

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

DƯƠNG QUỐC HUY

NGHIÊN CỨU MƯA, Lũ CỰC HẠN  
LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: THỦY VĂN HỌC

HÀ NỘI, NĂM 2018

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

DƯƠNG QUỐC HUY

NGHIÊN CỨU MƯA, Lũ CỰC HẠN  
LƯU VỰC SÔNG VU GIA-THU BỒN

CHUYÊN NGÀNH: THỦY VĂN HỌC

MÃ SỐ: 62 44 02 24

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS.TS NGUYỄN TÙNG PHONG

2. PGS.TS. NGÔ LÊ LONG

HÀ NỘI, NĂM 2018

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các nội dung nghiên cứu, kết quả trong đề tài này là trung thực và chưa công bố dưới bất kỳ hình thức nào trước đây. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi rõ trong phần tài liệu tham khảo. Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung luận án của mình.

*Hà Nội, ngày      tháng      năm 2018*

**NGHIÊN CỨU SINH**

**Dương Quốc Huy**

## LỜI CẢM ƠN

Trên thực tế không có sự thành công nào mà không gắn liền với những sự hỗ trợ, giúp đỡ dù ít hay nhiều, dù trực tiếp hay gián tiếp của người khác. Trong suốt thời gian từ khi bắt đầu nghiên cứu luận án đến nay, tôi đã nhận được rất nhiều sự quan tâm, giúp đỡ của quý Thầy Cô, gia đình và bạn bè.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành và sự tri ân sâu sắc đối đến quý Thầy Cô ở Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đặc biệt là hai giáo viên hướng dẫn khoa học của mình là PGS.TS Nguyễn Tùng Phong và PGS.TS Ngô Lê Long đã luôn theo sát quá trình thực hiện cũng như hướng dẫn và có những góp ý quý báu, sâu sắc giúp tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin chân thành cảm ơn bạn bè, đồng nghiệp tại Trung tâm Đào tạo và Hợp tác Quốc tế và Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Trường Đại học Thủy lợi đã luôn tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong việc thu thập tài liệu cũng như động viên giúp tôi hoàn thành luận án này.

Tôi xin bày tỏ sự biết ơn sâu sắc tới gia đình bố, mẹ, vợ và các con đã luôn sát cánh, động viên, giúp đỡ để tôi có động lực và thời gian hoàn thành luận án này.



## MỤC LỤC

|                                                                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| LỜI CAM ĐOAN .....                                                                                              | i    |
| LỜI CẢM ƠN .....                                                                                                | ii   |
| DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT.....                                                                                      | vii  |
| DANH MỤC BẢNG.....                                                                                              | viii |
| DANH MỤC HÌNH VẼ.....                                                                                           | viii |
| MỞ ĐẦU .....                                                                                                    | 1    |
| 1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu .....                                                                   | 1    |
| 2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài .....                                                               | 3    |
| 3. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài .....                                                                         | 3    |
| 4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài .....                                                             | 3    |
| 4.1. Đối tượng nghiên cứu.....                                                                                  | 3    |
| 4.2. Phạm vi nghiên cứu.....                                                                                    | 4    |
| 5. Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong đề tài .....                                                            | 4    |
| 6. Cấu trúc luận án .....                                                                                       | 5    |
| 7. Những đóng góp mới của luận án.....                                                                          | 5    |
| CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ MƯA, LŨ CỰC HẠN TRÊN THẾ GIỚI VÀ TRONG NƯỚC .....                   | 6    |
| 1.1 Các khái niệm sử dụng trong luận án.....                                                                    | 6    |
| 1.1.1 Khái niệm về lũ.....                                                                                      | 6    |
| 1.1.2 Mưa cực hạn .....                                                                                         | 6    |
| 1.1.3 Lũ cực hạn.....                                                                                           | 7    |
| 1.2 Tổng quan các nghiên cứu về PMP, PMF .....                                                                  | 7    |
| 1.2.1 Các nghiên cứu về PMP.....                                                                                | 7    |
| 1.2.1.1 Các nghiên cứu trên thế giới .....                                                                      | 7    |
| 1.2.1.2 Nghiên cứu tại Việt Nam.....                                                                            | 12   |
| 1.2.2 Các nghiên cứu về PMF.....                                                                                | 13   |
| 1.3 Những tồn tại trong tính toán lũ PMF tại Việt Nam và hướng tiếp cận trong tính toán lũ PMF của luận án..... | 14   |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3.1 Những tồn tại trong tính toán lũ PMF.....                             | 14 |
| 1.3.2 Hướng tiếp cận trong tính toán PMF của luận án.....                   | 15 |
| 1.4 Đặc điểm tự nhiên và kinh tế xã hội lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....   | 16 |
| 1.4.1 Đặc điểm tự nhiên.....                                                | 16 |
| 1.4.1.1 Vị trí địa lý .....                                                 | 16 |
| 1.4.1.2 Đặc điểm địa hình.....                                              | 18 |
| 1.4.1.3 Mạng lưới sông.....                                                 | 19 |
| 1.4.2 Đặc điểm kinh tế-xã hội vùng hạ du của lưu vực .....                  | 20 |
| 1.4.2.1 Dân sinh.....                                                       | 20 |
| 1.4.2.2 Kết cấu hạ tầng .....                                               | 20 |
| 1.5 Kết luận chương I.....                                                  | 25 |
| CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN PHƯƠNG PHÁP TÍNH MƯA, LŨ CỰC HẠN..... | 27 |
| 2.1 Đặc điểm mưa lũ lớn lưu vực Vu Gia-Thu Bồn .....                        | 27 |
| 2.1.1 Mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn .....                          | 27 |
| 2.1.2 Phân bố lượng mưa năm .....                                           | 28 |
| 2.1.3 Đặc điểm mưa thời đoạn ngắn .....                                     | 29 |
| 2.1.3.1 Quan hệ Cường độ -Thời đoạn-Tần suất mưa (IDF) .....                | 29 |
| 2.1.3.2 Quan hệ Tổng lượng-Diện tích-Thời đoạn mưa (DAD) .....              | 31 |
| 2.1.3.3 Phân bố lượng mưa trong một trận mưa.....                           | 33 |
| 2.1.4 Đặc điểm dòng chảy lũ .....                                           | 34 |
| 2.1.4.1 Quan hệ tổng lượng-thời đoạn-tần suất lũ.....                       | 34 |
| 2.1.4.2 Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ .....                        | 35 |
| 2.2 Các phương pháp tính mưa và lũ cực hạn.....                             | 37 |
| 2.2.1 Các phương pháp tính toán mưa PMP .....                               | 37 |
| 2.2.1.1 Phương pháp suy luận .....                                          | 37 |
| 2.2.1.2 Phương pháp cực đại hóa .....                                       | 39 |
| 2.2.1.3 Phương pháp tổng quát hóa .....                                     | 41 |
| 2.2.1.4 Phương pháp chuyển vị.....                                          | 42 |

|                                                                |                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1.5                                                        | Phương pháp kết hợp.....                                                   | 43 |
| 2.2.1.6                                                        | Phương pháp thống kê.....                                                  | 44 |
| 2.2.2                                                          | Phương pháp tính toán lũ PMF.....                                          | 46 |
| 2.2.2.1                                                        | Phương pháp lũ lịch sử.....                                                | 46 |
| 2.2.2.2                                                        | Phương pháp tính PMF từ mưa PMP.....                                       | 47 |
| 2.3                                                            | Lựa chọn phương pháp tính PMP, PMF cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn.....         | 48 |
| 2.3.1                                                          | Phương pháp tính PMP.....                                                  | 48 |
| 2.3.2                                                          | Phương pháp tính PMF.....                                                  | 50 |
| 2.3.3                                                          | Lựa chọn mô hình toán mô phỏng lũ ứng dụng cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn..... | 50 |
| 2.3.3.1                                                        | Mô hình HEC-HMS.....                                                       | 51 |
| 2.3.3.2                                                        | Mô hình MIKE 11.....                                                       | 52 |
| 2.3.3.3                                                        | Mô hình MIKE 21 và MIKE FLOOD.....                                         | 53 |
| 2.4                                                            | Kết luận Chương II.....                                                    | 55 |
| CHƯƠNG 3: TÍNH MƯA, LŨ CỰC HẠN CHO LƯU VỰC VU GIA-THU BỒN..... |                                                                            | 57 |
| 3.1                                                            | Tính toán lượng mưa cực hạn (PMP) lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.....         | 57 |
| 3.1.1                                                          | Tính toán PMP theo phương pháp thống kê.....                               | 57 |
| 3.1.2                                                          | Tính toán PMP theo phương pháp cực đại hóa.....                            | 62 |
| 3.1.3                                                          | Lựa chọn giá trị phù hợp PMP cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.....          | 66 |
| 3.2                                                            | Tính toán lũ cực hạn (PMF) lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.....                | 66 |
| 3.2.1                                                          | Thiết lập mô hình mô phỏng lũ cho lưu vực nghiên cứu.....                  | 66 |
| 3.2.1.1                                                        | Mô hình HEC-HMS.....                                                       | 66 |
| 3.2.1.2                                                        | Mô hình MIKE 11.....                                                       | 69 |
| 3.2.1.3                                                        | Mô hình MIKE 21 và MIKE FLOOD.....                                         | 71 |
| 3.2.1.4                                                        | Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.....                                         | 72 |
| 3.2.2                                                          | Tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn.....           | 79 |
| 3.2.2.1                                                        | Lượng mưa cực hạn sử dụng tính toán.....                                   | 79 |
| 3.2.2.2                                                        | Cực đại hóa lượng ẩm.....                                                  | 79 |
| 3.2.2.3                                                        | Đánh giá kết quả tính toán.....                                            | 81 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.3 Xác định quan hệ giữa PMF và lũ tần suất thiết kế tại các hồ chứa .....   | 84  |
| 3.3 Đánh giá mức độ ngập lũ hạ du và đề xuất giải pháp giảm nhẹ rủi ro lũ ..... | 88  |
| 3.3.1 Đánh giá mức độ ngập lũ hạ du với lũ PMF .....                            | 88  |
| 3.3.1.1. Lưu lượng lũ tại cửa ra của các tiểu lưu vực .....                     | 88  |
| 3.3.1.2. Tác động của lũ PMF tới hạ du của lưu vực .....                        | 89  |
| 3.3.2 Đánh giá mức độ ngập lũ PMF so với lũ tần suất 0.01 % .....               | 91  |
| 3.3.3 Đề xuất giải pháp giảm nhẹ lũ lớn .....                                   | 93  |
| 3.3.3.1 Giải pháp quản lý lũ PMF .....                                          | 93  |
| 3.3.3.2 Giải pháp quản lý lũ lớn .....                                          | 93  |
| 3.4 Kết luận chương III .....                                                   | 94  |
| KẾT LUẬN .....                                                                  | 95  |
| 1. Những nội dung chính luận án đã thực hiện .....                              | 95  |
| 2. Những đóng góp mới .....                                                     | 96  |
| 3. Những khó khăn gặp phải trong quá trình nghiên cứu .....                     | 96  |
| 4. Hướng nghiên cứu tiếp theo tác giả .....                                     | 97  |
| Tổng hợp các công trình nghiên cứu đã công bố .....                             | 98  |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO .....                                                        | 100 |
| PHỤ LỤC TÍNH TOÁN .....                                                         | 104 |

**DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT**

|         |                                            |
|---------|--------------------------------------------|
| BĐKH    | Biến đổi khí hậu                           |
| DAD     | Đường cong Độ sâu-Diện tích-Thời đoạn mưa  |
| HRU     | Đơn vị thủy văn                            |
| IDF     | Đường cong Cường độ-Thời đoạn-Tần suất mưa |
| KTTV    | Khí tượng thủy văn                         |
| KTXH    | Kinh tế-xã hội                             |
| PCLB    | Phòng chống lụt bão                        |
| PMF     | Lũ cực hạn                                 |
| PMP     | Mưa cực hạn                                |
| QLL     | Quản lý lũ                                 |
| QLLVS   | Quản lý lưu vực sông                       |
| QLRRTT  | Quản lý rủi ro thiên tai                   |
| QLTHTNN | Quản lý tổng hợp tài nguyên nước           |
| RRTT    | Rủi ro thiên tai                           |
| TBNN    | Trung bình nhiều năm                       |
| TSTK    | Tần suất thiết kế                          |
| UBND    | Ủy ban nhân dân                            |
| WMO     | Tổ chức Khí tượng Thế giới                 |

## DANH MỤC BẢNG

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bảng 1.1: Giá trị lũ PMF tại một số lưu vực ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).....                                                                    | 14  |
| Bảng 1.2: Đặc trưng của một số dòng sông chính .....                                                                                          | 19  |
| Bảng 1.3: Thông số kỹ thuật của năm đập dâng .....                                                                                            | 23  |
| Bảng 2.1: Tổng hợp giá trị đặc trưng của dạng phân phối mưa tam giác tại từng trạm Hiên, Đà Nẵng, Hội An và Trà My .....                      | 34  |
| Bảng 3.1: Phân bố giá trị tần suất Km .....                                                                                                   | 58  |
| Bảng 3.2: Giá trị PMP tại các trạm quan trắc trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                                                           | 61  |
| Bảng 3.3: Lượng mưa 1 ngày lớn nhất năm 1999 tại các trạm quan trắc trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn .....                                         | 62  |
| Bảng 3.4: Nhiệt độ điểm sương và tốc độ gió trận mưa lũ tháng 11 năm 1999 .....                                                               | 63  |
| Bảng 3.5: Tốc độ gió và nhiệt độ điểm sương lớn nhất quan sát tại các trạm .....                                                              | 63  |
| Bảng 3.6: Hệ số hiệu chỉnh lượng ẩm tại từng trạm .....                                                                                       | 64  |
| Bảng 3.7: Hệ số hiệu chỉnh tốc độ gió .....                                                                                                   | 64  |
| Bảng 3.8: Hệ số hiệu chỉnh tổng hợp.....                                                                                                      | 64  |
| Bảng 3.9: Giá trị hệ số hiệu chỉnh $K_{hc}$ , lượng mưa cực hạn tính theo phương pháp cực đại hóa tại các trạm quan trắc .....                | 65  |
| Bảng 3.10: Độ dài của các nhánh sông mô phỏng trong mô hình .....                                                                             | 70  |
| Bảng 3.11: Số lượng và thông số thủy động lực học của các HRU thuộc các tiểu lưu vực .....                                                    | 74  |
| Bảng 3.12: Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ từ ngày 1-8/11 năm 1999 .....                                                               | 76  |
| Bảng 3.13: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 10-16 tháng 11 năm 2007 .....                                                             | 77  |
| Bảng 3.14: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 28/9-2/10 năm 2009.....                                                                   | 78  |
| Bảng 3.15: Lưu lượng PMF tại các hồ chứa thủy điện.....                                                                                       | 83  |
| Bảng 3.16: Tổng hợp thống kê lưu lượng thiết kế, lưu lượng kiểm tra và kết quả tính toán lũ PMF và các hệ số hiệu chỉnh tại các hồ chứa ..... | 85  |
| Bảng 3.17: Diện tích ngập phân theo các khoảng độ sâu ngập .....                                                                              | 90  |
| Bảng 3.18: Phân bố diện tích theo các vận tốc dòng chảy lũ .....                                                                              | 91  |
| Bảng 3.19: Diện tích ngập ứng với từng độ sâu ngập ứng với tần suất mưa 0,01% .....                                                           | 92  |
| Bảng 3.20: Diện tích phân theo độ dốc của các tiểu lưu vực.....                                                                               | 111 |

## DANH MỤC HÌNH VẼ

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Hình 1.1: Sơ đồ tiếp cận tính toán mưa PMP, lũ PMF trong luận án .....                                                 | 16 |
| Hình 1.2: Bản đồ hành chính lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                                                          | 17 |
| Hình 1.3: Phân bố cao độ địa hình vùng đồng bằng .....                                                                 | 18 |
| Hình 1.4: Sơ đồ hệ thống công trình thủy lợi, thủy điện trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                         | 22 |
| Hình 1.5: Vị trí các đập dâng tại hạ du của lưu vực .....                                                              | 22 |
| Hình 1.6: Sự thay đổi tổng diện tích mặt cắt ứ đọng tại vị trí các đập dâng trước và sau khi có đập dâng .....         | 23 |
| Hình 1.7: Hệ thống đường giao thông trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn .....                                                  | 25 |
| Hình 2.1: Bản đồ mạng lưới trạm KTTV trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                                            | 27 |
| Hình 2.2: Phân bố mưa theo mùa trong năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                        | 28 |
| Hình 2.3: Tổng lượng mưa năm trung bình tại một số trạm .....                                                          | 29 |
| Hình 2.4: Quan hệ Cường độ mưa - Thời đoạn - Tần suất mưa tại các trạm a) Đà Nẵng; b) Hiên; c) Hội An; d) Trà Mi ..... | 30 |
| Hình 2.5: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận mưa tháng 11 năm 1999 .....                                          | 32 |
| Hình 2.6: Đường quan hệ DAD của mưa thời đoạn 24 giờ và 48 giờ .....                                                   | 32 |
| Hình 2.7: Sơ đồ phân phối lượng mưa theo dạng tam giác .....                                                           | 33 |
| Hình 2.8: Quan hệ tổng lượng-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Thành Mỹ và trạm Nông Sơn .....                   | 35 |
| Hình 2.9: Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Ái Nghĩa .....                                      | 36 |
| Hình 2.10: Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Câu Lâu .....                                      | 37 |
| Hình 2.11: Quá trình hình thành mưa đối lưu (Chow, 1988)[9] .....                                                      | 38 |
| Hình 2.12: Quan hệ giữa giá trị hệ số $K_{PMP}$ với giá trị trung bình năm của lượng mưa ngày lớn nhất tại trạm .....  | 45 |
| Hình 2.13: Sơ đồ tính toán lũ PMF và mô phỏng ngập lụt lưu vực Vu Gia – Thu Bồn .....                                  | 55 |
| Hình 3.1: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi $K_m$ theo hàm Gamma .....                                      | 59 |
| Hình 3.2: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi $K_m$ theo hàm Weibull .....                                    | 59 |
| Hình 3.3: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi $K_m$ theo hàm Log-normal .....                                 | 60 |

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Hình 3.4: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi $K_m$ theo hàm giá trị cực hạn tổng quát (Generalized Extreme Value - GEV).....                       | 60 |
| Hình 3.5: Biểu đồ tổng hợp phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi $K_m$ .....                                                                                  | 61 |
| Hình 3.6: Các tiêu lưu vực và các hồ chứa thủy điện trên lưu vực nghiên cứu.....                                                                             | 67 |
| Hình 3.7: Vị trí các HRU trên tiểu lưu vực Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b).....                                                                                 | 68 |
| Hình 3.8: Vị trí các HRU trên tiểu lưu vực Sông Bung (a) và Sông Côn (b).....                                                                                | 68 |
| Hình 3.9: Mạng lưới sông mô phỏng hạ du lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn .....                                                                                    | 69 |
| Hình 3.10: Phạm vi, địa hình vùng ngập lũ .....                                                                                                              | 71 |
| Hình 3.11: Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ từ 01 – 08/11 năm 1999 tại trạm thủy văn Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b).....                                 | 72 |
| Hình 3.12: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 25/9 đến 3/10 năm 2009 tại trạm thủy văn Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b).....                               | 73 |
| Hình 3.13: Kết quả hiệu chỉnh mô hình trận lũ từ 1-8/11 năm 1999 tại trạm thủy văn a) trạm Ái Nghĩa; b) trạm Câu Lâu; c) trạm Hội An và d) trạm Cẩm Lệ ..... | 75 |
| Hình 3.14: Đường quá trình thực đo và mô phỏng trận lũ từ 10-17 tháng 11 năm 2007 tại trạm thủy văn a) Ái Nghĩa; b) Câu Lâu; c) Hội An và d) Cẩm Lệ. ....    | 76 |
| Hình 3.15: Đường quá trình thực đo và mô phỏng trận lũ từ 28/9 đến 2/10 năm 2009 tại trạm thủy văn a) Ái Nghĩa; b) Câu Lâu; c) Hội An và d) Cẩm Lệ. ....     | 77 |
| Hình 3.16: Kết quả so sánh cao độ ngập tính toán với cao độ vết lũ thực đo.....                                                                              | 78 |
| Hình 3.17: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với lượng mưa PMP 1 ngày .....                                                  | 81 |
| Hình 3.18: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với dạng lũ năm 2009.....                                                       | 82 |
| Hình 3.19: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với dạng lũ năm 1999.....                                                       | 82 |
| Hình 3.20: Triệt giảm mô đun đỉnh lũ PMF theo diện tích lưu vực của các hồ chứa.....                                                                         | 84 |
| Hình 3.21: Đường cong hiệu chỉnh $K_{hc}$ theo độ lặp lại thiết kế tại các hồ chứa .....                                                                     | 87 |
| Hình 3.22: Quá trình lưu lượng lũ PMF tại cửa ra của các tiểu lưu vực .....                                                                                  | 88 |
| Hình 3.23: Bản đồ ngập lụt với trận lũ PMF vùng hạ du của lưu vực.....                                                                                       | 89 |
| Hình 3.24: Bản đồ vận tốc dòng chảy lũ trên vùng ngập lũ .....                                                                                               | 90 |
| Hình 3.25: Bản đồ ngập lụt vùng hạ du ứng với trận mưa lũ tần suất 0,01%.....                                                                                | 92 |
| Hình 3.26: Bản đồ phân bố vận tốc dòng chảy lũ ứng với lũ tần suất 0,01 %.....                                                                               | 93 |



## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Mưa, lũ đã và đang có những tác động tiêu cực tới đời sống của nhân dân, đặc biệt là nhân dân vùng lũ, dẫn đến một bộ phận lớn dân số tới ranh giới của đói nghèo. Cùng với các chính sách phát triển kinh tế xã hội của nhà nước thì việc chú trọng giải quyết các vấn đề lũ, ngập lũ đang là một trong các ưu tiên hàng đầu tại Việt Nam. Nhiều giải pháp công trình, và phi công trình đã được đưa ra nhằm giảm thiểu tác động của thiên tai lũ và đạt được nhiều hiệu quả thiết thực trong giảm thiểu thiệt hại (như các cuộc tuyên truyền, tập huấn, cung cấp thông tin diễn biến mưa, lũ cho nhân dân, thực hiện giải pháp 4 tại chỗ...). Trong các giải pháp công trình, giải pháp chủ động ngăn chặn, giảm thiểu tác động của lũ bằng các hồ chứa thượng nguồn được xem là một giải pháp thực sự hiệu quả. Bằng việc sử dụng dung tích phòng lũ để lưu giữ một phần lưu lượng đỉnh lũ tự nhiên, các hồ chứa đã góp phần giảm lưu lượng dòng chảy dưới hạ du, từ đó giảm thiểu mức độ ngập lũ và thiệt hại vùng đồng bằng.

Tuy nhiên hồ chứa cũng gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường, xã hội. Những tồn tại trong thiết kế, thi công và quản lý hồ chứa cũng như những biến đổi bất thường về khí hậu làm cho các tác động xấu này thêm trầm trọng. Nhiều trường hợp có thể dẫn đến nguy cơ mất an toàn, vỡ đập từ đó gây ra thảm họa cho khu vực hạ du. Nhiều trường hợp vì cần xả lũ khẩn cấp để đảm bảo an toàn công trình đã gây ngập lụt nghiêm trọng ở hạ du. Đặc biệt, khi xảy ra sự cố vỡ đập, nước từ hồ chứa tràn xuống hạ du với động năng rất lớn sẽ phá hủy và cuốn trôi nhiều công trình, cơ sở hạ tầng, nhà cửa... và đe dọa tới tính mạng nhân dân. Mức độ tác hại của sự cố phụ thuộc vào quy mô, vị trí công trình cũng như đặc điểm khu vực hạ du..., nhưng dù ở mức độ nào thì tổn thất do sự cố vỡ đập gây ra sẽ là rất đáng kể về mặt kinh tế, chưa kể đến các tổn thất về sinh mạng, tài sản và làm đảo lộn môi trường sinh thái ở một khu vực nhất định.

Có nhiều nguyên nhân gây ra sự cố vỡ đập, một trong các nguyên nhân đó là do tính toán thủy văn thiết kế với chuỗi quan trắc ngắn lại thiếu lũ lịch sử... Đặc biệt

là tại các khu vực miền núi, nơi địa hình chia cắt mạnh mẽ, việc quan trắc số liệu khó khăn dẫn tới các giá trị thực đo không phản ánh hết được các đặc trưng mưa, lũ làm căn cứ cho thiết kế. Điều này dẫn tới phải áp dụng một số công thức kinh nghiệm hay mượn giá trị thực đo của một số lưu vực tương tự...để tính toán làm cho các giá trị thiết kế bị sai lệch và không chắc chắn với điều kiện thực tế gây ra nhiều hệ lụy. Bên cạnh đó, việc hạn chế các tài liệu về khí tượng thủy văn, địa hình địa chất cũng như các phương pháp tính toán dẫn đến việc các hồ sơ thiết kế không sát với thực tế, chưa đảm bảo mức độ an toàn đặc biệt là những hồ nhỏ. Tiêu chuẩn lũ áp dụng cho thiết kế hồ chứa được lựa chọn chủ yếu căn cứ vào quy mô đặc điểm của công trình mà chưa xem xét đến đặc điểm khu vực hạ du đập. Điển hình như hồ Núi Cốc (Thái Nguyên) xây dựng năm 1974 có lưu lượng thiết kế  $Q_{1\%} = 1640 \text{ m}^3/\text{s}$ , trong khi đó kết quả tính toán lại  $Q_{1\%}$  sau khi xảy ra trận lũ năm 1978 đã lên tới  $3030 \text{ m}^3/\text{s}$ , vượt tới 1,85 lần lưu lượng thiết kế cũ. Sau trận lũ 1999, nhiều hồ chứa ở miền Trung đã xuất hiện lũ vượt lũ thiết kế như hồ Đồng Nghệ-Đà Nẵng, hồ Hòa Trung-Đà Nẵng, hồ Phước Hà-Quảng Nam mực nước lũ thực tế tại hồ đã vượt so với thiết kế lần lượt là 2,36 m, 1,46 m và 1,6 m. Chính vì thế, trong những năm gần đây khi thiết kế, xây dựng các công trình làm việc trực tiếp dưới tác động của dòng chảy lũ việc tính toán với lý thuyết lũ cực hạn của lưu vực đã được áp dụng, đặc biệt là đối với các dự án có nguồn vốn đầu tư nước ngoài.

Lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn là một lưu vực sông lớn của Việt Nam và là một lưu vực sông quan trọng của khu vực miền Trung. Lưu vực Vu Gia – Thu Bồn hội tụ đầy đủ các đặc trưng đại diện cho các lưu vực sông miền Trung, với địa hình ngấn, dốc, thời gian tập trung lũ trên lưu vực và trên dòng chính nhanh, kết hợp với vùng đồng bằng nhỏ hẹp, khả năng trữ lũ và điều tiết lũ rất kém nên hàng năm khu vực này thường xảy ra ngập lũ trên diện rộng. Do mức độ ngập lũ thường xuyên và khốc liệt nên nó được coi như “rốn lũ” của miền Trung. Bên cạnh đó, với ưu thế về địa hình dốc, tạo thế năng cột nước lớn nên lưu vực này đã và đang phát triển rất nhiều hồ chứa. Nhiều hồ chứa quy mô lớn nhất lưu vực miền Trung đều nằm tại đây như hồ thủy điện sông Tranh, Sông Bung 4, Đăk Mi 4....Dưới tác động của hiện

tượng biến đổi khí hậu, diễn biến mưa, lũ ngày càng cực đoan đang làm gia tăng mức độ nguy hiểm cho các công trình và hạ du. Chính vì vậy, nghiên cứu sinh đã lựa chọn đề tài: “*Nghiên cứu mưa, lũ cực hạn lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn*” để xác định giá trị giá trị lũ cực hạn cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn nhằm phục vụ cho các bài toán vận hành, thiết kế các công trình hồ chứa giúp giảm thiểu các rủi ro tiềm tàng đối với các hồ chứa nói riêng và phòng chống lụt cho hạ du nói chung.

## **2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

### *a. Ý nghĩa khoa học:*

Phân tích, đánh giá được tồn tại của các phương pháp tính toán mưa cực hạn (PMP) đã thực hiện trên các lưu vực sông của Việt Nam từ đó đề xuất phương pháp tính toán phù hợp với lưu vực có điều kiện khí hậu nhiệt đới, thiếu số liệu, góp phần làm hoàn thiện phương pháp tính mưa PMP và lũ cực hạn (PMF).

### *b. Ý nghĩa thực tiễn:*

Kết quả tính PMP và PMF cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn là một tài liệu tham khảo có giá trị trong công tác quy hoạch, thiết kế và vận hành các công trình thủy lợi, thủy điện trên lưu vực trong bối cảnh biến đổi khí hậu và sự xuất hiện bất thường của các hiện tượng khí hậu cực đoan. Đồng thời phương pháp luận tính toán của Luận án có thể mở rộng nghiên cứu cho các lưu vực khác ở Việt Nam.

## **3. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài**

- Đánh giá các ưu, nhược điểm của các phương pháp tính toán PMP tại Việt Nam hiện nay từ đó lựa chọn phương pháp, hệ số  $K_{PMP}$  để xác định mưa cực hạn phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới của Việt Nam.
- Tính PMP và PMF cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn, đề xuất phương pháp xác định nhanh giá trị PMF tại các hồ chứa từ đó khuyến nghị đối với công tác an toàn hồ đập trước PMF.

## **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài**

### **4.1. Đối tượng nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu của luận án bao gồm mưa, lũ lớn và mưa, lũ cực hạn trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn.

#### **4.2. Phạm vi nghiên cứu**

Phạm vi nghiên cứu là toàn bộ lưu vực Vu Gia-Thu Bồn với các yếu tố tương tác giữa điều kiện phát triển thượng, hạ lưu và hiện tượng lũ, ngập úng của lưu vực.

#### **5. Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong đề tài**

Với quan điểm tiếp cận tổng hợp lũ theo lưu vực, luận án sử dụng một số phương pháp nghiên cứu chính sau đây:

- 1) *Điều tra khảo sát thực địa*: Nhằm thu thập, bổ sung, cập nhật các số liệu khí tượng thủy văn, địa hình, điều kiện tự nhiên, các hoạt động quản lý và khai thác trên lưu vực sông.
- 2) *Phương pháp phân tích thống kê*: Kiểm tra đánh giá, tổng hợp và phân tích xử lý các số liệu về lũ, điều kiện lưu vực sông, điều kiện dân sinh kinh tế nhằm tìm ra quy luật diễn biến về lũ, xu thế biến đổi các điều kiện mặt đệm và phát triển kinh tế, xã hội.
- 3) *Phương pháp mô hình toán thủy văn thủy lực kết hợp với công nghệ GIS*: Đây là phương pháp cơ bản và định lượng trong nghiên cứu lũ lớn lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn nhằm tính toán về hiện tượng lũ cực hạn cũng như những rủi ro mà nó mang lại phục vụ mục tiêu quản lý lũ lớn chủ động trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.
- 4) *Phương pháp chuyên gia và sự tham gia của cộng đồng*: Thừa kế có chọn lọc các kết quả nghiên cứu, điều tra cơ bản trước đây có liên quan đến nội dung của luận án, kinh nghiệm phòng chống lũ trong nhân dân, trao đổi với chuyên gia, học hỏi kinh nghiệm đã có từ cộng đồng.
- 5) *Phương pháp phân tích hệ thống*: Đánh giá các yếu tố gây lũ lớn và đề xuất các giải pháp phòng, chống lũ lớn đều dựa trên cơ sở phân tích toàn hệ thống lưu vực sông, thông qua từng lưu vực bộ phận hay tiểu lưu vực sông thượng hạ lưu, từ đó rút ra quy luật phân bố của chúng theo không gian và thời gian xảy ra trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn.

## 6. Cấu trúc luận án

Để thể hiện các kết quả nghiên cứu của đề tài, ngoài phần mở đầu và kết luận, các nội dung chính của luận án được cấu trúc thành 3 chương:

**Chương 1: Tổng quan về tình hình nghiên cứu mưa cực hạn, lũ cực hạn trên thế giới và trong nước:** Tập trung vào việc tổng hợp, phân tích các đặc trưng tổng quan nhất về lưu vực nghiên cứu và tổng quan về các nghiên cứu mưa cực hạn và lũ cực hạn trên thế giới, trong nước qua đó đánh giá được những ưu điểm cũng như những tồn tại trong việc xác định giá trị mưa, lũ cực hạn hiện nay làm định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo của Luận án.

**Chương 2: Cơ sở khoa học và thực tiễn phương pháp tính mưa, lũ cực hạn:** Cập nhật các thông tin về số liệu về khí tượng, thủy văn. Nghiên cứu các yếu tố khí tượng, thủy văn đối với các trận mưa, lũ lớn đã xảy ra từ đó khái quát những đặc điểm chung nhất của hiện tượng mưa, lũ cực đoan trên lưu vực. Phân tích nội dung, ưu, nhược điểm của các phương pháp thường được sử dụng tính PMP, PMF hiện nay. Căn cứ vào điều kiện số liệu hiện có và đặc điểm khí hậu lưu vực để lựa chọn phương pháp tính PMP, PMF phù hợp.

**Chương 3: Tính mưa, lũ cực hạn cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn:** Nội dung chương 3 tập trung vào việc xác định lượng mưa cực hạn từ các phương pháp đã lựa chọn. Thiết lập mô hình mô phỏng phù hợp để xác định lưu lượng lũ cực hạn tại cửa ra của các lưu vực bộ phận và tại các vị trí công trình (đập dâng của hồ chứa). Mô phỏng chế độ lũ, ngập lũ trên toàn lưu vực với giá trị PMF từ đó có hình dung khái quát về độ lớn cũng như mức độ nguy hiểm của một thảm họa tự nhiên.

## 7. Những đóng góp mới của luận án

Luận án có những đóng góp mới sau đây:

- 1) Lựa chọn phương pháp, hệ số  $K_{PMP}$  để xác định mưa cực hạn phù hợp với điều kiện khí hậu của Việt Nam.
- 2) Xác định được PMP, PMF lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn từ đó đề xuất phương pháp xác định nhanh giá trị PMF tại các hồ chứa phục vụ kiểm soát an toàn hồ đập.

## CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ MƯA, LŨ CỰC HẠN TRÊN THẾ GIỚI VÀ TRONG NƯỚC

### 1.1 Các khái niệm sử dụng trong luận án

#### 1.1.1 Khái niệm về lũ

Có rất nhiều định nghĩa về lũ trên thế giới. Theo Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO, 2012)[39] thì lũ là “*Sự gia tăng (thường trong thời gian ngắn) của mực nước trên sông đạt đỉnh rồi giảm dần với tốc độ chậm hơn*”. Theo QĐ46/2014/QĐ-TTg [2] thì “*lũ là hiện tượng nước sông dâng cao trong khoảng thời gian nhất định sau đó xuống*”.

Ở Việt Nam, theo QĐ46/2014/QĐ-TTg ngày 15/8/2014 [2] thì lũ được phân loại như sau:

- Lũ nhỏ:  $Q_{\max} < Q_{\max \text{ nhiều năm}}$ ;
- Lũ vừa:  $Q_{\max} \approx Q_{\max \text{ nhiều năm}}$ ;
- Lũ lớn:  $Q_{\max} > Q_{\max \text{ nhiều năm}}$ ;
- Lũ đặc biệt lớn:  $Q_{\max}$  xuất hiện ít trong chuỗi năm quan trắc;
- Lũ lịch sử:  $Q_{\max} = Q_{\max \text{max}}$  trong chuỗi năm quan trắc hay điều tra;
- Lũ bất thường: là lũ xuất hiện trước hoặc sau mùa lũ quy định tại địa phương.

#### 1.1.2 Mưa cực hạn

Theo Tổ chức khí tượng thế giới (WMO, 1986) [37], mưa cực hạn (Probable Maximum Precipitation - PMP) là “*lượng nước mưa lớn nhất về mặt lý thuyết có khả năng xảy ra trên một khu vực lãnh thổ xác định trong một khoảng thời gian nhất định trong năm*”. Nó được coi là giới hạn trên của lượng mưa lớn nhất của một thời khoảng có thể xuất hiện trong mỗi vùng địa lý (WMO, 1986)[37]. PMP với nhiều thời khoảng khác nhau sẽ tạo nên một trận mưa lớn nhất có khả năng xảy ra (PMPS). Trong các điều kiện bất lợi nhất, lượng mưa cực hạn có thể tạo thành lũ cực hạn.

Hiện nay, nhiều nước trên thế giới đã sử dụng lượng mưa cùng với sự phân phối của PMP theo thời gian và không gian để xác định lũ cực hạn xảy ra trên lưu vực (Probable Maximum Flood - PMF). Từ đó tính toán thiết kế các công trình hồ,

đập nước... đặc biệt trong việc thiết kế hoặc mở rộng các tràn để giảm thiểu thiệt hại do lũ tràn qua đỉnh đập.

### **1.1.3 Lũ cực hạn**

Lũ cực hạn (Probable Maximum Flood-PMF) là trận lũ lớn nhất về mặt lý thuyết gây ra các mối đe dọa nghiêm trọng cho việc kiểm soát lũ tại một lưu vực cụ thể. Đây là trận lũ được sinh ra bởi tổ hợp các điều kiện khí tượng thủy văn bất lợi nhất có thể hình dung được xảy ra trên một vùng cụ thể. Lũ cực hạn thường được sử dụng để đánh giá an toàn hồ chứa và các công trình liên quan, và trong một số trường hợp là tiêu chuẩn thiết kế hồ chứa nhằm phòng tránh vỡ đập do các trận lũ đặc biệt lớn.

## **1.2 Tổng quan các nghiên cứu về PMP, PMF**

### **1.2.1 Các nghiên cứu về PMP**

#### *1.2.1.1 Các nghiên cứu trên thế giới*

Định nghĩa về PMP được đưa ra vào những năm 1950 tại Mỹ và được chỉnh sửa nhỏ khi Hiệp hội Khí tượng Mỹ công bố vào năm 1959 về các thuật ngữ dùng trong khí tượng (Hansen, 1987)[13]

Phương pháp tiếp cận truyền thống về tính toán PMP được dựa trên việc xem xét các dữ liệu mưa thực đo. Khoảng năm 1920, các kỹ sư ở Ohio, Mỹ đã thực hiện một chương trình nghiên cứu các trận mưa sinh lũ lớn để xây dựng đường quan hệ thời đoạn mưa – diện tích – lượng mưa dùng cho việc quy hoạch và thiết kế công trình phòng lũ tổng thể ở Thung lũng Miami. Nghiên cứu cho thấy, các đỉnh lũ đo được phụ thuộc vào địa hình, diện tích của từng lưu vực và vị trí tâm mưa của trận bão. Từ các khu vực có điều kiện khí hậu tương tự, các giá trị mưa lớn nhất đo được cũng tạo ra tiềm năng các trận lũ lớn nhất hơn là ở các vùng còn lại. Vào những năm 1930, cũng tại Ohio, Mỹ đã tính toán mưa được gọi là “khả năng lớn nhất”. Đến cuối thập kỷ 30, đầu thập kỷ 40 thế kỷ trước, người ta đã phát hiện ra rằng việc lấy đường bao trên các giá trị mưa lớn nhất và chuyển vị nó chưa chắc đã tạo ra giới hạn trên của khả năng mưa trên lưu vực. Các khái niệm về phân tích khối khí đã cho thấy trong bất kỳ hệ thống mưa bão nào, các yếu tố như độ ẩm của khối không khí

di chuyển, tốc độ của gió mang ẩm đến lưu vực, và lượng hơi nước sẵn có có thể tạo ra giới hạn của trận mưa trên lưu vực (Myers, 1967)[22]. Chính vì vậy, với bất kỳ trận mưa lớn thực đo nào, nếu giá trị đo đạc các yếu tố trên nhỏ hơn so với giới hạn của nó thì có thể sử dụng một hệ số hiệu chỉnh để cực đại hoá các yếu tố đó, từ đó tìm ra lượng mưa cực hạn trong lưu vực của nó. Đây chính là cách tiếp cận tính toán PMP theo hướng dựa trên các quá trình vật lý gây mưa của các yếu tố khí tượng.

Miller và Cục Khí tượng quốc gia Mỹ (Miller, 1963)[18] đã nghiên cứu mối quan hệ giữa lượng mưa và lượng ẩm tiềm năng của khối không khí. Nghiên cứu đã giúp chỉ hai đặc điểm quan trọng là (i) lượng mưa cực đại có thể ước lượng bằng độ ẩm bão hòa bề mặt tại mực áp suất 1000 hPa của khối không khí và (ii) lượng ẩm tối đa của khối không khí có thể được ước tính thông qua nhiệt độ điểm sương mười hai giờ liên tục lớn nhất. Đây chính là những nghiên cứu mở đầu của phương pháp cực đại hóa.

Schreiner và Riedel (Schreiner và Riedel, 1978)[28] đã sử dụng phương pháp cực đại hóa kết hợp với phương pháp chuyển vị để ước tính lượng mưa PMP cho vùng phía Đông của Mỹ tính từ kinh tuyến 105<sup>0</sup>. Nghiên cứu đã xác định giá trị PMP với nhiều thời đoạn khác nhau từ 6 giờ đến 72 giờ và trên vùng diện tích từ 26 km<sup>2</sup> đến 51.800 km<sup>2</sup>. Với các kết quả này, nghiên cứu đã xây dựng thành công các bản đồ đẳng trị mưa PMP cho các khu vực và diện tích khác nhau, đặc biệt cho các khu vực đồi núi đã giúp ích nhiều cho các dự án sản xuất có yêu cầu về tính toán PMP, PMF sau này.

Phương pháp tính toán PMP dựa trên các quá trình vật lý ở thời kỳ đầu này không xem xét ảnh hưởng các yếu tố địa hình. Một số trận mưa thực tế sau này đã lớn hơn so với kết quả tính toán PMP cho vùng California (Mỹ) (USWB, 1961)[31], đặc biệt là với những thời đoạn ngắn. Điều này cho thấy, phương pháp cực đại hóa ban đầu không phù hợp với những vùng có yếu tố địa hình tác động như đồi núi. Một phương pháp tiếp cận tính toán PMP cho các vùng đồi núi hay được sử dụng là độc lập hoá các cơn bão (Miller et al, 1973; Hansen et al, 1987)[19][13]. Ý tưởng của phương pháp này là giả thiết tác động của địa hình tới lượng mưa lớn nhất có



thể tính toán độc lập từ cơn bão xảy ra ở vùng đồng bằng. Sau đó, sử dụng một quan hệ kinh nghiệm giữa yếu tố địa hình và lượng PMP vùng đồng bằng để tính PMP cho vùng đồi núi.

Năm 1961, Hershfield phát triển một phương pháp thống kê tính PMP (Hershfield, 1961)[14]. Ý tưởng của phương pháp là dựa trên việc phân tích tần suất của các giá trị đo mưa lớn nhất hàng năm tại khu vực nghiên cứu. Công thức tính toán đề xuất là:  $PMP_T = \bar{X}_m + K_m \cdot S_m$  trong đó  $\bar{X}_m$  và  $S_m$  là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của chuỗi mưa lớn nhất hàng năm tại điểm tính toán,  $K_m$  là hệ số tần suất. Để xác định hệ số  $K_m$ , Hershfield đã phân tích hơn 95.000 số liệu tại 2645 trạm đo mưa với 90% số trạm ở Mỹ. Từ đó thấy rằng  $K_m$  lớn nhất là 15 và Hershfield đã đề xuất lựa chọn giá trị  $K_m = 15$  để tính toán PMP. Sau đó năm 1965, Hershfield cho rằng  $K_m$  có thể thay đổi phụ thuộc vào thời đoạn mưa và giá trị  $\bar{X}_m$  (Hershfield, 1965)[15]. Ông nhận thấy giá trị  $K_m = 15$  là quá cao đối với những vùng mưa lớn và quá thấp đối với những vùng khô hạn, trong khi nó lại quá lớn đối với những thời đoạn mưa nhỏ hơn 24 giờ. Từ đó, Hershfield đề xuất giá trị  $K_m$  biến đổi từ 5 đến 20 và có thể tra theo toán đồ kinh nghiệm.

Zhan et al (1983)[40] đã tổng kết các kỹ thuật tính toán PMP cho Trung Quốc đến thời điểm đó là cực đại hoá các yếu tố vật lý gây mưa sau đó tính chuyển vị các trận mưa và kết hợp cực đại hoá theo chuỗi thời gian và không gian để phù hợp với điều kiện Trung Quốc. Nghiên cứu cũng đã xây dựng biểu đồ PMP 24 giờ dạng điểm cho toàn bộ Trung Quốc và đề xuất sử dụng kết quả PMP để thiết kế cho các hồ chứa ở những lưu vực không có số liệu đo đạc dài.

D. Rezacova et al (2005)[27] đã sử dụng phương pháp thống kê tính toán PMP cho từng điểm sau đó sử dụng phương pháp phân tích biến đổi theo không gian dựa trên số liệu radar để chuyển đổi sang PMP cho các vùng ở CH Séc. Kết quả cho thấy lượng PMP của các lưu vực nhỏ ở Séc thường không vượt quá 63% lượng PMP tại điểm lớn nhất trong lưu vực.

Carmen Casas et al (2010)[7] đã tính PMP tại Barcelona cho các thời khoảng 5 phút đến 30 giờ bằng cách sử dụng hai phương pháp cực đại hoá trận mưa

thực đo và phương pháp thống kê Hershfield. Kết quả tính theo phương pháp thống kê cao hơn so với phương pháp cực đại hoá nhưng chênh lệch không nhiều, chỉ dưới 10% cho tất cả các thời đoạn tính toán.

*Mohammad Gheidari et al (2011)* [21] nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình đa fractal tổng quát (multi-fractal) để tính toán PMP cho lưu vực hồ Bakhtiari tại Iran, và so sánh với kết quả tính toán theo phương pháp thống kê, cực đại hoá. Nhìn chung, kết quả tính toán theo phương pháp mô hình đa fractal nằm trong phạm vi giữa kết quả tính toán theo phương pháp thống kê và phương pháp cực đại hoá. Kết quả tính toán theo phương pháp thống kê cao hơn khá nhiều, gấp đôi so với kết quả tính theo phương pháp cực đại hoá.

*Fernando et al (2011)* đã sử dụng phương pháp cực đại hoá ẩm và gió để tính toán PMP cho bảy trạm khí tượng tại Srilanka theo ba kịch bản cực đại hoá khác nhau. Kết quả tính toán này được so sánh với kết quả tính PMP từ phương pháp thống kê Hershfield. Nghiên cứu rút ra kết luận việc cực đại hoá lượng ẩm và tốc độ gió độc lập với nhau thường sẽ cho kết quả thiên lớn. Kịch bản tốc độ gió được hiệu chỉnh theo tốc độ gió của trận mưa có lượng ẩm lớn nhất kết hợp với cực đại hoá lượng ẩm sẽ cho kết quả hợp lý nhất với PMP 1 ngày cao gấp khoảng 2 lần so với giá trị mưa lớn nhất thực đo.

Phương pháp Mô hình mưa bão được *C.G. Collier et al (1996)* [10] tính toán PMP cho các vùng ở nước Anh. Mô hình mưa bão mô tả cả quá trình đối lưu khí quyển, xem xét đến sự thay đổi theo không gian của nhiệt độ, ẩm phủ, phát triển đô thị và ảnh hưởng của địa hình. Kết quả PMP của nghiên cứu được trình bày thành hàm của thời gian mưa bão. Với thời đoạn mưa bão từ 2 giờ đến 11 giờ, kết quả tính toán theo mô hình khá phù hợp với kết quả tính toán PMP theo phương pháp thống kê và cực đại hoá. Còn đối với thời đoạn mưa bão dài hơn 11 giờ, kết quả tính toán theo mô hình mưa bão có xu thế cao hơn so với 2 phương pháp kể trên.

*Nobilis et al (1991)* [24] đã nghiên cứu tính toán PMP theo phương pháp của Hershfield cho một số trạm mưa ở vùng núi Alpine nước Áo. Kết quả tính toán

trong một số trường hợp thậm chí xấp xỉ hoặc thấp hơn so với giá trị mưa thực đo sau này. Do đó, Nobilis khuyến nghị nên cẩn trọng khi tính toán theo phương pháp thống kê nếu có những giá trị cực trị trong chuỗi số. *Koutsoyiannis (1999)*[17] nhận xét rằng việc phân tích dựa trên dữ liệu thực đo theo phương pháp Hershfield cho thấy không có bằng chứng tồn tại một giới hạn trên về lượng mưa.

Một số các nghiên cứu khác cũng chỉ ra rằng các phương pháp tính PMP truyền thống dựa trên việc cực đại hoá lượng ẩm cũng còn nhiều tranh cãi. *Papalexiou and Koutsoyiannis (2006)*[26] tuyên bố phương pháp cực đại hoá quá nhạy cảm với chuỗi số liệu đo đạc với ngụ ý rằng mô hình khí tượng được tuyến tính hoá trong khi được xây dựng dựa trên bản chất vật lý sẽ tạo ra một số các giản lược giả thiết không hợp lý.

*N. Ohara et al (2011)*[25] đã nghiên cứu phương pháp cực đại hóa và đã chỉ ra ba vấn đề chính trong tính toán PMP theo phương pháp này. Đầu tiên, thành phần địa hình được tách bạch một cách tuyến tính ra khỏi hệ thống trong khi bản thân hệ thống khí quyển là phi tuyến. Sau đó, lượng mưa rơi được coi là có quan hệ tuyến tính với lượng nước sinh mưa trong khí quyển cũng không chắc chắn. Và cuối cùng là không chắc liệu phân bố mưa sẽ không thay đổi nếu lượng ẩm trong khí quyển tăng lên. Chính vì vậy, Ohara đã đề xuất một phương pháp tính toán có hệ thống giới hạn trên vật lý của lượng mưa dựa trên một mô hình số khí hậu vùng được gọi là cực đại hoá lượng mưa để phân biệt với phương pháp tính PMP cực đại hoá lượng ẩm truyền thống.

*Ishida et al (2015)*[16] đã dựa trên phương pháp đề xuất của Ohara tính toán PMP cho ba lưu vực ở phía bắc California. Các số liệu biên đầu vào trong mô hình được hiệu chỉnh từ lưới dữ liệu mưa mô phỏng của Trung tâm Quốc gia nghiên cứu khí quyển (NCAR) và dữ liệu kịch bản tương lai của mô hình khí hậu toàn cầu (GCM) cho phù hợp với vị trí và điều kiện của lưu vực nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu là lượng mưa trung bình lưu vực trong 72 giờ ở ba lưu vực. Kết quả này cao hơn từ 20-40% so với lượng mưa lớn đã đo đạc trong quá khứ ở cùng lưu vực nghiên cứu.

### *1.2.1.2 Nghiên cứu tại Việt Nam*

Tại Việt Nam, từ khoảng năm 1990 đã có một số nghiên cứu và dự án sản xuất tính toán mưa PMP, đặc biệt khi yêu cầu về an toàn hồ chứa ngày càng tăng, tính toán kiểm tra với lũ PMF là một yêu cầu cần thiết cho mỗi dự án quan trọng. Nhiều cơ quan nghiên cứu như Trường Đại học Thủy Lợi, Viện Khoa học Thủy lợi, Viện Khí tượng thủy văn, Viện Quy hoạch Thủy lợi, Công ty cổ phần tư vấn xây dựng điện... đã nghiên cứu tính toán mưa PMP phục vụ tính lũ PMF cho các công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam.

Lê Đình Thành (1996)[5] đã nghiên cứu ứng dụng tính mưa và lũ lớn nhất khả năng ở Việt Nam. Trong nghiên cứu này, tác giả đã nghiên cứu các phương pháp tính toán mưa PMP và lựa chọn phương pháp cực đại hóa để tính toán lượng mưa PMP cho hệ thống lưu vực sông Hồng – Thái Bình, sông Đà, sông Lô và một số lưu vực khác như sông Tả Trách, DakBla... từ đó đưa ra một số nhận xét và đề xuất tính toán PMP-PMF trong điều kiện Việt Nam. Kết quả tính PMP cho thấy lượng mưa PMP 1 ngày, 3 ngày và 7 ngày của các lưu vực sông có sự biến động lớn theo không gian lưu vực. Giá trị PMP 3 ngày lớn nhất là khoảng 1000 mm ở các lưu vực miền bắc là thấp hơn nhiều so với PMP tại các lưu vực sông miền Trung như sông Tả Trách đạt xấp xỉ gần 3000 mmm.

Đỗ Cao Đàm, Vũ Kiên Trung (2005)[1] đã nghiên cứu tính toán mưa PMP và lũ cực hạn nằm trong đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu công nghệ dự báo cảnh báo lũ và tính toán lũ vượt thiết kế ở các hồ chứa vừa và nhỏ - giải pháp tràn sự cố” theo phương pháp thống kê.

Nguyễn Văn Lai và nnk (2009)[4] tính toán PMP cho công trình thủy điện Trung Sơn theo 2 phương pháp thống kê và tổng quát hoá. Sau đó, các tác giả sử dụng mô hình mưa-dòng chảy Hec-HMS để tính toán PMF từ PMP. Đối với phương pháp tổng quát hóa, ban đầu tác giả phân tích, xác định các bản đồ đẳng trị mưa, quan hệ lượng mưa – diện tích – thời đoạn của các cơn bão đổ bộ vào Việt Nam từ Ninh Bình đến Quảng Nam trong khoảng thời gian từ 1971 đến 2007. Tiếp đó, tác giả tính PMP bằng phương pháp cực đại hóa cho lưu vực sông Mã sau đó

chuyển vị về lưu vực thủy điện Trung Sơn bằng hệ số tỷ lệ giữa lượng mưa tần suất của lưu vực Trung Sơn và lưu vực Sông Mã. Giá trị PMP 24h là 839,6 mm, PMP 48h là 871,1 mm và PMP 72h là 894,6 mm. Các giá trị với thời đoạn khác nhau không có sự chênh lệch lớn về lượng là chưa phù hợp với chế độ mưa quan trắc thực tế.

Phạm Việt Tiến (2007) tính toán mưa PMP cho hồ chứa Tả Trạch theo phương pháp thống kê Hershfield với hệ số tần suất  $K_{PMP}$  được tra theo bảng lập sẵn của Hershfield. PMP cho lưu vực Tả Trạch được lấy trung bình theo hai trạm đo Huế và Nam Đông. Tác giả sau đó sử dụng công thức kinh nghiệm Xocolopxki tính lũ PMF cho lưu vực. Qua nghiên cứu tài liệu tính toán, tác giả nhận thấy giá trị PMP 1 ngày tại hai trạm Huế và trạm Nam Đông có sự chênh lệch khá lớn về lượng và đi ngược lại so với xu thế lượng mưa trung bình ngày lớn nhất. Trong khi lượng mưa trung bình tại trạm Nam Đông là 350 mm (trung bình trong 30 năm) lớn hơn tại trạm Huế là 272 mm (trung bình trong 59 năm) nhưng kết quả tính toán giá trị PMP tại hai trạm này lại cho thấy điều ngược lại. Giá trị PMP tại trạm Nam Đông chỉ là 1221 mm là thấp hơn nhiều so với giá trị PMP tại trạm Huế 1758 mm.

### ***1.2.2 Các nghiên cứu về PMF***

Nhìn chung, các nghiên cứu đều cho rằng nên tính PMF từ PMP. Phương pháp chính để chuyển đổi lượng mưa cực hạn sang lượng lũ cực hạn là sử dụng các mô hình mưa-dòng chảy. Chi tiết về việc lựa chọn các thông số cũng như điều kiện ban đầu của mô hình được Cục Công binh Hoa Kỳ giới thiệu chi tiết vào năm 1996 (USACE, 1996)[30]. Một số các kỹ thuật cơ bản là lượng tổn thất do thấm cần được cực tiểu, thời gian sinh lũ cần lấy nhỏ nhất trong phạm vi có thể (dựa trên việc phân tích số liệu thực đo)...

Lũ PMF bước đầu được nghiên cứu tại Việt Nam từ những năm đầu của thập kỷ 90. Lê Đình Thành (Luận án tiến sĩ 1996)[5] đã sử dụng phương pháp cực đại hóa để tính toán mưa PMP và dùng mô hình hộp đen NASH kết hợp với diễn toán MUSKINGUM để ước tính lượng lũ PMF cho một số lưu vực sông dọc theo chiều dài lãnh thổ Việt Nam như lưu vực Sông Đà, Lô, Tả Trạch, La Ngà, Hóa.... Các kết

qua tính toán cho thấy  $Q_{PMF} = 0,61 \div 1,71 Q_{0,01\%}$ . Điều này cho thấy các giá trị lũ PMF của các lưu vực (bảng 1.1) đều nằm lân cận với giá trị lũ có tần suất  $P=0,01\%$ .

Nhiều công trình nghiên cứu, tính toán lũ PMF phục vụ cho việc tính toán kiểm tra thiết kế công trình đã được thực hiện như thiết kế lũ kiểm tra cho hai công trình Thủy điện Sơn La và Hoà Bình do Ngô Đình Tuấn thực hiện. Nguyễn Văn Lai (Nguyễn Văn Lai, 2004) đã sử dụng nhiều phương pháp khác nhau xác định được lưu lượng lũ PMF cho hồ chứa thủy điện Trung Sơn tỉnh Thanh Hóa dao động từ 27.012 m<sup>3</sup> đến 31.059 m<sup>3</sup>/s. Lê Đình Thành (Lê Đình Thành, 2004) tính toán lũ PMF cho lưu vực hồ chứa Phú Ninh hay các kết quả tính toán lũ PMF của Nguyễn Quang Trung, Phạm Việt Tiến cũng góp phần hoàn thiện kho dữ liệu, kết quả lũ PMF cho các lưu vực sông của Việt Nam.

Bảng 1.1: Giá trị lũ PMF tại một số lưu vực (m<sup>3</sup>/s)

| Lưu vực   | Diện tích (km <sup>2</sup> ) | $Q_{0.01\%}$ | $Q_{PMF}$ | $\frac{Q_{PMF}}{Q_{0.01\%}}$ | $M_{PMF}$ (m <sup>3</sup> /s.km <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|------------------------------------------------|
| Lai Châu  | 33800                        | 32600        | 41200     | 1,21                         | 1,22                                           |
| Tạ Bú     | 45900                        | 43200        | 61000     | 1,14                         | 1,33                                           |
| Hòa Bình  | 51800                        | 49000        | 63000     | 1,18                         | 1,22                                           |
| Hàm Yên   | 11900                        | 14000        | 23900     | 1,71                         | 2,01                                           |
| Chiêm Hóa | 16500                        | 13730        | 26500     | 1,93                         | 1,61                                           |
| Bản Chát* | 1929                         | 11000        | 22420     |                              |                                                |
| Kon Tum   | 2968                         | 11200        | 12800     | 1,14                         | 4,31                                           |
| Tà Pao*   | 2012                         | 13700        | 8330      |                              |                                                |

\*không đưa PMF vào văn bản thiết kế

### 1.3 Những tồn tại trong tính toán lũ PMF tại Việt Nam và hướng tiếp cận trong tính toán lũ PMF của luận án

#### 1.3.1 Những tồn tại trong tính toán lũ PMF

Mặc dù đã có nhiều tác giả tính toán giá trị lũ PMF cho nhiều lưu vực khác nhau nhưng đến nay việc nghiên cứu về mưa PMP và lũ PMF vẫn còn một số vấn đề cần giải quyết:

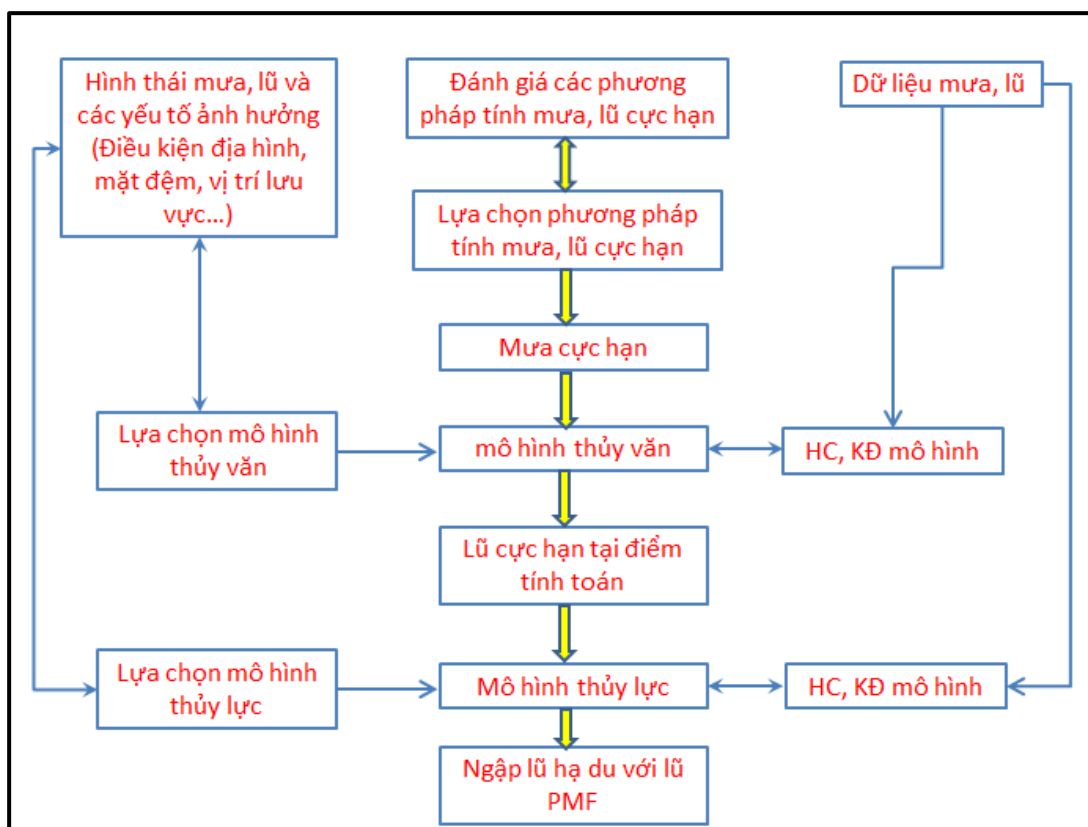
- Giá trị mưa PMP, lũ PMF tuy không mang ý nghĩa xác suất nhưng kết quả xác định lượng mưa PMP và lũ PMF cũng phụ thuộc nhiều vào độ dài chuỗi số liệu quan trắc trong quá khứ (lũ lịch sử). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, các hiện tượng khí hậu và thời tiết cực đoan ngày càng xảy ra thường xuyên hơn, đã xuất hiện nhiều giá trị vượt trên các giá trị lịch sử quan sát được.
- Kết quả mưa PMP và lũ PMF còn phụ thuộc nhiều vào chủ quan của người tính toán trong cách lựa chọn trận mưa điển hình, lựa chọn hệ số tần suất dẫn tới sự chênh lệch lớn giữa các kết quả tính toán của nhiều tác giả khác nhau cho cùng một lưu vực.
- Lưu vực Vu Gia-Thu Bồn là trọng điểm lũ của các lưu vực miền Trung, đã và đang hình thành mạng lưới hồ chứa thủy điện, thủy lợi thượng nguồn. Các hồ chứa này hiện nay vẫn được thiết kế theo tiêu chuẩn tần suất mà chưa được kiểm tra với giá trị lũ PMF. Do đó, việc xác định giá trị lũ PMF cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn là một nhu cầu cấp thiết hiện nay để đảm bảo an toàn các hồ chứa và hạ du. Các phương pháp tính, kết quả PMF này sẽ là cơ sở cho việc kiểm tra độ an toàn của các hồ chứa và đánh giá mức độ nguy hại của lũ PMF đối với hạ du lưu vực.

### ***1.3.2 Hướng tiếp cận trong tính toán PMF của luận án***

Từ những tồn tại trong tính toán lũ PMF tại Việt Nam hiện nay, luận án sẽ tập trung phân tích đặc trưng địa hình, hình thái mưa của lưu vực và ưu nhược điểm của các phương pháp tính toán mưa PMP, lũ PMF hiện nay để xác định được phương pháp tính toán mưa PMP và lũ PMF phù hợp cho lưu vực nghiên cứu được lựa chọn trong luận án. Theo đó, phương pháp tính toán được lựa chọn trong luận án cần đảm bảo các yếu tố:

- Phù hợp với hình thái gây mưa của lưu vực, giải quyết được các vấn đề ảnh hưởng của điều kiện địa hình đến sự phân bố lượng mưa PMP theo không gian và theo thời gian.

- Phù hợp với đặc trưng lũ lớn trên lưu vực, xét được tới sự ảnh hưởng của các yếu tố địa hình và mặt đệm đến diễn biến của dòng chảy lũ PMF tại cửa ra của lưu vực và tại các vị trí quan tâm.



Hình 1.1: Sơ đồ tiếp cận tính toán mưa PMP, lũ PMF trong luận án

## 1.4 Đặc điểm tự nhiên và kinh tế xã hội lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

### 1.4.1 Đặc điểm tự nhiên

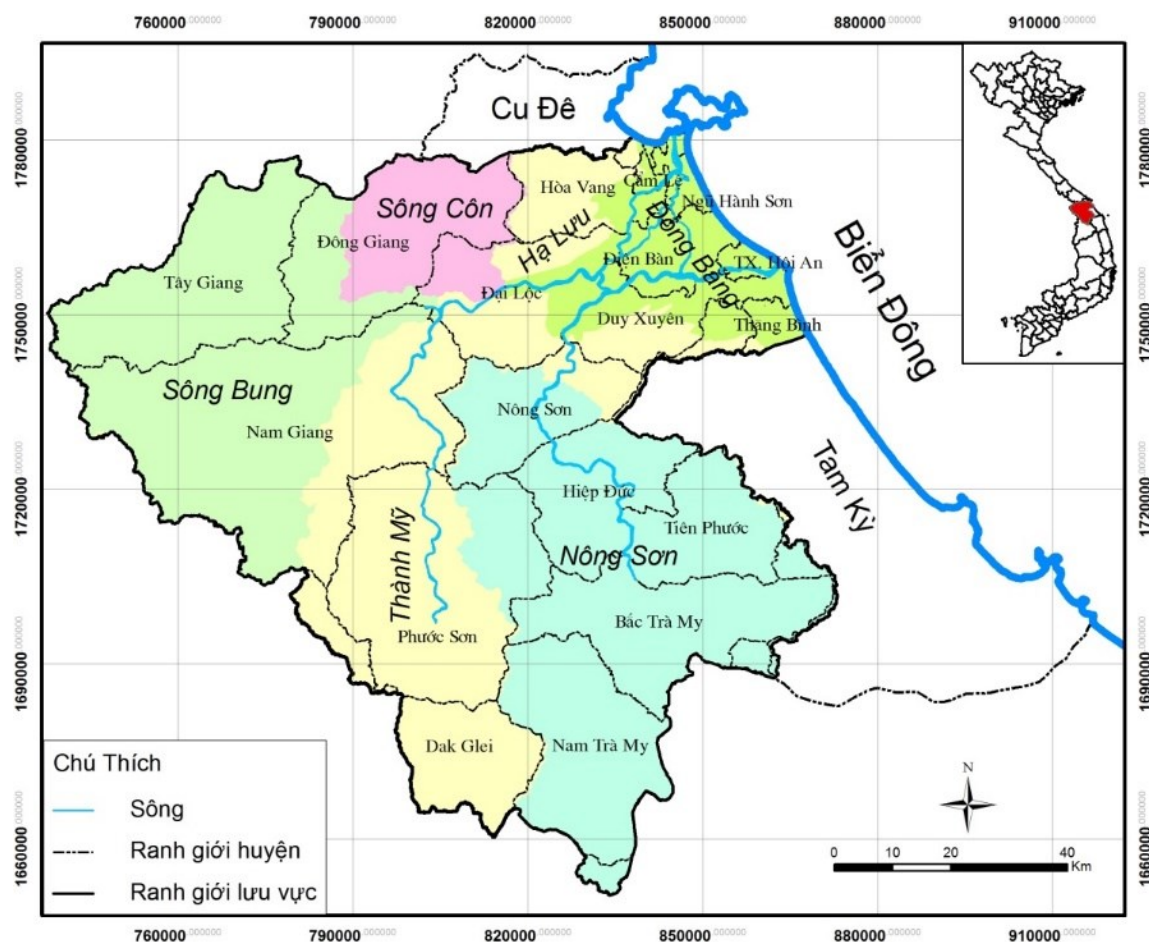
#### 1.4.1.1 Vị trí địa lý

Lưu vực Vu Gia-Thu Bồn được nghiên cứu trong luận án được xác định là phần diện tích tập trung nước về Cửa Hàn của sông Vu Gia và Cửa Đại của sông Thu Bồn. Phần diện tích tập trung nước về các sông nhỏ như sông Cu Đê ở phía Bắc hay sông Tam Kỳ ở phía Nam không được coi là thuộc lưu vực Vu Gia-Thu Bồn. Với quy định như vậy, lưu vực Vu Gia-Thu Bồn nằm trong khoảng từ  $14^{\circ}90'$  tới  $16^{\circ}20'$  vĩ độ Bắc và  $107^{\circ}20'$  tới  $108^{\circ}70'$  kinh độ Đông với tổng diện tích là  $9.900 \text{ km}^2$ . Về mặt thủy lực, lưu vực được chia thành 6 tiểu lưu vực bao gồm các



tiểu lưu vực Nông Sơn, Thành Mỹ, Sông Bung, Sông Côn, Hạ Lưu và Đồng Bằng với diện tích lần lượt là 3.087; 2.003; 2.400; 624; 869 và 917 km<sup>2</sup>.

Về mặt hành chính, lưu vực bao gồm: (i) 8.950 km<sup>2</sup> tương đương với 84,5 % diện tích của tỉnh Quảng Nam với toàn bộ diện tích của các huyện Địa Bàn, Duy Xuyên, Đại Lộc, Đông Giang, Nông Sơn, Tây Giang, Nam Giang, Hiệp Đức, Phước Sơn, Bắc Trà My, Tiên Phước, Nam Trà My, Thị xã Hội An và một phần diện tích của các huyện Thăng Bình; (ii) 425 km<sup>2</sup> tương đương với 43,9 % diện tích của Thành phố Đà Nẵng với toàn bộ diện tích của các quận, huyện Ngũ Hành Sơn, Cẩm Lệ và một phần diện tích của các huyện Hòa Vang; và (iii) 525 km<sup>2</sup> tương đương với 5,1 % diện tích của tỉnh Kon Tum với một phần diện tích của huyện ĐakGlei.

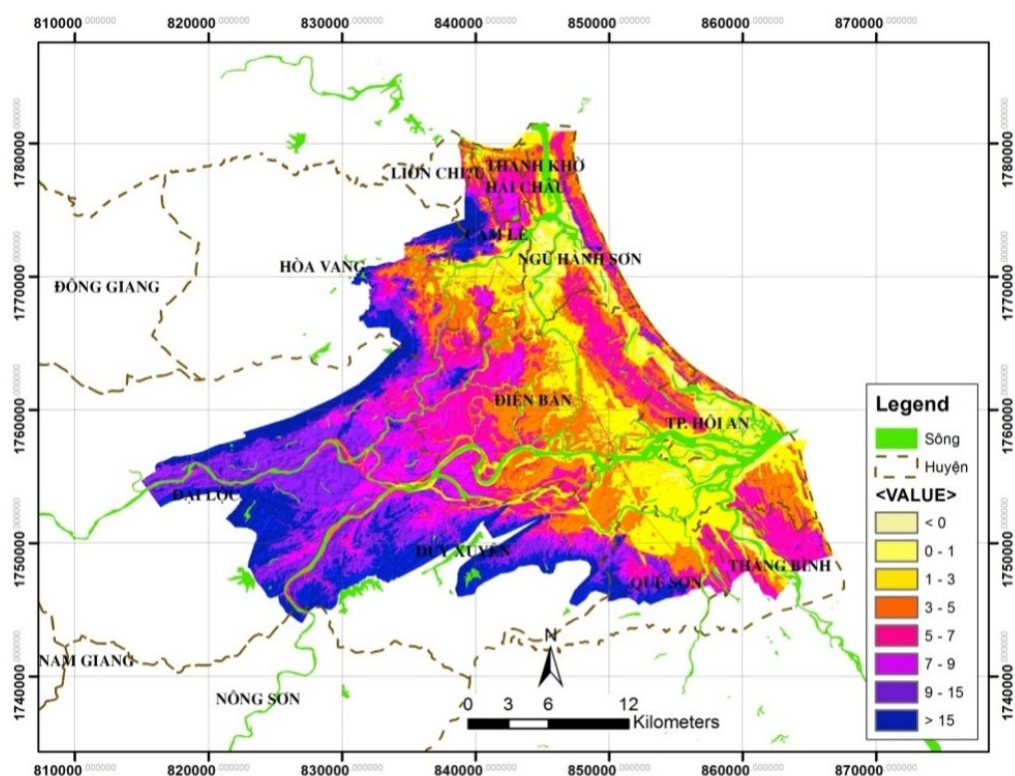


Hình 1.2: Bản đồ hành chính lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

### 1.4.1.2 Đặc điểm địa hình

Về địa hình, toàn lưu vực có 6.299 km<sup>2</sup> có cao độ trên 300 m, tương đương với 64% diện tích của lưu vực, tập trung chủ yếu ở các tiểu lưu vực Sông Bung, Thành Mỹ và Nông Sơn. Phần diện tích có cao độ từ +10 m đến +300 m là 2.902 km<sup>2</sup>, chiếm 23% diện tích toàn lưu vực, phân bố nhiều ở tiểu lưu vực Nông Sơn (51% diện tích tiểu lưu vực) và tiểu lưu vực Hạ Lưu (70% diện tích tiểu lưu vực). Địa hình có cao độ nhỏ hơn 10 m tập trung toàn bộ ở tiểu lưu vực Đồng Bằng với diện tích là 699 km<sup>2</sup>.

Trong 699 km<sup>2</sup> vùng đồng bằng có cao độ nhỏ hơn 10 m có 342 km<sup>2</sup> có độ cao nhỏ hơn 4 m, 182 km<sup>2</sup> có độ cao từ 4 m đến 6 m, 110 km<sup>2</sup> có độ cao từ 6 m đến 8 m và 80 km<sup>2</sup> có độ cao từ 8 m đến 10 m. Địa hình vùng đồng bằng có dạng lòng chảo, địa hình cao nằm xung quanh thuộc các huyện Đại Lộc, Quế Sơn, Thăng Bình, Thanh Khê, Hải Châu. Vùng có cao độ địa hình thấp tập trung dọc theo các sông hạ du thuộc các huyện Hội An, Điện Bàn, Duy Xuyên, Ngũ Hành Sơn, Hòa Vang, Cẩm Lệ. Đây là một đặc điểm bất lợi rất lớn cho việc thoát lũ vùng hạ du.



Hình 1.3: Phân bố cao độ địa hình vùng đồng bằng

Lưu vực có độ dốc lớn, hướng dốc chủ yếu là Tây Bắc-Đông Nam. Phần diện tích có độ dốc trên 20 % là 6.565 km<sup>2</sup> tương đương với 66 % diện tích toàn lưu vực. Độ dốc phân theo các tiểu lưu vực cũng có sự biến đổi lớn, dốc nhất là tiểu lưu vực sông Bung với 80 % diện tích có độ dốc trên 20 %, tiếp sau đó là tiểu lưu vực Thành Mỹ có 79,2 %, Sông Côn 73 %, Nông Sơn 67,2 %. Vùng đồng bằng có độ dốc biến đổi từ 0 đến 10 %, diện tích có độ dốc nhỏ hơn 2 % chiếm 73.1 % diện tích vùng đồng bằng (chi tiết tại phụ lục báo cáo).

#### 1.4.1.3 Mạng lưới sông

Lưu vực Vu Gia-Thu Bồn gồm hai sông chính là sông Vu Gia và Thu Bồn, bắt nguồn từ vùng núi Ngọc Lĩnh của dãy Trường Sơn và đổ ra biển theo hướng Tây Bắc-Đông Nam. Mỗi sông được chia thành hai phần thượng và hạ du. Vu Gia và Thu Bồn là tên để chỉ hai con sông nằm phía dưới hạ du, được tính từ trạm thủy văn Thành Mỹ trên sông Vu Gia và Trạm Nông Sơn trên sông Thu Bồn ra tới biển. Trong khu vực hạ du này, hai con sông có sự trao đổi nước mạnh mẽ qua các hợp lưu và cắt dòng tạo nên một mạng lưới sông dày đặc với chế độ thủy văn, thủy lực phức tạp. Phần thượng nguồn của hai sông gồm có sông Cái, Đakmi là thượng lưu sông Vu Gia và sông Tranh, sông Khang là thượng lưu sông Thu Bồn. Ngoài ra, lưu vực còn có hai nhánh sông khác là sông Bung và Sông Côn, đây là hai sông nhập lưu vào sông Vu Gia ngay sau trạm thủy văn Thành Mỹ (xem bảng 1.2).

Bảng 1.2: Đặc trưng của một số dòng sông chính

| STT | Tên sông | Chiều dài sông (km) | Độ dốc lòng sông (%) |
|-----|----------|---------------------|----------------------|
| 1   | Dak My   | 110,0               | 0,71                 |
| 2   | Cái      | 48,9                | 1,44                 |
| 3   | Vu Gia   | 77,1                | 0,02                 |
| 4   | Bung     | 104,5               | 0,54                 |
| 5   | Con 1    | 36,6                | 0,85                 |
| 6   | Tranh    | 116,7               | 0,32                 |
| 7   | Khang    | 39,7                | 0,14                 |
| 8   | Thu Bồn  | 61,3                | 0,02                 |

Đặc trưng tại bảng 1.2 cho thấy, lưu vực Vu Gia-Thu Bồn đều là các con sông ngắn. Lòng sông có độ dốc lớn với độ dốc ở thượng lưu từ 0,14-1,44%, ở hạ lưu là 0,02 %. Đây là hai điều kiện thuận lợi cho việc hình thành những trận lũ có cường độ lớn, thời gian gian tập trung nhanh gây nhiều khó khăn cho công tác quản lý, ứng phó và giảm thiểu các thiệt hại do lũ gây ra.

#### ***1.4.2 Đặc điểm kinh tế-xã hội vùng hạ du của lưu vực***

##### ***1.4.2.1 Dân sinh***

Tính đến năm 2014 dân số trên lưu vực Vu Gia - Thu Bồn là: 2.479.235 người chiếm 81,2% dân số toàn tỉnh Quảng Nam và Thành phố Đà Nẵng, mật độ dân số 217,7 người/km<sup>2</sup>. Dân cư trên địa bàn lưu vực phân bố không đều, chủ yếu tập vùng đồng bằng với dân số 1.834.634 người chiếm 70,4% dân số toàn lưu vực. Dân cư gồm nhiều cộng đồng dân tộc khác nhau: Cơ Tu, Xơ Đăng, Cor, Giẻ Triêng...

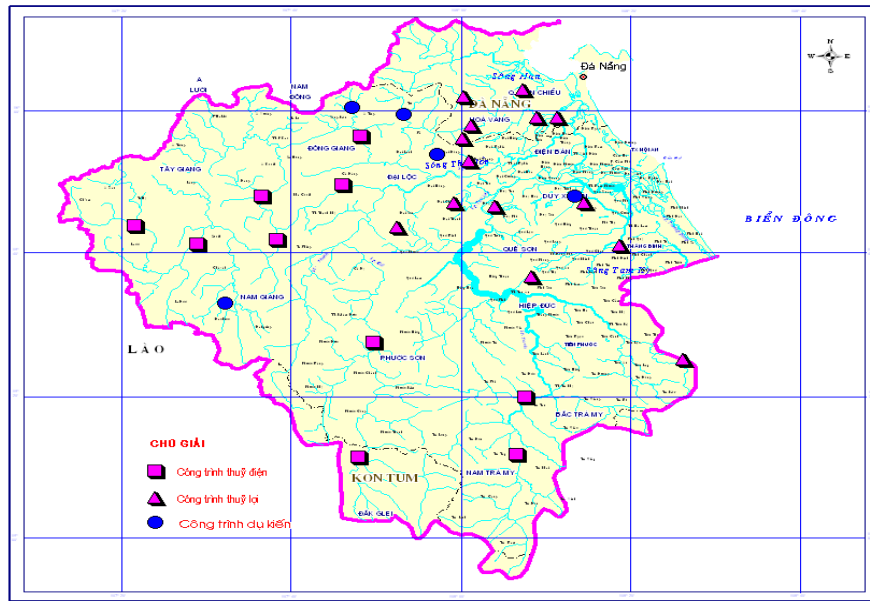
##### ***1.4.2.2 Kết cấu hạ tầng***

###### ***a. Các hồ chứa thủy lợi, thủy điện***

Hiện nay, trên lưu vực Vu Gia Thu Bồn đã xây dựng được 72 hồ chứa thủy lợi với tổng dung tích trên 150 triệu m<sup>3</sup>, gồm 5 hồ có dung tích từ 10 triệu m<sup>3</sup> trở lên, 6 hồ có dung tích từ 1-10 triệu m<sup>3</sup>. Tổng dung tích hữu ích của 11 hồ chứa cỡ vừa này là 133,36 triệu m<sup>3</sup>, trong đó dung tích phòng lũ tổng cộng là 41,44 triệu m<sup>3</sup>, dung tích phòng lũ này là không đáng kể so với tổng lượng lũ của trận lũ tần suất 1%. Các hồ chứa còn lại đều có dung tích dưới 1 triệu m<sup>3</sup> là các hồ chứa thủy lợi và đều không có dung tích phòng lũ cho hạ du.

Ngoài các công trình thủy lợi đã xây dựng, với tiềm năng thủy điện được xếp thứ 4 toàn quốc, cho đến hiện nay, trên lưu vực đã xây dựng hàng loạt các các hồ chứa nước lớn đa mục tiêu gồm phát điện, cắt lũ, bổ sung nước cho hạ du...Theo báo cáo số 157/BC-UBND ngày 20/9/2013 của UBND tỉnh Quảng Nam về quy hoạch phát triển các dự án thủy điện trên địa bàn tỉnh Quảng Nam, đến nay đã có 42 dự án đầu tư thủy điện được phê duyệt đều thuộc hệ thống lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Trong số các dự án nói trên, có 10 dự án lớn do Bộ Công

Thương phê duyệt đã triển khai xây dựng, trong đó có 7 dự án đã vận hành phát điện, 3 dự án đang xây dựng. Các công trình thủy điện vừa và nhỏ bao gồm 32 dự án, trong đó: 08 công trình đã phát điện, 04 công trình đang xây dựng, 11 dự án đã thiết kế cơ sở và 09 dự án đang trong giai đoạn nghiên cứu lập dự án đầu tư. Hầu hết các dự án này đều ngăn đập, tích nước ở thượng nguồn, tận dụng thế năng trên một dòng sông để phát điện theo hệ thống bậc thang. Tất cả các dự án thủy điện vừa và nhỏ đều là đập dâng điều tiết ngày đêm, không có dung tích phòng lũ. Hiện nay, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn theo QĐ số 1537/QĐ-TTg ngày 7 tháng 9 năm 2015. Các quy trình đơn hồ được Bộ Công thương ban hành trước đó đã được chỉnh sửa để phù hợp với Quy trình liên hồ chứa. Dung tích phòng lũ của các hồ thủy điện lớn là 146,44 triệu m<sup>3</sup>, chiếm gần 2,7% so với tổng lượng lũ 5 ngày tần suất 10% tại trạm thủy văn Ái Nghĩa, Giao Thủy nên hiệu quả cắt, giảm lũ hạ du của các hồ chứa này với những trận lũ lớn, kéo dài là rất hạn chế. Bên cạnh đó, công tác dự tính, dự báo mưa, lũ trên lưu vực sông còn bộc lộ nhiều hạn chế do thiếu các phương tiện quan trắc, kinh nghiệm dự báo nên việc dành dung tích hồ chứa cho cắt, giảm lũ là việc khó thực hiện khi so sánh với hiệu quả kinh tế do phát điện mang lại. Vì vậy, các hồ chứa của các công trình thủy điện đã và đang hoàn thiện gần như chỉ tập trung chủ yếu cho phát điện, phòng chống lũ cho công trình và góp phần phòng chống lũ và giảm ngập lụt hạ du (chi tiết hồ chứa xem tại phụ lục báo cáo)

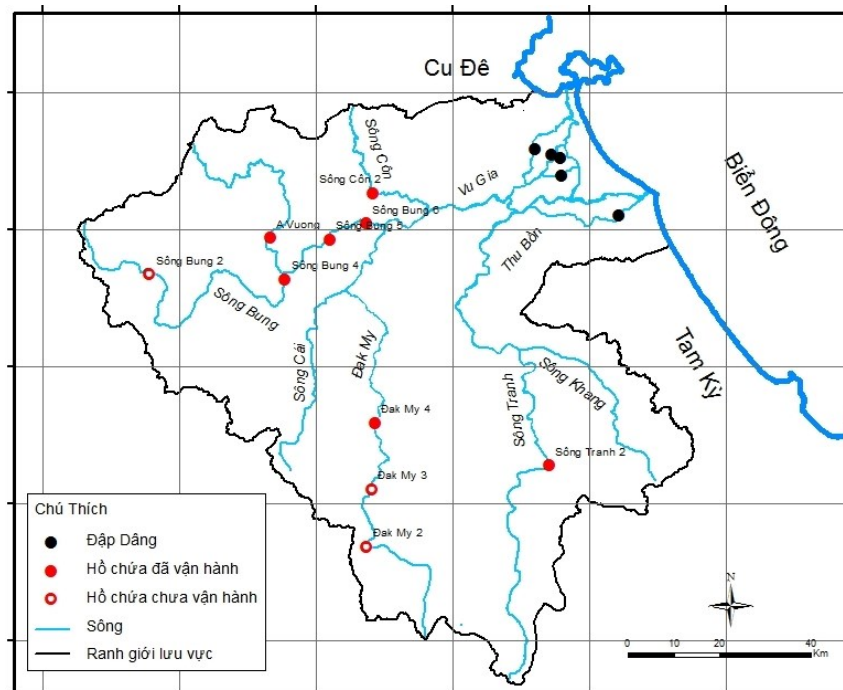


(Nguồn: Sở Nông nghiệp và PTNT Quảng Nam)

Hình 1.4: Sơ đồ hệ thống công trình thủy lợi, thủy điện  
trên lưu vực sông Vu Gia–Thu Bồn

#### b. Các đập dâng thủy lợi

Vùng hạ du lưu vực Vu Gia–Thu Bồn có 5 đập dâng lớn là An Trạch, Hà Thanh, Bàu Nít, Thanh Quýt và Duy Thành.

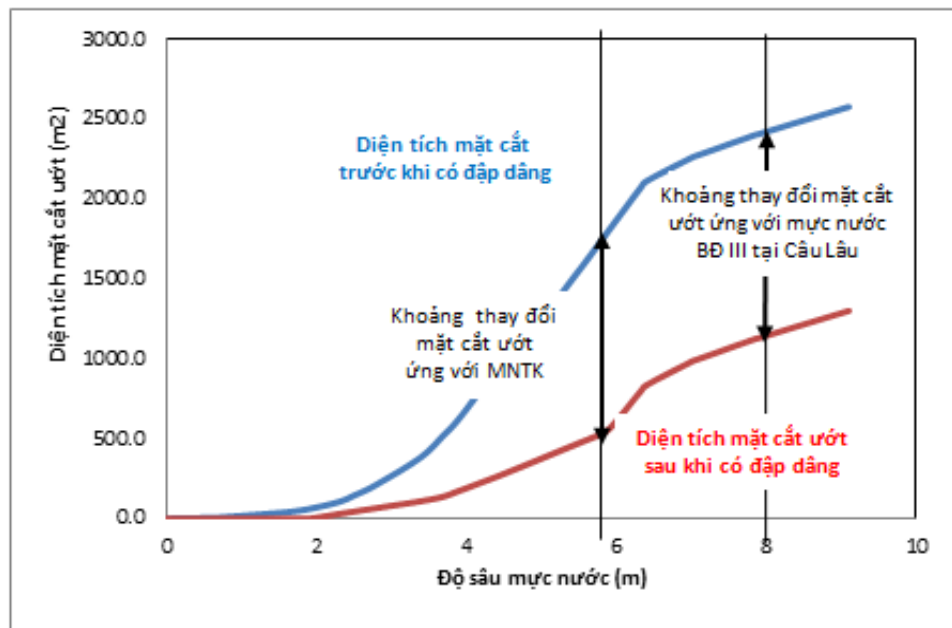


Hình 1.5: Vị trí các đập dâng tại hạ du của lưu vực

Bảng 1.3: Thông số kỹ thuật của năm đập dâng

| TT          | Tên        | MNDTK | Cao trình đáy cống (m) | Số cửa điều tiết | Kích thước một cửa |       |
|-------------|------------|-------|------------------------|------------------|--------------------|-------|
|             |            |       |                        |                  | B (m)              | H (m) |
| 1           | An Trạch   | +2,0  | -2,00                  | 12               | 4,00               | 4,50  |
| 2           | Bầu Nít    | +2,0  | -2,00                  | 6                | 4,20               | 3,80  |
| 3           | Hà Thanh   | +2,0  | 0,56                   | 7                | 2,35               | 1,85  |
| 4           | Thanh Quýt | +2,0  | -0,50                  | 6                | 3,80               | 2,50  |
| 5           | Duy Thành  | +1,1  | -1,10                  | 4                | 20,00              | 2,20  |
| <b>Tổng</b> |            |       |                        | <b>35</b>        | <b>34,35</b>       |       |

Bên cạnh những lợi ích ngăn mặn, giữ ngọt trong mùa kiệt thì trong mùa lũ các công trình này gây thu hẹp mặt cắt sông, làm giảm khả năng thoát lũ của lòng dẫn. Mức độ thu hẹp lòng dẫn được đánh giá qua so sánh mặt cắt ướt trước và sau khi xây dựng công trình tại thời điểm lũ đạt tới cao trình mực nước thiết kế của các đập dâng và tại thời điểm mực nước lũ đạt báo động III tại Cầu Lâu.



Hình 1.6: Sự thay đổi tổng diện tích mặt cắt ướt tại vị trí các đập dâng trước và sau khi có đập dâng

Tại mực nước thiết kế ứng với độ sâu mực nước trung bình là 5,9 m, diện tích mặt cắt ướt trước và sau khi có đập dâng giảm từ 1.805 m<sup>2</sup> xuống còn 559 m<sup>2</sup> (giảm 70%). Tại mực nước báo động III tại Cầu Lâu ứng với độ sâu mực nước

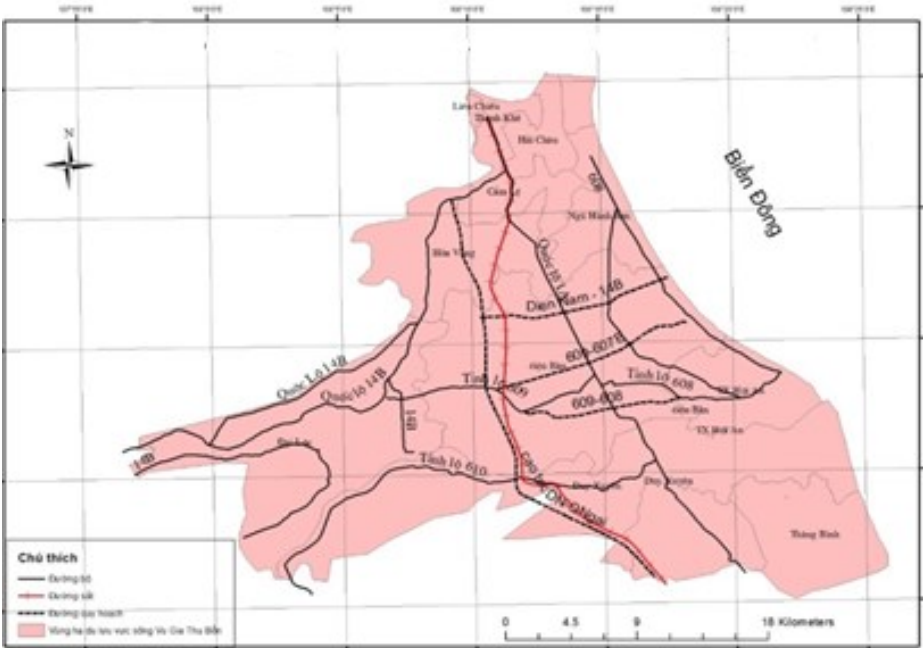
trung bình là 7,9m diện tích mặt cắt ướt giảm từ 2.408 m<sup>2</sup> xuống còn 1.131 m<sup>2</sup> tương ứng giảm khoảng 50% so với diện tích mặt cắt trước khi xây dựng. Chi tiết về sự thay đổi tổng diện tích mặt cắt ướt tại vị trí các đập dâng trước và sau khi có đập dâng được trình bày trong hình 1.6.

b. Các công trình giao thông

Hiện nay, hệ thống giao thông đường bộ của lưu vực phân bố rộng đều khắp với 686 cầu qua sông, 4 cống thủy lợi, 4957 km đường bộ và 75 km đường sắt tạo được sự giao lưu thuận tiện cho hầu hết các địa phương trên địa bàn. Tuy nhiên, về mặt kỹ thuật và chất lượng đường của nhiều tuyến còn quá yếu kém nên không có khả năng chống chịu, gây cản trở dòng chảy và sạt lở, hư hỏng vào mùa mưa bão. Theo kết quả điều tra, vào mùa mưa bão, do ảnh hưởng của các công trình giao thông, nhiều điểm ngập cục bộ có độ ngập sâu lớn, đặc biệt phía trước các tuyến quốc lộ 1A, tỉnh lộ 608, 607, 609 đều cho thấy mức ngập lớn hơn so với những điểm nằm sau các tuyến đường này về phía biển hay về phía sông. Các công trình cầu, cống tại một số tuyến đường có khẩu độ của cống không đảm bảo cho việc thoát nước. Đây cũng chính là nguyên nhân làm giảm khả năng thoát lũ, gây tắc nghẽn giao thông, làm tăng thêm những thiệt hại cho sản xuất và là một trong những nguyên nhân gây lũ quét...

Giao thông đường sông ở Quảng Nam gặp nhiều hạn chế do sông ngắn và dốc. Việc xây dựng các cảng biển đã là một công trình kiên cố chống sạt lở hữu hiệu, tăng khả năng thoát lũ, giảm ngập lụt cho các khu vực có cầu cảng. Tuy nhiên, ở khu vực hải cảng thường tập trung một số lượng lớn các công trình hỗ trợ như nhà kho, khu sản xuất, khu dân cư... Trong trường hợp thiết kế, thi công không đồng bộ các công trình trên vẫn có khả năng cản trở dòng chảy. Từ đó làm gia tăng quá trình sạt lở hai bên bờ biển, bờ sông, gây thiệt hại về nhà cửa, người, gia súc, gia cầm, mùa màng...





Hình 1.7: Hệ thống đường giao thông trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn

### c. Các công trình xây dựng

Hiện nay ở vùng hạ du lưu vực sông Vu Gia Thu Bồn có khoảng 100.775 ngôi nhà với hơn 70% là nhà cấp bốn kém kiên cố nên khi có lũ dễ bị ngập, hư hại thậm chí là đổ sập gây thiệt hại lớn về người và tài sản cho người dân.

## 1.5 Kết luận chương I

Về mặt lý thuyết, trong một thời gian nhất định, giá trị mưa, lũ cực hạn sẽ là căn cứ để các nhà hoạch định chính sách, nhà khoa học, nhà thiết kế thực hiện các mục tiêu phòng chống lũ cho lưu vực hoặc công trình. Các nghiên cứu về hai giá trị này đã được thực hiện từ khá sớm và đến nay đã được ứng dụng trong nhiều công trình thủy lợi, thủy điện lớn, quan trọng. Trong chương này, tác giả tập trung thu thập, tổng hợp thành tựu của các nghiên cứu trước đây trên thế giới và tại Việt Nam để từ đó xác định được các tồn tại, khó khăn chưa được giải quyết, đặc biệt là vấn đề xác định phương pháp tính PMP, PMF cho các vùng có khí hậu nhiệt đới, nơi không có đủ các điều kiện số liệu, từ đó đề xuất hướng nghiên cứu của luận án.

Với mục tiêu phát triển nguồn năng lượng quốc gia, hàng loạt hồ chứa thủy điện trên lưu vực đã và đang được đầu tư xây dựng. Các công trình này tuy có nhiều

đóng góp cho phát triển kinh tế lưu vực nhưng cũng nảy sinh nhiều hệ lụy và tác động xấu kèm theo nếu không có các cơ chế quản lý phù hợp. Các công trình hồ chứa hiện nay thường thiết kế theo lý thuyết tần suất với chuỗi số liệu quan trắc trong thời gian ngắn và thiếu. Trong khi các điều kiện khí tượng cực đoan ngày càng gia tăng, những quy luật tự nhiên thay đổi thì khả năng xảy ra các trận mưa lũ vượt thiết kế, thậm chí vượt tần suất kiểm tra là rất có khả năng, dẫn tới tiềm ẩn nguy cơ sự cố vỡ đập khi dự báo thiếu chính xác và vận hành không hợp lý.

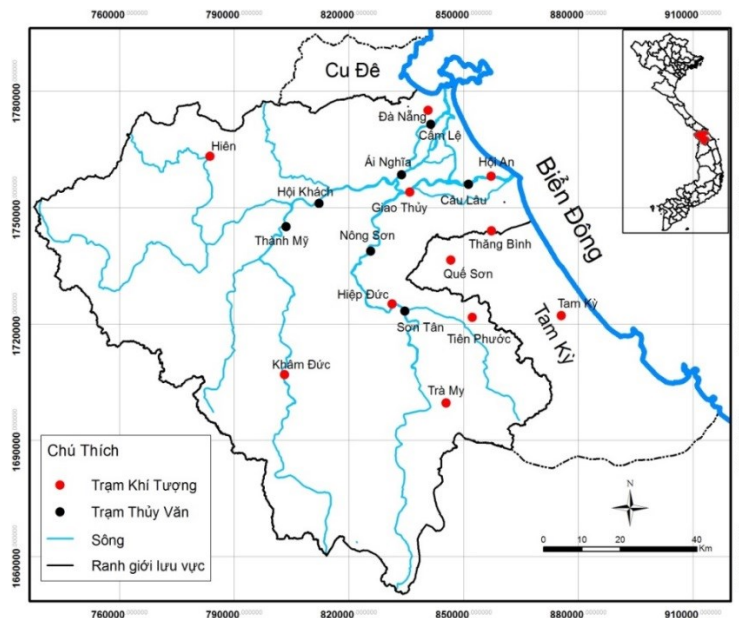
Chính vì vậy, bên cạnh những tổng hợp, phân tích để xác định giá trị lượng mưa PMP của lưu vực và lũ PMF tại cửa ra của các tiểu lưu vực thì nghiên cứu cũng phân tích để xác định giá trị PMF cho từng hồ chứa (tại tuyến đập) và so sánh với giá trị lũ tần suất, lũ kiểm tra của công trình. Trong trường hợp, các giá trị lũ tần suất, lũ kiểm tra nhỏ hơn nhiều so với giá trị PMF thì việc đề xuất phương pháp hiệu chỉnh và tính nhanh giá trị PMF từ các giá trị thống kê đã có là một phần trong nghiên cứu của luận án. Kết quả tính toán này sẽ giúp làm phong phú thêm các đóng góp của luận án cũng như giúp việc tính toán xác định giá trị PMP, PMF có ý nghĩa hơn trong thực tiễn.

## CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN PHƯƠNG PHÁP TÍNH MƯA, LŨ CỰC HẠN

### 2.1 Đặc điểm mưa lũ lớn lưu vực Vu Gia-Thu Bồn

#### 2.1.1 Mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn

Mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn trên lưu vực khá dày, tuy nhiên phân bố lại không đều theo không gian. Chỉ có 3 trạm đo mưa (trạm Hiên, Khâm Đức, Trà My) trên tổng số 18 trạm quan trắc được bố trí trên vùng thượng nguồn của lưu vực, không thể phản ánh đầy đủ được sự phân bố mưa trên lưu vực. Vị trí các trạm quan trắc được thể hiện trong hình 2.1.



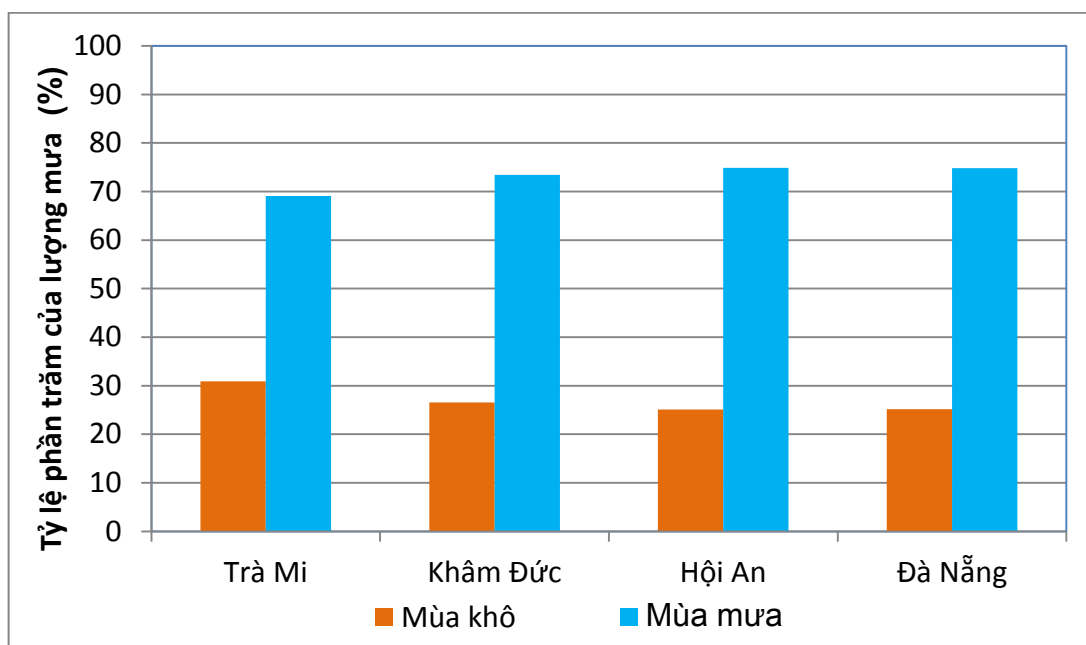
Hình 2.1: Bản đồ mạng lưới trạm KTTV trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Mặt khác, thời đoạn quan trắc hầu hết là mưa ngày dẫn tới việc nghiên cứu sự biến động của lượng mưa theo không gian và thời gian là khó khăn. Điều này sẽ làm cho việc lựa chọn mô hình mưa phù hợp cho lưu vực trở nên thiếu chính xác. Hầu hết các trạm có thời gian quan trắc dưới 40 năm từ năm 1976 đến nay, riêng trạm Đà Nẵng có thời gian quan trắc từ năm 1961. Theo quan điểm tần suất với chuỗi quan trắc ngắn như vậy thì mới phản ánh được chế độ mưa với tần suất vượt 2,5 %. Đây là một khó khăn cho việc tính giá trị tần suất thiết kế mưa, lũ tại các hồ

chứa, nơi cần có các giá trị tần suất nhỏ hơn như 1 % hoặc 0,1 %. Các yếu tố quan trọng chủ yếu là mưa, dòng chảy và mực nước.

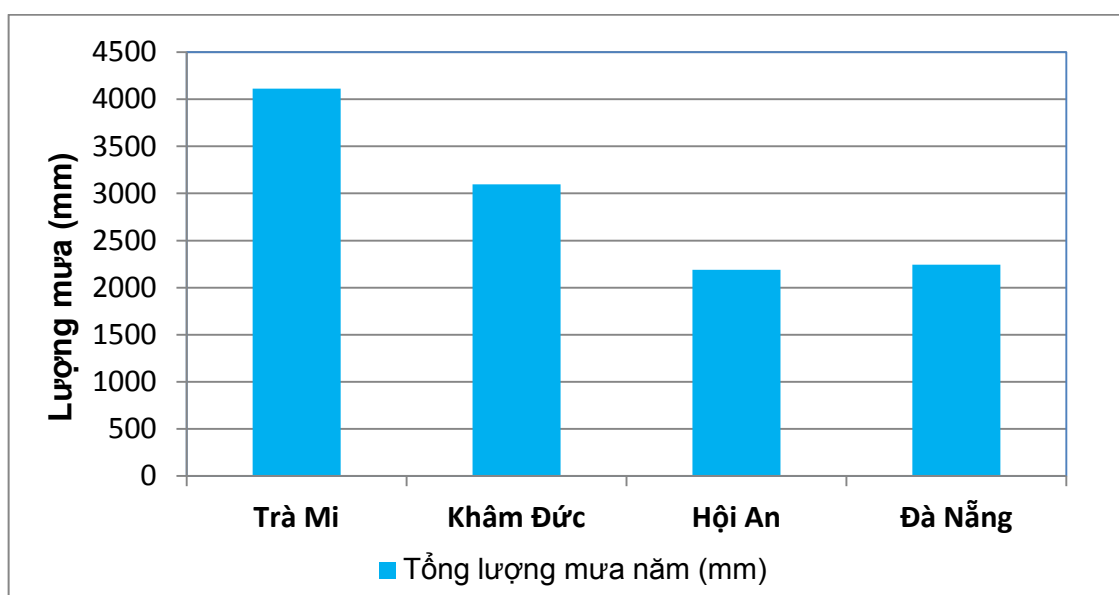
### 2.1.2 Phân bố lượng mưa năm

Lượng mưa năm trung bình của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn trong 36 năm (1976-2012) là 2.791 mm. Lượng mưa năm có sự phân bố mạnh theo thời gian, mùa mưa từ tháng IX đến tháng XII với lượng mưa chiếm 70 % lượng mưa cả năm. Thời kỳ mưa lớn nhất là tháng X và tháng XI, lượng mưa trong hai tháng này đạt tới 40% đến 50% lượng mưa cả năm. Mùa khô kéo dài từ tháng I đến tháng VIII với lượng mưa rất nhỏ, đặc biệt từ tháng II đến tháng IV lượng mưa trung bình chỉ chiếm từ 3-5 % lượng mưa cả năm.



Hình 2.2: Phân bố mưa theo mùa trong năm tại một số trạm trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Các vùng đón gió và sườn dốc phía Đông của dãy Trường Sơn (trạm Khâm Đức và trạm Trà Mi) thường có lượng mưa lớn hơn so với các vùng khác trên lưu vực. Lượng mưa năm trung bình nhiều năm tại Khâm Đức và Trà My bằng 1,5 – 2 lần so với lượng mưa năm tại các trạm Đà Nẵng và Hội An. Điều này cho thấy, yếu tố địa hình có ảnh hưởng rất lớn tới sự phân bố không gian của lượng mưa năm trên lưu vực (Hình 2.3).



Hình 2.3: Tổng lượng mưa năm trung bình tại một số trạm

### 2.1.3 Đặc điểm mưa thời đoạn ngắn

Để đánh giá được mức độ dòng chảy lũ, luận án tiến hành phân tích mối quan hệ giữa các giá trị về cường độ mưa, thời đoạn mưa, diện tích mưa và tần suất mưa trên lưu vực.

#### 2.1.3.1 Quan hệ Cường độ-Thời đoạn-Tần suất mưa (IDF)

Quan hệ Cường độ-Thời đoạn-Tần suất mưa là quan hệ đề cập tới hai thuộc tính của lượng mưa là thời đoạn mưa và tần suất xuất hiện. Điều đó có nghĩa đường quan hệ Cường độ-Thời đoạn-Tần suất cho biết tổng lượng mưa (mm) của một trận mưa với thời đoạn mưa ngắn hay dài (mưa 6 giờ, mưa một ngày, mưa hai ngày,...) và xảy ra với tần suất xuất hiện cao hay thấp (1%, 2%, 5%, 10%).

Tổng lượng mưa ứng với các thời đoạn và tần suất khác nhau được tính theo công thức:

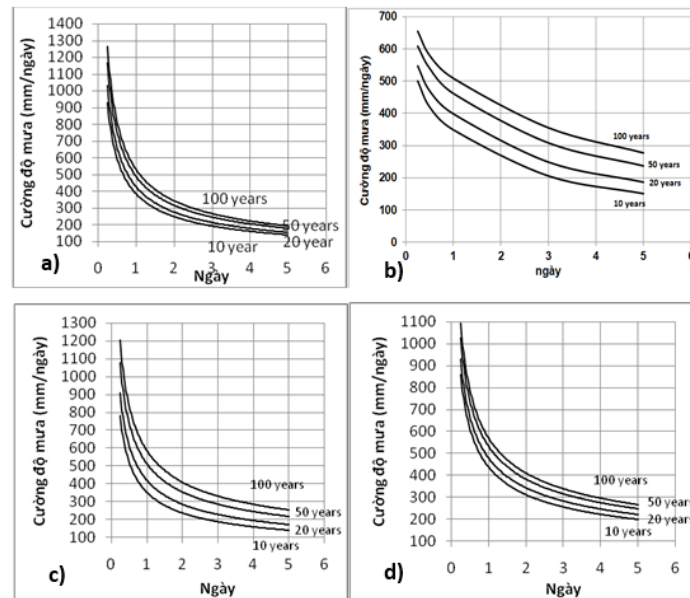
$$X_p = \bar{X} + k_p * S_n \quad (2-1)$$

Trong đó:

$X_p$ : là lượng mưa ứng với thời đoạn cụ thể như mưa 6 giờ, 12 giờ, 1 ngày, 2 ngày, 3 ngày và 5 ngày theo các tần suất khác nhau như 1%, 2%, 5% và 10%;

$k_p$ ;  $S_n$ : lần lượt là hệ số tần suất và độ lệch chuẩn của chuỗi số liệu (Chow.V.T., 1951)[8].

Kết quả đường quan hệ Cường độ-Thời đoạn-Tần suất mưa của bốn trạm Hiên, Đà Nẵng, Trà Mi và Hội An đại diện cho lưu vực xác định theo công thức trên được thể hiện trong hình 2.4.



Hình 2.4: Quan hệ Cường độ mưa - Thời đoạn - Tần suất mưa tại các trạm  
a) Đà Nẵng; b) Hiên; c) Hội An; d) Trà Mi.

Kết quả đường IDF tại các trạm cho thấy cường độ mưa ứng với tần suất 1% đều lớn hơn 500 mm/ngày. Cường độ mưa theo các thời đoạn tại các trạm quan trắc tuy có sự chênh lệch nhưng không nhiều. Điều này cho thấy lưu vực Vu Gia-Thu Bồn là lưu vực có lượng mưa lớn và sự phân bố cường độ mưa giữa các vị trí khá đồng đều. Đây là hệ quả của sự tác động của vị trí giáp biển kết hợp với điều kiện địa hình hẹp theo chiều ngang của lưu vực. Kết quả phân tích chi tiết được thể hiện như sau:

- Theo hướng Bắc-Nam, cường độ mưa tại các trạm có xu hướng tăng từ Bắc xuống Nam nhưng mức độ tăng không nhiều. Cụ thể, cường độ mưa 1 ngày ứng với tần suất 1% tại trạm Hiên và trạm Đà Nẵng ở phía Bắc là 509 mm/ngày và 540 mm/ngày xuống đến Trà Mi giá trị này là 561 mm/ngày và Hội An là 620 mm/ngày.
- Theo hướng Đông-Tây, cường độ mưa có xu hướng giảm dần từ Đông sang Tây. Vùng đồng bằng sát biển có lượng mưa lớn hơn so với các trạm ở miền núi ở hầu

hết các thời đoạn và tần suất mưa. Ví dụ lượng mưa 5% thời đoạn mưa 1 ngày tại trạm Đà Nẵng là 413 mm/ngày, tại trạm Hội An là 432 mm/ngày. Trong khi đó, lượng mưa 5% tại trạm Hiên là 399 mm/ngày.

- Sự phân tán cường độ mưa giữa các tần suất theo hướng Đông Nam ít hơn so với hướng Tây Bắc. Cụ thể, sự chênh lệch cường độ mưa thời đoạn 1 ngày ứng với các tần suất 1% và 10% tại trạm Đà Nẵng và trạm Trà Mi tương ứng là 181mm và 126 mm. Trong khi đó, tại hai trạm Hội An và Hiên là 257 mm và 160 mm.
- Độ dốc của các đường IDF theo hướng Đông Nam có xu thế lớn hơn so với hướng Tây Bắc. Cụ thể, mức độ chênh lệch giữa cường độ mưa thời đoạn 1 ngày và 3 ngày ứng với tần suất 1% tại trạm Đà Nẵng và trạm Trà Mi là 275 mm và 220 mm. Trong khi đó, sự chênh lệch này tại trạm Hội An và Hiên là 268 mm và 153 mm. Điều này cho thấy, mức độ tập trung mưa thời đoạn ngắn theo hướng Đông Nam lớn hơn so với hướng Tây Bắc.

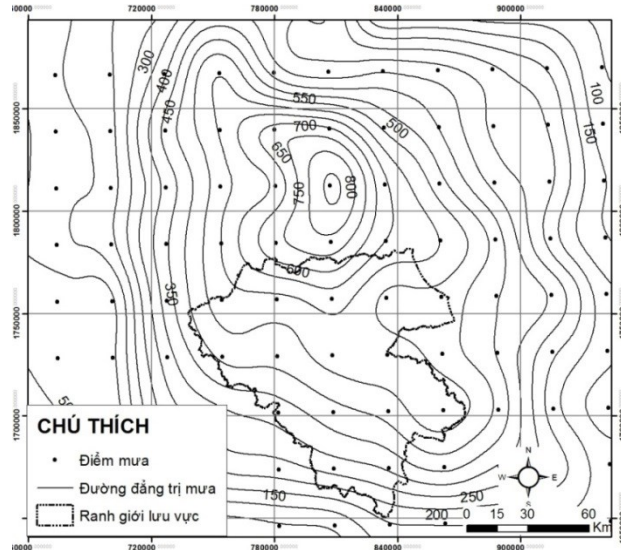
#### 2.1.3.2 Quan hệ Tổng lượng-Diện tích-Thời đoạn mưa (DAD)

Quan hệ Tổng lượng-Diện tích-Thời đoạn mưa cũng đề cập tới hai thuộc tính của lượng mưa là thời đoạn mưa và diện mưa, có nghĩa rằng đường quan hệ Tổng lượng-Diện tích-Thời đoạn cho ta biết tổng lượng mưa của một trận mưa xảy ra với các thời ngắn hay dài (mưa ngày, mưa hai ngày...) và trên không gian diện tích nhỏ hay lớn (1.000 km<sup>2</sup>; 2.000 km<sup>2</sup>; 5000 km<sup>2</sup>; 10.000 km<sup>2</sup>).

Quan hệ này được tổ chức khí tượng thế giới (WMO, 1969)[35] hướng dẫn xây dựng theo các bước sau: i) Xác định lượng mưa ứng với thời đoạn xác định tại từng vị trí quan sát khi tổng lượng trên lưu vực đạt giá trị lớn nhất; ii) Xây dựng đường đẳng trị mưa; iii) Tính lượng mưa trung bình ứng với diện tích giới hạn bởi hai đường đẳng trị; và iv) Tổng hợp các giá trị lượng mưa với từng diện tích và thời đoạn ta có các đường quan hệ lượng mưa-diện tích với các thời đoạn xác định.

Do mật độ lưới trạm quan trắc trên vùng thượng nguồn của lưu vực quá thưa, chỉ có ba trạm quan trắc nên việc sử dụng số liệu mưa trạm để xây dựng đường cong DAD là không thực hiện được. Vì vậy, luận án đã sử dụng số liệu mưa quan sát từ vệ tinh của cơ quan vũ trụ NASA cho vùng Vu Gia-Thu Bồn làm căn cứ cho

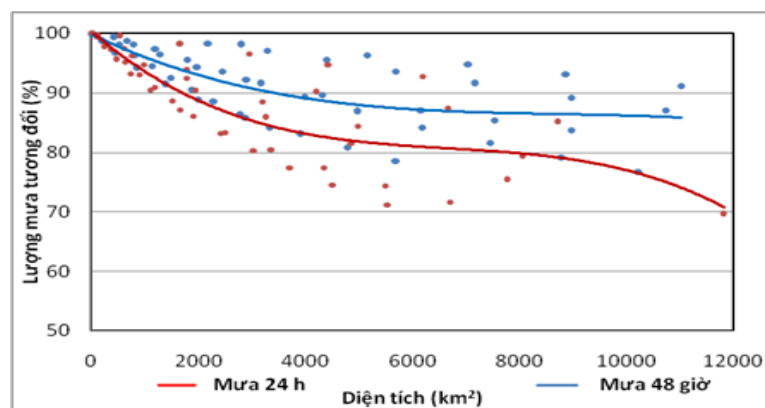
phân tích này. Với quan điểm đánh giá ảnh hưởng của những trận mưa, lũ lớn tới lưu vực Vu Gia-Thu Bồn nên luận án chỉ tập trung phân tích các trận mưa gây lũ vượt báo động III tại trạm thủy văn Ái Nghĩa và Câu Lâu để xây dựng đường DAD.



Hình 2.5: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận mưa tháng 11 năm 1999

Theo độ dài chuỗi số liệu được lưu trữ trên hệ thống của NASA từ năm 1998 đến nay trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn xảy ra 6 trận mưa, lũ lớn vào các tháng/năm 11/1998; 11/1999; 12/1999; 11/2007; 10/2008; 9/2009. Kết quả xác định quan hệ Tổng lượng-Diện tích-Thời đoạn (thời đoạn 24 và 48 giờ) cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn được thể hiện trong hình 2.5.

Đường cong DAD cho thấy mức độ triệt giảm lượng mưa trên diện tích 10.000 km<sup>2</sup> ứng với thời đoạn mưa 24 giờ và 48 giờ là không lớn so với tâm mưa, lần lượt là 23% và 14%.

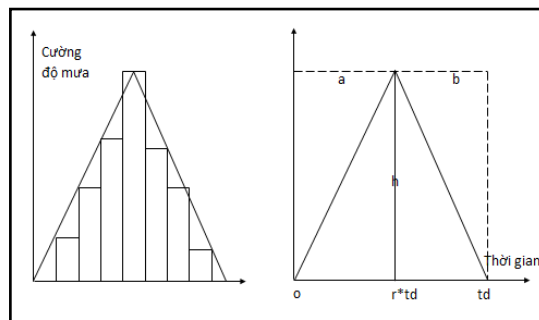


Hình 2.6: Đường quan hệ DAD của mưa thời đoạn 24 giờ và 48 giờ



### 2.1.3.3 Phân bố lượng mưa trong một trận mưa

Sự phân phối lượng mưa theo thời gian của một trận mưa cụ thể nào đó được thể hiện bởi biểu đồ mưa, trong đó lượng mưa được xác định theo từng bước thời gian như mưa phút, mưa giờ, mưa ngày... Biểu đồ mưa của các trận mưa khác nhau có thể khái quát hay đơn giản hóa bằng các biểu đồ dưới dạng hình chữ nhật, hình tam giác, hình thang, hình chuông... trong đó biểu đồ mưa hình tam giác là biểu đồ thông dụng nhất (Watt et al., 1986)[34] (xem sơ đồ tại hình 2.7).



Hình 2.7: Sơ đồ phân phối lượng mưa theo dạng tam giác

Để xác định biểu đồ mưa hình tam giác này cần xác định ba thông số là đáy tam giác tức thời đoạn mưa, diện tích tam giác tức tổng lượng mưa và độ lệch của đỉnh tam giác tức lượng mưa tập trung vào nửa đầu hay nửa cuối của trận mưa. Trong nghiên cứu này, ba thông số nói trên của biểu đồ mưa tam giác được tính thông qua 32 trận mưa tại bốn trạm gồm trạm Hiên, Đà Nẵng, Hội An và Trà My được xác định như mô tả dưới đây.

Thời đoạn mưa được lấy theo số liệu thực tế quan trắc được tại từng trạm. Giá trị trung bình tại từng trạm Hiên, Đà Nẵng, Hội An và Trà My được tổng hợp trong bảng 2.1. Kết quả biểu thị cho thấy các trận mưa trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn hầu hết là dạng mưa ngắn với thời đoạn trung bình khoảng 3 ngày.

Diện tích của tam giác mưa được giả thiết bằng tổng lượng mưa của trận mưa. Theo số liệu quan trắc hầu hết các trận mưa đều có lượng mưa lớn, lượng mưa trung bình tại từng trạm biến đổi từ 377 đến trên 539 mm (xem bảng 2.1).

Độ lệch của đỉnh tam giác  $r = \frac{T_p}{T_b}$  được xác định bằng momen bậc 1: Với giả thiết momen bậc 1 của tam giác ( $M'_1$ ) bằng tổng momen bậc 1 của lượng mưa trong các thời đoạn mưa thành phần ( $M_1$ ) ta có:

$$M'_1 = \frac{1}{3} S * T_b * (1 + r) = M_1 \rightarrow r = \frac{3M_1}{S * T_b} - 1 \quad (2-2)$$

Kết quả tính toán cho các giá trị  $r$  tại từng trạm nằm trong khoảng 0,22 đến 0,78 và giá trị trung bình đối với từng trạm là 0,42; 0,59; 0,52; 0,50 (Xem tại bảng 2.1). Điều đó cho thấy sự phân bố của lượng mưa thường tập trung vào giữa thời đoạn mưa.

Bảng 2.1: Tổng hợp giá trị đặc trưng của dạng phân phối mưa tam giác tại từng trạm Hiên, Đà Nẵng, Hội An và Trà My

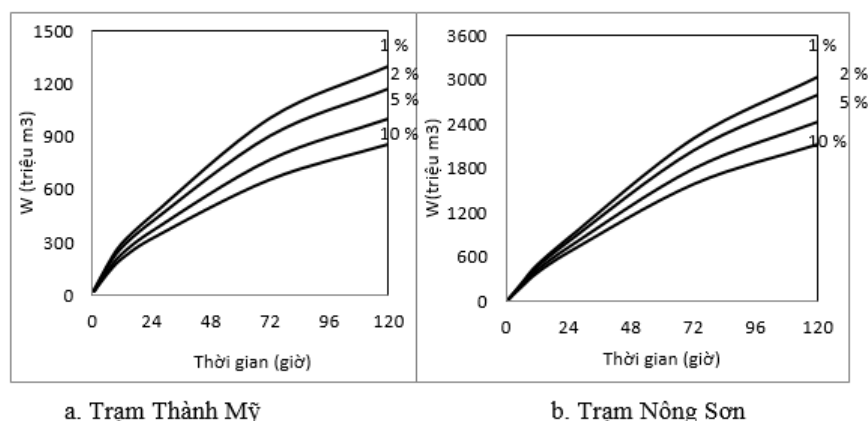
| Trạm    | Thông số  |    |     |        |     |      |                  |      |      |
|---------|-----------|----|-----|--------|-----|------|------------------|------|------|
|         | Tb (ngày) |    |     | S (mm) |     |      | r (không đơn vị) |      |      |
|         | Min       | TB | Max | Min    | TB  | Max  | Min              | TB   | Max  |
| Hiên    | 2         | 3  | 4   | 167    | 429 | 1310 | 0,22             | 0,42 | 0,66 |
| Đà Nẵng | 2         | 3  | 5   | 190    | 377 | 904  | 0,38             | 0,59 | 0,78 |
| Hội An  | 3         | 4  | 4   | 233    | 539 | 1205 | 0,35             | 0,52 | 0,64 |
| Trà My  | 2         | 3  | 7   | 198    | 537 | 1163 | 0,27             | 0,50 | 0,75 |

#### 2.1.4 Đặc điểm dòng chảy lũ

##### 2.1.4.1 Quan hệ tổng lượng-thời đoạn-tần suất lũ

Quan hệ tổng lượng-thời đoạn-tần suất lũ (Volume-Duration-Frequency: VDF) là quan hệ thể hiện tổng lượng lũ tích lũy của lưu vực tương ứng với từng thời đoạn và tần suất xác định. Đây là giá trị thể hiện khả năng điều tiết của lưu vực, cụ thể ứng với cùng một giá trị lượng mưa trong thời đoạn xác định, nếu giá trị của đường cong VDF của lưu vực càng dốc thì càng cho thấy khả năng điều tiết của lưu vực càng kém và ngược lại. Để xác định quan hệ này luận án tiến hành lần lượt theo các bước: i) Xác định trận lũ và tính toán tổng lượng lũ tích lũy lớn nhất tương ứng với từng thời đoạn của mỗi trận lũ; ii) Từ chuỗi giá trị vừa xác định, xác định giá trị tổng lượng lũ tích lũy tương ứng với từng thời đoạn và tần suất xuất hiện. Đối với lưu vực Vu Gia-Thu Bồn lựa chọn 2 trạm thủy văn Thành Mỹ đại diện cho khả năng sinh lũ vùng thượng du của lưu vực sông Vu Gia và trạm thủy văn Nông Sơn

cho vùng thượng du của lưu vực sông Thu Bồn. Kết quả xác định quan hệ VDF cho hai lưu vực như hình 2.8.



Hình 2.8: Quan hệ tổng lượng-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Thành Mỹ và trạm Nông Sơn

Kết quả phân tích cho thấy, mức độ gia tăng lượng lũ lớn nhất trong cả hai lưu vực đều nằm trong thời đoạn 12 giờ. Nếu xét trên một đơn vị diện tích tại các thời đoạn và tần suất khác nhau trên cả hai lưu vực cho thấy khả năng sinh lũ trên thượng nguồn sông Thu Bồn lớn hơn so với thượng nguồn sông Vu Gia. Ví dụ tại thời đoạn 5 ngày, tổng lượng lũ trên 1 km<sup>2</sup> của lưu vực sông Thu Bồn bằng 1 triệu m<sup>3</sup> trong khi đó giá trị này trên lưu vực sông Vu Gia chỉ bằng 0.65 triệu m<sup>3</sup>. Bên cạnh đó, các đường VDF tương ứng với các tần suất trên lưu vực sông Thu Bồn có độ dốc lớn hơn so với lưu vực sông Vu Gia, điều này cho thấy thời gian duy trì lũ của lưu vực sông Thu Bồn lớn hơn so với lưu vực sông Vu Gia.

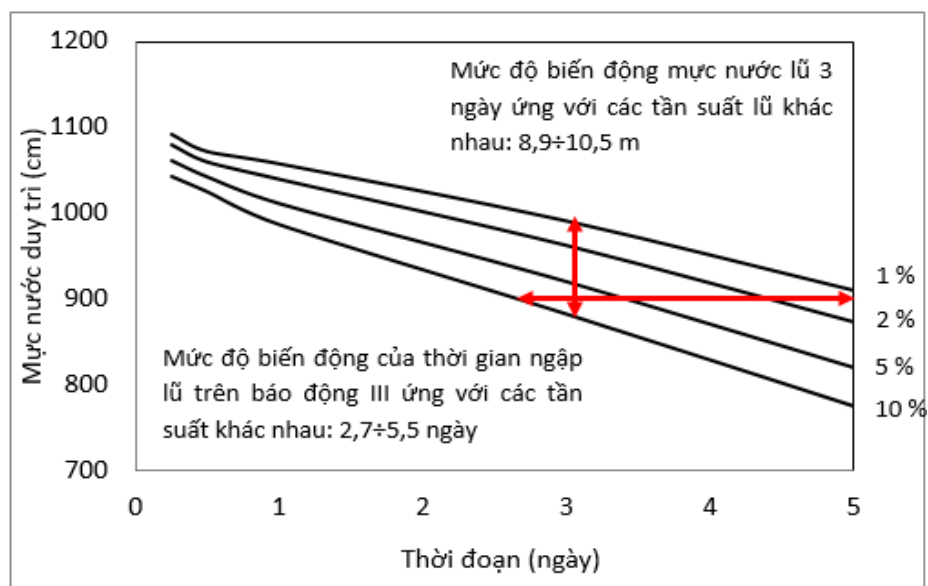
#### 2.1.4.2 Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ

Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ là quan hệ thể hiện độ lớn và mức độ duy trì mực nước tương ứng với các thời đoạn và tần suất lũ. Đây là giá trị trực tiếp thể hiện khả năng thoát lũ vùng hạ du của lưu vực và thể hiện tác động của lũ thượng nguồn đối với hiện tượng ngập úng vùng hạ du. Giá trị mực nước càng lớn, duy trì trong khoảng thời gian càng dài thì ảnh hưởng của nó càng lớn.

Sử dụng phương pháp tương tự như xác định quan hệ VDF, quan hệ HDF cũng được xác định dựa trên quan hệ tần suất và thời đoạn. Tuy nhiên, giá trị mực nước trong mỗi thời đoạn lúc này không phải là giá trị tích lũy như tổng lượng lũ

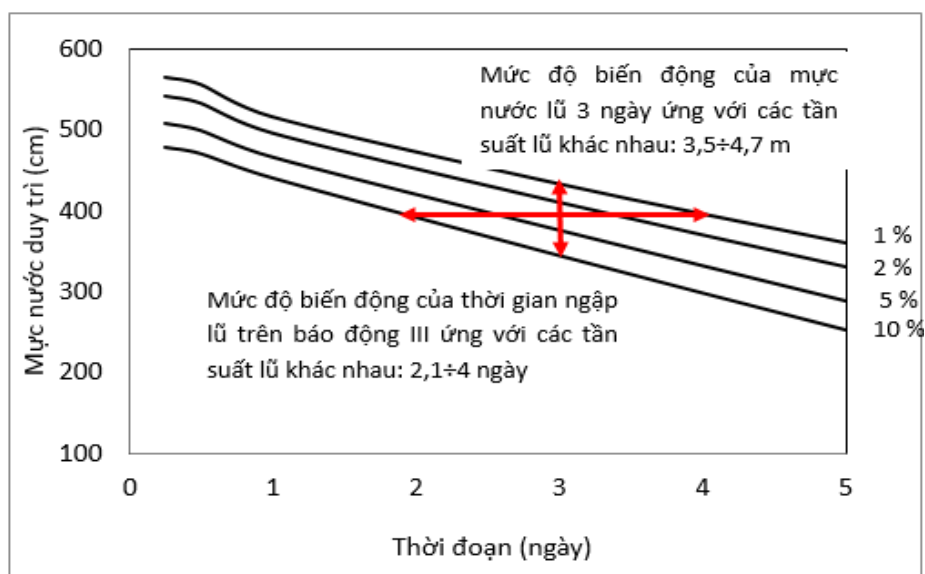
mà nó có ý nghĩa như là một giá trị mực nước duy trì trong một khoảng thời đoạn nào đó (Persiting in duration).

Trong vùng hạ du của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn lựa chọn hai trạm thủy văn là trạm Ái Nghĩa đại diện cho đặc trưng lũ lưu vực sông Vu Gia và trạm Câu Lâu cho lưu vực sông Thu Bồn. Xác định mực nước duy trì lớn nhất tương ứng với từng thời đoạn 6 giờ, 12 giờ, 1 ngày, 3 ngày, 5 ngày của từng trận lũ trong từng năm. Xác định giá trị tương ứng với tần suất 1%, 2%, 5% và 10%. Kết quả xác định được tổng hợp và biểu thị trong hình 2.9 và hình 2.10.



Hình 2.9: Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Ái Nghĩa

Kết quả phân tích cho thấy mực nước duy trì lớn nhất trong thời đoạn 6 giờ và thời đoạn 12 giờ tại hai trạm thủy văn Ái Nghĩa và Câu Lâu không có sự thay đổi lớn, tức là mực nước lũ duy trì ở mức cao tại hạ du của lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn. Kết quả phân tích trên cũng cho thấy, mực nước lũ duy trì trên báo động III của trạm thủy văn Ái Nghĩa dao động từ 60 giờ tương ứng với tần suất 10% đến trên 120 giờ đối với tần suất 1% lớn hơn so với mực nước lũ duy trì cùng tần suất tại trạm Câu Lâu dao động từ 48 giờ đến 96 giờ. Điều đó cho thấy, mức độ và thời gian ngập lũ các vùng phía trên lớn hơn so với các khu vực phía dưới.



Hình 2.10: Quan hệ mực nước-thời đoạn-tần suất lũ tại trạm thủy văn Câu Lâu

## 2.2 Các phương pháp tính mưa và lũ cực hạn

### 2.2.1 Các phương pháp tính toán mưa PMP

Các yếu tố vật lý khí tượng gây mưa chịu sự chi phối của nhiều yếu tố và luôn biến động theo không gian cũng như thời gian của trận mưa. Vì vậy giá trị mưa cực hạn được xác định thường là giá trị gần đúng, phù hợp với chuỗi số liệu khí tượng quan trắc. Hiện nay có sáu phương pháp chính được áp dụng cho tính toán lượng mưa cực hạn đó là: i) Phương pháp suy luận (Inferential method); ii) Phương pháp cực đại hóa (Local method); iii) Phương pháp tổng quát hóa (Generalized method); iv) Phương pháp chuyển vị (Transposition method); v) Phương pháp kết hợp (Combination method); vi) phương pháp thống kê (Statistical method).

#### 2.2.1.1 Phương pháp suy luận

Nội dung phương pháp nhằm xây dựng một phương trình quan hệ giữa lượng mưa sinh ra trong vùng nghiên cứu với các yếu tố vật lý hình thành trong bão. Để xác định được tương quan này một mô hình cấu trúc ba chiều mô phỏng sự hình thành và diễn biến của hệ thống thời tiết được xây dựng dựa trên các cơ sở và định luật vật lý khí quyển cơ bản, tùy theo từng điều kiện sinh mưa do địa hình hay đối lưu mà các mô hình mưa đối lưu hay mưa địa hình được sử dụng.

- Mô hình mưa đối lưu: là một dạng mô hình biểu thị sự chuyển động thẳng đứng, ngưng tụ hơi nước của một cột không khí thẳng đứng đại diện cho khối không khí gây mưa (Chow, 1988)[9]. Cường độ mưa cực hạn trong cột không khí được xác định thông qua các yếu tố vật lý khí quyển theo phương trình sau:

$$i = \frac{4\rho_{a1}V_1\Delta Z_1}{\rho_w D} \left( \frac{q_{v1}-q_{v2}}{1-q_{v2}} \right) \quad (2-3)$$

Trong đó:

$i$  là cường độ mưa (cm/h);

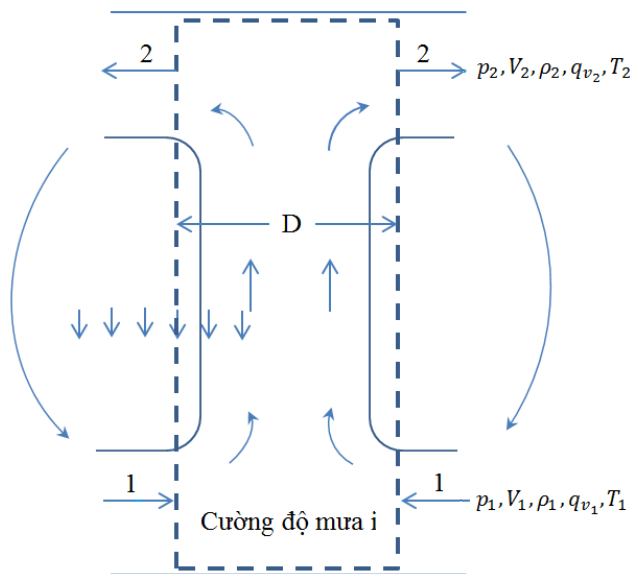
$P_a$ : Mật độ không khí ( $\text{kg/m}^3$ );

$P_w$ : Mật độ của nước ( $\text{kg/m}^3$ );

$D$ : đường kính của cột không khí;

$V_1$ : Tốc độ gió (m/s);

$q_v$ : Độ ẩm riêng ( $\text{kg/kg}$ ).



Hình 2.11: Quá trình hình thành mưa đối lưu (Chow,1988)[9]

- Mô hình mưa địa hình: Lý thuyết mưa địa hình được xuất phát từ định luật Bôi-lơ-Ma-ri-ốt, khi một khối không khí ẩm bão hòa đi qua một vùng địa hình chênh lệch sẽ sinh ra hiện tượng giảm nhiệt đột ngột (sự đoạn nhiệt) từ đó sẽ gây ra một lượng mưa với cường độ phụ thuộc vào trạng thái của khối không khí ẩm và khoảng cách ngang có sự biến đổi địa hình mà khối không khí đi qua.

$$i = V_1 \frac{(q_1 - q_2 \frac{\Delta P_1}{\Delta P_2})}{L} \quad (2-4)$$

Trong đó:

$i$ : là cường độ mưa (mm/s);

$V_1$ : Tốc độ gió bình quân của dòng không khí vào (m/s);

$q_1, q_2$ : là lượng nước có thể mưa của dòng không khí vào và ra (mm);

$L$ : là khoảng cách ngang (m);

$\Delta P_1, \Delta P_2$ : chênh lệch áp suất của dòng không khí vào và ra (kPa) (WMO, 1973)[36]

Phương pháp này cho phép xác định được bản chất của các nguyên nhân hình thành và diễn biến của mưa. Nó có thể ứng dụng cho các lưu vực có diện tích từ vài trăm đến vài nghìn  $\text{km}^2$ . Tuy nhiên, việc áp dụng phương pháp này đòi hỏi cần có mật độ dữ liệu quan trắc dày về sự phân tầng của các yếu tố khí tượng của vùng nghiên cứu. Những đòi hỏi về mặt số liệu như vậy rất khó thực hiện tại nhiều lưu vực.

### 2.2.1.2 Phương pháp cực đại hóa

Phương pháp cực đại hóa là một phương pháp tính PMP tại 1 điểm được sử dụng để tính toán PMP cho nhiều vùng lãnh thổ ngay từ năm 1960 với những kết quả có tính ứng dụng cao. Từ các nghiên cứu của Miller và Cục Khí tượng quốc gia Mỹ (Miller, 1963)[18]; Zhan Daojing và Zhou Jinshang (1983)[40] và các nghiên cứu trước đó Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO, 1986)[37] đã tổng hợp thành phương pháp cực đại hóa hoàn chỉnh. Nội dung của phương pháp được xác định dựa trên ba quan điểm chính như sau: (i) độ ẩm của không khí tầng thấp có ảnh hưởng quan trọng đến việc hình thành mưa, nhiệt độ điểm sương 12 giờ lớn nhất của khối không khí đo đạc tại mặt đất có quan hệ với tổng lượng nước có thể gây mưa của khối không khí; (ii) tốc độ và hướng gió của nguồn không khí mang ẩm có tính chất quyết định đến lượng mưa của cơn bão; và (iii) là bất kỳ một trận mưa lớn thực đo nào, nếu các yếu tố mang nguồn ẩm của khối không khí nhỏ hơn giới hạn của nó thì có thể sử dụng một hệ số hiệu chỉnh để tìm ra lượng mưa cực hạn trong

lưu vực đó. Điều đó có nghĩa việc xác định giá trị PMP chính là việc xác định một hệ số  $K_{hc}$  để hiệu chỉnh lượng mưa của một trận mưa lớn điển hình về giá trị PMP theo công thức dưới đây (WMO, 2009)[38]:

$$P_{PMP} = K_{hc} * P = K_1 * K_2 * P \quad (2-5)$$

Trong đó:

$P_{PMP}$ ,  $P$ : là lượng mưa cực hạn và lượng mưa của trận mưa lớn điển hình;

$K_{hc}$ : là hệ số tổng hợp bao gồm hệ số lượng ẩm cực đại ( $K_1$ ) và hệ số cực đại hóa tốc độ gió theo hướng mang ẩm ( $K_2$ ).

Hệ số lượng ẩm cực đại được xác định thông qua tỷ số giữa lượng nước có thể gây mưa lớn nhất trong chuỗi số liệu quan trắc ( $W_{PM}$ ) và lượng nước có thể gây mưa trong trận mưa lớn điển hình lựa chọn tính toán ( $W_{PS}$ ) theo công thức:

$$K_1 = \frac{W_{PM}}{W_{PS}} \quad (2-6)$$

Hai đại lượng này được xác định từ bảng quan hệ giữa nhiệt độ điểm sương và độ ẩm của cột không khí đã được đo đạc và thống kê sẵn trong tài liệu hướng dẫn tính PMP của tổ chức khí tượng thế giới (WMO, 1986)[37]

- Hệ số cực đại hóa tốc độ gió theo hướng mang ẩm được xác định thông qua tỷ số giữa vận tốc gió trung bình lớn nhất thời khoảng theo hướng mang dòng ẩm tới vị trí tính toán trong chuỗi quan trắc ( $V_{PM}$ ) và vận tốc gió trung bình lớn nhất thời khoảng trong trận mưa lớn điển hình lựa chọn tính toán ( $V_{PS}$ ).

$$K_2 = \frac{V_{PM}}{V_{PS}} \quad (2-7)$$

Phương pháp này có một nhược điểm chưa thể khắc phục khi tính toán PMP tại các vùng khí hậu nhiệt đới là mối quan hệ giữa nhiệt độ điểm sương mặt đất và độ ẩm của khối không khí gây mưa. Trong khi các dữ liệu trong bảng tra sẵn (WMO, 2009)[38] được xác định từ việc quan trắc mối quan hệ giữa nhiệt độ điểm sương và độ ẩm khối không khí tại các vùng khí hậu ôn đới. Nơi sự xáo trộn thẳng đứng của khí quyển là không đáng kể và độ ẩm không khí có sự phân hóa rõ rệt giữa các mùa. Trong khi đó, sự xáo trộn thẳng đứng của khối không khí nhiệt đới là



rất mạnh mẽ và độ ẩm của khối không khí thường biến đổi không mang tính quy luật.

### *2.2.1.3 Phương pháp tổng quát hóa*

Khái niệm tổng quát hóa được hình thành từ những năm 1960 tại Mỹ, sau đó được phát triển mạnh mẽ ở Úc những năm đầu thập kỷ 70 của thế kỷ trước và được ứng dụng tại nhiều nước trên thế giới (Schreiner, 1978; WMO, 1986; United States Weather Bureau, 1961, 1965, 1969; United States National Weather Service 1977, 1984, 1988; Wang, 1986). Phương pháp xác định khả năng sinh mưa lớn nhất của lưu vực thông qua việc xác định mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng và các yếu tố địa hình với lượng mưa cực hạn của lưu vực bằng cách tiến hành thu thập một khối lượng lớn số liệu và tính toán phức tạp. Tuy nhiên, phương pháp này sẽ cho kết quả tính toán khách quan, có thể áp dụng trên một khu vực rộng lớn, phù hợp với nhiều vùng khí hậu và điều kiện địa hình khác nhau (David, 2003; WMO, 2009)[12],[38].

Do việc xây dựng phương pháp khá phức tạp, nhiều công đoạn và đặc biệt sử dụng khối lượng dữ liệu lớn, luôn có sự tương tác với nhau, nên việc xác định mối quan hệ này rất khó thực hiện khi sử dụng trong một thời gian dài và phạm vi rộng. Do đó, tổ chức khí tượng thế giới khuyến cáo chỉ nên áp dụng phương pháp tổng quát hóa trong vùng diện tích nhỏ hơn 13.000 km<sup>2</sup> đối với vùng đồng bằng và 52.000 km<sup>2</sup> đối với vùng có sự ảnh hưởng của địa hình và thời gian tính toán thường nhỏ hơn 72h (WMO, 2009)[38].

Nội dung phương pháp nhằm xây dựng một bản đồ quan hệ giữa sự thay đổi lượng mưa cực hạn với các giá trị thời đoạn và diện tích, trong lưu vực nghiên cứu. Sự thay đổi lượng mưa từ vùng đồng bằng ven biển không chịu ảnh hưởng của địa hình (vùng cơ sở) tới các vùng núi có thể được hiệu chỉnh thông qua các thông số độ dốc, độ cao của khu vực lựa chọn tính toán. Việc ước tính lượng mưa cực hạn tại các vùng cơ sở có thể sử dụng các phương pháp chuyển vị hoặc phương pháp cực đại hóa nêu trên để ước tính. Một biểu đồ quan hệ lượng mưa – thời đoạn – diện

tích của các vùng cơ sở cũng là một trong những công việc quan trọng trong việc xác định giá trị lượng mưa cực hạn (WMO, 2009)[38].

Theo nội dung phương pháp nêu trên Wang.G (Wang G. 2004)[33] đã đề xuất các bước cơ bản sử dụng trong phương pháp tổng quát hóa như sau:

- Xác định trận mưa hiệu quả: là trận mưa lớn với giả thiết là sự hiệu quả của lượng mưa này đạt tới cực đại.
- Cực đại hóa lượng ẩm là quá trình hiệu chỉnh lượng ẩm của trận mưa hiệu quả tới mức cao nhất.
- Chuyển vị phân bố trận mưa về vùng tính toán
- Xây dựng đường bao các giá trị lấy từ đường cong lượng mưa– diện tích – thời đoạn dựa theo trận mưa đơn vị.
- PMP chính là lượng mưa lớn nhất có thể lấy từ đường bao các giá trị của đường cong lượng mưa – diện tích – thời đoạn ở trong lưu vực tính toán.

#### 2.2.1.4 Phương pháp chuyển vị

Phương pháp chuyển vị được giới thiệu từ cuối thập niên 1960 nhằm khắc phục hạn chế của các phương pháp tính khác như phương pháp cực đại hóa, phương pháp suy luận khi áp dụng cho các vùng không có hoặc thiếu các số liệu quan sát thể hiện sự phân bố khí tượng về mặt thời gian và không gian. Phương pháp sử dụng cách thức chuyển vị một hay nhiều trận mưa bão đặc biệt lớn trong các trận bão của vùng có các điều kiện hình thành các hình thể mưa, bão tương đồng vào khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở nghiên cứu các yếu tố vị trí, địa hình, khí hậu của khu vực các cơn bão khi được chuyển vị vào vùng nghiên cứu sẽ được hiệu chỉnh cho phù hợp thông qua các yếu tố vĩ độ khu vực, độ dốc địa hình, độ ẩm sau đó mới làm căn cứ định lượng giá trị PMP của lưu vực.

Cục khí tượng Thủy văn Mỹ (US., 1970)[32] đã sử dụng phương pháp này chuyển vị các cơn bão của vùng Đông-Nam nước Mỹ vào lưu vực sông Mekong do những điều kiện hình thành bão trên vùng biển Đông của Đông Nam Á có các yếu tố hình thành giống với các cơn bão trên vùng biển Đại Tây Dương. Trước tiên các giá trị, sự phân bố mưa theo không gian và thời gian, độ ẩm của các trận bão trên

Đại Tây Dương được chuyển vị vào dọc bờ biển của Việt Nam là vùng không chịu ảnh hưởng của yếu tố địa hình. Các giá trị PMP được ước tính tại đây sẽ làm các giá trị nền để ước tính PMP cho các vị trí khác. Sau đó từ các phân tích sự phân bố mưa, ẩm và ảnh hưởng của các yếu tố địa hình, độ dốc, hướng gió thịnh hành trong mùa mưa, vĩ độ của điểm tính toán, các tác giả xác định giá trị hiệu chỉnh tổng hợp cho từng vị trí. Từ đó kết hợp với lượng mưa PMP tại vùng bờ biển không chịu ảnh hưởng của địa hình để xác định lượng mưa PMP cho từng vị trí nằm sâu trong nội địa. Phương pháp cho phép xác định lượng mưa PMP trên một vùng diện tích rộng lớn từ 5.000 km<sup>2</sup> đến 25.000 km<sup>2</sup> thuộc hạ lưu sông Mekong với các thời đoạn từ 24 giờ đến 72 giờ. Giá trị tính toán PMP 1 ngày và 3 ngày tại các vị trí chỉ ra rằng lượng mưa PMP thường lớn hơn từ 5 đến 2 lần so với lượng mưa 1 ngày và 3 ngày nhất có tần suất xuất hiện 100 năm.

Ý nghĩa của phương pháp chuyển vị không chỉ giới hạn trong chuyển vị các trận bão từ vị trí này tới vị trí khác mà nó còn cho phép chuyển vị cả các giá trị lượng ẩm cực đại trên một vùng nghiên cứu rộng lớn kết hợp với những hiệu chỉnh hợp lý để ước tính lượng mưa PMP tại những nơi thiếu số liệu quan trắc khí tượng. Năm 1978, cơ quan dự báo thời tiết quốc gia Mỹ đã kết hợp phương pháp này với phương pháp cực đại hóa để ước tính lượng mưa PMP cho vùng diện tích rộng tới 51.800 km<sup>2</sup> của vùng Đông của nước Mỹ với các thời đoạn tính toán từ 6 giờ đến 72 giờ (Schreiner, 1978)[28]. Tuy nhiên trên thực tế cũng có những trận mưa lũ rất lớn mà nguyên nhân không phải là bão như trận lũ năm 1999 trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn. Điều này dẫn tới việc ứng dụng phương pháp chuyển vị để tính toán cho những trường hợp này chưa phù hợp do tính chất hình thành mưa là khác nhau.

#### *2.2.1.5 Phương pháp kết hợp*

Phương pháp kết hợp sử dụng dữ liệu quan trắc của các cơn bão trong khu vực nghiên cứu để làm cơ sở tính toán. Với giả thiết rằng, sự hình thành một tổ hợp bất lợi nhất của các hình thể thời tiết bão liên tiếp có thể xảy ra trong một thời gian và địa điểm xác định (WMO, 2009)[38]. Phương pháp kết hợp cho phép ước tính các giá trị lượng mưa cực hạn trong thời gian dài và trên một vùng rộng lớn. Nội

dụng của phương pháp này chủ yếu thể hiện ở ba bước như sau (i) tổng hợp dữ liệu các cơn bão lớn đã xảy ra trong khu vực nghiên cứu; (ii) đề xuất một sự kết hợp giả định của hai hay nhiều cơn bão lớn nhất cùng xảy ra liên tiếp nhau trên cùng một khu vực nghiên cứu trong một khoảng thời gian cụ thể; (iii) phân tích diễn biến của trận bão mới sau khi kết hợp và tìm cách cực đại hóa các yếu tố chính quyết định đến lượng mưa cực hạn.

Việc chọn lựa các cơn bão đưa vào tính toán có thể dựa vào quá trình quan sát lũ thực tế như thời gian xảy ra lũ, độ cao đỉnh lũ thiết kế, các hình thể khí tượng thủy văn bất lợi... Ngoài ra nó cũng phụ thuộc nhiều vào độ dài của chuỗi số liệu quan trắc khí tượng thủy văn trong các trận bão. Tuy nhiên, để lựa chọn được một sự kết hợp đúng đắn và phù hợp cho lưu vực nghiên cứu thì yêu cầu người nghiên cứu phải có kiến thức chuyên sâu về lĩnh vực khí tượng và tìm hiểu kỹ về diễn biến thời tiết trong khu vực nghiên cứu (WMO, 2009)[38].

#### 2.2.1.6 Phương pháp thống kê

Phương pháp thống kê được Hershfield đề xuất năm 1961 (Hershfield, 1961, 1965)[14],[15]. Nội dung của phương pháp được dựa trên quan điểm phân tích tần suất mưa của V.T.Chow. Hershfield cho rằng, giá trị lượng mưa PMP cũng mang tính chất thống kê và nó có quan hệ với hệ số tần suất. Theo đó, thông qua hệ số phản ánh tần suất của PMP là  $K_{PMP}$  thì lượng mưa PMP được tính toán dựa trên phương trình của V.T.Chow (Chow, 1951)[8]:

$$X_{PMP} = \bar{X}_n + K_{PMP} S_n \quad (2-8)$$

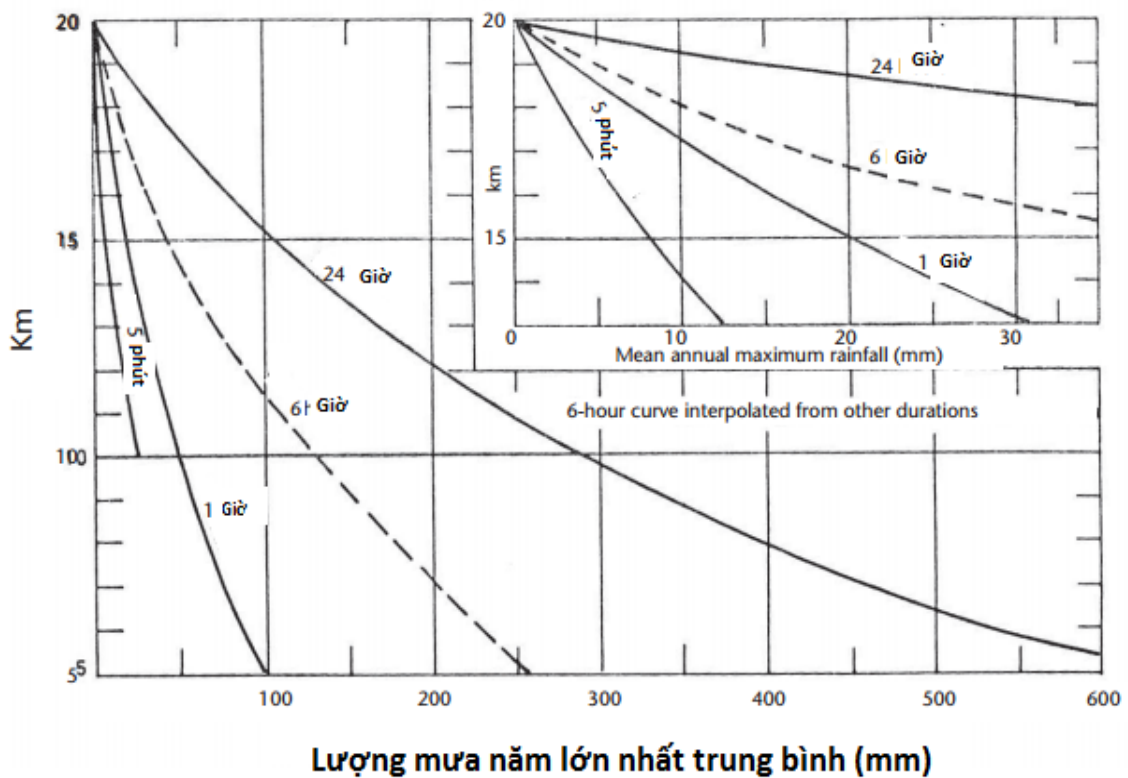
Trong đó:

$X_{PMP}$ : là giá trị lượng mưa cực hạn;

$\bar{X}_n$ ,  $S_n$  lần lượt là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của chuỗi số các giá trị mưa lớn nhất thời đoạn hàng năm.

Dựa trên số liệu quan trắc mưa tại 2.645 trạm đo mưa với 90% số lượng trạm nằm trên các lưu vực của Mỹ kết hợp với phương pháp tổng quát hóa lượng mưa PMP 24 giờ của khu vực từ đó tính toán thống kê xác định hệ số  $K_{PMP}$  cho từng trạm quan trắc mưa. Kết quả tính toán của Hershfield chỉ ra rằng giá trị  $K_{PMP}$  biến

động trong từ 6-15 cho vùng nghiên cứu, mặt khác kết quả thống kê giữa lượng mưa trung bình nhiều năm lớn nhất của trạm có mối quan hệ với hệ số  $K_{PMP}$  theo đường cong triết giảm tức lượng mưa trung bình càng lớn thì giá trị  $K_{PMP}$  càng nhỏ và ngược lại.



(Nguồn: WMO, 2009)[38]

Hình 2.12: Quan hệ giữa giá trị hệ số  $K_{PMP}$  với giá trị trung bình năm của lượng mưa ngày lớn nhất tại trạm

Dựa vào kết quả đó, mỗi khi muốn tính PMP cho một vùng nào thì chỉ cần áp dụng công thức (2-8) với hệ số  $K_{PMP}$  được tra từ biểu đồ quan hệ của Hershfield tương ứng với giá trị lượng mưa trung bình tại vùng nghiên cứu kết hợp với việc hiệu chỉnh giá trị trung bình và độ lệch chuẩn cho phù hợp với giá trị  $K_{PMP}$ . Phương pháp này giúp cho quá trình tính toán PMP trở nên đơn giản, nhanh chóng một giá trị PMP của lưu vực quan tâm.

Cũng dựa trên quan điểm cho rằng lượng mưa PMP có mang tính thống kê M.N. Desa M. (2006)[20] tại Malaysia và B. Ghahraman (2008)[6] của Iran cũng đã xác định giá trị của  $K_{PMP}$  và lượng mưa PMP cho hai vùng của Malaysia và Iran.

Tuy nhiên, những kỹ thuật tính toán mà các tác giả này sử dụng lại không giống với cách cực đại hóa các hệ số tần suất  $K_m$  như Hershfield đã thực hiện mà đơn giản chỉ là tìm một giới hạn trên cùng của  $K_m$  trong chuỗi số liệu quan trắc tại các trạm trong vùng nghiên cứu theo phương trình (2-9).

$$K_m = \frac{X_{\max} - \bar{X}_n}{\sigma_n} \quad (2-9)$$

Trong đó:

$K_m$ : là hệ số tần suất;

$X_{\max}$ ,  $\bar{X}_n$  và  $\sigma_n$ : lần lượt là lượng mưa lớn nhất thời đoạn, lượng mưa trung bình lớn nhất và độ lệch chuẩn của chuỗi số liệu tính toán.

Lần lượt tính toán giá trị  $K_m$  cho tất cả các trạm trong vùng nghiên cứu, sau đó xác định giá trị  $K_m$  lớn nhất là giá trị  $K_{pmp}$  để tính toán lượng mưa PMP cho tất cả các trạm theo phương trình (2-8).

## **2.2.2 Phương pháp tính toán lũ PMF**

### **2.2.2.1 Phương pháp lũ lịch sử**

Phương pháp lũ hiếm thấy: Đây là phương pháp chủ yếu dựa trên số liệu đã xảy ra trong lịch sử trên lưu vực hoặc trên một vùng rộng lớn cỡ châu lục hoặc toàn thế giới với thời gian quan sát từ hàng trăm đến hàng ngàn năm. Theo đó, phương pháp này sẽ cố gắng xây dựng một đường bao lưu lượng lũ lớn nhất trong các giá trị đã quan sát, thu thập được trước đó. Từ đường bao đó xác định ra các giá trị lũ PMF tương ứng với từng phạm vi của diện tích lưu vực nghiên cứu. Một ví dụ thành công hiếm hoi của phương pháp này được áp dụng là cho lưu vực sông Dương Tử của Trung Quốc cho dự án hồ chứa Tam Hiệp (WMO, 2009)[38]. Căn cứ trên các số liệu và vết tích lũ còn sót lại trong lịch sử, người ta đã tìm ra trận lũ xảy ra vào tháng 7 năm 1870 là trận lũ lớn nhất trong vòng 840 năm làm trận lũ PMF. Lưu lượng đỉnh lũ tại tuyến đập lên tới 110.000 m<sup>3</sup>/s, với 754 km dọc sông có thể tìm thấy vết tích của trận lũ với diện ngập lũ phủ trùm tới 800 tỉnh của Trung Quốc thời bấy giờ.

#### 2.2.2.2 Phương pháp tính PMF từ mưa PMP

Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến trong tính toán chuyển đổi lượng mưa PMP sang lượng lũ PMF. Nội dung của phương pháp này là sử dụng các mô hình toán mô phỏng quá trình mưa rào–dòng chảy để xác định lũ PMF từ mưa PMP. Theo lý thuyết, các mô hình diễn toán lượng mưa PMP thành lũ PMF phải đảm bảo giải quyết được hai vấn đề:

- Mô hình mô phỏng đòi hỏi phải mô phỏng được tính sự kiện của hiện tượng lũ PMF và có bản chất/thông số cho phép cực đại được lượng ẩm ban đầu của lưu vực do lũ PMF là hiện tượng lũ cực đoan nhất xảy ra trên bề mặt lưu vực bão hòa và trong thời đoạn ngắn.
- Lũ PMF là một hiện tượng cực đoan, các mô hình diễn toán dòng chảy trên lưu vực mới dừng lại ở việc hiệu chỉnh, kiểm định những trận lũ có lưu lượng nhỏ hơn nhiều lưu lượng lũ PMF nên lũ PMF không có điều kiện để kiểm chứng. Do đó, để kết quả mô phỏng được đúng đắn thì mô hình mô phỏng phải đảm bảo không bị “biến dạng” khi mô phỏng các hiện tượng cực đoan. Tức mô hình phải đảm bảo mô phỏng được các hiện tượng vật lý hình thành dòng chảy của lưu vực.

Mặc dù lý thuyết là vậy, trong tính toán lũ PMF bằng các mô hình mưa rào – dòng chảy cũng còn nhiều tranh cãi, liên quan tới việc xác định độ ẩm của lưu vực và sử dụng mô hình mưa rào–dòng chảy dạng nào trong diễn toán lũ PMF từ mưa PMP. Hai loại mô hình chính được ứng dụng trong tính toán lượng lũ PMF là: sử dụng mô hình dạng lũ đơn vị hoặc sử dụng các mô hình nhận thức tất định.

- Sử dụng mô hình dạng lũ đơn vị: Mô hình dạng này trong mô phỏng lũ PMF được dựa trên các quan điểm chính như sau: Thứ nhất, mục đích của việc tính toán lũ PMF chỉ dừng lại ở việc xác định lưu lượng đỉnh lũ phục vụ thiết kế công trình, các quá trình hình thành lượng lũ PMF là không cần xét đến, do đó không cần thiết phải sử dụng các mô hình diễn toán phức tạp như các mô hình dạng giải thích/vật lý. Thứ hai, đường quá trình lưu lượng lũ PMF sẽ được xác định tỷ lệ thuận với đường lưu lượng

lũ đơn vị bất lợi nhất đã quan sát được trên lưu vực với các điều kiện tổn thất dòng chảy xác định thông qua các số liệu quan trắc. Khi ứng dụng mô hình lũ đơn vị cho các lưu vực có diện tích lớn cần mô phỏng chúng thành nhiều tiểu lưu vực thành phần có lưu lượng tổng hợp được xác định của các diễn toán thủy lực.

- Sử dụng các mô hình dạng giải thích/vật lý: Sự phát triển mạnh mẽ của các công cụ tính toán giúp các mô hình dạng giải thích ngày càng hoàn thiện cho phép mô tả nhiều quá trình hình thành dòng chảy phức. Bản chất của các mô hình dạng giải thích là sử dụng các định luật vật lý của các hiện tượng tổn thất thấm, điền trũng, dòng chảy sườn dốc...để mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy trên lưu vực sông. Mô hình đảm bảo mô phỏng được các mối quan hệ, tác động và đảm bảo “hình dạng” của hiện tượng lũ ngay cả với hiện tượng cực đoan. Do đó, đây là một công cụ tốt nhất trong mô phỏng lũ PMF từ mưa PMP.

Những phân tích trên cho thấy mỗi mô hình đều có ưu, nhược điểm riêng, do đó khi lựa chọn mô hình mô phỏng lũ PMF cho từng lưu vực nghiên cứu cần căn cứ nguồn dữ liệu sẵn có, bản chất, yêu cầu của mô phỏng để lựa chọn loại mô hình phù hợp với mục đích sử dụng.

## **2.3 Lựa chọn phương pháp tính PMP, PMF cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn**

### ***2.3.1 Phương pháp tính PMP***

Như đã phân tích ở trên, các nguồn số liệu về khí tượng, thủy văn trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn hiện nay còn thiếu nhiều yếu tố và độ dài chuỗi số. Đặc biệt các trạm quan trắc mưa hiện nay chủ yếu nằm tại vùng hạ du mà thiếu ở thượng lưu dẫn tới khó khăn trong việc xác định phân bố của lượng mưa. Bên cạnh đó, các trạm hiện có chủ yếu quan trắc yếu tố mưa còn các đặc trưng khí tượng khác (gió, bốc hơi, nhiệt độ điểm sương) thì rất hạn chế. Chính vì vậy, khả năng sử dụng các phương pháp nghiên cứu đòi hỏi mức độ chi tiết về số liệu như phương pháp suy luận, phương pháp kết hợp và phương pháp tổng quát hóa là không khả thi. Trong 6 phương pháp trên, tác giả nhận thấy phương pháp cực đại hóa và phương pháp



thống kê là hai phương pháp có yêu cầu về mức độ chi tiết các loại số liệu là không nhiều và cho phép xác định nhanh giá trị mưa PMP với mức độ chính xác khi có các đối chứng và kiểm tra. Tại Việt Nam, đây cũng là hai phương pháp được ứng dụng nhiều trong xác định lượng mưa PMP tại nhiều lưu vực như nghiên cứu của Lê Đình Thành tại các lưu vực sông Đà, sông Tả Trách, Dakba, Nguyễn Văn Lai, Phạm Việt Tiến tính PMP cho hồ Tả Trách, Ngô Đình Tuấn tính mưa PMP cho lưu vực hồ Hòa Bình và hồ Sơn La. Một số ưu điểm và vấn đề cần lưu ý khi tính lượng mưa PMP bằng hai phương pháp này như sau.

Ưu điểm của phương pháp cực đại hóa cho phép tính nhanh một giá trị PMP của khu vực khi thu thập được đầy đủ các số liệu về nhiệt độ điểm sương, tốc độ gió mang nguồn ẩm. Tuy nhiên nó cũng tồn tại nhiều nhược điểm cần khắc phục trong quá trình sử dụng. Thứ nhất, giá trị lượng mưa PMP tính được theo cách này là giá trị cục bộ tại một vị trí nên việc ứng dụng nó cho một vùng rộng lớn yêu cầu phải có số trạm khí tượng đủ dày hoặc phải kết hợp thêm với một vài phương pháp khác; thứ hai, kết quả PMP ước tính phụ thuộc rất nhiều vào độ dài của chuỗi dữ liệu quan trắc, nếu chuỗi số liệu quan trắc không thu thập được giá trị cực đoan nhất về độ ẩm không khí, vận tốc gió mang nguồn ẩm lớn nhất thì giá trị PMP ước tính cũng chưa sát thực với thực tế.

Phương pháp thống kê có ưu điểm chỉ sử dụng dữ liệu mưa làm căn cứ tính toán nên phù hợp với nhiều khu vực, đặc biệt tại các lưu vực thiếu số liệu. Phương pháp này cho phép xác định nhanh giá trị lượng mưa PMP cho bất kỳ vị trí nào có trạm quan trắc.

Tuy nhiên, đây cũng là phương pháp xác định mưa PMP tại 1 vị trí nên khi xác định mưa PMP trên một vùng diện tích lớn của lưu vực cần kết hợp nhiều phương pháp tính, phương pháp xử lý kết quả tính toán khác nhau mới đảm bảo được sự chính xác. Mặt khác việc xác định lượng mưa PMP trong các nghiên cứu thường sử dụng giá trị tần suất  $K_{PMP}$  được xác định qua biểu đồ của Hershfield được thống kê từ hơn 6.000 trạm quan trắc mưa tại Mỹ. Đây là vùng ôn đới, mức độ biến động của lượng mưa không lớn như các vùng nhiệt đới nên các đặc trưng quan hệ

thống kê giữa giá trị trung bình năm lượng mưa ngày lớn nhất và hệ số tần suất  $K_{PMP}$  khi áp dụng cho các lưu vực sông thuộc vùng nhiệt đới như của Việt Nam là chưa phù hợp và cần được kiểm chứng trước khi sử dụng.

Để giải quyết vấn đề này, luận án đã thu thập số liệu mưa của 328 trạm mưa trải dài trên lãnh thổ Việt Nam với thời gian quan trắc từ 15 năm đến 60 năm để phân tích sự biến động của lượng mưa, tính toán giá trị tần suất  $K_m$  tại mỗi trạm và phân tích sự phân bố của chuỗi giá trị  $K_m$  bằng các hàm phân bố xác suất thống kê như Weibull, Gamma, Log-Normal, GEV để xác định giá trị  $K_{PMP}$  cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn.

### **2.3.2 Phương pháp tính PMF**

Hiện trạng các số liệu cơ bản phục vụ các bài toán mô phỏng chuyên sâu, chi tiết trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn hiện nay còn rất thiếu về lượng và chủng loại. Cụ thể như không đủ trạm quan trắc lưu lượng trên lưu vực, chưa có đầy đủ, chi tiết các bản đồ địa chất, thổ nhưỡng, địa hình...nên việc áp dụng các mô hình thủy văn dạng giải thích là không thể thực hiện được. Bên cạnh đó, mục đích tính toán lũ PMF trong nghiên cứu này chỉ dừng lại ở việc xác định lưu lượng đỉnh lũ tại tuyến công trình mà ít quan tâm đến quá trình dòng chảy lũ nên việc sử dụng các mô hình dạng giải thích sẽ làm cho khối lượng tính toán trở nên phức tạp một cách không cần thiết. Chính vì vậy, luận án sẽ sử dụng mô hình dạng lũ đơn vị cho việc xác định giá trị PMF của lưu vực nghiên cứu.

### **2.3.3 Lựa chọn mô hình toán mô phỏng lũ ứng dụng cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn.**

Hiện nay có rất nhiều mô hình toán thủy văn, thủy lực được sử dụng trên thế giới và ở Việt Nam. Các mô hình toán được nghiên cứu và xây dựng với nhiều dạng từ đơn giản tới phức tạp phù hợp cho nhiều mục tiêu nghiên cứu khác nhau. Các mô hình thủy văn thường dùng có thể kể đến như các mô hình HEC-HMS, TANK, NAM, SSARR, MIKE SHE....; Các mô hình thủy lực 1 chiều, 2 chiều có thể kể đến như VRSAP, KOD, HEC-RAS, MIKE 11, MIKE 21, Deft 2D.... Mỗi mô hình đều có những điểm mạnh và điểm yếu riêng từ cơ sở tính toán đến các thông số của hệ

thống tính toán tùy theo định hướng xây dựng. Do vậy, khi nghiên cứu tùy theo mục tiêu áp dụng và điều kiện của lưu vực nghiên cứu để lựa chọn được mô hình phù hợp.

Như đã mô tả ở trên, lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn có diện tích 9.900 km<sup>2</sup>, với hai con sông chính là hợp lưu của nhiều tiểu lưu vực sông nhỏ, bao gồm phần thượng lưu có độ dốc địa hình lớn, chiều dài sông ngắn, phần đồng bằng ven biển trũng thấp lòng chảo chịu ảnh hưởng của thủy triều với chế độ lũ và ngập lũ phức tạp. Chính vì vậy, mục tiêu nghiên cứu lũ lớn và những tác động của nó sẽ không thể giải quyết được khi chỉ sử dụng một mô hình đơn lẻ cho toàn bộ lưu vực. Do vậy, mục tiêu chính của nghiên cứu khi ứng dụng mô hình toán cho nghiên cứu lũ trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn sẽ tập trung vào các vấn đề sau:

- Đánh giá mức độ, tác động của lũ lớn đặc biệt là lũ PMF tới an toàn hồ chứa và rủi ro ngập lũ tại hạ du.
- Mô phỏng khả năng giảm lũ bằng các giải pháp công trình giúp giảm mức độ ngập lũ và tác động của dòng chảy lũ.

Từ mục tiêu đặt ra và đánh giá những ưu thế của các loại mô hình khác nhau cũng như căn cứ theo điều kiện số liệu hiện có trên lưu vực, Luận án lựa chọn phần mềm thủy văn HEC-HMS để tính toán mưa rào – dòng chảy tại các tiêu lưu vực Sông Bung, Sông Côn, Vu Gia và Thu Bồn và tại tuyến đập của các hồ chứa trên lưu vực.

#### 2.3.3.1 Mô hình HEC-HMS

Mô hình HEC-HMS là một mô hình thủy văn lũ đơn vị được phát triển bởi các kỹ sư thuộc công binh Mỹ. Đây là loại mô hình xác định quá trình lũ của lưu vực dựa vào đường lũ đơn vị đại diện cho lưu vực nghiên cứu, kết quả mô phỏng của mô hình phụ thuộc vào 2 thông số cơ bản là hệ số sử dụng đất CN và hệ số tập trung nước của lưu vực  $T_{lag}$ . Mô hình gồm hai mô đun (i) mô đun mô phỏng quá trình sinh dòng chảy mặt  $Pe_i$  tại các điểm  $i$  trong mặt phẳng X-Y của lưu vực và (ii) mô đun mô phỏng quá trình tập trung dòng chảy mặt tạo nên đường diễn biến lưu lượng  $Q(t)$  tại cửa ra của lưu vực. Đây là mô hình dạng bán tập trung nên các đại

lượng như lượng mưa  $P_i$ , dòng chảy mặt  $Pe_i$  và dòng thấm sâu  $Fa_i$  cũng như những đại lượng sẽ được đề cập tới được coi là không biến động trong không gian nên để đơn giản Luận án sẽ không dùng chỉ số chỉ vị trí  $i$  trong các công thức.

Mô đun (i) của mô hình được thiết lập dựa trên những phương pháp xác định dòng chảy mặt hay lượng mưa sinh lũ (excess rainfall) cho hệ thống đất-cây trồng-khí quyển theo phương trình liên kết theo công thức (11) (Chow, et al., 1951)[8]:

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (2-10)$$

Trong đó:

$Pe$ : là dòng chảy mặt hiệu quả tích lũy;

$P$ : là lượng mưa thực tế tích lũy;

$S$ : là khả năng trữ xả chậm (retention) của HRU. Khả năng trữ xả chậm  $S$  của một HRU được tính bằng công thức thực nghiệm  $S = \frac{1000}{CN} - 10$  trong đó  $CN$  là đại lượng đặc trưng cho lớp phủ và chất đất của HRU.

Mô đun (ii) của mô hình được xây dựng dựa trên mô hình dạng lũ đơn vị (Unit hydrograph) giúp mô phỏng quá trình tập trung nước trong pha đất (sườn dốc) và pha dòng chảy (stream phase) của lưu vực. Theo phương pháp này, lượng mưa sinh lũ  $Pe$  được xác định từ mô đun (i) được phân thành  $n$  trận mưa thành phần  $Pe_j$  với  $\sum_{j=1}^n Pe_j = Pe$  và mỗi trận kéo dài trong khoảng thời gian  $D_t = 0.33 * t_p = 0.198 * t_c$  giờ trong đó  $t_p$  và  $t_c$  lần lượt là thời gian từ đầu trận tới đỉnh lũ ( $t$  peak) và thời gian tập trung nước (concentration time). Lũ tại cửa ra của lưu vực  $Q_j$  được xác định dựa trên giả thiết cho rằng quá trình mưa-dòng chảy tuân theo phép chuyển đổi tuyến tính (linear transformation) (NEH, 1997)[23].

#### 2.3.3.2. Mô hình MIKE 11

MIKE 11 là phần mềm quan trọng trong họ phần mềm MIKE được Viện Thủy lực Đan Mạch DHI nghiên cứu và phát triển từ những thập niên 90. Mô hình cho phép giải quyết các bài toán dòng chảy 1 chiều không ổn định, biến đổi chậm trong lòng dẫn hở và các chế độ thủy lực qua các công trình trên sông như cầu,

công, đập dâng....Bên cạnh đó, nó còn có khả năng kết hợp với các mô hình khuếch tán, truyền tải chất, vận chuyển bùn cát và các mô hình thủy văn, thủy lực 2 chiều khác trong họ MIKE cũng như phần mềm GIS để trở thành một bộ công cụ hoàn chỉnh, giúp giải quyết các vấn đề của bài toán rủi ro thiên tai như lũ lụt, hạn hán, lan truyền chất, ô nhiễm....

Mô hình giải quyết các bài toán động học, khuếch tán và động lực học một chiều dựa trên việc giải phương trình động lực và phương trình liên tục (hệ phương trình Saint Venant) bằng phương pháp sai phân 6 điểm. Điều kiện biên của mô hình được sử dụng tương đối đa dạng như lưu lượng (Q), mực nước (H), quan hệ Q~H, tốc độ gió, vỡ đập và mức độ nhám của lòng dẫn. Biên mực nước có thể được sử dụng cho một trong hai điều kiện biên dưới và bên trên của mô hình. Biên lưu lượng có thể được áp dụng cho các điều kiện biên thượng lưu hay điều kiện biên dọc theo lòng dẫn (lateral flow). Bên cạnh đó, thông qua các liên kết được mô hình hóa, mô hình MIKE 11 cho phép tính toán kết hợp giữa mô hình thủy văn và mô hình thủy lực bằng môđun mưa-dòng chảy (Rainfall-runoff). Các liên kết giữa mô hình thủy văn và thủy lực được thực hiện giống như các nhập lưu của dòng chảy tại một điểm (đối với các nhánh nhập lưu) hoặc phân bố đều trên đoạn sông đối với các lưu vực khu giữa.

#### *2.3.3.3. Mô hình MIKE 21 và MIKE FLOOD*

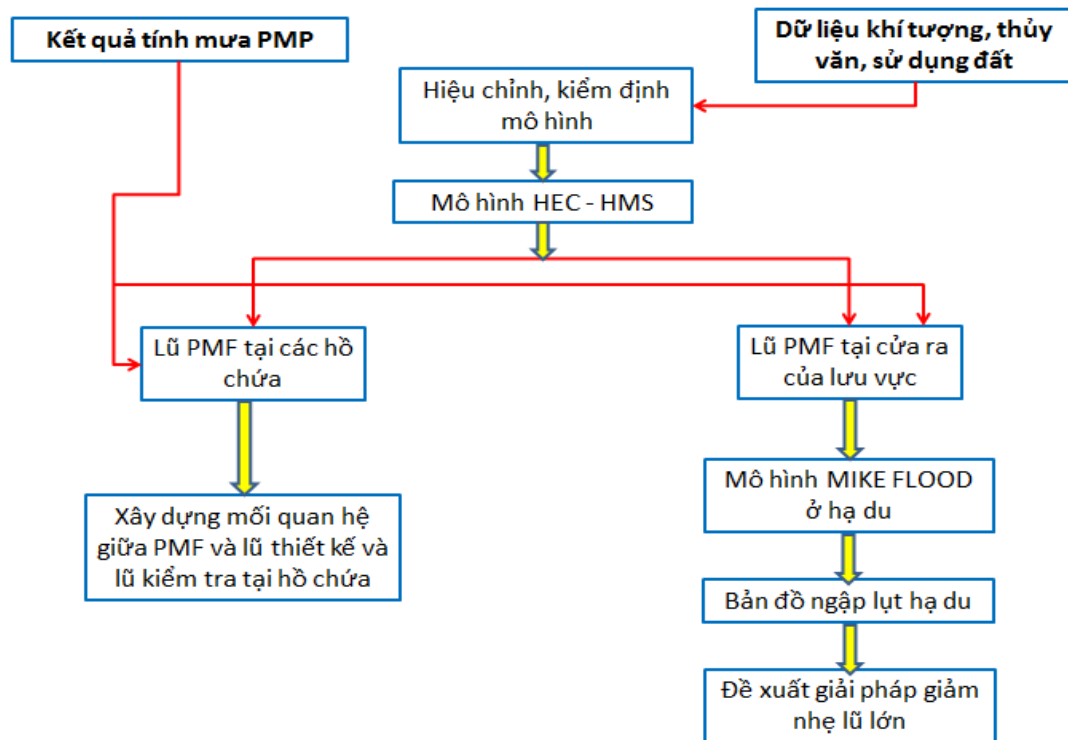
Mô hình MIKE 21: là mô hình mô phỏng chế độ dòng 2 chiều chảy tự do trên bề mặt địa hình. Mô hình cho phép mô phỏng tốt các hiện tượng thủy lực trong sông, thủy triều ngoài biển, tác động của sóng, gió tới bề mặt nước, và nước dâng do bão. Do đó, nó thường được áp dụng để mô phỏng các hiện tượng ngập úng, thủy lực và môi trường ở các hồ chứa, vùng cửa sông, vịnh, vùng ven biển, biển cũng như tại bất kỳ vị trí nào mà sự phân tầng dòng chảy có thể được bỏ qua. Modul thủy lực (HD) là modul cơ bản trong mô hình MIKE 21. Modul này cung cấp các cơ sở thủy động lực cũng như các yếu tố tác động như lực Coriolis, lực phân tán, bốc hơi, nguồn nhập lưu...cho việc mô phỏng các hiện tượng khuếch tán

(MIKE21 Advection-Dispersion) vận chuyển bùn cát (MIKE 21 Mud Transport) hay bài toán môi trường (MIKE 21 ECO lab).

Mô hình MIKE FLOOD: là một modul của họ phần mềm MIKE có nhiệm vụ kết nối các mô hình 1 chiều MIKE URBAN và MIKE 11 vào mô hình hai chiều MIKE 21 để tạo thành một hệ thống có khả năng đồng bộ quá trình mô phỏng theo thời gian. Mô hình MIKE FLOOD kết hợp những tính năng tốt nhất của cả mô hình một chiều và mô hình 2 chiều đồng thời tránh được một số hạn chế như độ phân giải, mạng lưới sông suối nhỏ rẽ nhánh phức tạp, độ chính xác gặp phải khi sử dụng đơn lẻ, riêng biệt các mô hình MIKE 11, MIKE URBAN hoặc MIKE 21 cho phép mô phỏng các hệ thống phức tạp gồm:

- Mô phỏng đồng bằng ngập lũ
- Nghiên cứu hiện tượng nước dâng
- Ngập úng tại các khu đô thị
- Vỡ đập
- Mô phỏng thiết kế công trình
- Mô phỏng dòng chảy cửa sông.

Trình tự tính toán lũ PMF cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn bằng các loại mô hình trên được thể hiện như sơ đồ trong hình 2.13.



Hình 2.13: Sơ đồ tính toán lũ PMF và mô phỏng ngập lụt lưu vực

Vu Gia – Thu Bồn

## 2.4 Kết luận Chương II

Tại Việt Nam, mặc dù đã được nghiên cứu trong thời gian dài với nhiều nghiên cứu và các phương pháp tính toán khác nhau đã được áp dụng để xác định giá trị PMP và PMF song việc khẳng định phương pháp nào là phù hợp và đáp ứng được các yêu cầu cho từng lưu vực cụ thể còn chưa được tập trung nghiên cứu. Qua phân tích, nghiên cứu nhiều tài liệu chuyên khảo trong nước và trên thế giới, Luận án đã phân tích ưu, nhược điểm của từng phương pháp tính PMP, PMF từ đó lựa chọn được phương pháp thống kê và phương pháp cực đại hóa để tính PMP và phương pháp sử dụng mô hình thủy văn (mô hình HEC – HMS) để tính PMF phù hợp đáp ứng được yêu cầu về điều kiện số liệu của lưu vực.

Như phân tích ở trên, điều kiện số liệu hiện nay của lưu vực Vu Gia-Thu Bồn là rất hạn chế cả về lượng và đặc trưng quan trắc, nhất là tại vùng thượng lưu của lưu vực.. Đặc biệt trong điều kiện biến đổi khí hậu mạnh mẽ như hiện nay, việc xuất hiện ngày càng nhiều các trận mưa, bão cực đoan có cường độ mạnh đã và đang uy

hiếp sự an toàn của các công trình chịu tác động trực tiếp của dòng chảy. Do đó, bên cạnh việc tính toán giá trị PMP, PMF cho toàn lưu vực Vu Gia – Thu Bồn luận án sẽ vận dụng phương pháp, kết quả để tính toán giá trị PMF tại vị trí tuyến đập của từng công trình để đánh giá mức độ an toàn của công trình với giá trị PMF từ đó xác định mối quan hệ giữa lũ tần suất tại tuyến đập với lũ PMF tại vị trí đó.



## CHƯƠNG 3: TÍNH MƯA, LŨ CỰC HẠN CHO LƯU VỰC VU GIA- THU BỒN

### 3.1 Tính toán lượng mưa cực hạn (PMP) lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

#### 3.1.1 Tính toán PMP theo phương pháp thống kê

Như đã phân tích ở Chương II, bước quan trọng trong tính toán PMP bằng phương pháp thống kê chính là xác định được giá trị  $K_{PMP}$  hợp lý cho lưu vực nghiên cứu. Ở Việt Nam, các nghiên cứu trước đây hầu hết đều sử dụng các giá trị  $K_{PMP}$  cho sẵn từ biểu đồ của Hershfield. Qua nghiên cứu phân tích, tác giả cho rằng việc sử dụng các hệ số  $K_{PMP}$  này là chưa phù hợp về mặt thống kê do các lưu vực sông của Việt Nam nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới sẽ có các nguyên nhân gây mưa khác xa so với các vùng khí hậu ôn đới tại Mỹ. Cụ thể, một số nghiên cứu trên các lưu vực của Malaysia cũng đã cho ra các kết quả hệ số  $K_{PMP} = 8$  (L.M. Sidek, 2013) là phù hợp với khu vực thay vì bằng 14 như bảng tra của Hershfield. Kết quả nghiên cứu của B. Ghahraman (B. Ghahraman, 2008)[6] cũng chỉ ra giá trị  $K_{PMP} = 9,63$  đối với lưu vực sông Antrak của Iran là phù hợp thay vì bằng 11 như trong bảng tra của Hershfield. Chính vì vậy, nhiệm vụ của nghiên cứu chính là tìm ra được giá trị  $K_{PMP}$  đại diện cho các lưu vực nhiệt đới của Việt Nam.

Để xác định được giá trị  $K_m$  này, luận án đã phân tích giá trị lượng mưa ngày lớn nhất từ chuỗi số liệu mưa của 328 trạm đo mưa phân bố khắp trên lãnh thổ Việt Nam có thời gian quan trắc từ 15 năm trở lên. Sự phân bố các giá trị  $K_m$  được thể hiện như trong bảng 3.1.

Kết quả tính toán cho thấy hầu hết các giá trị  $K_m$  đều nằm trong khoảng từ 2-5, giá trị trung bình là 4. Đặc biệt khi xét riêng chuỗi số liệu quan trắc tại các trạm trên lưu vực Vu Gia Thu Bồn thì giá trị  $K_m$  cực đại chỉ đạt 6,4 tại trạm thủy văn Hội An. Nếu sử dụng giá trị  $K_m$  này là giá trị  $K_{PMP}$  thì đều cho lượng mưa cực hạn một ngày lớn nhất tại tất cả các điểm quan trắc trên lưu vực đều nhỏ hơn 1.000 mm. Giá trị này là rất nhỏ so với khả năng sinh mưa của lưu vực.

Bảng 3.1: Phân bố giá trị tần suất Km

| STT | K <sub>m</sub> | Số trạm |
|-----|----------------|---------|
| 1   | 1-2            | 6       |
| 2   | 2-3            | 89      |
| 3   | 3-4            | 103     |
| 4   | 4-5            | 65      |
| 5   | 5-6            | 27      |
| 6   | 6-7            | 17      |
| 7   | 7-8            | 7       |
| 8   | 8-9            | 7       |
| 9   | 9-10           | 4       |
| 10  | 10-11          | 2       |
| 11  | 11-12          | 1       |
| 12  | >12            | 0       |

Chính vì vậy, để lựa chọn chỉ số Km đại diện thành chỉ số K<sub>PMP</sub> ứng dụng cho Việt Nam, luận án phân tích chuỗi dữ liệu Km được xác định từ 328 trạm đo. Nghiên cứu sinh sử dụng 4 hàm phân bố tần suất thường dùng trong đánh giá các đặc trưng cực trị là hàm phân bố Gamma 2 thông số, hàm Weibull, hàm Log-Normal và hàm GEV để mô phỏng hàm tần suất chuỗi dữ liệu Km thực đo.

\* Hàm Gamma 2 thông số:

$$\text{Hàm mật độ có dạng: } f(x; \alpha; \beta) = \frac{\beta^\alpha x^{\alpha-1} e^{-\beta x}}{\Gamma(\alpha)} \quad (3-1)$$

Trong đó  $\alpha, \beta > 0$  là các thông số của hàm.

\* Hàm Weibull:

$$\text{Hàm mật độ có dạng: } f(x; \lambda; k) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k} \quad (3-2)$$

Với  $\lambda, k$  là 2 thông số của hàm.

\* Hàm Log-normal:

$$\text{Hàm mật độ có dạng: } f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x} \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3-3)$$

Với  $\mu$  và  $\sigma$  là 2 thông số của hàm.

\* Hàm GEV (Generalized Extreme Value)

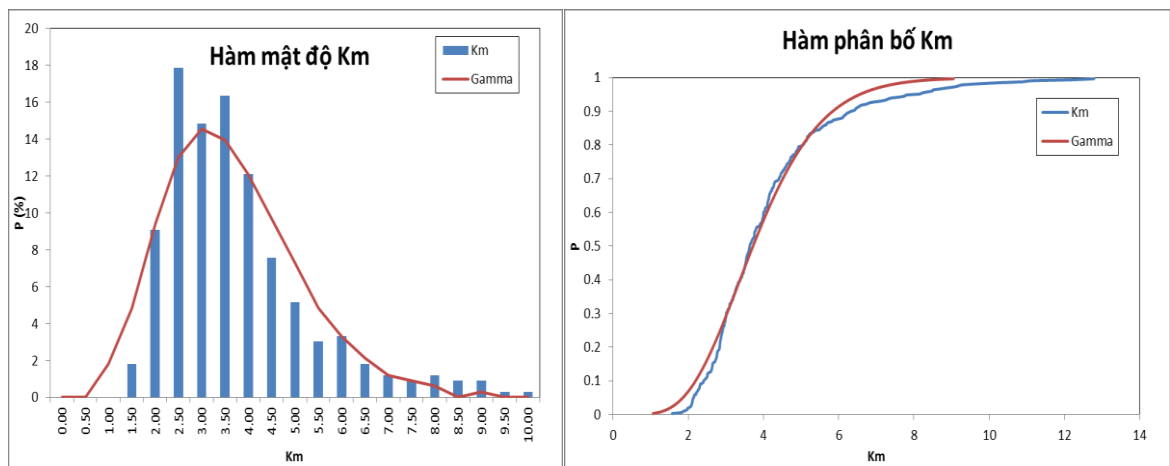
Hàm mật độ có dạng:

$$f(x, k, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1/k}\right) \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-1/k} \quad (3-4)$$

Hàm có 3 thông số là  $\mu$ ,  $\sigma$  và  $k$ .

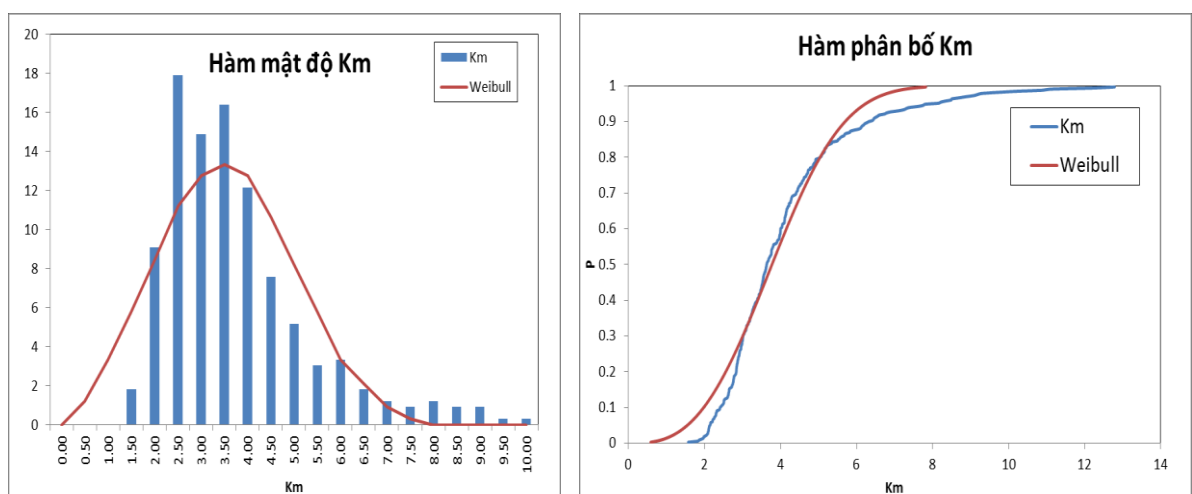
Các thông số của các hàm này được xác định bằng phương pháp bình phương tối thiểu nhằm thu được hàm tần suất lý thuyết phù hợp với hàm thực nghiệm  $K_m$ . Kết quả mô phỏng tần suất chuỗi dữ liệu  $K_m$  theo 4 hàm phân bố trên được thể hiện ở hình 3.1, hình 3.2, hình 3.3 và hình 3.4.

#### a) Hàm Gamma



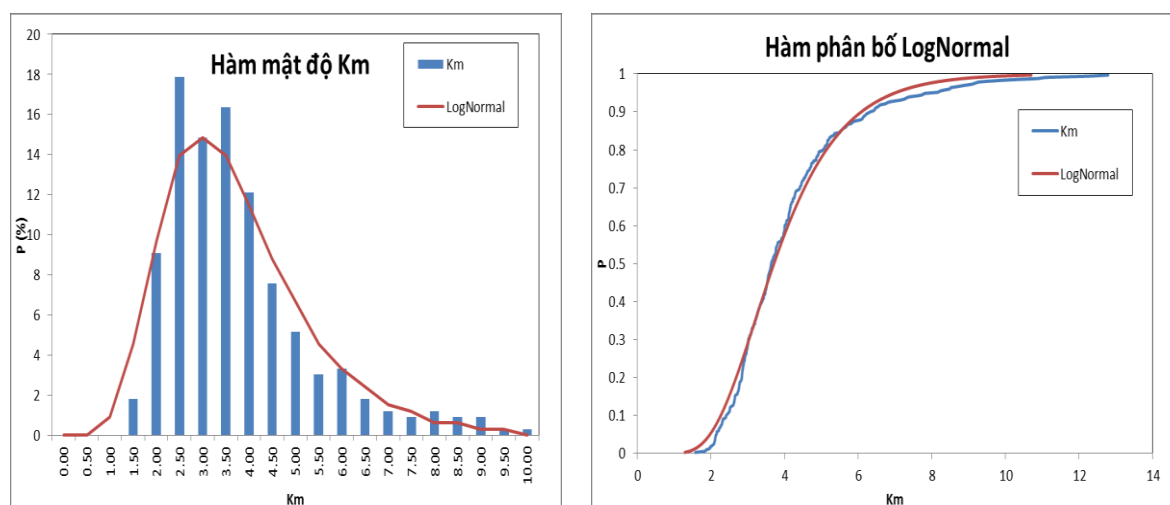
Hình 3.1: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$  theo hàm Gamma

#### b) Hàm Weibull

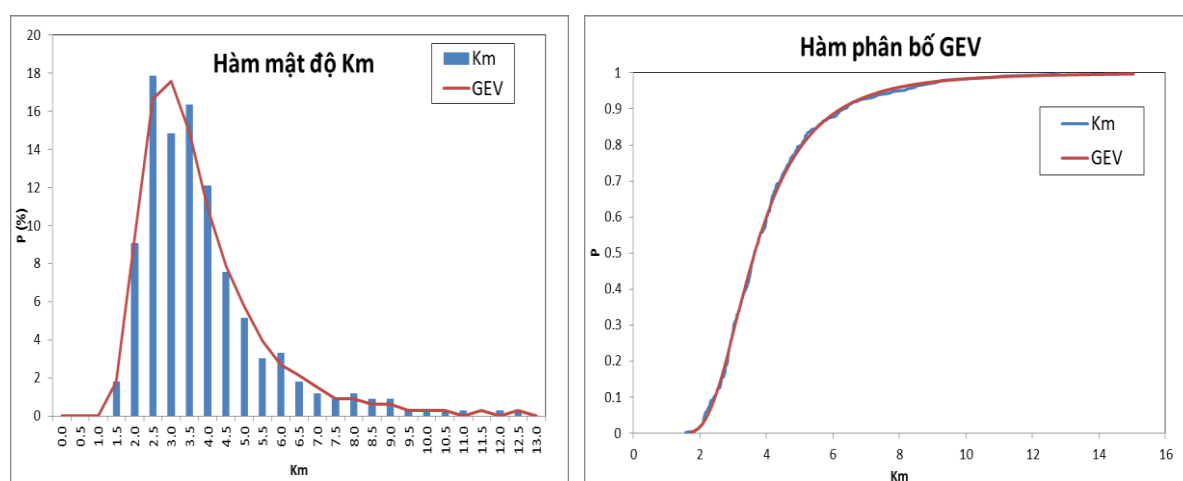


Hình 3.2: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$  theo hàm Weibull

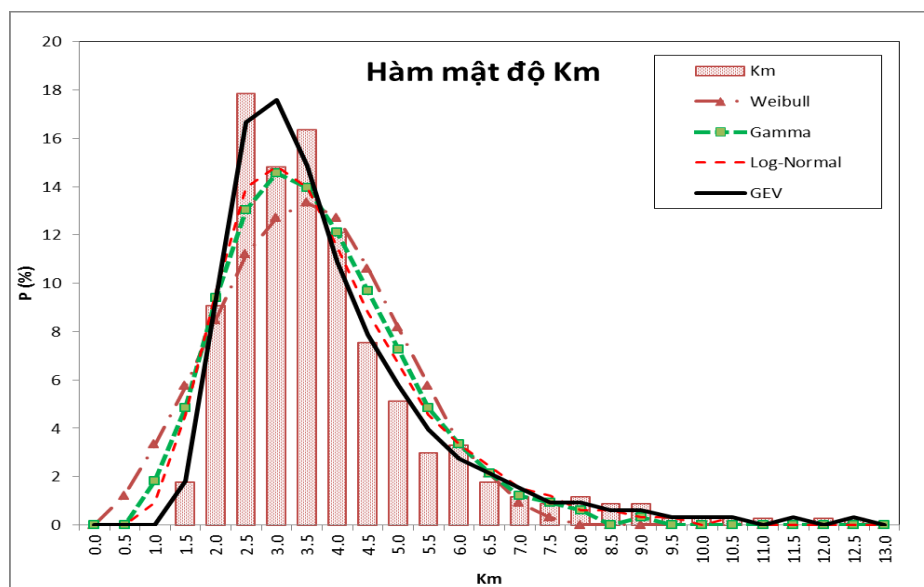
## c) Hàm Log-normal

Hình 3.3: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$  theo hàm Log-normal

## d) Hàm GEV

Hình 3.4: Biểu đồ phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$  theo hàm giá trị cực hạn tổng quát (Generalized Extreme Value - GEV)e) Tổng hợp hệ số  $K_m$  theo các hàm

Hàm GEV cho kết quả mô phỏng tần suất lý luận phù hợp nhất với tần suất kinh nghiệm của chuỗi dữ liệu  $K_m$ . Theo các kết quả này, xác suất để giá trị  $K_m$  lớn hơn 11 là rất nhỏ (theo thực đo là  $2/330 = 0,6\%$ ; Gamma = 0%; Weibull = 0%; Log-Normal = 0% và GEV = 0,6%). Do vậy, luận án đề xuất nên lựa chọn giá trị  $K_m = 11$  là giới hạn trên cùng cho các lưu vực tính toán tại Việt Nam. Chi tiết phân phối xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$  được thể hiện trong hình 3.5.



Hình 3.5: Biểu đồ tổng hợp phân bố xác suất lý thuyết của chuỗi  $K_m$

Sử dụng giá trị  $K_m = 11$  làm giá trị tính toán ta có kết quả lượng mưa PMP tại các trạm như trong bảng 3.2.

Bảng 3.2: Giá trị PMP tại các trạm quan trắc trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

| TT        | Trạm quan trắc    | $X_{1max}$ | $X_{tb}$   | $S_n$     | PMP <sub>1 ngày</sub> | $X_{1max}/X_{PMP}$ |
|-----------|-------------------|------------|------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| 1         | Ái Nghĩa          | 501        | 230        | 87,7      | 1194                  | 0.42               |
| 2         | Cầm Lệ            | 595        | 227        | 98,6      | 1312                  | 0.45               |
| 3         | Câu Lâu           | 542        | 211        | 77,6      | 1063                  | 0.51               |
| 4         | Đà Nẵng           | 593        | 224        | 91,5      | 1231                  | 0.48               |
| 5         | Giao Thủy         | 481        | 227        | 82,9      | 1139                  | 0.42               |
| 6         | Hiên (Trạo)       | 482        | 194        | 107,4     | 1375                  | 0.35               |
| 7         | Hiệp Đức          | 527        | 239        | 82,0      | 1141                  | 0.46               |
| 8         | Hội An            | 667        | 221        | 100,1     | 1322                  | 0.50               |
| 9         | Hội Khách         | 459        | 211        | 96,7      | 1274                  | 0.36               |
| 10        | Tiên Phước        | 534        | 279        | 96,5      | 1341                  | 0.40               |
| 11        | Khâm Đức          | 531        | 249        | 98,5      | 1332                  | 0.40               |
| 12        | Nông Sơn          | 513        | 247        | 82,0      | 1148                  | 0.45               |
| 13        | Trà My            | 504        | 298        | 97,9      | 1375                  | 0.37               |
| 14        | Quế Sơn           | 527        | 251        | 89,0      | 1230                  | 0.43               |
| 15        | Tam Kỳ            | 405        | 245        | 91,5      | 1252                  | 0.32               |
| 16        | Thành Mỹ          | 622        | 202        | 107,0     | 1379                  | 0.45               |
| <b>17</b> | <b>Trung bình</b> | <b>530</b> | <b>235</b> | <b>93</b> | <b>1257</b>           | <b>0.42</b>        |

Ghi chú:  $X_1$  ngày max là lượng mưa 1 ngày lớn nhất trong chuỗi quan trắc;  $X_{tb}$  là lượng mưa 1 ngày lớn nhất trung bình;  $S_n$  độ lệch chuẩn; PMP 1 ngày là lượng mưa cực hạn 1 ngày.

Kết quả tính toán cho thấy lượng mưa PMP có xu thế rải đều trên toàn bộ lưu vực, tại các vùng đồng bằng giáp biển cũng như tại các vị trí có ảnh hưởng của địa hình không có sự khác biệt nhiều về lượng mưa. Tỷ số giữa lượng mưa ngày lớn nhất và lượng mưa PMP dao động trong khoảng từ 0,32 đến 0,51 lần. Lượng mưa dọc theo đường bờ biển Quảng Nam và Đà Nẵng có lượng mưa PMP tương đối giống nhau, điều này là phù hợp do các điều kiện hình thành mưa PMP dọc theo bờ biển là đồng nhất.

### **3.1.2 Tính toán PMP theo phương pháp cực đại hóa**

Điểm mấu chốt khi ước tính lượng mưa PMP bằng phương pháp cực đại hóa là cần xác định được năm điển hình, có lượng mưa cực đoan nhất ghi được. Mặt khác, cần xác định được giá trị hiệu chỉnh lượng mưa thông qua các yếu tố nhiệt độ điểm sương và tốc độ gió lớn nhất cùng hướng với tốc độ gió của trận mưa lựa chọn. Dựa trên chuỗi số liệu thực đo quan trắc được tại tất cả các trạm đo mưa trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn, tác giả lựa chọn được trận mưa từ ngày 01-05 tháng 11 năm 1999 là trận mưa lịch sử. Đây là năm có lượng mưa lớn trên diện rộng, lượng mưa tại hầu hết các trạm đều đạt giá trị lịch sử của chuỗi quan trắc.

Bảng 3.3: Lượng mưa 1 ngày lớn nhất năm 1999 tại các trạm quan trắc trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn

| STT | Trạm đo mưa | Lượng mưa (mm) |
|-----|-------------|----------------|
| 1   | Ái Nghĩa    | 501            |
| 2   | Cẩm Lệ      | 595            |
| 3   | Câu Lô      | 542            |
| 4   | Đà Nẵng     | 593            |
| 5   | Giao Thủy   | 481            |
| 6   | Hiên        | 482            |
| 7   | Hiệp Đức    | 527            |
| 8   | Hội An      | 667            |
| 9   | Hội Khách   | 459            |
| 10  | Tiên Phước  | 534            |
| 11  | Khâm Đức    | 531            |
| 12  | Nông Sơn    | 513            |

| STT | Trạm đo mưa | Lượng mưa (mm) |
|-----|-------------|----------------|
| 13  | Trà My      | 504            |
| 14  | Quế Sơn     | 527            |
| 15  | Tam Kỳ      | 405            |
| 16  | Thành Mỹ    | 622            |

Các thông tin về nhiệt độ điểm sương lớn nhất 12 giờ liên tục và tốc độ gió lớn nhất được thể hiện trong bảng 3.4. Số liệu thống kê cho thấy hướng gió thịnh hành gây mưa lớn trong trận mưa tháng 11 năm 1999 là hướng Đông Bắc (NE). Nhiệt độ điểm sương 12 giờ lớn nhất tại các trạm dao động từ 21,0 °C đến 23,4 °C.

Bảng 3.4: Nhiệt độ điểm sương và tốc độ gió trận mưa lũ tháng 11 năm 1999

| STT | Trạm    | Tốc độ gió (m/s) | Hướng gió | Nhiệt độ điểm sương 12 giờ max (°C) |
|-----|---------|------------------|-----------|-------------------------------------|
| 1   | Trà My  | 6                | NE        | 21,5                                |
| 2   | Tam Kỳ  | 4                | SE        | 23,4                                |
| 3   | Đà Nẵng | 15               | NE        | 21,0                                |

Giá trị nhiệt độ điểm sương lớn nhất và tốc độ gió lớn nhất có cùng hướng Đông Bắc quan sát được tại các trạm như Bảng 3.5.

Bảng 3.5: Tốc độ gió và nhiệt độ điểm sương lớn nhất quan sát tại các trạm

| STT | Trạm    | Tốc độ gió (m/s) | Hướng gió | Năm xuất hiện | Nhiệt độ điểm sương 12 giờ max (°C) | Năm xuất hiện |
|-----|---------|------------------|-----------|---------------|-------------------------------------|---------------|
| 1   | Trà My  | 25               | NE        | 1984          | 26,3                                | 2011          |
| 2   | Tam Kỳ  | 14               | SE        | 1986          | 26,7                                | 2004          |
| 3   | Đà Nẵng | 20               | NE        | 1986          | 26,6                                | 2003          |

Lượng ẩm sinh mưa tại các trạm Trà My, Tam Kỳ, Đà Nẵng tương ứng với các năm 1999 và năm 2011, 2004, 2003 được xác định theo bảng tra cho sẵn của Tổ chức khí tượng thế giới (WMO, 2009)[38].

Bảng 3.6: Hệ số hiệu chỉnh lượng ẩm tại từng trạm

| STT | Trạm    | Cao độ trạm (m) | Cột ẩm năm 1999 | Cột ẩm năm đạt lớn nhất | Hệ số hiệu chỉnh |
|-----|---------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|
| 1   | Trà My  | 190             | 55,8            | 85                      | 1,52             |
| 2   | Tam Kỳ  | 5               | 68,8            | 93                      | 1,35             |
| 3   | Đà Nẵng | 7               | 57,1            | 92,5                    | 1,62             |

Bảng 3.7: Hệ số hiệu chỉnh tốc độ gió

| STT | Trạm    | Tốc độ gió trận lũ 11/1999 | Tốc độ gió lớn nhất | Hệ số hiệu chỉnh |
|-----|---------|----------------------------|---------------------|------------------|
| 1   | Trà My  | 6                          | 25                  | 4,17             |
| 2   | Tam Kỳ  | 4                          | 14                  | 3,50             |
| 3   | Đà Nẵng | 15                         | 20                  | 1,33             |

Từ hệ số hiệu chỉnh gió và hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ điểm sương ta có hệ số hiệu chỉnh tổng hợp tại các trạm  $K_{hc} = K_1 * K_2$  như bảng 3.8 dưới đây:

Bảng 3.8: Hệ số hiệu chỉnh tổng hợp

| STT | Trạm    | Hiệu chỉnh tốc độ gió | Hiệu chỉnh nhiệt độ điểm sương | Hệ số hiệu chỉnh tổng hợp |
|-----|---------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1   | Trà My  | 4,17                  | 1,52                           | 6,34                      |
| 2   | Tam Kỳ  | 3,50                  | 1,35                           | 4,73                      |
| 3   | Đà Nẵng | 1,33                  | 1,62                           | 2,15                      |

Để xác định hệ số hiệu chỉnh cho những trạm không có số liệu đo gió và nhiệt độ điểm sương, luận án sử dụng phương pháp nội suy trọng số nghịch theo khoảng cách (IDW) từ các trạm đo Trà My, Tam Kỳ và Đà Nẵng tới các trạm còn lại theo công thức (3-5):

$$i = \frac{\frac{1}{d_i}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \dots + \frac{1}{d_n}} \quad (3-5)$$

Trong đó:  $d_1, d_2, \dots, d_n$  lần lượt là khoảng cách từ trạm quan trắc thứ nhất, thứ hai...thứ n đến từng trạm quan trắc.



Bảng 3.9: Giá trị hệ số hiệu chỉnh  $K_{hc}$ , lượng mưa cực hạn tính theo phương pháp cực đại hóa tại các trạm quan trắc

| TT                | Trạm đo mưa | Lượng mưa ngày max (mm) | Khoảng cách từ trạm tới các điểm tính toán (km) |        |         | Trọng số ảnh hưởng của trạm tính toán |         |         | Hệ số hiệu chỉnh ( $K_{hc}$ ) | Lượng mưa ngày PMP (mm) |
|-------------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|---------|---------|-------------------------------|-------------------------|
|                   |             |                         | Trà My                                          | Tam Kỳ | Đà Nẵng | Trà My                                | Tam Kỳ  | Đà Nẵng |                               |                         |
| 1                 | Ái Nghĩa    | 501                     | 60,03                                           | 55,3   | 18,1    | 0,18511                               | 0,20095 | 0,61394 | 3,44                          | 1723                    |
| 2                 | Cẩm Lệ      | 595                     | 72,26                                           | 60,21  | 3,51    | 0,04388                               | 0,05267 | 0,90345 | 2,47                          | 1470                    |
| 3                 | Câu Lâu     | 542                     | 56,58                                           | 41,4   | 22,1    | 0,20297                               | 0,27739 | 0,51964 | 3,72                          | 2016                    |
| 4                 | Đà Nẵng     | 593                     | 75,75                                           | 63,4   | 0,001   | 0,00001                               | 0,00002 | 0,99997 | 2,15                          | 1275                    |
| 5                 | Giao Thủy   | 481                     | 54,91                                           | 50,39  | 21,94   | 0,21775                               | 0,23728 | 0,54497 | 3,67                          | 1765                    |
| 6                 | Hiên        | 482                     | 88,68                                           | 100,58 | 58,2    | 0,29365                               | 0,25891 | 0,44744 | 4,05                          | 1952                    |
| 7                 | Hiệp Đức    | 527                     | 29,2                                            | 44,3   | 50,86   | 0,44777                               | 0,29515 | 0,25708 | 4,79                          | 2524                    |
| 8                 | Hội An      | 667                     | 59,7                                            | 40,3   | 23,7    | 0,19998                               | 0,29626 | 0,50376 | 3,75                          | 2501                    |
| 9                 | Hội Khách   | 459                     | 61,3                                            | 69,6   | 37,28   | 0,28368                               | 0,24985 | 0,46646 | 3,98                          | 1827                    |
| 10                | Tiên Phước  | 534                     | 23,14                                           | 23,25  | 54,75   | 0,41358                               | 0,41162 | 0,17480 | 4,94                          | 2638                    |
| 11                | Khâm Đức    | 531                     | 42,83                                           | 73,93  | 77,91   | 0,46969                               | 0,27211 | 0,25821 | 4,82                          | 2559                    |
| 12                | Nông Sơn    | 513                     | 43,84                                           | 52,49  | 39,38   | 0,33916                               | 0,28327 | 0,37757 | 4,30                          | 2206                    |
| 13                | Trà My      | 504                     | 0,001                                           | 37,68  | 75,75   | 0,99996                               | 0,00003 | 0,00001 | 6,34                          | 3195                    |
| 14                | Quế Sơn     | 527                     | 36,96                                           | 32,22  | 39,13   | 0,32345                               | 0,37104 | 0,30551 | 4,46                          | 2350                    |
| 15                | Tam Kỳ      | 405                     | 37,68                                           | 0,001  | 63,4    | 0,00003                               | 0,99996 | 0,00002 | 4,73                          | 1916                    |
| 16                | Thành Mỹ    | 622                     | 61,8                                            | 75,47  | 47,73   | 0,32117                               | 0,26299 | 0,41584 | 4,17                          | 2594                    |
| <b>Trung bình</b> |             | <b>530</b>              |                                                 |        |         |                                       |         |         |                               | <b>2157</b>             |

### ***3.1.3 Lựa chọn giá trị phù hợp PMP cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn***

Kết quả tính toán PMP bằng hai phương pháp thống kê và phương pháp cực đại hóa lượng mưa cho thấy có sự chênh lệch lớn về kết quả. Nếu như giá trị PMP theo phương pháp thống kê là 1.257 mm thì đối với phương pháp cực đại hóa giá trị này là 1.855 mm tức lớn hơn 48 % so với giá trị PMP theo thống kê.

Giá trị PMP tại các trạm trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn khi tính toán bằng phương pháp cực đại hóa cho thấy sự biến động lớn về độ lớn giữa các trạm từ 1275 mm tại trạm Đà Nẵng tới 3.195 mm tại trạm Trà My, tức chênh lệch khoảng 150 %. Trong khi đó, khi tính toán bằng phương pháp thống kê giá trị chênh lệch này chỉ dao động nhỏ từ 1.063 mm tại trạm Câu Lâu tới 1379 mm tại trạm Hiên, tức chỉ lệch 30 %. Nếu xét tổng thể toàn bộ chuỗi số liệu quan trắc tại các trạm thì giá trị PMP tính toán theo phương pháp thống kê cho thấy sự phù hợp hơn.

Dọc theo bờ biển của lưu vực Vu Gia-Thu Bồn, giá trị PMP tính theo phương pháp thống kê khá đồng đều, tức dao động từ 1231 mm tại trạm Đà Nẵng đến 1.322 mm tại trạm Hội An. Kết quả này cho thấy sự phù hợp do nguyên nhân hình thành mưa tại dọc bờ biển này là như nhau. Trong khi đó, giá trị PMP dọc theo bờ biển nếu tính theo phương pháp cực đại hóa lại cho sự biến động lớn từ 1.275 mm đến 2.501 mm, điều này là không phù hợp với thực tế.

Từ những nhận định trên, luận án lựa chọn giá trị PMP theo phương pháp thống kê hợp lý hơn. Giá trị PMP tại các trạm đều tương đồng và tỷ lệ lượng mưa ngày lớn nhất quan trắc so với giá trị PMP đều nằm trong khoảng từ 0,32 đến 0,51. Đây là giá trị hợp lý, phù hợp với nhiều kết quả nghiên cứu trên thế giới như tại Malaysia là 0,39 – 0,72.

## **3.2 Tính toán lũ cực hạn (PMF) lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn**

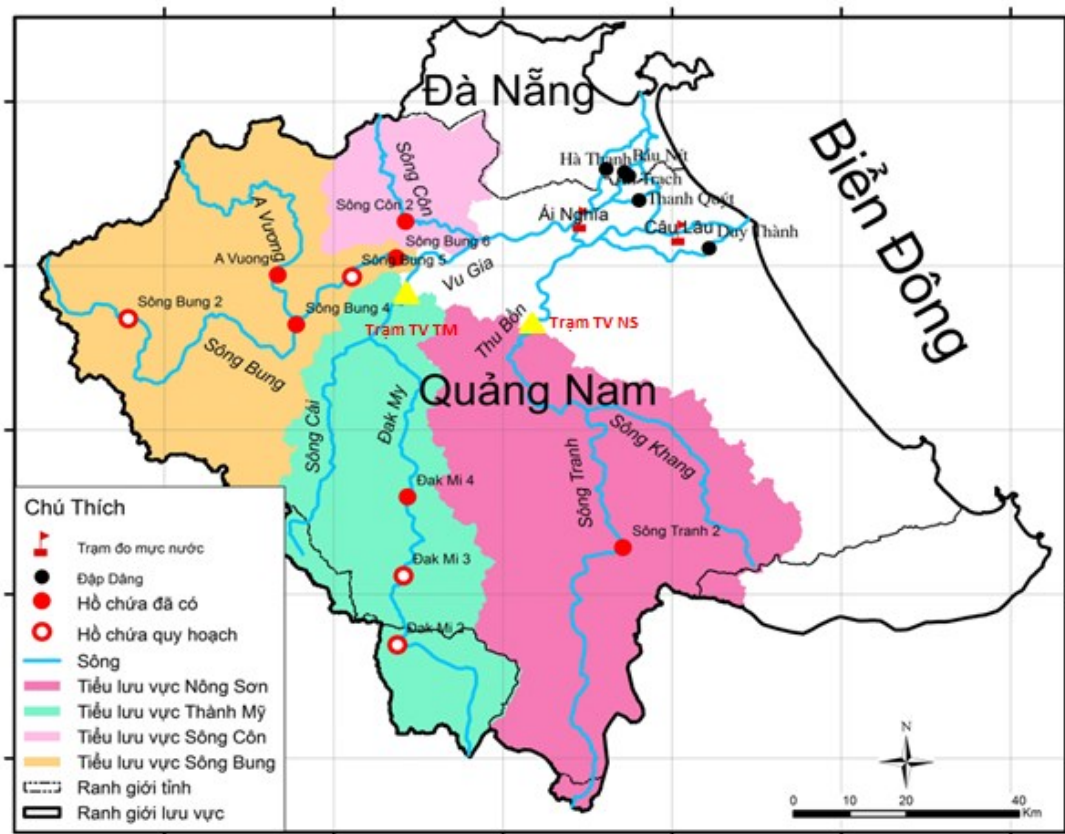
### ***3.2.1 Thiết lập mô hình mô phỏng lũ cho lưu vực nghiên cứu***

#### ***3.2.1.1 Mô hình HEC-HMS***

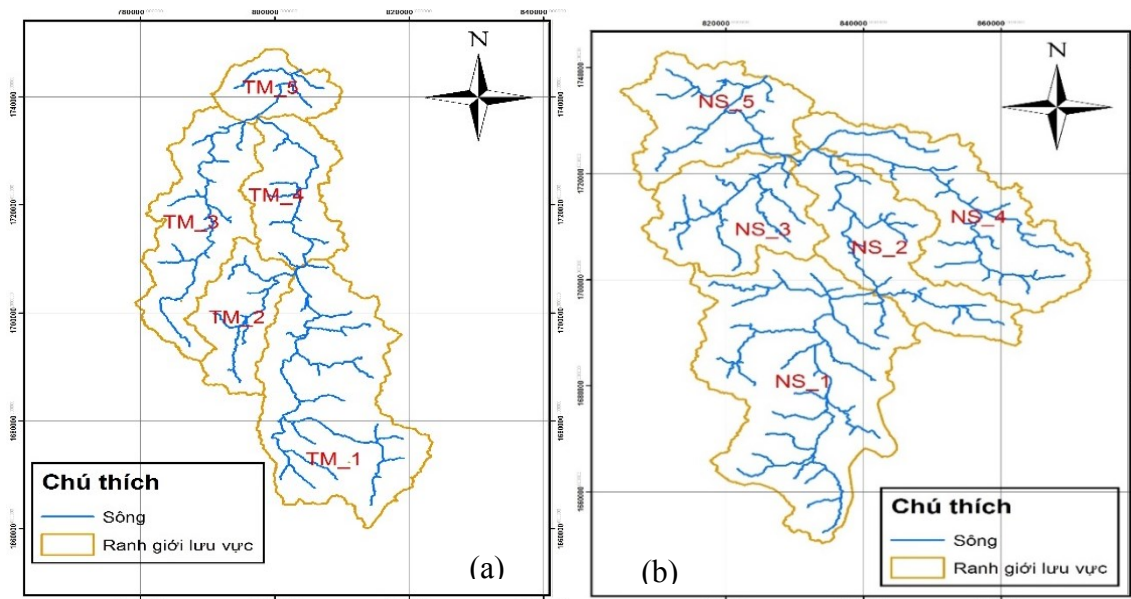
##### **a. Thiết lập mô hình**

Mô hình HEC-HMS được thiết lập cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn bằng các loại dữ liệu địa hình DEM 30x30 m, dữ liệu về điều kiện sử dụng đất, thổ nhưỡng

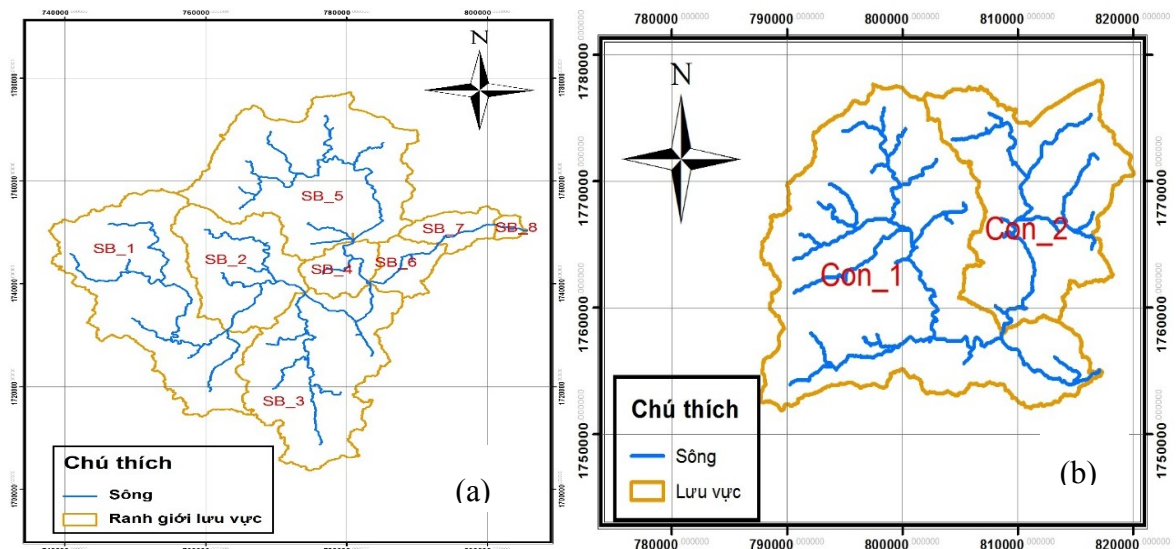
của lưu vực. Trên cơ sở đường phân thủy của các lưu vực, trong mô phỏng này Luận án chia lưu vực Vu Gia-Thu Bồn thành 4 tiểu lưu vực gồm tiểu lưu vực Thu Bồn ( $3088 \text{ km}^2$ ), Vu Gia ( $2004 \text{ km}^2$ ), Sông Bung ( $2400 \text{ km}^2$ ), Sông Côn ( $624 \text{ km}^2$ ). Bốn tiểu lưu vực này được chia thành 20 đơn vị thủy văn (Hydro Response Unit – HRU). Vị trí bố trí các HRU của các tiểu lưu vực được thể hiện trong các hình sau:



Hình 3.6: Các tiểu lưu vực và các hồ chứa thủy điện trên lưu vực nghiên cứu



Hình 3.7: Vị trí các HRU trên tiểu lưu vực Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b)



Hình 3.8: Vị trí các HRU trên tiểu lưu vực Sông Bung (a) và Sông Côn (b)

#### b. Dữ liệu biên tính toán

Dữ liệu được sử dụng cho mô phỏng bao gồm (i) Dữ liệu hiệu chỉnh, kiểm định mô hình; và (ii) Dữ liệu cho mô phỏng các kịch bản tính toán.

- (i) Dữ liệu hiệu chỉnh, kiểm định mô hình: được sử dụng từ dữ liệu mưa tại các trạm thủy văn trên lưu vực với hai trận mưa, lũ từ ngày 01-08 tháng 11 năm 1999 và trận lũ từ 29/9 đến 3/10 năm 2009. Trọng số ảnh hưởng

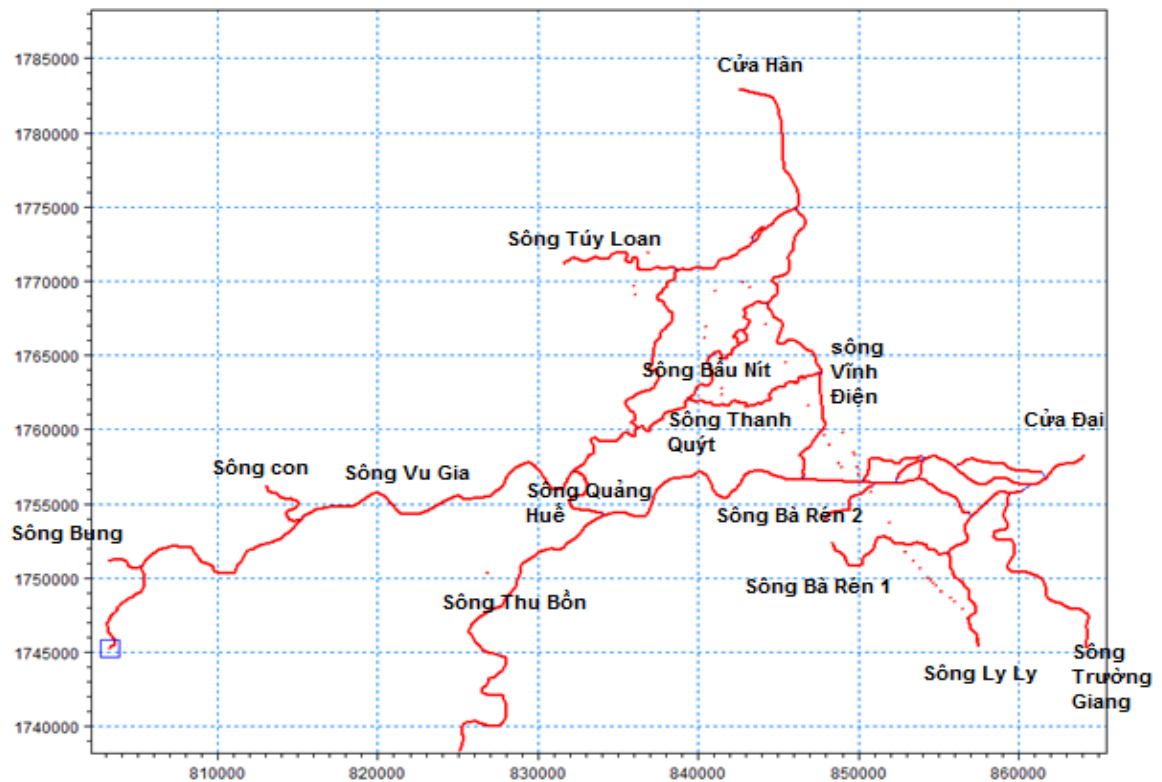
của các trạm mưa tới các HRU được xác định theo phương pháp đa giác Thiessen.

- (ii) Dữ liệu mô phỏng gồm: Dữ liệu PMP đã được xác định ở mục 3.1 được thu phỏng theo hai trận lũ tháng 11 năm 1999 và trận lũ từ 29/9 đến 03/10/2009 (chi tiết theo phụ lục đính kèm).

### 3.2.1.2 Mô hình MIKE 11

#### a. Thiết lập địa hình

Mạng lưới sông: Mạng lưới sông mô phỏng trong mô hình gồm toàn bộ các mạng lưới sông chính và sông nhánh thượng, hạ du của lưu vực Vu Gia-Thu Bồn làm nhiệm vụ truyền tải lưu lượng từ các HRU tới các cửa ra của lưu vực và trao đổi nước với mô hình 2 chiều MIKE 21. Độ dài của các nhánh sông được thể hiện trong bảng 3.10.



Hình 3.9: Mạng lưới sông mô phỏng hạ du lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn

Mặt cắt sông: Mặt cắt sông mô phỏng là mặt cắt thực đo năm 2013 được thu thập từ đề tài KC.08.19/11-15 gồm 362 mặt cắt. Số lượng mặt cắt cho từng đoạn sông mô phỏng được thể hiện trong bảng 3.10.

Bảng 3.10: Độ dài của các nhánh sông mô phỏng trong mô hình

| STT | Tên sông     | Chiều dài sông (km) | Số mặt cắt |
|-----|--------------|---------------------|------------|
| 1   | Vu Gia       | 80,9                | 145        |
| 2   | Thu Bồn      | 62,2                | 120        |
| 3   | Sông Bung    | 2,3                 | 3          |
| 4   | Sông Côn     | 4,6                 | 3          |
| 5   | Quảng Huế    | 5,5                 | 14         |
| 6   | Bầu Nít      | 16,2                | 23         |
| 7   | Hà Thanh     | 1,65                | 5          |
| 8   | Thanh Quýt   | 10,7                | 7          |
| 9   | Vĩnh Điện    | 22,8                | 10         |
| 10  | Thúy Loan    | 9,1                 | 6          |
| 11  | Bà Rén 1     | 4,3                 | 5          |
| 12  | Bà Rén 2     | 9,8                 | 5          |
| 13  | Trường Giang | 13,0                | 5          |
| 14  | Ly Ly        | 14,6                | 11         |

Công trình trên sông: Công trình trên sông được mô phỏng trong mô hình bao gồm i) Hệ thống đập dâng nước phía hạ du và ii) Hệ thống cống qua đường.

(i) *Hệ thống đập dâng nước:* Hệ thống đập dâng nước bao gồm 5 đập dâng lớn phía dưới hạ du là đập Bầu Nít, Thanh Quýt, An Trạch, Hà Thanh và Duy Thành. Vị trí 5 đập dâng này được thể hiện trong hình 1.5.

(ii) *Hệ thống cống thoát nước qua đường:* Dọc theo tuyến Quốc lộ 1A và tuyến đường sắt Bắc Nam hiện có 124 công trình làm nhiệm vụ thoát lũ qua đường, giảm tác động chắn nước. 124 công trình này được mô phỏng trong mô hình bằng các cống thoát lũ và chỉ làm việc khi xảy ra ngập lũ trên lưu vực.

b. Thiết lập điều kiện biên

- *Điều kiện biên trên:* Quá trình dòng chảy lũ được tính toán từ mưa tại các trạm trên lưu vực và sẽ được kết nối với mô hình thủy lực MIKE 11 tại các vị trí biên trên và biên nhập lưu của mô hình.

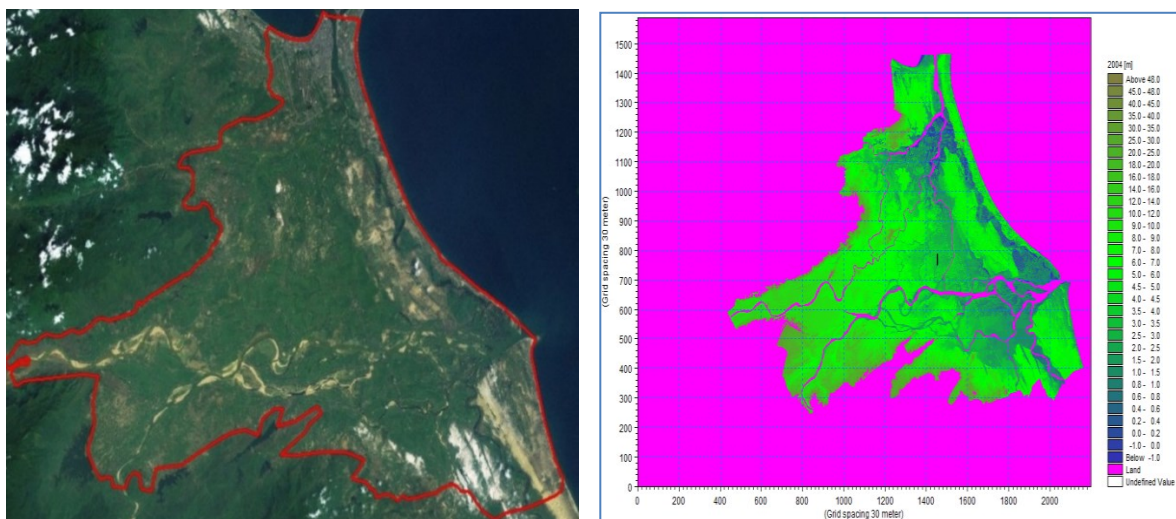


- *Điều kiện biên dưới*: Là đường quá trình mực nước tại cửa Hàn và Cửa Đại cho các trận lũ mô phỏng.

### 3.2.1.3 Mô hình MIKE 21 và MIKE FLOOD

#### a. Mô hình MIKE 21

##### Thiết lập địa hình



Hình 3.10: Phạm vi, địa hình vùng ngập lũ

Địa hình mô phỏng bao trùm toàn bộ vùng ngập lũ với diện tích 917 km<sup>2</sup> được thiết lập trong hệ tọa độ “UTM\_48\_WGS84”. Đây là diện tích lòng chảo ngập lũ thường xuyên được bao bọc bởi các đường đồng mức có cao độ địa hình lớn mà cao độ ngập lũ không thể đạt tới.

Địa hình mô phỏng được thiết lập từ dữ liệu địa hình tỷ lệ 1:10.000, kích thước ô lưới địa hình mô phỏng là 30x30 m. Nhằm tăng mức độ chính xác, khi xây dựng địa hình, luận án còn kết hợp với các dữ liệu đo mặt cắt sông và các công trình giao thông, thủy lợi trên vùng ngập lũ làm căn cứ xây dựng địa hình.

##### Điều kiện biên:

Mô hình được thiết lập với biên kín, toàn bộ trao đổi nước được thực hiện qua MIKE 11. Đối với lượng mưa bổ sung trên vùng đồng bằng lưu vực sẽ được xử lý thành lượng mưa trung bình của các trạm quan trắc trên vùng đồng bằng và đưa trực tiếp vào mô hình thông qua công cụ “Source and Sink”.

##### Thiết lập các thông số cơ bản của mô hình

- *Hệ số nhám*: Hệ số nhám được sử dụng trong mô hình là nhám Manning, sơ bộ chọn nhám đồng bộ cho toàn vùng ngập lũ là  $M = 25$ .
- *Thông số Flood and Dry*: Lưu vực Vu Gia-Thu Bồn có cường suất lũ lớn, đặc biệt là khi lũ lên, do đó để mô hình ổn định luận án đặt giá trị Flood and Dry lần lượt là 0,1 và 0,2.
- *Hệ số nhót*: Giá trị hệ số nhót được xác định dưới dạng đơn vị và là một hằng số. Mặc dù giá trị tính toán từ công thức tính hệ số nhót  $E = 0,1 * \Delta x^2 / \Delta t$  bằng  $0,1 * 30^2 / 2 = 45$  nhưng giá trị này làm mô hình không ổn định vì vậy chúng tôi lựa chọn giá trị  $E = 18 \text{ m}^2/\text{s}$ .

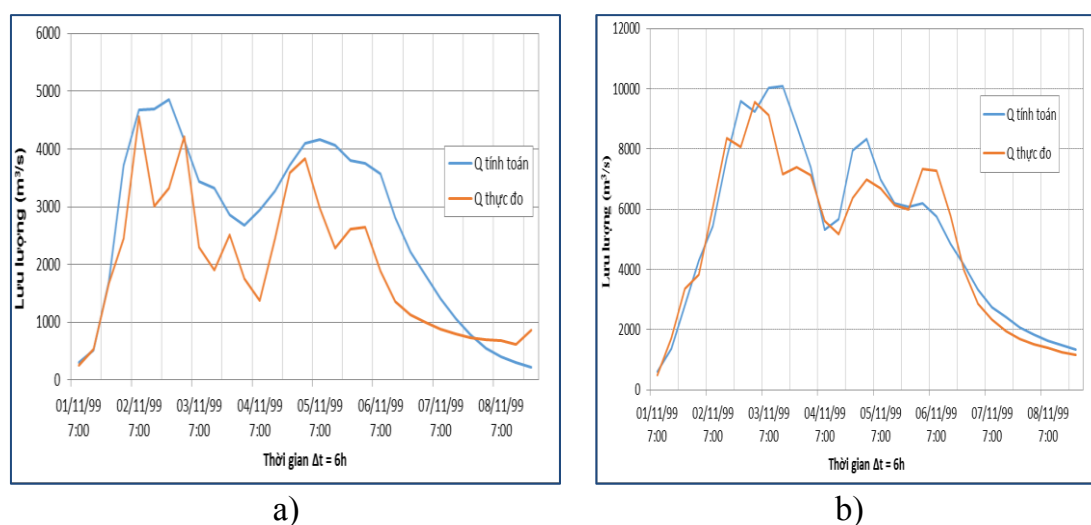
b. Mô hình MIKE FLOOD:

Là công cụ kết nối hai mô hình MIKE 11 và MIKE 21 để tạo thành mô hình hoàn chỉnh bằng hai dạng kết nối chính là i) kết nối bên (Lateral links) và ii) kết nối chuẩn (Standard links).

3.2.1.4 Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

a. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy văn

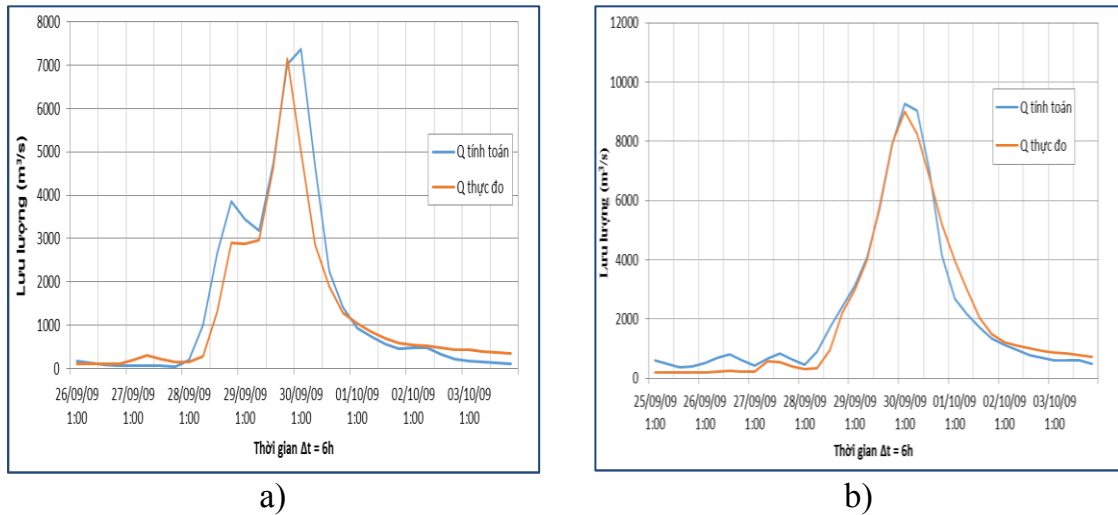
Luận án sử dụng số liệu lưu lượng dòng chảy thực đo tại hai trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn trong trận mưa lũ từ ngày 01-08/11/1999 và trận lũ từ 25/9 đến 3/10 năm 2009 để hiệu chỉnh, kiểm định mô hình. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận mưa, lũ từ ngày 01-08/11/1999 thể hiện trong hình 3.11.



Hình 3.11: Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ từ 01 – 08/11 năm 1999 tại trạm thủy văn Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b)



Kết quả hiệu chỉnh mô hình tại hai trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn lần lượt cho hệ số NASH đạt 0,56 và 0,88.



Hình 3.12: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 25/9 đến 3/10 năm 2009 tại trạm thủy văn Thành Mỹ (a) và Nông Sơn (b)

Kết quả kiểm định mô hình với trận mưa, lũ từ ngày 25/9 – 3/10 năm 2009 như trong hình 3.12. Với bộ thông số lựa chọn lần lượt cho kết quả kiểm định tại hai trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn là 0,86 và 0,95. Bộ thông số mô hình được thể hiện như trong bảng 3.11.

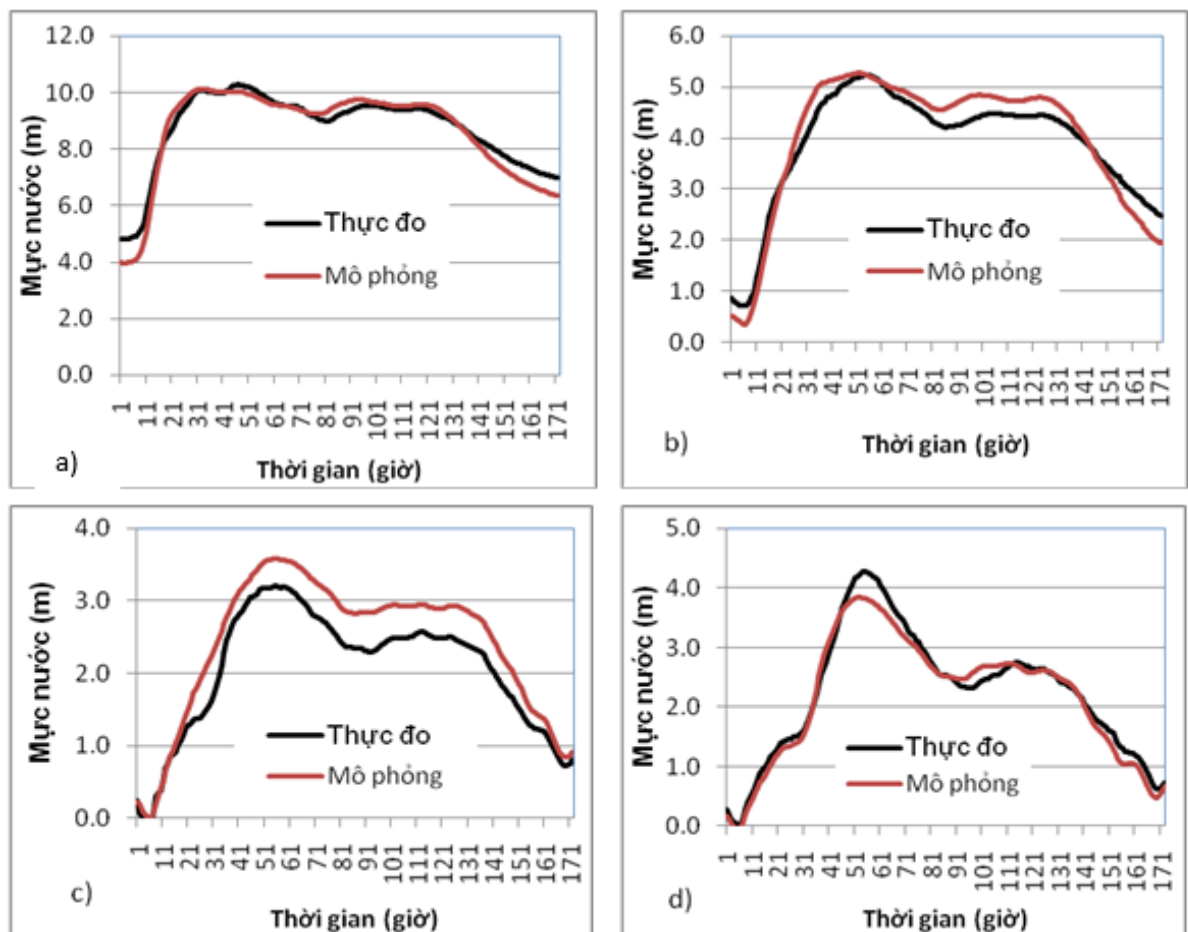
Bảng 3.11: Số lượng và thông số thủy động lực học của các HRU thuộc các tiểu lưu vực

| TT | Tiểu lưu vực     | Kí hiệu lưu vực | Diện tích (km <sup>2</sup> ) | Độ dốc (%) | Chiều dài lòng dẫn (m) | Hệ số CN | S (mm) | Ia (mm) | T <sub>lag</sub> (phút) | Tc (giờ) | Tp (giờ) |
|----|------------------|-----------------|------------------------------|------------|------------------------|----------|--------|---------|-------------------------|----------|----------|
| 1  | <b>Thành Mỹ</b>  | TM_1            | 798                          | 39,6       | 71,8                   | 73       | 94,2   | 18,8    | 294,5                   | 8,2      | 5,5      |
| 2  |                  | TM_2            | 259                          | 34,6       | 30,5                   | 73       | 93,2   | 18,6    | 158,2                   | 4,4      | 2,9      |
| 3  |                  | TM_3            | 476                          | 34,9       | 62,2                   | 69       | 114,3  | 22,9    | 311,9                   | 8,7      | 5,8      |
| 4  |                  | TM_4            | 300                          | 35,3       | 39,2                   | 72       | 100,3  | 20,1    | 199,2                   | 5,5      | 3,7      |
| 5  |                  | TM_5            | 171                          | 32,5       | 16,3                   | 71       | 103,1  | 20,6    | 104,5                   | 2,9      | 1,9      |
| 6  | <b>Nông Sơn</b>  | NS_1            | 1104                         | 39,5       | 65,7                   | 69       | 113,5  | 22,7    | 304,9                   | 8,5      | 5,6      |
| 7  |                  | NS_2            | 490                          | 26,3       | 69,6                   | 70       | 107,2  | 21,4    | 379,6                   | 10,5     | 7,0      |
| 8  |                  | NS_3            | 644                          | 22,5       | 55,1                   | 71       | 103,4  | 20,7    | 332,9                   | 9,3      | 6,2      |
| 9  |                  | NS_4            | 422                          | 28,2       | 25,1                   | 68       | 117,6  | 23,5    | 170,3                   | 4,7      | 3,2      |
| 10 |                  | NS_5            | 428                          | 30,4       | 31,4                   | 68       | 121,9  | 24,4    | 200,9                   | 5,6      | 3,7      |
| 11 | <b>Sông Bung</b> | SB_1            | 626                          | 37,6       | 55,4                   | 73       | 93,0   | 18,6    | 244,0                   | 6,8      | 4,5      |
| 12 |                  | SB_2            | 313                          | 38,7       | 20,7                   | 72       | 99,8   | 20,0    | 113,7                   | 3,2      | 2,1      |
| 13 |                  | SB_3            | 518                          | 33,6       | 57,1                   | 70       | 107,7  | 21,5    | 286,9                   | 8,0      | 5,3      |
| 14 |                  | SB_4            | 90                           | 39,5       | 14,1                   | 68       | 117,9  | 23,6    | 91,2                    | 2,5      | 1,7      |
| 15 |                  | SB_5            | 678                          | 38,1       | 54,7                   | 76       | 78,2   | 15,6    | 218,7                   | 6,1      | 4,1      |
| 16 |                  | SB_6            | 84                           | 44,2       | 15,7                   | 72       | 99,3   | 19,9    | 85,4                    | 2,4      | 1,6      |
| 17 |                  | SB_7            | 76                           | 37,7       | 10,1                   | 71       | 103,6  | 20,7    | 66,6                    | 1,9      | 1,2      |
| 18 |                  | SB_8            | 16                           | 40,5       | 5,1                    | 77       | 75,4   | 15,1    | 31,4                    | 0,9      | 0,6      |
| 19 | <b>Sông Côn</b>  | Con_1           | 416                          | 37,4       | 47,6                   | 76       | 79,5   | 15,9    | 199,1                   | 5,5      | 3,7      |
| 20 |                  | Con_2           | 208                          | 32,8       | 30,1                   | 74       | 89,2   | 17,8    | 156,7                   | 4,4      | 2,9      |

b. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình thủy lực

Mô hình thủy lực được hiệu chỉnh, kiểm định tại 4 vị trí có số liệu mực nước thực đo dưới hạ du của lưu vực gồm: Trạm thủy văn Ái Nghĩa, Cẩm Lệ, Câu Lâu, Hội An. Các kết quả hiệu chỉnh, kiểm định sau.

Hiệu chỉnh mô hình: Trận lũ từ ngày 1-8/11 năm 1999 làm trận lũ hiệu chỉnh mô hình. Kết quả hiệu chỉnh được thể hiện trong bảng 3.12 và hình 3.13.



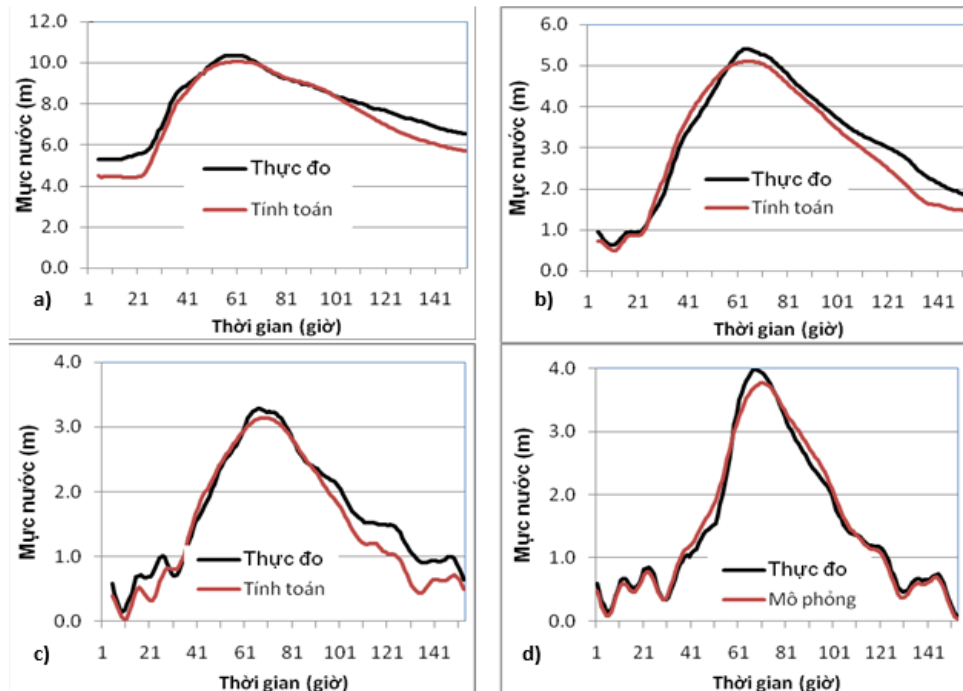
Hình 3.13: Kết quả hiệu chỉnh mô hình trận lũ từ 1-8/11 năm 1999 tại trạm thủy văn  
a) trạm Ái Nghĩa; b) trạm Câu Lâu; c) trạm Hội An và d) trạm Cẩm Lệ

Bảng 3.12: Kết quả hiệu chỉnh mô hình với trận lũ từ ngày 1-8/11 năm 1999

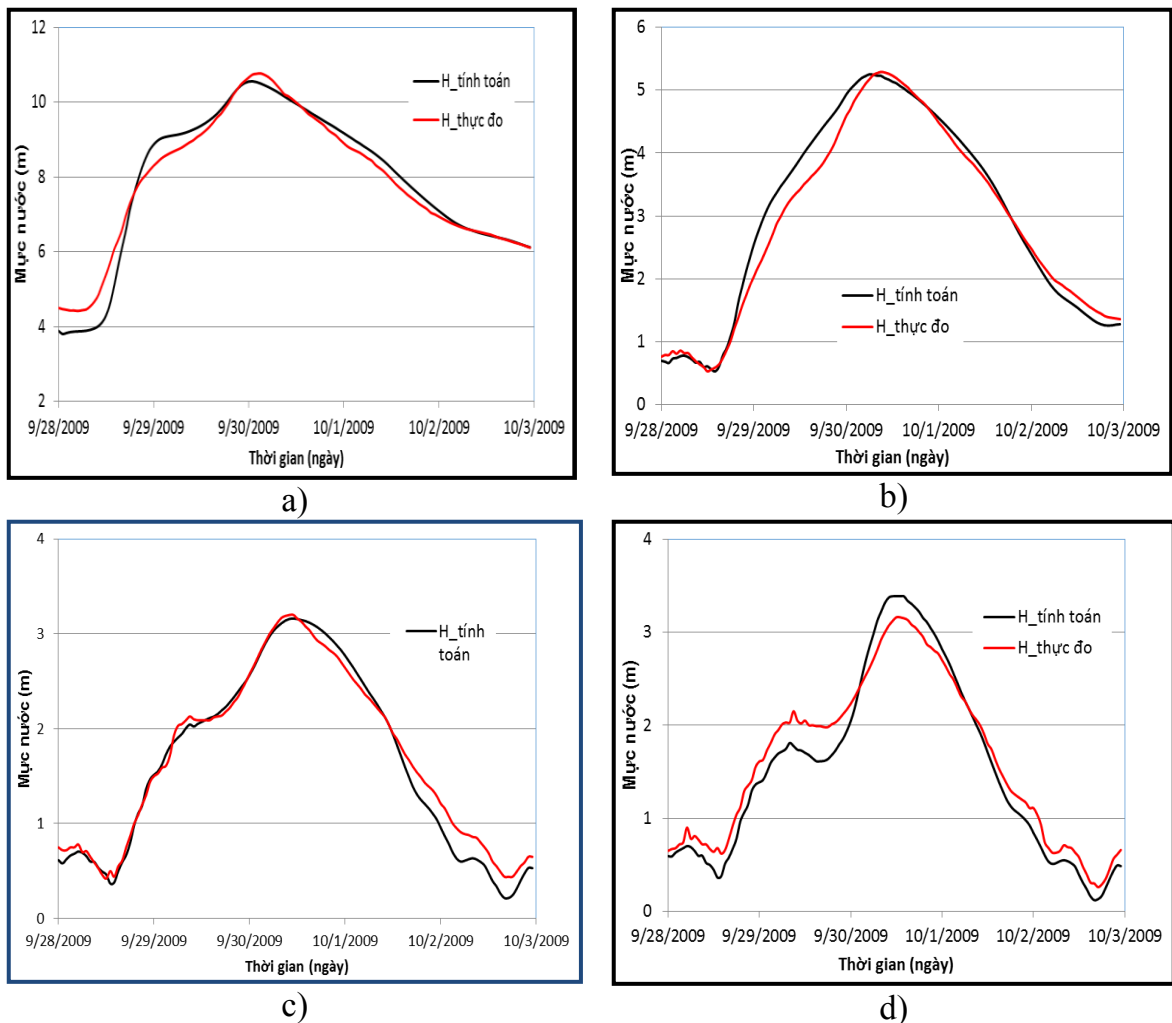
| STT | Vị trí kiểm tra   | $H_{max_{TD}}$<br>(m) | $H_{max_{mp}}$<br>(m) | Độ lệch<br>tuyệt đối<br>(m) | Độ lệch<br>tương đối<br>(%) | Hệ số<br>Nash<br>(%) |
|-----|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1   | Trạm Ái Nghĩa     | 10,3                  | 10,2                  | -0,1                        | 1,4                         | 93                   |
| 2   | Trạm Câu Lâu      | 5,2                   | 5,2                   | 0,0                         | 0,7                         | 92                   |
| 3   | Trạm Hội An       | 3,2                   | 3,6                   | 0,4                         | 11,6                        | 79                   |
| 4   | Trạm Cẩm Lệ       | 4,3                   | 3,9                   | -0,4                        | 10,2                        | 97                   |
| 5   | <b>Trung bình</b> |                       |                       | <b>0</b>                    | <b>6,0</b>                  | <b>90</b>            |

Kết quả mô phỏng cho thấy, diễn biến mực nước thực đo và tính toán là khá sát nhau, chênh lệch mực nước đỉnh lũ tương đối giữa thực đo và tính toán trong giới hạn cho phép, trung bình bằng 6 %.

Kiểm định mô hình: Trận lũ từ 10-17 tháng 11 năm 2007 và trận lũ từ ngày 28/9 đến 3/10 năm 2009 được lựa chọn làm trận lũ kiểm định mô hình. Kết quả kiểm định được thống kê trong hình 3.14, hình 3.15 và bảng 3.13, 3.14 bên dưới.



Hình 3.14: Đường quá trình thực đo và mô phỏng trận lũ từ 10-17 tháng 11 năm 2007 tại trạm thủy văn a) Ái Nghĩa; b) Câu Lâu; c) Hội An và d) Cẩm Lệ.



Hình 3.15: Đường quá trình thực đo và mô phỏng trận lũ từ 28/9 đến 2/10 năm 2009 tại trạm thủy văn a) Ái Nghĩa; b) Câu Lâu; c) Hội An và d) Cẩm Lệ.

Kết quả kiểm định với bộ thông số trên cũng cho kết quả tốt, độ lệch tương đối giữa tính toán và thực đo nhỏ, trung bình là 4.5 %. Hệ số Nash tại tất cả các vị trí kiểm tra đều lớn hơn 85 %.

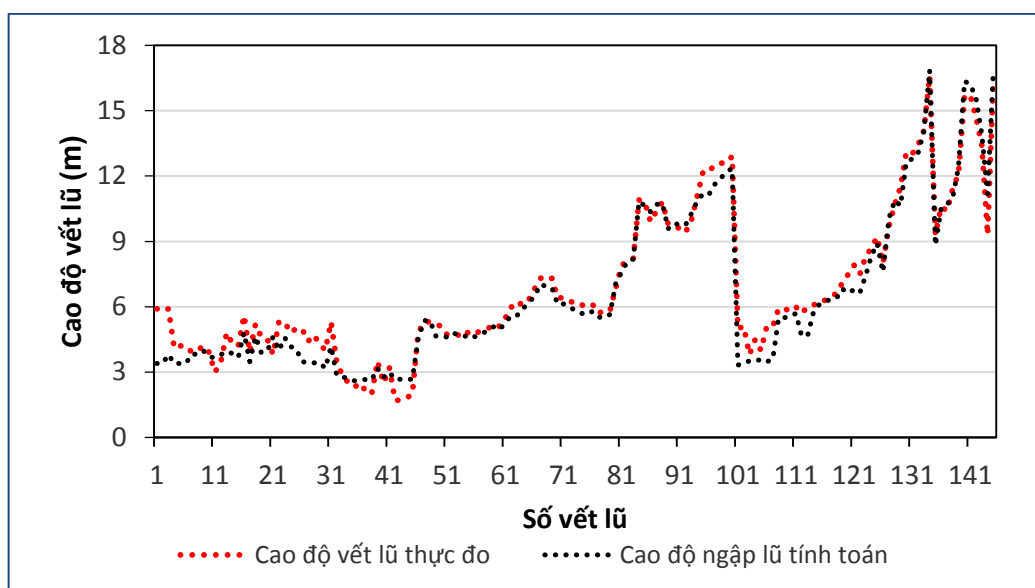
Bảng 3.13: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 10-16 tháng 11 năm 2007

| TT | Vị trí kiểm tra   | $H_{\max_{td}}$<br>(m) | $H_{\max_{mp}}$<br>(m) | Độ lệch<br>tuyệt đối<br>(m) | Độ lệch<br>tương đối<br>(%) | Hệ số<br>Nash<br>(%) |
|----|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1  | Trạm Ái Nghĩa     | 10,4                   | 10,1                   | -0,3                        | 3,0                         | 85,0                 |
| 2  | Trạm Câu Lâu      | 5,4                    | 5,1                    | -0,3                        | 5,4                         | 94,0                 |
| 3  | Trạm Hội An       | 3,3                    | 3,2                    | -0,1                        | 4,2                         | 92,0                 |
| 4  | Trạm Cẩm Lệ       | 4,0                    | 3,8                    | -0,2                        | 5,4                         | 98,0                 |
| 5  | <b>Trung bình</b> |                        |                        | <b>0,2</b>                  | <b>4,5</b>                  | <b>92,5</b>          |

Bảng 3.14: Kết quả kiểm định mô hình với trận lũ từ 28/9-2/10 năm 2009

| STT | Vị trí kiểm tra   | $H_{max_{td}}$<br>(m) | $H_{max_{mp}}$<br>(m) | Độ lệch<br>tuyệt<br>đối (m) | Độ lệch<br>tương đối<br>(%) | Hệ số<br>Nash<br>(%) |
|-----|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1   | Trạm Ái Nghĩa     | 10,77                 | 10,56                 | -0,21                       | 1,9                         | 0,96                 |
| 2   | Trạm Câu Lâu      | 5,29                  | 5,25                  | -0,04                       | 0,8                         | 0,97                 |
| 3   | Trạm Hội An       | 3,2                   | 3,16                  | -0,04                       | 1,3                         | 0,98                 |
| 4   | Trạm Cẩm Lệ       | 3,16                  | 3,68                  | 0,52                        | 16,5                        | 0,94                 |
| 5   | <b>Trung bình</b> |                       |                       | <b>0,06</b>                 | <b>5,1</b>                  | <b>0,96</b>          |

Bên cạnh việc kiểm tra, đánh giá các kết quả mực nước mô phỏng và thực đo trên sông. Luận án còn sử dụng thêm cao độ thực đo của 145 vết lũ được thu thập từ đề tài “Nghiên cứu và xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) phục vụ công tác quản lý và khai thác tài nguyên nước ở Việt Nam” làm căn cứ cho đánh giá độ chính xác của mô hình như trong hình 3.16.



Hình 3.16: Kết quả so sánh cao độ ngập tính toán với cao độ vết lũ thực đo

Hình 3.16 cho thấy kết quả kiểm tra cao độ ngập mô phỏng với cao độ vết lũ thực đo khá tốt, độ lệch tương đối giữa các điểm mô phỏng và thực đo nhỏ, trung bình là 2,2 %. Hệ số tương quan Nash giữa tính toán và thực đo đạt 96 % (Chi tiết xem tại phụ lục tính toán)

Các kết quả phân tích, đánh giá trên cho thấy bộ thông số thủy văn, thủy lực cho lòng dẫn và đồng bằng ngập lũ đã lựa chọn là phù hợp với thực tế. Do đó, sử

dụng bộ mô hình và thông số lựa chọn như trên cho mô phỏng các kịch bản lũ của Luận án là hợp lý và đảm bảo được độ chính xác.

### ***3.2.2 Tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn***

#### ***3.2.2.1 Lượng mưa cực hạn sử dụng tính toán***

Lượng mưa PMP sử dụng tính toán là lượng mưa PMP tại các trạm đã được xác định ở phần trước. Lượng mưa ngày PMP được tính toán cho các trường hợp sau:

Trường hợp 1: Lượng mưa PMP 1 ngày được sử dụng để tính toán lũ PMF. Lượng mưa PMP này là giá trị được xác định tại trạm trên lưu vực được thu phóng theo lượng mưa 6 giờ tại các trạm theo ngày mưa lớn nhất của trận mưa từ ngày 29/9/2009 đến ngày 2/10/2009.

Trường hợp 2: Lượng mưa PMP 3 ngày được thu phóng từ trận mưa điển hình năm 2009

Trường hợp 3: Lượng mưa PMP 5 ngày được thu phóng từ trận mưa điển hình năm 1999

Việc thu phóng từ lượng mưa PMP 1 ngày thành PMP 3 ngày và PMP 5 ngày được thực hiện bằng cách xây dựng các đường quan hệ lượng mưa 1 ngày lớn nhất với lượng mưa 3 và 5 ngày lớn nhất từ số liệu quan trắc tại các trạm. Trên cơ sở quan hệ này giá trị PMP 3 ngày và PMP 5 ngày sẽ được xác định từ lượng mưa PMP 1 ngày theo các hệ số quan hệ tương ứng với từng trạm.

#### ***3.2.2.2 Cực đại hóa lượng ẩm***

Theo lý thuyết, lũ cực hạn được xác định khi có sự kết hợp của hai yếu tố là mưa cực hạn và trạng thái bão hòa tới hạn của mặt đệm lưu vực. Trạng thái bão hòa tới hạn là thời điểm mà tại đó lưu vực không còn khả năng thấm tức toàn bộ lượng mưa cực hạn trên lưu vực đều trở thành lượng mưa hiệu quả sinh dòng chảy. Do đó việc mô phỏng dòng chảy lũ PMF từ mưa PMP đòi hỏi phải xác định được trạng thái bão hòa trong các mô hình thủy văn mưa rào dòng chảy.

Đối với mô hình HEC-HMS sử dụng ở trên với bản chất thủy văn là đường cong rút nước SCS ta có thể xác định được tổng lượng tổn thất tối đa mà lưu vực cần để bão hòa theo hệ số CN như công thức sau:

$$P_{bh} = I_a + F_a \quad (3-6)$$

Với  $I_a = 0,2 \cdot S = 0,2 \cdot 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10\right)$  là đại lượng đã được xác định, điều đó có nghĩa cần xác định được giá trị cực đại của  $F_a$ . Theo công thức tính giá trị triết giảm thấm theo lượng mưa ta có:

$$F_a = P - P_e = P - \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (3-7)$$

Đặt  $P = x \cdot S$ , ta có

$$F_a = \frac{(1,2x - 0,04)S}{x + 0,8} \quad (3-8)$$

Lấy tích phân với giá trị  $F_a$  với giá trị  $x$  lấy tới vô cùng ta có  $F_a = 1,2S$ . Kết hợp với giá trị lượng thấm ban đầu bằng  $0,2S$  ta có tổng lượng mưa cần thiết để mặt đệm lưu vực đạt trạng thái bão hòa sẽ là  $1,4S$ . Điều đó có nghĩa nếu giá trị CN của lưu vực giả sử là 65 thì tổng lượng mưa đệm cần thiết để bão hòa lưu vực sẽ là  $1,4 \cdot 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{65} - 10\right) = 191,5 \text{ mm}$ .

Mặc dù xác định được tổng lượng mưa đệm cần thiết như trên nhưng do đường cong triết giảm thấm lại chịu sự chi phối của lượng mưa như thể hiện trong công thức tính  $F_a$  ((3-7),(3-8)) nên việc xác định hàm phân bố tổng lượng mưa đệm theo thời gian lại là một vấn đề hết sức phức tạp và tiềm ẩn nhiều rủi ro. Bên cạnh đó, theo công thức tính  $F_a$  nếu lượng mưa đệm trong từng bước tính đủ lớn ( $\geq 0,2S$ ) thì chỉ sau vài chục bước tính là lượng thấm lưu vực sẽ xấp xỉ với lượng thấm cần thiết để bão hòa lưu vực.

Một điểm mạnh của mô hình HEC-HMS là cho phép người dùng lựa chọn chế độ tính toán không tổn thất tức mô hình sẽ chuyển đổi toàn bộ lượng mưa thành dòng chảy mà không qua trạng thái thấm của lưu vực. Điều này cũng đồng nghĩa với việc lưu vực đang ở trạng thái bão hòa như điều kiện lý tưởng của lý thuyết về lũ cực hạn. Do đó, để đơn giản hóa quá trình tính toán PMF cho lưu vực nghiên cứu



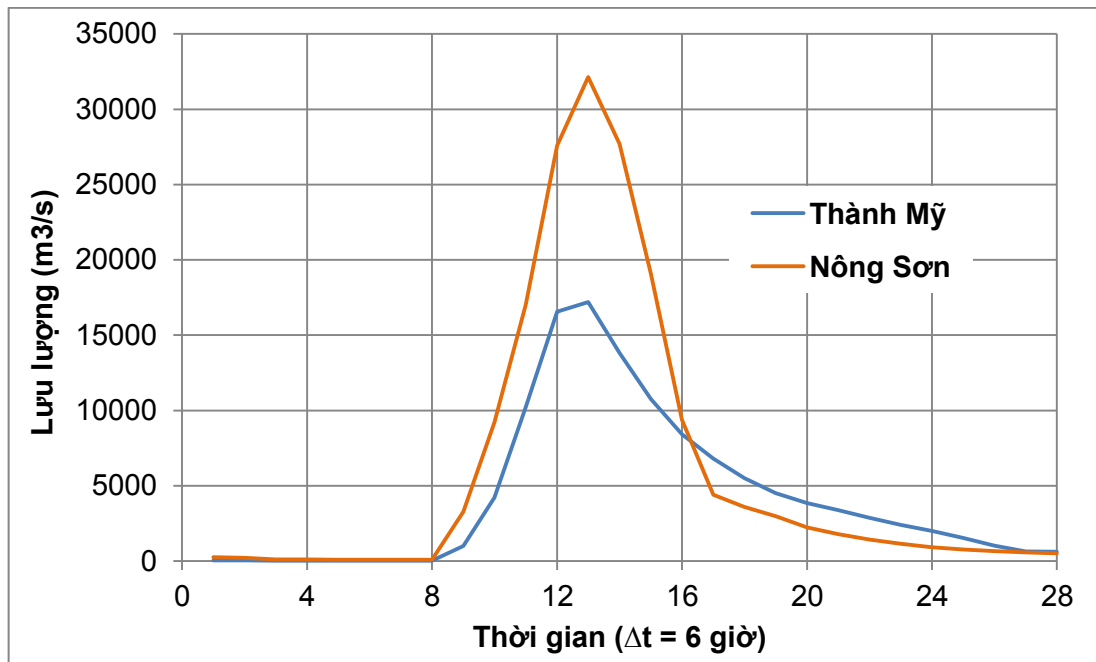
luận án sẽ lựa chọn phương pháp tính toán này thay cho việc xác định hàm phân bố lượng thấm phức tạp như trình bày ở trên để bảo hòa mặt đệm lưu vực.

### 3.2.2.3 Đánh giá kết quả tính toán

#### a) Xác định lưu lượng lũ PMF tại hai trạm Thành Mỹ và Nông Sơn

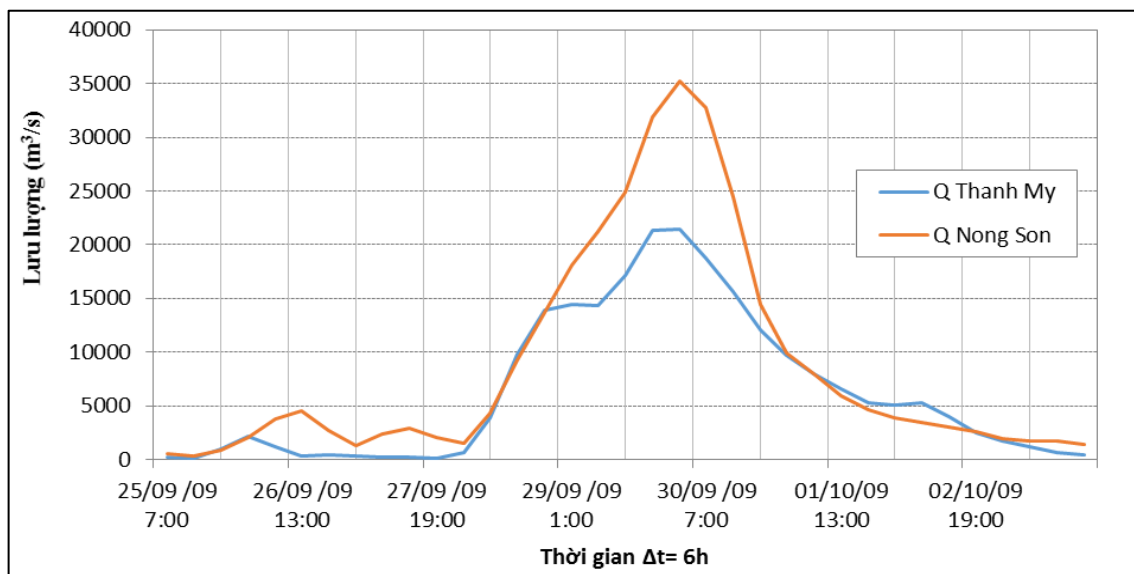
Kết quả xác định lưu lượng lũ cực hạn tại hai trạm Thành Mỹ và Nông Sơn với ba trường hợp tính như sau:

Trường hợp 1: Đối với trường hợp lượng mưa PMP 1 ngày thì lũ PMF tại trạm Nông Sơn và Thành Mỹ có dạng một đỉnh với lưu lượng đỉnh lũ PMF tại trạm Nông Sơn là  $32.142 \text{ m}^3/\text{s}$  và tại trạm Thành Mỹ là  $17.206 \text{ m}^3/\text{s}$ . Chi tiết như trong hình dưới:



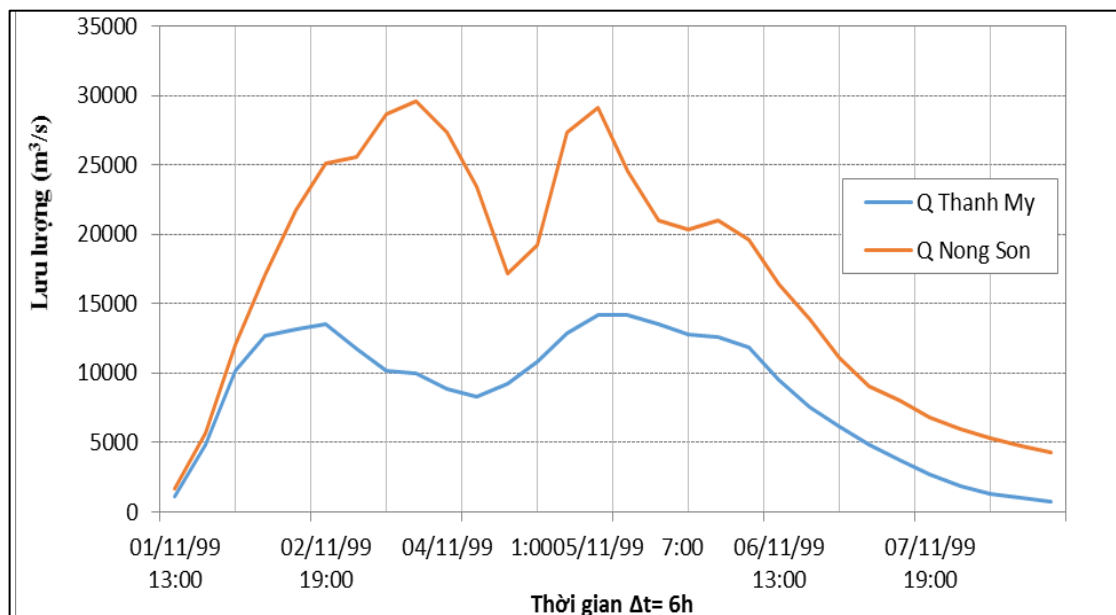
Hình 3.17: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với lượng mưa PMP 1 ngày

Trường hợp 2: Tính toán lũ PMF với lượng mưa PMP 3 ngày thu phóng theo dạng mưa năm 2009. Kết quả tính toán cho thấy lưu lượng lũ PMF tại trạm Nông Sơn là  $35.232 \text{ m}^3/\text{s}$  và tại trạm Thành Mỹ là  $21.435 \text{ m}^3/\text{s}$ . Chi tiết quá trình lũ như trong hình bên dưới:



Hình 3.18: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với dạng lũ năm 2009

Trường hợp 3: Tính toán lũ PMF với lượng mưa PMP 5 ngày thu phóng theo dạng mưa năm 1999. Kết quả tính toán cho thấy lưu lượng lũ PMF tại trạm Nông Sơn là  $29.578 \text{ m}^3/\text{s}$  và tại trạm Thành Mỹ là  $14.221 \text{ m}^3/\text{s}$ . Chi tiết quá trình lũ như trong hình bên dưới:



Hình 3.19: Đường quá trình lũ PMF tại trạm thủy văn Thành Mỹ và Nông Sơn ứng với dạng lũ năm 1999

Kết quả tính toán cho thấy lưu lượng lũ PMF tại Trường hợp 2 ứng với lượng mưa PMP 3 ngày là lớn nhất so với khi tính toán với PMP 1 ngày và PMP 5 ngày. Kết quả tính toán này là phù hợp với các diễn biến mưa, lũ thực tế đã xảy ra trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn, đó là: thời gian xảy ra mưa gây lũ trên diện rộng thường kéo dài trong khoảng thời gian là 3 ngày, kết hợp với điều kiện địa hình của lưu vực nên sẽ gây ra những trận lũ có cường độ lớn. b) Tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF tại các hồ chứa thủy điện trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn: Với điều kiện địa hình thuận lợi cho việc xây dựng các công trình hồ chứa thủy lợi, thủy điện nên trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn hiện nay có rất nhiều hồ chứa thủy lợi, thủy điện (đa số là các hồ chứa có dung tích nhỏ).

Trong nghiên cứu này, luận án sẽ tập trung vào việc tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF tại 07 hồ chứa thủy điện có dung tích vừa và lớn trên lưu vực Vu Gia – Thu Bồn gồm hồ chứa thủy điện A Vương, sông Bung 2, sông Bung 4, sông Bung 5, sông Bung 6, sông Tranh 2 và Đăk Mi 4 để đánh giá mức độ đáp ứng (khả năng thoát lũ) của các hồ chứa này với lũ PMF.

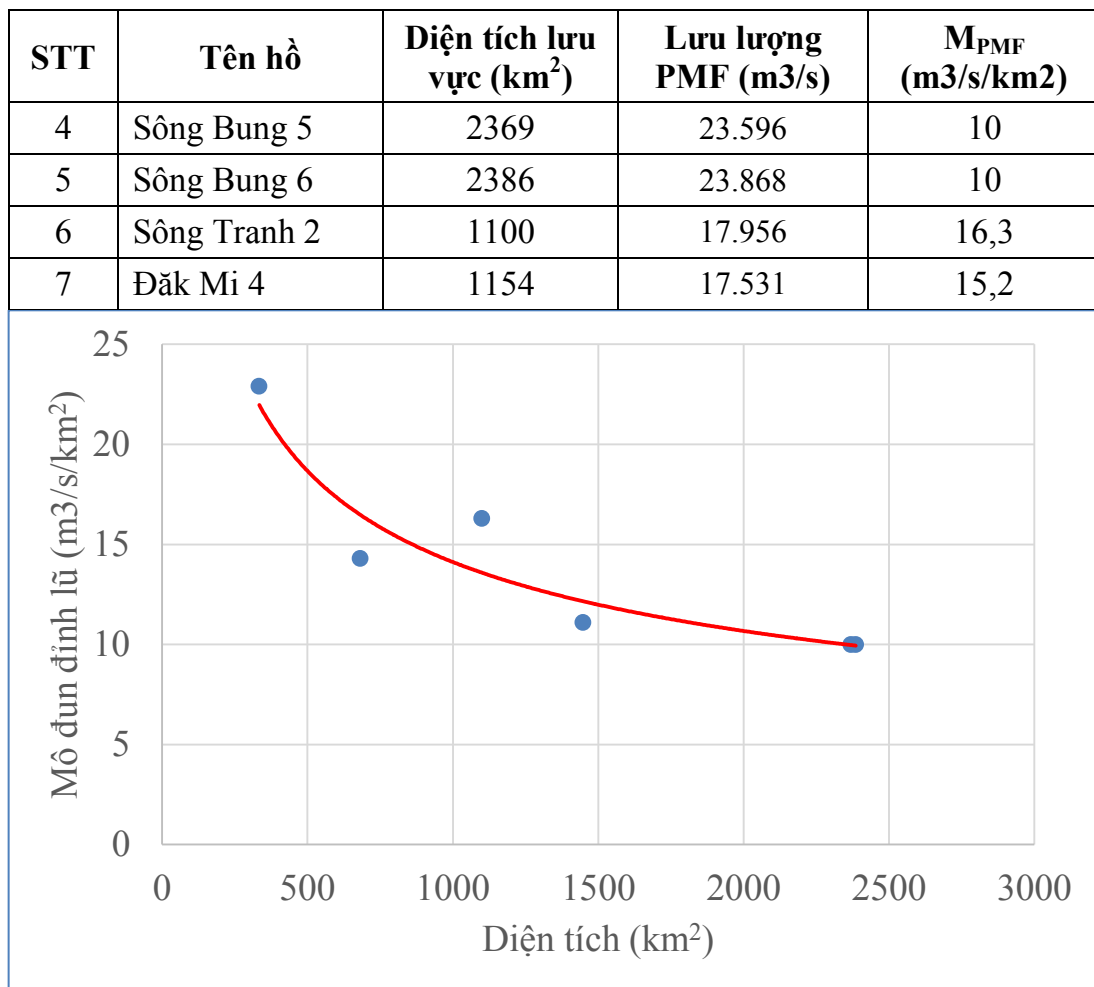
Số liệu sử dụng tính toán là kết quả lượng mưa PMP đã được xác định được tại mục 3.1.3 và được thu phóng thành lượng mưa PMP 3 ngày như tính toán tại trường hợp 2 tại mục (a) phí trên (Do trường hợp tính toán này cho lưu lượng đỉnh lũ PMF lớn nhất)

Mô hình sử dụng tính toán: là mô hình HEC-HMS được thiết lập cho lưu vực Vu Gia – Thu Bồn với diện tích mỗi tiểu lưu vực được xác định bằng với diện tích hồ chứa (diện tích tiểu lưu vực được không chế đến tuyến đập dâng).

Kết quả tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF tại các hồ chứa được thống kê trong bảng bên dưới:

Bảng 3.15: Lưu lượng PMF tại các hồ chứa thủy điện

| STT | Tên hồ      | Diện tích lưu vực (km <sup>2</sup> ) | Lưu lượng PMF (m <sup>3</sup> /s) | M <sub>PMF</sub> (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1   | A Vương     | 682                                  | 9.760                             | 14,3                                                  |
| 2   | Sông Bung 2 | 334                                  | 7.644                             | 22,9                                                  |
| 3   | Sông Bung 4 | 1448                                 | 16.128                            | 11,1                                                  |



Hình 3.20: Triệt giảm mô đun đỉnh lũ PMF theo diện tích lưu vực của các hồ chứa

### 3.2.3 Xác định quan hệ giữa PMF và lũ tần suất thiết kế tại các hồ chứa

Các kết quả tính toán lưu lượng đỉnh PMF tại các tuyến đập của hồ chứa đều cho thấy lưu lượng đỉnh lũ theo tần suất thiết kế và tần suất kiểm tra tại các hồ chứa đều nhỏ hơn nhiều so với lưu lượng PMF. Vì vậy, nếu PMF xảy ra tại các hồ chứa trên thì khả năng đảm bảo an toàn của công trình là không thể đáp ứng. Với xu hướng áp dụng các quy tắc tính toán thiết kế mới, lấy lưu lượng đỉnh lũ PMF làm tiêu chuẩn (đặc biệt là các dự án có nguồn vốn ODA) như hiện nay thì việc điều chỉnh các quy hoạch/thiết kế, kiểm tra an toàn các công trình mới theo tiêu chuẩn PMF là cần thiết.

Tuy nhiên, tính toán lưu lượng đỉnh lũ PMF với hàng loạt các bước tính, đòi hỏi phải đảm bảo các yêu cầu khoa học và kỹ thuật. Trong tình trạng chuỗi số liệu

thiếu về thời gian và không gian quan trắc như Việt Nam thì việc xác định giá trị này là rất khó khăn và không phải lúc nào cũng có thể xác định được, đặc biệt là tại các công trình hồ chứa thủy lợi/thủy điện, nơi không có trạm quan trắc về các yếu tố khí tượng, thủy văn.

Để giải quyết những khó khăn này cũng như giúp việc tính toán PMF nhanh tại các hồ chứa khi có yêu cầu, luận án xây dựng mối quan hệ giữa lưu lượng lũ tần suất với lưu lượng lũ PMF. Các bước xây dựng như sau:

Bước 1: Xác định lưu lượng lũ theo các tần suất khác nhau tại mỗi hồ chứa

Giá trị lưu lượng lũ theo các tần suất tại mỗi hồ chứa được xác định theo công thức triết giảm đỉnh lũ với số liệu lũ cơ sở tương ứng với các tần suất 0,01 %; 0,02%; 0,05 %; 0,1%; 0,2 %; 0,5 %; 1 % được xác định tại hai trạm Nông Sơn và Thành Mỹ.

Bước 2: Xác định tỷ lệ giữa giá trị PMF tại cửa các hồ chứa và lưu lượng lũ theo các tần suất 0,01 %; 0,02%; 0,05 %; 0,1%; 0,2 %; 0,5 %; 1 %.

Bước 3: Vẽ đường bao trên mối quan hệ giữa tần suất xuất hiện lũ (độ lặp lại) của các hồ chứa và tỷ số tỷ lệ giữa PMF với các lũ tần suất 0,01 %; 0,02%; 0,05 %; 0,1%; 0,2 %; 0,5 %; 1 %.

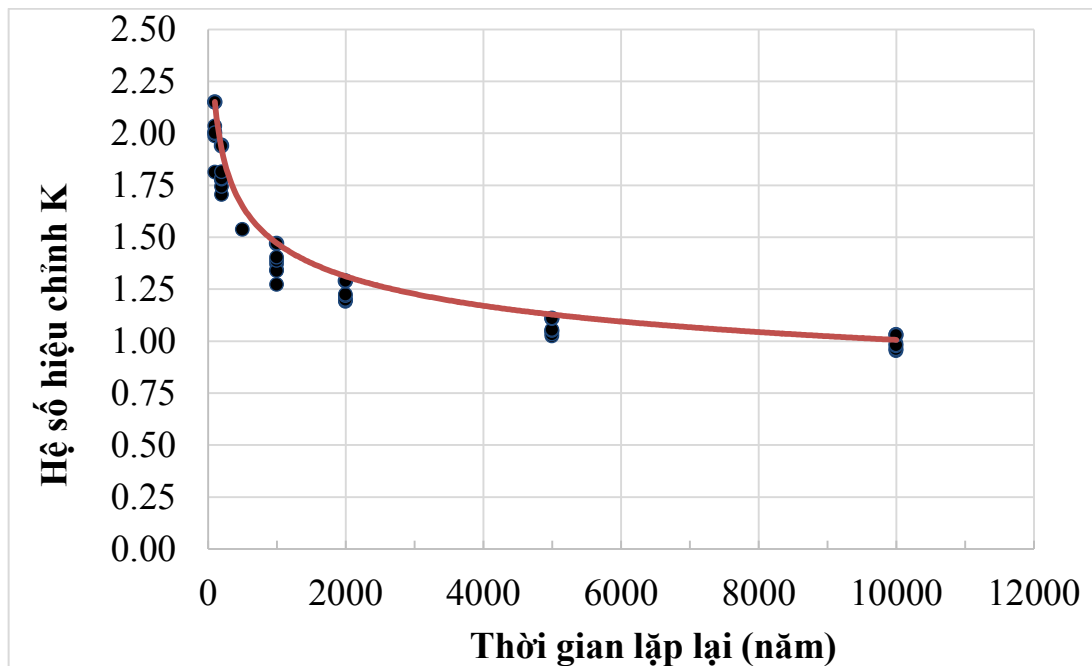
Kết quả tính toán mối quan hệ giữa PMF với lưu lượng lũ tần suất được thể hiện trong bảng và hình bên dưới:

Bảng 3.16: Tổng hợp thông kê lưu lượng thiết kế, lưu lượng kiểm tra và kết quả tính toán lũ PMF và các hệ số hiệu chỉnh tại các hồ chứa

| STT | Hồ chứa | Diện tích (km <sup>2</sup> ) | Lũ tần suất             |                             | PMF (m <sup>3</sup> /s) | Khc  |
|-----|---------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------|
|     |         |                              | Thời gian lặp lại (năm) | Giá trị (m <sup>3</sup> /s) |                         |      |
| 1   | A Vương | 682                          | 10.000                  | 10.230                      | 9.760                   | 0,95 |
|     |         |                              | 5.000                   | 9.516                       |                         | 1,03 |
|     |         |                              | 2.000                   | 8.198                       |                         | 1,19 |
|     |         |                              | <b>1.000</b>            | <b>7.120</b>                |                         | 1,37 |
|     |         |                              | <b>200</b>              | <b>5.720</b>                |                         | 1,71 |
|     |         |                              | 100                     | 4.912                       |                         | 1,99 |
| 2   | Bung 2  | 334                          | 10.000                  | 7.406                       | 7.644                   | 1,03 |

| STT | Hồ chứa  | Diện tích<br>(km <sup>2</sup> ) | Lũ tần suất                |                                | PMF<br>(m <sup>3</sup> /s) | Khc  |
|-----|----------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------|
|     |          |                                 | Thời gian lặp<br>lại (năm) | Giá trị<br>(m <sup>3</sup> /s) |                            |      |
|     |          |                                 | 5.000                      | 6.889                          |                            | 1,11 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 5.935                          |                            | 1,29 |
|     |          |                                 | <b>1.000</b>               | <b>5.208</b>                   |                            | 1,47 |
|     |          |                                 | <b>200</b>                 | <b>3.931</b>                   |                            | 1,94 |
|     |          |                                 | 100                        | 3.556                          |                            | 2,15 |
|     |          |                                 |                            |                                |                            |      |
| 3   | Bung 4   | 1.448                           | 10.000                     | 16.809                         | 16.128                     | 0,96 |
|     |          |                                 | <b>5.000</b>               | <b>15.427</b>                  |                            | 1,05 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 13.471                         |                            | 1,20 |
|     |          |                                 | <b>1.000</b>               | <b>12.008</b>                  |                            | 1,34 |
|     |          |                                 | 200                        | 9.093                          |                            | 1,77 |
|     |          |                                 | 100                        | 8.071                          |                            | 2,00 |
| 4   | Tranh 2  | 1.100                           | 10.000                     | 18.158                         | 17.956                     | 0,99 |
|     |          |                                 | 5.000                      | 17.114                         |                            | 1,05 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 15.005                         |                            | 1,20 |
|     |          |                                 | <b>1.000</b>               | <b>14.100</b>                  |                            | 1,27 |
|     |          |                                 | <b>200</b>                 | <b>10.300</b>                  |                            | 1,74 |
|     |          |                                 | 100                        | 9.904                          |                            | 1,81 |
| 5   | Đak My 4 | 1.154                           | 10.000                     | 18.213                         | 17.531                     | 0,96 |
|     |          |                                 | 5.000                      | 16.942                         |                            | 1,03 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 14.596                         |                            | 1,20 |
|     |          |                                 | 1.000                      | 13.091                         |                            | 1,34 |
|     |          |                                 | <b>500</b>                 | <b>11.400</b>                  |                            | 1,54 |
|     |          |                                 | 200                        | 9.852                          |                            | 1,78 |
|     |          |                                 | <b>100</b>                 | <b>8.730</b>                   |                            | 2,01 |
|     |          |                                 |                            |                                |                            |      |
| 6   | Bung 5   | 2.369                           | 10.000                     | 24.140                         | 23.596                     | 0,98 |
|     |          |                                 | 5.000                      | 22.456                         |                            | 1,05 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 19.347                         |                            | 1,22 |
|     |          |                                 | <b>1.000</b>               | <b>16.991</b>                  |                            | 1,39 |
|     |          |                                 | <b>200</b>                 | <b>13.222</b>                  |                            | 1,78 |
|     |          |                                 | 100                        | 11.591                         |                            | 2,04 |
| 7   | Bung 6   | 2.386                           | 10.000                     | 24.313                         | 23.868                     | 0,98 |
|     |          |                                 | 5.000                      | 22.617                         |                            | 1,06 |
|     |          |                                 | 2.000                      | 19.486                         |                            | 1,22 |

| STT | Hồ chứa | Diện tích<br>(km <sup>2</sup> ) | Lũ tần suất                |                                | PMF<br>(m <sup>3</sup> /s) | Khc  |
|-----|---------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------|
|     |         |                                 | Thời gian lặp<br>lại (năm) | Giá trị<br>(m <sup>3</sup> /s) |                            |      |
|     |         |                                 | 1.000                      | 17.011                         |                            |      |
|     |         |                                 | 200                        | 13.153                         |                            |      |
|     |         |                                 | 100                        | 11.914                         |                            | 2,00 |



Hình 3.21: Đường cong hiệu chỉnh  $K_{hc}$  theo độ lặp lại thiết kế tại các hồ chứa

Quan hệ hình 3.21 cho thấy với các tần suất thiết kế nhỏ (Độ lặp lại lớn) thì giá trị của hệ số hiệu chỉnh  $K_{hc}$  thường nhỏ và ngược lại. Cụ thể, với độ lặp lại là 100 năm thì hệ số hiệu chỉnh này là 2,15, trong khi đó với độ lặp lại 5000 năm thì giá trị hiệu chỉnh này là 1,11. Căn cứ vào biểu đồ quan hệ trên có thể tìm được các giá trị  $K_{hc}$  cho các tần suất thiết kế khác nhau. Khi đó, để xác định giá trị PMF ta chỉ cần nhân giá trị hiệu chỉnh  $K_{hc}$  với giá trị lũ tần suất tương ứng tại vị trí công trình.

Mặc dù biểu đồ quan hệ trên mới chỉ được xây dựng từ một số ít các số liệu quan trắc, tính toán nhưng sẽ có ý nghĩa trong việc gián tiếp xác định giá trị đỉnh lũ PMF cho bất kỳ một vị trí nào trên không gian lưu vực một cách đơn giản. Đường cong quan hệ này khi được cập nhật thêm các số liệu tính toán tại nhiều hồ chứa nằm trên các lưu vực sẽ đảm bảo độ chính xác và tin cậy để sử dụng trong thực tế.

Từ những giá trị hiệu chỉnh này hoàn toàn có thể xác định được giá trị PMF thông qua giá trị lũ tần suất từ đó có những điều chỉnh kích thước công trình phù hợp với yêu cầu phòng chống lũ trong tình hình mới như hiện nay.

### 3.3 Đánh giá mức độ ngập lũ hạ du và đề xuất giải pháp giảm nhẹ rủi ro lũ

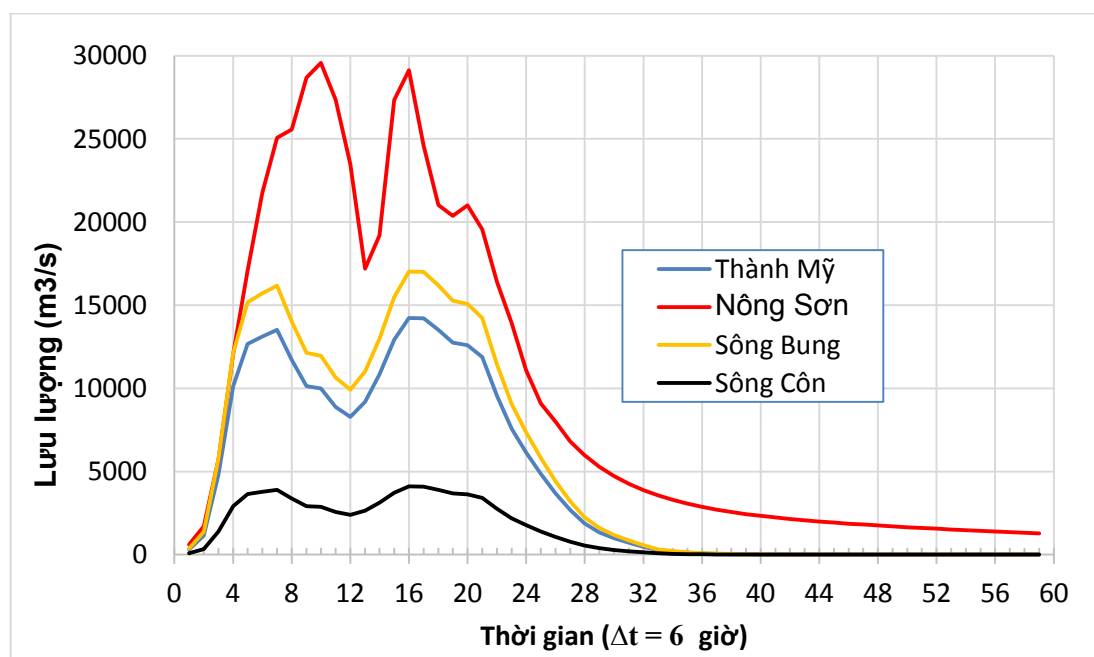
#### 3.3.1 Đánh giá mức độ ngập lũ hạ du với lũ PMF

Để đánh giá mức độ nguy hiểm của lũ PMF với hạ du lưu vực, luận án sử dụng mô hình ngập lũ đã thiết lập ở trên để mô phỏng quá trình dòng chảy lũ và ngập lũ vùng hạ du. Các giá trị tính toán này sẽ là căn cứ cho thấy mức “tàn phá” mà thảm họa do lũ có thể xảy ra. Bên cạnh đó, việc mô phỏng này còn là một phép thử khả năng ứng phó của các giải pháp phòng, chống lũ hạ du nếu xảy ra lũ PMF.

Sử dụng bộ mô hình toán đã thiết lập ở trên, tiến hành mô phỏng quá trình ngập lũ hạ du do lũ PMF với kết quả diễn biến ngập lũ như sau:

##### 3.3.1.1. Lưu lượng lũ tại cửa ra của các tiểu lưu vực

Sử dụng các giá trị PMP được xác định ở trên tại từng trạm quan trắc và thu phóng theo trận mưa từ ngày 01-08/11/1999 để xác định giá trị lưu lượng lũ tại cửa ra của các tiểu lưu vực theo mô hình toán thủy văn. Chi tiết quá trình dòng chảy lũ tại cửa ra của các tiểu lưu vực trong hình 3.22.



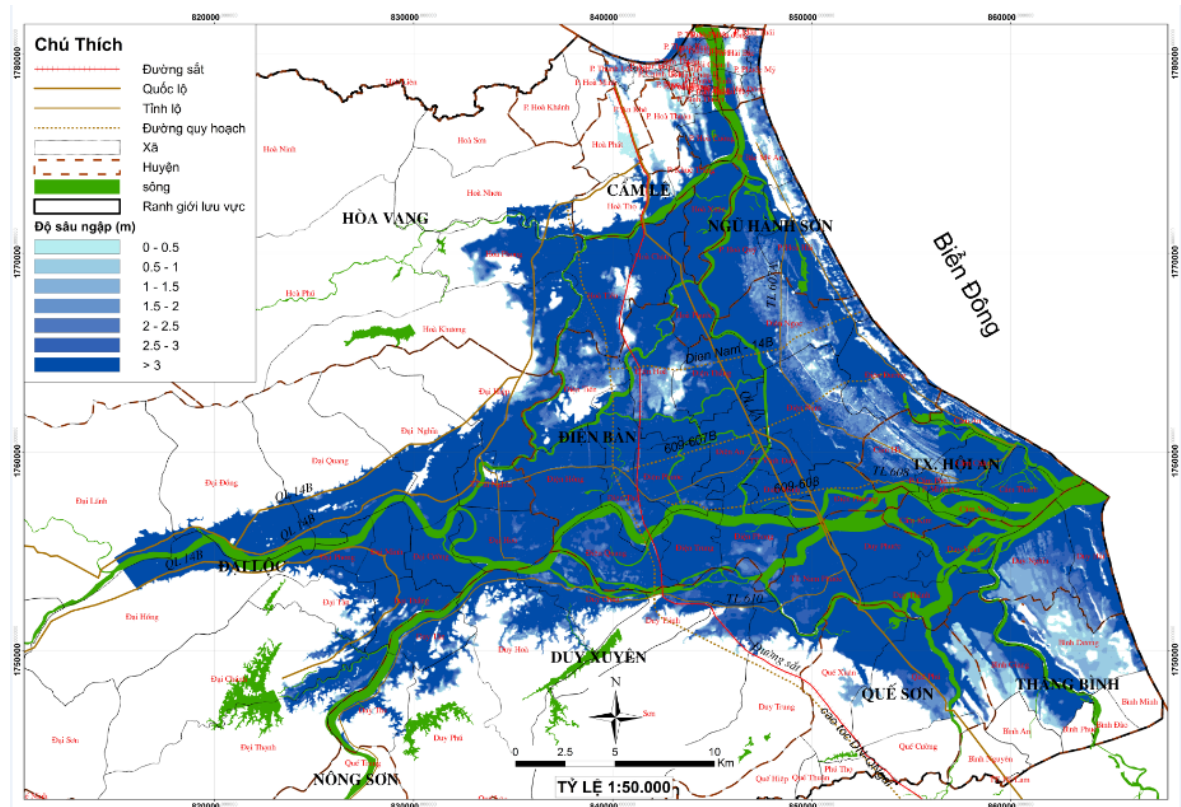
Hình 3.22: Quá trình lưu lượng lũ PMF tại cửa ra của các tiểu lưu vực



### 3.3.1.2. Tác động của lũ PMF tới hạ du của lưu vực

#### a. Diện tích, mức độ ngập lụt vùng hạ du của lưu vực

Kết quả mô phỏng thủy lực ngập lụt với trận lũ PMF cho thấy toàn bộ vùng hạ du lưu vực Vu Gia-Thu Bồn “chìm” trong biển nước với 74 % diện tích toàn lưu vực, trong đó diện tích có độ ngập sâu trên 3 m lên tới 500 km<sup>2</sup> tương đương với 55 % diện tích toàn vùng hạ du và 75 % phần diện tích bị ngập. Với mức độ ngập diện rộng và mức độ ngập sâu như vậy thì hầu như không có khả năng chống đỡ và cũng không có địa điểm an toàn để di dời dân, thiệt hại về người và tài sản do trận lũ này là không thể lường hết được. Bản đồ ngập lũ vùng hạ du lưu vực được thể hiện trong hình 3.23.



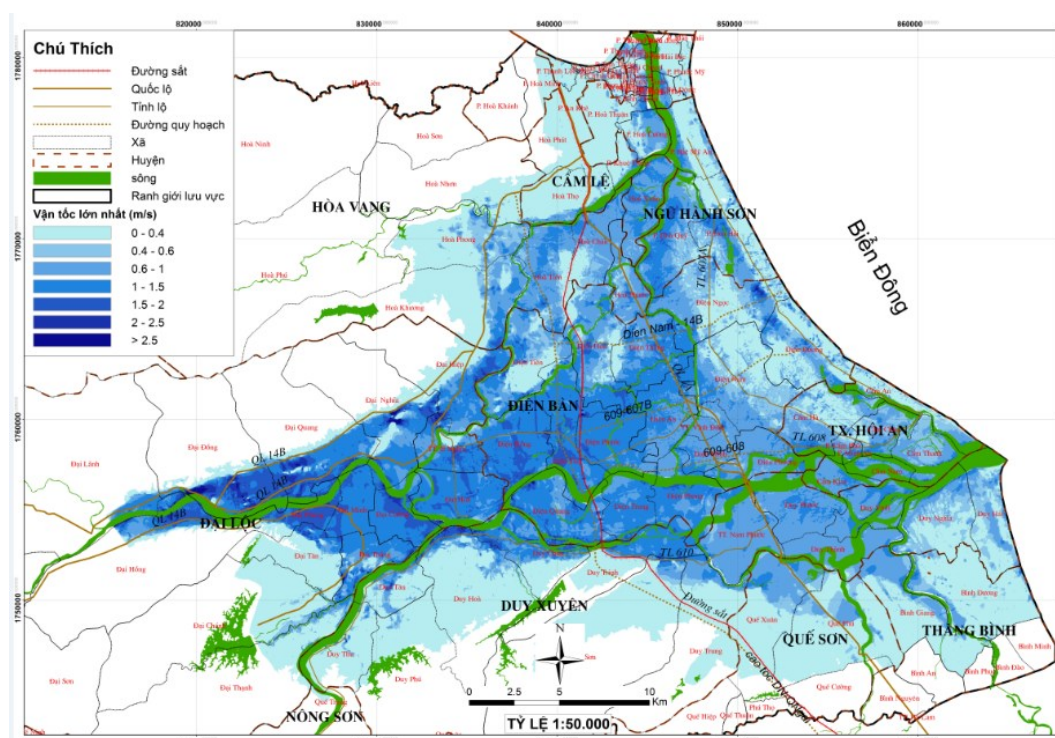
Hình 3.23: Bản đồ ngập lụt với trận lũ PMF vùng hạ du của lưu vực

Bảng thống kê diện tích ngập theo các cấp độ sâu ngập được trình bày trong bảng 3.17.

Bảng 3.17: Diện tích ngập phân theo các khoảng độ sâu ngập

| STT  | Độ sâu ngập (m) | Diện tích ngập (km <sup>2</sup> ) | Tỷ lệ so với tổng diện tích ngập (%) |
|------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1    | 0-0.5m          | 7.56                              | 1.11                                 |
| 2    | 0.5-1m          | 21.07                             | 3.09                                 |
| 3    | 1-1.5m          | 27.89                             | 4.09                                 |
| 4    | 1.5-2m          | 32.54                             | 4.77                                 |
| 5    | 2-2.5m          | 45.85                             | 6.72                                 |
| 6    | 2.5-3m          | 50.59                             | 7.41                                 |
| 7    | > 3m            | 497.22                            | 72.83                                |
| Tổng |                 | 682.74                            |                                      |

b. Phân bố vận tốc dòng chảy lũ trên vùng ngập lũ



Hình 3.24: Bản đồ vận tốc dòng chảy lũ trên vùng ngập lũ

Bên cạnh đặc trưng diện tích ngập lũ gây nguy hại cho hạ du thì vấn đề về vận tốc dòng chảy lũ cũng cần được quan tâm tới. Vận tốc dòng chảy lũ lớn sẽ phá

hoại cơ sở hạ tầng và cơ sở vật chất của nhân dân vùng lũ. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi xảy ra lũ PMF vận tốc dòng chảy lũ tràn trên vùng đồng bằng có thể lên tới 2,5 m/s, có khả năng cuốn trôi mọi thứ trên đường nó đi qua. Chi tiết về vận tốc dòng chảy lũ được thể hiện trong bảng 3.18 và hình 3.24.

Bảng 3.18: Phân bố diện tích theo các vận tốc dòng chảy lũ

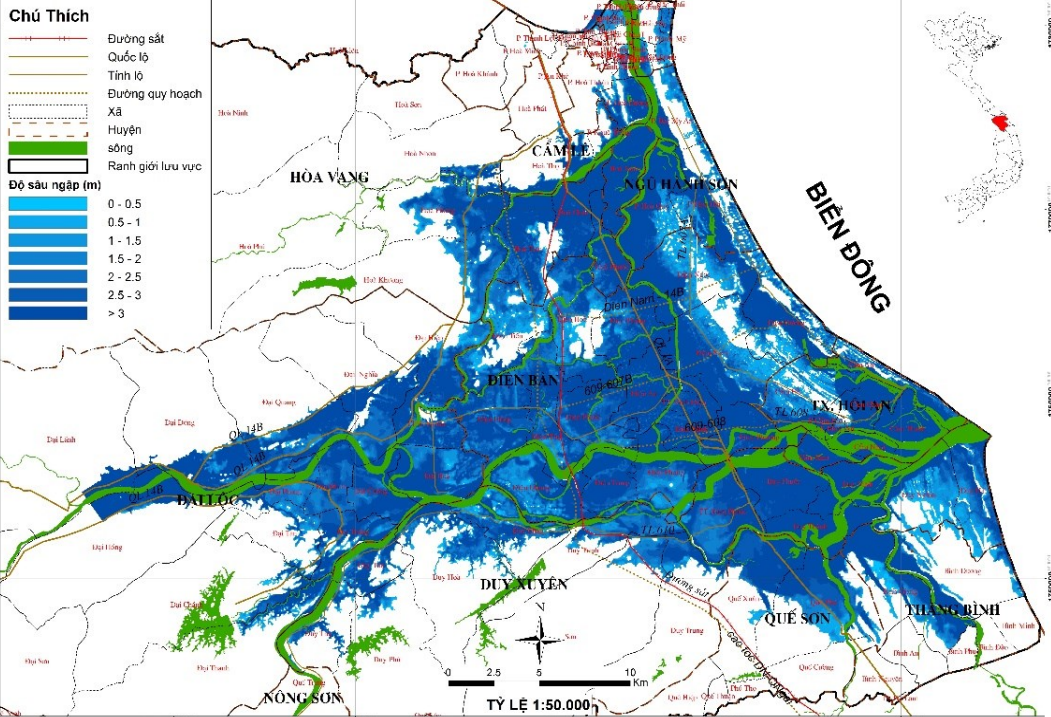
| STT | Vận tốc (m/s) | Diện tích (km <sup>2</sup> ) | Tỷ lệ so với tổng diện tích ngập (%) |
|-----|---------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 1   | 0-0.5         | 188.4                        | 27.9                                 |
| 2   | 0.5-1         | 249.2                        | 36.9                                 |
| 3   | 1-1.5         | 182.7                        | 27.1                                 |
| 4   | 1.5-2         | 44.3                         | 6.6                                  |
| 5   | 2-2.5         | 7.3                          | 1.1                                  |
| 6   | > 2.5         | 2.9                          | 0.4                                  |
|     | <b>Tổng</b>   | <b>674.8</b>                 | <b>100</b>                           |

Các phân tích diện tích ngập lũ và vận tốc dòng chảy lũ trên vùng đồng bằng của lưu vực cho thấy lũ PMF là một hiện tượng quá lớn, quá cực đoan và công tác ứng phó, phòng chống là “bất khả thi”. Với lũ PMF này thì mọi thứ trên đường đi của nó đều bị phá hủy hoàn toàn bởi độ sâu ngập và vận tốc dòng chảy rất lớn.

### 3.3.2 Đánh giá mức độ ngập lũ PMF so với lũ tần suất 0.01 %

Lũ theo tần suất mưa được mô phỏng trong luận án tương ứng với các trận mưa lũ có tần suất 0,01 % được phân bố theo dạng lũ của trận lũ từ 01-08/11/1999. Mô phỏng này không đề cập đến các hồ chứa và ảnh hưởng từ việc vận hành của chúng tới dòng chảy hạ du. Diện tích, mức độ gây ngập lụt vùng hạ du lưu vực của trận lũ 0,01 % so với trận lũ PMF như sau:

Tổng diện tích ngập tại thời điểm ngập lớn nhất tương ứng với các tần suất 0,01 % là 604,1 km<sup>2</sup> nhỏ hơn 78 km<sup>2</sup> so với lũ PMF và tỷ lệ diện tích ngập sâu cũng nhỏ hơn, đối với lũ PMF diện tích ngập sâu trên 497 km<sup>2</sup> chiếm trên 72 % diện tích vùng ngập lũ, trong khi đó với lũ tần suất 0,01 % diện tích ngập ở độ sâu này là 339 km<sup>2</sup> chiếm 56 % tổng diện tích ngập lũ của lưu vực. Bản đồ ngập ứng với tần suất mưa, lũ 0,01 % được thể hiện trong hình 3.25.



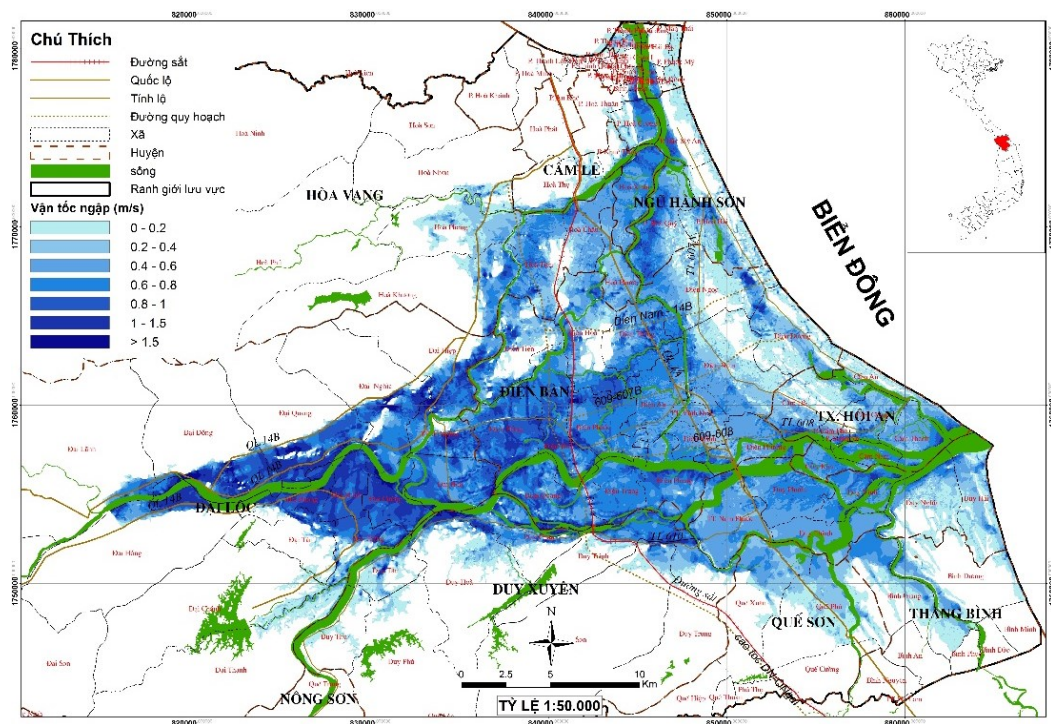
Hình 3.25: Bản đồ ngập lụt vùng hạ du ứng với trận mưa lũ tần suất 0,01%

**Bảng 3.19: Diện tích ngập ứng với từng độ sâu ngập ứng với tần suất mưa 0,01%**

| STT | Độ sâu ngập | Diện tích (km2) | Tỷ lệ so với tổng diện tích ngập (%) |
|-----|-------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1   | 0.1-0,5m    | 13.6            | 2.3                                  |
| 2   | 0,5-1m      | 36.3            | 6.0                                  |
| 3   | 1-1,5m      | 39.4            | 6.5                                  |
| 4   | 1,5-2m      | 50.6            | 8.4                                  |
| 5   | 2-2,5m      | 58.3            | 9.7                                  |
| 6   | 2,5-3m      | 66.8            | 11.1                                 |
| 7   | > 3m        | 339.0           | 56.1                                 |
|     | <b>Tổng</b> | <b>604.1</b>    |                                      |

Bên cạnh đó, lũ 0,01 % cũng cho thấy vận tốc dòng chảy lũ hạ du nhỏ hơn nhiều so với khi xảy ra lũ PMF. Nếu như khi xảy ra lũ PMF diện tích có vận tốc dòng chảy lũ lớn hơn 1,5 m/s chiếm trên 60 % diện tích vùng ngập lũ thì trong trường hợp xảy ra lũ tần suất 0,01 % thì diện tích ngập lũ có vận tốc lớn hơn 1,5 m/s chủ yếu chỉ tập trung tại khu vực phía thượng lưu của sông Quảng Huế và dọc theo lòng sông.





Hình 3.26: Bản đồ phân bố vận tốc dòng chảy lũ ứng với lũ tần suất 0,01 %

### 3.3.3 Đề xuất giải pháp giảm nhẹ lũ lớn

#### 3.3.3.1 Giải pháp quản lý lũ PMF

Theo kết quả tính toán, lượng mưa PMP xuất hiện tương đối đồng đều trên lưu vực, nên khả năng (lý thuyết) có thể xảy ra lũ PMF thì sẽ xảy ra trên diện rộng, không thể ứng phó hiệu quả. Đối với trường hợp này, với mức độ có thể, luận án đề xuất các giải pháp sau:

- 1) Nâng cấp an toàn hồ chứa bằng cách tính lũ kiểm tra với lũ PMF, tiến hành nâng cao đập mở rộng khẩu độ tràn để thoát lũ nhanh...
- 2) Nâng cấp chất lượng dự báo hạn ngắn và hạn vừa, tăng cường công tác truyền thông, kịp thời cảnh báo với khả năng sớm nhất có thể.

#### 3.3.3.2 Giải pháp quản lý lũ lớn

##### a. Giải pháp phi công trình

- 1) Nâng cao kiến thức về phòng chống thiên tai.
- 2) Nắm vững và thực hiện đúng những quy định tính lũ, xả lũ của các hồ chứa trong lưu vực để ứng phó kịp thời
- 3) Nâng cao chất lượng dự báo lũ.

4) Bảo vệ rừng đầu nguồn

b. Giải pháp công trình

- 1) Chọn phương pháp nâng cao chất lượng công trình phù hợp.
- 2) Theo dõi hiện trạng hoạt động công trình có khả năng xảy ra sự cố.
- 3) Tổ chức ứng phó kịp thời khi công trình xảy ra sự cố.
- 4) Theo dõi sự cố có thể xảy ra hai bờ sông: sạt lở, nứt nẻ, gây nguy hiểm, tổ chức di dời dân đến nơi an toàn...

### **3.4 Kết luận chương III**

Nội dung Chương III đã giải quyết được toàn bộ mục tiêu nghiên cứu của Luận án với việc xác định được giá trị PMP, PMF phù hợp cho lưu vực nghiên cứu. Các phân tích, tính toán cho thấy giá trị PMP trung bình toàn lưu vực khoảng 1.257 mm gấp 2,27 lượng mưa lớn nhất trung bình trên toàn lưu vực.

Kết quả tính toán lưu lượng lũ PMF tại các tiểu lưu vực (Nông Sơn và Thành Mỹ) cho thấy trường hợp xảy ra mưa PMP 3 ngày theo dạng lũ năm 2009 sẽ gây ra lưu lượng đỉnh lũ PMF lớn nhất với lưu lượng đỉnh lũ tại các trạm Nông Sơn và Thành Mỹ lần lượt là 35.232 m<sup>3</sup>/s và 21.435 m<sup>3</sup>/s. Sử dụng trường hợp mưa PMP 3 ngày để tính toán cho các hồ chứa (07 hồ chứa thủy điện) đều cho thấy lưu lượng đỉnh lũ PMF đều vượt so với lưu lượng lũ thiết kế và kiểm tra từ 1,11 đến 2,15 lần tại các hồ chứa. Do đó, để đảm bảo an toàn của các hồ chứa này trước lũ PMF thì cần phải có những điều chỉnh về kích thước tràn cho hợp lý.

Nghiên cứu, tính toán tại chương 3 cũng chỉ ra mối quan hệ giữa lưu lượng lũ PMF với lưu lượng lũ thiết kế (lũ theo tần suất) tại các hồ chứa. Trên cơ sở xác định này sẽ giúp các tính toán xác định lưu lượng lũ PMF cho các hồ chứa được thuận lợi.

Bên cạnh đó, kết quả diễn toán ngập lụt với lũ PMF cho thấy vùng hạ du của lưu vực hoàn toàn bị “vô hiệu” khả năng ứng phó do độ sâu ngập lụt và vận tốc dòng chảy quá lớn. Tuy việc quản lý, ứng phó với trận lũ PMF là không thể thực hiện được nhưng vấn đề ứng phó với các trận lũ lớn vẫn cần được quan tâm.

## KẾT LUẬN

### 1. Những nội dung chính luận án đã thực hiện

Lũ và quản lý lũ lớn luôn là một vấn đề bức xúc đối với mỗi quốc gia do tầm quan trọng của nó trong việc phát triển bền vững kinh tế xã hội và an toàn môi trường của một lưu vực. Đặc biệt trong điều kiện BĐKH ngày càng diễn ra mạnh mẽ làm xuất hiện của nhiều trận mưa, lũ cực đoan trong những năm trở lại đây càng cho thấy việc nghiên cứu về lũ lớn, cực đoan và hướng quản lý lũ lớn hiệu quả là vấn đề cấp bách hiện nay.

Trên quan điểm tiếp cận lũ lớn nhất khả năng cũng như nhận định mối quan hệ giữa dòng chảy lũ thượng nguồn và ngập lũ hạ du trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn. Với việc phân tích các phương pháp tính toán mưa PMP và lũ PMF đang được sử dụng kết hợp với đặc trưng mưa, lũ của lưu vực tác giả đã lựa chọn được phương pháp tính toán mưa cực hạn phù hợp với lưu vực nghiên cứu, cũng như ứng dụng thành công các mô hình toán thủy văn HEC-HMS, thủy lực MIKE 11, MIKE FLOOD để tính toán dòng chảy lũ, ngập lũ trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn.

Các phân tích trong luận án đã chỉ ra, trong điều kiện số liệu như của Việt Nam hiện nay thì việc ứng dụng phương pháp tính toán thống kê là phù hợp, tin cậy hơn so với các phương pháp khác. Kết quả tính toán của nghiên cứu cho thấy lượng mưa PMP thường gấp từ 2 – 3 lần lượng mưa lớn nhất quan sát được. Lượng mưa PMP trung bình toán lưu vực đạt 1257 mm, có xu thế phân bố đều trên toàn bộ lưu vực, lượng mưa lớn nhất đạt 1379 mm và lượng mưa nhỏ nhất đạt 1063 mm là chênh lệch không lớn. Tương ứng với đó, nếu lượng mưa PMP xảy ra trên toàn lưu vực thì lượng lũ PMF xảy ra tại các nhánh sông Nông Sơn (trạm Nông Sơn), Vu Gia (trạm Thành Mỹ) sẽ lần lượt đạt các đỉnh lũ PMF là 32.142 m<sup>3</sup>/s và 17.206 m<sup>3</sup>/s tương ứng với lượng mưa PMP 1 ngày và 29.578 m<sup>3</sup>/s và 14.221 m<sup>3</sup>/s tương ứng với dạng lũ năm 1999 và 35.232 m<sup>3</sup>/s và 21.435 m<sup>3</sup>/s ứng với dạng lũ năm 2009. Điều đó có nghĩa nếu trên toàn bộ lưu vực xảy ra đồng thời trận mưa PMP, lũ PMF thì đó sẽ là thảm họa khó có thể ứng phó được với hiện trạng phát triển như hiện nay.

Tuy nhiên, việc xảy ra đồng thời trên diện rộng hiện tượng mưa PMP, lũ PMF chỉ là giả định và khó có thể xảy và bài toán ngập lũ do PMF chỉ mang tính chất nghiên cứu, không có nhiều ý nghĩa trong việc phục vụ quản lý lũ lớn nên luận án đã đi sâu vào việc ứng dụng giá trị lũ PMF cho việc xác định nhanh giá trị thiết kế của các hồ chứa bằng cách xây dựng được biểu đồ quan hệ giữa giá trị lũ thiết kế với giá trị lũ PMF của các tiểu lưu vực. Đây sẽ là giá trị quan trọng có ý nghĩa thiết thực, phục vụ công tác thiết kế cho các hồ chứa có dung tích khác nhau.

## 2. Những đóng góp mới

Từ lý thuyết các phương pháp tính toán lượng mưa PMP được áp dụng tại Việt Nam và trên thế giới, Luận án đã tổng hợp, phân tích, lựa chọn được phương pháp tính lượng mưa PMP thích hợp cho khu vực nghiên cứu nói riêng và các lưu vực sông của Việt Nam nói chung, nơi các điều kiện về số liệu khí tượng, thủy văn không đầy đủ về đặc trưng và số lượng quan trắc. Các giá trị PMP được xác định trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn thông qua giá trị tần suất  $K_m = 11$  là phù hợp cho lưu vực nghiên cứu.

Thông qua việc nghiên cứu các tính năng của mô hình HEC-HMS, tác giả đã định hướng được phương pháp xác định trạng thái bão hòa của lưu vực để xác định được giá trị PMF phù hợp.

Mặc dù mối quan hệ giữa lưu lượng lũ theo tần suất thiết kế và lưu lượng lũ cực hạn còn phải có nhiều nghiên cứu với nhiều số liệu chi tiết hơn nữa mới đảm bảo tính chính xác trong việc xác định các hệ số hiệu chỉnh  $K_{hc}$  từ lưu lượng lũ thiết kế về lưu lượng lũ PMF, song những đóng góp trong nghiên cứu của tác giả sẽ là một định hướng để đơn giản hóa việc xác định các giá trị PMF tại một vị trí bất kỳ trên lưu vực và cụ thể là tại các tuyến công trình thủy lợi, thủy điện vừa và nhỏ nơi không có chuỗi số liệu quan trắc.

## 3. Những khó khăn gặp phải trong quá trình nghiên cứu

Khó khăn lớn nhất gặp phải trong quá trình nghiên cứu, tính toán mưa cực hạn, lũ cực hạn cho lưu vực Vu Gia Thu Bồn nói riêng và cho các lưu vực thuộc Việt Nam nói chung là việc thiếu các tài liệu quan trắc về khí tượng, thủy văn phục



vụ cho việc nghiên cứu, tính toán như các số liệu mưa, bốc hơi, tốc độ gió, dòng chảy lũ chi tiết tại cửa ra của các lưu vực với diện tích lưu vực nhỏ. Điều này dẫn tới, việc tính toán các mô hình sẽ phải thực hiện trên phạm vi rộng và thiếu các số liệu kiểm chứng cũng như các điều kiện cho việc xác định các mối quan hệ giữa các yếu tố địa hình, khí tượng tới lượng mưa, lũ cực hạn.

#### **4. Hướng nghiên cứu tiếp theo tác giả**

Trong thời gian tới, tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu về vấn đề mưa, lũ cực hạn sâu hơn nữa bằng cách cập nhật thêm các số liệu khí tượng, thủy văn tại các vị trí mới có cũng như gia tăng độ dài chuỗi số liệu quan trắc từ những trạm đã có, từ đó xây dựng mối quan hệ giữa các yếu tố khí tượng, thủy văn, địa hình đối với giá trị mưa, lũ cực hạn chi tiết hơn. Các mối quan hệ này khi sẽ được nghiên cứu để khái quát hóa việc tính toán lượng mưa PMP, lũ PMF phù hợp cho từng vị trí và lưu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, việc đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố biến đổi khí hậu đối với mưa PMP và lũ PMF cũng được xét tới để đánh giá, xác định giá trị mưa lũ phù hợp, chi tiết hơn cho từng vị trí cần quan tâm.

## TỔNG HỢP CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU ĐÃ CÔNG BỐ

1. Dương Quốc Huy. 2016. *Đánh giá xác định giá trị mưa cực hạn cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện Khoa học Thủy lợi.
2. Dương Quốc Huy, Nguyễn Văn Duy, Ngô Lê Long, Nguyễn Tùng Phong. 2016. *Ứng dụng mô hình toán xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn*. Tuyển tập hội nghị Khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi.
3. Dương Quốc Huy, Ngô Lê Long, Ngô Lê An, Dương Thúy Hương. 2016. *Nghiên cứu tính toán lũ cực hạn (PMF) lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn*. Tuyển tập hội nghị Khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi.
4. Dương Quốc Huy, Nguyễn Văn Duy, Nguyễn Thanh Hiền. 2015. *Analysing characteristics of rainfall and flood in Vu Gia-Thu Bon river basin*. Viet Nam-Japan Workshop on Estuaries, Coasts and Rivers 2015. Construction publishing house.
5. Dương Quốc Huy, Đặng Thế Phong, Trần Đăng, Nguyễn Văn Duy. 2015. *Giới thiệu các phần mềm thủy văn-thủy lực phù hợp sử dụng trong xây dựng bộ công cụ hỗ trợ ra quyết định trong quản lý rủi ro thiên tai lũ*. Hội nghị khoa học toàn quốc "Khoa học công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, bảo vệ môi trường và sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên"
6. Dương Quốc Huy, Nguyễn Tùng Phong, Ngô Lê Long. 2014. *Applying generalized extreme value distribution statistical function for estimating probable maximum precipitation in Vu Gia-Thu Bon river basin*. The 11th INWEPF Steering Meeting and Symposium. Vietnam water resources university.
7. Dương Quốc Huy, Nguyễn Tùng Phong, Ngô Lê Long, Đặng Thế Phong. 2014. *Khả năng ứng dụng của mô hình mưa-dòng chảy*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện Khoa học Thủy lợi.
8. Ngô Lê Long, Dương Quốc Huy, Trần Thanh Tùng. 2013. *Study impacts of upstream reservoirs on flow regimes downstream of the Vu Gia-Thu Bon river*

- system*. Third International Seminar of JSPS Core-to-Core Program: Collaborative Project for Soil and Water Conservation in Southeast Asian Watersheds. Vietnam water resources university.
9. Nguyễn Tùng Phong, Tô Việt Thắng, Dương Quốc Huy. 2013. *Hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) giải pháp hỗ trợ công tác quản lý, khai thác tài nguyên thiên nước và phát triển kinh tế xã hội lưu vực sông*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam.
  10. Dương Quốc Huy, Nguyễn Tùng Phong, Ngô Lê Long, Ngô Lê An. 2013. *Giới thiệu một số phương pháp tính mưa lớn nhất khả năng PMP*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện Khoa học Thủy lợi.
  11. Dương Quốc Huy, Nguyễn Tùng Phong, Trần Đăng, Nguyễn Văn Duy. 2013. *Tác động của các công trình hồ, đập đối với dòng chảy trên lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện Khoa học Thủy lợi.
  12. Dương Quốc Huy, Nguyễn Tùng Phong, Nguyễn Văn Duy, Ngô Lê Long, Ngô Lê An. 2013. *Kết quả nghiên cứu tính toán mưa lớn nhất khả năng (PMP) cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn*. Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi. Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam số 19.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### 1. Tài liệu tham khảo tiếng việt

- [1] Đỗ Cao Đàm, Vũ Kiên Trung. *Nghiên cứu tính toán lũ cực hạn*. Đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu công nghệ dự báo cảnh báo lũ và tính toán lũ vượt thiết kế ở các hồ chứa vừa và nhỏ - giải pháp tràn sự cố”, 2005.
- [2] Quyết định số 46/2014/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ : Quy định về dự báo, cảnh báo và truyền tin thiên tai.
- [3] Nguyễn Hữu Khải, Doãn Kế Ruân. *Xác định dòng chảy lũ đến các hồ chứa lưu vực sông Ba*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 25, Số 3S (2009) 450-460
- [4] Nguyễn Văn Lai và nnk. *Tính toán lũ PMF cho công trình thủy điện Trung Sơn*. 2009.
- [5] Lê Đình Thành (1996). *Nghiên cứu ứng dụng tính mưa và lũ lớn nhất khả năng*. Luận án Tiến sĩ.

### 2. Tài liệu tham khảo tiếng anh

- [6] B. Ghahraman (2008). The estimate of one day duration probable maximum precipitation over Atrak watershed in Iran. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*, Vol. 32, No. B2, pp 175-179
- [7] Carmen Casas et al (2010). *Estimation of the probable maximum precipitation in Barcelona (Spain)*. *International Journal of Climatology*, Vol. 31, pp 1322-1327.
- [8] Chow, V.T., 1951. *A general formula for hydrologic frequency analysis*. *Trans. Am. Geophys. Union*, Vol.32. pp. 231-237.
- [9] Chow.V.T, David R. Maidment and Larry W. Mays., 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- [10] C.G. Collier, P.J. Hardaker (1996). *Estimating probable maximum precipitation using a storm model approach*. *Journal of Hydrology*, 183, 277-306.

- 
- [11] Dao Shihyen et al., 1980. Storms in China. Science Press, Beijing (in Chinese). Ding Ihui et al., 1978. A case study of excessively heavy rain storms in the Honan Province, early in August 1975. Sci. Atmos. Sin., 2(4): 267--289.
  - [12] David walland. et.al., 2003. *Revision of the Generalised tropical storm method for estimating probable maximum precipitation* (HRS No.8). Commonwealth Bureau of Meteorology.
  - [13] E. Marshall Hansen. *Probable Maximum Precipitation for design floods in the United States*. Journal of Hydrology, 96 (1987) 267-278.
  - [14] Hershfield, D. M. (1961). *Estimating the probable maximum precipitation*. J. Hydraul. Div., 87(HY5), 99–106.
  - [15] Hershfield, D. M. (1965). *Method for estimating probable maximum rainfall*. J. Am. Waterworks Assoc., 57(8), 965–972.
  - [16] Ishida K. et al (2015). *Physically Based Estimation of Maximum Precipitation over Three Watersheds in Northern California: Atmospheric Boundary Condition Shifting*. J. Hydrol. Eng., 20(4): 04014052
  - [17] Koutsoyiannis, D. (1999). *A probabilistic view of Hershfield's method for estimating probable maximum precipitation*. Water Resour. Res., 35(4), 1313–1322.
  - [18] Miller, J.F., 1963: Probable Maximum Precipitation and Rainfall-Frequency Data for Alaska. Technical Paper No. 47, Weather Bureau, United States Department of Commerce Washington, DC.
  - [19] Miller, J.F., R.H. Frederick and R.J. Tracey, 1973: *Precipitation Frequency Atlas of the Western United States*. NOAA Atlas 2 Vols I, II, III and IV, National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce, Silver Spring, MD.
  - [20] M.N. Desa M., P.R. Rakhecha., 2007. Probable maximum precipitation for 24-h duration over an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia. Atmospheric Research 84 (2007) 84–90.

- [21] Mohammad Gheidari et al (2011). *Estimating design probable maximum precipitation using multifractal methods and comparison with statistical and synoptically methods case study: Basin of Bakhtiari Dam*. ISSN 0097-8087, Water Resources, 2011, Vol.38, No. 4, pp 484-493.
- [22] Myers, V.A., (1967). *Estimation of extreme precipitation for spillway design floods*. Tech. Mem. WBTM HYDRO-5, U.S. Weather Bur., Washington, D.C., 29 pp.
- [23] National engineering handbook.1997. Chapter 16. Hydrographs. Natural Resources Conservation Service.
- [24] Nobilis, F., Haiden, T., and Kerschbaum, M. (1991). *Statistical considerations concerning probable maximum precipitation (PMP) in the alpine country of Austria*. Theor. Appl. Climatol., 44(2), 89–94.
- [25] Ohara, N., Kavvas, M. L., Kure, S., Chen, Z. Q., Jang, S., and Tan, E. (2011). *Physically based estimation of maximum precipitation over American River watershed, California*. J. Hydrol. Eng., 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000324, 351–361
- [26] Papalexiou, S. M., and Koutsoyiannis, D. (2006). *A probabilistic approach to the concept of probable maximum precipitation*. Adv. Geosci., 7, 51–54.
- [27] Rezacova D. et al (2005). *An estimation of the probable maximum precipitation for river basins in the Czech Republic*. Atmospheric Research 77, 407–421.
- [28] Schreiner, L.C. and J.T. Riedel, 1978: *Probable Maximum Precipitation Estimates, United States East of the 105th Meridian* (HMR No. 51). National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce, Washington, DC.
- [29] Uhlenbrook S., Seibert J., Leibundgut C. and Rodhe A., 1999, *Prediction uncertainty of conceptual rainfall-runoff models caused by problems in identifying model parameters and structure*, Hydrological Sciences-Journal des sciences hydrologiques, 44(5), trang 779-797.

- 
- [30] United States Army Corps of Engineers (USACE), (1996). *Flood-Runoff Analysis*. New York, NY, American Society of Civil Engineers Press.
  - [31] U.S. Weather Bureau (USWB) (1961). *Interim report - Probable maximum precipitation in California*. Hydrometeorological Rep. No. 36, Hydrometeorological Section, Washington, DC.
  - [32] United States Weather Bureau, 1970. Probable Maximum Precipitation, Mekong River Basin, HMR No. 46, Environmental Science Services Administration, United States Department of Commerce, Washington, DC.
  - [33] Wang, G., 2004. Probable Maximum Precipitation: Approaches and Methodology. Twelfth session of the Commission for Hydrology of the World Meteorological Organization, 20–29 October 2004, <http://www.yrce.cn/yrexporth/whole.asp?id=wgan>. Published also 2006, Yellow River, 28(11): 18–20.
  - [34] Watt et al., 1986. *A 1-h urban design storm for Canada*. Canadian Journal of Civil Engineering, 1986, Vol. 13, No. 3 : pp. 293-300
  - [35] World Meteorological Organization, 1969. Manual for depth-area-duration analysis of storm precipitation. WMO. No. 237. TP.129.
  - [36] WMO, 1973. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation (PMP). World Meteorological Organization. No. 332. pp. 298
  - [37] WMO, 1986. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation (WMO No. 332). Operational Hydrology Report No. 1, Second Edition, Geneva
  - [38] World Meteorological Organization, 2009. *Manual for estimation of probable maximum precipitation*. WMO.No.1045. pp.65-75.
  - [39] World Meteorological Organization (WMO), 2012. *International Glossary of Hydrology*. ISBN 978-92-63-03385-8
  - [40] Zhan Daojiang, Zhou Jinshag (1983). *Recent developments on the probable maximum precipitation (PMP) estimation in China*. Journal of Hydrology, 68 (1984) 285—293.

## PHỤ LỤC TÍNH TOÁN

PHỤ LỤC 1. Thống kê tỷ lệ % lượng mưa 1 ngày, 2 ngày và 3 ngày lớn nhất các trận mưa lớn tại các trạm Trà My, Khâm Đức, Hiên, Thành Mỹ và Nông Sơn

### 1.1. Trạm Trà My

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 1        | 5           | 33                   | 55     | 66     |
| 2        | 5           | 36                   | 69     | 87     |
| 3        | 5           | 35                   | 58     | 61     |
| 4        | 4           | 25                   | 58     | 81     |
| 5        | 8           | 31                   | 41     | 50     |
| 6        | 2           | 55                   | 100    |        |
| 7        | 5           | 31                   | 57     | 69     |
| 8        | 2           | 77                   | 100    |        |
| 9        | 4           | 31                   | 57     | 85     |
| 10       | 3           | 61                   | 83     | 100    |
| 11       | 2           | 72                   | 100    |        |
| 12       | 4           | 62                   | 82     | 92     |
| 13       | 4           | 54                   | 74     | 88     |
| 14       | 6           | 28                   | 43     | 70     |
| 15       | 4           | 56                   | 78     | 88     |
| 16       | 4           | 52                   | 80     | 90     |
| 17       | 4           | 30                   | 60     | 89     |
| 18       | 3           | 83                   | 94     | 100    |
| 19       | 4           | 52                   | 71     | 78     |
| 20       | 3           | 60                   | 89     | 100    |
| 21       | 9           | 28                   | 37     | 58     |
| 22       | 4           | 37                   | 46     | 79     |
| 23       | 6           | 27                   | 51     | 75     |
| 24       | 7           | 34                   | 47     | 65     |
| 25       | 4           | 51                   | 77     | 92     |
| 26       | 6           | 35                   | 51     | 64     |



| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 27       | 4           | 38                   | 54     | 88     |
| 28       | 5           | 60                   | 71     | 80     |
| 29       | 2           | 59                   | 100    |        |
| 30       | 3           | 76                   | 90     | 100    |
| 31       | 4           | 46                   | 62     | 94     |
| TB       | 4.4         | 47                   | 69     | 81     |

## 1.2. Trạm Khâm Đức

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 1        | 2           | 63                   | 90     |        |
| 2        | 2           | 55                   | 90     |        |
| 3        | 4           | 40                   | 71     | 90     |
| 4        | 2           | 81                   | 99     |        |
| 5        | 4           | 33                   | 57     | 76     |
| 6        | 2           | 70                   | 86     |        |
| 7        | 2           | 62                   | 94     |        |
| 8        | 4           | 34                   | 57     | 64     |
| 9        | 3           | 46                   | 89     | 100    |
| 10       | 2           | 77                   | 100    |        |
| 11       | 3           | 57                   | 75     | 100    |
| 12       | 4           | 45                   | 71     |        |
| 13       | 3           | 56                   | 82     | 100    |
| 14       | 6           | 24                   | 41     | 61     |
| 15       | 2           | 45                   | 84     |        |
| 16       | 6           | 37                   | 70     | 76     |
| 17       | 3           | 27                   | 66     | 100    |
| 18       | 3           | 86                   | 95     | 100    |
| 19       | 3           | 60                   | 68     | 100    |
| 20       | 4           | 45                   | 60     | 85     |
| 21       | 4           | 40                   | 59     | 81     |
| 22       | 5           | 28                   | 49     | 69     |

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 23       | 5           | 27                   | 47     | 82     |
| 24       | 3           | 35                   | 68     | 93     |
| 25       | 5           | 45                   | 54     | 73     |
| 26       | 3           | 71                   | 95     | 100    |
| 27       | 3           | 82                   | 92     | 100    |
| 28       | 5           | 56                   | 73     | 85     |
| 29       | 2           | 47                   | 100    |        |
| 30       | 3           | 55                   | 83     | 100    |
| 31       | 4           | 44                   | 61     | 70     |
| 32       | 4           | 57                   | 75     | 89     |
| TB       | 3.44        | 51                   | 75     | 87     |

### 1.3. Trạm Hiên

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 1        | 2           | 68                   | 100    |        |
| 2        | 8           | 28                   | 51     | 64     |
| 3        | 3           | 39                   | 61     | 100    |
| 4        | 3           | 43                   | 73     | 100    |
| 5        | 5           | 24                   | 47     | 70     |
| 6        | 4           | 51                   | 73     | 89     |
| 7        | 5           | 31                   | 59     | 76     |
| 8        | 2           | 58                   | 100    |        |
| 9        | 5           | 24                   | 47     | 63     |
| 10       | 3           | 42                   | 80     | 100    |
| 11       | 4           | 27                   | 46     | 73     |
| 12       | 4           | 46                   | 56     | 87     |
| 13       | 2           | 56                   | 100    |        |
| 14       | 4           | 47                   | 65     | 82     |
| 15       | 5           | 44                   | 61     | 72     |

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 16       | 3           | 45                   | 76     | 100    |
| 17       | 4           | 44                   | 64     | 82     |
| 18       | 3           | 40                   | 57     | 100    |
| 19       | 2           | 79                   | 100    |        |
| 20       | 4           | 48                   | 55     |        |
| 21       | 3           | 41                   | 81     | 100    |
| 22       | 2           | 72                   | 100    |        |
| 23       | 2           | 69                   | 100    |        |
| 24       | 4           | 51                   | 71     | 82     |
| TB       | 3.58        | 47                   | 72     | 85     |

#### 1.4. Trạm Thành Mỹ

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 1        | 3           | 69                   | 93     | 100    |
| 2        | 4           | 35                   | 59     | 80     |
| 3        | 4           | 44                   | 78     | 84     |
| 4        | 4           | 45                   | 65     | 81     |
| 5        | 1           | 69                   |        |        |
| 6        | 2           | 84                   | 100    |        |
| 7        | 5           | 39                   | 59     | 77     |
| 8        | 2           | 54                   | 100    |        |
| 9        | 3           | 75                   | 91     | 100    |
| 10       | 4           | 55                   | 75     | 90     |
| 11       | 1           | 100                  |        |        |
| 12       | 2           | 73                   | 100    |        |
| 13       | 4           | 53                   | 76     | 94     |
| 14       | 2           | 65                   | 100    |        |
| 15       | 3           | 46                   | 70     | 100    |
| 16       | 2           | 59                   | 100    |        |

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 17       | 3           | 89                   | 97     | 100    |
| 18       | 2           | 86                   | 100    |        |
| 19       | 4           | 34                   | 62     | 85     |
| 20       | 4           | 34                   | 54     | 80     |
| 21       | 4           | 35                   | 58     | 77     |
| 22       | 6           | 49                   | 72     | 83     |
| 23       | 3           | 49                   | 84     | 100    |
| 24       | 4           | 43                   | 60     | 87     |
| 25       | 4           | 38                   | 67     | 91     |
| 26       | 2           | 70                   | 100    |        |
| 27       | 1           | 100                  |        |        |
| 28       | 4           | 56                   | 82     | 94     |
| 29       | 2           | 73                   | 100    |        |
| 30       | 2           | 53                   | 100    |        |
| TB       | 3.03        | 59                   | 82     | 89     |

### 1.5. Trạm Nông Sơn

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 1        | 5           | 40                   | 64     | 82     |
| 2        | 2           | 72                   | 100    |        |
| 3        | 4           | 39                   | 52     | 79     |
| 4        | 4           | 48                   | 71     | 81     |
| 5        | 2           | 55                   | 100    |        |
| 6        | 5           | 57                   | 72     | 79     |
| 7        | 3           | 67                   | 83     | 100    |
| 8        | 4           | 37                   | 64     | 83     |
| 9        | 4           | 49                   | 72     | 87     |
| 10       | 2           | 71                   | 100    |        |
| 11       | 3           | 74                   | 85     | 100    |
| 12       | 5           | 56                   | 77     | 86     |

| Trận mưa | Số ngày mưa | % lượng mưa lớn nhất |        |        |
|----------|-------------|----------------------|--------|--------|
|          |             | 1 ngày               | 2 ngày | 3 ngày |
| 13       | 5           | 27                   | 42     | 68     |
| 14       | 4           | 52                   | 73     | 82     |
| 15       | 6           | 26                   | 48     | 64     |
| 16       | 3           | 39                   | 74     | 100    |
| 17       | 2           | 82                   | 100    |        |
| 18       | 4           | 37                   | 70     | 75     |
| 19       | 4           | 29                   | 57     | 72     |
| 20       | 5           | 38                   | 64     | 79     |
| 21       | 4           | 39                   | 62     | 85     |
| 22       | 6           | 31                   | 62     | 78     |
| 23       | 4           | 45                   | 77     | 94     |
| 24       | 5           | 46                   | 63     | 87     |
| 25       | 4           | 42                   | 63     | 82     |
| 26       | 1           | 100                  |        |        |
| 27       | 4           | 40                   | 46     | 70     |
| 28       | 4           | 38                   | 74     | 92     |
| 29       | 2           | 51                   | 100    |        |
| 30       | 3           | 61                   | 92     | 100    |
| 31       | 3           | 51                   | 65     | 100    |
| TB       | 3.74        | 50                   | 70     | 84     |

## PHỤ LỤC 2: Phân bố cao độ và độ dốc địa hình của lưu vực Vu Gia – Thu Bồn

Bảng 1: Diện tích phân theo độ cao của các tiểu lưu vực

| Cao độ<br>(m) | Tiểu lưu vực    |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
|---------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|               | Đồng bằng       |      | Hạ lưu          |      | Nông Sơn        |      | Sông Côn        |      | Thành Mỹ        |      | Sông Bung       |      |
|               | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    |
| <4            | 327             | 35,7 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
| 4-6           | 182             | 19,8 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
| 6-8           | 110             | 12,0 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
| 8-10          | 80              | 8,7  |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
| 10-50         | 218             | 23,8 | 249             | 28,7 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |
| 50-100        |                 |      | 107             | 12,3 | 621*            | 20,1 |                 |      |                 |      |                 |      |
| 100-150       |                 |      | 84              | 9,7  | 310             | 10,0 |                 |      |                 |      |                 |      |
| 150-200       |                 |      | 68              | 7,8  | 239             | 7,7  |                 |      |                 |      |                 |      |
| 200-300       |                 |      | 98              | 11,3 | 404             | 13,1 | 93*             | 14,9 | 305*            | 15,2 |                 |      |
| 300-400       |                 |      | 263             | 30,3 | 308             | 10,0 | 114             | 18,3 | 204             | 10,2 | 227*            | 9,5  |
| 400-600       |                 |      |                 |      | 432             | 14,0 | 229             | 36,7 | 383             | 19,1 | 501             | 20,9 |
| 600-900       |                 |      |                 |      | 773*            | 25,0 | 188*            | 30,1 | 343             | 17,1 | 929             | 38,7 |
| > 900         |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      | 768*            | 38,3 | 743             | 31,0 |
| Tổng          | 917             | 100  | 869             | 100  | 3.087           | 100  | 624             | 100  | 2.003           | 100  | 2400            | 100  |

Ghi chú: Dấu \* thể hiện các lớp phân cấp đã được gộp các phần diện tích ở các cấp cao độ khác do diện tích các phần này rất nhỏ.

Bảng 3.20: Diện tích phân theo độ dốc của các tiểu lưu vực

| Độ dốc (%) | Tiểu lưu vực    |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      | Toàn lưu vực    |      |
|------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
|            | Đồng bằng       |      | Dọc sông        |      | Nông Sơn        |      | Sông Côn        |      | Thành Mỹ        |      | Sông Bung       |      |                 |      |
|            | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    | km <sup>2</sup> | %    |
| <1         | 509             | 55,5 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      | 509             | 5,1  |
| 1-2        | 162             | 17,6 |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      | 162             | 1,6  |
| 2-3        | 68              | 7,5  |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      | 68              | 0,7  |
| 3-10       | 178             | 19,4 | 235             | 27,1 | 396             | 12,8 | 65              | 10,5 | 122             | 6,1  | 134             | 5,6  | 1130            | 11,4 |
| 10-20      |                 |      | 110             | 12,7 | 616             | 20   | 104             | 16,7 | 295             | 14,7 | 341             | 14,2 | 1466            | 14,8 |
| 20-30      |                 |      | 128             | 14,8 | 618             | 20   | 118             | 18,9 | 397             | 19,8 | 461             | 19,2 | 1722            | 17,4 |
| 30-40      |                 |      | 109             | 12,6 | 544             | 17,6 | 117             | 18,7 | 401             | 20   | 476             | 19,8 | 1647            | 16,6 |
| > 40       |                 |      | 287             | 32,8 | 913             | 29,6 | 220             | 35,2 | 788             | 39,4 | 988             | 41,2 | 3196            | 32,3 |
| Tổng       | 917             | 100  | 869             | 100  | 3087            | 100  | 624             | 100  | 2003            | 100  | 2400            | 100  | 9900            | 100  |

## PHỤ LỤC 3: Thống kê các hồ chứa trên lưu vực

Bảng 1: dung tích phòng lũ của các hồ chứa thủy lợi lớn trên lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn

| TT | Tên công trình          | FLV<br>(km <sup>2</sup> ) | Nguồn nước | Whi<br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | W <sub>PL</sub><br>10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
|----|-------------------------|---------------------------|------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1  | Hồ Nước Rôn             | 5,25                      | Sông Khang | 1,13                                     | 0,75                                              |
| 2  | Hồ Trung Lộc            | 4                         | Tĩnh Yên   | 1,96                                     | 0,82                                              |
| 3  | Hồ Trà Cân              | 4                         | Vu Gia     | 1,81                                     | 0,535                                             |
| 4  | Hồ Phú Lộc              | 9,25                      | Thu Bồn    | 2,5                                      | 0,625                                             |
| 5  | Hồ An Long              | 6,5                       | Ly Ly      | 2,04                                     | 1,25                                              |
| 6  | Hồ Hố Giang             | 8,05                      | Ly Ly      | 4,82                                     | 1,01                                              |
| 7  | Hồ Khe Cống (Thạch Bàn) | 32,7                      | Thu Bồn    | 8,60                                     | 4,15                                              |
| 8  | Hồ Đồng Nghệ            | 28                        | Vu Gia     | 16,5                                     | 1,3                                               |
| 9  | Hồ Vĩnh Trinh           | 29,2                      | Thu Bồn    | 20,3                                     | 6,2                                               |
| 10 | Hồ Việt An              | 27                        | Thu Bồn    | 27,2                                     | 6,8                                               |
| 11 | Hồ Khe Tân              | 88                        | Khe Đá Mài | 46,5                                     | 18                                                |
|    | <b>Cộng</b>             |                           |            | <b>133,36</b>                            | <b>41,44</b>                                      |

(Nguồn: Sở NN&amp;PTNT Quảng Nam)



Bảng 2: Thông số chủ yếu của một số hồ chứa thủy điện

| Thông số                           | Tên hồ  |         |              |             |            |             |             |             |         |         |
|------------------------------------|---------|---------|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
|                                    | A Vương | Dakmi 4 | Sông Tranh 2 | Sông Bung 4 | Sông Côn 2 | Sông Bung 5 | Sông Bung 6 | Sông Bung 2 | Dakmi 2 | Dakmi 3 |
| F lưu vực                          | 682     | 1125    | 1100         | 1448        | 81         | 2369        | 2386        | 334         | 445     | 612     |
| W toàn phần ( $10^6 \text{ m}^3$ ) | 343,6   | 312,4   | 729,0        | 511         | 29,2       | 20,3        | 3,3         | 94,3        | 0,92    | 3,4     |
| H gia cường                        | 382,20  | 260,33  | 178,51       | 225,82      | 345,68     | 67,22       | 31,80       | 608,11      | 634,11  | 362,78  |
| W hữu ích ( $10^6 \text{ m}^3$ )   | 367     | 158     | 521          | 234         | 25,4       | 2,45        | 0           | 73,9        | 0,69    | 1,35    |
| $H_{\text{DBT}}$                   | 380     | 258,2   | 175,0        | 222,5       | 340        | 60          | 31,8        | 605         | 630     | 355     |
| W phòng lũ ( $10^6 \text{ m}^3$ )  | 35      | 31      | 62           | 75,3        | 0          | 1,9*        | 0           | 9,0*        | 0       | 0       |
| H phòng lũ                         | 376     | 255     | 172          | 217,5       | -          | 58,8*       | 0           | 601,7*      | 0       | 0       |
| W đón lũ ( $10^6 \text{ m}^3$ )    | 85      | 69      | 194          | 120,6       | 0          | 5*          | 0           | 23,1*       | 0       | 0       |
| H đón lũ                           | 370     | 251     | 165          | 214,3       | -          | 56,9*       | 0           | 597,9*      | 0       | 0       |
| W chết ( $10^6 \text{ m}^3$ )      | 77,1    | 154     | 208          | 277         | 3,78       | 17,8        | 3,3         | 20,4        | 0,23    | 2,05    |
| H chết                             | 340     | 240     | 140          | 205         | 319        | 58,5        | 31,8        | 565         | 624     | 351     |
| H tràn                             | 363     | 242,5   | 161          | 210,5       | 340        | 45          | 31,8        | 591         | 630     | 355     |
| B tràn                             | 42      | 70      | 84           | 72          | 60         | 78          | 110         | 36          | -       | -       |
| Số khoang tràn                     | 3       | 5       | 6            | 6           | 3          | 6           | 1           | 3           | -       | -       |

Bảng 3: Thống kê hồ chứa thủy điện vừa và nhỏ đã và đang xây dựng

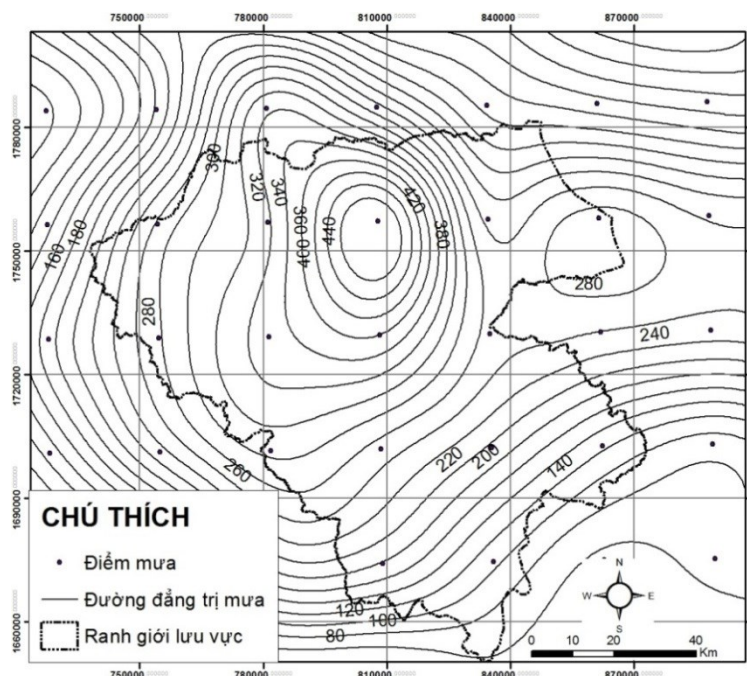
| TT | Công trình   | Sông, suối                          | F<br>(km <sup>2</sup> ) | H <sub>BT</sub><br>(m) | H <sub>c</sub><br>(m) | W <sub>tp</sub><br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | W <sub>hi</sub><br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Loại hồ chứa                   |          | Năm vận hành |
|----|--------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|--------------|
|    |              |                                     |                         |                        |                       |                                                      |                                                      | Năm                            | Ngày đêm |              |
| 1  | Sông Cùg     | Suối Khe Ba                         | -                       | -                      | -                     | Hồ chứa không đáng kể                                |                                                      |                                |          | 2009         |
| 2  | Đại Đồng     | Suối Mơ                             | -                       | -                      | -                     |                                                      |                                                      |                                |          | 2007         |
| 3  | Khe Diên     | Khe Diên                            | 72                      | 207                    | 187                   | 26                                                   | 22                                                   | x                              |          | 2007         |
| 4  | Za Hung      | Sông A Vương                        | 537                     | 450                    | 445                   | 1,12                                                 | 0,74                                                 |                                | x        | 2009         |
| 5  | Trà Linh 3   | Suối Nô                             | 78                      | 462                    | 462                   | 0,062                                                | -                                                    |                                | x        | 2009         |
| 6  | An Điền 2    | Sông Vàng                           | 169,8                   | 348,5                  | 344                   | 0,28                                                 | 0,19                                                 |                                | x        | 2010         |
| 7  | Đăk Mi 4C    | Sông Ngọn Thu Bồn                   | 82,6                    | 67,2                   | 66,2                  | 2,67                                                 | 0,52                                                 |                                | x        | 2012         |
| 8  | Tà Vi        | Suối Vin, thượng nguồn sông Tranh   | 37,1                    | 254,5                  | 252,5                 | 0,12                                                 | 0,08                                                 |                                | x        | 2011         |
| 9  | Sông Bung 4A | Sông Bung                           | 2276                    | 97,4                   | 95,4                  | 10,6                                                 | 1,58                                                 |                                | x        | 2013         |
| 10 | Tr' Hy       | Suối Tà Púc, thượng nguồn sông Bung | 115                     | 907                    | 895                   | 8,4                                                  | 6,08                                                 | Điều tiết Ngày - năm (ĐT tuần) |          | 2013         |
| 11 | Sông Tranh 3 | Sông Tranh                          | 1450                    | 71,5                   | 70,5                  | 34,1                                                 | 3,1                                                  |                                | x        | 2013         |
| 12 | Sông Tranh 4 | Sông Tranh                          | 1610                    | 46,5                   | 46                    | 20,1                                                 | 1,76                                                 |                                | x        | 2014         |
| 13 | Đăk Pring    | Suối Đăk Pring                      | 310                     | 287                    | 286                   | 4,37                                                 | 0,31                                                 |                                | x        | 2015         |
| 14 | Chà Vål      | Suối Tầm Pacte                      | 116                     | 386,5                  | 385                   | 0,34                                                 | 0,99                                                 | Không điều tiết                |          | 2015         |
| 15 | A Vương 3    | Sông A Vương                        | 258,4                   | 552,5                  | 551,6                 | 2,96                                                 | 0,45                                                 |                                | x        | 2015         |
| 16 | Sông Bung 3A | Sông Bung                           | 354                     | 295                    | 292                   | 2,68                                                 | 0,62                                                 |                                | x        | 2019         |
| 17 | Nước Biêu    | Suối Nước Biêu                      | 36                      | 534                    | 530                   | 0,07                                                 | 0,05                                                 |                                | x        | 2015         |

| TT | Công trình | Sông, suối                             | F<br>(km <sup>2</sup> ) | H <sub>BT</sub><br>(m) | H <sub>c</sub><br>(m) | W <sub>tp</sub><br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | W <sub>hi</sub><br>(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) | Loại hồ chứa |          | Năm vận hành |
|----|------------|----------------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------|----------|--------------|
|    |            |                                        |                         |                        |                       |                                                      |                                                      | Năm          | Ngày đêm |              |
| 18 | ĐãK Di 1   | Suối Đắk Di, thượng nguồn Sông Nam Nim | 90                      | 660                    | 657                   | 0,30                                                 | 0,12                                                 |              | x        | 2015         |
| 19 | ĐãK Di 2   | Suối Đắk Di, thượng nguồn sông Tranh   | 126                     | 432                    | 429                   | 0,26                                                 | 0,08                                                 |              | x        | 2014         |
| 20 | Nước Chè   | Suối Nước Chè                          | 160                     | 394                    | 389,5                 | 2,07                                                 | 0,98                                                 |              | x        |              |
| 21 | ĐãK Di 4   | Sông Tranh                             | 287                     | 290                    | 288                   | 13,58                                                | 1,71                                                 |              | x        |              |

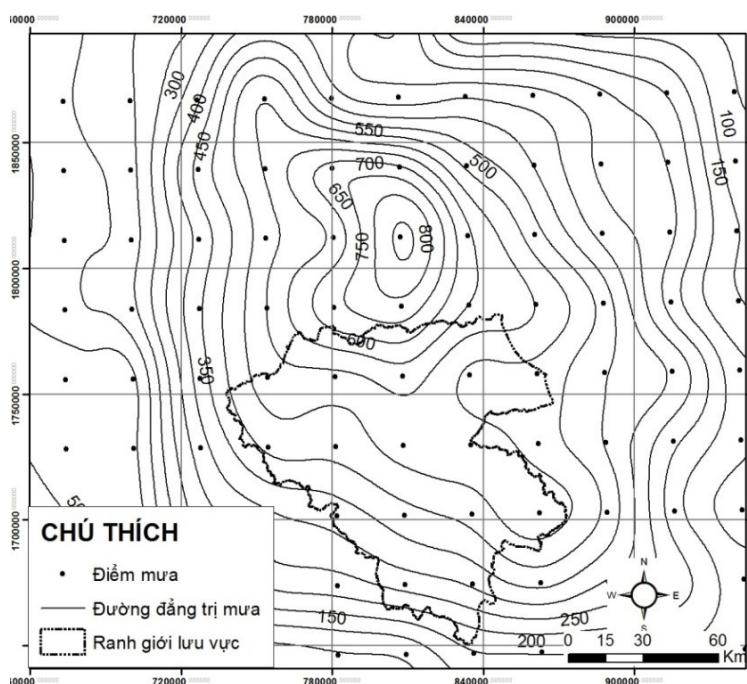
(Nguồn: Sở Công thương Quảng Nam)

PHỤ LỤC 4: Đường đẳng trị mưa 1 ngày và 2 ngày lớn nhất trên lưu vực cho 6 trận lũ lớn trong lịch sử theo mưa NASA

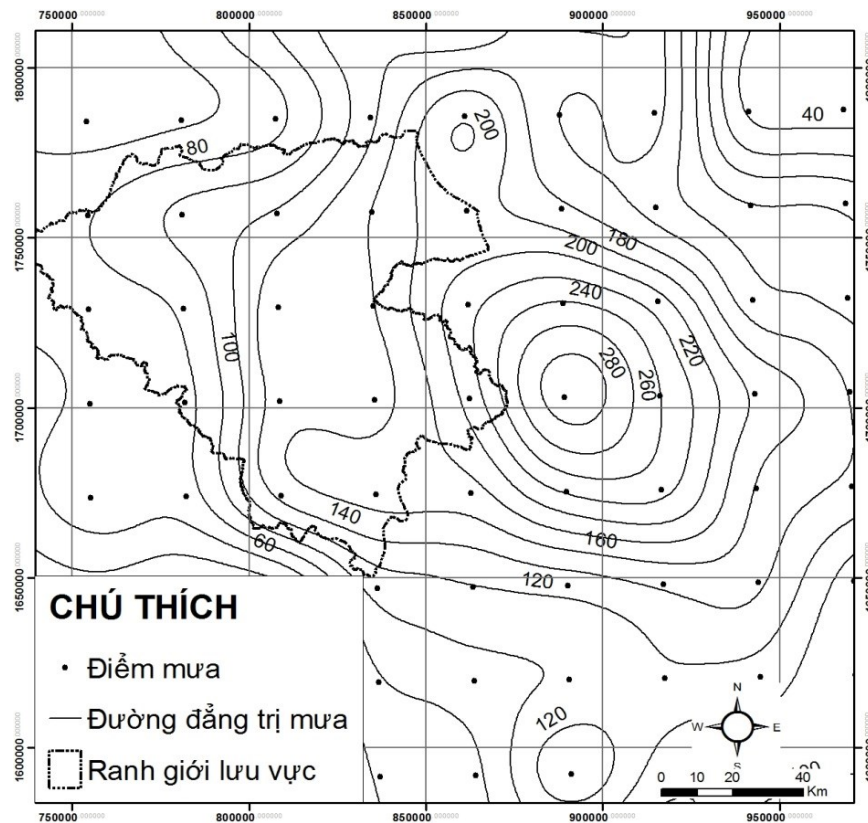
4.1 Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trên lưu vực



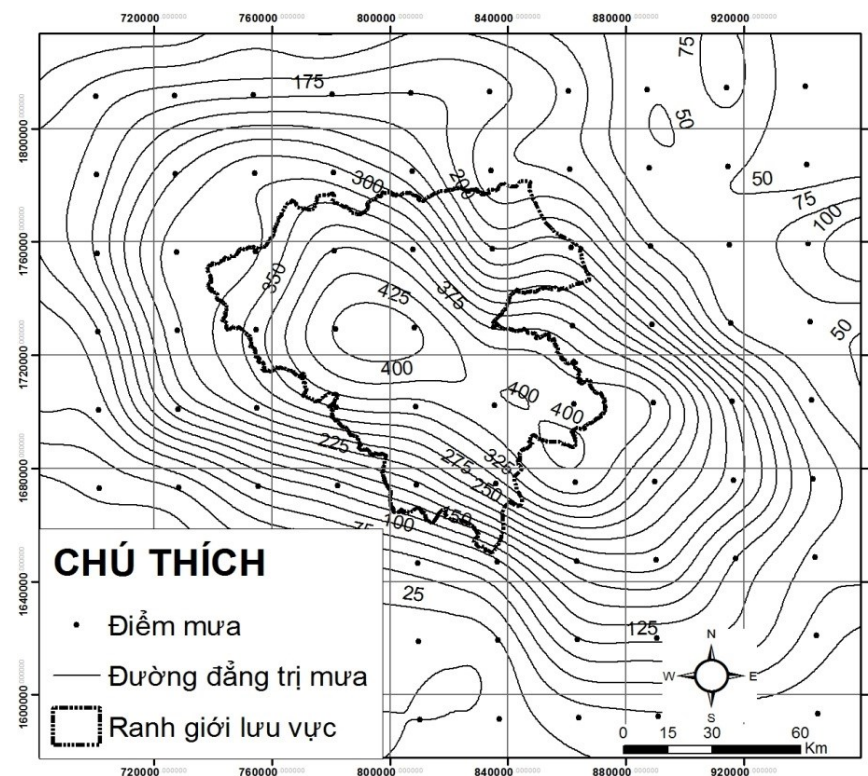
Hình PL 4- 1: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11 năm 1998



Hình PL 4- 2: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11 năm 1999

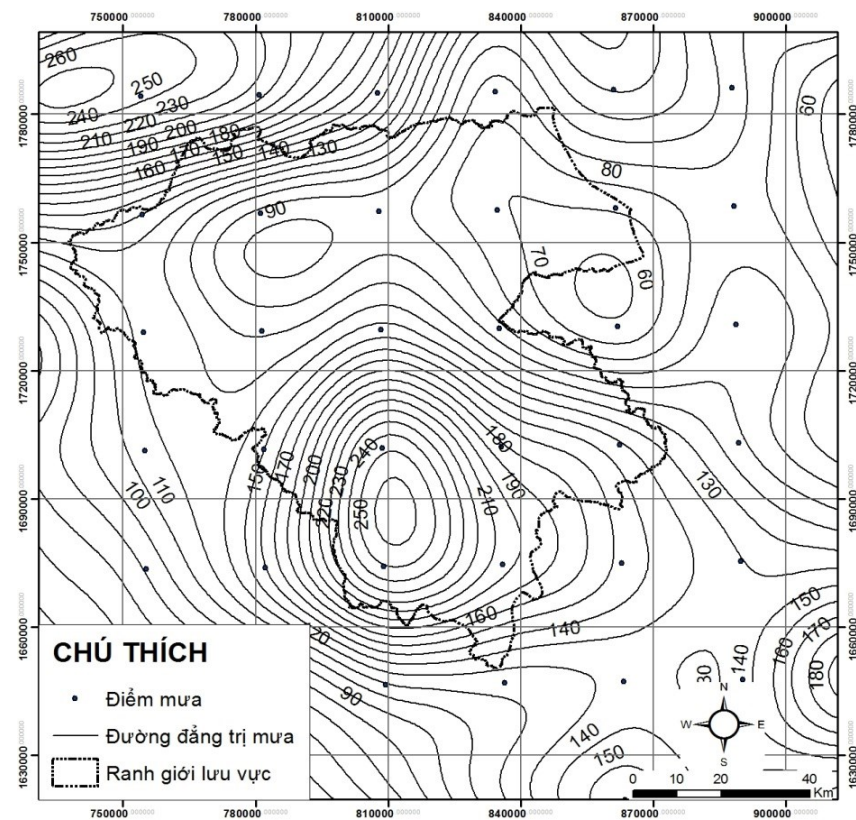


Hình PL 4- 3: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 12 năm 1999

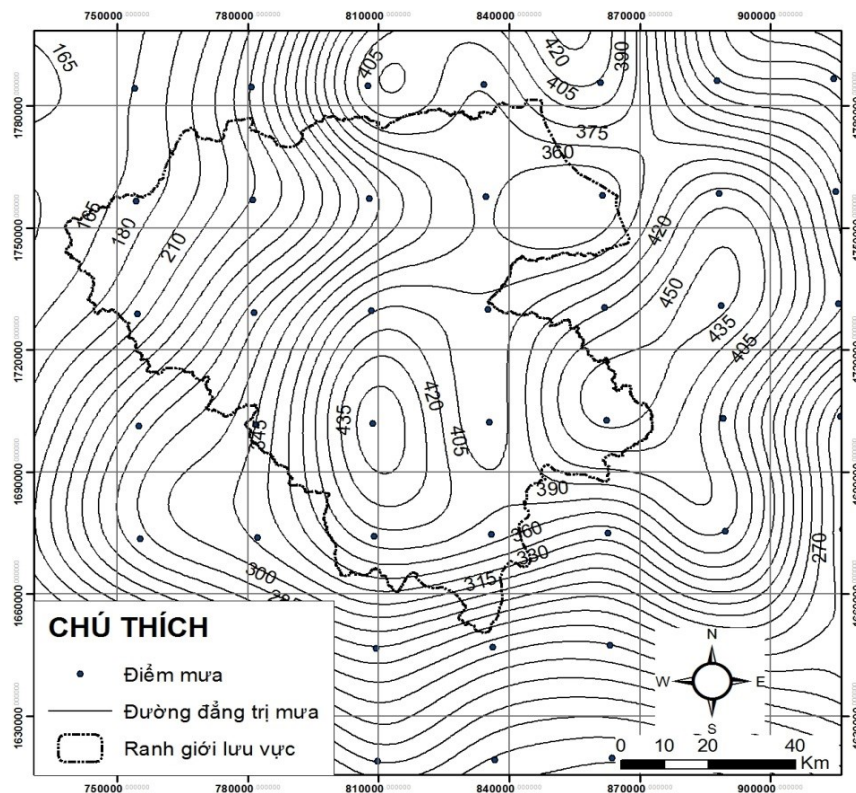


Hình PL 4- 4: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11 năm 2007



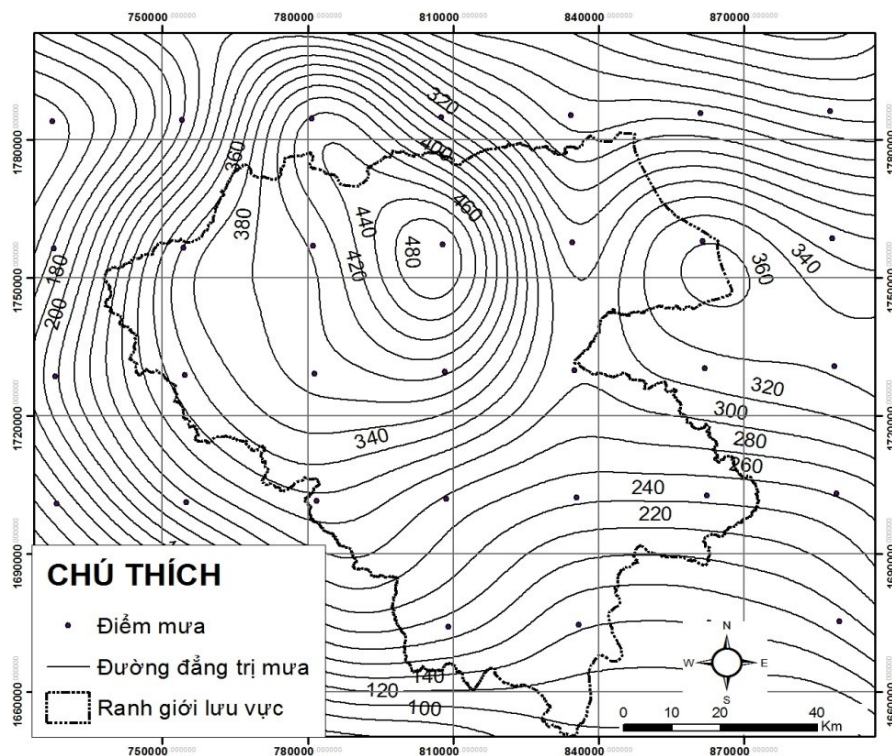


Hình PL 4- 5: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 10 năm 2008

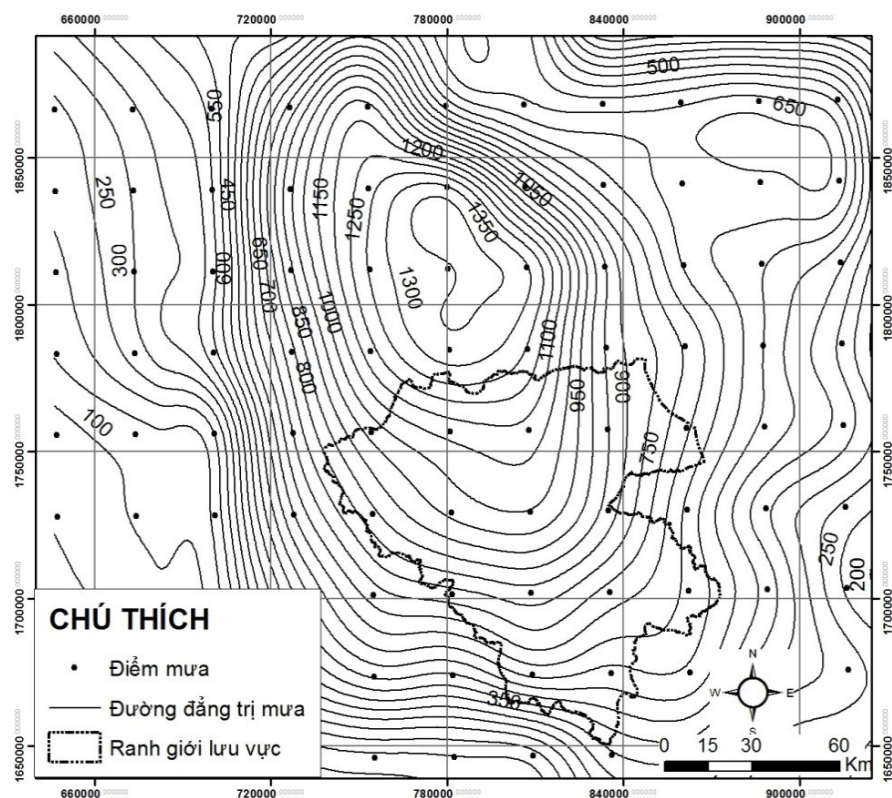


Hình PL 4- 6: Đường đẳng trị mưa 1 ngày lớn nhất trận lũ tháng 9 năm 2009

## 4.2 Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trên lưu vực

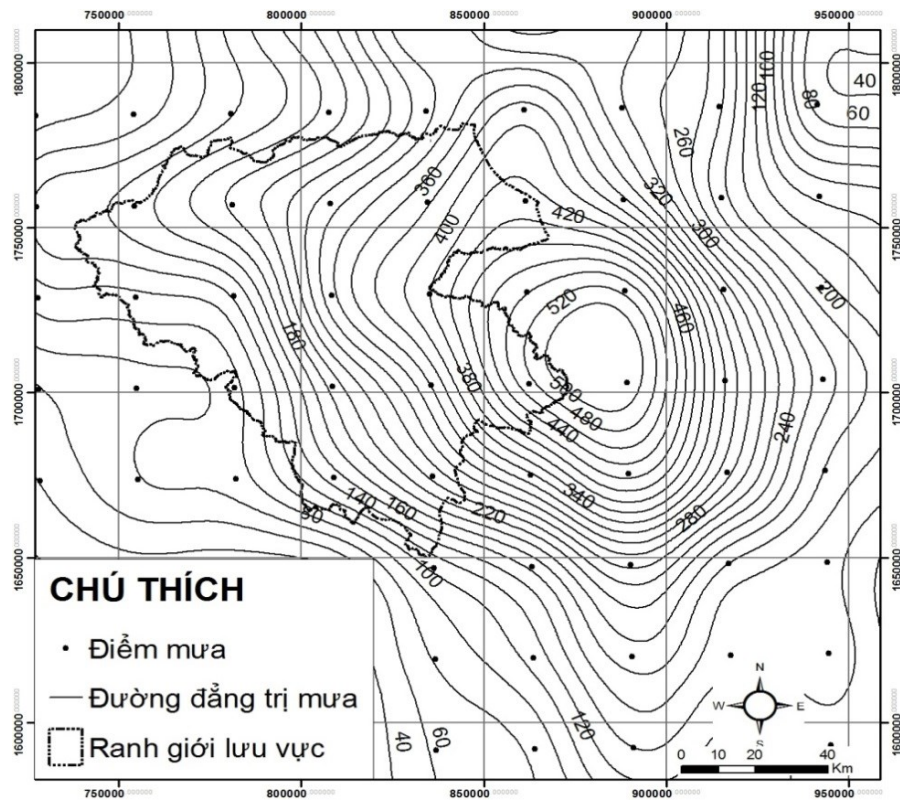


Hình PL 4- 7: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11 năm 1998

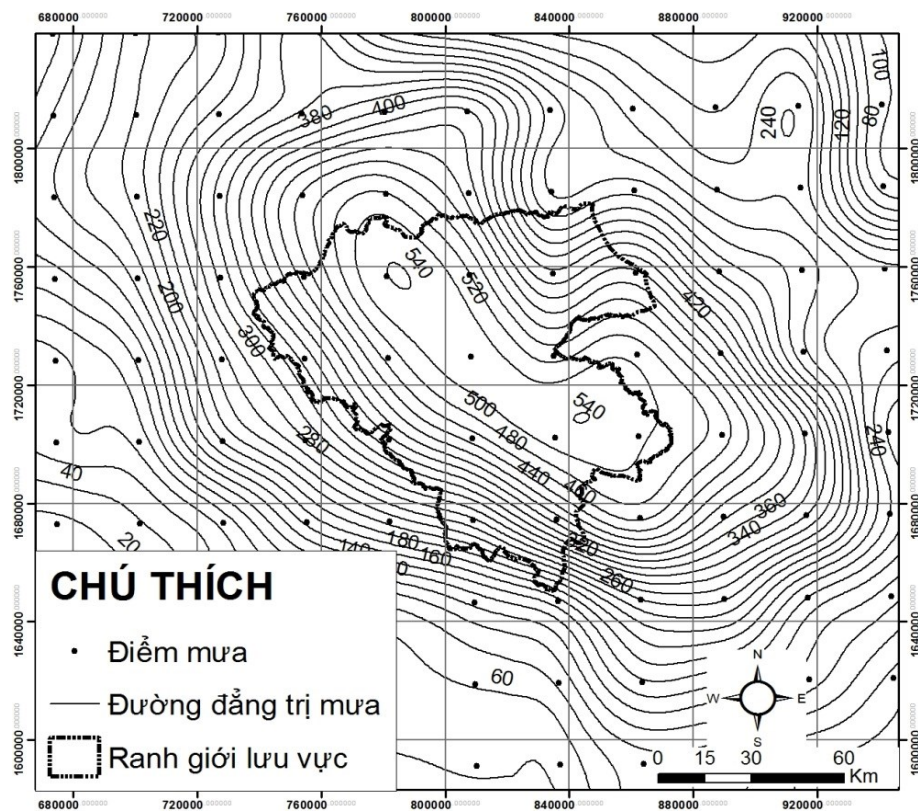


Hình PL 4- 8: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11 năm 1999



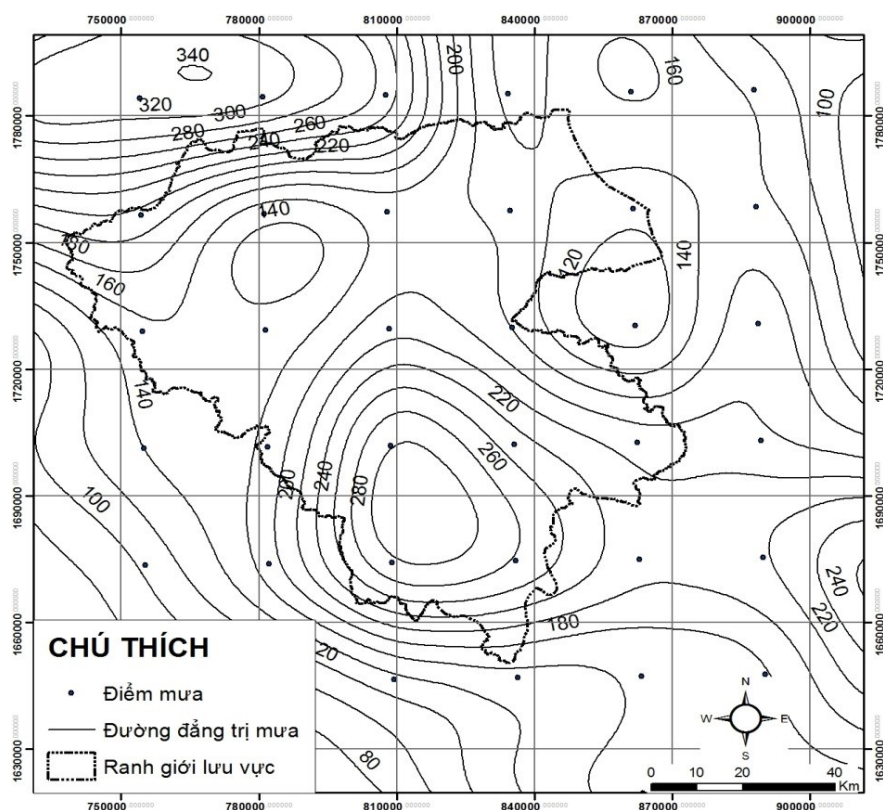


Hình PL 4- 9: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 12 năm 1999

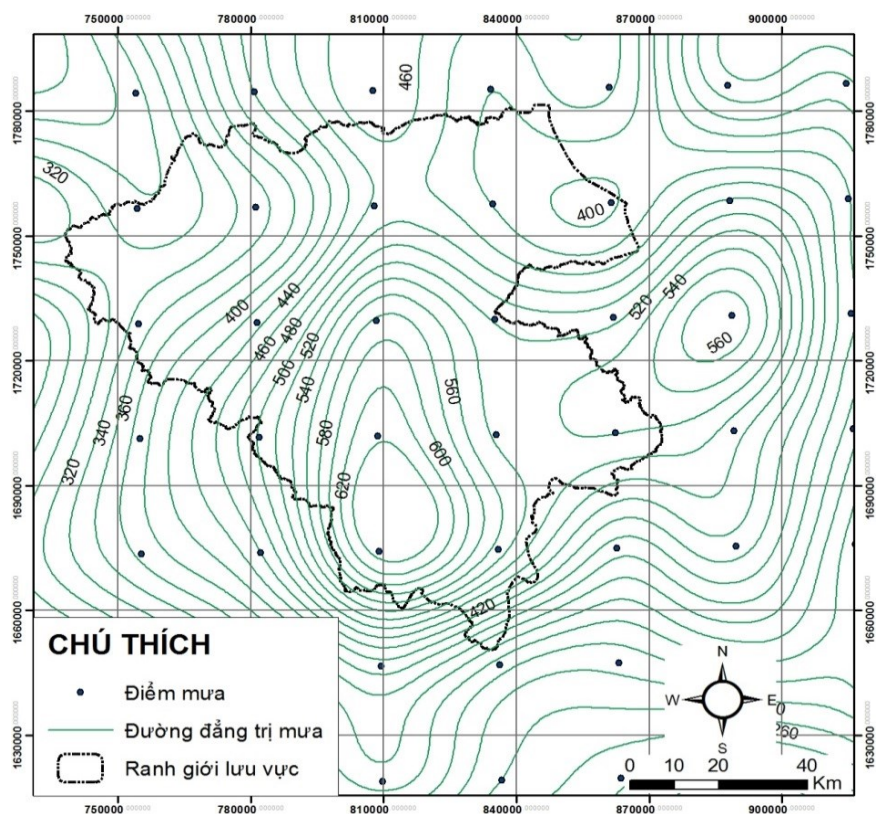


Hình PL 4- 10: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 11/2007





Hình PL 4- 11: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 10/2008



Hình PL 4- 12: Đường đẳng trị mưa 2 ngày lớn nhất trận lũ tháng 9 năm 2009

PHỤ LỤC 5: So sánh kết quả tính toán cao trình vết lũ thực đo và tính toán

| Điểm | Tọa độ điểm |            | Cao độ vết lũ thực đo (m) | Cao độ ngập lũ lớn nhất mô phỏng (m) | Sai số tuyệt đối (m) | Sai số tương đối (%) |
|------|-------------|------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
|      | X           | Y          |                           |                                      |                      |                      |
| 1    | 854984.59   | 1749635.22 | 5.90                      | 3.39                                 | -2.51                | 42.57                |
| 2    | 854029.97   | 1750990.42 | 5.80                      | 3.39                                 | -2.41                | 41.58                |
| 3    | 852838.89   | 1750439.89 | 5.90                      | 3.81                                 | -2.09                | 35.44                |
| 4    | 852782.67   | 1752089.88 | 4.10                      | 3.39                                 | -0.71                | 17.36                |
| 5    | 853357.19   | 1752047.16 | 4.20                      | 3.39                                 | -0.81                | 19.33                |
| 6    | 853704.01   | 1751936.27 | 4.20                      | 3.39                                 | -0.81                | 19.33                |
| 7    | 852464.39   | 1751865.18 | 3.90                      | 3.81                                 | -0.09                | 2.31                 |
| 8    | 851636.23   | 1750978.70 | 4.00                      | 3.82                                 | -0.18                | 4.54                 |
| 9    | 851091.72   | 1750931.42 | 4.20                      | 3.97                                 | -0.23                | 5.40                 |
| 10   | 852515.01   | 1752515.90 | 3.90                      | 3.70                                 | -0.20                | 5.22                 |
| 11   | 853204.36   | 1752674.53 | 3.00                      | 3.66                                 | 0.66                 | 22.07                |
| 12   | 852295.30   | 1752614.06 | 3.40                      | 3.79                                 | 0.39                 | 11.33                |
| 13   | 851837.26   | 1754014.00 | 4.80                      | 3.95                                 | -0.85                | 17.76                |
| 14   | 852766.12   | 1754052.61 | 4.30                      | 3.84                                 | -0.46                | 10.66                |
| 15   | 854271.94   | 1754238.74 | 4.20                      | 3.67                                 | -0.53                | 12.74                |
| 16   | 849001.68   | 1752553.49 | 5.60                      | 4.80                                 | -0.80                | 14.26                |
| 17   | 855216.68   | 1752940.68 | 3.90                      | 3.48                                 | -0.42                | 10.81                |
| 18   | 851296.37   | 1754878.93 | 5.20                      | 4.63                                 | -0.57                | 11.01                |
| 19   | 853435.98   | 1755902.37 | 4.60                      | 3.90                                 | -0.70                | 15.28                |
| 20   | 853078.87   | 1755989.04 | 4.50                      | 3.96                                 | -0.54                | 12.06                |
| 21   | 850927.03   | 1755296.05 | 3.80                      | 4.63                                 | 0.83                 | 21.76                |
| 22   | 852613.08   | 1756059.28 | 5.30                      | 4.00                                 | -1.30                | 24.55                |
| 23   | 850798.86   | 1755831.41 | 5.30                      | 4.59                                 | -0.71                | 13.42                |
| 24   | 851367.46   | 1755934.48 | 4.80                      | 4.17                                 | -0.63                | 13.14                |
| 25   | 851834.51   | 1756010.16 | 5.00                      | 4.07                                 | -0.93                | 18.56                |
| 26   | 855640.96   | 1753804.32 | 5.00                      | 3.48                                 | -1.52                | 30.42                |
| 27   | 856305.40   | 1753840.66 | 4.40                      | 3.43                                 | -0.97                | 22.15                |
| 28   | 856219.38   | 1753630.66 | 4.70                      | 3.42                                 | -1.28                | 27.23                |
| 29   | 855732.07   | 1753246.22 | 4.30                      | 3.44                                 | -0.86                | 20.10                |
| 30   | 857465.32   | 1753523.04 | 4.00                      | 3.17                                 | -0.83                | 20.77                |
| 31   | 850053.88   | 1751450.84 | 5.30                      | 4.18                                 | -1.12                | 21.20                |

| Điểm | Tọa độ điểm |            | Cao độ vết<br>lũ thực đo<br>(m) | Cao độ<br>ngập lũ lớn<br>nhất mô<br>phỏng (m) | Sai số<br>tuyệt đối<br>(m) | Sai số<br>tương đối<br>(%) |
|------|-------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|      | X           | Y          |                                 |                                               |                            |                            |
| 32   | 857694.61   | 1758200.64 | 3.40                            | 2.83                                          | -0.57                      | 16.77                      |
| 33   | 858295.30   | 1758057.45 | 2.80                            | 2.76                                          | -0.04                      | 1.48                       |
| 34   | 858649.74   | 1758076.86 | 2.50                            | 2.72                                          | 0.22                       | 8.75                       |
| 35   | 859501.30   | 1758020.25 | 2.30                            | 2.60                                          | 0.30                       | 12.97                      |
| 36   | 858690.37   | 1759035.95 | 2.50                            | 2.64                                          | 0.14                       | 5.77                       |
| 37   | 858102.44   | 1759776.90 | 2.10                            | 2.65                                          | 0.55                       | 26.35                      |
| 38   | 858511.44   | 1760592.43 | 2.00                            | 2.64                                          | 0.64                       | 32.23                      |
| 39   | 856842.44   | 1757570.56 | 3.50                            | 3.17                                          | -0.33                      | 9.41                       |
| 40   | 858976.65   | 1757358.54 | 2.50                            | 2.76                                          | 0.26                       | 10.24                      |
| 41   | 857212.95   | 1758143.11 | 3.20                            | 3.00                                          | -0.20                      | 6.23                       |
| 42   | 856714.74   | 1759791.09 | 1.70                            | 2.66                                          | 0.96                       | 56.29                      |
| 43   | 857428.22   | 1760807.56 | 1.70                            | 2.67                                          | 0.97                       | 56.95                      |
| 44   | 857627.08   | 1760575.06 | 1.80                            | 2.66                                          | 0.86                       | 47.64                      |
| 45   | 856946.64   | 1761091.07 | 2.00                            | 2.67                                          | 0.67                       | 33.56                      |
| 46   | 851737.12   | 1759440.99 | 4.80                            | 4.53                                          | -0.27                      | 5.65                       |
| 47   | 849058.14   | 1758975.83 | 5.30                            | 5.36                                          | 0.06                       | 1.22                       |
| 48   | 848707.65   | 1759083.82 | 5.30                            | 5.37                                          | 0.07                       | 1.27                       |
| 49   | 849359.78   | 1759483.87 | 5.20                            | 4.65                                          | -0.55                      | 10.55                      |
| 50   | 849882.60   | 1759538.90 | 5.10                            | 4.62                                          | -0.48                      | 9.51                       |
| 51   | 845222.63   | 1765845.29 | 4.70                            | 4.62                                          | -0.08                      | 1.81                       |
| 52   | 845886.60   | 1766174.65 | 4.70                            | 4.80                                          | 0.10                       | 2.11                       |
| 53   | 846262.70   | 1766010.31 | 4.70                            | 4.68                                          | -0.02                      | 0.42                       |
| 54   | 846820.43   | 1765478.98 | 4.90                            | 4.65                                          | -0.25                      | 5.14                       |
| 55   | 846458.80   | 1766428.39 | 4.70                            | 4.54                                          | -0.16                      | 3.36                       |
| 56   | 845318.95   | 1765314.66 | 4.80                            | 4.66                                          | -0.14                      | 2.92                       |
| 57   | 845733.74   | 1764847.22 | 4.90                            | 4.77                                          | -0.13                      | 2.73                       |
| 58   | 845394.83   | 1764310.96 | 5.00                            | 4.91                                          | -0.09                      | 1.86                       |
| 59   | 845726.51   | 1763743.09 | 5.20                            | 5.08                                          | -0.12                      | 2.31                       |
| 60   | 846178.08   | 1763525.95 | 5.10                            | 4.95                                          | -0.15                      | 2.85                       |
| 61   | 846350.52   | 1762609.17 | 5.50                            | 5.28                                          | -0.22                      | 3.97                       |
| 62   | 847187.09   | 1760908.75 | 6.00                            | 5.58                                          | -0.42                      | 7.04                       |
| 63   | 847543.13   | 1760185.38 | 5.90                            | 5.60                                          | -0.30                      | 5.13                       |

| Điểm | Tọa độ điểm |            | Cao độ vết<br>lũ thực đo<br>(m) | Cao độ<br>ngập lũ lớn<br>nhất mô<br>phỏng (m) | Sai số<br>tuyệt đối<br>(m) | Sai số<br>tương đối<br>(%) |
|------|-------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|      | X           | Y          |                                 |                                               |                            |                            |
| 64   | 844562.71   | 1758407.44 | 6.30                            | 5.91                                          | -0.39                      | 6.16                       |
| 65   | 843781.91   | 1758029.73 | 6.30                            | 6.19                                          | -0.11                      | 1.82                       |
| 66   | 842844.83   | 1757625.63 | 6.80                            | 6.47                                          | -0.33                      | 4.87                       |
| 67   | 841805.90   | 1757978.12 | 7.30                            | 7.02                                          | -0.28                      | 3.87                       |
| 68   | 841297.47   | 1758574.93 | 7.40                            | 6.94                                          | -0.46                      | 6.22                       |
| 69   | 841833.78   | 1756832.02 | 7.30                            | 6.86                                          | -0.44                      | 6.09                       |
| 70   | 843231.60   | 1758689.56 | 6.40                            | 6.12                                          | -0.28                      | 4.44                       |
| 71   | 843165.38   | 1759358.15 | 6.40                            | 6.13                                          | -0.27                      | 4.29                       |
| 72   | 843689.61   | 1759886.56 | 6.30                            | 6.00                                          | -0.30                      | 4.71                       |
| 73   | 844636.09   | 1760209.00 | 6.10                            | 5.81                                          | -0.29                      | 4.73                       |
| 74   | 845701.24   | 1760406.68 | 6.10                            | 5.70                                          | -0.40                      | 6.51                       |
| 75   | 846714.60   | 1760527.84 | 6.00                            | 5.63                                          | -0.37                      | 6.11                       |
| 76   | 844696.97   | 1760878.22 | 6.10                            | 5.79                                          | -0.31                      | 5.12                       |
| 77   | 845264.99   | 1762808.08 | 5.70                            | 5.52                                          | -0.18                      | 3.10                       |
| 78   | 844882.72   | 1763015.22 | 5.80                            | 5.49                                          | -0.31                      | 5.29                       |
| 79   | 843921.09   | 1763357.91 | 5.80                            | 5.64                                          | -0.16                      | 2.84                       |
| 80   | 841011.64   | 1761556.90 | 6.90                            | 7.11                                          | 0.21                       | 2.99                       |
| 81   | 840015.01   | 1759288.70 | 7.90                            | 7.60                                          | -0.30                      | 3.83                       |
| 82   | 839950.57   | 1757805.76 | 8.10                            | 8.10                                          | 0.00                       | 0.06                       |
| 83   | 839255.04   | 1758328.21 | 8.20                            | 8.18                                          | -0.02                      | 0.20                       |
| 84   | 832496.14   | 1757301.89 | 10.90                           | 10.83                                         | -0.07                      | 0.65                       |
| 85   | 833424.71   | 1757197.37 | 10.80                           | 10.64                                         | -0.16                      | 1.48                       |
| 86   | 834254.92   | 1757835.63 | 9.90                            | 10.36                                         | 0.46                       | 4.68                       |
| 87   | 833847.41   | 1755400.41 | 10.40                           | 10.70                                         | 0.30                       | 2.91                       |
| 88   | 833085.84   | 1755193.47 | 10.80                           | 10.75                                         | -0.05                      | 0.51                       |
| 89   | 835043.96   | 1755128.45 | 9.80                            | 9.59                                          | -0.21                      | 2.18                       |
| 90   | 835809.91   | 1755078.42 | 9.70                            | 9.82                                          | 0.12                       | 1.28                       |
| 91   | 836413.53   | 1755241.78 | 9.60                            | 9.75                                          | 0.15                       | 1.61                       |
| 92   | 836905.08   | 1755549.03 | 9.40                            | 9.75                                          | 0.35                       | 3.69                       |
| 93   | 834557.85   | 1754598.22 | 10.00                           | 10.28                                         | 0.28                       | 2.83                       |
| 94   | 832028.63   | 1754479.80 | 11.10                           | 10.85                                         | -0.25                      | 2.22                       |
| 95   | 830994.53   | 1754463.20 | 12.20                           | 11.18                                         | -1.02                      | 8.37                       |

| Điểm | Tọa độ điểm |            | Cao độ vết<br>lũ thực đo<br>(m) | Cao độ<br>ngập lũ lớn<br>nhất mô<br>phỏng (m) | Sai số<br>tuyệt đối<br>(m) | Sai số<br>tương đối<br>(%) |
|------|-------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|      | X           | Y          |                                 |                                               |                            |                            |
| 96   | 831069.35   | 1753213.66 | 12.20                           | 11.14                                         | -1.06                      | 8.69                       |
| 97   | 829248.79   | 1752499.23 | 12.50                           | 11.61                                         | -0.89                      | 7.15                       |
| 98   | 828998.03   | 1753710.74 | 12.60                           | 11.87                                         | -0.73                      | 5.77                       |
| 99   | 828563.72   | 1754166.52 | 12.60                           | 12.19                                         | -0.41                      | 3.28                       |
| 100  | 828524.74   | 1754690.68 | 12.90                           | 12.35                                         | -0.55                      | 4.25                       |
| 101  | 856587.70   | 1756325.21 | 5.00                            | 3.32                                          | -1.68                      | 33.55                      |
| 102  | 856316.64   | 1756625.59 | 5.10                            | 3.41                                          | -1.69                      | 33.14                      |
| 103  | 855826.06   | 1757013.04 | 3.80                            | 3.50                                          | -0.30                      | 7.86                       |
| 104  | 855913.71   | 1756558.26 | 4.50                            | 3.49                                          | -1.01                      | 22.39                      |
| 105  | 855395.58   | 1757107.81 | 4.00                            | 3.59                                          | -0.41                      | 10.30                      |
| 106  | 855902.26   | 1756042.85 | 5.10                            | 3.47                                          | -1.63                      | 32.05                      |
| 107  | 855501.28   | 1755290.49 | 5.10                            | 3.59                                          | -1.51                      | 29.53                      |
| 108  | 847707.01   | 1757771.99 | 5.90                            | 5.47                                          | -0.43                      | 7.34                       |
| 109  | 847465.89   | 1757299.28 | 5.90                            | 5.49                                          | -0.41                      | 6.88                       |
| 110  | 847152.68   | 1758370.87 | 5.80                            | 5.56                                          | -0.24                      | 4.05                       |
| 111  | 846697.57   | 1757985.36 | 6.00                            | 5.68                                          | -0.32                      | 5.33                       |
| 112  | 848403.71   | 1751800.03 | 5.70                            | 4.66                                          | -1.04                      | 18.27                      |
| 113  | 847489.37   | 1751741.57 | 6.00                            | 4.68                                          | -1.32                      | 21.99                      |
| 114  | 847104.48   | 1752821.37 | 6.10                            | 5.75                                          | -0.35                      | 5.77                       |
| 115  | 846250.30   | 1752682.68 | 6.10                            | 6.09                                          | -0.01                      | 0.18                       |
| 116  | 845617.08   | 1752250.04 | 6.30                            | 6.24                                          | -0.06                      | 0.97                       |
| 117  | 844853.78   | 1752716.60 | 6.50                            | 6.33                                          | -0.17                      | 2.55                       |
| 118  | 843904.04   | 1752402.92 | 6.60                            | 6.39                                          | -0.21                      | 3.23                       |
| 119  | 843206.01   | 1752693.15 | 7.10                            | 6.82                                          | -0.28                      | 3.93                       |
| 120  | 843967.37   | 1753982.61 | 7.50                            | 6.62                                          | -0.88                      | 11.75                      |
| 121  | 842753.27   | 1753897.58 | 7.90                            | 6.79                                          | -1.11                      | 14.09                      |
| 122  | 842781.50   | 1755679.80 | 7.50                            | 6.64                                          | -0.86                      | 11.45                      |
| 123  | 841006.36   | 1753941.12 | 8.30                            | 7.42                                          | -0.88                      | 10.66                      |
| 124  | 839644.38   | 1753942.64 | 8.70                            | 8.33                                          | -0.37                      | 4.22                       |
| 125  | 838821.71   | 1754683.54 | 9.20                            | 8.90                                          | -0.30                      | 3.23                       |
| 126  | 841013.26   | 1752539.80 | 8.00                            | 7.59                                          | -0.41                      | 5.10                       |
| 127  | 835771.99   | 1753891.84 | 9.70                            | 10.07                                         | 0.37                       | 3.81                       |

| Điểm | Tọa độ điểm |            | Cao độ vết<br>lũ thực đo<br>(m) | Cao độ<br>ngập lũ lớn<br>nhất mô<br>phỏng (m) | Sai số<br>tuyệt đối<br>(m) | Sai số<br>tương đối<br>(%) |
|------|-------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|      | X           | Y          |                                 |                                               |                            |                            |
| 128  | 830851.84   | 1751701.16 | 10.70                           | 10.90                                         | 0.20                       | 1.84                       |
| 129  | 828701.08   | 1749169.82 | 11.50                           | 10.64                                         | -0.86                      | 7.45                       |
| 130  | 828273.46   | 1755463.85 | 13.10                           | 12.66                                         | -0.44                      | 3.36                       |
| 131  | 828225.08   | 1756176.63 | 13.00                           | 12.79                                         | -0.21                      | 1.61                       |
| 132  | 827484.09   | 1754972.01 | 13.40                           | 13.01                                         | -0.39                      | 2.89                       |
| 133  | 825991.16   | 1754962.46 | 14.10                           | 14.07                                         | -0.03                      | 0.22                       |
| 134  | 816723.56   | 1755125.18 | 16.60                           | 16.86                                         | 0.26                       | 1.59                       |
| 135  | 836554.73   | 1759021.51 | 9.30                            | 8.82                                          | -0.48                      | 5.14                       |
| 136  | 833498.25   | 1758364.73 | 10.60                           | 10.53                                         | -0.07                      | 0.65                       |
| 137  | 834286.82   | 1755451.93 | 10.40                           | 10.70                                         | 0.30                       | 2.92                       |
| 138  | 831486.72   | 1754463.26 | 11.40                           | 11.01                                         | -0.39                      | 3.44                       |
| 139  | 828242.52   | 1754742.39 | 12.10                           | 12.40                                         | 0.30                       | 2.49                       |
| 140  | 820539.61   | 1754511.11 | 15.70                           | 16.36                                         | 0.66                       | 4.18                       |
| 141  | 820262.78   | 1755750.17 | 15.70                           | 16.22                                         | 0.52                       | 3.29                       |
| 142  | 822058.43   | 1754932.83 | 14.70                           | 15.57                                         | 0.87                       | 5.93                       |
| 143  | 825887.23   | 1756661.94 | 13.40                           | 13.91                                         | 0.51                       | 3.83                       |
| 144  | 830408.31   | 1757869.64 | 9.30                            | 11.18                                         | 1.88                       | 20.22                      |
| 145  | 816868.29   | 1755292.71 | 16.30                           | 16.85                                         | 0.55                       | 3.37                       |