sông Sài Gòn mùa khô năm 2016 xuống quá thấp, tạo điều kiện cho nước triều lấn sâu hơn vào cửa sông, một phần nước được lưu giữ tại các “ô trữ” và lòng sông. Khi triều rút, lượng nước này lại là nguồn bổ sung nước nhiễm mặn cho sông chính, điều này lý giải vì sao cả trong những ngày triều kém (như từ 14/3 đến 19/3/2016; từ 27/3 đến 3/4/2016; từ 14/4 đến 17/4/2016) độ mặn vẫn vượt ngưỡng cho phép, xem Phụ lục 10 và Phụ lục 11.

Thực tế cho thấy tình hình khô hạn và xâm nhập mặn ở hạ du sông Sài Gòn năm 2016 diễn biến phức tạp hơn so với năm 2005 và 2011. Trước tình trên, Hồ Dầu Tiếng phải mở nước xả đẩy mặn cho sông Sài Gòn từ 10 giờ 17/01/2016. Tính đến 04 giờ ngày 07/5/2016, tổng lượng nước xả trong 09 đợt là $W = 135,40$ triệu m^3 , xem Phụ lục 13.

3.2.9.2. Xác định thời điểm mặn vượt ngưỡng tại trạm bơm Hòa Phú

Từ bảng lịch triều [45], xác định từ ngày 18/4 đến 10/5/2016 sẽ có 02 đợt triều cường. Ứng với mực nước triều cao tại trạm Cảng Sài Gòn, có thể dự kiến thời điểm xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú, xem Phụ lục 14 và Phụ lục 15.

3.2.9.3. Chọn phương án xả nước

Phương án 1 xả $120 \text{ m}^3/\text{s}$ trong 01 ngày, phương án 2 xả $60 \text{ m}^3/\text{s}$ trong 02 ngày, và phương án 3 xả $120 \text{ m}^3/\text{s}$ trong 32 giờ. Cả 3 phương án đều xả từ 18 giờ 18/4/2016, phương án 1 và 2 dùng 10,37 triệu m^3 , phương án 3 dùng 13,824 triệu m^3 .

Về lý thuyết, chọn phương án 1 có thể giảm **45,11 %** đỉnh mặn cần khống chế

(xem đỉnh mặn thứ 4, cột 6, Bảng 3.13), phương án 2 có thể giảm **38,92 %** đỉnh mặn cần khống chế (xem đỉnh mặn thứ 4, cột 5, Bảng 3.13), và phương án 3 có thể đưa các đỉnh mặn về ngưỡng cho phép. Giả sử đợt triều cường thứ 8 độ mặn lớn nhất bằng **455 mg/l Cl⁻** (bằng độ mặn đo được 8/4/2016, xem Phụ lục 11), xả theo phương án 1 có thể giảm mặn về mức $455 - 45,23\% \times 455 = \mathbf{249,75}$ mg/l Cl⁻, xả theo phương án 2 có thể giảm mặn về mức $455 - 38,92\% \times 455 = \mathbf{277,91}$ mg/l Cl⁻. Kết quả nghiên cứu lý thuyết cũng cho thấy nếu xả theo phương án 3 sẽ đưa các đỉnh mặn về ngưỡng cho phép. Tuy nhiên, do đây là lần đầu áp dụng kết quả nghiên cứu vào thử nghiệm thực tế, nên Chủ hồ đã quyết định xả theo phương án 2 (xả 60 m³/s trong 02 ngày đầu tiên).

3.2.9.4. Kết quả ứng dụng xả nước đẩy mặn đợt thứ 8 năm 2016

Để giảm các đỉnh mặn trong đợt triều cường thứ 8 (từ 18/4 đến 23/4/2016) về mức thấp nhất có thể, xả thực tế với phương án 2, diễn biến mặn lúc 18 giờ 20/4/2016 còn ở mức **319 mg/l Cl⁻**. Nhận định một phần nước còn lưu lại trong sông chưa kịp thoát ra Biển sẽ góp phần làm giảm mặn những ngày sau đó, nên giảm lưu lượng xả về 40 m³/s từ 18 giờ 20/4 đến 18 giờ 22/4/2016. Kết quả quan trắc cho thấy độ mặn lớn nhất lúc 20 giờ 20/4/2016 bằng **332 mg/l Cl⁻**, cao hơn giá trị mặn dự tính theo phương án 2 là $\mathbf{332 - 277,91 = 54,086}$ mg/l Cl⁻, độ mặn ngày 22/4/2016 đã về mức 188 mg/l Cl⁻, xem Phụ lục 11.

Theo bản tin dự báo số 113/2016 của Đài KTTV khu vực Nam Bộ [3], thì mực nước triều dự báo tại trạm Phú An sẽ đạt đỉnh 1,25 m lúc 18 giờ 24/4/2016. Để giảm mặn tương ứng với đỉnh triều này, tăng lưu lượng xả lên 60 m³/s từ 18 giờ 22/4/2016 (chỉ xả thêm 01 ngày). Đợt xả nước thứ 8 kết thúc lúc 18 giờ 23/4/2016, kết quả quan trắc cho thấy diễn biến mặn tại trạm Bơm Hòa Phú cao nhất là **166 mg/l Cl⁻**, xem Phụ lục 11.

3.2.9.5. Kết quả ứng dụng xả nước đẩy mặn đợt thứ 9 năm 2016

Để giảm các đỉnh mặn trong đợt triều cường thứ 9 (từ 04/5 đến 07/5/2016) về mức thấp nhất có thể, tiếp tục xả thực tế với phương án 2 (từ 04 giờ 04/5 đến 04 giờ 06/5/2016). Kết quả quan trắc mặn cho thấy: Ngày 04/5 và 05/5/2016, độ mặn lớn nhất 252 mg/l Cl. Theo bản tin dự báo số 126/2016 của Đài KTTV khu vực Nam Bộ [3], mực nước triều dự báo tại trạm Phú An sẽ đạt đỉnh 1,37 m lúc 16 giờ 30 phút 08/5/2016. Để giảm mặn tương ứng với đỉnh triều này, tiếp tục xả 60 m³/s thêm 01 ngày.

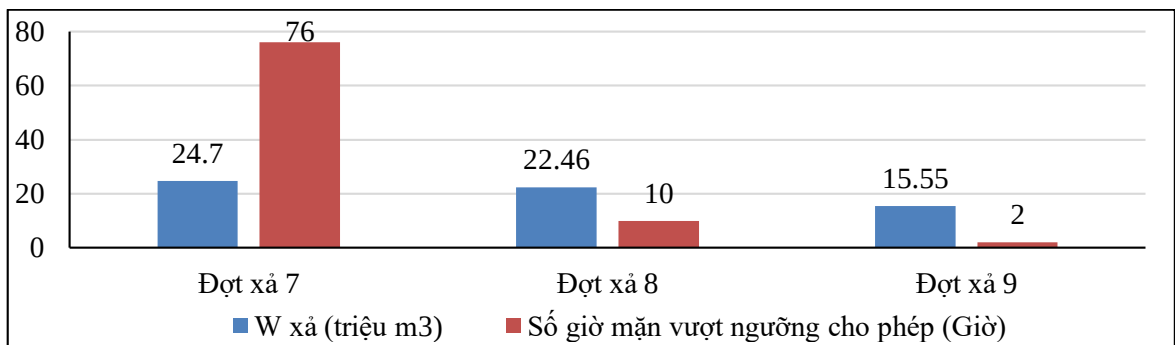
Dự báo sau 08/5/2016 mực nước triều bắt đầu giảm, nên nhận định độ mặn cũng giảm theo. Vì vậy, đã kết thúc xả nước đợt 9 lúc 04 giờ 07/5/2016. Kết quả quan trắc cho thấy diễn biến mặn từ 06/5 đến 10/5/2016 là khá thấp, xem Hình 3.29 và Phụ lục 12.

3.2.9.6. Phân tích kết quả ứng dụng xả nước đợt thứ 08 và thứ 09 năm 2016

Việc nghiên cứu xả nước đẩy mặn là yêu cầu cấp thiết để đảm bảo nguồn nước cấp cho nhiều mục tiêu trong hệ thống. Qua 03 đợt xả trong tháng 4 và 5: Đợt xả thứ 07 dùng hết 24,70 triệu m³, tổng số giờ mặn vượt ngưỡng là 76 giờ; đợt xả thứ 08 dùng hết 22,46 triệu m³, tổng số giờ mặn vượt ngưỡng là 10 giờ; đợt xả thứ 9 chỉ dùng hết 15,55 triệu m³, nhưng tổng số giờ mặn vượt ngưỡng là 02 giờ, xem Hình 3.29 và Hình 3.30.



Hình 3.29: Độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên Sông Sài Gòn sau khi xả nước đẩy mặn từ hồ Dầu Tiếng, từ 01:00 01/01/2016 đến 13:00 08/5/2016



Hình 3.30: Tổng lượng nước xả và số giờ vượt ngưỡng cho phép

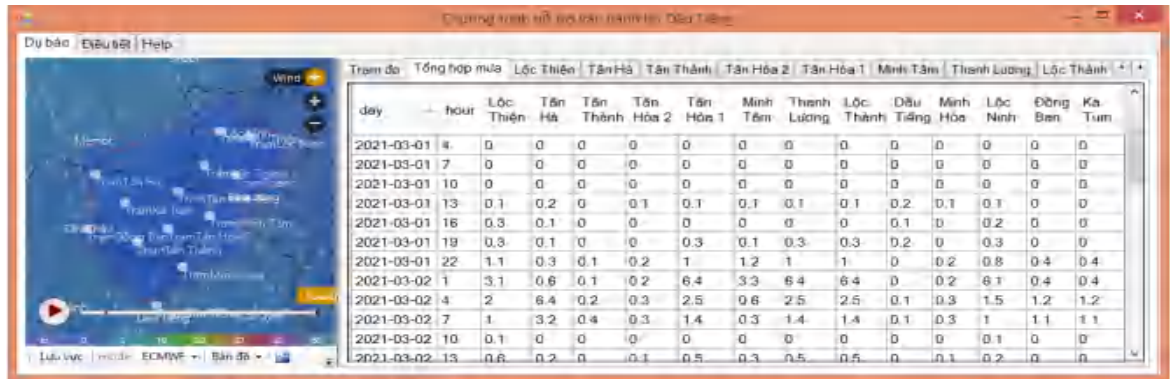
3.3. NGHIÊN CỨU DỰ BÁO DÒNG CHẢY VỀ HỒ DẦU TIẾNG TRONG MÙA LŨ

3.3.1. Nghiên cứu trích xuất dữ liệu từ các mô hình dự báo thời tiết

3.3.1.1. Chương trình trích xuất dữ liệu thời tiết dự báo

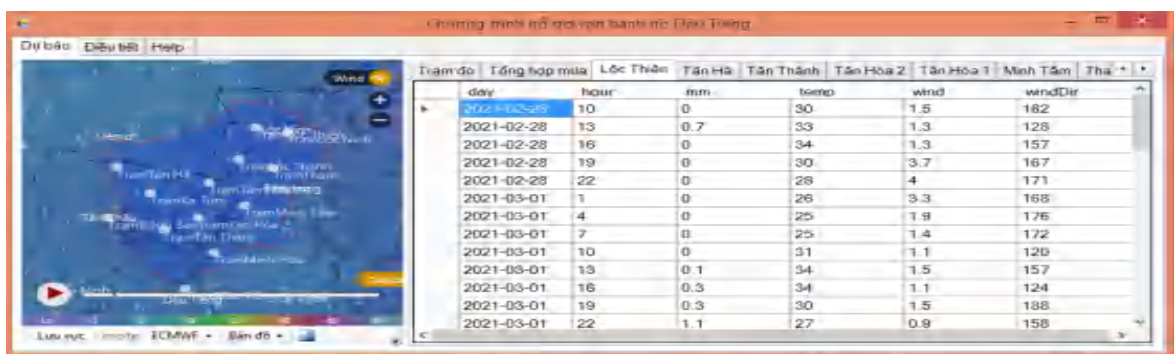
Chương trình trích xuất dữ liệu từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình C#, trên nền website **Windy.com** (xem Phụ lục 5). Người

dùng có thể thay đổi thông tin cần xem bằng cách vào thanh công cụ và chọn loại thông tin thời tiết cần xem. Khi cần biết thông tin thời tiết tại một vị trí bất kỳ, có thể di chuyển vị trí và phóng to khu vực cần xem và nhấn vào vị trí cần xem. Nếu muốn biết thời tiết tại một thời điểm trong tương lai, có thể kéo nút thời gian đến thời điểm muốn biết, thông tin sẽ được thể hiện theo nền thông tin dự báo mà người dùng đang mở.



Hình 3.31: Tổng hợp mưa dự báo theo 13 trạm mưa trên lưu vực

Ngoài phần xem thông tin thời tiết trực tuyến như đã nêu, chương trình còn được xây dựng bổ sung mô đun trích xuất dữ liệu mưa theo các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu (ECMWF, GFS và NEMS). Các dữ liệu thời tiết (mưa, nhiệt độ, gió) theo từng mô hình dự báo tại 13 trạm quan trắc được thu thập, tổng hợp thành một bảng tính theo thời đoạn mỗi 3 giờ; dữ liệu mưa mỗi 03 giờ được cộng dồn thành lượng mưa ngày, và tất cả dữ liệu được lưu trữ tự động vào thư mục mặc định trên máy tính dưới dạng file *.csv.



Hình 3.32: Thông tin thời tiết theo từng trạm mưa trên lưu vực

Để sử dụng, chọn biểu tượng cập nhật dữ liệu để tải dữ liệu và lưu trữ tự động vào thư mục mặc định trên máy tính. Để xem thông tin, chọn mô hình cần xem, chọn mục “Tổng hợp mưa” để xem thông tin mưa dự báo của 13 trạm (Hình 3.31) hoặc chọn trạm mưa cụ thể để xem thông tin thời tiết dự báo chi tiết tại trạm mưa đó (Hình 3.32).

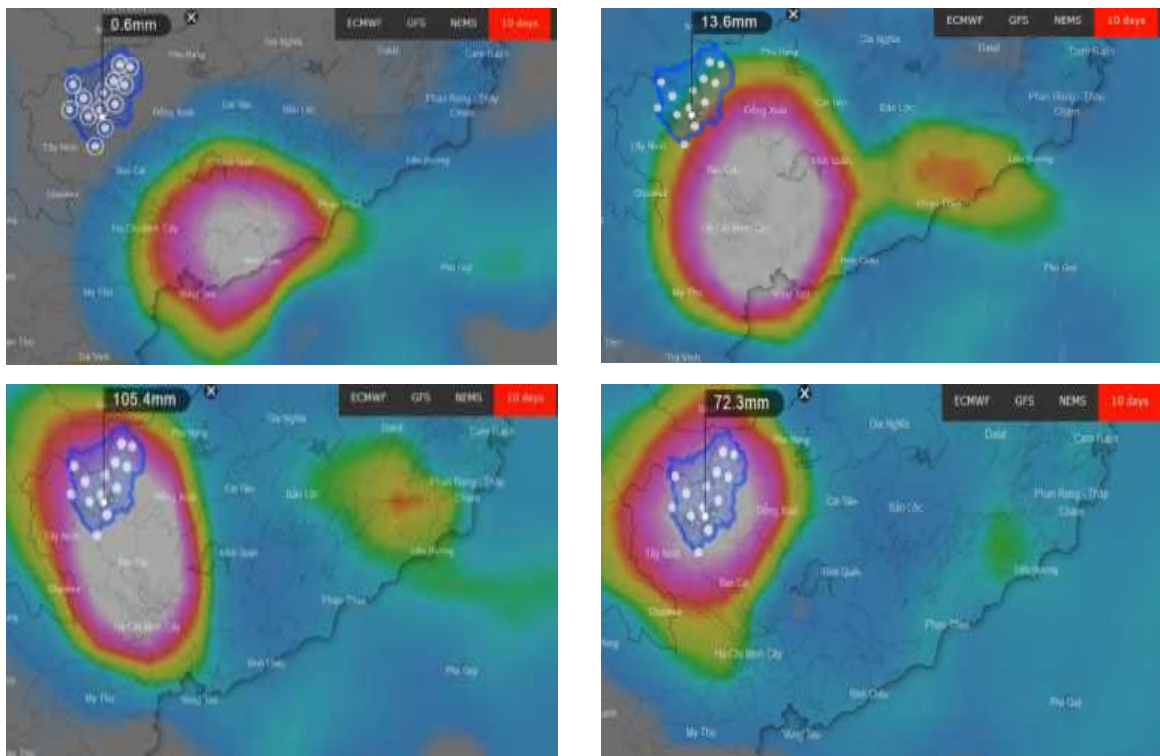
3.3.1.2. Phân tích chọn mô hình dự báo cho lưu vực hồ Dầu Tiếng

a. Tài liệu sử dụng

Một trong những vấn đề cần đặc biệt quan tâm là vận hành khi hồ chứa đã tích đầy nước, đối với khu vực phía Nam, đây thường là thời điểm bắt đầu chịu tác động của Bão và áp thấp nhiệt đới, tạo ra các hình thể thời tiết cực đoan gây mưa lớn, đe dọa đến an toàn công trình và vùng hạ du. Vì vậy việc nghiên cứu, dự báo mưa do Bão hoặc áp thấp nhiệt đới là cơ sở để quyết định tích hay xả nước hợp lý hơn.

Trên cơ sở nguồn tài liệu thu thập còn hạn chế, nghiên cứu này chỉ sử dụng dữ liệu quan trắc và dự báo theo cơn Bão số 9 năm 2018 để phân tích. Một cơn bão có tác động trực tiếp đến vùng Đông Nam bộ và khi hồ Dầu Tiếng đã tích gần đầy nước.

Từ nguồn cung cấp bằng hình ảnh thông qua website windy.com, có thể dự đoán từ ngày 24/11/2018 trở đi Bão sẽ tác động và gây mưa lớn trên lưu vực hồ Dầu Tiếng, và có thể gây mưa lớn nhất trong ngày 25 hoặc 26/11/2018, xem Hình 3.33.



Hình 3.33: Một số hình ảnh di chuyển tâm mưa từ cơn Bão số 9 năm 2018

Với khả năng cho kết quả dự báo đến 07 ngày so với thời điểm trích xuất dữ liệu, nghiên cứu sử dụng dữ liệu được trích xuất các ngày 22/11, 23/11, 24/11 và 25/11/2018

để đánh giá dự báo mưa từ ngày 25/11 đến 27/11/2018. Dữ liệu mưa dự báo được dùng để phân tích, so sánh với dữ liệu mưa thực đo từ ngày 25/11 đến 27/11/2018.

b. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã ước tính mưa bình quân lưu vực từ kết quả mưa dự báo và mưa thực đo và sử dụng các chỉ số thống kê: Hệ số tương quan (*r*-Correlation coefficient), sai số trung bình tuyệt đối (MAE-Mean Absolute Error), để xác định mối liên hệ giữa mưa thực đo và mưa dự báo, làm cơ sở nghiên cứu và sử dụng cho dự báo.

Dữ liệu mưa dự báo từ các mô hình ECMWF, GFS, NEMS được thống kê, tính toán và lập các chỉ số thống kê. Bảng 3.20 đến Bảng 3.23 thể hiện về tương quan giữa mưa thực đo và dự báo ứng với thời gian trích xuất dữ liệu từ 22/11/2018 đến 25/11/2018.

Bảng 3.20: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 22/11/2018)

Trạm mưa	ECMWF		GFS		NEMS	
	r	MAE	r	MAE	r	MAE
Dầu Tiếng	0,25	10,51	-0,23	19,81	-0,18	15,31
Đồng Ban	0,46	8,23	-0,11	16,22	-0,16	11,61
Kà Tum	0,29	6,51	-0,27	13,82	-0,06	10,57
Lộc Ninh	0,12	6,67	-0,27	14,03	0,21	10,51
Lộc Thành	0,30	7,40	-0,29	17,94	0,30	10,21
Lộc Thiện	0,03	4,99	-0,29	11,15	0,02	3,32
Minh Hòa	0,47	4,84	-0,21	10,47	-0,05	4,07
Minh Tâm	0,16	4,99	-0,21	11,62	-0,13	4,57
Tân Hà	0,44	5,20	-0,27	13,49	-0,08	4,57
Tân Hòa 1	0,29	6,26	-0,28	13,61	-0,05	5,39
Tân Hòa 2	0,19	6,88	-0,20	12,41	-0,04	5,39
Tân Thành	0,33	8,12	-0,23	17,74	-0,15	9,75
Thanh Lương	0,20	8,13	-0,27	17,14	0,26	11,46

Bảng 3.21: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 23/11/2018)

Trạm mưa	ECMWF		GFS		NEMS	
	r	MAE	r	MAE	r	MAE
Dầu Tiếng	0,11	13,43	Không phân tích do bị mất dữ liệu		-0,03	13,07
Đồng Ban	0,10	11,25			-0,05	9,24
Kà Tum	0,13	10,43			0,01	9,41
Lộc Ninh	0,67	10,63			0,13	9,35
Lộc Thành	0,76	10,28			0,29	9,14
Lộc Thiện	0,44	6,36			0,09	3,79
Minh Hòa	0,50	3,80			0,19	3,19

Minh Tâm	0,57	3,04		0,09	3,66
Tân Hà	-0,07	4,30		-0,07	3,66
Tân Hòa 1	0,54	5,45		0,18	4,29
Tân Hòa 2	0,21	5,28		0,05	4,29
Tân Thành	0,12	7,38		-0,04	8,42
Thanh Lương	0,77	8,06		0,21	9,46

Bảng 3.22: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 24/11/2018)

Trạm mưa	ECMWF		GFS		NEMS	
	r	MAE	r	MAE	r	MAE
Dầu Tiếng	0,02	12,51	0,01	18,51	-0,06	13,35
Đồng Ban	0,23	9,37	0,12	15,49	0,01	10,50
Kà Tum	0,19	8,71	0,09	12,80	-0,06	10,11
Lộc Ninh	0,17	8,98	0,11	12,80	0,08	10,08
Lộc Thành	0,25	9,75	0,28	13,18	0,18	10,14
Lộc Thiện	0,13	7,69	-0,01	10,14	0,07	4,33
Minh Hòa	0,45	7,42	0,22	5,86	0,15	4,13
Minh Tâm	0,19	6,93	0,08	6,49	-0,01	4,75
Tân Hà	0,23	9,06	0,00	8,40	-0,13	4,75
Tân Hòa 1	0,30	10,20	0,22	9,47	0,10	5,13
Tân Hòa 2	0,08	9,68	0,06	7,74	0,01	5,13
Tân Thành	0,06	9,97	0,05	10,02	-0,01	8,95
Thanh Lương	0,24	7,71	0,16	13,84	0,15	9,65

Bảng 3.23: Chỉ số tương quan (r) và MAE mưa thực đo và mưa dự báo từ 25/11/2018 đến 27/11/2018 (Bản tin dự báo ngày 25/11/2018)

Trạm mưa	ECMWF		GFS		NEMS	
	r	MAE	r	MAE	r	MAE
Dầu Tiếng	0,63	7,45	0,09	18,08	0,07	13,24
Đồng Ban	0,80	4,80	0,25	15,09	0,38	9,65
Kà Tum	0,63	4,29	0,20	11,03	0,32	10,46
Lộc Ninh	0,14	4,69	0,37	11,39	0,11	10,45
Lộc Thành	0,32	5,20	0,40	10,29	0,25	9,10
Lộc Thiện	0,11	3,80	0,36	9,39	0,13	4,65
Minh Hòa	0,89	3,11	0,41	2,94	0,36	4,49
Minh Tâm	0,19	3,37	0,09	3,54	0,34	4,74
Tân Hà	0,89	3,37	0,38	4,56	0,57	4,74
Tân Hòa 1	0,23	4,17	0,27	5,27	0,60	5,54
Tân Hòa 2	0,17	3,88	0,10	4,24	0,30	5,54
Tân Thành	0,66	6,52	0,17	9,48	0,41	9,48
Thanh Lương	0,25	4,81	0,31	9,37	0,04	10,23

Ngoài ra, tổng lượng mưa bình quân lưu vực được sinh ra trong đợt khảo sát cũng là một lựa chọn để đánh giá kết quả dự báo so với kết quả thực đo, xem Bảng 3.24.

Bảng 3.24: Tổng lượng mưa (mm) bình quân lưu vực thực đo và mưa dự báo trong 3 ngày, từ ngày 25/11/2018 đến ngày 27/11/2018

Thực đo (mm)	Mô hình dự báo	Các bản tin dự báo theo các mô hình					Tỷ lệ % sai số
		Ngày 22	Ngày 23	Ngày 24	Ngày 25	Bình quân ngày	
141,66	ECMWF	115,06	133,98	161,26	118,52	136,87	3,38
141,66	GFS	205,11		211,34	126,01	180,82	27,64
141,66	NEMS	55,97	47,95	79,32	102,59	71,46	49,56

Từ kết quả phân tích cho thấy sự biến đổi của mưa dự báo có sự khác biệt so với sự biến đổi của mưa thực đo, mưa dự báo nhìn chung có xu hướng thiên nhỏ so với mưa thực đo trên lưu vực (ngoại trừ mô hình GFS). Qua kết quả phân tích đánh giá tổng hợp theo các chỉ số **r** và **MAE**, có thể thấy mô hình **ECMWF** cho kết quả tốt hơn, đặc biệt có sự sai khác nhỏ giữa tổng lượng mưa bình quân dự báo trong 3 ngày (136,87 mm) và tổng lượng mưa bình quân thực đo trong 3 ngày (141,66 mm). Trên cơ sở đánh giá đó, Tác giả đề nghị chọn mô hình **ECMWF** để nghiên cứu và ứng dụng vào thực tế.

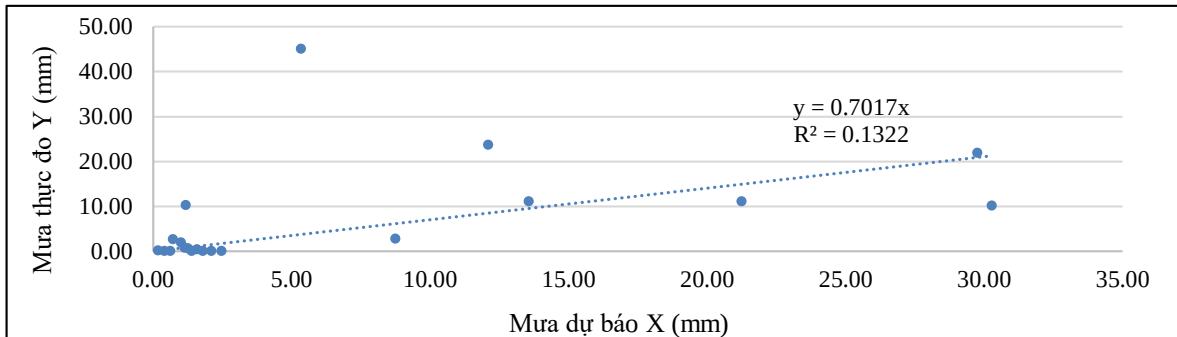
3.3.1.3. Lập phương trình hồi quy tương quan

Với dữ liệu thực đo và dữ liệu dự báo đã trích xuất, sau khi tính toán dữ liệu mưa bình quân lưu vực, dùng phần mềm Excel để lập phương trình tương quan hồi quy.

Bảng 3.25: Số liệu mưa 03 giờ thực đo và dự báo theo mô hình ECMWF trong cơn Bão số 9 vào tháng 11 năm 2018

Ngày	Thời gian (giờ)	Mưa thực đo (mm)	Mưa dự báo (mm)				
			Ngày 22	Ngày 23	Ngày 24	Ngày 25	Bình quân
11/24/2018	21	0,00	0,68	0,77	0,66	0,33	0,61
11/25/2018	0	0,00	0,63	0,40	0,50	0,13	0,41
11/25/2018	3	0,02	0,42	1,61	3,09	0,42	1,38
11/25/2018	6	0,01	0,12	2,52	2,88	4,33	2,46
11/25/2018	9	0,00	0,90	3,56	0,33	3,60	2,10
11/25/2018	12	0,00	1,32	1,75	2,72	1,35	1,79
11/25/2018	15	2,67	5,28	16,46	11,76	1,52	8,75
11/25/2018	18	11,06	7,55	25,18	13,50	7,99	13,56
11/25/2018	21	21,83	18,72	45,28	39,30	15,73	29,76
11/26/2018	0	10,03	23,60	12,50	72,30	12,77	30,29
11/26/2018	3	11,04	42,22	6,38	15,11	21,32	21,26
11/26/2018	6	23,59	10,06	2,36	5,55	30,41	12,09
11/26/2018	9	45,00	2,72	9,28	1,01	8,36	5,34
11/26/2018	12	10,21	1,08	0,90	0,65	2,08	1,18
11/26/2018	15	2,61	0,00	0,88	0,05	1,97	0,72
11/26/2018	18	1,93	0,00	1,43	0,89	1,73	1,01
11/26/2018	21	0,30	0,08	1,21	1,34	3,71	1,58

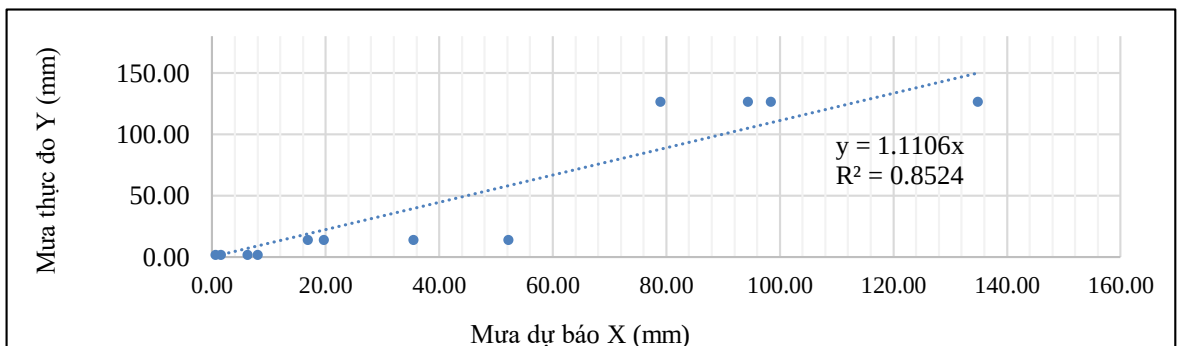
11/27/2018	0	0,69	0,07	1,23	0,15	3,10	1,14
11/27/2018	3	0,54	0,24	3,76	0,00	1,00	1,25
11/27/2018	6	0,13	0,27	0,10	0,05	0,28	0,17



Hình 3.34: Đường xu thế và phương trình hồi quy tuyến tính với bước thời gian tính toán 03 giờ theo mô hình dự báo mưa ECMWF

Bảng 3.26: Số liệu mưa ngày thực đo và mưa dự báo theo mô hình ECMWF trong cơn Bão số 9 vào tháng 11 năm 2018

Thực đo ngày	Mưa thực đo (mm)	Ngày dự báo (mô hình ECMWF)	Dự báo cho ngày	Mưa dự báo (mm)
25/11/2018	13,76	22/11/2018	25/11/2018	16,90
26/11/2018	126,24		26/11/2018	98,40
27/11/2018	1,66		27/11/2018	0,66
25/11/2018	13,76	23/11/2018	25/11/2018	52,24
26/11/2018	126,24		26/11/2018	79,00
27/11/2018	1,66		27/11/2018	6,29
25/11/2018	13,76	24/11/2018	25/11/2018	35,46
26/11/2018	126,24		26/11/2018	134,86
27/11/2018	1,66		27/11/2018	1,54
25/11/2018	13,76	25/11/2018	25/11/2018	19,67
26/11/2018	126,24		26/11/2018	94,36
27/11/2018	1,66		27/11/2018	8,09



Hình 3.35: Đường xu thế và phương trình hồi quy tuyến tính với bước thời gian tính toán 01 ngày theo mô hình dự báo mưa ECMWF

Nhận xét: Kết quả phân tích theo mô hình **ECMWF** được thể hiện ở Bảng 3.25 và Hình 3.34, với lượng mưa bình quân lưu vực thời đoạn tính toán là 03 giờ và bình quân của 04 ngày dự báo, cho thấy chỉ số R^2 rất thấp ($R^2 = 0,1322$). Ở Bảng 3.26 và Hình 3.35, với lượng mưa bình quân lưu vực thời đoạn tính toán là 01 ngày và tổng hợp của 04 ngày dự báo, cho thấy chỉ số R^2 đã trở nên khá tốt ($R^2 = 0,8524$). Từ đó có thể nhận định mô hình **ECMWF** cho chỉ số khá tốt khi tiến hành phân tích theo lượng mưa bình quân lưu vực ngày giữa dự báo và thực đo.

Do đó, dùng mưa dự báo tích lũy 01 ngày để nội suy về trạm mặt đất có thể sử dụng phương trình tương quan hồi quy sau:

$$Y = 1.1106 * X \quad (3.6)$$

Trong đó:

X: Lượng mưa dự báo từ mô hình ECMWF chưa được nội suy;

Y: Lượng mưa dự báo từ mô hình ECMWF đã được nội suy theo trạm mặt đất.

3.3.1.4. Kiến nghị sử dụng số liệu mưa dự báo

Do hạn chế về nguồn dữ liệu dùng để phân tích (chỉ mới thu thập được dữ liệu của một cơn Bão năm 2018), nên kết quả phân tích có thể chưa phản ánh đúng bản chất về mối liên hệ giữa mưa dự báo toàn cầu và mưa thực đo. Trong thời gian tới, cần tiếp tục thu thập dữ liệu, phân tích, nhằm củng cố phương pháp và nâng cao chất lượng trong công tác dự báo dòng chảy về hồ, chủ động điều tiết lũ hợp lý.

Trước mắt, có thể sử dụng dữ liệu từ hệ thống giám sát hồ Dầu Tiếng và kết hợp với dữ liệu mưa dự báo từ mô hình ECMWF đã được chuyển đổi qua phương trình hồi quy, đưa dữ liệu thực đo và dự báo vào mô hình MIKE-NAM để mô phỏng dòng chảy lũ về hồ, phục vụ cho công tác điều hành như là một kênh tham khảo.

3.3.2. Thiết lập công cụ mô phỏng dòng chảy lũ về hồ Dầu Tiếng

3.3.2.1. Xác định trọng số các trạm mưa

Phương pháp tính toán trọng số của các trạm mưa dựa trên phương pháp Theissen. Trong phương pháp này, lưu vực Dầu Tiếng được chia ra thành các tiểu lưu vực nhỏ, từ đó dựa trên diện tích lưu vực và lượng mưa trung bình các trạm mưa để xác định lượng mưa thực tế ảnh hưởng trong lưu vực.



Hình 3.36: Bản đồ phân chia lưu vực theo phương pháp Thiessen [50]

$$P_{mean} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (3.7)$$

Trong đó:

P_{mean} : Lượng mưa trung bình lưu vực nghiên cứu;

A_i : Diện tích các tiểu lưu vực thứ i ;

P_i : Giá trị lượng mưa trong tiểu lưu vực thứ i ;

n : Số trạm mưa trong lưu vực nghiên cứu.

Kết quả tính toán trọng số các trạm mưa trên lưu vực thể hiện ở Bảng 3.27.

Bảng 3.27: Trọng số Thiessen của các trạm mưa

Tên trạm đo mưa	Tân Thành	Minh Tâm	Thanh Lương	Kà Tum	Đông Ban	Minh Hòa	Dầu Tiếng
Diện tích (km ²)	225,21	297,81	222,14	209,15	78,66	209,35	86,68
Trọng số trạm mưa	0,089	0,117	0,087	0,082	0,031	0,082	0,034
Tên trạm đo mưa	Tân Hòa 1	Tân Hòa 2	Lộc Ninh	Lộc Thiện	Lộc Thành	Tân Hà	
Diện tích (km ²)	228,22	152,20	167,01	227,01	225,02	215,64	
Trọng số trạm mưa	0,090	0,060	0,066	0,089	0,088	0,085	

3.3.2.2. Tài liệu đầu vào

Tài liệu đầu vào cơ bản bao gồm mưa, bốc hơi và tài liệu lưu lượng. Còn các thông số mô hình ban đầu được xác định trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định.

3.3.2.3. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Các thông số mô hình NAM được xác định dựa trên việc so sánh lưu lượng tính toán và lưu lượng thực đo để tìm ra bộ thông số tối ưu. Trong suốt quá trình hiệu chỉnh mô hình, việc tăng giá trị bốc hơi bề mặt và tăng sát mặt được hiệu chỉnh bằng cách tăng U_{max} và L_{max} và tăng từng thông số riêng lẻ.

Các dòng chảy chính và dung tích được điều khiển bởi tham số CQ_{OF} và nó ảnh hưởng đến dòng chảy tràn bề mặt. Khi đó, thông số $CK_{1,2}$ có ảnh hưởng nhiều hơn đến thời gian chạy mô hình. Thông số TOF ảnh hưởng chủ yếu đến thời gian bắt đầu của dòng chảy mặt và ảnh hưởng tương đối với thời đoạn mùa khô. Dòng chảy cơ bản phụ thuộc chính vào hệ số CK_{BF} . Nếu tăng hệ số này sẽ làm giảm dòng chảy tràn bề mặt và dòng chảy sát mặt và ngược lại. Vì thế dòng chảy tràn bề mặt phụ thuộc chính vào các tham số $CK_{1,2}$, CQ_{OF} , CK_{IF} , TOF .

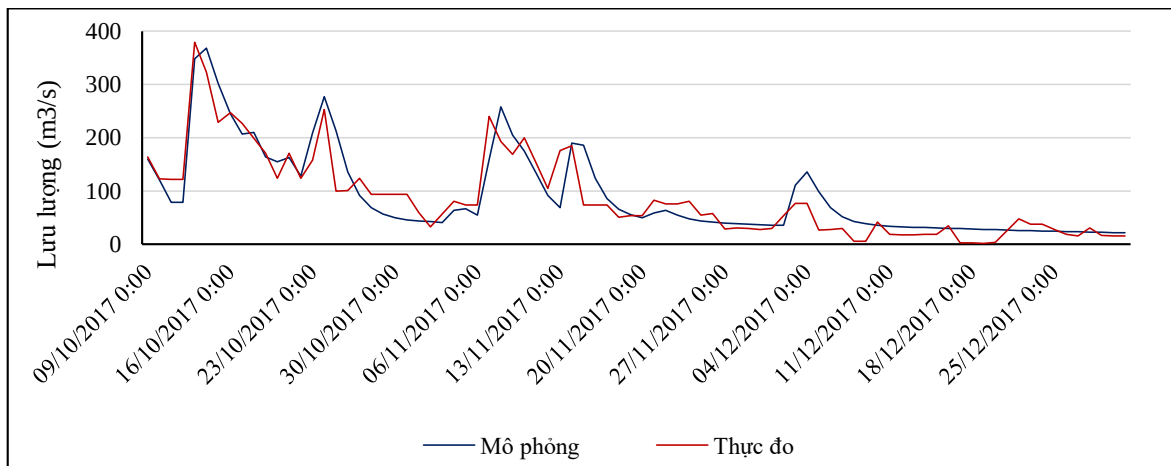
Ban đầu, có thể đặt giá trị TOF , TIF và T_g là 0. Sau đó thử dần các thông số U_{max} , L_{max} , CQ_{OF} , $CK_{1,2}$ và CK_{BF} trong khoảng thường gặp, các thông số này được hiệu chỉnh giữa kết quả tính toán và kết quả thực đo. Bằng cách đó sẽ tìm ra được bộ thông số phù hợp cho mô hình, xem Bảng 3.28.

Bảng 3.28: Bộ thông số được chọn để tính toán mô hình NAM

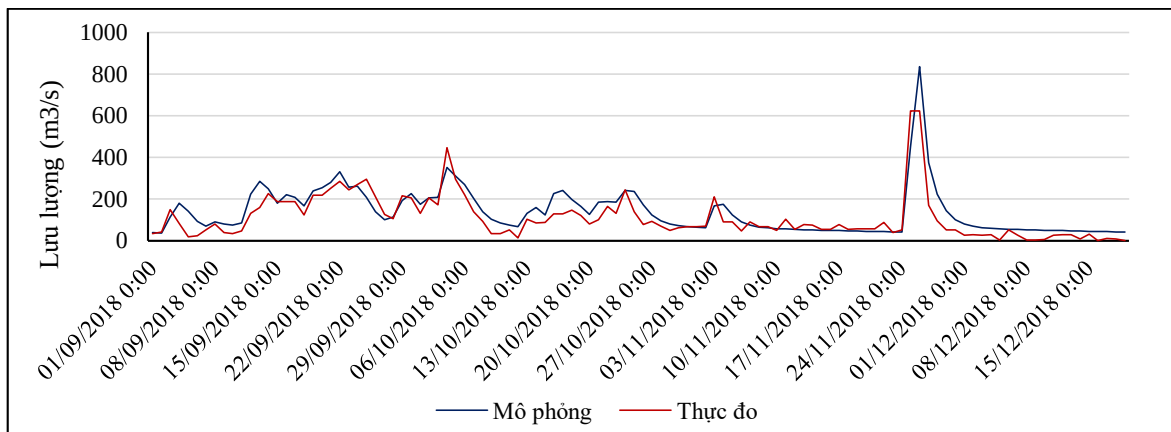
Thông số (Parameter)	Giá trị ban đầu (Initial Value)	Giá trị nhỏ nhất (Lower Bound)	Giá trị lớn nhất (Upper Bound)
U_{max}	4,11	3,33	20
L_{max}	50,1	50	300
CQ_{OF}	0,583	0,1	1
CK_{IF}	516,7	200	1000
$CK_{1,2}$	33,6	10	50
TOF	0,06	0	0,99
TIF	0,787	0	0,99
TG	0,305	0	0,99
CK_{BF}	1103	701,2	4000
CK_2	10,8	10	50
CQ_{LOW}	5,19	0	100
CK_{LOW}	18600	10000	40000

Từ ngày 22/9/2017 được lắp đặt thêm 08 trạm đo mưa mới, nâng tổng số trạm đo mưa trên lưu vực là 13 trạm. Vì vậy, nghiên cứu chỉ có thể sử dụng số liệu từ tháng 10/2017 đến 12/2017 để hiệu chỉnh, và số liệu mùa lũ năm 2018 để kiểm định mô hình.

Hiệu chỉnh mô hình cho thời kỳ mùa lũ năm 2017 cho thấy kết quả khá tốt, đường quá trình mô phỏng phù hợp với đường quá trình thực đo và hệ số hiệu quả mô hình $R^2 = 0,798$. Kết quả kiểm định mô hình cho thời kỳ mùa lũ năm 2018 cũng cho thấy kết quả khá ổn định, với hệ số $R^2 = 0,703$.



Hình 3.37: Hiệu chỉnh lưu lượng giữa mô phỏng và thực đo mùa lũ năm 2017



Hình 3.38: Kiểm định lưu lượng giữa mô phỏng và thực đo mùa lũ năm 2018

3.3.3. Kiến nghị sử dụng kết quả dự báo dòng chảy về hồ trong mùa lũ

Bộ thông số mô hình NAM đã phản ánh sát với hiện trạng lưu vực trong những năm gần đây, nên có thể sử dụng để tính toán cho những năm tiếp theo. Dữ liệu thực đo sẽ kết hợp với dữ liệu dự báo toàn cầu từ mô hình **ECMWF** để dự báo dòng chảy đến hồ, đặc biệt là dự báo dòng chảy trong thời gian diễn ra bão và áp thấp nhiệt

đới, làm cơ sở để quyết định vận hành hồ, và tuân thủ quy định theo điều 39 và điều 40 của Quy trình 1895.

3.3.4. Ứng dụng kết quả nghiên cứu mô phỏng lũ về hồ Dầu Tiếng

3.3.4.1. Tài liệu sử dụng

a. Tài liệu bốc hơi và mưa thực đo

Dữ liệu mưa và bốc hơi thực đo trong khu vực nghiên cứu năm 2017 và 2018.

b. Tài liệu mưa dự báo

Dữ liệu mưa dự báo được trích xuất từ mô hình ECMWF và được lưu trữ vào máy tính dưới dạng các tập tin với phần tên tập tin là ngày trích xuất dữ liệu, cụ thể: Trích xuất dữ liệu ngày 22/11/2018, để có dữ liệu mưa dự báo từ ngày 23/11 đến 27/11/2018 (dự báo mưa trước 5 ngày, cách ngày xảy ra lũ 3 ngày). Trích xuất dữ liệu ngày 23/11/2018, để có dữ liệu mưa dự báo từ ngày 24/11 đến 27/11/2018 (dự báo mưa trước 4 ngày, cách ngày xảy ra lũ 2 ngày). Trích xuất dữ liệu ngày 24/11/2018, để có dữ liệu mưa dự báo từ ngày 25/11 đến 27/11/2018 (dự báo mưa trước 3 ngày, cách ngày xảy ra lũ 1 ngày). Trích xuất dữ liệu ngày 25/11/2018, để có dữ liệu mưa dự báo từ ngày 26/11 đến 27/11/2018 (dự báo mưa trước 2 ngày). Dữ liệu mưa dự báo được hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy 3.6, xem Bảng 3.29 đến Bảng 3.32.

Bảng 3.29: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 22/11/2018)

Trạm mưa	Dữ liệu mưa chưa hiệu chỉnh					Dữ liệu mưa đã hiệu chỉnh				
	Ngày 23	Ngày 24	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27	Ngày 23	Ngày 24	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27
Tân Hà	0,1	0,1	1,4	78,4	24,4	0,1	0,1	1,6	87,1	27,1
Tân Thành	0	0,1	1,9	102	18,8	0,0	0,1	2,1	113,6	20,9
Tân Hòa 1	0,1	0,1	2,1	107	16,6	0,1	0,1	2,3	118,6	18,4
Tân Hòa 2	0	0,1	2,5	112	14,7	0,0	0,1	2,8	124,4	16,3
Minh Tâm	0	0,1	3,8	103	12,2	0,0	0,1	4,2	114,8	13,5
Thanh Lương	0	0,1	4,1	97	6,1	0,0	0,1	4,6	107,7	6,8
Lộc Thành	0	0,2	2,6	100	11,9	0,0	0,2	2,9	111,2	13,2
Lộc Thiện	0	0,1	2,9	96,5	13,6	0,0	0,1	3,2	107,2	15,1
Dầu Tiếng	0	0,1	6,9	108	7	0,0	0,1	7,7	120,4	7,8
Minh Hòa	0	0	5	118	9,3	0,0	0,0	5,6	130,6	10,3
Kà Tum	0	0	1,8	93,5	19	0,0	0,0	2,0	103,8	21,1
Lộc Ninh	0	0,2	4,2	92,9	8,6	0,0	0,2	4,7	103,2	9,6
Đồng Ban	0,1	0,1	1,5	82,1	25,6	0,1	0,1	1,7	91,2	28,4

Bảng 3.30: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 23/11/2018)

Trạm mưa	Dữ liệu mưa chưa hiệu chỉnh				Dữ liệu mưa đã hiệu chỉnh			
	Ngày 24	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27	Ngày 24	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27
Tân Hà	0,4	3,3	112,5	14,4	0,4	3,7	124,9	16,0
Tân Thành	0,0	5,8	151,7	20,5	0,0	6,4	168,5	22,8
Tân Hòa 1	0,2	3,3	130,1	18,5	0,2	3,7	144,5	20,5
Tân Hòa 2	0,1	5,4	141,3	18,7	0,1	6,0	156,9	20,8
Minh Tâm	0,1	5,3	101,0	25,2	0,1	5,9	112,2	28,0
Thanh Lương	1,3	3,4	81,3	27,8	1,4	3,8	90,3	30,9
Lộc Thành	0,7	2,4	102,2	19,6	0,8	2,7	113,5	21,8
Lộc Thiện	1,4	2,4	98,7	21,6	1,6	2,7	109,6	24,0
Dầu Tiếng	0,1	15,8	129,2	23,0	0,1	17,5	143,5	25,5
Minh Hòa	0,1	9,0	120,6	24,3	0,1	10,0	133,9	27,0
Kà Tum	0,3	3,9	128,5	14,4	0,3	4,3	142,7	16,0
Lộc Ninh	1,7	3,7	80,2	26,6	1,9	4,1	89,1	29,5
Đồng Ban	0,2	4,7	116,7	15,3	0,2	5,2	129,6	17,0

Bảng 3.31: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dữ liệu trích xuất ngày 24/11/2018)

Trạm mưa	Dữ liệu mưa chưa hiệu chỉnh			Dữ liệu mưa đã hiệu chỉnh		
	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 27
Tân Hà	3,3	146,1	19,5	3,7	162,3	21,7
Tân Thành	5,8	125,4	1,4	6,4	139,3	1,6
Tân Hòa 1	4,7	178,5	7,7	5,2	198,3	8,6
Tân Hòa 2	5,7	147,1	1,1	6,3	163,4	1,2
Minh Tâm	6,3	179,4	8,6	7,0	199,3	9,6
Thanh Lương	4,8	172,4	11,0	5,3	191,5	12,2
Lộc Thành	4,0	187,8	14,6	4,4	208,6	16,2
Lộc Thiện	3,4	174,9	19,9	3,8	194,3	22,1
Dầu Tiếng	9,7	122,4	3,3	10,8	135,9	3,7
Minh Hòa	8,0	139,1	0,1	8,9	154,5	0,1
Kà Tum	4,7	147,3	9,7	5,2	163,6	10,8
Lộc Ninh	4,0	146,5	12,7	4,4	162,7	14,1
Đồng Ban	5,2	129,5	10,4	5,8	143,8	11,6

Bảng 3.32: Dữ liệu mưa dự báo chưa hiệu chỉnh và mưa dự báo đã hiệu chỉnh thông qua phương trình tương quan hồi quy (Dự liệu trích xuất ngày 25/11/2018)

Trạm mưa	Dữ liệu mưa chưa hiệu chỉnh		Dữ liệu mưa đã hiệu chỉnh	
	Ngày 25	Ngày 26	Ngày 25	Ngày 26
Tân Hà	56,3	76,5	62,5	85,0
Tân Thành	67,5	61,9	75,0	68,7
Tân Hòa 1	66,5	55,9	73,9	62,1
Tân Hòa 2	73,5	63,1	81,6	70,1
Minh Tâm	75,4	54,5	83,7	60,5

Thanh Lương	70,3	30,8	78,1	34,2
Lộc Thành	63,4	39,2	70,4	43,5
Lộc Thiện	57,0	33,1	63,3	36,8
Dầu Tiếng	103,1	41,3	114,5	45,9
Minh Hòa	90,8	54,7	100,8	60,8
Kà Tum	60,2	71,8	66,9	79,7
Lộc Ninh	60,5	30,5	67,2	33,9
Đồng Ban	62,7	74,3	69,6	82,5

3.3.4.2. Phân tích kết quả tính toán

Dữ liệu mưa dự báo đã hiệu chỉnh được nối với dữ liệu mưa thực đo, sau đó đưa vào mô hình NAM để mô phỏng dòng chảy đến hồ.

Bảng 3.33: Tổng hợp kết quả mô phỏng lưu lượng và tổng lượng nước đến hồ

Ngày trích xuất dữ liệu	Dự báo cho ngày	Lưu lượng (m ³ /s)	Tổng lượng (10 ⁶ m ³)
22/11/2018	23/11/2018	49,04	4,237
	24/11/2018	48,50	4,191
	25/11/2018	51,18	4,422
	26/11/2018	632,49	54,647
	27/11/2018	494,98	42,766
	<i>Tổng</i>		110,263
23/11/2018	24/11/2018	48,50	4,191
	25/11/2018	55,67	4,810
	26/11/2018	752,88	65,049
	27/11/2018	643,12	55,565
	<i>Tổng</i>		129,615
24/11/2018	25/11/2018	56,70	4,898
	26/11/2018	1.112,07	96,083
	27/11/2018	670,39	57,922
	<i>Tổng</i>		158,903
25/11/2018	26/11/2018	392,94	33,950
	27/11/2018	683,90	59,089
	<i>Tổng</i>		93,039

Bảng 3.34: Kết quả tính toán chênh lệch giữa tổng lượng nước mô phỏng và thực đo

Thời gian trích xuất dữ liệu dự báo	Tổng lượng thực đo (10 ⁶ m ³)	Tổng lượng dự báo (10 ⁶ m ³)	% chênh lệch
22/11/2018	129,92	110,26	15,13
23/11/2018	126,53	129,60	2,43
24/11/2018	122,06	158,90	30,18
25/11/2018	68,27	93,039	36,27

Kết quả phân tích cho thấy tổng lượng nước về hồ từ mô hình càng chính xác khi càng về gần thời điểm lũ xuất hiện (chênh lệch 15,13% đối với dữ liệu ngày 22/11/2018, và chênh lệch 2,43% đối với dữ liệu ngày 23/11/2018).

Tuy nhiên, tổng lượng nước về hồ được mô phỏng từ dữ liệu mưa dự báo so với dữ liệu thực đo chênh lệch 30,18% đối với dữ liệu của ngày 24/11/2018, và chênh lệch 36,27% đối với dữ liệu của ngày 25/11/2018 (*Nguyên nhân chênh lệch lớn là do trong khoảng thời gian này đợt gió mùa Đông Bắc tác động trực tiếp đến cơn Bão số 9, nên dữ liệu mưa dự báo trích xuất ngày 24 và ngày 25 có thiếu ổn định hơn so dữ liệu mưa dự báo trích xuất ngày 22 và ngày 23*).

3.3.4.3. Xác định phương án vận hành

Bảng 3.35: Kết quả tính toán mực nước hồ cuối thời đoạn dự báo

Ngày	Dung tích hồ đầu thời đoạn dự báo (10^6 m^3)	Dung tích đến hồ trong thời đoạn dự báo (10^6 m^3)	Dung tích hồ cuối thời đoạn dự báo (10^6 m^3)	Mực nước hồ cuối thời đoạn dự báo (m)
22/11/2018	1.312,90	110,263	1.423,163	23,69
23/11/2018	1.312,90	129,615	1.442,515	23,78
24/11/2018	1.314,96	158,903	1.473,863	23,93
25/11/2018	1.366,46	93,039	1.459,499	23,86

Bảng 3.35 cho thấy mực nước hồ cuối thời đoạn dự báo cao hơn cao trình mực nước trước lũ từ 39-63 cm, nên cần xem xét đến việc xả nước để đảm bảo quy định theo Quy trình vận hành. Tuy nhiên, căn cứ điều 17 của Quy trình 471 quy định về tích nước cuối mùa lũ và căn cứ theo dự báo của Trung tâm KTTV quốc gia cho thấy sau 27/11/2018 không xuất hiện thời tiết có khả năng gây mưa, lũ. Do đó *Chủ hồ quyết định không xả lũ để điều tiết lũ trước và trong thời gian xảy ra cơn Bão số 9*.

3.4. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LŨ HỒ DẦU TIẾNG

3.4.1. Tài liệu sử dụng

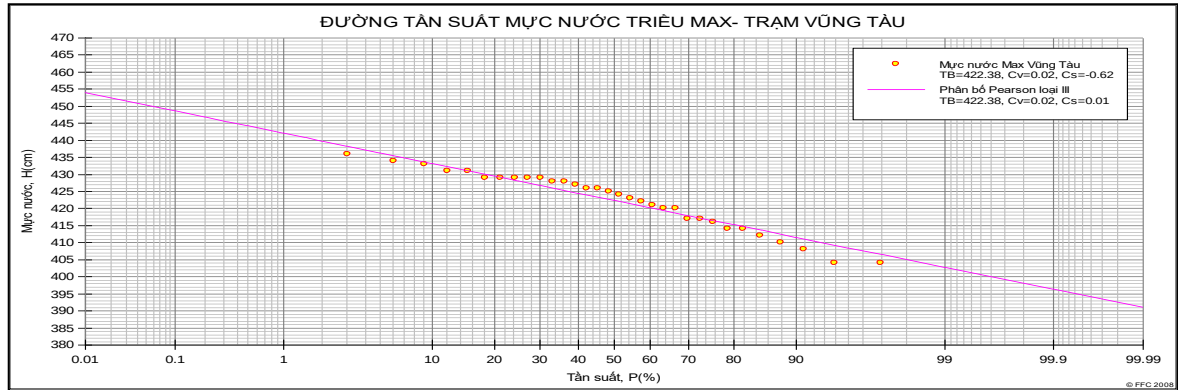
3.4.1.1. Tài liệu dòng chảy đến hồ Dầu Tiếng

Mỗi thời đoạn tính toán điều tiết lũ là 06 giờ, dòng chảy đến hồ Dầu Tiếng trong 270 giờ đầu (tương ứng với một trận lũ 11 ngày) được lấy từ tài liệu tính toán lũ thiết kế [53], hoặc từ kết quả tính toán theo phương pháp ở mục 3.3.2. Từ giờ thứ 276 so với thời điểm bắt đầu tính toán điều tiết lũ cho đến hết thời gian dự kiến điều tiết lũ, dòng chảy đến được lấy bằng lưu lượng đến tích lũy trung bình [21], xem Phụ lục 7.

3.4.1.2. Tài liệu dự báo mực nước triều ở hạ du

Nghiên cứu sử dụng bảng lịch Triều được Trung tâm Hải văn, thuộc Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam xuất bản, chọn ra các thời điểm “**triều cường**” và “**triều kém**”

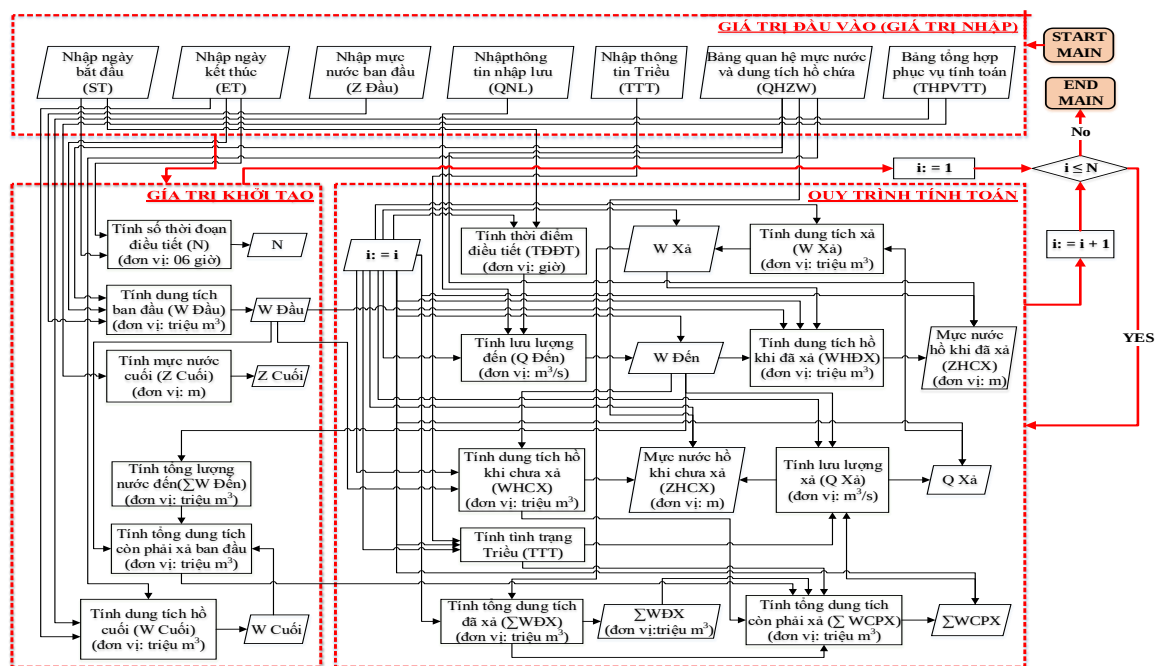
để làm cơ sở tính toán. Ngoài ra, kết quả tính toán tần suất triều lớn nhất tại Vũng Tàu cũng được dùng tham khảo khi cần tính toán theo tần suất triều, xem Hình 3.39.



Hình 3.39: Đường tần suất mực nước Triều lớn nhất trạm Vũng Tàu

3.4.2. Các sơ đồ chương trình tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng

3.4.2.1. Sơ đồ LOGIC

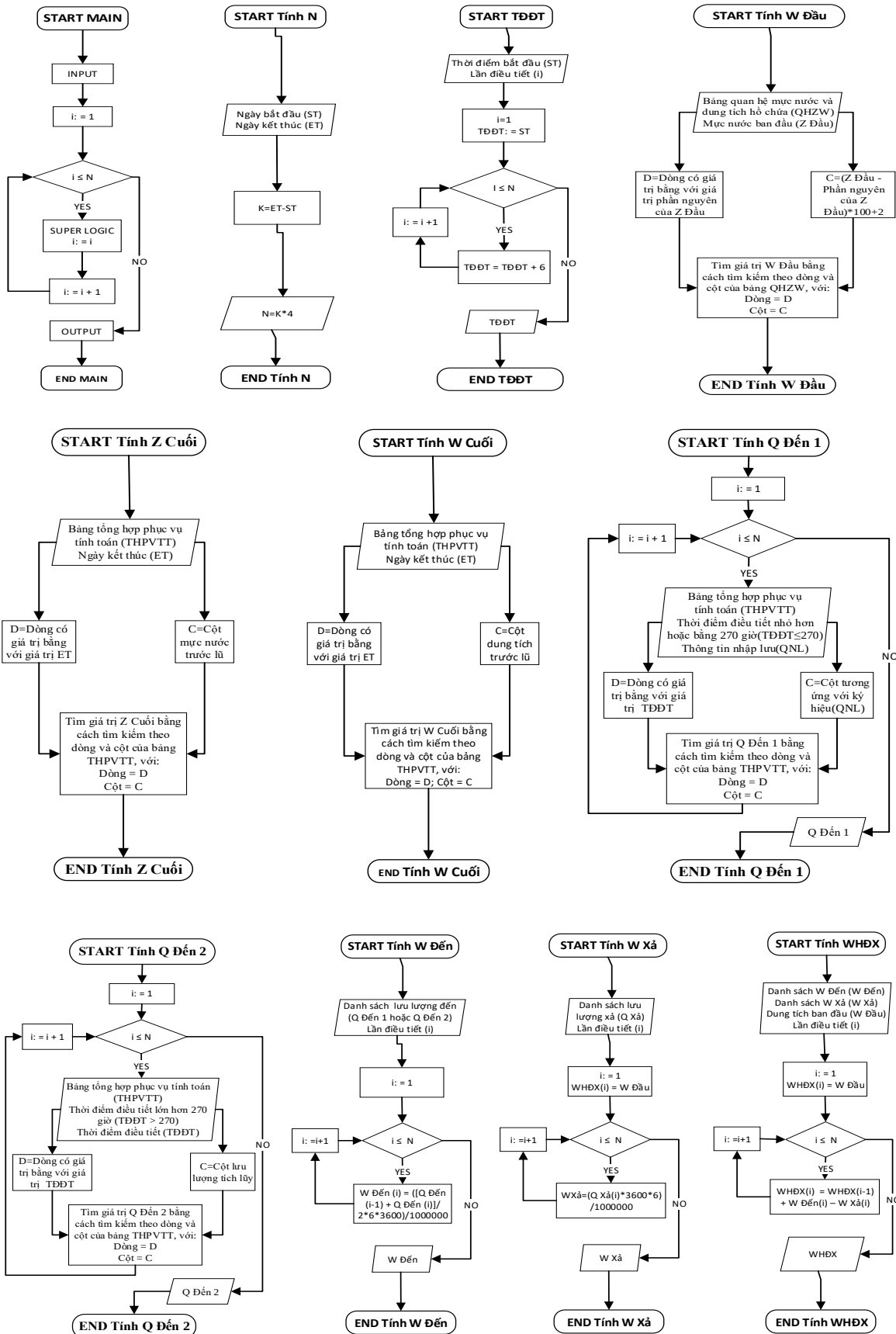


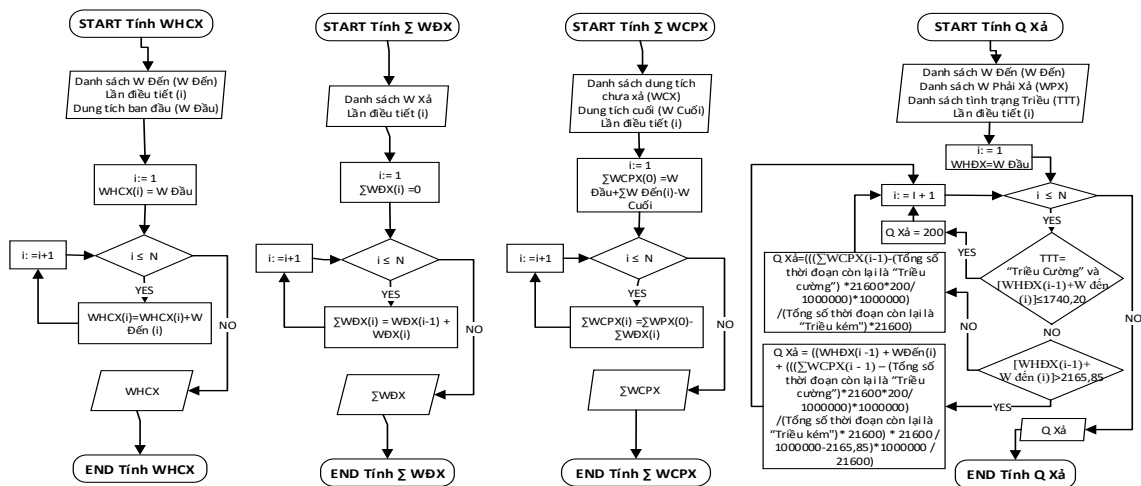
Hình 3.40: Sơ đồ LOGIC chương trình điều tiết lũ

3.4.2.2. Sơ đồ thuật toán tính toán điều tiết lũ

Phần quan trọng nhất trong chương trình tính toán điều tiết lũ là xây dựng được thuật toán tính toán điều tiết lũ hợp lý, phù hợp với các quy định hiện hành [42].

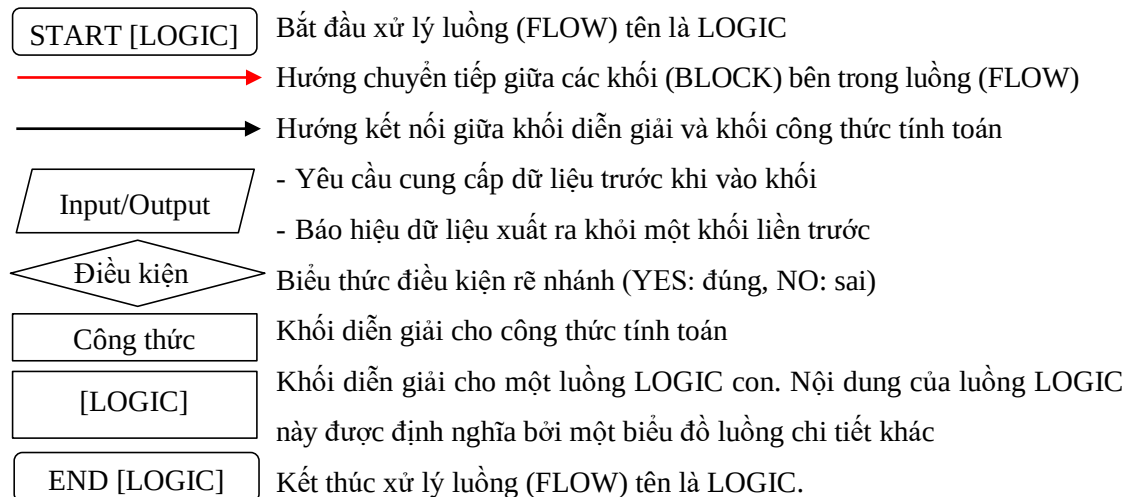
Trên cơ sở lý thuyết và thiết lập bài toán điều tiết lũ, sơ đồ thuật toán chương trình tính toán điều tiết lũ được lập như sau:





Hình 3.41: Sơ đồ thuật toán tính điều tiết lũ

Các ký hiệu dùng trong các sơ đồ thuật toán chương trình tính toán điều tiết lũ:



ST: Ngày bắt đầu điều tiết; **ET:** Ngày kết thúc điều tiết

Z Đầu: Mức nước hồ ứng với thời điểm bắt đầu điều tiết

QLN: Thông tin về tình trạng lưu lượng đến; **TĐĐT:** Thời điểm điều tiết

TTT: Thông tin về tình trạng triều (triều cường hoặc triều kém)

QHZW: Bảng quan hệ mực nước và dung tích hồ chứa

THPVTT: Bảng tổng hợp phục vụ tính toán

N: Tổng số thời đoạn điều tiết, mỗi thời đoạn bằng 06 giờ

W Đầu: Là dung tích hồ ứng với thời điểm bắt đầu điều tiết

Z Cuối: Là mực nước hồ tại thời điểm cuối cùng của thời gian điều tiết

W Cuối: Là dung tích hồ tại thời điểm cuối cùng của thời gian điều tiết

Q Đến 1: Lưu lượng đến hồ tại thời điểm điều tiết (tính cho $TĐĐT \leq 270$ giờ)

Q Đến 2: Lưu lượng đến hồ tại thời điểm điều tiết (tính cho TĐĐT>270 giờ)

ΣW Đến: Là tổng dung tích đến hồ trong thời gian điều tiết

WHCX: Là dung tích hồ khi chưa xả tại thời điểm điều tiết

ZHCX: Là mực nước hồ khi chưa xả tại thời điểm điều tiết

WHĐX: Là dung tích hồ đã xả tại thời điểm điều tiết

ZHĐX: Là mực nước hồ đã xả tại thời điểm điều tiết

Q Xả: Là lưu lượng đã xả tại thời điểm điều tiết

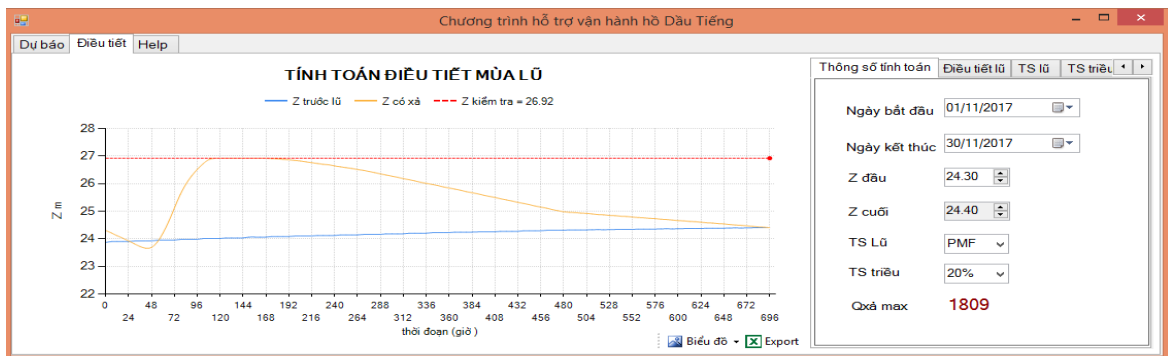
W Xả: Là dung tích đã xả tại thời điểm điều tiết

$\Sigma WĐX$: Là tổng dung tích mà hồ đã xả tính đến thời điểm điều tiết

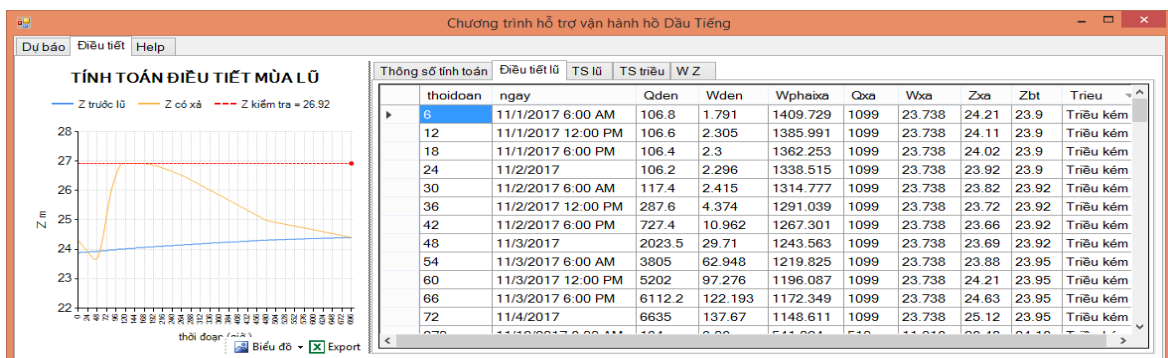
$\Sigma WCPX$: Là tổng dung tích mà hồ còn phải xả tính đến thời điểm điều tiết

3.4.3. Chương trình tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng

Xây dựng chương trình hỗ trợ tính toán điều tiết lũ bằng ngôn ngữ lập trình C# , xem Phụ lục 5. Mô đun chương trình tính toán điều tiết lũ gồm 02 phần chính: Phần nhập “*Thông số tính toán*” (ngày bắt đầu, ngày kết thúc điều tiết, mực nước hồ tại thời điểm bắt đầu điều tiết, tình trạng triều, và thông tin lũ đến) cho việc tính toán điều tiết lũ và phần “*Điều tiết lũ*” để chỉ ra kết quả tính toán, xem Hình 3.42 và Hình 3.43.



Hình 3.42: Thông tin đầu vào tính toán điều tiết lũ



Hình 3.43: Giao diện hiển thị kết quả tính toán điều tiết lũ

3.4.4. Ứng dụng kết quả nghiên cứu tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng

3.4.4.1. Thiết lập bài toán điều tiết lũ

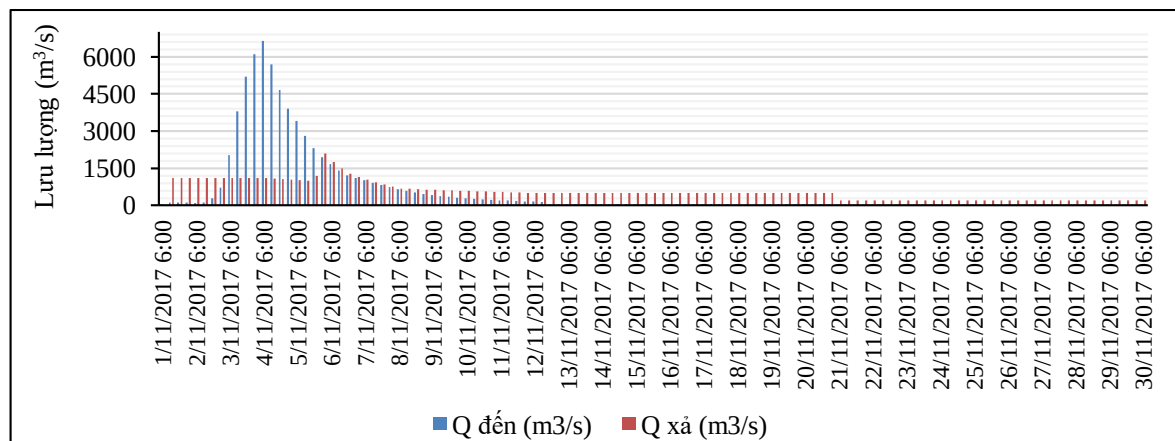
Giả sử lúc 06 giờ 01/11/2017 mực nước hồ Dầu Tiếng đang ở cao trình $Z = 24,30$ m, cao hơn mực nước tích hợp lý là $0,37$ m. Trong khi đó trên lưu vực thời tiết đang chuyển xấu do ảnh hưởng của áp thấp nhiệt đới, trong những ngày tới được dự báo áp thấp nhiệt đới có thể mạnh lên thành Bão và tác động trực tiếp đến lưu vực hồ Dầu Tiếng. Từ các nguồn thông tin dự báo, tổng lượng trận lũ về hồ trong 10 ngày tới xấp xỉ tần suất lũ cực hạn ($P_{lũ} = PMF$). Mực nước triều dự báo tại trạm Phú An đạt mức lịch sử ($H = 1,68$ m bằng năm 2014) và ứng với tần suất Triều $P_{triều} = 20\%$.

3.4.4.2. Yêu cầu khi tính toán điều tiết lũ

Phải sử dụng tối đa dung tích phòng lũ để điều tiết lũ, nghĩa là mực nước hồ luôn phải thấp hơn hoặc bằng cao trình mực nước lớn nhất kiểm tra ($H_{\text{Hồ Max}} \leq 26,92$ m). Trong những ngày triều cường và khi mực nước hồ chưa đạt đến cao trình mực nước lớn nhất thiết kế ($25,10$ m), chỉ được xả lưu lượng lớn nhất bằng $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Khi mực nước hồ $\geq 25,10$ m, chuyển sang chế độ vận hành đảm bảo an toàn công trình (xả với lưu lượng $\geq 200 \text{ m}^3/\text{s}$). Thời gian dự kiến kết thúc quá trình điều tiết lũ là 30/11/2017 (dự kiến điều tiết trận lũ này trong 30 ngày), tới thời điểm kết thúc điều tiết lũ phải đưa mực nước hồ về cao trình mực nước tích hợp lý ($Z = 24,40$) để đảm bảo nhiệm vụ tích nước hồ.

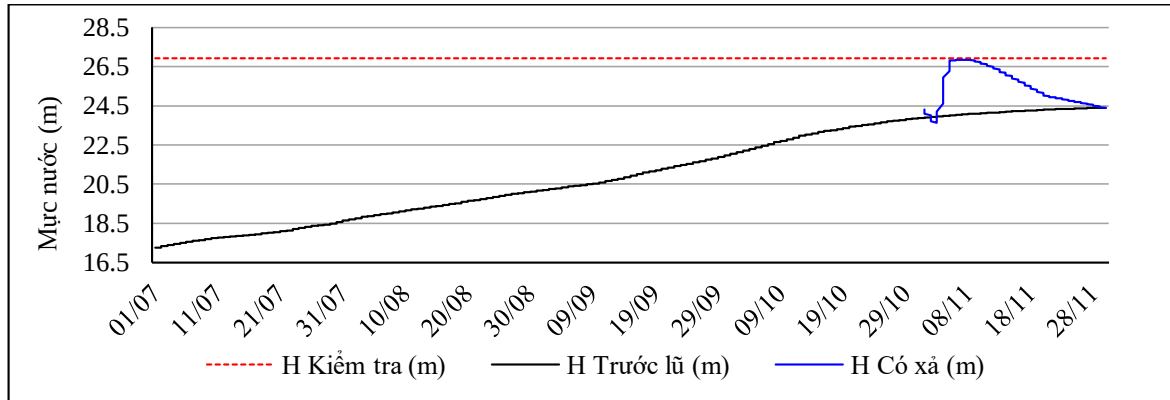
3.4.4.3. Kết quả tính toán điều tiết lũ

Sau khi nhập số liệu đầu vào, tính được tổng số ngày điều tiết (29 ngày = 696 giờ), trong đó tổng số ngày triều cường là 17,25 ngày, tổng số ngày triều kém là 11,75 ngày.



Hình 3.44: Quá trình lưu lượng đến và lưu lượng xả

Kết quả tính toán điều tiết lũ (Hình 3.44, Hình 3.45, Phụ lục 16) cho thấy: Với trận lũ thiết kế P=PMF, lưu lượng đỉnh lũ 6.635 m³/s, và tổng lượng trận lũ 1.397,78 triệu m³, tổng lượng nước đến từ ngày 01/11 đến 30/11/2017 là 1.455,78 triệu m³.



Hình 3.45: Diễn biến mực nước hồ trong thời gian điều tiết lũ

Để đưa mực nước hồ về cao trình 24,40 m (30/11/2017) thì: lưu lượng xả lớn nhất trong kỳ triều cường $Q_{\text{Xả max Tr. cường}} = 2.102,87 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả nhỏ nhất trong kỳ triều cường $Q_{\text{Xả min Tr. cường}} = 200 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả lớn nhất trong kỳ triều kém $Q_{\text{Xả max Tr. kém}} = 1.117,51 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả nhỏ nhất trong kỳ triều kém $Q_{\text{Xả Min Tr. kém}} = 506,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Trong quá trình điều tiết, có hiện tượng $Q_{\text{Xả max Tr. cường}} = 2.102,87 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{Xả max Tr. kém}} = 1.117,51 \text{ m}^3/\text{s}$, là do tại thời điểm xảy ra triều cường mực nước hồ cũng đã vượt cao trình 25,10 m, do đó theo quy trình 1895, lưu lượng xả phụ thuộc vào lưu lượng đến, và điều kiện mực nước tối đa cho phép để đảm bảo an toàn công trình hồ chứa.

3.4.4.4. Phân tích mức độ ảnh hưởng ngập ở hạ du sông Sài Gòn

Theo kết quả từ một dự án trước đây cho thấy: Nếu hồ Dầu Tiếng xả với lưu lượng 2.200 m³/s (xấp xỉ như kết quả tính toán 2102,87 m³/s) thì đoạn từ chân Đập (km 0) đến km 14 ngập sâu từ 3,50 m – 3,00 m, đoạn từ km 14 đến km 60 ngập sâu 3,50 m – 1,50 m, đoạn từ km 60 đến km 80 ngập sâu 1,50 m – 0,50 m, đoạn từ km 80 ra cửa sông ngập sâu 0,50 m – 0,30 m [53].

3.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Chương 3 tập trung nghiên cứu cơ sở khoa học, công cụ hỗ trợ điều hành và ứng dụng kết quả nghiên cứu vào điều hành hồ Dầu Tiếng với một số nội dung như sau:

Thứ nhất, là ***nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn:***

Phương pháp ANN được sử dụng để dự báo dòng chảy về mùa cạn dựa trên số liệu dòng chảy đến được tính toán qua việc cân bằng nước hồ hàng ngày, phương pháp ANN được huấn luyện và kiểm tra qua 03 phương án dự báo (nước đến hồ hàng ngày, nước đến hồ trung bình 10 ngày sau, và nước đến hồ trung bình 30 ngày sau): Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ hàng ngày khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$; Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ trung bình 10 ngày sau khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$; Kết quả kiểm định mô hình dự báo lưu lượng nước đến hồ 30 ngày sau khá tốt với hệ số $R^2 \geq 70\%$. Kết quả nghiên cứu sẽ được ứng dụng vào thực tế cho đơn vị quản lý hồ chứa để lập các bản tin dự báo cung cấp cho các đơn vị theo quy định tại điều 41 của Quy trình 1895, đã giải quyết được khó khăn trong công tác dự báo dòng chảy về hồ trong mùa cạn.

Thứ hai, là ***nghiên cứu xả nước đẩy mặn tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn***. Nghiên cứu này đã thực hiện và đạt một số kết quả như sau:

+ Nghiên cứu ***mối quan hệ giữa đỉnh triều và đỉnh mặn*** cho thấy: Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn là khoảng 04 giờ; Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Cảng Sài Gòn và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú là khoảng 05 giờ; Thời gian lệch pha trung bình giữa đỉnh triều tại trạm Vũng Tàu và đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú là khoảng 08 giờ.

+ Nghiên cứu ***xác định thời gian độ mặn bắt đầu giảm sau khi xả nước từ hồ Dầu Tiếng*** cho thấy: Sau 01 đến 02 giờ tính từ thời điểm bắt đầu xả, độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú đã có sự thay đổi, tuy nhiên mức độ giảm rất nhỏ so với khi không xả.

+ Nghiên cứu ***xác định thời điểm bắt đầu xả nước hiệu quả tại hồ Dầu Tiếng*** cho thấy: Quyết định xả trước 48 giờ so với thời điểm dự kiến mặn bắt đầu đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú sẽ mang lại hiệu quả cao hơn so với các phương án xả nước khác.

+ Nghiên cứu ***xác định phương án phân bổ lượng nước xả hợp lý*** cho thấy : Với một tổng lượng xả nhất định, phương án xả nước mang lại hiệu quả là xả tập trung với lưu lượng lớn trong thời gian ngắn sẽ hiệu quả hơn xả với lưu lượng nhỏ trong thời gian dài, do mỗi ngày có 02 đỉnh triều nên xả tập trung phải từ một ngày trở lên.

+ Nghiên cứu **xác định lưu lượng và thời gian xả cần thiết để đẩy mặn hiệu quả** cho thấy: Xả liên tục trong 32 giờ, với lưu lượng xả 120 m³/s, và trước 48 giờ so với thời điểm xuất hiện đỉnh mặn tại trạm bơm Hòa Phú, có thể đưa các đỉnh mặn cần hạ thấp về ngưỡng cho phép (nghiên cứu điển hình cho năm 2010).

+ Với **ứng dụng kết quả nghiên cứu xả nước đẩy mặn** thực tế cho mùa khô năm 2016 cho thấy: Qua 03 đợt xả trong tháng 4, tháng 5, và đợt xả thứ 07 dùng hết 24,70 triệu m³ nhưng tổng số giờ độ mặn vượt ngưỡng là 76 giờ; sau khi áp dụng một phần kết quả nghiên cứu, đợt xả thứ 08 dùng hết 22,46 triệu m³, tổng số giờ độ mặn vượt ngưỡng là 10 giờ; và khi áp dụng đầy đủ kết quả nghiên cứu thì đợt xả thứ 09 dùng hết 15,55 triệu m³, tổng số giờ độ mặn vượt ngưỡng chỉ còn 02 giờ. Lượng nước xả cho đợt thứ 08 và thứ 09 ít hơn đợt thứ 07, nhưng hiệu quả giảm mặn lại cao hơn (mặc dù mực nước triều cao nhất của những đợt sau lớn hơn những đợt trước, nghĩa là nếu không xả đẩy mặn dựa theo kết quả nghiên cứu, thì chắc chắn độ mặn những đợt sau có xu thế lớn hơn nhiều so với những đợt trước)

Thứ ba, là **nghiên cứu dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ**. Nội dung nghiên cứu này đạt được một số kết quả như sau:

+ Kết quả **nghiên cứu trích xuất dữ liệu từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu** đã cho phép khai thác trực tuyến dữ liệu mưa dự báo từ website <https://freemeteo.vn> với thời gian dự báo lên đến 7 ngày. Đã lập được chương trình trích xuất dữ liệu mưa từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu và lưu trữ vào máy tính, phân tích lựa chọn mô hình phù hợp (ECMWF) thông qua việc đánh giá các chỉ số thống kê (r và MAE); và đã lập phương trình tương quan hồi quy để hiệu chỉnh dữ liệu mưa dự báo phù hợp với điều kiện lưu vực hồ Dầu Tiếng, tuy nhiên do dữ liệu dùng để phân tích hồi quy tương quan còn hạn chế, chưa đủ dữ liệu để xây dựng các phương trình tương quan theo các cấp độ lượng mưa, nên phương trình tương quan đề xuất trong luận án chỉ nên sử dụng như là một phương án tham khảo,

+ Kết quả nghiên cứu **thiết lập công cụ mô phỏng dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ** cho thấy đường quá trình mô phỏng phù hợp với đường quá trình thực đo và hệ số hiệu quả mô hình Nash = 0,798. Tương tự, kết quả áp dụng trong giai đoạn kiểm

định cho hệ số Nash = 0,703. Mô hình nghiên cứu có thể sử dụng dữ liệu quan trắc theo thời gian thực sẽ kết hợp với dữ liệu dự báo toàn cầu từ mô hình **ECMWF** (sau khi đã được nội suy theo phương trình hồi quy) để dự báo dòng chảy đến hồ.

+ Với nghiên cứu ***ứng dụng tính toán mô phỏng lũ về hồ Dầu Tiếng từ cơn bão số 9 năm 2018*** cho thấy tổng lượng nước về hồ được mô phỏng từ dữ liệu mưa dự báo từ mô hình càng chính xác khi càng về gần thời điểm lũ xuất hiện (sai lệch 15,13 % đối với dữ liệu mưa trích xuất ngày 22/11/2018, sai lệch là 2,43 % đối với dữ liệu trích xuất ngày 23/11/2018). Tổng lượng nước về hồ được mô phỏng từ dữ liệu mưa dự báo từ mô hình sai lệch 30,18 % đối với dữ liệu của ngày 24/11/2018, và sai lệch 20,38 % đối với dữ liệu của ngày 25/11/2018 (*Nguyên nhân sai lệch lớn là do trong khoảng thời gian này đợt gió mùa Đông Bắc tác động trực tiếp đến cơn Bão số 9, nên dữ liệu mưa dự báo trích xuất ngày 24 và ngày 25 thiếu ổn định hơn so dữ liệu mưa dự báo trích xuất ngày 22 và ngày 23*). Từ kết quả mô phỏng trận lũ, có thể dự báo diễn biến mực nước hồ khi kết thúc thời đoạn dự báo để quyết định việc tích hay xả nước để điều tiết lũ. Theo tính toán mực nước dự báo vượt mực nước trước lũ từ 39-63 cm (nhưng vẫn còn thấp hơn cao trình mực nước dâng bình thường), tuy nhiên xem trên trang website windy.com cho thấy không có cơn Bão hay đợt áp thấp nào sẽ hình thành tiếp theo sau cơn Bão số 9, vì vậy căn cứ vào điều 17 của Quy trình 471, Ban điều hành hồ quyết định không xả nước để điều tiết lũ trước và trong thời gian xảy ra cơn Bão số 9.

Thứ tư, là ***nghiên cứu tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng***. Trên cơ sở lý thuyết về tính toán điều tiết lũ nói chung, các ràng buộc được quy định trong Quy trình 1895, yếu tố đầu vào hệ thống là dòng chảy đến hồ dự báo và yếu tố biên hạ lưu hệ thống là tình trạng triều dự báo ở hạ du sông Sài Gòn, nghiên cứu đã xây dựng các sơ đồ thuật toán để lập chương trình tính toán điều tiết lũ cho hồ Dầu Tiếng, đảm bảo tính Logic khoa học và cơ sở pháp lý hiện hành, là công cụ hỗ trợ hữu ích cho Chủ hồ vận hành trong mùa lũ.

Với nghiên cứu ***ứng dụng tính toán điều tiết lũ hồ Dầu Tiếng*** cho trận lũ đến tương ứng với tần suất $P=PMF$ (lưu lượng đỉnh lũ là $6.635 \text{ m}^3/\text{s}$), trong điều kiện hồ đã tích gần đầy nước (24,30 m) và tình trạng triều dự báo ở hạ du tương ứng với đợt

triều lịch sử năm 2014 ($P=20\%$). Kết quả tính toán cho thấy: Để đưa mực nước hồ về cao trình 24,40 m vào 30/11/2017, lưu lượng xả lớn nhất trong kỳ triều cường là $2.102,87 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả nhỏ nhất trong kỳ triều cường là $200 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả lớn nhất trong kỳ triều kém là $1.117,51 \text{ m}^3/\text{s}$; lưu lượng xả nhỏ nhất trong kỳ triều kém là $506,44 \text{ m}^3/\text{s}$. Như vậy, trận lũ đã được điều tiết hợp lý, chỉ xả xuống hạ du với lưu lượng lớn nhất là $2.102,87 \text{ m}^3/\text{s}$ (đã cắt đỉnh lũ đến một lượng bằng $6.635 - 2.102,87 = 4532,13 \text{ m}^3/\text{s}$). nhưng vẫn đảm bảo an toàn công trình hồ chứa và đáp ứng đúng yêu cầu của Quy trình 1895 của Chính phủ.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Những kết quả đạt được của luận án:

(1) Nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp mô hình ANN dự báo dòng chảy về hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn, kết quả kiểm định mô hình khá tốt với $R^2 \geq 70\%$, phù hợp dự báo lưu lượng nước đến hàng ngày, trung bình 10 ngày sau và trung bình 30 ngày sau phục vụ tốt cho yêu cầu thông báo trước kế hoạch vận hành hồ theo yêu cầu của Quy trình vận hành mà trước đây không thể thực hiện được.

(2) Nghiên cứu đã đề xuất cơ sở dự báo thời gian xuất hiện độ mặn lớn nhất tại trạm bơm Hòa Phú (*giữa đỉnh triều tại Cảng Sài Gòn và đỉnh mặn tại Hòa Phú là 05 giờ, giữa đỉnh triều tại Vũng Tàu và đỉnh mặn tại Hòa Phú là 08 giờ*); thời điểm hợp lý để xả nước tại hồ Dầu Tiếng (*Xả trước 48 giờ tại hồ Dầu Tiếng so với thời điểm dự kiến mặn bắt đầu đạt đỉnh tại trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn sẽ mang lại hiệu quả giảm mặn tốt nhất*); và thời gian, lưu lượng cần thiết để xả đầy mặn hiệu quả cho một đợt triều cường (*Cần xả liên tục trong 32 giờ với lưu lượng xả $120 \text{ m}^3/\text{s}$, có thể đưa các đỉnh mặn cần hạ thấp về ngưỡng cho phép*).

(3) Nghiên cứu đã đề xuất phương pháp khai thác dữ liệu mưa dự báo từ website <https://freemeteo.vn>, lập chương trình trích xuất dữ liệu mưa từ các mô hình dự báo thời tiết toàn cầu, phân tích lựa chọn mô hình phù hợp cho lưu vực hồ Dầu Tiếng (ECMWF); lập phương trình tương quan để chuyển đổi dữ liệu mưa dự báo phù hợp với lưu vực hồ Dầu Tiếng ($Y = 1.1106 \cdot X$); đã thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình NAM đảm bảo tin cậy sử dụng làm công cụ dự báo dòng chảy về hồ (*hiệu chỉnh mô hình với hệ số Nash = 0,798 và kiểm định mô với hình hệ số Nash = 0,703*); nghiên cứu đã sử dụng số liệu mưa thực đo và số liệu mưa dự báo để mô phỏng lũ về hồ Dầu Tiếng từ cơn bão số 9 năm 2018, kết quả có thể dự báo trước diễn biến mực nước hồ từ đó quyết định việc tích hay xả nước một cách hợp lý để vừa bảo đảm an toàn hồ, vừa đảm bảo trữ nước hiệu quả cho mùa khô năm tiếp theo.

(4) Nghiên cứu đã lập chương trình tính toán điều tiết lũ đảm bảo tính logic khoa học và cơ sở pháp lý hiện hành (*đảm bảo các điều kiện ràng buộc của Quy trình 1895, yếu tố đầu vào và đầu ra hệ thống và tình trạng triều ở hạ du sông Sài Gòn*).

Kiến nghị về những nghiên cứu tiếp theo:

Mặc dù đã rất cố gắng trong nghiên cứu, với mong muốn làm rõ cơ sở khoa học và nâng cao hiệu quả vận hành hợp lý hồ chứa nước Dầu Tiếng, nhưng vì đây là một bài toán vận hành cực kỳ phức tạp, đa dạng thời tiết: cả mùa cạn và mùa lũ, liên quan tới rất nhiều mục tiêu, và chịu sự ràng buộc bởi khá nhiều quy trình, trong đó có Quy trình liên hồ chứa của Chính phủ, nên kết quả đạt được cần tiếp tục nghiên cứu và vận dụng để kiểm chứng trong thời gian tới, cụ thể:

(1) Khi chuỗi số liệu đo mưa cho lưu vực hồ Dầu Tiếng đạt được đầy đủ, nghiên cứu áp dụng phương pháp mô hình ANN để dự báo lưu lượng về hồ trong mùa mưa, khi đó đưa thêm số liệu mưa vào trong tầng nhập (INPUT Layer) của mô hình ANN; và đồng thời so sánh kết quả này với kết quả dự báo mưa từ mô hình NAM, và thực đo, và rút ra kết luận.

(2) Với giải pháp xả nước đầy mặn, điều quan trọng là cần nghiên cứu dự báo giá trị và thời điểm xuất hiện mặn tại trạm bơm Hòa Phú trong các đợt triều cường để tiết kiệm lượng nước xả tại hồ Dầu Tiếng. Do đó hướng sử dụng phương pháp mô hình ANN để nghiên cứu nội dung này sẽ là một vấn đề nghiên cứu mới và rất đáng quan tâm.

(3) Tiếp tục thu thập dữ liệu mưa thực đo, và dự báo từ các mô hình ECMWF, GFS và NEMS để phân tích, đánh giá và củng cố cơ sở khoa học để nâng cao chất lượng dữ liệu khai thác phục vụ dự báo lũ về hồ Dầu Tiếng. Nghiên cứu cũng đã lập phương trình tương quan hồi quy để hiệu chỉnh dữ liệu mưa dự báo nhằm phù hợp với điều kiện lưu vực hồ Dầu Tiếng, tuy nhiên do dữ liệu dùng để phân tích hồi quy tương quan còn hạn chế, chưa đủ dữ liệu để xây dựng các phương trình tương quan theo các cấp độ lượng mưa, nên phương trình tương quan đề xuất trong luận án chỉ nên sử dụng như là một phương án tham khảo.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyen Tran Quan, Le Thi Khuyen, Nguyen Van Lanh, Le The Huy, Trieu Anh Ngoc, Le Viet Thang, Nguyen Hong Quan, “*Applications of MDSS software for reservoir operation: a case study in Dau Tieng*,” Journal of Science and Technology 53 (3A) (2015).
2. Nguyễn Văn Lanh & Lê Văn Dực, “*Bước đầu đánh giá tính hiệu quả việc xả nước đầy mặn của hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và đặt vấn đề cho nhiệm vụ nghiên cứu tiếp theo*,” Tuyển tập KHCN Thủy lợi–Viện KHTL Miền Nam., 2015.
3. Nguyễn Văn Lanh & Lê Văn Dực, “*Thực trạng nguồn nước đến hồ và đề xuất các giải pháp vận hành hợp lý cho nhiệm vụ cấp nước của hồ Dầu Tiếng*,” Tạp chí Nông nghiệp & PTNT, Số 6-2016, trang 79-89.
4. ThS Nguyễn Văn Lanh & PGS TS Lê Văn Dực, “*Nghiên cứu cơ sở khoa học hỗ trợ điều hành xả lũ hợp lý đảm bảo an toàn tuyệt đối hồ Dầu Tiếng, phòng và giảm lũ cho hạ du sông Sài Gòn*,” Tuyển tập KHCN Thủy lợi –Viện KHTL Miền Nam, 2016.
5. ThS Nguyễn Văn Lanh & PGS TS Lê Văn Dực, “*Nghiên cứu cơ sở khoa học hỗ trợ điều hành tích nước hợp lý và đảm bảo an toàn tuyệt đối công trình Thủy lợi Dầu Tiếng*,” Tuyển tập KHCN Thủy lợi –Viện KHTL Miền Nam, 2016.
6. Lê Văn Dực & Nguyễn Văn Lanh, “*Nghiên cứu cơ sở khoa học hỗ trợ điều hành xả nước hợp lý trên sông Sài Gòn để pha loãng mặn phục vụ cấp nước cho nhà máy nước Tân Hiệp hoạt động liên tục trong mùa khô*,” Tuyển tập công trình-Hội nghị Cơ Học Thủy Khí Toàn Quốc lần thứ 19, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội năm 2016.
7. Nguyễn Văn Lanh & Lê Văn Dực, “*Ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học vào việc điều hành xả nước pha loãng mặn trên sông Sài Gòn phục vụ cho nhà máy nước Tân Hiệp hoạt động liên tục trong mùa khô*,” Tuyển tập công trình-Hội nghị Cơ Học Thủy Khí Toàn Quốc lần thứ 19 năm 2016, Nhà xuất bản Bách khoa Hà Nội năm 2016.
8. ThS Nguyễn Văn Lanh & PGS TS Lê Văn Dực, “*Nghiên cứu cơ sở khoa học và*

xây dựng chương trình hỗ trợ điều hành hồ Dầu Tiếng phục vụ cấp nước trong mùa khô, ” Tuyển tập KHCN Thủy lợi –Viện KHTL Miền Nam., 2017.

9. ThS Nguyễn Văn Lanh & PGS TS Lê Văn Dực, “*Nghiên cứu xây dựng chương trình điều tiết lũ hợp lý đảm bảo an toàn công trình hồ thủy lợi Dầu Tiếng, phòng và giảm lũ cho hạ du sông Sài Gòn,*” Tạp chí khoa học phát triển nông thôn Việt Nam, số 39-2018.
10. Đinh Công Sản, Lưu Ngọc Thanh, Nguyễn Văn Lanh, “*Dự báo mưa trên lưu vực hồ Dầu Tiếng từ tài liệu dự báo thời tiết toàn cầu phục vụ dự báo dòng chảy lũ đến và điều tiết hồ trong mùa lũ,*” Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi-Viện KHTL Việt Nam, số 56, 10-2019.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thượng Bằng (2002), *Tối ưu đa mục tiêu hệ thống thủy lợi-thủy điện khai thác tổng hợp nguồn nước*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học xây dựng, Hà Nội.
2. Nguyễn Thế Hùng và Lê Hùng (2011). Mô hình toán điều tiết tối ưu vận hành hồ chứa đa mục tiêu (với mục đích tưới, phát điện , phòng lũ, đảm bảo môi trường sinh thái cấp nước cho hạ du), *Tạp chí Khoa học công nghệ đại học Đà Nẵng*, 2(43), 35–43
3. Đài KTTV khu vực Nam Bộ (2006), *Các bản tin dự báo thủy triều 5 ngày ở hạ du sông Sài Gòn*, (từ bản tin số 109/2016 đến bản tin số 132/2016)
4. Đặng Quốc Dũng (2015), “Áp dụng mô hình toán đánh giá xu hướng mưa tháng tại lưu vực hồ Dầu Tiếng”. *Tạp chí Khoa học & Ứng dụng*, (21).
5. Nguyễn Bình Dương, Đinh Công Sản, Phạm Đức Nghĩa (2009), “Ứng dụng mô hình Mike11 phân tích, xác định mối quan hệ giữa lượng nước ngọt xả xuống sông Sài Gòn với hiệu quả đẩy mặn ”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL Miền Nam.
6. Nguyễn Bình Dương, Nguyễn Duy Khang, Đinh Công Sản(2009), “Xây dựng cơ sở khoa học của việc xả tiết kiệm nước từ Dầu Tiếng để xả đẩy mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp ”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL Miền Nam.
7. Nguyễn Văn Hạnh và Nnc (2007), “Xây dựng công nghệ điều hành hồ Tuyền Lâm Đà Lạt phục vụ đa mục tiêu theo thời gian thực – Phần II: Xây dựng bộ phần mềm của công nghệ”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL Miền Nam.
8. Lương Hữu Dũng (2016), *Luận văn Tiến sĩ - Nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ vận hành hệ thống liên hồ chứa kiểm soát lũ lưu vực sông Ba*, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.
9. Nguyễn Sơn Hùng (2014), “Đề xuất về vấn đề vận hành hồ chứa ở nước ta qua kinh nghiệm của Nhật Bản”. nguồn: <http://www.vncold.vn/Web/Content.aspx?distid=3661>.
10. Hà Ngọc Hiến, Nguyễn Hồng Phong, Trần Thị Hương (2010), “Xây dựng mô hình vận hành tối ưu chống lũ theo thời gian thực cho hệ thống hồ chứa trên sông Đà và sông Lô,” *Tuyển tập hội Nghị cơ thủy khí toàn quốc*, pp. 229–235.

11. Nguyễn Sinh Huy, Nguyễn Tôn Quyền, Thái Đình Hòe (1987), Đề tài “*Lợi dụng tổng hợp công trình kho nước Dầu Tiếng*”.
12. Nguyễn Sinh Huy (1987), Đề tài “*Dự báo lũ kho nước Dầu Tiếng*”, Trung tâm DH1, Đại học Thủy lợi.
13. Nguyễn Sinh Huy (2003), Đề tài “*Đánh giá hiệu quả và khả năng của công trình Dầu Tiếng khi phối hợp với công trình Phước Hòa*”, Hội Thủy lợi TP. HCM.
14. Đỗ Tiến Lanh, Nguyễn Ân Niên (1996), Dự án “*Tính toán dự báo xâm nhập mặn hạ du sông Sài Gòn-Đồng Nai, phục vụ nhà máy nước Bến Than trên sông Sài Gòn*”.
15. Đỗ Tiến Lanh (1999), “*Tính toán điều phối các hồ chứa trong lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn nhằm cải thiện chế độ xâm nhập mặn trên sông vào mùa khô*”, *Tạp chí Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam*, (2).
16. Đỗ Tiến Lanh (2000), *Nghiên cứu chế độ điều tiết, cấp nước của hồ Dầu Tiếng trong việc đẩy mặn và cải thiện chất lượng nước cho sông Sài Gòn*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật.
17. Đỗ Tiến Lanh, Phạm Thế Vinh (2009), Dự án “*Nghiên cứu dự báo mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước xả hồ Dầu Tiếng phục vụ cấp nước sinh hoạt cho địa bàn TP. HCM*”.
18. Nguyễn Văn Lanh (2010), *Nghiên cứu tính toán các đặc trưng thủy văn thủy lực làm cơ sở cho việc xây dựng quy trình vận hành mùa lũ hồ Dầu Tiếng*, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi.
19. Nguyễn Văn Lanh (2011), “*Nghiên cứu cải tiến phương pháp xả tràn tiết kiệm nước dựa trên mối quan hệ triều-mặn trên sông Sài Gòn phục vụ cấp nước có hiệu quả cho nhà máy nước Tân Hiệp*”, *Tạp chí KHCN Thủy lợi*, (4).
20. Nguyễn Văn Lanh. & Lê Văn Dực (2015), “*Bước đầu đánh giá tính hiệu quả việc xả nước đẩy mặn của hồ Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và đặt vấn đề cho nhiệm vụ nghiên cứu tiếp theo*”, *Tuyển tập KHCN Thủy lợi*, Viện KHTL Miền Nam.
21. Nguyễn Văn Lanh & Lê Văn Dực (2016), “*Nghiên cứu cơ sở khoa học hỗ trợ điều hành tích nước hợp lý và đảm bảo an toàn tuyệt đối công trình thủy lợi Dầu Tiếng*”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL Miền Nam, (19).

22. Tô Thúy Nga (2014), *Mô hình vận hành điều tiết thời gian thực thời kỳ mùa lũ hệ thống hồ chứa trên sông Vu Gia-Thu Bồn*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng.
23. Vũ Văn Nghị và Nnc (2014), “Dự báo xâm nhập mặn hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai và đề xuất giải pháp kiểm soát”, *Tạp chí NN&PTNT*- Kỳ 1- 3/2014.
24. Vũ Văn Nghị (2016), *Mô hình toán Thủy Văn*. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
25. Lê Văn Nghinh và nnk (2006), “Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ-ron thần kinh vào dự báo lũ các sông ở tỉnh Bình Định và Quảng Trị”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, ISSN: 1859-3941.
26. Nguyễn Trung Tính, Trần Văn Tỷ và Huỳnh Vương Thu Minh (2016), “Đánh giá và lựa chọn mô hình khí hậu toàn cầu (GCMs-CMIP5) cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ - Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường*, (42), pp. 81-90.
27. Ngô Lê An, Lê Thị Hải Yến, Ngô Lê Long, Nguyễn Thị Thu Hà (2017), “Phân tích đánh giá một số phương pháp thống kê hiệu chỉnh sai số từ mô hình mưa ngày về trạm mưa-Ứng dụng cho các trạm mưa thuộc tỉnh Bình Định”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường-Trường Đại học Thủy lợi*, (56), pp. 143-149.
28. Ngô Lê An, Nguyễn Thị Bích Ngọc (2012), “Nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ đến các hồ chứa chính trên lưu vực sông Ba bằng mô hình thủy văn mưa dòng chảy (HEC-HMS), mô hình mô phỏng vận hành hồ chứa (HEC-RESSIM) kết hợp với kết quả dự báo từ mô hình khí tượng BOLAM ”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, ISSN: 1859-3941, (38).
29. Triệu Ánh Ngọc (2013), “Tối ưu hóa quy trình vận hành hồ chứa đa mục tiêu”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, ISSN: 1859-3941, (1), pp. 241–243.
30. Nguyễn Ân Niên, Đỗ Tiến Lanh (1995), Đề tài “Nghiên cứu lập quy trình vận hành hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng trong sự phối hợp với Trị An, Thác Mơ, Phước Hòa”.
31. Nguyễn Thành Phong (2011), “Nghiên cứu ngập lụt vùng ven sông Sài Gòn Đồng Nai TPHCM do chế độ xả lũ các hồ Dầu Tiếng, Trị An, Thác Mơ, kết hợp với mưa, triều cường và lũ sông Vàm Cỏ”, *Nguồn*

:<http://www.nsl.hcmus.edu.vn/greenstone/collect/hnkhbk/archives/HASH1e78.dir/doc.pdf>.

32. Trần Thị Xuân Phương (2009), *Tích hợp công nghệ thông tin địa lý và mô hình mạng thần kinh nhân tạo phục vụ việc quản lý nguồn nước lưu vực sông Đồng Nai*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật.
33. Huỳnh Ái Phương, Đào Nguyên Khôi (2016), “Mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Srepok với mạng nơ-ron nhân tạo”, *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ*, (19), pp. 114–120.
34. Nguyễn Tuấn Long, Đinh Công Sản (2009), “Tính toán dòng chảy và điều tiết lũ cho 03 mô hình mưa điển hình trên lưu vực hồ Dầu Tiếng”, *Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ*, Viện KHTL Miền Nam, (12), pp. 365–376.
35. Đinh Công Sản, Nguyễn Tuấn Long (2010), “Xây dựng biểu đồ điều phối trong quy trình vận hành hồ Dầu Tiếng giai đoạn có bổ sung nước từ hồ Phước Hòa,” *Tuyển tập NCKH*, Viện KHTL Miền Nam, (13).
36. Đinh Công Sản, Vũ Minh Thiện (2011), “Xây dựng biểu đồ trữ và cấp nước hiệu quả cho các hồ chứa nước từ hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng-Phước Hòa trong những năm đủ nước, thiếu nước và khan hiếm nước”, *Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ*, Viện KHTL Miền Nam, (14), pp. 230–242.
37. Lâm Hùng Sơn (2005), “Nghiên cứu cơ sở điều hành hệ thống hồ chứa thượng nguồn sông Hồng chống lũ hạ du”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*.
38. Huỳnh Thanh Sơn, Đỗ Đắc Hải (2005), “Tính toán xâm nhập mặn trên sông Sài Gòn dưới tác động của Hồ Dầu Tiếng”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL miền Nam.
39. Huỳnh Thanh Sơn, Ứng Ngọc Nam (2012) “Nghiên cứu dự báo mặn trên sông Sài Gòn, phục vụ cấp nước cho nhà máy nước Tân Hiệp nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước xả hồ Dầu Tiếng”, *Báo Khoa học phổ thông*.
40. Tăng Đức Thắng (2002), *Nghiên cứu bài toán hệ thống thủy lợi có nhiều nguồn nước tác động (ví dụ ứng dụng cho Đồng bằng sông Cửu Long và Đông Nam bộ)*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
41. Tăng Đức Thắng & Nnc (2007) “Xây dựng phần mềm hỗ trợ vận hành hồ chứa

- trong điều kiện không có hệ thống quan trắc dự báo dòng chảy”, *Tuyển tập KHCN*, Viện KHTL Miền Nam.
42. Thủ tướng Chính phủ, “*Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai*”, Ban hành kèm theo Quyết định số 1895/QĐ-TTg, ngày 25/12/2019.
 43. Hà Quang Thụy, Phạm Thị Hoàng Nhung (2009), “Nghiên cứu, sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo trong dự báo lưu lượng nước đến hồ hoà bình trước mười ngày”. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, (27).
 44. Nguyễn Đăng Tính (2012), “Ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo để dự báo mưa và dòng chảy làm cơ sở cho công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai hạn hán trên một số lưu vực sông thuộc vùng Tây Nguyên Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, pp. 1–6.
 45. Tổng cục biển và hải đảo Việt nam-Trung tâm Hải văn (2016), *Bảng triều tại trạm Cảng Sài Gòn năm 2016*.
 46. Võ Khắc Trí (2009), “Đánh giá thực trạng và nhu cầu sử dụng nước của các đối tượng, ngành kinh tế khác nhau trong hệ thống thủy lợi hồ Dầu Tiếng”, *Tuyển tập KHCN Thủy lợi*, Viện KHTL Việt Nam.
 47. Lâm Minh Triết, Phạm Đức Nghĩa, Trịnh Thị Long (2008), Báo cáo chuyên đề “*Nhiễm mặn nước sông Sài Gòn và đề xuất giải pháp ngăn mặn*”.
 48. Lâm Minh Triết (2008), Đề tài “Nghiên cứu đề xuất các giải pháp tổng thể và khả thi bảo vệ nguồn nước sông Sài Gòn đảm bảo an toàn cho cấp nước và cảnh quan đô thị ven sông”.
 49. Lâm Minh Triết (2014), Đề tài “Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến lưu lượng, chất lượng và khả năng xâm nhập mặn nguồn nước sông Sài Gòn và đề xuất các giải pháp ứng phó thích hợp”.
 50. Trung tâm công nghệ phần mềm thủy lợi (2012), Dự án “Xây dựng và lắp đặt hệ thống giám sát hồ chứa nước Dầu Tiếng”.
 51. Bùi Đức Tuấn (2011), “Một số nhận xét về những tác động của cân bằng nước hồ Dầu Tiếng đến môi trường khu vực”, nguồn: <http://vusta.vn/chitiet/tin-tuyen-sinh-dao-tao/Mot-so-nhan-xet-ve-nhung-tac-dong-cua-can-bang-nuoc-ho-Dau->

Tieng-den-moi-truong-khu-vuc-1011.

52. Hoàng Thanh Tùng, Vũ Minh Cát, Roberto Ranzi (2010). “Nghiên cứu cơ sở khoa học vận hành hệ thống hồ chứa phòng lũ cho lưu vực sông Cả”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy Lợi – Môi trường* (số 30-2010).
53. Viện Thủy lợi Môi trường (2013), Dự án “Tư vấn lập quy trình vận hành điều tiết hồ chứa nước Dầu Tiếng khi có bổ sung nước từ hồ Phước Hòa ”.
54. Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia. *Mô hình GFS (Global Forecasting System)*. <http://www.nchmf.gov.vn/Web/vi-VN/103/10/0/qa/Default.aspx>

Tiếng Anh

55. Jer LangHong and Kee An Hong, “Flow Forecasting For Selangor River Using Artificial Neural Network Models to Improve Reservoir Operation Efficiency,” *Int. J. Hybrid Inf. Technol.*, vol. 9, 2016, pp. 89–106.
56. Anusree. K, K.O.Varghese, “Streamflow Prediction of Karuvannur River Basin Using ANFIS, ANN and MNLR Models,” *Procedia Technol.*, vol. 24, 2016, pp. 101–108.
57. Chin-Teng Lin, C.S. George Lee. *Neural fuzzy systems: a neuro-fuzzy synergism to intelligent systems*, Prentice-Hall Inc, 1996.
58. D. Nagesh Kumar, M. Janga Reddy, “Ant Colony Optimization for Multi-Purpose Reservoir Operation,” *Water Resour. Manag.*, 2006, pp. 337–353.
59. L, Dawson C. W. and Wilby R, “Hydrological modelling using artificial neural networks,” *Prog. Phys. Geogr.*, no. 25(1), 2001, pp. 80–108.
60. Fausett, Laurene V, “Backpropagation neural network. In: *Fundamentals of Neural Networks*,” no. New Jersey USA, 1994, pp. 289–332.
61. Hagan, Martin T, “*Neural Network Design (2nd edition)*”, Oklahoma state University, 2014.
62. Jothiprakash. V, and Ganesan Shanthi, “Single reservoir operation policies using genetic algorithm,” *Water Resour. Manag.*, vol. 20, 2006, pp. 917–929.
63. Li Chen, James McPhee, William W, G. Yeh, “A diversified multiobjective GA

- for optimizing reservoir rule curves,” *Avances Water Resour.*, vol. 30, 2007, pp. 1082–1093.
64. Xiang Li, Shenglian Guo, Pan Liu, Guiya Chen, “Dynamic control of flood limited water level for reservoir operation by considering inflow uncertainty,” *Journal of Hydrology*, Vol. 391, Issues 1–2, 2010, pp: 124-132
 65. MATLAB and Statistics Toolbox Release 2016a. United States.
 66. MS. Hashemi, G.A Barani and H. Ebrahimi, “Optimization of reservoir operation by genetic algorithm considering inflow probabilities” (Case Study: The Jiroft Dam Reservoir). *Journal of Applied Sciences*, 2008, pp. 2173-2177.
 67. Ngô Lê Long, Henrik Madsen Dan Rosbjerg, “Simulation and optimisation modelling approach for operation of the Hoa Binh reservoir, Vietnam,” *J. Hydrol.* 336, 2007, pp. 269-281.
 68. Rezaeian, Zadeh Mehdi, “Daily Outflow Prediction by Multi Layer Perceptron with Logistic Sigmoid and Tangent Sigmoid Activation Functions,” *Water Resour Manag.*, no. 24(11), 2010, pp. 2673–2688.
 69. Rezaeian, Zadeh Mehdi, “Prediction of monthly discharge volume by different artificial neural network algorithms in semi-arid regions,” *Arab. J. Geosci.*, no. 6(7), 2013, pp. 2529–2537.
 70. Seyed Jamshid Mousavi, Mohammad Karamouz, “Computational improvement for dynamic programming models by diagnosing in feasible storage combinations,” *Adv. Water Resour*, vol. 26, 2003, pp. 851–859..
 71. Shahrokh Asadi, Jamal Shahrabi, Peyman Abbaszadeh, Shabnam Tabanmehr, “A new hybrid artificial neural networks for rainfall–runoff process modeling,” *Neurocomputing*, vol. 121, 2013, pp. 470–480.
 72. Muhammad Tayyab, Jianzhong Zhou Xiaofan Zeng Rana Adnan, “Discharge Forecasting By Applying Artificial Neural Networks At The Jinsha River Basin, China,” *European Scientific Journal*, vol. 12, 2016, pp. 108-127.
 73. Vahid, Nourani, “An Emotional ANN (EANN) approach to modeling rainfall-runoff process,” *J. Hydrol.*, vol. 554, 2017, pp. 267–277.

74. Hendrik Tolman, *Descriptions of the Major Modeling Systems Operated at NOAA/NWS/NCEP*. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2014.
75. Author European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
https://library.wmo.int/index.php?lvl=author_see&id=836#.XbFPSegzbcs
76. NOAA – National center for environmental information. *Global Forecast System (GFS)*.
<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>.
77. Xiang-Yang Li, K.W. Chau, Chun-Tian Cheng¹, Y.S. Li: A Web-based flood forecasting system for Shuangpai Region., *Advances in Engineering Software*, Vol. 37, No. 3, 2006, pp. 146-158.
78. Chih-Chiang Wei, Nien-Sheng Hsu, Multireservoir real-time operations for flood control using balanced water level index method., *Journal of Environmental Management*, Vol. 88, Issue 4, 2008, pp 1624-1639.
79. Giha Lee, Sunmin Kim, Kwansue Jung, and Yasuto Tachikawa, Development of a Large Basin Rainfall–Runoff Modeling System Using the Object-oriented Hydrologic Modeling System (OHyMoS)., *KSCE Journal of Civil Engineering* , Vol. 15, No. 3, 2011, pp. 595-606.
80. Bahram Malekmohammadi, Banafsheh Zahraie, and Reza Kerachian, A real-time operation optimization model for flood management in river-reservoir system., *Nat Hazards* (2010) 53:459–482.
81. Bertrand Richaud, Henrik Madsen, Dan Rosbjerg, Claus B. Pedersen and Long L. Ngo, Real-time optimisation of the Hoa Binh reservoir, Vietnam., *Hydrology Research* [42.2–3] 2011.
82. J. Yazdi, S. A. A. Salehi Neyshabouri, A Simulation-Based Optimization Model for Flood Management on a Watershed Scale., *Water Resour Manage*, Published online: 11 October 2012.
83. Chun-Tian Cheng, K.W. Chau, “Flood control management system for reservoirs”, *Environmental Modelling & Software* 19 (2004) 1141–1150.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: TÓM TẮT QUY TRÌNH VẬN HÀNH 1895	162
Phụ lục 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT MẠNG NƠ-RON	169
Phụ lục 3: THỐNG KÊ VỀ ĐỘ LỆCH PHA (giờ) TẠI VỊ TRÍ QUAN TRẮC	176
Phụ lục 4: TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH DỰ BÁO THỜI TIẾT TOÀN CẦU..	179
Phụ lục 5: MÃ (CODE) CHƯƠNG TRÌNH HỖ TRỢ ĐIỀU HÀNH HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG.....	188
Phụ lục 6: CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH NAM	198
Phụ lục 7: CAO TRÌNH MỨC NƯỚC TÍCH HỢP LÝ VÀ LƯU LƯỢNG ĐẾN TÍCH LŨY TRUNG BÌNH	204
Phụ lục 8: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 01 NĂM 2016.....	217
Phụ lục 9: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 02 NĂM 2016.....	218
Phụ lục 10: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 3 NĂM 2016.....	219
Phụ lục 11: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 4 NĂM 2016.....	219
Phụ lục 12: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 5 NĂM 2016.....	220
Phụ lục 13: LƯỢNG NƯỚC XẢ ĐẦY MẶN MÙA KHÓ NĂM 2016.....	220
Phụ lục 14: MỐI QUAN HỆ TRIỀU - MẶN TỪ 18/4 ĐẾN 26/4/2016 (đợt 8)	221
Phụ lục 15: MỐI QUAN HỆ TRIỀU - MẶN TỪ 04/5 ĐẾN 10/5/2016 (đợt 9)	222
Phụ lục 16: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LŨ	222

Phụ lục 1: TÓM TẮT QUY TRÌNH VẬN HÀNH 1895

Phần I

MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU

Điều 1. Mục đích

1. Điều tiết, vận hành hồ Dầu Tiếng đảm bảo hiệu quả và đúng quy định tại Quyết định số 1895/QĐ-TTg ngày 25/12/2019 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai (Quy trình 1895).

2. Chủ động điều tiết tích và xả nước hợp lý, hạn chế xảy ra tổ hợp bất lợi khi triều cường, mưa lớn kết hợp xả lũ nhằm bảo vệ an toàn tính mạng nhân dân, an toàn công trình, phòng chống ngập lụt cho hạ du và đảm bảo nhiệm vụ cấp nước của hồ Dầu Tiếng.

Điều 2. Yêu cầu

1. Trong mùa lũ vận hành hồ Dầu Tiếng phải đảm bảo an toàn tuyệt đối cho công trình hồ Dầu Tiếng, không để mực nước hồ chứa vượt cao trình mực nước lũ kiểm tra với mọi trận lũ có chu kỳ lặp lại nhỏ hơn hoặc bằng 5.000 năm; Góp phần giảm lũ cho hạ du; Đảm bảo hiệu quả cấp nước và dòng chảy tối thiểu trên sông.

2. Trong mùa cạn vận hành hồ Dầu Tiếng phải đảm bảo an toàn công trình; đảm bảo nhu cầu sử dụng nước, hiệu quả cấp nước ở hạ du và dòng chảy tối thiểu trên sông.

Phần II

QUY ĐỊNH CHUNG

Điều 3. Thời gian vận hành mùa lũ, mùa cạn của hồ Dầu Tiếng quy định như sau:

1. Thời gian vận hành mùa lũ: Từ ngày 01 tháng 7 đến ngày 30 tháng 11.
2. Thời gian vận hành mùa cạn: Từ ngày 01 tháng 12 đến ngày 30 tháng 6 năm sau.

Điều 4. Vận hành công trình xả của hồ phải tuân thủ trình tự, phương thức đóng, mở cửa van theo đúng quy trình vận hành công trình xả đã được ban hành, nhằm đảm bảo ổn định cho hệ thống công trình đầu mối; bảo đảm an toàn tính mạng, tài sản của người dân và các hoạt động có liên quan đến vận hành, điều tiết nước ở hạ lưu của hồ chứa.

Phần III

VẬN HÀNH HỒ DẦU TIẾNG TRONG MÙA LŨ

Điều 5. Nguyên tắc vận hành hồ Dầu Tiếng giảm lũ cho hạ du

1. Việc thực hiện chế độ vận hành bảo đảm an toàn công trình được thực hiện theo quy trình vận hành của hồ đã được cấp có thẩm quyền ban hành, trừ các trường hợp bất thường hoặc các trường hợp khác do Thủ tướng Chính phủ hoặc Trưởng Ban Chỉ đạo Trung ương về phòng, chống thiên tai quyết định.

2. Vận hành giảm lũ cho hạ du phải bảo đảm không gây dòng chảy đột biến, bất thường đe dọa trực tiếp đến tính mạng và tài sản của người dân ở ven sông hạ du hồ.

3. Trong thời gian mùa lũ, khi chưa tham gia vận hành giảm lũ cho hạ du, mực nước hồ Dầu Tiếng không được vượt quá mực nước cao nhất trước lũ quy định tại Bảng 2.

4. Phải thường xuyên theo dõi, cập nhật thông tin về tình hình thời tiết, mưa, lũ; mực nước tại trạm thủy văn Phú An, thời kỳ triều cường; mực nước, lưu lượng đến hồ và các bản tin dự báo tiếp theo để vận hành, điều tiết hồ cho phù hợp với tình hình thực tế.

5. Khi kết thúc quá trình giảm lũ cho hạ du, vận hành trong tình huống bất thường hoặc vận hành bảo đảm an toàn công trình phải đưa dần mực nước hồ về mực nước cao nhất trước lũ quy định tại Bảng 2.

Điều 6. Quy định mực nước vận hành hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ

1. Mực nước ứng với các cấp báo động lũ trên sông Sài Gòn tại trạm Phú An:

Bảng 1: Mực nước tương ứng với các cấp báo động lũ trạm thủy văn Phú An

Tên sông	Trạm thủy văn	Mực nước tương ứng với các cấp báo động (m)		
		I	II	III
Sài Gòn	Phú An	1,4	1,5	1,6

2. Mực nước tại Phú An để quyết định vận hành cắt, giảm lũ cho hạ du là 1,4 m.

3. Mực nước cao nhất trước lũ của hồ trong mùa lũ được quy định như sau:

Bảng 2: Mực nước cao nhất trước lũ của hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ

Thời kỳ	Từ 01 tháng 7 đến 15 tháng 7	Từ 16 tháng 7 đến 31 tháng 7	Từ 01 tháng 8 đến 15 tháng 8	Từ 16 tháng 8 đến 31 tháng 8	Từ 01 tháng 9 đến 15 tháng 9	Từ 16 tháng 9 đến 30 tháng 9	Từ 01 tháng 10 đến 15 tháng 10	Từ 16 tháng 10 đến 30 tháng 10	Từ 01 tháng 11 đến 31 tháng 11	Từ 01 tháng 12 đến 31 tháng 12
Mực nước hồ	20,3	21,2	22,1	22,7	23,3	23,65	24	24,4		Thời gian vận hành mùa cạn

Điều 7. Các trường hợp vận hành hồ Dầu Tiếng trong mùa lũ

1. Vận hành giảm lũ cho hạ du:

- Thực hiện việc vận hành, điều tiết mực nước hồ Dầu Tiếng đảm bảo hiệu quả theo quy định tại Điều 13 Quy trình 1895.

- Giao Cơ quan Thường trực Ban Chỉ huy Phòng chống thiên tai và Tìm kiếm cứu nạn Thành phố Hồ Chí Minh (BCH PCTT&TKCN TP. HCM) ban hành văn bản đề nghị Giám đốc Công ty TNHH Một Thành viên Khai thác Thủy lợi Dầu Tiếng - Phước Hòa (Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa) thực hiện như sau:

TT	Tình huống	Chế độ vận hành	Cơ quan ra quyết định	Theo dõi quá trình thực hiện Quy định
	Thời gian đầu của chu kỳ triều cường chưa lên (khoảng 7 ngày): mực nước ở trạm thủy văn Phú An $\leq 1,4\text{m}$.	Vận hành hạ thấp mực nước hồ ($Q_{\text{xả}} > Q_{\text{đến}}$) $Q_{\text{xả}} \leq 200 \text{ m}^3/\text{s}$.	Thường trực BCH PCTT&TKCN TP. HCM	Vận hành hồ đảm bảo mực nước không vượt quá mực nước cao nhất trước lũ quy định tại Bảng 2. Theo dõi mực nước trạm Phú An và mực nước hồ tương ứng để chuyển sang chế độ vận hành cắt, giảm lũ cho hạ du hoặc vận hành đảm bảo an toàn công trình (điểm a khoản 1 Điều 13 Quy trình 1895).
2	Thời gian chu kỳ triều cường lên (khoảng 7 ngày): mực nước ở trạm thủy văn Phú An $> 1,4\text{m}$.	Vận hành cắt, giảm lũ cho hạ du ($Q_{\text{xả}} < Q_{\text{đến}}$) $Q_{\text{xả}} \leq 200 \text{ m}^3/\text{s}$		Nếu mực nước hồ đạt đến cao trình 25,1m thì thực hiện chế độ vận hành duy trì mực nước hồ ($Q_{\text{xả}}=Q_{\text{đến}}$ sai số cho phép $\pm 10\%$); sẵn sàng chuyển sang vận hành đảm bảo an toàn công trình (điểm b khoản 1 và điểm c khoản 2 Điều 13 Quy trình 1895).
3	Thời gian chu kỳ triều cường xuống (khoảng 5 ngày): - Mực nước ở trạm thủy văn Phú An $< 1,3\text{m}$ - Sau đợt lũ và mực nước ở hạ du đang xuống: $1,3\text{m} < \text{Phú An} < 1,4\text{m}$ và dự báo có khả năng xuất hiện đợt lũ mới.	Vận hành hạ thấp mực nước hồ ($Q_{\text{xả}} > Q_{\text{đến}}$) $Q_{\text{xả}} \leq 200 \text{ m}^3/\text{s}$		Trong quá trình vận hành, nếu lũ tiếp tục lên thì căn cứ vào từng trường hợp mực nước trạm thủy văn Phú An tương ứng và mực nước hồ để thực hiện chế độ vận hành cắt, giảm lũ cho hạ du hoặc chế độ vận hành đảm bảo an toàn công trình (điểm c, điểm d khoản 1 và điểm a khoản 2 Điều 13 Quy trình 1895).

- Trong trường hợp cần thiết, Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM có thể xem xét, quyết định lưu lượng xả về hạ du lớn hơn nhưng không được vượt quá $300 \text{ m}^3/\text{s}$ và phải bảo đảm không gây ngập, lụt khu vực ven sông ở hạ du hồ (trừ trường hợp vận hành bảo đảm an toàn công trình).

2. Vận hành trong tình huống bất thường:

Tình huống	Chế độ vận hành	Cơ quan ra quyết định	Ghi chú
- Có cảnh báo mưa, lũ lớn mà ở dưới hạ du đang bị ngập với cấp độ rủi ro thiên tai từ cấp độ 3 trở lên. - Mực nước hồ Dầu Tiếng đạt 25,1 m mà	Vận hành trong tình huống bất thường.	Chủ tịch Ủy ban nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh	Thực hiện cho đến khi các tình huống đã hết hoặc đã được khắc phục.

mức nước trạm thủy văn Phú An vẫn trên báo động III (1,6m). - Xuất hiện sự cố hoặc có nguy cơ đe dọa an toàn hồ chứa, an toàn công trình thủy lợi, kết cấu hạ tầng ở hạ du. - Các tình huống bất thường khác do Chủ tịch UBND TP. HCM quyết định (điểm c khoản 2 Điều 7 Quy trình 1895).		Minh (UBND TP. HCM), (điểm c khoản 3 Điều 7 Quy trình 1895).	Kết thúc chế độ vận hành trong tình huống bất thường phải đưa dần mực nước hồ về mực nước cao nhất trước lũ.
--	--	--	--

- Việc quyết định, chỉ đạo vận hành hồ Dầu Tiếng đối với các trường hợp quy định tại khoản 1 và khoản 2 Điều 7 nêu trên được thực hiện bằng một trong các hình thức sau: lệnh vận hành, chỉ đạo bằng văn bản, điện thoại, tin nhắn hoặc chỉ đạo trực tiếp bằng các hình thức phù hợp khác (sau đây gọi tắt là lệnh vận hành). Trường hợp không chỉ đạo bằng văn bản thì Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa phải thông báo lại việc thực hiện bằng văn bản và lưu trữ để phục vụ kiểm tra, giám sát việc vận hành.

- Trường hợp xuất hiện các tình huống phải thực hiện chế độ vận hành giảm lũ cho hạ du hoặc phải chuyển sang chế độ vận hành trong tình huống bất thường theo quy định mà Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa không nhận được quyết định, chỉ đạo của Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM hoặc Chủ tịch UBND TP. HCM thì Giám đốc Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa quyết định vận hành hồ và chịu trách nhiệm về quyết định của mình, đồng thời báo cáo ngay tới Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM, tỉnh Tây Ninh, tỉnh Bình Dương hoặc Chủ tịch UBND TP. HCM, tỉnh Tây Ninh và tỉnh Bình Dương.

3. Vận hành đảm bảo an toàn công trình, vận hành trong điều kiện bình thường và tích nước cuối mùa lũ: do Giám đốc Công ty Dầu Tiếng–Phước Hòa ra quyết định và chịu trách nhiệm về quyết định của mình (điểm d khoản 3 Điều 7 Quy trình 1895).

a) Vận hành đảm bảo an toàn công trình:

Tình huống	Chế độ vận hành	Cơ quan ra quyết định	Ghi chú
Trong quá trình vận hành giảm lũ cho hạ du, mực nước hồ đạt đến cao trình 25,1m và lũ về hồ tiếp tục tăng và có khả năng ảnh hưởng đến an toàn của công trình.	Vận hành đảm bảo an toàn công trình theo Quy trình vận hành của hồ đã được cấp có thẩm quyền ban hành.	Giám đốc Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa (điểm d khoản 3 Điều 7 Quy trình 1895).	Thực hiện cho đến khi mực nước hồ giảm xuống dưới cao trình 25,1m và lũ đến hồ đã giảm.

b) Vận hành tích nước cuối mùa lũ:

Tình huống	Chế độ vận hành	Cơ quan ra quyết định	Ghi chú
Sau ngày 01 tháng 10 mà không có bản tin cảnh báo hoặc dự báo mưa lũ và dự báo trong 10 ngày tới ở các địa phương trên lưu vực sông Đồng Nai không xuất hiện các hình thể thời tiết có thể gây mưa, lũ lớn trên lưu vực (điểm d khoản 2 Điều 7 Quy trình 1895).	Vận hành tích nước cuối mùa lũ, tổng Q xả < Q đến nhằm tích nước vào hồ.	Giám đốc Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa (điểm d khoản 3 Điều 7 Quy trình 1895).	Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa phải báo cáo tới Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM. việc vận hành tích nước phải bảo đảm mực nước hồ không được vượt quá mực nước cao nhất trước lũ quy định tại Bảng 2.

c) Vận hành trong điều kiện bình thường:

Tình huống	Chế độ vận hành	Cơ quan ra quyết định	Ghi chú
Vận hành để điều tiết, bảo đảm nhu cầu sử dụng nước ở hạ du, dòng chảy tối thiểu trên sông gắn với nhiệm vụ cấp nước, phát điện (điểm d khoản 1 Điều 7 Quy trình 1895).	Vận hành xả nước thường xuyên, liên tục về hạ du sông Sài Gòn đảm bảo lưu lượng từ 20m ³ /s đến 36m ³ /s và phải bảo đảm việc khai thác nước ổn định, an toàn của Nhà máy nước Tân Hiệp (điểm b khoản 3 Điều 17 Quy trình 1895).	Giám đốc Công ty Dầu Tiếng – Phước Hòa (điểm d khoản 3 Điều 7 Quy trình 1895).	Trong quá trình vận hành, trường hợp có yêu cầu của Chủ tịch UBND TP. HCM, Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM thì hồ phải thực hiện việc xả nước về hạ du theo yêu cầu (khoản 6 Điều 17 Quy trình 1895).

Điều 8. Phối hợp vận hành đối với hồ Phước Hòa

1. Trong quá trình hồ Dầu Tiếng vận hành giảm lũ cho hạ du thì hồ Phước Hòa không được chuyển nước sang hồ Dầu Tiếng (điểm a khoản 2 Điều 14, Quy trình 1895).
2. Trường hợp vận hành trong điều kiện bình thường: hồ Phước Hòa phải vận hành xả thường xuyên, liên tục về hạ du sông Bé, bảo đảm lưu lượng từ 14m³/s đến 25m³/s và vận hành kênh chuyển nước Phước Hòa - Dầu Tiếng phù hợp với yêu cầu sử dụng nước trong hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng (điểm a khoản 3 Điều 17, Quy trình 1895).

Phần IV

VẬN HÀNH HỒ DẦU TIẾNG TRONG MÙA CẠN

Điều 9. Nguyên tắc vận hành hồ trong mùa cạn

1. Bảo đảm sử dụng nước tiết kiệm, hiệu quả, cấp nước an toàn đến cuối mùa cạn.
2. Căn cứ lưu lượng đến hồ, mực nước hồ và các khoảng mực nước quy định tại Bảng 3 dưới đây để quyết định lưu lượng xả, thời gian xả phù hợp.

Bảng 3: Khoảng mực nước để điều hành hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn

TT	Khoảng thời gian (ngày/tháng)		Khoảng mực nước (m)	
	Từ	Đến	Từ	Đến
1	01/12	11/12	21,67	24,40
2	11/12	21/12	21,60	24,24
3	21/12	01/01	21,55	24,09
4	01/01	11/01	21,50	23,93
5	11/01	21/01	21,21	23,62
6	21/01	01/02	21,03	23,30
7	01/02	11/02	20,81	22,99
8	11/02	21/02	20,51	22,64
9	21/02	01/3	20,21	22,28
10	01/3	11/3	19,97	21,93
11	11/3	21/3	19,46	21,55
12	21/3	01/4	19,03	21,16

TT	Khoảng thời gian (ngày/tháng)		Khoảng mực nước (m)	
	Từ	Đến	Từ	Đến
13	01/4	11/4	18,59	20,78
14	11/4	21/4	18,28	20,51
15	21/4	01/5	17,98	20,23
16	01/5	11/5	17,70	19,96
17	11/5	21/5	17,48	19,78
18	21/5	01/6	17,45	19,61
19	01/6	11/6	17,40	19,43
20	11/6	21/6	17,38	19,22
21	21/6	30/6	17,35	19,00
22	30/6	11/7	(*)	(*)
23	11/7	21/7	(*)	(*)
24	21/7	31/7	(*)	(*)

(*) Thời gian vận hành mùa lũ

3. Trường hợp mực nước hồ thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3 phải căn cứ dự báo dòng chảy đến hồ, yêu cầu sử dụng nước tối thiểu ở hạ du để điều chỉnh giảm lưu lượng xả phù hợp nhằm đưa mực nước hồ về khoảng quy định tại Bảng 3.

Điều 10. Thẩm quyền quyết định vận hành hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn

1. Trong điều kiện bình thường, Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa quyết định vận hành hồ Dầu Tiếng, trừ các trường hợp quy định tại khoản 2, 3, 4 và khoản 5 Điều này.

2. Trường hợp vào đầu mùa cạn mà mực nước hồ Dầu Tiếng thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3, thì căn cứ tình hình thực tế, lưu lượng đến hồ, mực nước hồ và dự báo lưu lượng đến hồ, Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa đề xuất phương án vận hành hồ, gửi Bộ TN & MT để chủ trì, phối hợp với các cơ quan, đơn vị liên quan xem xét, quyết định điều chỉnh lưu lượng, thời gian vận hành các hồ nhằm bảo đảm chậm nhất đến ngày 01/02 mực nước hồ không thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3.

3. Trường hợp 30 ngày liên tục mà mực nước hồ Dầu Tiếng vẫn thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3 (trừ trường hợp quy định tại khoản 2 Điều này) thì Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa báo cáo Chủ tịch UBND TP. HCM, Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM xem xét, quyết định, điều chỉnh lưu lượng xả, thời gian xả phù hợp nhằm đưa dần mực nước hồ về khoảng mực nước quy định tại Bảng 3. Việc điều

chỉnh chế độ vận hành (lưu lượng, thời gian) xả nước xuống hạ du của hồ được thực hiện cho đến khi mực nước hồ không thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3.

4. Trường hợp xảy ra hạn hán với cấp độ rủi ro thiên tai từ cấp độ 2 trở lên (trừ các trường hợp quy định tại khoản 2, khoản 3 Điều này), căn cứ tình hình thực tế, lưu lượng đến hồ, mực nước hồ, dự báo lưu lượng đến hồ và nhu cầu sử dụng nước tối thiểu ở hạ du, Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa lập phương án, báo cáo gửi Chủ tịch UBND TP. HCM hoặc Bộ NN & PTNT theo thẩm quyền quy định của pháp luật về phòng, chống thiên tai để xem xét, quyết định chế độ vận hành hồ cho phù hợp với tình hình hạn hán và bảo đảm yêu cầu sử dụng tối thiểu đến cuối mùa cạn, bao gồm cả việc xem xét sử dụng một phần dung tích chết của hồ thông qua việc xả nước qua các cửa van.

5. Trường hợp trong thời gian vận hành mùa cạn (từ 01/12 đến 30/6 năm sau) mà xuất hiện một trong các tình huống bất thường dưới đây thì Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM quyết định việc vận hành các hồ theo chế độ vận hành trong mùa lũ hoặc báo cáo cấp có thẩm quyền theo quy định của pháp luật về phòng, chống thiên tai:

a) Khi Tổng cục KTTV cảnh báo ở hạ du xuất hiện hoặc có nguy cơ xuất hiện lũ, ngập lụt với cấp độ rủi ro thiên tai do lũ, ngập lụt theo quy định của pháp luật về phòng, chống thiên tai từ cấp độ 1 trở lên;

b) Khi mực nước hồ Dầu Tiếng đã đạt đến cao trình 25,1m mà mực nước tại trạm thủy văn Phú An trên báo động II;

c) Xảy ra sự cố hoặc có nguy cơ xảy ra sự cố công trình;

d) Các tình huống khác có nguy cơ đe dọa đến an toàn công trình, khu vực hạ du.

Việc xem xét, quyết định phương án vận hành hồ Dầu Tiếng trong các tình huống bất thường quy định tại khoản này phải căn cứ vào diễn biến tình hình mưa, lũ và yêu cầu đảm bảo an toàn cho hạ du nhưng phải đảm bảo an toàn công trình.

Điều 11. Vận hành hồ Dầu Tiếng trong mùa cạn

1. Hàng ngày, vận hành các công lấy nước đầu kênh phù hợp với yêu cầu sử dụng nước của hệ thống thủy lợi Dầu Tiếng và xả nước thường xuyên, liên tục về hạ du sông Sài Gòn bảo đảm lưu lượng như sau:

a) Không nhỏ hơn $36\text{m}^3/\text{s}$ trong trường hợp mực nước hồ cao hơn khoảng mực

nước quy định tại Bảng 3;

b) Từ $30\text{m}^3/\text{s}$ đến $36\text{m}^3/\text{s}$ trong trường hợp mực nước hồ nằm trong khoảng mực nước quy định tại Bảng 3;

c) Từ $25\text{m}^3/\text{s}$ đến $30\text{m}^3/\text{s}$ trong trường hợp mực nước hồ thấp hơn khoảng mực nước quy định tại Bảng 3;

2. Trong quá trình vận hành trong mùa cạn, nếu độ mặn nước sông Sài Gòn tại vị trí trạm Bơm Hòa Phú vượt 250 mg/l liên tục trong 24 giờ: giao Thường trực BCH PCTT&TKCN TP. HCM tham mưu Trưởng BCH PCTT&TKCN TP. HCM quyết định việc điều chỉnh thời gian, lưu lượng xả của hồ Dầu Tiếng cho phù hợp.

Phần V

TỔ CHỨC THỰC HIỆN

Điều 12. Trách nhiệm của Thường trực BCH PCTT&TKCN TP. HCM. **Điều 13.** Trách nhiệm của Công ty Dầu Tiếng-Phước Hòa. **Điều 14.** Trách nhiệm về an toàn công trình. **Điều 15.** Chế độ quan trắc, dự báo trong mùa lũ. **Điều 16.** Trách nhiệm cung cấp thông tin, báo cáo trong mùa lũ. **Điều 17.** Chế độ quan trắc, dự báo và trách nhiệm cung cấp thông tin báo cáo trong mùa cạn.

Phụ lục 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT MẠNG NƠ-RON

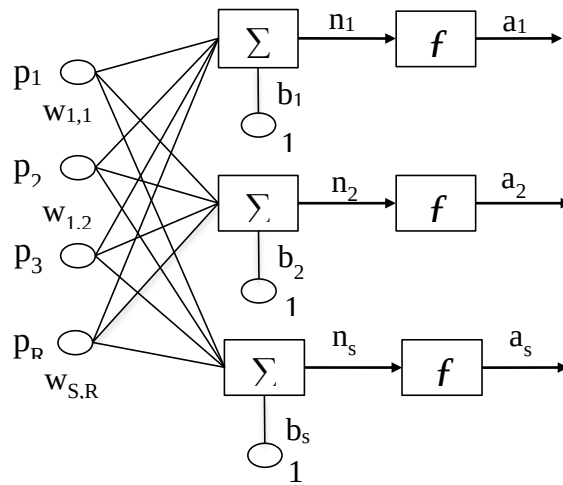
1. Cấu trúc mạng nơ-ron

- *Mạng nơ-ron đơn lớp:*

Mạng nơ-ron đơn lớp **S** được thể hiện tại Hình 1. Ứng với mỗi đầu vào **R** kết nối với những nơ-ron mà ma trận trọng số **W** có **S** dòng. Một lớp bao gồm ma trận trọng số **W**, hàm tính tổng, bias **b**, hàm kích hoạt **f**, và vector đầu ra **a**.

Mỗi yếu tố (element) của vector đầu vào **p** được kết nối với mỗi nơ-ron thông qua ma trận trọng số **W**. Mỗi nơ-ron có một bias **b_i**, một hàm tính tổng, một hàm kích hoạt **f**, một đầu ra **a_i**. Kết hợp lại với nhau, tạo thành vector đầu ra **a_i**.

Thông thường số lượng đầu vào của một lớp khác với số lượng nơ-ron. Không nhất thiết tất cả nơ-ron trong một lớp đều cùng một hàm kích hoạt.



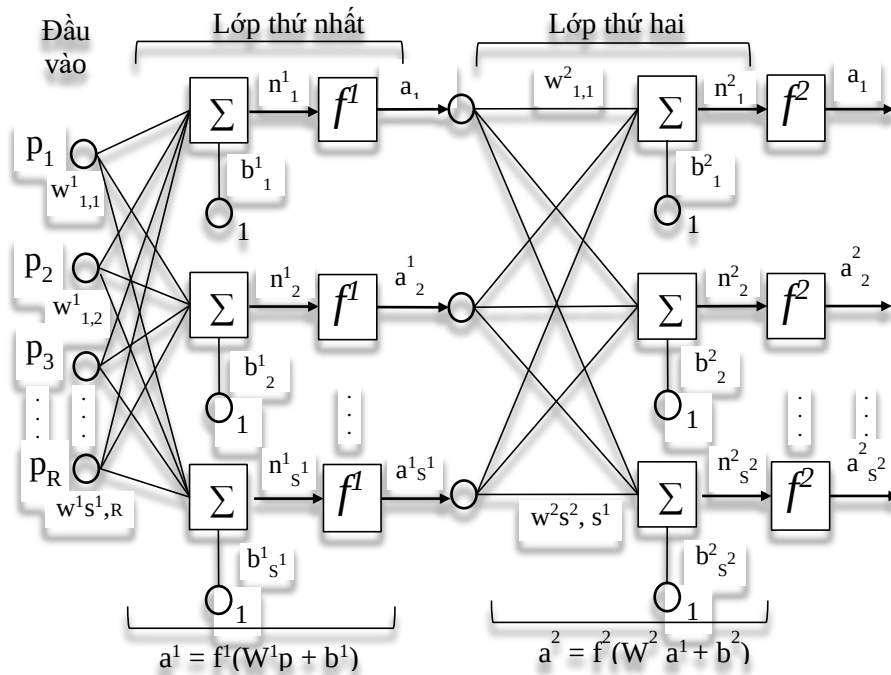
Hình 1: Sơ đồ mạng nơ-ron đơn lớp [61]

Một ma trận trọng số đưa vào mạng có dạng:
$$W = \begin{pmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} & \cdots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,2} & \cdots & w_{2,R} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{S,1} & w_{S,2} & \cdots & w_{S,R} \end{pmatrix}$$

- *Mạng nơ-ron đa lớp (MLP):*

Mạng MLP là mạng nơ-ron nhiều lớp, mỗi lớp có các trọng số $\mathbf{w}$ và bias $\mathbf{b}$ của riêng lớp đó. Lớp có chứa kết quả đầu ra của cả mạng nơ-ron thì gọi là lớp đầu ra (output layer), những lớp còn lại ở giữa sẽ gọi là lớp ẩn (hidden layer). Thông thường lớp đầu tiên nhận tín hiệu đầu vào và tính toán làm kết quả đầu vào cho lớp ẩn sẽ là lớp đầu vào (input layer). Qua tham khảo một số tài liệu, nghiên cứu này sử dụng tên gọi thống nhất cho các lớp của mạng nơ-ron là: Lớp đầu vào (Input layer) – Lớp ẩn (Hidden layer) – Lớp đầu ra (Output layer).

Số lượng của các **node** đầu vào mạng và số lượng node đầu ra mạng được xác định dựa vào từng bài toán cụ thể. Ví dụ có 4 biến đầu vào thì số **node** đầu vào mạng sẽ là 4, tương tự cần 7 biến kết quả đầu ra thì số node đầu ra mạng sẽ là 7. Những đặc tính mong muốn của tín hiệu đầu ra cũng giúp việc lựa chọn hàm kích hoạt cho mạng. Nếu lớp đầu ra là -1 hoặc 1 thì nên sử dụng hàm **hard limit transfer**. Do đó, cấu trúc của một mạng đa lớp gần như hoàn toàn được xác định bởi những vấn đề cụ thể, bao gồm số lượng node đầu vào, đầu ra, và những đặc tính của tín hiệu đầu ra.



Hình 2: Mô hình mạng nơ-ron đa lớp [61]

Về số lượng node cho lớp ẩn vẫn còn là vấn đề mở. Chưa có nghiên cứu nào chỉ ra rằng cần phải có một số lượng **node** ẩn thế nào để mạng tối ưu. Đối với số lớp trong một mạng nơ-ron, thông thường các mạng thực tế có 2 hoặc 3 lớp. Hiếm có các mạng nào nhiều lớp hơn được sử dụng. Một vấn đề khác cần nhắc tới chính là thông số bias **b** của mạng, khi xây dựng mạng có thể đưa vào hoặc không đưa vào thông số này. Bias được đưa vào mạng như là một biến bổ sung, với mong đợi giúp mạng hoạt động hiệu quả hơn. Quả thực, các kết quả cho thấy mạng có bias giúp mô hình biểu hiện tốt hơn. Tuy nhiên một số tác giả, hoặc nghiên cứu bỏ thông số này ra khỏi mô hình nhằm làm đơn giản mạng, và giảm số lượng các thông số đưa vào mạng [61].

2. Luật học của mạng nơ-ron

Học giám sát: Là luật học được cung cấp với một bộ các ví dụ (bộ huấn luyện) phù hợp với hành vi của mạng:

$$\{p_1, t_1\}, \{p_2, t_2\}, \{p_3, t_3\} \dots \{p_Q, t_Q\} \quad (1)$$

Trong đó p_Q là đầu vào của mạng và t_Q là mục tiêu đầu ra của mạng (target).

Học tăng cường (Reinforcement learning): Là tương tự với học có giám sát, tuy nhiên, thay vì cung cấp giá trị đầu ra chính xác với mỗi thông tin đầu vào, thuật toán chỉ được cho bởi một cấp (một điểm số).

Học không giám sát (Unsupervised Learning): Trong luật học không giám sát, trọng số và bias của mạng được chỉnh sửa để phù hợp chỉ với những giá trị đầu vào. Hầu hết các thuật toán trong loại hình học không giám sát này là thuật toán phân cụm. Các mẫu đầu vào được phân thành một số cụm dùng cho việc học [61].

3. Các thuật toán huấn luyện mạng ANN

- ***Cơ sở lý thuyết thuật toán lan truyền ngược***

Trong quá trình lan truyền, mỗi đơn vị (unit) lớp đầu vào X_i (input layer) nhận một tín hiệu đầu vào và phát tín hiệu này tới các đơn vị thuộc lớp ẩn Z_j (hidden layer). Mỗi đơn vị thuộc lớp ẩn sẽ tính toán các tín hiệu này và phát tới lớp đầu ra Y_k (output layer). Tại lớp đầu ra, mỗi đơn vị sẽ tự tính toán và hình thành nên các phản hồi của mạng (response) dựa trên từng mô hình dữ liệu đầu vào. Trong quá trình huấn luyện, mỗi đơn vị đầu ra sẽ so sánh kết quả tính toán được (y_k) với giá trị mục tiêu (target value - t_k) để xác định lỗi liên quan. Dựa trên lỗi này, yếu tố δ_k được tính toán. δ_k được sử dụng để phân bố lỗi trở lại tại đơn vị đầu ra Y_k cho tất cả các lớp trước đó. Nó cũng được sử dụng để cập nhật những trọng số giữa lớp đầu ra và lớp ẩn. Theo một cách tương tự, yếu tố δ_j được tính toán cho mỗi lớp ẩn Z_j . Không cần thiết phải lan truyền ngược sai số tới lớp đầu vào, nhưng δ_j được sử dụng để cập nhật trọng số giữa lớp ẩn và lớp đầu vào. Sau khi tất cả các yếu tố δ được xác định, trọng số cho tất cả các lớp được điều chỉnh một cách đồng thời. Điều chỉnh trọng số W_{jk} (từ lớp ẩn Z_j tới lớp đầu ra Y_k) dựa trên yếu tố δ_k và kích hoạt z_j của lớp ẩn Z_j . Điều chỉnh trọng số V_{ij} (từ đầu vào X_i tới lớp ẩn Z_j) dựa trên yếu tố δ_j và sự kích hoạt x_i của lớp đầu vào.

- ***Các thuật ngữ sử dụng trong giải thuật lan truyền ngược***

x : Vector huấn luyện đầu vào, $x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$;

t : Vector mục tiêu đầu ra, $t = (t_1, \dots, t_k, \dots, t_m)$;

δ_k : Phần điều chỉnh lỗi của trọng số W_{jk} mà gây ra bởi lỗi tại lớp đầu ra Y_k , thông tin về lỗi tại lớp đầu ra Y_k được lan truyền ngược tới các lớp ẩn;

δ_j : Phần điều chỉnh lỗi của trọng số V_{ij} được gây ra bởi thông tin lỗi lan truyền ngược từ lớp đầu ra tới lớp ẩn Z_j ;

α : Hằng số học; X_i : Đầu vào đơn vị thứ i ; V_{oj} : Bias của lớp ẩn thứ j ;

Z_j : Lớp ẩn thứ j :

Kết quả đầu vào rỗng tại lớp ẩn Z_j được ký hiệu z_in_j :

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_i x_i v_{ij} \quad (2)$$

Kết quả tại lớp ẩn được kích hoạt của Z_j được ký hiệu z_j :

$$z_j = f(z_in_j) \quad (3)$$

W_{0k} : Bias trên lớp đầu ra thứ k ;

Y_k : Lớp đầu ra đơn vị thứ k :

Kết quả đầu vào rỗng tại lớp đầu ra Y_k được ký hiệu y_in_k :

$$y_in_k = W_{0k} + \sum_j z_j W_{jk} \quad (4)$$

Kết quả tại lớp đầu ra được kích hoạt Y_k được ký hiệu y_k :

$$y_k = f(y_in_k) \quad (5)$$

Hàm kích hoạt cho mạng lan truyền ngược có nhiều đặc tính quan trọng: liên tục, có thể phân biệt được và không đơn điệu giảm. Một trong những hàm kích hoạt điển hình thường được sử dụng là Log-Sigmoid trong khoảng $(0,1)$ như sau:

$$f_1(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad \text{Với} \quad f'_1(x) = f_1(x)[1 - f_1(x)] \quad (6)$$

hoặc Tangent Sigmoid

$$f_2(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1 \quad \text{với} \quad f'_2(x) = [1 + f_2(x)][1 - f_2(x)] \quad (7)$$

- **Giải thuật lan truyền ngược (Backpropagation)**

Phương pháp lan truyền ngược sai số (backpropagation of errors) đơn giản là một phương pháp *đi ngược* (gradient descent) để tối thiểu hóa tổng sai số quân phương (total square error) của đầu ra được tính toán bởi mạng nơ-ron [60].

Bước 1: Thiết lập trọng số đầu vào là một giá trị ngẫu nhiên trong khoảng $[0:1]$.

Bước 2: Nếu điều kiện dừng (bước 10) là sai, thực hiện *bước 3 – 10*.

Bước 3: Ứng với mỗi cặp huấn luyện, thực hiện *bước 4 – 9*.

Bước 4: Mỗi đơn vị tại lớp đầu vào ($X_i, i=1\dots,n$) nhận giá trị x_i , và phát ra tín hiệu tới tất cả các đơn vị của lớp tiếp theo (lớp ẩn).

Bước 5: Mỗi đơn vị ở lớp ẩn ($Z_j, j=1\dots,p$), tính toán z_in_j dựa trên trọng số, bias và tín hiệu X_i đưa tới:

$$z_in_j = v_{0j} + \sum_i x_i v_{ij} \quad (8)$$

Sau đó áp dụng hàm kích hoạt lên z_{in_j} để tính kết quả đầu ra tại lớp ẩn và gửi tất cả tín hiệu tính toán được tới lớp phía trước (lớp đầu ra):

$$z_j = f(Z_{in_j}) \quad (9)$$

Bước 6: Tại mỗi đơn vị của lớp đầu ra ($Y_k, k=1\dots,m$) tính y_{in_k} từ các trọng số, bias, và từ tín hiệu nhận được của lớp ẩn:

$$y_{in_k} = W_{0k} + \sum_j z_j W_{jk} \quad (10)$$

Sau đó áp dụng hàm kích hoạt để tính toán kết quả tại lớp đầu ra:

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (11)$$

Thuật toán huấn luyện mạng nơ-ron bằng giải thuật lan truyền ngược:

Bước 7: Tại mỗi đơn vị đầu ra ($Y_k, k = 1, \dots, m$), ứng với kết quả tính toán (y_k) được so với giá trị mục tiêu đã biết (t_k), tính toán phần điều chỉnh lỗi δ_k :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (12)$$

Tính toán trọng số hiệu chỉnh, sử dụng để cập nhật W_{jk} :

$$\Delta W_{jk} = \eta \delta_k z_j \quad (13)$$

Tính toán bias hiệu chỉnh, sử dụng để cập nhật W_{0k} :

$$\Delta W_{0k} = \eta \delta_k \quad (14)$$

Và gửi tín hiệu δ_k tính được tới lớp layer phía sau.

$$\Delta W_{jk} = \eta \delta_k z_j \Delta W_{0k} = \eta \delta_k \quad (15)$$

Bước 8: Mỗi đơn vị tại lớp ẩn ($Z_j, 1, \dots, p$) tính tổng delta đầu vào từ lớp phía trước.

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k W_{jk} \quad (16)$$

Sau đó kết quả nhân với đạo hàm của hàm kích hoạt để tính lỗi:

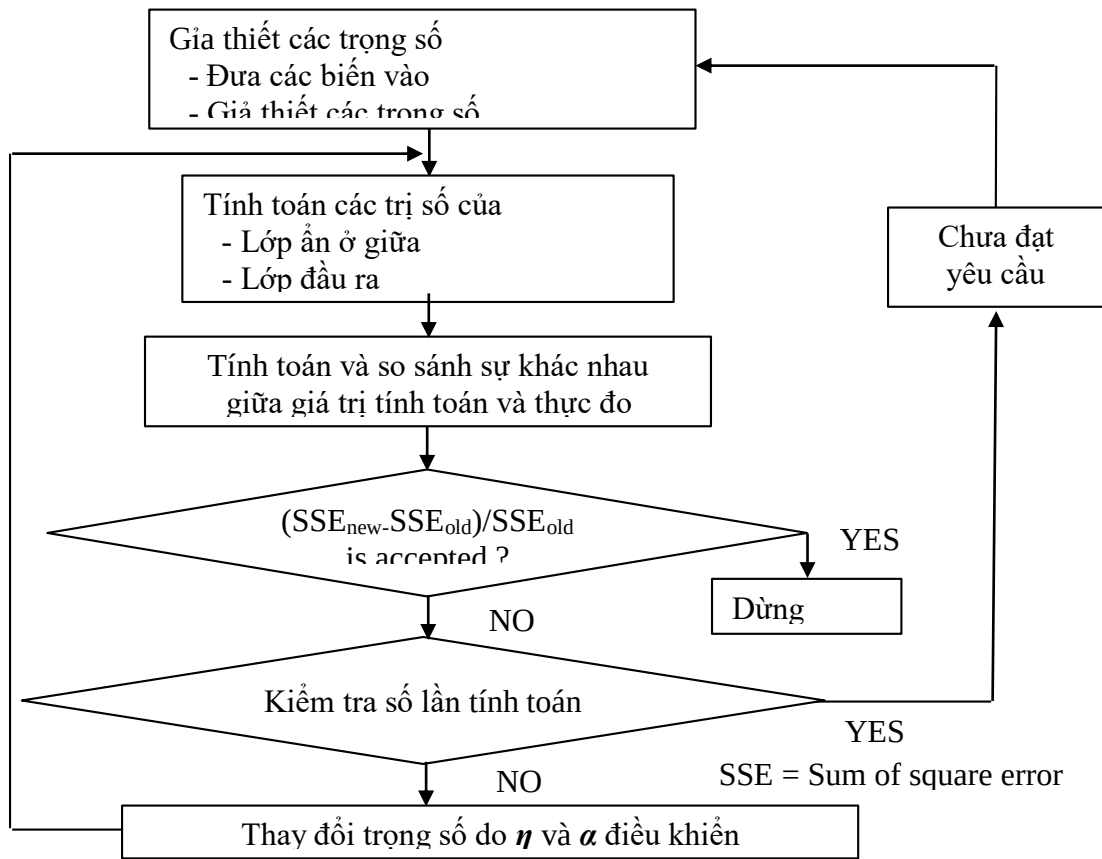
$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (17)$$

Tính toán trọng số hiệu chỉnh, sử dụng để cập nhật V_{ij} :

$$\Delta V_{ij} = \eta \delta_j x_i \quad (18)$$

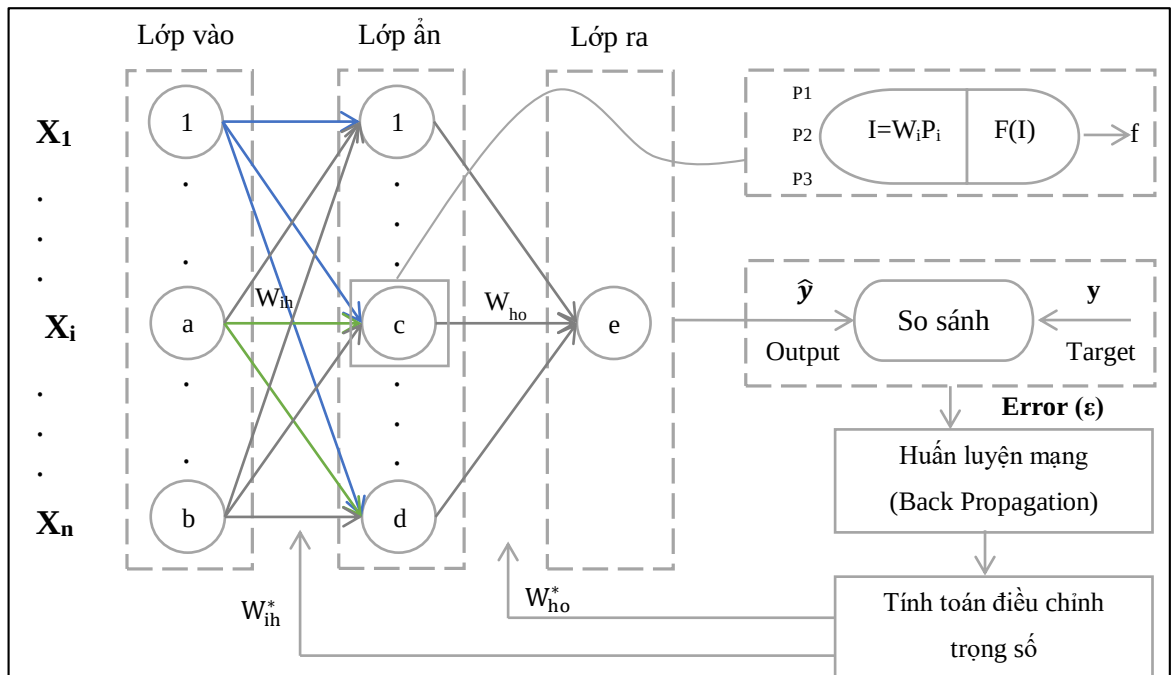
Tính toán bias hiệu chỉnh, sử dụng để cập nhật V_{0j} :

$$\Delta V_{0j} = \eta \delta_j \quad (19)$$



Hình 3: Sơ đồ khối thuật toán lan truyền ngược [25]

Cơ chế vận hành mô hình ANN với thuật toán lan truyền ngược, xem Hình 4.



Hình 4: Giảm đồ minh họa mô hình ANN với thuật toán lan truyền ngược [73]

Bước 9: Cập nhật trọng số và bias - Tại mỗi đơn vị của lớp đầu ra ($Y_k, k = 1, \dots, m$) cập nhật bias và trọng số ($j = 0, \dots, p$) bằng kỹ thuật gradient descent:

$$W_{jk}(\text{new}) = W_{jk}(\text{old}) + \Delta W_{jk} \quad (20)$$

Tại mỗi đơn vị của lớp ẩn ($Z_j, j=1, \dots, p$) cập nhật bias và trọng số ($i=0, \dots, n$):

$$V_{ij}(\text{new}) = V_{ij}(\text{old}) + \Delta V_{ij} \quad (21)$$

Bước 10: Điều kiện dừng.

Phụ lục 3: THỐNG KÊ VỀ ĐỘ LỆCH PHA (giờ) TẠI VỊ TRÍ QUAN TRẮC

Số mẫu	Thời gian chọn mẫu		Độ lệch pha(giờ)		
	Từ	Đến	Sài Gòn và Hòa Phú	Sài Gòn và Vũng Tàu	Vũng Tàu và Hòa Phú
1	10/02/2006 13:00	11/02/2006 0:00	7	3	9
2	12/02/2006 13:00	12/02/2006 23:00	6	3	8
3	13/02/2006 0:00	13/02/2006 9:00	5	3	7
4	13/02/2006 13:00	13/02/2006 23:00	5	4	8
5	14/02/2006 0:00	14/02/2006 10:00	5	4	8
6	17/02/2006 14:00	18/02/2006 1:00	5	4	8
7	18/02/2006 2:00	18/02/2006 12:00	5	3	7
8	19/02/2006 4:00	19/02/2006 13:00	5	3	7
9	19/02/2006 15:00	20/02/2006 2:00	5	4	8
10	20/02/2006 4:00	20/02/2006 14:00	5	3	7
11	20/02/2006 15:00	21/02/2006 3:00	6	4	9
12	21/02/2006 5:00	21/02/2006 15:00	3	5	7
13	21/02/2006 16:00	22/02/2006 3:00	5	5	9
14	25/02/2006 11:00	25/02/2006 23:00	6	4	9
15	27/02/2006 12:00	27/02/2006 22:00	6	4	9
16	27/02/2006 23:00	28/02/2006 9:00	4	5	8
17	28/02/2006 13:00	28/02/2006 23:00	5	4	8
18	01/03/2006 1:00	01/03/2006 11:00	6	3	8
19	01/03/2006 13:00	02/03/2006 0:00	5	4	8
20	02/03/2006 1:00	02/03/2006 12:00	6	3	8
21	02/03/2006 14:00	03/03/2006 1:00	6	3	8
22	03/03/2006 2:00	03/03/2006 13:00	5	4	9
23	03/03/2006 14:00	04/03/2006 1:00	5	4	8
24	04/03/2006 2:00	04/03/2006 13:00	5	4	8
25	04/03/2006 14:00	05/03/2006 1:00	5	4	8
26	19/04/2006 5:00	19/04/2006 14:00	4	5	8
27	19/04/2006 15:00	20/04/2006 0:00	4	5	8
28	20/04/2006 5:00	20/04/2006 15:00	5	5	9
29	20/04/2006 16:00	21/04/2006 0:00	4	4	7
30	21/04/2006 7:00	21/04/2006 19:00	6	4	9
31	22/04/2006 8:00	22/04/2006 20:00	6	4	9
32	23/04/2006 9:00	23/04/2006 21:00	6	4	9
33	29/01/2007 18:00	30/01/2007 6:00	5	5	9
34	31/01/2007 12:00	31/01/2007 21:00	4	5	8
35	31/01/2007 22:00	01/02/2007 8:00	5	5	9

Số mẫu	Thời gian chọn mẫu		Độ lệch pha(giờ)		
	Từ	Đến	Sài Gòn và Hòa Phú	Sài Gòn và Vũng Tàu	Vũng Tàu và Hòa Phú
36	01/02/2007 13:00	01/02/2007 23:00	6	4	9
37	02/02/2007 0:00	02/02/2007 9:00	5	4	8
38	02/02/2007 13:00	02/02/2007 23:00	5	4	8
39	03/02/2007 0:00	03/02/2007 10:00	5	4	8
40	01/03/2007 11:00	01/03/2007 23:00	6	4	9
41	03/03/2007 12:00	03/03/2007 23:00	6	4	9
42	04/03/2007 0:00	04/03/2007 10:00	5	4	8
43	04/03/2007 13:00	05/03/2007 0:00	6	3	8
44	05/03/2007 1:00	05/03/2007 11:00	5	4	8
45	05/03/2007 13:00	06/03/2007 0:00	5	4	8
46	06/03/2007 1:00	06/03/2007 12:00	6	3	8
47	06/03/2007 13:00	07/03/2007 0:00	5	4	8
48	07/03/2007 1:00	07/03/2007 12:00	5	4	8
49	12/03/2007 14:00	14/03/2007 9:00	4	5	8
50	16/03/2007 11:00	16/03/2007 21:00	5	4	8
51	16/03/2007 22:00	17/03/2007 7:00	4	4	7
52	17/03/2007 11:00	17/03/2007 22:00	5	4	8
53	17/03/2007 23:00	18/03/2007 9:00	5	4	8
54	18/03/2007 23:00	19/03/2007 10:00	5	4	8
55	19/03/2007 12:00	19/03/2007 23:00	5	4	8
56	20/03/2007 0:00	20/03/2007 11:00	5	4	8
57	20/03/2007 13:00	21/03/2007 0:00	6	3	8
58	21/03/2007 1:00	21/03/2007 12:00	5	4	8
59	21/03/2007 13:00	22/03/2007 0:00	6	3	8
60	22/03/2007 2:00	22/03/2007 13:00	6	3	8
61	22/03/2007 14:00	23/03/2007 1:00	6	3	8
62	05/04/2007 1:00	05/04/2007 12:00	5	4	8
63	05/04/2007 13:00	06/04/2007 0:00	6	4	9
64	06/04/2007 2:00	06/04/2007 13:00	5	4	8
65	06/04/2007 14:00	07/04/2007 0:00	5	4	8
66	07/04/2007 2:00	07/04/2007 13:00	4	5	8
67	07/04/2007 14:00	08/04/2007 0:00	5	4	8
68	08/04/2007 3:00	08/04/2007 13:00	5	4	8
69	08/04/2007 14:00	09/04/2007 0:00	5	4	8
70	09/04/2007 4:00	09/04/2007 14:00	3	6	8
71	09/04/2007 15:00	10/04/2007 1:00	5	4	8
72	10/04/2007 14:00	11/04/2007 0:00	3	5	7
73	13/04/2007 9:00	13/04/2007 21:00	6	4	9
74	28/03/2010 22:00	29/03/2010 9:00	5	4	8
75	29/03/2010 11:00	29/03/2010 23:00	6	4	9
76	30/03/2010 0:00	30/03/2010 10:00	5	4	8
77	30/03/2010 12:00	30/03/2010 23:00	6	3	8
78	31/03/2010 0:00	31/03/2010 11:00	5	4	8
79	31/03/2010 12:00	31/03/2010 23:00	5	4	8
80	01/04/2010 1:00	01/04/2010 12:00	5	4	8
81	01/04/2010 13:00	02/04/2010 0:00	6	3	8
82	02/04/2010 2:00	02/04/2010 13:00	5	4	8
83	02/04/2010 14:00	03/04/2010 0:00	6	3	8

Số mẫu	Thời gian chọn mẫu		Độ lệch pha(giờ)		
	Từ	Đến	Sài Gòn và Hòa Phú	Sài Gòn và Vũng Tàu	Vũng Tàu và Hòa Phú
84	03/04/2010 3:00	03/04/2010 13:00	5	4	8
85	03/04/2010 14:00	04/04/2010 1:00	6	4	9
86	04/04/2010 3:00	04/04/2010 14:00	5	5	9
87	04/04/2010 15:00	05/04/2010 1:00	6	3	8
88	05/04/2010 5:00	05/04/2010 14:00	4	4	7
89	05/04/2010 15:00	06/04/2010 1:00	5	4	8
90	07/04/2010 8:00	07/04/2010 20:00	6	4	9
91	08/04/2010 9:00	08/04/2010 21:00	7	3	9
92	09/04/2010 9:00	09/04/2010 21:00	6	4	9
93	10/04/2010 10:00	10/04/2010 21:00	5	4	8
94	10/04/2010 22:00	11/04/2010 8:00	5	4	8
95	11/04/2010 9:00	11/04/2010 21:00	5	4	8
96	11/04/2010 22:00	12/04/2010 9:00	5	4	8
97	12/04/2010 11:00	12/04/2010 22:00	6	3	8
98	12/04/2010 23:00	13/04/2010 9:00	5	3	7
99	13/04/2010 11:00	13/04/2010 22:00	6	3	8
100	14/04/2010 0:00	14/04/2010 10:00	5	3	7
101	14/04/2010 11:00	14/04/2010 22:00	5	4	8
102	15/04/2010 0:00	15/04/2010 11:00	5	4	8
103	15/04/2010 12:00	15/04/2010 23:00	6	3	8
104	16/04/2010 1:00	16/04/2010 12:00	5	4	8
105	16/04/2010 13:00	16/04/2010 23:00	6	3	8
106	17/04/2010 1:00	17/04/2010 12:00	5	5	9
107	17/04/2010 13:00	17/04/2010 23:00	5	4	8
108	18/04/2010 2:00	18/04/2010 13:00	4	5	8
109	18/04/2010 14:00	19/04/2010 0:00	5	4	8
110	19/04/2010 3:00	19/04/2010 13:00	4	5	8
111	19/04/2010 14:00	20/04/2010 0:00	5	4	8
112	20/04/2010 4:00	20/04/2010 14:00	4	5	8
113	20/04/2010 15:00	21/04/2010 1:00	5	4	8
114	21/04/2010 6:00	21/04/2010 15:00	5	4	8
115	21/04/2010 16:00	22/04/2010 1:00	4	5	8
116	22/04/2010 6:00	22/04/2010 16:00	5	5	9
117	22/04/2010 17:00	23/04/2010 1:00	3	5	7
118	23/04/2010 8:00	23/04/2010 18:00	5	4	8
119	23/04/2010 19:00	24/04/2010 5:00	5	4	8
120	24/04/2010 9:00	24/04/2010 20:00	5	4	8
121	24/04/2010 21:00	25/04/2010 6:00	4	4	7
122	25/04/2010 9:00	25/04/2010 21:00	6	4	9
123	25/04/2010 22:00	26/04/2010 8:00	5	4	8
124	26/04/2010 10:00	26/04/2010 21:00	5	4	8
125	26/04/2010 22:00	27/04/2010 10:00	5	5	9
126	27/04/2010 11:00	27/04/2010 21:00	5	4	8
127	27/04/2010 23:00	28/04/2010 10:00	5	4	8
128	28/04/2010 11:00	28/04/2010 21:00	4	4	7
129	29/04/2010 0:00	29/04/2010 11:00	4	5	8
130	29/04/2010 12:00	29/04/2010 22:00	5	4	8
131	30/04/2010 1:00	30/04/2010 12:00	5	4	8

Số mẫu	Thời gian chọn mẫu		Độ lệch pha(giờ)		
	Từ	Đến	Sài Gòn và Hòa Phú	Sài Gòn và Vũng Tàu	Vũng Tàu và Hòa Phú
132	11/02/2013 0:00	11/02/2013 10:00	6	4	9
133	11/02/2013 13:00	12/02/2013 0:00	5	4	8
134	12/02/2013 1:00	12/02/2013 11:00	5	4	7
135	12/02/2013 13:00	13/02/2013 1:00	5	5	9
136	13/02/2013 2:00	13/02/2013 12:00	5	4	8
137	13/02/2013 14:00	14/02/2013 1:00	5	4	8
138	14/02/2013 2:00	14/02/2013 13:00	6	3	8
139	14/02/2013 14:00	15/02/2013 2:00	5	5	9
140	09/04/2013 23:00	10/04/2013 10:00	5	4	8
141	10/04/2013 11:00	10/04/2013 11:00	6	4	9
142	11/04/2013 0:00	11/04/2013 11:00	5	4	8
143	11/04/2013 12:00	11/04/2013 23:00	6	3	8
144	12/04/2013 1:00	12/04/2013 12:00	5	4	8
145	12/04/2013 13:00	12/04/2013 23:00	5	4	8
146	13/04/2013 1:00	13/04/2013 12:00	5	5	9
147	13/04/2013 13:00	14/04/2013 0:00	6	4	9
148	09/03/2015 1:00	09/03/2015 12:00	5	4	8
149	09/03/2015 14:00	10/03/2015 0:00	5	3	7
150	10/03/2015 1:00	10/03/2015 13:00	5	4	8
151	10/03/2015 14:00	11/03/2015 1:00	5	4	8
152	11/03/2015 2:00	11/03/2015 14:00	6	4	9
153	11/03/2015 15:00	12/03/2015 2:00	6	4	9
154	12/03/2015 15:00	13/03/2015 2:00	5	4	8
155	22/03/2015 1:00	22/03/2015 12:00	4	6	9
156	22/03/2015 13:00	23/03/2015 0:00	4	5	8
157	23/03/2015 1:00	23/03/2015 12:00	4	5	8
158	23/03/2015 13:00	24/03/2015 1:00	4	6	9
159	24/03/2015 2:00	24/03/2015 13:00	3	6	8
160	24/03/2015 14:00	25/03/2015 1:00	4	5	8
161	25/03/2015 3:00	25/03/2015 14:00	3	6	8
162	25/03/2015 15:00	26/03/2015 1:00	4	5	8
163	26/03/2015 4:00	26/03/2015 15:00	3	6	8
Trung bình (giờ)			5,06	4,07	8,13

Phụ lục 4: TỔNG QUAN CÁC MÔ HÌNH DỰ BÁO THỜI TIẾT TOÀN CẦU

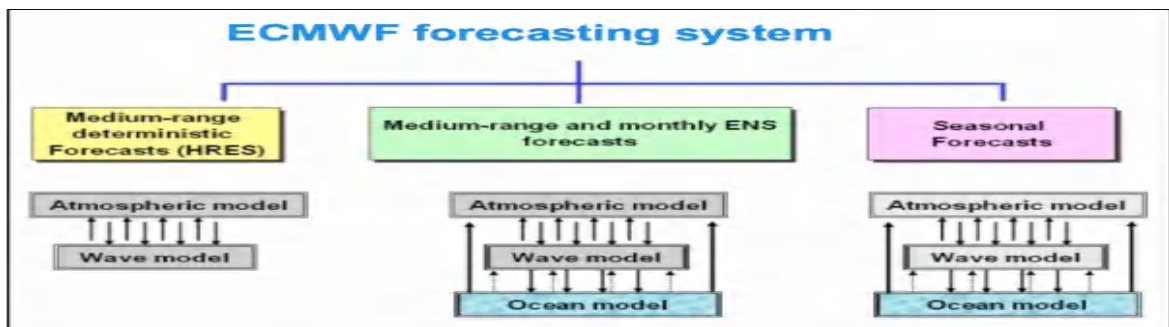
1. Mô hình ECMWF

Mô hình **ECMWF** (European Centre for Medium – Range Weather Forecasts – Trung tâm Dự báo Thời tiết trung bình Châu Âu). Mô hình ECMWF HRES được coi là mô hình thời tiết tổng thể tốt nhất từ dịch vụ khí tượng quốc gia [75], ECMWF được biết đến ở Mỹ với tư cách là “mô hình châu Âu” có độ phân giải là $0,1^\circ$ ($\sim 9\text{km}$), mô hình này nhằm mục đích cung cấp dự báo thời tiết toàn cầu tầm trung chính xác trong vòng 15 ngày và dự báo theo mùa trong vòng 12 tháng. Dữ liệu dự báo của nó được tính toán

mỗi 03 giờ trong 144 giờ đầu tiên, từ 06 giờ mỗi ngày đến ngày thứ 10. Sự thay đổi cắt phổ từ cắt ngắn tuyến tính sang cắt phổ khối đã giúp mô hình cho ra các dự báo chính xác hơn so với phương pháp cắt phổ cũ, giảm 2-3% lỗi trong dự báo tầng đối lưu.

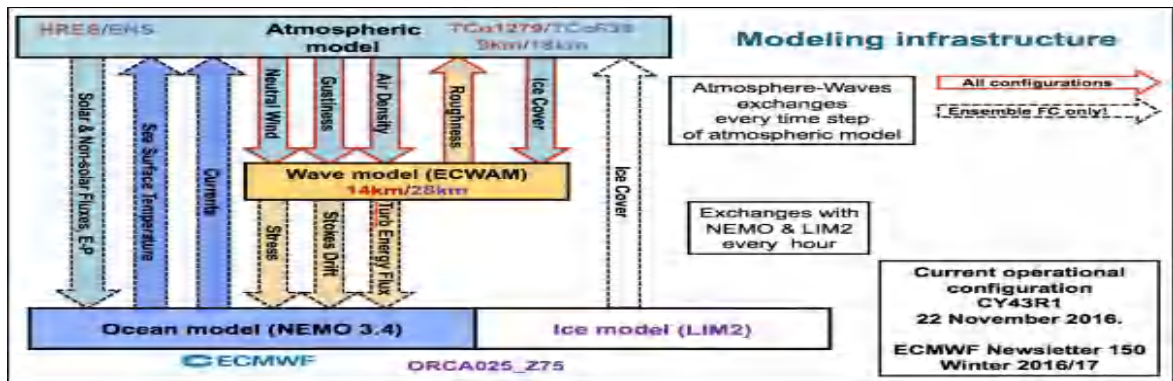
Hệ thống dự báo tích hợp ECMWF – The ECMWF Integrated Forecasting System – IFS

Hệ thống dự báo tích hợp ECMWF (IFS) bao gồm một số thành phần được tích hợp với nhau bằng các cách khác nhau. Mô hình khí quyển (Atmospheric Model) chạy ở các độ phân giải khác nhau phù hợp với độ dài dự báo (độ phân giải cao (HRES), toàn bộ - ensemble (ENS), mở rộng phạm vi, dự báo theo mùa (seasonal forecast)). Mô hình sóng đại dương (Ocean Wave Model) (ECWAM) chạy với các cấu hình khác nhau (HRES – WAM, HREW – SAW, ...). Mô hình đại dương (Ocean Model) (NEMO) bao gồm mô hình băng biển, mô hình băng biển Louvain – la – Neuve Sea Ice Model (LIM2). Mô hình bề mặt đất (Land Surface Model) (HTESSEL), bao gồm mô hình hồ (Lake Model) (Flake). Hệ thống phân tích dữ liệu (Data Analysis System) (4D – VAR). Các mô hình và chương trình đồng bộ để đưa ra dự báo phân tích theo thời gian, như ngày, tuần hoặc tháng tới.

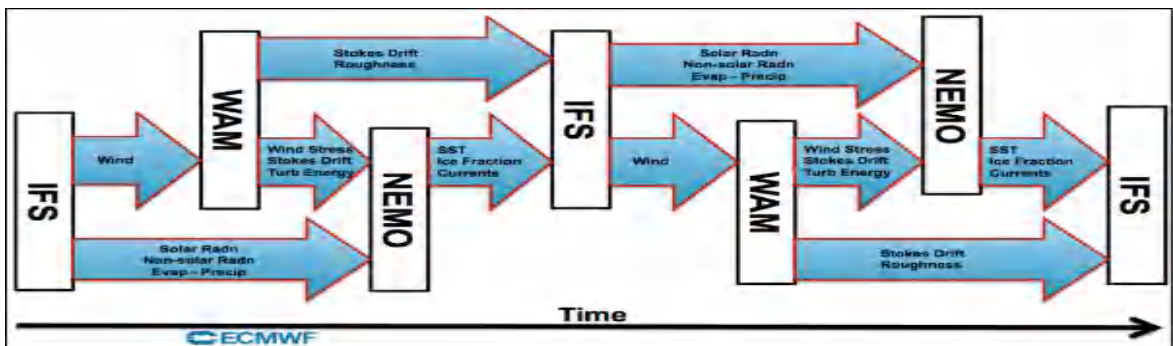


Hình 1: Hệ thống dự báo tích hợp ECMWF minh họa tương tác giữa các thành phần của IFS

Tất cả mô hình khí quyển cung cấp cho thông tin cho mô hình sóng về mật độ không khí, lớp phủ băng, gió bề mặt và cơn gió mạnh. Trong khi mô hình sóng cung cấp thông tin cho mô hình khí quyển về độ nhám bề mặt. Đại dương là ranh giới thấp của khí quyển trong phần lớn bề mặt trái đất; Ranh giới thấp cung cấp các phản hồi quan trọng cho khí quyển nếu độ chính xác mô hình cao (đặc biệt quan trọng cho các dự báo ở khoảng thời gian rộng trong tương lai như hàng tháng hoặc mùa và cho các tính năng như ENSO).



Hình 2: Sự trao đổi các đại lượng vật lý, giữa các mô hình khí quyển, sóng biển và đại dương



Hình 3: Trình tự liên kết và trao đổi các đại lượng vật lý giữa các mô hình khí quyển, sóng biển và đại dương

Mô hình khí quyển toàn cầu

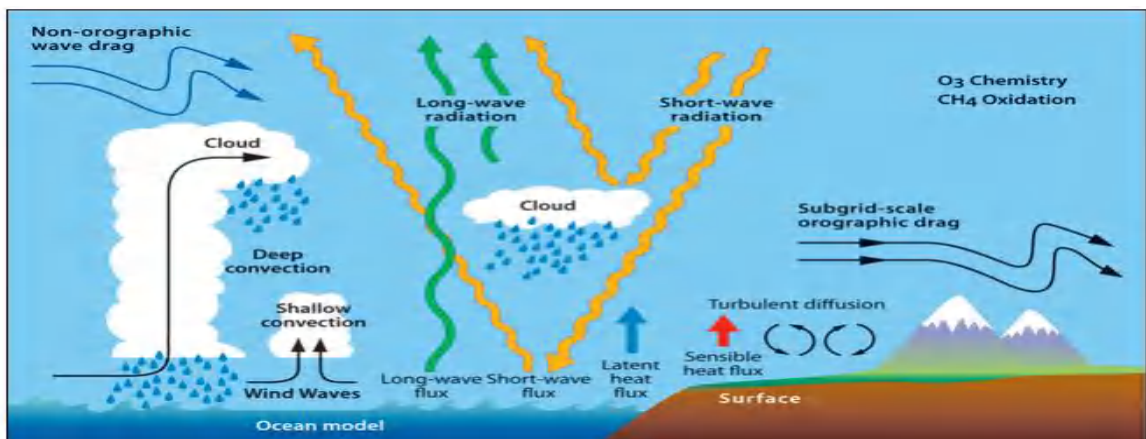
Mô hình ECMWF Atmospheric Global Circulation mô tả sự phát triển động lực học của khí quyển trên toàn thế giới theo thang độ phân giải và được sử dụng cho phạm vi trung bình, trung bình mở rộng và theo dự báo mùa. Đây là một mô hình vật lý khí quyển chung và có cấu trúc mô hình thống nhất, được thực hiện trên quy mô toàn cầu ở một số độ phân giải phù hợp với giai đoạn dự báo. Mô hình sử dụng ước tính chính xác nhất về các điều kiện hiện tại và mô tả cập nhật nhất về vật lý mô hình và được sử dụng trong các điều kiện bề mặt đất được mô hình hóa (ví dụ tuyết phủ, độ ẩm đất), điều kiện đại dương (ví dụ nhiệt độ mặt nước biển, biển băng), biểu diễn tầng bình lưu và các quá trình động lực học khí quyển (cùng giúp nhau truyền sóng Rossby, thay đổi chế độ thời tiết, v.v.). Tuy nhiên, một lần thực hiện mô hình không cho kết quả rõ ràng thì sẽ tạo nên các kết quả nhiễu. Chính điều này tạo sự không chắc chắn cho dự báo, bao gồm khả năng dự đoán sự phát triển của hệ thống dự báo thời tiết.

Cấu trúc mô hình

Công thức mô hình khí quyển (HRES, ENS, v.v.) dựa trên một tập hợp các phương trình cơ bản. Dự báo và mô tả sự thay đổi theo thời gian của các thành phần gió ngang (horizontal wind component), áp suất bề mặt, nhiệt độ và hàm lượng hơi nước trong khí quyển của mô hình. Phương trình bổ sung mô tả các quá trình vật lý trong khí quyển. Sự thay đổi của các yếu tố khí tượng thủy văn: mưa, tuyết, mưa đá, mây.

Các quá trình bức xạ, sự nhiễu loạn ngang, bình lưu, mây và các tương tác bề mặt khác. Trường khí hậu của các sol khí thụ động, hóa chất phản ứng và khí nhà kính cùng với các tác động của chúng đối với sự cân bằng bức xạ hoặc độ ẩm trong khí quyển. Ảnh hưởng của bức xạ mặt trời đến các yếu tố hóa học tầng cao từ tầng bình lưu trở lên trong mô hình. Các quy trình này hầu hết chưa được giải quyết do quy mô nhỏ so với độ phân giải của mô hình. Do đó, chúng được xử lý bằng các tham số vật lý dựa trên các thống kê mô tả ảnh hưởng trung bình của lưới con trong các quy trình.

Các mô hình tính toán thì rời rạc trong không gian và thời gian, và được giải quyết bằng sơ đồ bán bình lưu Lagrangian. Điều này đảm bảo tính ổn định và chính xác trong khi sử dụng các bước thời gian càng lớn để tiến hành tính toán dự báo trong khoảng thời gian chấp nhận được. Các mô hình khác chạy cùng lúc mô tả các dòng năng lượng, độ ẩm và động lượng từ mặt đất hoặc từ bên dưới mặt biển. Đó là:



Hình 4: Các quy trình tham số hóa quy mô lưới con trong mô hình ECMWF – Surface to Stratosphere

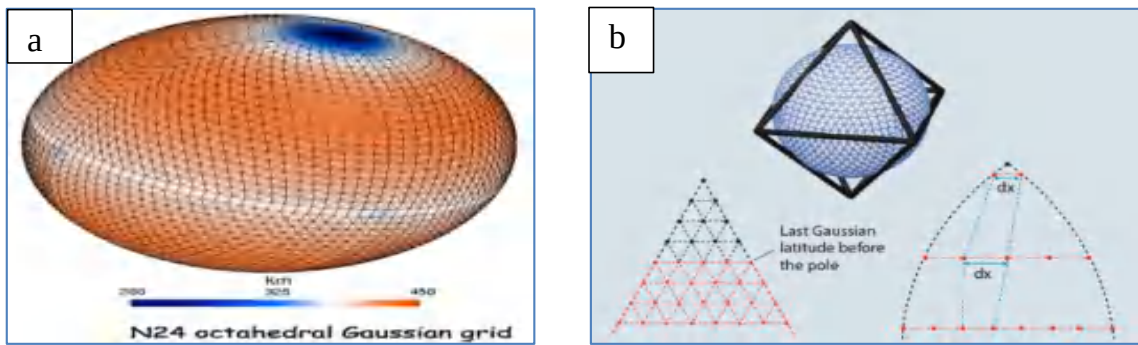
Mô hình mặt đất (HTESSEL) bao gồm các chương trình cho các hồ và vùng nước ven biển tự cung cấp thông tin về sự thay đổi nhiệt độ và sự tiến triển, sự phân rã và

chuyển động của các vùng băng ảnh hưởng đến thông lượng nhiệt và albedo; Mô hình sóng (ECWAM); Mô hình động lực học đại dương (NEMO), bao gồm một chương trình (LIM2) cung cấp thông tin về sự phát triển, sự phân rã và di chuyển của các khu vực băng biển có tác động đến thông lượng nhiệt và albedo.

Độ phân giải điểm lưới:

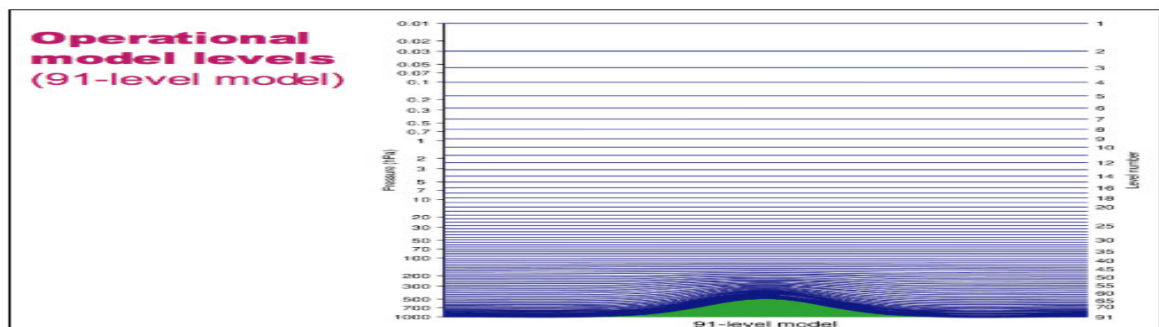
Theo chiều ngang, một biểu diễn kép của các thành phần quang phổ và các điểm lưới được sử dụng. Tất cả các trường được mô tả trong không gian điểm lưới. Lưới không hoàn toàn đồng nhất do sự hội tụ của các đường kinh tuyến đối với 2 cực và lưới bát diện Gaussian (Reduced Gaussian Octahedral Grid) hiện được sử dụng, trong đó khoảng cách giữa các điểm lưới được giữ gần như không đổi bằng cách giảm dần số lượng điểm lưới đến cực ở vĩ độ bên ngoài trái đất. Trong thực tế, trong mỗi góc phần tư, khi tiến 1 khoảng từ xích đạo đến vĩ độ tiếp theo, hai ô lưới (hình tam giác) được loại bỏ đi. Điều này tương đương với việc giảm một điểm lưới trên mỗi góc phần tư trên hàng vĩ độ. Kết quả của cấu hình điểm lưới này giúp tiết kiệm thời gian tính toán. Để thuận tiện cho việc tính toán theo chiều ngang và để tạo thuận lợi cho bước thời gian, một biểu diễn quang phổ được biểu diễn dựa trên sự mở rộng chuỗi các sóng hình cầu hài hòa, được sử dụng cho một tập hợp các biến tiên lượng, cụ thể là áp suất bề mặt, nhiệt độ và gió. Tuy nhiên, biến ẩm và các biến đám mây thì không bao giờ được chuyển thành phổ không gian.

Độ phân giải theo chiều dọc thay đổi theo chiều cao hình học. Độ phân giải dọc là ổn định nhất trong các lớp ranh giới của trái đất trong khi kém hiệu quả hơn khi ở đỉnh của mô hình. “ σ - level” theo dõi bề mặt Trái đất ở các lớp thấp hơn ở tầng đối lưu, nơi địa hình Trái đất có biên độ biến thiên lớn, nhưng ở phía trên của tầng bình lưu (Upper Stratosphere) và phía dưới của tầng trung lưu (Lower Mesosphere) có áp suất bề mặt không đổi. Có một sự chuyển đổi suôn sẻ từ “ σ - level” đến mức áp suất giữa mức thấp lên mức cao. Có 4 mức thấp trong HRES là 10 m, 31 m, 54 m và 79 m (độ cao hình học). Trong ENS ở độ cao 10 m, 34 m, 68 m và 112 m, đây là độ cao thế năng gần đúng của Trái đất, nhưng được tham chiếu đến áp suất bề mặt (không phải là MSL). Để có được độ cao thế năng Trái đất (liên quan đến MSL) thì độ cao địa hình phải được thêm vào.



Hình 5: Lưới bát diện giảm Gaussian được sử dụng bởi IFS

Nhìn rộng ra, nó có nguồn gốc từ một hình chiếu từ một khối tám mặt bao quanh Trái đất. Một khoảng cách lưới hợp lý dx được duy trì, thậm chí về các cực. Đỉnh của khối bát diện bị cắt bớt. Màu sắc trên quả địa cầu Hình 5a) cho thấy độ phân giải của lưới. Cấu hình mức 137 được phân phối tương tự nhưng với độ phân giải dọc tương đối cao hơn. Cấp độ Sigma theo địa hình ở cấp độ thấp hơn và áp suất trở nên không đổi cho vùng phía trên tầng đối lưu và các tầng phía trên.



Hình 6: “ σ - level” được sử dụng trong cấu hình ENS của mô hình khí quyển

2. Mô hình GFS

Hệ thống Dự báo Toàn cầu (Global Forecast System - GFS) là mô hình dự báo thời tiết do Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Hoa Kỳ (NCEP) sản xuất. Nhiều dữ liệu khí quyển và mặt đất được lấy từ mô hình này: từ nhiệt độ, gió, lượng mưa đến độ ẩm của đất và nồng độ ozone trong khí quyển. Dữ liệu thu thập được từ hàng nghìn trạm thời tiết trên thế giới và sau đó xử lý bằng siêu máy tính cho kết quả cuối cùng được gọi là mô hình dự báo [76].

Mô hình toán học được chạy bốn lần một ngày và đưa ra dự báo tối đa 16 ngày, nhưng độ phân giải không gian sẽ giảm dần sau 10 ngày. Khả năng dự báo thường

giảm dần theo thời gian (như với bất kỳ mô hình dự báo thời tiết số nào) và đối với dự báo dài hạn, chỉ các thang đo lớn hơn mới giữ được độ chính xác cao. Mô hình GFS là mô hình quang phổ với độ phân giải ngang xấp xỉ 13 km trong 10 ngày đầu tiên và 27 km từ 240 đến 384 giờ (16 ngày). Độ phân giải ngang giảm xuống còn 70 km để dự báo khoảng 1 tuần đến 2 tuần. Theo chiều dọc, mô hình được chia thành 64 lớp và theo thời gian, kết quả dự báo của GFS xuất ra trong 120 giờ đầu tiên là 1 giờ/lần, đến ngày thứ 10 là 3 giờ/lần [76].

Mô hình GFS là mô hình kết hợp, bao gồm 4 mô hình riêng biệt (mô hình khí quyển, mô hình đại dương, mô hình mặt đất và mô hình băng biển) phối hợp với nhau để đưa ra một bức tranh chính xác về điều kiện thời tiết. GFS thường xuyên thay đổi để cải thiện hiệu suất và độ chính xác dự báo của nó. Đó là một mô hình thời tiết không ngừng phát triển và cải thiện, cho đến nay mô hình có 2 cấu hình [54]:

1) Độ phân giải ngang là 35 km, số mực theo chiều thẳng đứng là 64 (T382L64: cho dự báo 7,5 ngày – 180 giờ).

2) Độ phân giải ngang là 70 km, số mực theo chiều thẳng đứng là 64 (T190L64: cho dự báo 16 ngày – 360 giờ).

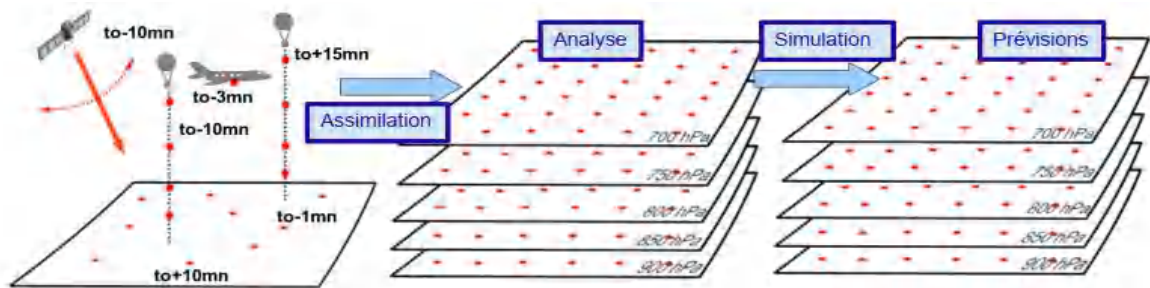
Miền dự báo được hiển thị:	(5°N-26°N, 98°-125°E) cho các trường bề mặt (10°S-40°N, 80°-145°E) cho các trường trên cao
Số lần có sản phẩm trong ngày:	2 lần (00Z (07), 12Z(19))
Bước thời gian đưa ra sản phẩm:	Cách nhau 6 giờ
Số mực chuẩn đưa ra sản phẩm:	Bề mặt và 4 mực trên cao (850, 700, 500 và 200 hPa)
Các trường phân tích và dự báo:	Tại bề mặt: áp suất mực biển, lượng mưa, nhiệt độ không khí tại độ cao 2 mét, gió tại độ cao 10 mét Tại các mực trên cao: độ xoáy, độ tán, tốc độ thẳng đứng, độ cao địa thế vị, độ ẩm.

Nguyên lý hoạt động của mô hình GFS:

Dữ liệu khí quyển đo được (từ các trạm đo ở mặt đất, song vô tuyến, vệ tinh...) phân bố không đều theo không gian và thời gian trên toàn thế giới được xử lý bằng các thuật toán phức tạp. Các dữ liệu này được siêu máy tính phân tích và đồng bộ hóa trên mạng lưới ảo và bao phủ toàn bộ trái đất. Các dữ liệu được cập nhật và phân tích mỗi ngày 4 lần vào các thời điểm: 00Z, 06Z, 12Z và 18Z (Z=UTC=Giờ quốc tế hoặc giờ Anh) [74].

Động lực học và vật lý của GFS yêu cầu ứng dụng các phép biến đổi Fourier và

Legendre để chuyển đổi giữa các không gian quang phổ và điểm lưới. Các quá trình chuyển đổi được tính lên lưới chuyển đổi từ các hệ số quang phổ. Các tham số vật lý và các tính toán động lực học phi tuyến tính được tính trên lưới [74].



Hình 7: Đồng hóa và phân tích dữ liệu khí quyển đo được

Điều quan trọng cần lưu ý, bộ tham số vật lý được sử dụng giống nhau trên tất cả các độ phân giải ngang và dọc (với tham số có thể điều chỉnh hơi khác nhau). Việc nâng cấp các tham số vật lý đang diễn ra mỗi năm [74].

Các tham số bức xạ sóng dài (LW) và bức xạ sóng ngắn (SW) trong GFS đều là các phiên bản được sửa đổi và tối ưu hóa của mô hình truyền bức xạ nhanh được phát triển tại AER Inc. Thuật toán LW chứa 140 điểm phân bố không đều trong 16 dải phổ rộng, trong khi thuật toán SW bao gồm 112 điểm trong 14 dải. Ngoài tính toán cho các dải khí hấp thụ khí quyển chính như ozone, hơi nước và carbon dioxide, thuật toán này còn tính cho nhiều loại khí khác như metan, oxit nitơ, oxy và bốn loại halocarbons (CFC). Phương pháp chồng chập dữ liệu mây ngẫu nhiên được sử dụng cả trong tính toán bức xạ LW và SW. Dải ngưng tụ của đám mây (bao gồm nước và băng) được sử dụng để tính các đặc tính bức xạ của đám mây [74].

Trong hoạt động của GFS, sol khí tầng đối lưu với độ phân giải ngang 5° được sử dụng trong cả hai bức xạ LW và SW. Bản đồ phản xạ phổ tổng quát được phát triển để tính toán các phóng xạ của các thành phần aerosol khác nhau cho từng dải phổ bức xạ. Aerosol núi lửa tầng bình lưu riêng biệt đã được thêm vào có khả năng xử lý các sự kiện núi lửa. Trong SW, hằng số năng lượng mặt trời đến được giữ không đổi ở mức 1366 W/m^2 trong GFS. Sự phát xạ bề mặt của vật thể đen được giả sử là bức xạ LW. Nồng độ của khí nhà kính trong khí quyển được lấy từ mạng lưới đo đạc toàn cầu, chẳng hạn như carbon dioxide (CO_2), metan, oxit nitơ, oxy và CFC,... Trong

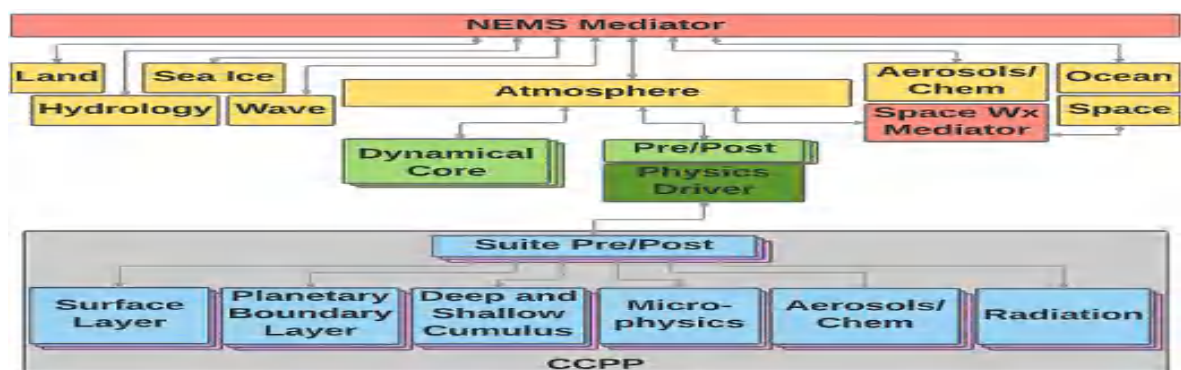
GFS, giá trị CO₂ thực tế dự báo theo thời gian được thống kê dựa trên kết quả đo đạc trong 5 năm gần đây nhất [74].

3. Mô hình NEMS

NEMS được xây dựng bằng phần mềm Earth System Modeling Framework (ESMF). ESMF cung cấp các tiện ích như tạo ra các trọng số và những tiện ích cho quản lý lịch và thời gian, và cũng bao gồm tạo ra các components tiêu chuẩn. Điều này cho phép các mô hình components được phát triển tại các trang web khác nhau được ghép nối dễ dàng hơn.

The National Unified Operational Prediction Capability (NUOPC) bổ sung các quy tắc về sự tương tác mô hình ESMF và tăng khả năng tương tác của chúng. NUOPC covers cho các khía cạnh từ sự phụ thuộc các mức độ xây dựng, đến tiêu chuẩn hóa các giai đoạn khởi tạo, tất cả các cách để tên tiêu chuẩn của các dạng được trao đổi. NEMS là ví dụ về hệ thống mô hình được xây dựng bằng kiến trúc NUOPC.

Cấu trúc NEMS dựa trên cấu trúc phân cấp ESMF component (thành phần) với trình điều khiển ứng dụng MAIN_NEMS ở trên cùng, còn gọi là (calling into) the NEMS_COMP component (thành phần, hợp phần), từ đó điều khiển EARTH_COMP component. EARTH_COMP điều khiển ATM component (các tùy chọn gọi là GSM, NMMB hoặc FIM). Cấu trúc nền cho phép phiên bản EARTH_COMP, hỗ trợ các ứng dụng đồng bộ như Global Ensemble Forecast System (GEFS).



Hình 8: Thành phần trong NEMS

Coupled NEMS bao gồm các mô hình khí quyển, đại dương, băng, sóng, đất, aerosol/hóa học và thủy văn mô hình, với thiết bị ghép tương thích và hệ thống phụ trợ trên Earth System Modeling Framework (ESMF). Các ứng dụng NEMS cũng

dùng các quy ước khả năng tương tác được giới thiệu bởi National Unified Operational Prediction Capability (NUOPC). Thành phần chính trong NEMS được thể hiện trong sơ đồ Hình 8.

Phụ lục 5: MÃ (CODE) CHƯƠNG TRÌNH HỖ TRỢ ĐIỀU HÀNH HỒ CHỨA NƯỚC DẦU TIẾNG

CODE MÔ ĐUN CHƯƠNG TRÌNH KHAI THÁC DỮ LIỆU MƯA

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
namespace dieutietmualu
{
    static class Program
    {
        public const int localport = 9090;
        [STAThread]
        static void Main()
        {
            SimpleHTTPServer myServer = new
SimpleHTTPServer(Application.StartupPath+"\\html", 9090);
            Application.EnableVisualStyles();
            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
            Application.Run(new Fmain());
            myServer.Stop();
        }
    }
}
```

CODE MÔ ĐUN CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU TIẾT LỬ

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Drawing;
using System.Data;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using System.Windows.Forms.DataVisualization;
using System.Windows.Forms.DataVisualization.Charting;
namespace dieutietmualu
{
    public partial class Fmain : Form
    {
        public Fmain()
        {
            InitializeComponent();
        }
    }
}
```

```

//Khai báo biến Tính toán điều tiết
const string TRIEUCUONG = "Triều cường";
private double Zdau, //Mức nước ban đầu
Zcuoi, //Mức nước cuối
SWden, //Tổng lượng nước đến
SWphaixa, // Tổng lượng nước phải xả
Wdau, // Dung tích ban đầu
Wcuoi; //Dung tích cuối
private DateTime d1, d2; // d1: Ngày bắt đầu d2: Ngày kết thúc
private DataTable tbtslu, // Table tần suất lũ
tbstrieu, // Table tần suất triều
tbWZ, // Table Quan hệ giữa mực
nước và dung tích hồ
tbdieutiet; // Table Tính toán điều tiết
string tslu, tstrieu; // tslu: Tần suất lũ ;
tstrieu : Tần suất triều
//Khai báo biến khai thác dữ liệu mưa
private DataTable tram; // Table trạm đo mưa
DataSet[] ds; // Dataset Array
string[] mode = new string[] { "ecmwf", "gfs", "nems" };
//Array Mô hình thời tiết
string bmode = "ecmwf"; //
mod hình thời tiết mặc nhiên
int imode = 0;
DataGridView[] gv;
private void Fmain_Load(object sender, EventArgs e)
{
// Nạp dữ liệu cho phần khai thác mưa
string filename = Application.StartupPath +
"/html/weatherforecast.mht";
filename = "file:/// " + filename.Replace("\\", "/");
webBrowser1.Navigate(filename);
tram = CSV.CsvtoTable(Application.StartupPath +
@"\data\tram.csv");
tabControl2.TabPages[0].Text = "Trạm đo";
tabControl2.TabPages[1].Text = "Tổng hợp mưa";
dataGridView1.DataSource = tram;
gv = new DataGridView[tram.Rows.Count];
for (int i = 0; i < tram.Rows.Count; i++)
{
tabControl2.TabPages.Add("T" + tram.Rows[i]["id"],
(string)tram.Rows[i]["name"]);
DataGridView g = new DataGridView();
g.Name = tram.Rows[i]["name"].ToString();
g.Visible = true;
g.Dock = DockStyle.Fill;
gv[i] = g;
tabControl2.TabPages["T" +
tram.Rows[i]["id"]].Controls.Add(g);
}
//Nạp dữ liệu cho phần tính toán điều tiết
tbtslu = CSV.CsvtoTable(Application.StartupPath +
@"\data\mualu\tansuatlu.txt");
dgTslu.DataSource = tbtslu =
CSV.CsvtoTable(Application.StartupPath + @"data\mualu\tansuatlu.txt");

```

```

        dgTStrieu.DataSource = tbTStrieu =
        CSV.CsvtoTable(Application.StartupPath + @"data\mualu\Tttrieu.txt");
        dgWZ.DataSource = tbWZ =
        CSV.CsvtoTable(Application.StartupPath + @"data\quanhewz.txt");
        cbtslu.DataSource = cbTansuatlu();
        cbtslu.DisplayMember = "name";
        cbtslu.ValueMember = "id";
        cbtslu.SelectedIndex = 0;
        cbtstrieu.DataSource = cbTrieu();
        cbtstrieu.DisplayMember = "name";
        cbtstrieu.ValueMember = "id";
        cbtstrieu.SelectedIndex = 0;
    }
    private void gvdata(string name, DataTable tb)
    {
        for (int i = 0; i < gv.Length; i++)
        {
            if (gv[i].Name == name) gv[i].DataSource = tb;
        }
    }
    private void webBrowser1_DocumentCompleted(object sender,
    WebBrowserDocumentCompletedEventArgs e)
    {
        if (bando == 0)
        {
            HtmlElement elm =
            webBrowser1.Document.CreateElement("script");
            elm.SetAttribute("type", "text/javascript");
            elm.SetAttribute("src", "http://localhost:" +
            Program.localport.ToString() + "/luuvuc.js");
            webBrowser1.Document.Body.AppendChild(elm);
            //var b =
            webBrowser1.Document.GetElementsByTagName("head");
            //b[0].AppendChild(elm);
            //elm = webBrowser1.Document.CreateElement("link");
            //elm.SetAttribute("rel", "stylesheet");
            //elm.SetAttribute("href", "http://localhost:" +
            Program.localport.ToString() + "/mystyle.css");
            //b[0].AppendChild(elm);
        }
    }
    private DataSet modethoitiet(string smode) //Dataset mô hình
    thời tiết
    {
        DataSet dsmode = new DataSet();
        DataRowCollection R = tram.Rows;
        prgUpdate.Step = 1;
        prgUpdate.Value = 1;
        prgUpdate.Minimum = 1;
        prgUpdate.Maximum = R.Count;
        for (int i = 0; i < R.Count; i++)
        {
            DataTable tb = new DataTable();
            tb =
            Thoitiet.windy(double.Parse(R[i]["lat"].ToString()),

```

```

double.Parse(R[i]["lng"].ToString()), smode);
    tb.TableName = R[i]["name"].ToString();
    if (smode == mode[imode]) { gvdata(tb.TableName, tb); }
    dsmode.Tables.Add(tb);
    prgUpdate.Value = i + 1;
}
dsmode.DataSetName = smode;
return dsmode;
}
private void capnhatthoietiet()
{
    prgUpdate.Value = 1;
    ds = new DataSet[3];
    string path = Application.StartupPath + "\\tonghopmua\\THM";
    for (int i = 0; i < mode.Length; i++)
    {
        prgUpdate.Value = 1;
        ds[i] = modethoietiet(mode[i]);
        var tb = tonghopmua(i);
        string fname = path +
DateTime.Now.ToShortDateString().Replace("/", "_") + mode[i] + ".csv";
        CSV.TabletoCsv(tb, fname);
        //if (i == imode) dgTonghopmua.DataSource =
tonghopmua(imode);
        if (i == imode) dgTonghopmua.DataSource =tb;
    }
    //prgUpdate.Value = 1;
}
private DataTable tonghopmua(int imode)
{
    DataTable tb = new DataTable();
    tb.Columns.Add("day");
    tb.Columns.Add("hour");
    for (int i = 0; i < ds[imode].Tables.Count; i++)
    {
        tb.Columns.Add(ds[imode].Tables[i].TableName);
    }
    DataRowCollection R = ds[imode].Tables[0].Rows;
    for (int j = 0; j < R.Count; j++)
    {
        DataRow r = tb.NewRow();
        for (int i = 0; i < ds[imode].Tables.Count; i++)
        {
            var fname = ds[imode].Tables[i].TableName;
            r[fname] = ds[imode].Tables[i].Rows[j]["mm"];
        }
        r["day"] = ds[imode].Tables[0].Rows[j]["day"];
        r["hour"] = ds[imode].Tables[0].Rows[j]["hour"];
        tb.Rows.Add(r);
    }
    return tb;
}
private void luuVucToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
{

```

```

        webBrowser1.Document.InvokeScript("setview");
        webBrowser1.Document.InvokeScript("loadtitle");
    }
    private void tsMode_DropDownItemClicked(object sender,
ToolStripItemClickedEventArgs e)
    {
        tsMode.Text = e.ClickedItem.Text;
        imode = int.Parse(e.ClickedItem.Tag.ToString());
        //dgTonghopmua.DataSource = tonghopmua(imode);
        if (ds != null) {
            dgTonghopmua.DataSource = tonghopmua(imode);
            for (int i = 0; i < ds[imode].Tables.Count; i++)
            {
                gvdata(ds[imode].Tables[i].TableName,
ds[imode].Tables[i]);
            }
        }
        private void updateToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
        {
            capnhatthoietiet();
        }
        /*Tính toasn điều tiết lũ*/
        private DataTable cbTansuatlu()
        {
            DataTable tbcbtslu = new DataTable();
            tbcbtslu.Columns.Add("name", typeof(string));
            tbcbtslu.Columns.Add("id", typeof(string));
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "PMF", "PMF" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "0.01%", "P001" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "0.02%", "P002" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "0.1%", "P01" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "0.5%", "P05" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "0.1%", "P1" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "5%", "P5" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "10%", "P10" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "20%", "P20" });
            tbcbtslu.Rows.Add(new Object[] { "Dự báo", "Pdubao" });
            return tbcbtslu;
        }
        private DataTable cbTrieu()
        {
            DataTable tbcbtstrieu = new DataTable();
            tbcbtstrieu.Columns.Add("name", typeof(string));
            tbcbtstrieu.Columns.Add("id", typeof(string));
            tbcbtstrieu.Rows.Add(new Object[] { "20%", "P20" });
            tbcbtstrieu.Rows.Add(new Object[] { "10%", "P10" });
            tbcbtstrieu.Rows.Add(new Object[] { "5%", "P5" });
            tbcbtstrieu.Rows.Add(new Object[] { "Thực tế", "thucte" });
            tbcbtstrieu.Rows.Add(new Object[] { "Khác", "khac" });
            return tbcbtstrieu;
        }
        private void capnhatthongso() //cập nhật thông số cơ bản
        {

```

```

        tslu = cbtslu.SelectedValue.ToString();
        tstrieu = cbtstrieu.SelectedValue.ToString();
        d1 = date1.Value;
        d2 = date2.Value;
        Zdau = (double)nZdau.Value;
        Zcuoi = double.Parse(findDate("ngay", d2, tbtstrieu,
        "Z").ToString());
        nZcuoi.Value = (decimal)Zcuoi;
    }
    private DataTable taobangdieutiet()        // Tạo Table tính toán
điều tiết
    {
        DataTable tb = new DataTable();
        tb.Columns.Add("thoidoan", typeof(int));
        tb.Columns.Add("ngay", typeof(DateTime));
        tb.Columns.Add("Qden", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Wden", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Wphaixa", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Qxa", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Wxa", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Zxa", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Zbt", typeof(double));
        tb.Columns.Add("Trieu", typeof(string));
        return tb;
    }
    private void chuanbidulieu()        // Chuẩn bị dữ liệu tính toán
    {
        tbdieutiet = taobangdieutiet();
        int k = 0;
        int j = 0;
        SWden = SWphaixa = 0;
        for (DateTime i = d1; i <= d2; i = i.AddHours(6))
//Bắt đầu từ ngày đầu tới ngày cuối step = 6 giờ
        {
            DataRow r = tbdieutiet.NewRow();
            r["thoidoan"] = k;
            r["ngay"] = i;
            if (k <= 270)
            {
                r["Qden"] = tbtslu.Rows[j][tslu];
            }
            else
            { r["Qden"] = findDate("ngay", i, tbtstrieu, "Q"); }
            r["Zbt"] = findDate("ngay", i, tbtstrieu, "Z");
            r["Wden"] = r["Wxa"] = r["Qxa"] = 0;
            r["trieu"] = findDate("ngay", i, tbtstrieu, tstrieu);
            tbdieutiet.Rows.Add(r);
            j++;
            k += 6;
        }
        dgDieutiet.DataSource = tbdieutiet;
        DataRowCollection R = tbdieutiet.Rows;
        R[0]["Zxa"] = Zdau;
        for (int i = 1; i < R.Count; i++)
        {

```

```

        R[i]["Wden"] = Math.Round(((double)R[i - 1]["Qden"] +
(double)R[i]["Qden"]) / 2 * 60 * 60 * 6 / 1000000, 3);
        SWden += (double)R[i]["Wden"];
    }
    Wdau = tim_W(Zdau);
    Wcuoi = tim_W(Zcuoi);
    SWphaixa = Wdau + SWden - Wcuoi; //Tổng lượng nước cần xả
    R[0]["Wphaixa"] = Math.Round(SWphaixa, 3);
}
private void dieutietlu() // Tính toán điều tiết
{
    if (date1.Value > date2.Value) //Kiểm
tra tính hợp lệ của ngày tháng
    {
        MessageBox.Show("ngày không hợp lệ");
        return;
    }
    capnhatthongso(); //Cập nhật thông số đầu vào
    taobangdieutiet(); //Tạo bảng tính
    chuanbidulieu(); // Điền dữ liệu tính toán
    DataRowCollection R = tbdieutiet.Rows;
    for (int i = 1; i < R.Count; i++)
    {
        Wdau += (double)R[i]["Wden"];
        if (Wdau >= 2165) // So sánh với dung tích
kiểm tra tương ứng với Z=26.92
        {
            double q1 = xabinhquancotrieu(i);
// Lưu lượng xả bình quân
            double q2 = (Wdau - 2165) * 1000000 / (6 * 60 * 60);
//Lưu lượng xả khi tổng lượng vượt dung tích kiểm tra
            R[i]["Qxa"] = Math.Round(Math.Max(q1, q2), 0);
        }
        else
        {
            R[i]["Qxa"] = xabinhquancotrieu(i);
        }
        R[i]["Wxa"] = Math.Round((double)R[i]["Qxa"] * 6 * 60 *
60 / 1000000, 3);
        Wdau = Wdau - (double)R[i]["Wxa"];
        R[i]["Zxa"] = tim_Z(Wdau);
        SWphaixa -= (double)R[i]["Wxa"];
        R[i]["Wphaixa"] = Math.Round(SWphaixa, 3);
    }
    Qxamax(); //Tìm Q xả Max
    chart_Z(chart1); //Vẽ đồ thị theo Z
}
private int demngaytrieucuong(int n)//Đếm số ngày có triều cường
{
    DataRowCollection R = tbdieutiet.Rows;
    int count = 0;
    for (int i = n; i < R.Count; i++)
    {
        count += R[i]["trieu"].ToString() == TRIEUCUONG ? 1 : 0;
    }
}

```



```

        return count;
    }
    int bando = 0;
    private void thờiTiếtToolStripMenuItem_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        bando = 0;
        string filename = Application.StartupPath +
"/html/weatherforecast.mht";
        filename = "file:///\" + filename.Replace("\\\", "/");
        webBrowser1.Navigate(filename);
    }
    private void lưuVựcToolStripMenuItem1_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        bando = 1;
        string filename = Application.StartupPath +
"/html/bandoluuvuc.html";
        filename = "file:///\" + filename.Replace("\\\", "/");
        webBrowser1.Navigate(filename);
    }
    private void Qxamax() //Tìm Qxa Mã
    {
        double Qxa = (double)tbdieutiet.Rows[0][\"Qxa\"];
        for (int i = 0; i < tbdieutiet.Rows.Count; i++)
        {
            Qxa = Math.Max(Qxa, (double)tbdieutiet.Rows[i][\"Qxa\"]);
        }
        lbQxamax.Text = Qxa.ToString();
    }
    private double xabinhquancotrieu(int n) // Tính lưu lượng xả
    bình quân
    {
        DataRowCollection R = tbdieutiet.Rows;
        // if (n == tbdieutiet.Rows.Count - 1) return 0;
        if (Wdau <= 1740.2 & R[n][\"trieu\"].ToString() == TRIEUCUONG
&(n>270/6)) return 200;
        int counttrieu = demngaytrieucuong(n);
        return Math.Round((SWphaixa * 1000000 - counttrieu * 200 * 6
* 60 * 60) / (tbdieutiet.Rows.Count - n - counttrieu) / (6 * 60 * 60),
0);
    }
    private double tim_Z(double W) //Tìm mực nước Z theo dung
    tính W
    {
        DataRowCollection R = tbWZ.Rows;
        if (W <= (double)R[0][\"W\"]) return (double)R[0][\"Z\"];
        for (int i = 1; i < R.Count; i++)
        {
            if ((double)R[i - 1][\"W\"] < W & W <= (double)R[i][\"W\"])
            {
                return noisuy((double)R[i - 1][\"W\"],
(double)R[i][\"W\"], (double)R[i - 1][\"Z\"], (double)R[i][\"Z\"], W);
            }
        }
    }

```

```

        int j = R.Count - 1;
        return noisuy((double)R[j - 1]["W"], (double)R[j]["W"],
(double)R[j - 1]["Z"], (double)R[j]["Z"], W);
    }
    private double tim_W(double Z) //Tìm dung tính W theo mực nước Z
    {
        DataRowCollection R = tbWZ.Rows;
        if (Z <= double.Parse(R[0]["Z"].ToString())) return
double.Parse(R[0]["W"].ToString());
        for (int i = 0; i < R.Count; i++)
        {
            if (Z == double.Parse(R[i]["Z"].ToString())) return
double.Parse(R[i]["W"].ToString());
        }
        return 0;
    }
    double noisuy(double x1, double x2, double y1, double y2, double
X) //Nội suy
    {
        double d = y1 + (X - x1) * (y2 - y1) / (x2 - x1);
        return Math.Round(d, 2);
    }
    Object find(string col, object key, DataTable tb, string kq) //
Hàm tìm kiếm trong Table
    {
        BindingSource bs = new BindingSource();
        bs.DataSource = tb;
        int idFind = bs.Find(col, key);
        if (idFind < 0) return null;
        else return tb.Rows[idFind][kq];
    }
    object findDate(string col, DateTime key, DataTable tb, string
kq) // Hàm tìm kiếm trong Table theo ngày
    {
        var R = tb.Rows;
        for (int i = 0; i < R.Count; i++)
        {
            if ((DateTime.Parse(R[i][col].ToString()) == key))
return R[i][kq];
        }
        MessageBox.Show("Không có dữ liệu ngày này ! ");
        return null;
    }
    private void chart_Z(Chart chart1) // Vẽ biểu đồ theo Z
    {
        chart1.Titles[0].Text = "Mực nước điều tiết";
        chart1.Series.Clear();
        chart1.ChartAreas[0].AxisY.Minimum = 22;
        chart1.ChartAreas[0].AxisY.Maximum = 28;
        if (tbdieutiet.Rows.Count == 0) return;
        chart1.DataSource = tbdieutiet;
        int maxtd = (int)tbdieutiet.Rows[tbdieutiet.Rows.Count -
1]["thoidoan"];
        Series s1 = new Series();
        s1.ChartType = SeriesChartType.Spline;

```

```

        s1.XValueMember = "thoidoan";
        s1.YValueMembers = "Zbt";
        s1.Name = "Z trước lũ";
        chart1.Series.Add(s1);
        Series s3 = new Series();
        s3.ChartType = SeriesChartType.Spline;
        s3.XValueMember = "thoidoan";
        s3.YValueMembers = "Zxa";
        s3.Name = "Z có xả";
        s3.ToolTip = "#VAL #LABEL";
        chart1.Series.Add(s3);
        Series s4 = new Series();
        s4.ChartType = SeriesChartType.Line;
        s4.Points.AddXY(0, 26.92);
        s4.Points.AddXY(maxtd, 26.92);
        s4.Color = Color.Red;
        s4.BorderDashStyle = ChartDashStyle.Dash;
        s4.BorderWidth = 1;
        s4.Points[1].MarkerStyle = MarkerStyle.Circle;
        s4.Name = "Z kiểm tra = 26.92 ";
        chart1.Series.Add(s4);
        chart1.DataBind();
    }
    private void chart_Q(Chart chart1) // Vẽ biểu đồ theo Q
    {
        chart1.Titles[0].Text = "Lưu lượng điều tiết";
        chart1.Series.Clear();
        chart1.ChartAreas[0].AxisX.Minimum = 0;
        chart1.ChartAreas[0].AxisY.Minimum = 0;
        chart1.ChartAreas[0].AxisY.Maximum = 7000;
        chart1.ChartAreas[0].AxisY.Title = "Q (m³/s)";
        chart1.ChartAreas[0].AxisX.Title = "thời đoạn (giờ)";
        if (tbdieutiet.Rows.Count == 0) return;
        chart1.DataSource = tbdieutiet;
        int maxtd = (int)tbdieutiet.Rows[tbdieutiet.Rows.Count -
1] ["thoidoan"];
        Series s1 = new Series();
        s1.ChartType = SeriesChartType.Spline;
        s1.XValueMember = "thoidoan";
        s1.YValueMembers = "Qxa";
        s1.Name = "Q xả";
        chart1.Series.Add(s1);
        Series s3 = new Series();
        s3.ChartType = SeriesChartType.Spline;
        s3.XValueMember = "thoidoan";
        s3.YValueMembers = "Qden";
        s3.Name = "Q đến";
        s3.ToolTip = "#VAL #LABEL";
        chart1.Series.Add(s3);
        chart1.DataBind();
    }
    private void date_ValueChanged(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {

```

```

        dieutietlu();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        // MessageBox.Show(ex.Message);
        Console.WriteLine(ex.Message);
    }
}
}
}

```

Phụ lục 6: CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH NAM

1. Cấu trúc của mô hình NAM

Mô hình NAM là mô hình nhận thức, tất định, thông số tập trung, được xây dựng trên nguyên tắc xếp 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng và 2 bể chứa tuyến tính nằm ngang, có tác dụng qua lại lẫn nhau để diễn tả tính chất vật lý của lưu vực.

Các bể chứa gồm:

+ **Bể chứa tuyết tan** (chỉ áp dụng cho vùng có tuyết)

+ **Bể chứa mặt**

Lượng ẩm trữ trên bề mặt của thực vật, lượng nước điền trứng trên bề mặt lưu vực và lượng nước trong tầng sát mặt được đặc trưng bởi lượng trữ ẩm bề mặt. Giới hạn trữ nước tối đa trong bể chứa này được ký hiệu bằng U_{max} . Lượng nước U trong bể chứa mặt sẽ giảm dần do bốc hơi, do thất thoát theo phương nằm ngang (dòng chảy sát mặt). Khi lượng nước này vượt quá ngưỡng U_{max} thì một phần của lượng nước vượt ngưỡng P_n này sẽ chảy vào suối dưới dạng chảy tràn trên bề mặt, phần còn lại sẽ thấm xuống bề ngầm. Lượng nước ở bể chứa mặt bao gồm lượng nước mưa do lớp phủ thực vật chặn lại, lượng nước đọng lại trong các chỗ trũng và lượng nước trong tầng sát mặt.

+ **Bể chứa tầng dưới** (bể tầng rễ cây)

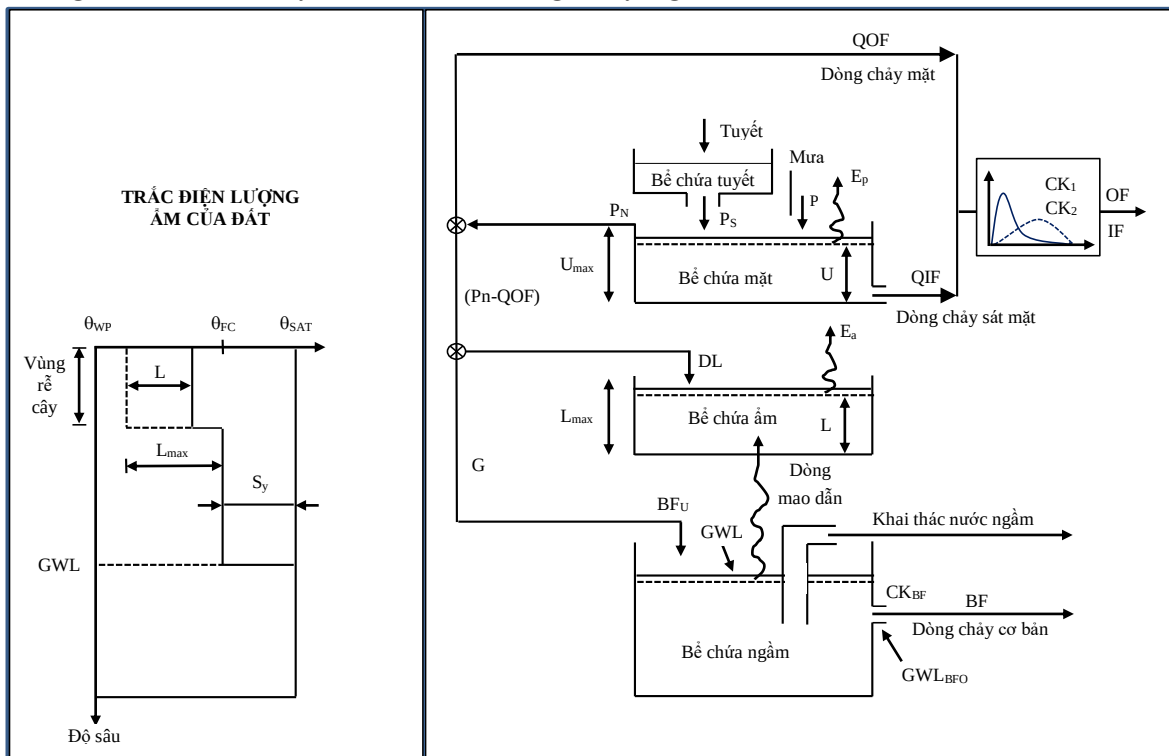
Bể này thuộc tầng rễ cây, là lớp đất mà thực vật có thể hút ẩm để thoát ẩm. Giới hạn trên của lượng ẩm tối đa trong bể chứa này được ký hiệu là L_{max} . Lượng ẩm của bể chứa sát mặt được đặc trưng bằng đại lượng L , phụ thuộc vào lượng tổn thất thoát hơi của thực vật. Lượng ẩm này cũng ảnh hưởng đến lượng nước sẽ đi xuống bể chứa ngầm để bổ sung nước ngầm. Tỷ số L/L_{max} biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

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

bể chứa mặt (E_p). Bốc thoát hơi nước thực vật là để thỏa mãn nhu cầu bốc hơi của bể chứa mặt. Nếu lượng ẩm U trong bể chứa mặt nhỏ hơn bốc thoát hơi thực đo thì bể chứa mặt bị bốc hơi hết. Lượng bốc hơi còn thiếu sẽ được bổ sung từ tầng dưới (E_a). Ban đầu nó sẽ bốc hơi lượng ẩm trong đất ở tầng dưới còn thừa ở các giai đoạn trước nếu thiếu nó tiếp tục bốc hơi lượng nước chứa trong đất ở tầng dưới. Do đó lượng bốc thoát hơi E_a phụ thuộc vào lượng trữ ẩm có trong đất.

+ Bể chứa ngầm

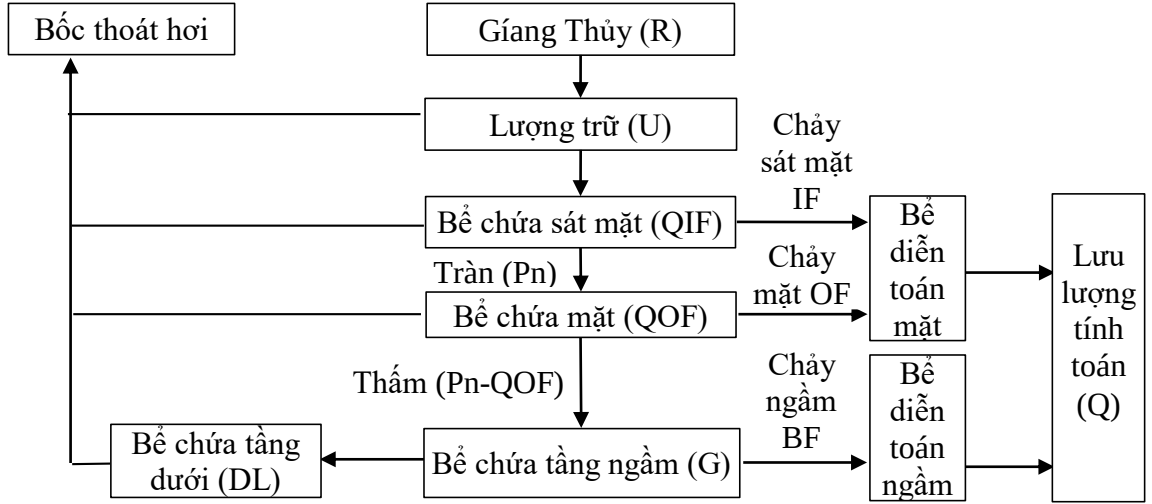
Lượng nước bổ sung cho dòng chảy ngầm phụ thuộc vào độ ẩm của đất trong tầng rễ cây. Mưa hoặc tuyết tan trước tiên đi vào bể chứa mặt. Lượng nước U trong bể chứa mặt liên tục tiêu hao do bốc thoát hơi và thấm ngang để tạo thành dòng chảy sát mặt. Khi lượng nước U vượt quá giới hạn U_{max} , phần lượng nước thừa sẽ tạo thành dòng chảy tràn để tiếp tục chảy ra sông, phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa tầng ngầm. Lượng cấp nước ngầm được chia ra thành 2 bể chứa: bể chứa nước ngầm tầng trên và bể chứa nước ngầm tầng dưới. Hoạt động của hai bể chứa này như các hồ chứa tuyến tính với các hằng số thời gian khác nhau, nước trong hai bể chứa này sẽ tạo thành dòng chảy ngầm.



Hình 1: Cấu trúc mô hình NAM. Phỏng theo DHI (2007) [24]

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

2. Mô hình nhận thức của mô hình NAM



Hình 2: Mô hình nhận thức của mô hình NAM

3. Mô hình tính toán của mô hình NAM

Dòng chảy sát mặt (QIF): QIF giả thiết là tương ứng với U và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng trữ của lượng trữ tầng thấp:

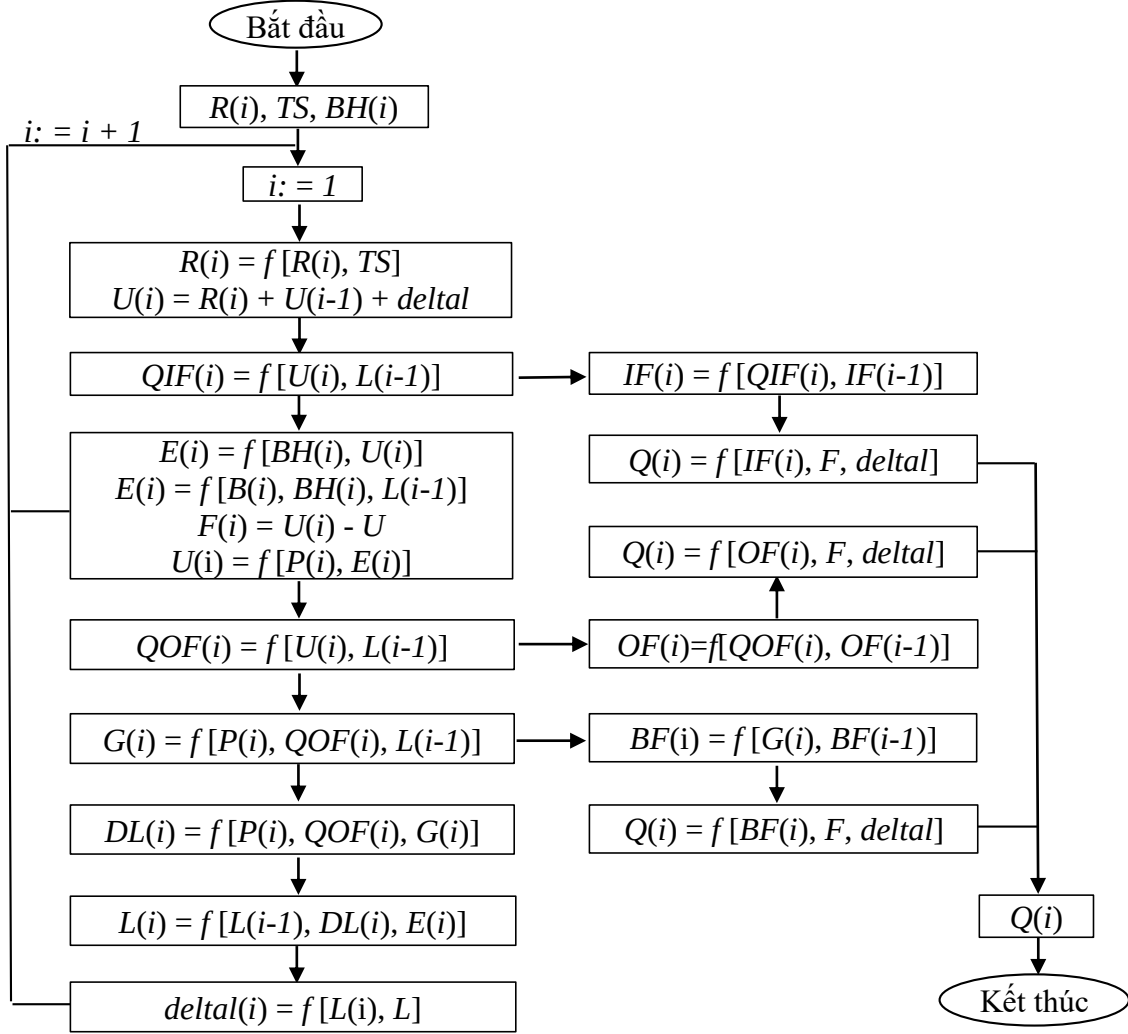
$$QIF = \begin{cases} \frac{1}{CKIF} \frac{\frac{L}{L_{max}} - TIF}{1 - TIF} U & \text{khi } \frac{L}{L_{max}} > TIF \\ 0 & \text{khi } \frac{L}{L_{max}} \leq TIF \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: CKIF là hằng số thời gian dòng chảy sát mặt, nó chính là phân U tạo thành dòng chảy sát mặt trong một đơn vị thời gian, TIF là ngưỡng dưới của dòng chảy sát mặt ($0 \leq TIF \leq 1$).

Dòng chảy mặt (QOF): Khi lượng trữ bề mặt đã tràn, $U > U_{max}$, thì lượng nước thừa Pn sẽ tạo ra dòng chảy mặt. Dòng chảy mặt QOF được giả thiết là tương ứng với Pn và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng trữ ầm đất, L/L_{max} , của tầng thấp:

$$QOF = \begin{cases} CQOF \frac{\frac{L}{L_{max}} - TOF}{1 - TOF} Pn & \text{khi } \frac{L}{L_{max}} > TOF \\ 0 & \text{khi } \frac{L}{L_{max}} \leq TOF \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó; CQOF là hệ số dòng chảy mặt, không có thứ nguyên, phản ánh điều kiện thấm ($0 \leq \text{CQOF} \leq 1$); TOF là ngưỡng dưới của dòng chảy tràn ($0 \leq \text{TOF} \leq 1$), Pn là phần thừa khi $U \geq U_{\max}$ và $Pn = U - U_{\max}$.



Hình 3: Mô hình tính toán của mô hình NAM

Lượng nước ngầm cung cấp cho bể chứa ngầm (G): Phần lượng nước thừa ($Pn - \text{QOF}$) không tham gia vào thành phần dòng chảy tràn sẽ thấm xuống làm tăng lượng trữ ẩm tầng thấp và một phần được giả thiết sẽ thấm xuống sâu hơn và gia nhập vào lượng trữ tầng ngầm (G).

$$\begin{cases} G = (Pn - \text{QOF}) \frac{\frac{L}{L_{\max}} - \text{TG}}{1 - \text{TG}} & \text{khi } \frac{L}{L_{\max}} > \text{TG} \\ G = 0 & \text{khi } \frac{L}{L_{\max}} \leq \text{TG} \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó TG là giá trị ngưỡng tầng rễ cây cho bổ cập nước ngầm ($0 \leq \text{TG} \leq 1$).

Lượng ẩm đất: Bể chứa tầng sát mặt biểu thị lượng nước có trong tầng rễ cây. Lượng mưa hiệu quả sau khi trừ đi lượng nước tạo dòng chảy mặt, lượng nước bổ sung cho tầng ngầm, sẽ bổ sung và làm tăng độ ẩm của đất ở tầng rễ cây L bằng một lượng DL:

$$DL = (P_n - QOF) - G \quad (4)$$

Diễn toán dòng chảy: Dòng chảy sát mặt (IF) được diễn toán thông qua hai bể chứa tuyến tính với một hằng số thời gian CK_{12} . Quá trình dòng chảy mặt cũng dựa trên khái niệm bể chứa tuyến tính nhưng với giá trị thời gian biến đổi.

$$CK = \begin{cases} CK_{12} & \text{khi } OF < OF_{\min} \\ CK_{12} \left(\frac{OF}{OF_{\min}} \right)^{-\beta} & \text{khi } OF \geq OF_{\min} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: **OF**: là dòng chảy mặt (mm/h)

OF_{min}: là giới hạn trên của quá trình dòng chảy ($OF_{\min} = 0,4$ mm/h)

Hằng số $\beta = 0,4$ tương ứng với việc sử dụng công thức Manning để thiết lập mô hình dòng chảy mặt. Công thức trên thể hiện rõ quá trình động lực của dòng chảy mặt. Trong khi đó, theo NAM, dòng chảy sát mặt và dòng chảy tràn được xác định như là một bể chứa tuyến tính.

Hằng số thời gian của quá trình dòng chảy mặt và sát mặt được tính bằng đơn vị giờ, nó xác định hình dạng và đỉnh của quá trình thủy văn. Các giá trị đó phụ thuộc vào kích thước của lưu vực và cường độ mưa, hằng số này có thể được xác định từ việc kiểm định thời gian xuất hiện đỉnh của quá trình. Nếu đỉnh quá trình đến quá chậm hoặc quá trễ thì có thể tăng, giảm để hiệu chỉnh mô phỏng. Công thức diễn toán dòng chảy mặt và dòng chảy sát mặt:

$$\begin{cases} OF = QOF \left(1 - e^{-\frac{t}{CK_{12}}} \right) + OF_{i-1} \cdot e^{-\frac{t}{CK_{12}}} \\ OF = QOF \left(1 - e^{-\frac{t}{CK}} \right) + OF_{i-1} \cdot e^{-\frac{t}{CK}} \end{cases} \quad (6)$$

$$IFf = QIF \left(1 - e^{-\frac{t}{CK_{12}}} \right) + IFf_{i-1} \cdot e^{-\frac{t}{CK_{12}}} \quad (7)$$

Ở đây, OF biểu thị dòng chảy mặt (mm/h) và IFf biểu thị cho dòng chảy sát mặt (mm/h). Dòng chảy ngầm (BF (mm/h)) được diễn toán thông qua một bể chứa tuyến tính với hằng số thời gian CK BF. Công thức diễn toán dòng chảy ngầm:

$$BF = G \left(1 - e^{-\frac{t}{CKBF}} \right) + BF_{i-1} \cdot e^{-\frac{t}{CKBF}} \quad (8)$$

Từ các công thức (6), (7) và (8), Suy ra công thức dòng chảy (Q) tại mặt cắt cửa ra:

$$Y_{tt} = OF + IFf + BF \text{ (mm/h)} \quad (9)$$

Với Y_{tt} tổng dòng chảy ra gồm dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm (mm/h). Và từ đó ta có thể suy ra lưu lượng tại cửa ra như sau:

$$Q_{tt} = (Y_{tt} \cdot Flv) / \Delta t \quad (m^3/s) \quad (10)$$

Với, Flv: tổng diện tích lưu vực (ha); $\Delta t = 3600/10$ (chuyển đổi đơn vị tính: ha = $10^4 m^2$; mm = $10^{-3} m$; h = 3600 s).

4. Các thông số cơ bản cần hiệu chỉnh của mô hình NAM

Các giá trị thông số mô hình NAM được xác định bằng định lượng. Mỗi thông số được mô tả bằng các giá trị tham khảo sử dụng trong tài liệu hướng dẫn sử dụng mô hình NAM.

Các thông số về tầng mặt và tầng sát mặt:

U_{max}: là lượng nước lớn nhất chứa trong tầng mặt, tầng này là bề mặt lượng nước chứa được trên bề mặt đất (tính trung bình), giá trị thường **10 đến 25 mm**.

L_{max}: là lượng nước lớn nhất chứa trong tầng sát mặt, thông số này đặc biệt quan trọng để xác định độ ẩm lớn nhất trong đất quan hệ với tầng chứa nước sát mặt. Giá trị này được đánh giá ước lượng thông qua các hệ số dung tích khác nhau và các điểm thực tế của đất ảnh hưởng đến độ sâu tầng chứa sát mặt. Thường $L_{max} = 10U_{max}$. Và giá trị thông thường từ **50 đến 250 mm**.

CQ_{OF}: là hệ số dòng chảy tràn bề mặt, hệ số này là một thông số rất quan trọng trong mô hình, xác định dựa trên dòng chảy tràn và khả năng thấm trong đất. Giá trị thông số này thường nằm trong khoảng **0,01 đến 0,99**.

CKIF: là hằng số thời gian cho dòng chảy sát mặt. Dòng chảy sát mặt không đóng vai trò chính yếu trong tổng dòng chảy. Hằng số thời gian này không góp phần đáng kể trong việc hiệu chỉnh mô hình. Giá trị thường **500 đến 1000 giờ**.

CK1,2: là hằng số thời gian cho chu kỳ dòng chảy sát mặt và dòng chảy tràn bề mặt. Thông số này được xác định dựa vào độ dốc địa hình, thường từ **3 đến 48 giờ**.

TOF: là giá trị ngưỡng cho dòng chảy mặt trong trường hợp không có dòng chảy tràn bề mặt được tạo ra nếu độ ẩm trong đất thấp hơn lượng trữ nước tầng sát mặt. Giá trị này thường nằm từ **0 đến 0,77**.

TIF: là giá trị ngưỡng của tầng sát mặt cho dòng chảy sát mặt. Chúng cũng tương tự như TOF của dòng chảy tràn bề mặt. Chúng thường không quan trọng trong việc hiệu chỉnh mô hình. Giá trị giao động từ **0** đến **0,99**.

Các thông số về nước ngầm:

CKBF: là hằng số thời gian dòng chảy cơ bản, thông số này được xác định dựa trên mô hình tính toán thủy lực trong thời đoạn khô. Theo đó, đặc tính dung tích bể chứa trong thời đoạn đó sẽ giảm dần. Thông số này thường từ **500** đến **5000** giờ.

Tg: là giá trị tầng chứa sát mặt cho dòng chảy phục hồi. Nó ảnh hưởng tương tự như thông số TOF. Thông số này rất quan trọng trong thời đoạn tính toán mô hình có sự gia tăng của nước ngầm. Giá trị giao động từ **0** đến **0,77**.

GWL_{BFO}: là độ sâu tầng chứa nước ngầm lớn nhất được tạo ra từ dòng chảy cơ bản.

Sy: là hệ số triết giảm đặc trưng

GWL_{FL1}: độ sâu tầng nước ngầm cho hệ thống mao dẫn.

Phụ lục 7: CAO TRÌNH MỨC NƯỚC TÍCH HỢP LÝ VÀ LƯU LƯỢNG ĐẾN TÍCH LŨY TRUNG BÌNH

(Ghi chú: yyyy là ký hiệu cho một năm nào đó trong tính toán thực tế khi đưa vào chương trình)

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
01/07/yyyy 06:00	47,98	17,27	496,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/07/yyyy 12:00	47,98	17,27	496,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/07/yyyy 18:00	47,98	17,27	496,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/07/yyyy 00:00	47,98	17,27	496,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/07/yyyy 06:00	73,45	17,33	502,01	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/07/yyyy 12:00	73,45	17,33	502,01	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/07/yyyy 18:00	73,45	17,33	502,01	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/07/yyyy 00:00	73,45	17,33	502,01	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/07/yyyy 06:00	54,59	17,39	507,83	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/07/yyyy 12:00	54,59	17,39	507,83	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/07/yyyy 18:00	54,59	17,39	507,83	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/07/yyyy 00:00	54,59	17,39	507,83	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/07/yyyy 06:00	62,09	17,44	512,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/07/yyyy 12:00	62,09	17,44	512,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/07/yyyy 18:00	62,09	17,44	512,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/07/yyyy 00:00	62,09	17,44	512,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/07/yyyy 06:00	69,12	17,50	518,50	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/07/yyyy 12:00	69,12	17,50	518,50	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/07/yyyy 18:00	69,12	17,50	518,50	Triều kém	Triều kém	Triều kém		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m³/s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10⁶m³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
05/07/yyyy 00:00	69,12	17,50	518,50	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/07/yyyy 06:00	65,86	17,56	524,32	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/07/yyyy 12:00	65,86	17,56	524,32	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/07/yyyy 18:00	65,86	17,56	524,32	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/07/yyyy 00:00	65,86	17,56	524,32	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/07/yyyy 06:00	51,53	17,60	528,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/07/yyyy 12:00	51,53	17,60	528,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/07/yyyy 18:00	51,53	17,60	528,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/07/yyyy 00:00	51,53	17,60	528,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
08/07/yyyy 06:00	56,82	17,65	533,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
08/07/yyyy 12:00	56,82	17,65	533,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
08/07/yyyy 18:00	56,82	17,65	533,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
08/07/yyyy 00:00	56,82	17,65	533,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
09/07/yyyy 06:00	46,53	17,70	537,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
09/07/yyyy 12:00	46,53	17,70	537,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
09/07/yyyy 18:00	46,53	17,70	537,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
09/07/yyyy 00:00	46,53	17,70	537,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
10/07/yyyy 06:00	45,41	17,74	541,78	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/07/yyyy 12:00	45,41	17,74	541,78	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/07/yyyy 18:00	45,41	17,74	541,78	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/07/yyyy 00:00	45,41	17,74	541,78	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/07/yyyy 06:00	36,08	17,77	544,69	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/07/yyyy 12:00	36,08	17,77	544,69	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/07/yyyy 18:00	36,08	17,77	544,69	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/07/yyyy 00:00	36,08	17,77	544,69	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/07/yyyy 06:00	27,10	17,80	547,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/07/yyyy 12:00	27,10	17,80	547,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/07/yyyy 18:00	27,10	17,80	547,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/07/yyyy 00:00	27,10	17,80	547,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/07/yyyy 06:00	38,11	17,83	550,51	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/07/yyyy 12:00	38,11	17,83	550,51	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/07/yyyy 18:00	38,11	17,83	550,51	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/07/yyyy 00:00	38,11	17,83	550,51	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/07/yyyy 06:00	34,63	17,86	553,42	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/07/yyyy 12:00	34,63	17,86	553,42	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/07/yyyy 18:00	34,63	17,86	553,42	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/07/yyyy 00:00	34,63	17,86	553,42	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/07/yyyy 06:00	36,06	17,89	556,33	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/07/yyyy 12:00	36,06	17,89	556,33	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/07/yyyy 18:00	36,06	17,89	556,33	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/07/yyyy 00:00	36,06	17,89	556,33	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
16/07/yyyy 06:00	40,53	17,92	559,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
16/07/yyyy 12:00	40,53	17,92	559,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
16/07/yyyy 18:00	40,53	17,92	559,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
16/07/yyyy 00:00	40,53	17,92	559,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
17/07/yyyy 06:00	35,00	17,95	562,15	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
17/07/yyyy 12:00	35,00	17,95	562,15	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
17/07/yyyy 18:00	35,00	17,95	562,15	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
17/07/yyyy 00:00	35,00	17,95	562,15	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
18/07/yyyy 06:00	42,08	17,99	566,03	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/07/yyyy 12:00	42,08	17,99	566,03	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/07/yyyy 18:00	42,08	17,99	566,03	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/07/yyyy 00:00	42,08	17,99	566,03	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/07/yyyy 06:00	35,45	18,02	569,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/07/yyyy 12:00	35,45	18,02	569,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/07/yyyy 18:00	35,45	18,02	569,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/07/yyyy 00:00	35,45	18,02	569,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/07/yyyy 06:00	44,62	18,06	573,72	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/07/yyyy 12:00	44,62	18,06	573,72	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/07/yyyy 18:00	44,62	18,06	573,72	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/07/yyyy 00:00	44,62	18,06	573,72	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/07/yyyy 06:00	41,65	18,09	577,08	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/07/yyyy 12:00	41,65	18,09	577,08	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/07/yyyy 18:00	41,65	18,09	577,08	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/07/yyyy 00:00	41,65	18,09	577,08	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/07/yyyy 06:00	59,14	18,14	582,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/07/yyyy 12:00	59,14	18,14	582,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/07/yyyy 18:00	59,14	18,14	582,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/07/yyyy 00:00	59,14	18,14	582,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/07/yyyy 06:00	79,58	18,20	589,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/07/yyyy 12:00	79,58	18,20	589,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/07/yyyy 18:00	79,58	18,20	589,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/07/yyyy 00:00	79,58	18,20	589,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
24/07/yyyy 06:00	87,56	18,26	596,12	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/07/yyyy 12:00	87,56	18,26	596,12	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/07/yyyy 18:00	87,56	18,26	596,12	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/07/yyyy 00:00	87,56	18,26	596,12	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/07/yyyy 06:00	69,11	18,32	602,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/07/yyyy 12:00	69,11	18,32	602,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/07/yyyy 18:00	69,11	18,32	602,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/07/yyyy 00:00	69,11	18,32	602,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/07/yyyy 06:00	55,50	18,36	607,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/07/yyyy 12:00	55,50	18,36	607,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/07/yyyy 18:00	55,50	18,36	607,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/07/yyyy 00:00	55,50	18,36	607,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/07/yyyy 06:00	44,17	18,40	611,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/07/yyyy 12:00	44,17	18,40	611,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/07/yyyy 18:00	44,17	18,40	611,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/07/yyyy 00:00	44,17	18,40	611,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/07/yyyy 06:00	51,16	18,43	615,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/07/yyyy 12:00	51,16	18,43	615,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/07/yyyy 18:00	51,16	18,43	615,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/07/yyyy 00:00	51,16	18,43	615,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/07/yyyy 06:00	70,12	18,49	621,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
29/07/yyyy 12:00	70,12	18,49	621,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/07/yyyy 18:00	70,12	18,49	621,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/07/yyyy 00:00	70,12	18,49	621,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/07/yyyy 06:00	91,56	18,56	629,72	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/07/yyyy 12:00	91,56	18,56	629,72	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/07/yyyy 18:00	91,56	18,56	629,72	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/07/yyyy 00:00	91,56	18,56	629,72	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/07/yyyy 06:00	101,00	18,64	638,68	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/07/yyyy 12:00	101,00	18,64	638,68	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/07/yyyy 18:00	101,00	18,64	638,68	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/07/yyyy 00:00	101,00	18,64	638,68	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
01/08/yyyy 06:00	84,70	18,70	645,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/08/yyyy 12:00	84,70	18,70	645,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/08/yyyy 18:00	84,70	18,70	645,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/08/yyyy 00:00	84,70	18,70	645,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/08/yyyy 06:00	81,07	18,76	652,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/08/yyyy 12:00	81,07	18,76	652,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/08/yyyy 18:00	81,07	18,76	652,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/08/yyyy 00:00	81,07	18,76	652,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/08/yyyy 06:00	75,33	18,83	659,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/08/yyyy 12:00	75,33	18,83	659,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/08/yyyy 18:00	75,33	18,83	659,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/08/yyyy 00:00	75,33	18,83	659,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/08/yyyy 06:00	61,80	18,87	664,44	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/08/yyyy 12:00	61,80	18,87	664,44	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/08/yyyy 18:00	61,80	18,87	664,44	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/08/yyyy 00:00	61,80	18,87	664,44	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/08/yyyy 06:00	58,12	18,92	670,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/08/yyyy 12:00	58,12	18,92	670,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/08/yyyy 18:00	58,12	18,92	670,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/08/yyyy 00:00	58,12	18,92	670,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/08/yyyy 06:00	59,62	18,96	674,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/08/yyyy 12:00	59,62	18,96	674,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/08/yyyy 18:00	59,62	18,96	674,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/08/yyyy 00:00	59,62	18,96	674,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/08/yyyy 06:00	70,11	19,01	680,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/08/yyyy 12:00	70,11	19,01	680,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/08/yyyy 18:00	70,11	19,01	680,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
07/08/yyyy 00:00	70,11	19,01	680,19	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
08/08/yyyy 06:00	66,04	19,06	686,14	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/08/yyyy 12:00	66,04	19,06	686,14	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/08/yyyy 18:00	66,04	19,06	686,14	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/08/yyyy 00:00	66,04	19,06	686,14	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/08/yyyy 06:00	61,46	19,11	692,09	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/08/yyyy 12:00	61,46	19,11	692,09	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/08/yyyy 18:00	61,46	19,11	692,09	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/08/yyyy 00:00	61,46	19,11	692,09	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m³/s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10⁶m³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
10/08/yyyy 06:00	66,08	19,16	698,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/08/yyyy 12:00	66,08	19,16	698,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/08/yyyy 18:00	66,08	19,16	698,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/08/yyyy 00:00	66,08	19,16	698,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/08/yyyy 06:00	67,26	19,21	703,99	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/08/yyyy 12:00	67,26	19,21	703,99	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/08/yyyy 18:00	67,26	19,21	703,99	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/08/yyyy 00:00	67,26	19,21	703,99	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/08/yyyy 06:00	60,28	19,25	708,75	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/08/yyyy 12:00	60,28	19,25	708,75	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/08/yyyy 18:00	60,28	19,25	708,75	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/08/yyyy 00:00	60,28	19,25	708,75	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/08/yyyy 06:00	79,32	19,31	715,89	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/08/yyyy 12:00	79,32	19,31	715,89	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/08/yyyy 18:00	79,32	19,31	715,89	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/08/yyyy 00:00	79,32	19,31	715,89	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/08/yyyy 06:00	62,90	19,35	720,65	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/08/yyyy 12:00	62,90	19,35	720,65	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/08/yyyy 18:00	62,90	19,35	720,65	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/08/yyyy 00:00	62,90	19,35	720,65	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/08/yyyy 06:00	55,19	19,39	725,41	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/08/yyyy 12:00	55,19	19,39	725,41	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/08/yyyy 18:00	55,19	19,39	725,41	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/08/yyyy 00:00	55,19	19,39	725,41	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
16/08/yyyy 06:00	56,05	19,43	730,17	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/08/yyyy 12:00	56,05	19,43	730,17	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/08/yyyy 18:00	56,05	19,43	730,17	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/08/yyyy 00:00	56,05	19,43	730,17	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/08/yyyy 06:00	63,69	19,48	736,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/08/yyyy 12:00	63,69	19,48	736,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/08/yyyy 18:00	63,69	19,48	736,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/08/yyyy 00:00	63,69	19,48	736,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/08/yyyy 06:00	76,83	19,53	742,07	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/08/yyyy 12:00	76,83	19,53	742,07	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/08/yyyy 18:00	76,83	19,53	742,07	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/08/yyyy 00:00	76,83	19,53	742,07	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/08/yyyy 06:00	75,61	19,59	749,21	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/08/yyyy 12:00	75,61	19,59	749,21	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/08/yyyy 18:00	75,61	19,59	749,21	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/08/yyyy 00:00	75,61	19,59	749,21	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/08/yyyy 06:00	68,67	19,64	755,16	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/08/yyyy 12:00	68,67	19,64	755,16	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/08/yyyy 18:00	68,67	19,64	755,16	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/08/yyyy 00:00	68,67	19,64	755,16	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/08/yyyy 06:00	72,89	19,69	761,11	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/08/yyyy 12:00	72,89	19,69	761,11	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/08/yyyy 18:00	72,89	19,69	761,11	Triều kém	Triều kém	Triều kém		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m³/s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10⁶m³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
21/08/yyyy 00:00	72,89	19,69	761,11	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/08/yyyy 06:00	64,74	19,74	767,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/08/yyyy 12:00	64,74	19,74	767,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/08/yyyy 18:00	64,74	19,74	767,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/08/yyyy 00:00	64,74	19,74	767,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/08/yyyy 06:00	67,50	19,79	773,01	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/08/yyyy 12:00	67,50	19,79	773,01	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/08/yyyy 18:00	67,50	19,79	773,01	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/08/yyyy 00:00	67,50	19,79	773,01	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/08/yyyy 06:00	65,39	19,84	778,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/08/yyyy 12:00	65,39	19,84	778,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/08/yyyy 18:00	65,39	19,84	778,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/08/yyyy 00:00	65,39	19,84	778,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/08/yyyy 06:00	79,26	19,90	786,10	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/08/yyyy 12:00	79,26	19,90	786,10	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/08/yyyy 18:00	79,26	19,90	786,10	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/08/yyyy 00:00	79,26	19,90	786,10	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/08/yyyy 06:00	61,51	19,94	790,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/08/yyyy 12:00	61,51	19,94	790,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/08/yyyy 18:00	61,51	19,94	790,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/08/yyyy 00:00	61,51	19,94	790,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/08/yyyy 06:00	76,64	20,00	798,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/08/yyyy 12:00	76,64	20,00	798,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/08/yyyy 18:00	76,64	20,00	798,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/08/yyyy 00:00	76,64	20,00	798,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/08/yyyy 06:00	61,18	20,03	802,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/08/yyyy 12:00	61,18	20,03	802,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/08/yyyy 18:00	61,18	20,03	802,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/08/yyyy 00:00	61,18	20,03	802,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/08/yyyy 06:00	73,16	20,08	809,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/08/yyyy 12:00	73,16	20,08	809,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/08/yyyy 18:00	73,16	20,08	809,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/08/yyyy 00:00	73,16	20,08	809,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/08/yyyy 06:00	75,97	20,13	816,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/08/yyyy 12:00	75,97	20,13	816,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/08/yyyy 18:00	75,97	20,13	816,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/08/yyyy 00:00	75,97	20,13	816,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/08/yyyy 06:00	68,07	20,17	821,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/08/yyyy 12:00	68,07	20,17	821,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/08/yyyy 18:00	68,07	20,17	821,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/08/yyyy 00:00	68,07	20,17	821,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
01/09/yyyy 06:00	54,93	20,20	826,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/09/yyyy 12:00	54,93	20,20	826,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/09/yyyy 18:00	54,93	20,20	826,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/09/yyyy 00:00	54,93	20,20	826,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/09/yyyy 06:00	69,46	20,24	831,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/09/yyyy 12:00	69,46	20,24	831,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
02/09/yyyy 18:00	69,46	20,24	831,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/09/yyyy 00:00	69,46	20,24	831,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/09/yyyy 06:00	68,59	20,28	837,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/09/yyyy 12:00	68,59	20,28	837,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/09/yyyy 18:00	68,59	20,28	837,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/09/yyyy 00:00	68,59	20,28	837,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/09/yyyy 06:00	76,70	20,33	844,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/09/yyyy 12:00	76,70	20,33	844,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/09/yyyy 18:00	76,70	20,33	844,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/09/yyyy 00:00	76,70	20,33	844,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/09/yyyy 06:00	67,76	20,38	851,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/09/yyyy 12:00	67,76	20,38	851,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/09/yyyy 18:00	67,76	20,38	851,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/09/yyyy 00:00	67,76	20,38	851,20	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
06/09/yyyy 06:00	67,46	20,42	856,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/09/yyyy 12:00	67,46	20,42	856,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/09/yyyy 18:00	67,46	20,42	856,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/09/yyyy 00:00	67,46	20,42	856,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/09/yyyy 06:00	58,97	20,45	861,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/09/yyyy 12:00	58,97	20,45	861,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/09/yyyy 18:00	58,97	20,45	861,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/09/yyyy 00:00	58,97	20,45	861,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/09/yyyy 06:00	61,78	20,49	866,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/09/yyyy 12:00	61,78	20,49	866,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/09/yyyy 18:00	61,78	20,49	866,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/09/yyyy 00:00	61,78	20,49	866,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/09/yyyy 06:00	66,48	20,53	872,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/09/yyyy 12:00	66,48	20,53	872,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/09/yyyy 18:00	66,48	20,53	872,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/09/yyyy 00:00	66,48	20,53	872,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/09/yyyy 06:00	81,51	20,58	879,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/09/yyyy 12:00	81,51	20,58	879,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/09/yyyy 18:00	81,51	20,58	879,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/09/yyyy 00:00	81,51	20,58	879,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/09/yyyy 06:00	105,24	20,65	889,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/09/yyyy 12:00	105,24	20,65	889,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/09/yyyy 18:00	105,24	20,65	889,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/09/yyyy 00:00	105,24	20,65	889,00	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/09/yyyy 06:00	109,04	20,71	897,40	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/09/yyyy 12:00	109,04	20,71	897,40	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/09/yyyy 18:00	109,04	20,71	897,40	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/09/yyyy 00:00	109,04	20,71	897,40	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/09/yyyy 06:00	113,62	20,78	907,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/09/yyyy 12:00	113,62	20,78	907,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/09/yyyy 18:00	113,62	20,78	907,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/09/yyyy 00:00	113,62	20,78	907,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/09/yyyy 06:00	118,71	20,86	918,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m³/s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10⁶m³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
14/09/yyyy 12:00	118,71	20,86	918,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/09/yyyy 18:00	118,71	20,86	918,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/09/yyyy 00:00	118,71	20,86	918,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/09/yyyy 06:00	132,13	20,94	929,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/09/yyyy 12:00	132,13	20,94	929,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/09/yyyy 18:00	132,13	20,94	929,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/09/yyyy 00:00	132,13	20,94	929,60	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/09/yyyy 06:00	136,69	21,02	941,26	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/09/yyyy 12:00	136,69	21,02	941,26	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/09/yyyy 18:00	136,69	21,02	941,26	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/09/yyyy 00:00	136,69	21,02	941,26	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/09/yyyy 06:00	131,37	21,09	952,67	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/09/yyyy 12:00	131,37	21,09	952,67	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/09/yyyy 18:00	131,37	21,09	952,67	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/09/yyyy 00:00	131,37	21,09	952,67	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/09/yyyy 06:00	116,73	21,15	962,45	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/09/yyyy 12:00	116,73	21,15	962,45	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/09/yyyy 18:00	116,73	21,15	962,45	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/09/yyyy 00:00	116,73	21,15	962,45	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/09/yyyy 06:00	115,98	21,21	972,23	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/09/yyyy 12:00	115,98	21,21	972,23	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/09/yyyy 18:00	115,98	21,21	972,23	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/09/yyyy 00:00	115,98	21,21	972,23	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/09/yyyy 06:00	121,98	21,28	983,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/09/yyyy 12:00	121,98	21,28	983,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/09/yyyy 18:00	121,98	21,28	983,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/09/yyyy 00:00	121,98	21,28	983,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/09/yyyy 06:00	132,22	21,35	995,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/09/yyyy 12:00	132,22	21,35	995,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/09/yyyy 18:00	132,22	21,35	995,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/09/yyyy 00:00	132,22	21,35	995,05	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/09/yyyy 06:00	127,52	21,42	1006,46	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/09/yyyy 12:00	127,52	21,42	1006,46	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/09/yyyy 18:00	127,52	21,42	1006,46	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/09/yyyy 00:00	127,52	21,42	1006,46	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/09/yyyy 06:00	115,99	21,48	1016,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/09/yyyy 12:00	115,99	21,48	1016,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/09/yyyy 18:00	115,99	21,48	1016,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/09/yyyy 00:00	115,99	21,48	1016,24	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
24/09/yyyy 06:00	118,45	21,54	1026,02	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/09/yyyy 12:00	118,45	21,54	1026,02	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/09/yyyy 18:00	118,45	21,54	1026,02	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/09/yyyy 00:00	118,45	21,54	1026,02	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/09/yyyy 06:00	119,82	21,61	1037,43	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/09/yyyy 12:00	119,82	21,61	1037,43	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/09/yyyy 18:00	119,82	21,61	1037,43	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/09/yyyy 00:00	119,82	21,61	1037,43	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m³/s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10⁶m³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
26/09/yyyy 06:00	127,90	21,67	1047,21	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/09/yyyy 12:00	127,90	21,67	1047,21	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/09/yyyy 18:00	127,90	21,67	1047,21	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/09/yyyy 00:00	127,90	21,67	1047,21	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/09/yyyy 06:00	128,03	21,74	1058,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/09/yyyy 12:00	128,03	21,74	1058,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/09/yyyy 18:00	128,03	21,74	1058,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/09/yyyy 00:00	128,03	21,74	1058,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/09/yyyy 06:00	139,85	21,81	1070,03	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/09/yyyy 12:00	139,85	21,81	1070,03	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/09/yyyy 18:00	139,85	21,81	1070,03	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/09/yyyy 00:00	139,85	21,81	1070,03	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/09/yyyy 06:00	140,09	21,88	1081,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/09/yyyy 12:00	140,09	21,88	1081,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/09/yyyy 18:00	140,09	21,88	1081,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/09/yyyy 00:00	140,09	21,88	1081,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/09/yyyy 06:00	169,95	21,98	1097,74	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/09/yyyy 12:00	169,95	21,98	1097,74	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/09/yyyy 18:00	169,95	21,98	1097,74	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/09/yyyy 00:00	169,95	21,98	1097,74	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
01/10/yyyy 06:00	155,24	22,05	1109,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/10/yyyy 12:00	155,24	22,05	1109,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/10/yyyy 18:00	155,24	22,05	1109,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/10/yyyy 00:00	155,24	22,05	1109,90	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/10/yyyy 06:00	160,61	22,13	1124,14	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/10/yyyy 12:00	160,61	22,13	1124,14	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/10/yyyy 18:00	160,61	22,13	1124,14	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/10/yyyy 00:00	160,61	22,13	1124,14	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/10/yyyy 06:00	174,62	22,21	1138,38	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/10/yyyy 12:00	174,62	22,21	1138,38	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/10/yyyy 18:00	174,62	22,21	1138,38	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/10/yyyy 00:00	174,62	22,21	1138,38	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/10/yyyy 06:00	168,12	22,30	1154,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/10/yyyy 12:00	168,12	22,30	1154,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/10/yyyy 18:00	168,12	22,30	1154,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/10/yyyy 00:00	168,12	22,30	1154,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
05/10/yyyy 06:00	177,59	22,38	1168,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/10/yyyy 12:00	177,59	22,38	1168,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/10/yyyy 18:00	177,59	22,38	1168,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/10/yyyy 00:00	177,59	22,38	1168,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/10/yyyy 06:00	174,83	22,47	1184,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/10/yyyy 12:00	174,83	22,47	1184,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/10/yyyy 18:00	174,83	22,47	1184,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/10/yyyy 00:00	174,83	22,47	1184,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/10/yyyy 06:00	174,62	22,55	1198,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/10/yyyy 12:00	174,62	22,55	1198,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/10/yyyy 18:00	174,62	22,55	1198,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
07/10/yyyy 00:00	174,62	22,55	1198,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/10/yyyy 06:00	172,17	22,64	1214,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/10/yyyy 12:00	172,17	22,64	1214,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/10/yyyy 18:00	172,17	22,64	1214,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/10/yyyy 00:00	172,17	22,64	1214,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/10/yyyy 06:00	146,29	22,71	1227,38	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/10/yyyy 12:00	146,29	22,71	1227,38	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/10/yyyy 18:00	146,29	22,71	1227,38	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/10/yyyy 00:00	146,29	22,71	1227,38	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/10/yyyy 06:00	178,51	22,79	1241,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/10/yyyy 12:00	178,51	22,79	1241,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/10/yyyy 18:00	178,51	22,79	1241,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/10/yyyy 00:00	178,51	22,79	1241,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/10/yyyy 06:00	188,08	22,88	1257,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/10/yyyy 12:00	188,08	22,88	1257,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/10/yyyy 18:00	188,08	22,88	1257,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/10/yyyy 00:00	188,08	22,88	1257,64	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/10/yyyy 06:00	178,89	22,97	1273,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/10/yyyy 12:00	178,89	22,97	1273,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/10/yyyy 18:00	178,89	22,97	1273,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
12/10/yyyy 00:00	178,89	22,97	1273,66	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/10/yyyy 06:00	160,95	23,03	1288,18	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/10/yyyy 12:00	160,95	23,03	1288,18	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/10/yyyy 18:00	160,95	23,03	1288,18	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
13/10/yyyy 00:00	160,95	23,03	1288,18	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/10/yyyy 06:00	156,09	23,09	1300,54	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/10/yyyy 12:00	156,09	23,09	1300,54	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/10/yyyy 18:00	156,09	23,09	1300,54	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
14/10/yyyy 00:00	156,09	23,09	1300,54	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
15/10/yyyy 06:00	144,16	23,16	1314,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/10/yyyy 12:00	144,16	23,16	1314,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/10/yyyy 18:00	144,16	23,16	1314,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/10/yyyy 00:00	144,16	23,16	1314,96	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/10/yyyy 06:00	139,81	23,21	1325,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/10/yyyy 12:00	139,81	23,21	1325,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/10/yyyy 18:00	139,81	23,21	1325,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/10/yyyy 00:00	139,81	23,21	1325,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/10/yyyy 06:00	113,42	23,26	1336,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/10/yyyy 12:00	113,42	23,26	1336,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/10/yyyy 18:00	113,42	23,26	1336,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/10/yyyy 00:00	113,42	23,26	1336,06	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/10/yyyy 06:00	124,70	23,31	1345,86	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/10/yyyy 12:00	124,70	23,31	1345,86	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/10/yyyy 18:00	124,70	23,31	1345,86	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/10/yyyy 00:00	124,70	23,31	1345,86	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/10/yyyy 06:00	145,24	23,37	1358,22	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/10/yyyy 12:00	145,24	23,37	1358,22	Triều kém	Triều kém	Triều kém		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
19/10/yyyy 18:00	145,24	23,37	1358,22	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/10/yyyy 00:00	145,24	23,37	1358,22	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/10/yyyy 06:00	128,73	23,43	1370,58	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/10/yyyy 12:00	128,73	23,43	1370,58	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/10/yyyy 18:00	128,73	23,43	1370,58	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/10/yyyy 00:00	128,73	23,43	1370,58	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/10/yyyy 06:00	119,69	23,48	1380,88	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/10/yyyy 12:00	119,69	23,48	1380,88	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/10/yyyy 18:00	119,69	23,48	1380,88	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/10/yyyy 00:00	119,69	23,48	1380,88	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/10/yyyy 06:00	105,50	23,52	1389,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/10/yyyy 12:00	105,50	23,52	1389,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/10/yyyy 18:00	105,50	23,52	1389,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
22/10/yyyy 00:00	105,50	23,52	1389,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
23/10/yyyy 06:00	77,51	23,55	1395,30	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/10/yyyy 12:00	77,51	23,55	1395,30	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/10/yyyy 18:00	77,51	23,55	1395,30	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/10/yyyy 00:00	77,51	23,55	1395,30	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/10/yyyy 06:00	111,11	23,60	1405,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/10/yyyy 12:00	111,11	23,60	1405,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/10/yyyy 18:00	111,11	23,60	1405,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/10/yyyy 00:00	111,11	23,60	1405,60	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/10/yyyy 06:00	118,43	23,65	1415,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/10/yyyy 12:00	118,43	23,65	1415,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/10/yyyy 18:00	118,43	23,65	1415,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/10/yyyy 00:00	118,43	23,65	1415,90	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/10/yyyy 06:00	110,02	23,70	1426,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/10/yyyy 12:00	110,02	23,70	1426,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/10/yyyy 18:00	110,02	23,70	1426,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/10/yyyy 00:00	110,02	23,70	1426,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/10/yyyy 06:00	99,88	23,74	1434,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/10/yyyy 12:00	99,88	23,74	1434,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/10/yyyy 18:00	99,88	23,74	1434,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/10/yyyy 00:00	99,88	23,74	1434,44	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/10/yyyy 06:00	78,63	23,77	1440,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/10/yyyy 12:00	78,63	23,77	1440,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/10/yyyy 18:00	78,63	23,77	1440,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/10/yyyy 00:00	78,63	23,77	1440,62	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/10/yyyy 06:00	96,12	23,81	1448,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/10/yyyy 12:00	96,12	23,81	1448,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/10/yyyy 18:00	96,12	23,81	1448,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/10/yyyy 00:00	96,12	23,81	1448,86	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/10/yyyy 06:00	71,29	23,84	1455,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/10/yyyy 12:00	71,29	23,84	1455,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/10/yyyy 18:00	71,29	23,84	1455,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/10/yyyy 00:00	71,29	23,84	1455,04	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/10/yyyy 06:00	63,26	23,87	1461,22	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
31/10/yyyy 12:00	63,26	23,87	1461,22	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/10/yyyy 18:00	63,26	23,87	1461,22	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
31/10/yyyy 00:00	63,26	23,87	1461,22	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
01/11/yyyy 06:00	67,63	23,90	1467,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/11/yyyy 12:00	67,63	23,90	1467,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/11/yyyy 18:00	67,63	23,90	1467,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
01/11/yyyy 00:00	67,63	23,90	1467,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/11/yyyy 06:00	63,44	23,92	1471,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/11/yyyy 12:00	63,44	23,92	1471,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/11/yyyy 18:00	63,44	23,92	1471,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
02/11/yyyy 00:00	63,44	23,92	1471,52	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/11/yyyy 06:00	68,66	23,95	1477,70	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/11/yyyy 12:00	68,66	23,95	1477,70	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/11/yyyy 18:00	68,66	23,95	1477,70	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
03/11/yyyy 00:00	68,66	23,95	1477,70	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
04/11/yyyy 06:00	66,44	23,98	1483,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
04/11/yyyy 12:00	66,44	23,98	1483,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
04/11/yyyy 18:00	66,44	23,98	1483,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
04/11/yyyy 00:00	66,44	23,98	1483,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/11/yyyy 06:00	76,47	24,01	1490,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/11/yyyy 12:00	76,47	24,01	1490,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/11/yyyy 18:00	76,47	24,01	1490,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
05/11/yyyy 00:00	76,47	24,01	1490,32	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/11/yyyy 06:00	58,46	24,03	1494,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/11/yyyy 12:00	58,46	24,03	1494,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/11/yyyy 18:00	58,46	24,03	1494,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
06/11/yyyy 00:00	58,46	24,03	1494,96	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/11/yyyy 06:00	62,04	24,06	1501,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/11/yyyy 12:00	62,04	24,06	1501,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/11/yyyy 18:00	62,04	24,06	1501,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
07/11/yyyy 00:00	62,04	24,06	1501,92	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/11/yyyy 06:00	55,82	24,08	1506,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/11/yyyy 12:00	55,82	24,08	1506,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/11/yyyy 18:00	55,82	24,08	1506,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
08/11/yyyy 00:00	55,82	24,08	1506,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/11/yyyy 06:00	65,49	24,10	1511,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/11/yyyy 12:00	65,49	24,10	1511,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/11/yyyy 18:00	65,49	24,10	1511,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
09/11/yyyy 00:00	65,49	24,10	1511,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/11/yyyy 06:00	64,72	24,12	1515,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/11/yyyy 12:00	64,72	24,12	1515,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/11/yyyy 18:00	64,72	24,12	1515,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
10/11/yyyy 00:00	64,72	24,12	1515,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/11/yyyy 06:00	49,47	24,14	1520,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/11/yyyy 12:00	49,47	24,14	1520,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/11/yyyy 18:00	49,47	24,14	1520,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
11/11/yyyy 00:00	49,47	24,14	1520,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
12/11/yyyy 06:00	50,21	24,16	1525,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
12/11/yyyy 12:00	50,21	24,16	1525,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
12/11/yyyy 18:00	50,21	24,16	1525,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
12/11/yyyy 00:00	50,21	24,16	1525,12	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
13/11/yyyy 06:00	54,18	24,18	1529,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
13/11/yyyy 12:00	54,18	24,18	1529,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
13/11/yyyy 18:00	54,18	24,18	1529,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
13/11/yyyy 00:00	54,18	24,18	1529,76	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/11/yyyy 06:00	46,82	24,20	1534,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/11/yyyy 12:00	46,82	24,20	1534,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/11/yyyy 18:00	46,82	24,20	1534,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
14/11/yyyy 00:00	46,82	24,20	1534,40	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/11/yyyy 06:00	49,85	24,22	1539,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/11/yyyy 12:00	49,85	24,22	1539,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/11/yyyy 18:00	49,85	24,22	1539,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
15/11/yyyy 00:00	49,85	24,22	1539,04	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/11/yyyy 06:00	55,33	24,24	1543,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/11/yyyy 12:00	55,33	24,24	1543,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/11/yyyy 18:00	55,33	24,24	1543,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
16/11/yyyy 00:00	55,33	24,24	1543,68	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/11/yyyy 06:00	44,84	24,25	1546,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/11/yyyy 12:00	44,84	24,25	1546,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/11/yyyy 18:00	44,84	24,25	1546,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
17/11/yyyy 00:00	44,84	24,25	1546,00	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/11/yyyy 06:00	39,56	24,27	1550,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/11/yyyy 12:00	39,56	24,27	1550,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/11/yyyy 18:00	39,56	24,27	1550,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
18/11/yyyy 00:00	39,56	24,27	1550,64	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/11/yyyy 06:00	46,55	24,29	1555,28	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/11/yyyy 12:00	46,55	24,29	1555,28	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/11/yyyy 18:00	46,55	24,29	1555,28	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
19/11/yyyy 00:00	46,55	24,29	1555,28	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/11/yyyy 06:00	44,92	24,31	1559,92	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/11/yyyy 12:00	44,92	24,31	1559,92	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/11/yyyy 18:00	44,92	24,31	1559,92	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
20/11/yyyy 00:00	44,92	24,31	1559,92	Triều kém	Triều kém	Triều kém		
21/11/yyyy 06:00	33,44	24,32	1562,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
21/11/yyyy 12:00	33,44	24,32	1562,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
21/11/yyyy 18:00	33,44	24,32	1562,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
21/11/yyyy 00:00	33,44	24,32	1562,24	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
22/11/yyyy 06:00	33,79	24,33	1564,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
22/11/yyyy 12:00	33,79	24,33	1564,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
22/11/yyyy 18:00	33,79	24,33	1564,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
22/11/yyyy 00:00	33,79	24,33	1564,56	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/11/yyyy 06:00	24,88	24,34	1566,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/11/yyyy 12:00	24,88	24,34	1566,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
23/11/yyyy 18:00	24,88	24,34	1566,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Thời gian	Lưu lượng tích lũy (m ³ /s)	Mức nước trước lũ (m)	Dung tích trước lũ (10 ⁶ m ³)	Tình trạng Triều				
				20% (Năm 2014)	10%	5%	Thực tế	Khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
23/11/yyyy 00:00	24,88	24,34	1566,88	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/11/yyyy 06:00	33,34	24,35	1569,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/11/yyyy 12:00	33,34	24,35	1569,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/11/yyyy 18:00	33,34	24,35	1569,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
24/11/yyyy 00:00	33,34	24,35	1569,20	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/11/yyyy 06:00	35,28	24,36	1571,52	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/11/yyyy 12:00	35,28	24,36	1571,52	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/11/yyyy 18:00	35,28	24,36	1571,52	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
25/11/yyyy 00:00	35,28	24,36	1571,52	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/11/yyyy 06:00	25,78	24,37	1573,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/11/yyyy 12:00	25,78	24,37	1573,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/11/yyyy 18:00	25,78	24,37	1573,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
26/11/yyyy 00:00	25,78	24,37	1573,84	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/11/yyyy 06:00	28,08	24,38	1576,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/11/yyyy 12:00	28,08	24,38	1576,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/11/yyyy 18:00	28,08	24,38	1576,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
27/11/yyyy 00:00	28,08	24,38	1576,16	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/11/yyyy 06:00	18,80	24,39	1578,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/11/yyyy 12:00	18,80	24,39	1578,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/11/yyyy 18:00	18,80	24,39	1578,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
28/11/yyyy 00:00	18,80	24,39	1578,48	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/11/yyyy 06:00	13,40	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/11/yyyy 12:00	13,40	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/11/yyyy 18:00	13,40	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
29/11/yyyy 00:00	13,40	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/11/yyyy 06:00	4,34	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/11/yyyy 12:00	4,34	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/11/yyyy 18:00	4,34	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		
30/11/yyyy 00:00	4,34	24,40	1580,80	Triều cường	Triều cường	Triều cường		

Phụ lục 8: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 01 NĂM 2016

Ngày	Giá trị độ mặn				Tổng số giờ vượt quy định
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	
1	52	38	85	0	
2	50	37	83	0	
3	47	39	74	0	
4	53	42	77	0	
5	46	36	61	0	
6	45	36	64	0	
7	47	37	61	0	
8	51	37	66	0	
9	55	38	74	0	
10	57	38	81	0	
11	59	38	95	0	
12	63	39	102	0	
13	74	40	130	0	

Ngày	Giá trị độ mặn				Tổng số giờ vượt quy định
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	
14	80	42	134	0	
15	81	42	146	0	
16	74	41	147	0	
17	68	41	145	0	
18	62	41	141	0	
19	63	41	129	0	
20	69	40	139	0	
21	75	40	141	0	
22	75	39	138	0	
23	86	40	154	0	
24	119	45	226	0	
25	141	44	271	2	
26	168	49	358	4	
27	124	45	288	2	
28	83	38	160	0	
29	74	37	143	0	
30	68	37	168	0	
31	71	38	162	0	

Phụ lục 9: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 02 NĂM 2016

Ngày	Giá trị độ mặn				Tổng số giờ vượt quy định
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	
1	61	37	161	0	
2	64	38	146	0	
3	81	38	166	0	
4	92	37	184	0	
5	91	27	163	0	
6	117	36	193	0	
7	116	30	242	0	
8	148	38	340	3	
9	115	34	294	1	
10	99	33	245	0	
11	82	31	228	0	
12	75	30	185	0	
13	62	29	124	0	
14	57	28	117	0	
15	52	28	121	0	
16	59	28	149	0	
17	80	29	175	0	
18	98	28	183	0	
19	92	27	179	0	
20	94	27	179	0	
21	95	28	194	0	
22	88	29	202	0	
23	73	28	164	0	
24	75	27	165	0	

Ngày	Giá trị độ mặn				
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	Tổng số giờ vượt quy định
25	86	30	200	0	
26	86	31	193	0	
27	86	32	200	0	
28	97	39	228	0	
29	95	39	248	0	

Phụ lục 10: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 3 NĂM 2016

Ngày	Giá trị độ mặn				
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	Tổng số giờ vượt quy định
1	85	40	252	1	
2	77	36	198	0	
3	73	34	173	0	
4	94	34	192	0	
5	94	35	202	0	
6	91	34	202	0	
7	93	36	200	0	
8	99	36	201	0	
9	103	37	214	0	
10	99	38	215	0	
11	100	38	230	0	
12	131	44	306	4	
13	148	52	323	4	
14	132	416	293	3	
15	141	48	330	1	
16	136	48	319	2	
17	115	42	254	1	
18	106	39	236	0	
19	96	39	216	0	
20	90	39	185	0	
21	90	39	185	0	
22	91	41	177	0	
23	96	43	190	0	
24	100	44	214	0	
25	125	49	267	1	
26	177	63	377	6	
27	234	65	467	9	
28	289	110	588	12	
29	290	98	575	13	
30	239	84	416	11	
31	196	65	369	8	

Phụ lục 11: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 4 NĂM 2016

Ngày	Giá trị độ mặn				
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	Tổng số giờ vượt quy định

1	192	60	395	6	
2	181	53	407	8	
3	164	51	427	5	
4	163	53	396	6	
5	181	55	398	8	
6	201	61	429	8	
7	196	65	410	8	
8	206	66	455	8	
9	205	64	449	9	
10	192	59	444	7	
11	162	50	351	7	
12	136	48	300	4	
13	126	41	268	2	
14	122	40	269	1	
15	115	39	253	2	
16	119	40	292	3	
17	124	44	298	3	
18	138	45	319	4	
19	140	49	321	3	
20	145	50	332	2	
21	115	50	277	1	
22	90	44	188	0	
23	80	37	192	0	
24	77	33	166	0	
25	77	32	164	0	
26	80	34	173	0	
27	78	36	142	0	
28	78	40	133	0	
29	77	42	143	0	
30	76	27	152	0	

Phụ lục 12: DIỄN BIẾN MẶN (mg/l Cl-) THÁNG 5 NĂM 2016

Ngày	Giá trị độ mặn				
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Số giờ độ mặn ≥ 250	Tổng số giờ vượt quy định
1	77	43	160	0	
2	87	45	200	0	
3	100	41	230	0	
4	119	46	252	1	
5	111	45	252	1	
6	98	46	226	0	
7	96	43	197	0	
8	112	44	261	1	
.....					
31					

Phụ lục 13: LƯỢNG NƯỚC XẢ ĐẦY MẶN MÙA KHÔ NĂM 2016

Đợt xả	Từ	Đến	$W_{\text{xả}}$ (10^6m^3)	Ghi chú
1	10 giờ 17/01/2016	16 giờ 21/01/2016	7,34	Thông báo xả đợt 1

Đợt xả	Từ	Đến	$W_{\text{xả}}$ (10^6m^3)	Ghi chú
2	14 giờ 24/01/2016	17 giờ 27/01/2016	8,10	Thông báo xả đợt 2
3	15 giờ 03/02/2016	15 giờ 11/02/2016	20,74	Thông báo xả đợt 3
4	07 giờ 18/02/2016	17 giờ 24/02/2016	16,63	Thông báo xả đợt 4
5	07 giờ 05/3/2016	07 giờ 08/3/2016	5,18	Thông báo xả đợt 5
	07 giờ 08/3/2016	07 giờ 11/03/2016	7,78	Điều chỉnh xả tràn lần 1 đợt 5
6	07 giờ 18/3/2016	07 giờ 22/3/2016	6,91	Thông báo xả đợt 6
7	14 giờ 04/4/2016	09 giờ 06/4/2016	3,10	Thông báo xả đợt 7
	09 giờ 06/4/2016	15 giờ 12/4/2016	21,60	Điều chỉnh xả tràn lần 1 đợt 7
8	18 giờ 18/4/2016	18 giờ 20/4/2016	10,37	Tgìông báo xả đợt 8
	18 giờ 20/4/2016	18 giờ 22/4/2016	6,91	Điều chỉnh xả tràn lần 1 đợt 8
	18 giờ 22/4/2016	18 giờ 23/4/2016	5,18	Điều chỉnh xả tràn lần 2 đợt 8
9	04 giờ 04/5/2016	04 giờ 06/5/2016	10,37	Thông báo xả đợt 9
	04 giờ 06/5/2016	04 giờ 07/5/2016	5,18	Điều chỉnh xả tràn lần 1 đợt 9
135,40				

(Nguồn : Công ty TNHH MTV khai thác thủy lợi Dầu Tiếng-Phước Hòa)

Phụ lục 14: MỐI QUAN HỆ TRIỀU - MẶN TỪ 18/4 ĐẾN 26/4/2016 (đợt 8)

Ngày 18/4/2016																								
Thời gian(h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	2.9	3.0	3.1	2.9	2.7	2.4	2.2	2.0	1.8	1.9	2.1	2.5	2.9	3.2	3.4	3.5	3.3	3.1	2.9	2.6	2.3	2.1	2.2	2.4
T x. hiện đình mặn																		x	x	x				
Ngày 19/4/2016																								
Thời gian(h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	2.7	2.9	3.1	3.1	3.0	2.7	2.5	2.3	2.0	1.8	1.9	2.3	2.7	3.1	3.3	3.5	3.4	3.2	3.0	2.7	2.3	2.0	1.9	2.1
T x. hiện đình mặn																		x	x	x				
Ngày 20/4/2016																								
Thời gian(h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	2,4	2,8	3,0	3,2	3,2	3,0	2,8	2,5	2,2	2,0	1,9	2,1	2,5	2,9	3,2	3,4	3,5	3,3	3,1	2,8	2,4	2,0	1,8	1,8
T x. hiện đình mặn							x	x	x	x	x							x	x	x	x			
Ngày 21/4/2016																								
Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	2,1	2,5	2,9	3,1	3,2	3,2	3,0	2,8	2,5	2,2	2,0	2,0	2,3	2,7	3,1	3,4	3,5	3,4	3,2	2,8	2,5	2,1	1,7	1,6
T x. hiện đình mặn								x	x	x	x									x	x	x	x	
Ngày 22/4/2016																								
Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	1,8	2,5	2,9	3,1	3,2	3,2	3,0	2,8	2,5	2,2	2,0	2,0	2,3	2,7	3,1	3,4	3,5	3,4	3,2	2,8	2,5	2,1	1,7	1,6
T x. hiện đình mặn								x	x	x	x								x	x	x	x	x	
Ngày 23/4/2016																								
Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	1,5	1,8	2,3	2,8	3,1	3,3	3,3	3,2	3,0	2,7	2,4	2,2	2,1	2,3	2,8	3,2	3,4	3,4	3,3	3,1	2,7	2,3	1,8	1,5
T x. hiện đình mặn									x	x	x	x	x							x	x	x	x	x
Ngày 24/4/2016																								
Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	1,4	1,5	2,0	2,5	3,0	3,2	3,3	3,3	3,2	2,9	2,7	2,4	2,3	2,3	2,6	3,0	3,3	3,4	3,3	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6
T x. hiện đình mặn									x	x	x	x	x								x	x	x	x
Ngày 25/4/2016																								

Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	1,4	1,3	1,6	2,2	2,7	3,1	3,3	3,4	3,3	3,2	2,9	2,6	2,4	2,4	2,5	2,8	3,2	3,4	3,4	3,2	3,0	2,6	2,1	1,7
T _X . hiện đỉnh mặn										x	x	x	x	x							x	x	x	x
Ngày 26/4/2016																								
Thời gian(h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
H _{Triều} (m)	1,4	1,3	1,4	1,8	2,3	2,5	3,1	3,3	3,4	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,5	2,7	3,0	3,3	3,4	3,3	3,1	2,8	2,4	1,9
T _X . hiện đỉnh mặn											x	x	x	x	x						x	x	x	x

Phụ lục 15: MỐI QUAN HỆ TRIỀU - MẶN TỪ 04/5 ĐẾN 10/5/2016 (đợt 9)

Ngày 04/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	2.9	3.1	3.3	3.2	3.0	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8	2.0	2.4	2.9	3.3	3.5	3.6	3.4	3.1	2.7	2.3	2.0	1.7	1.7	2.0
T _X . hiện đỉnh mặn							x	x											x	x	x			
Ngày 05/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	2.5	2.9	3.2	3.4	3.4	3.2	2.8	2.5	2.2	1.9	1.9	2.1	2.6	3.1	3.4	3.6	3.5	3.3	2.9	2.4	2.0	1.6	1.4	1.5
T _X . hiện đỉnh mặn								x	x	x									x	x	x	x		
Ngày 06/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	1.9	2.5	3.0	3.4	3.5	3.5	3.3	2.9	2.6	2.2	2.0	2.0	2.3	2.8	3.3	3.5	3.6	3.5	3.1	2.6	2.1	1.6	1.3	1.1
T _X . hiện đỉnh mặn								x	x	x	x								x	x	x	x		
Ngày 07/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	1.4	1.9	2.6	3.1	3.4	3.6	3.6	3.3	3.0	2.6	2.3	2.1	2.1	2.5	3.0	3.4	3.6	3.6	3.3	2.9	2.4	1.8	1.3	1.0
T _X . hiện đỉnh mặn									x	x	x	x								x	x	x	x	
Ngày 08/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	1.0	1.4	2.0	2.7	3.2	3.5	3.6	3.6	3.3	3.0	2.6	2.3	2.2	2.3	2.8	3.2	3.5	3.6	3.5	3.2	2.7	2.1	1.6	1.1
T _X . hiện đỉnh mặn										x	x	x	x								x	x	x	
Ngày 09/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	0.9	1.0	1.5	2.1	2.8	3.2	3.5	3.6	3.5	3.3	3.0	2.6	2.4	2.3	2.6	3.0	3.4	3.5	3.5	3.3	3.0	2.5	1.9	1.4
T _X . hiện đỉnh mặn											x	x	x	x							x	x	x	x
Ngày 10/5/2016																								
Thời	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
H _{Triều} (m)	1.0	0.9	1.1	1.6	2.3	2.8	3.2	3.5	3.6	3.5	3.2	2.9	2.6	2.5	2.5	2.7	3.1	3.4	3.4	3.3	3.1	2.8	2.3	1.7
T _X . hiện đỉnh mặn												x	x	x							x	x	x	

Phụ lục 16: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT LỬ

Thời đoạn (ngày)	Thời đoạn (6 giờ)	Thời gian điều tiết	P =PMF		Q _{xá} (m ³ /s)	W _{xá} (10 ⁶ m ³)	W _{hồ} (10 ⁶ m ³)	Z _{hồ} (m)	Tình trạng triều
			Q đến (m ³ /s)	W đến (10 ⁶ m ³)					
1	0	01/11/2017 06:00	59,00				1557,60	24,29	

Thời đoạn (ngày)	Thời đoạn (6 giờ)	Thời gian điều tiết	P =PMF		Q _{xả} (m ³ /s)	W _{xả} (10 ⁶ m ³)	W _{hồ} (10 ⁶ m ³)	Z _{hồ} (m)	Tình trạng triều
			Q đến (m ³ /s)	W đến (10 ⁶ m ³)					
	6	01/11/2017 12:00	106,80	1,79	1117,51	24,14	1535,25	24,20	Triều kém
	12	01/11/2017 18:00	106,60	2,30	1117,51	24,14	1513,42	24,10	Triều kém
	18	01/11/2017 00:00	106,40	2,30	1117,51	24,14	1491,58	24,01	Triều kém
	24	02/11/2017 06:00	106,20	2,30	1117,51	24,14	1469,74	23,91	Triều kém
2	30	02/11/2017 12:00	117,40	2,41	1117,51	24,14	1448,02	23,80	Triều kém
	36	02/11/2017 18:00	287,60	4,37	1117,51	24,14	1428,25	23,71	Triều kém
	42	02/11/2017 00:00	727,40	10,96	1117,51	24,14	1415,08	23,64	Triều kém
	48	03/11/2017 06:00	2023,50	29,71	1117,51	24,14	1420,65	23,67	Triều kém
3	54	03/11/2017 12:00	3805,00	62,95	1117,51	24,14	1459,46	23,86	Triều kém
	60	03/11/2017 18:00	5202,00	97,28	1117,51	24,14	1532,59	24,19	Triều kém
	66	03/11/2017 00:00	6112,20	122,19	1117,51	24,14	1630,65	24,61	Triều kém
	72	04/11/2017 06:00	6635,00	137,67	1117,51	24,14	1744,18	25,10	Triều cường
4	78	04/11/2017 12:00	5702,60	133,25	1092,02	23,59	1853,84	25,57	Triều cường
	84	04/11/2017 18:00	4653,60	111,85	1067,25	23,05	1942,63	25,95	Triều cường
	90	04/11/2017 00:00	3908,50	92,47	1043,16	22,53	2012,57	26,26	Triều cường
	96	05/11/2017 06:00	3406,90	79,01	1019,73	22,03	2069,55	26,50	Triều cường
5	102	05/11/2017 12:00	2817,00	67,22	996,96	21,53	2115,24	26,70	Triều cường
	108	05/11/2017 18:00	2316,60	55,44	1198,36	25,88	2144,79	26,82	Triều cường
	114	05/11/2017 00:00	1944,60	46,02	2102,87	45,42	2145,39	26,83	Triều cường
	120	06/11/2017 06:00	1672,60	39,07	1755,74	37,92	2146,53	26,83	Triều cường
6	126	06/11/2017 12:00	1417,80	33,38	1501,98	32,44	2147,47	26,84	Triều cường
	132	06/11/2017 18:00	1224,50	28,54	1284,98	27,76	2148,25	26,84	Triều cường
	138	06/11/2017 00:00	1116,10	25,28	1140,16	24,63	2148,90	26,84	Triều cường
	144	07/11/2017 06:00	1017,20	23,04	1040,53	22,48	2149,46	26,84	Triều cường
7	150	07/11/2017 12:00	918,60	20,91	944,55	20,40	2149,97	26,85	Triều cường
	156	07/11/2017 18:00	822,80	18,81	850,02	18,36	2150,42	26,85	Triều cường
	162	07/11/2017 00:00	734,50	16,82	760,59	16,43	2150,81	26,85	Triều cường
	168	08/11/2017 06:00	654,80	15,00	680,94	14,71	2151,10	26,85	Triều cường
8	174	08/11/2017 12:00	584,00	13,38	667,58	14,42	2150,06	26,85	Triều cường
	180	08/11/2017 18:00	521,90	11,94	654,59	14,14	2147,87	26,84	Triều cường
	186	08/11/2017 00:00	467,80	10,69	641,97	13,87	2144,69	26,82	Triều cường
	192	09/11/2017 06:00	420,60	9,59	629,69	13,60	2140,68	26,81	Triều cường
9	198	09/11/2017 12:00	379,60	8,64	617,75	13,34	2135,98	26,79	Triều cường
	204	09/11/2017 18:00	344,00	7,81	606,15	13,09	2130,70	26,76	Triều cường
	210	09/11/2017 00:00	313,30	7,10	594,87	12,85	2124,95	26,74	Triều cường
	216	10/11/2017 06:00	286,60	6,48	583,90	12,61	2118,82	26,71	Triều cường
10	222	10/11/2017 12:00	263,60	5,94	573,24	12,38	2112,38	26,69	Triều cường
	228	10/11/2017 18:00	243,50	5,48	562,87	12,16	2105,70	26,66	Triều cường
	234	10/11/2017 00:00	226,00	5,07	552,79	11,94	2098,83	26,63	Triều cường
	240	11/11/2017 06:00	210,70	4,72	542,99	11,73	2091,82	26,60	Triều cường
11	246	11/11/2017 12:00	195,30	4,38	533,46	11,52	2084,68	26,57	Triều cường
	252	11/11/2017 18:00	180,00	4,05	524,20	11,32	2077,41	26,54	Triều cường
	258	11/11/2017 00:00	164,60	3,72	515,19	11,13	2070,00	26,50	Triều cường
	264	12/11/2017 06:00	149,30	3,39	506,44	10,94	2062,45	26,47	Triều kém
12	270	12/11/2017 12:00	134,00	3,06	506,44	10,94	2054,57	26,44	Triều kém
	276	12/11/2017 18:00	50,21	1,99	506,44	10,94	2045,62	26,40	Triều kém
	282	12/11/2017 00:00	50,21	1,08	506,44	10,94	2035,77	26,36	Triều kém
	288	13/11/2017 06:00	54,18	1,13	506,44	10,94	2025,96	26,31	Triều kém

Thời đoạn (ngày)	Thời đoạn (6 giờ)	Thời gian điều tiết	P =PMF		Q _{xả} (m ³ /s)	W _{xả} (10 ⁶ m ³)	W _{hồ} (10 ⁶ m ³)	Z _{hồ} (m)	Tình trạng triều
			Q đến (m ³ /s)	W đến (10 ⁶ m ³)					
13	294	13/11/2017 12:00	54,18	1,17	506,44	10,94	2016,19	26,27	Triều kém
	300	13/11/2017 18:00	54,18	1,17	506,44	10,94	2006,42	26,23	Triều kém
	306	13/11/2017 00:00	54,18	1,17	506,44	10,94	1996,65	26,19	Triều kém
	312	14/11/2017 06:00	46,82	1,09	506,44	10,94	1986,80	26,15	Triều kém
14	318	14/11/2017 12:00	46,82	1,01	506,44	10,94	1976,87	26,10	Triều kém
	324	14/11/2017 18:00	46,82	1,01	506,44	10,94	1966,95	26,06	Triều kém
	330	14/11/2017 00:00	46,82	1,01	506,44	10,94	1957,02	26,02	Triều kém
	336	15/11/2017 06:00	49,85	1,04	506,44	10,94	1947,12	25,98	Triều kém
15	342	15/11/2017 12:00	49,85	1,08	506,44	10,94	1937,26	25,93	Triều kém
	348	15/11/2017 18:00	49,85	1,08	506,44	10,94	1927,40	25,89	Triều kém
	354	15/11/2017 00:00	49,85	1,08	506,44	10,94	1917,54	25,85	Triều kém
	360	16/11/2017 06:00	55,33	1,14	506,44	10,94	1907,73	25,80	Triều kém
16	366	16/11/2017 12:00	55,33	1,20	506,44	10,94	1897,99	25,76	Triều kém
	372	16/11/2017 18:00	55,33	1,20	506,44	10,94	1888,25	25,72	Triều kém
	378	16/11/2017 00:00	55,33	1,20	506,44	10,94	1878,50	25,68	Triều kém
	384	17/11/2017 06:00	44,84	1,08	506,44	10,94	1868,65	25,64	Triều kém
17	390	17/11/2017 12:00	44,84	0,97	506,44	10,94	1858,67	25,59	Triều kém
	396	17/11/2017 18:00	44,84	0,97	506,44	10,94	1848,70	25,55	Triều kém
	402	17/11/2017 00:00	44,84	0,97	506,44	10,94	1838,73	25,51	Triều kém
	408	18/11/2017 06:00	39,56	0,91	506,44	10,94	1828,71	25,46	Triều kém
18	414	18/11/2017 12:00	39,56	0,85	506,44	10,94	1818,62	25,42	Triều kém
	420	18/11/2017 18:00	39,56	0,85	506,44	10,94	1808,54	25,38	Triều kém
	426	18/11/2017 00:00	39,56	0,85	506,44	10,94	1798,45	25,33	Triều kém
	432	19/11/2017 06:00	46,55	0,93	506,44	10,94	1788,44	25,29	Triều kém
19	438	19/11/2017 12:00	46,55	1,01	506,44	10,94	1778,51	25,25	Triều kém
	444	19/11/2017 18:00	46,55	1,01	506,44	10,94	1768,58	25,20	Triều kém
	450	19/11/2017 00:00	46,55	1,01	506,44	10,94	1758,64	25,16	Triều kém
	456	20/11/2017 06:00	44,92	0,99	506,44	10,94	1748,69	25,12	Triều kém
20	462	20/11/2017 12:00	44,92	0,97	506,44	10,94	1738,72	25,07	Triều kém
	468	20/11/2017 18:00	44,92	0,97	506,44	10,94	1728,75	25,03	Triều kém
	474	20/11/2017 00:00	44,92	0,97	506,44	10,94	1718,79	24,99	Triều kém
	480	21/11/2017 06:00	33,44	0,85	200,00	4,32	1715,31	24,98	Triều cường
21	486	21/11/2017 12:00	33,44	0,72	200,00	4,32	1711,71	24,96	Triều cường
	492	21/11/2017 18:00	33,44	0,72	200,00	4,32	1708,12	24,95	Triều cường
	498	21/11/2017 00:00	33,44	0,72	200,00	4,32	1704,52	24,93	Triều cường
	504	22/11/2017 06:00	33,79	0,73	200,00	4,32	1700,92	24,91	Triều cường
22	510	22/11/2017 12:00	33,79	0,73	200,00	4,32	1697,33	24,90	Triều cường
	516	22/11/2017 18:00	33,79	0,73	200,00	4,32	1693,74	24,88	Triều cường
	522	22/11/2017 00:00	33,79	0,73	200,00	4,32	1690,15	24,87	Triều cường
	528	23/11/2017 06:00	24,88	0,63	200,00	4,32	1686,47	24,85	Triều cường
23	534	23/11/2017 12:00	24,88	0,54	200,00	4,32	1682,69	24,83	Triều cường
	540	23/11/2017 18:00	24,88	0,54	200,00	4,32	1678,90	24,82	Triều cường
	546	23/11/2017 00:00	24,88	0,54	200,00	4,32	1675,12	24,80	Triều cường
	552	24/11/2017 06:00	33,34	0,63	200,00	4,32	1671,43	24,79	Triều cường
24	558	24/11/2017 12:00	33,34	0,72	200,00	4,32	1667,83	24,77	Triều cường
	564	24/11/2017 18:00	33,34	0,72	200,00	4,32	1664,23	24,76	Triều cường
	570	24/11/2017 00:00	33,34	0,72	200,00	4,32	1660,63	24,74	Triều cường
	576	25/11/2017 06:00	35,28	0,74	200,00	4,32	1657,05	24,73	Triều cường

Thời đoạn (ngày)	Thời đoạn (6 giờ)	Thời gian điều tiết	P =PMF		Q _{xả} (m ³ /s)	W _{xả} (10 ⁶ m ³)	W _{hồ} (10 ⁶ m ³)	Z _{hồ} (m)	Tình trạng triều
			Q đến (m ³ /s)	W đến (10 ⁶ m ³)					
25	582	25/11/2017 12:00	35,28	0,76	200,00	4,32	1653,49	24,71	Triều cường
	588	25/11/2017 18:00	35,28	0,76	200,00	4,32	1649,93	24,69	Triều cường
	594	25/11/2017 00:00	35,28	0,76	200,00	4,32	1646,38	24,68	Triều cường
	600	26/11/2017 06:00	25,78	0,66	200,00	4,32	1642,72	24,66	Triều cường
26	606	26/11/2017 12:00	25,78	0,56	200,00	4,32	1638,95	24,64	Triều cường
	612	26/11/2017 18:00	25,78	0,56	200,00	4,32	1635,19	24,63	Triều cường
	618	26/11/2017 00:00	25,78	0,56	200,00	4,32	1631,43	24,61	Triều cường
	624	27/11/2017 06:00	28,08	0,58	200,00	4,32	1627,69	24,60	Triều cường
27	630	27/11/2017 12:00	28,08	0,61	200,00	4,32	1623,97	24,58	Triều cường
	636	27/11/2017 18:00	28,08	0,61	200,00	4,32	1620,26	24,57	Triều cường
	642	27/11/2017 00:00	28,08	0,61	200,00	4,32	1616,55	24,55	Triều cường
	648	28/11/2017 06:00	18,8	0,51	200,00	4,32	1612,73	24,53	Triều cường
28	654	28/11/2017 12:00	18,8	0,41	200,00	4,32	1608,82	24,51	Triều cường
	660	28/11/2017 18:00	18,8	0,41	200,00	4,32	1604,91	24,50	Triều cường
	666	28/11/2017 00:00	18,8	0,41	200,00	4,32	1600,99	24,48	Triều cường
	672	29/11/2017 06:00	13,4	0,35	200,00	4,32	1597,02	24,47	Triều cường
29	678	29/11/2017 12:00	13,4	0,29	200,00	4,32	1592,99	24,45	Triều cường
	684	29/11/2017 18:00	13,4	0,29	200,00	4,32	1588,96	24,43	Triều cường
	690	29/11/2017 00:00	13,4	0,29	200,00	4,32	1584,93	24,41	Triều cường
	696	30/11/2017 06:00	4,34	0,19	200,00	4,32	1580,80	24,39	Triều cường