ĐÁNH GIÁ XÁC ĐỊNH GIÁ TRỊ MƯA CỰC HẠN CHO LƯU VỰC VU GIA THU BỒN

Dương Quốc Huy
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: *Những năm gần đây, Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu, công trình sản xuất tính toán và sử dụng giá trị mưa cực hạn như một giá trị phục vụ thiết kế hoặc kiểm tra mức độ an toàn của công trình, đặc biệt là các công trình có sử dụng nguồn vốn vay của Ngân hàng Thế giới. Nhìn chung, các phương pháp tính toán lượng mưa cực hạn đến nay đã khá hoàn chỉnh với nhiều phương pháp từ đơn giản đến phức tạp. Tuy nhiên, việc phân chia hay nghiên cứu ứng dụng phương pháp nào là phù hợp cho một vùng địa lý, khí hậu xác định là chưa có nhiều, đặc biệt là đối với các vùng khí hậu nhiệt đới. Bài báo tập trung vào việc tính toán, phân tích kết quả PMP bằng hai phương pháp cực đại hóa và thống kê cho lưu vực sông Vu Gia-Thu Bồn, từ đó có những khuyến cáo sử dụng phương pháp tính toán PMP phù hợp cho các vùng khí hậu nhiệt đới có điều kiện số liệu khó khăn.*
Từ khóa: Mưa cực hạn (PMP), vùng khí hậu nhiệt đới, Vu Gia-Thu Bồn

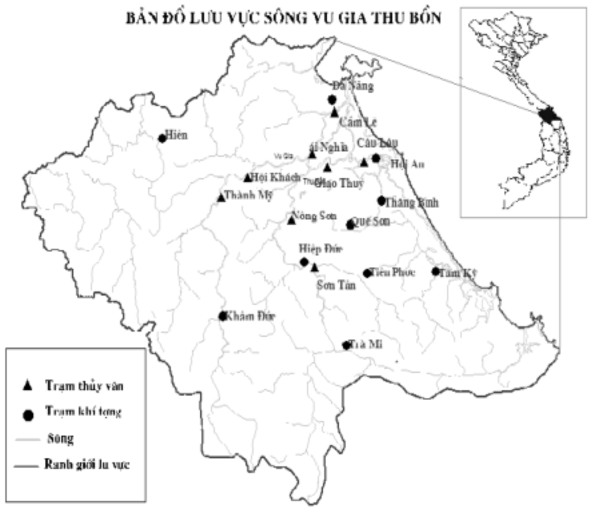
Summary: *Recently, Viet Nam has many research projects calculating and using probable maximum precipitation as a value to design or checking the safety of structures, especially structures using the funds from World Bank. In general, until now, the probable maximum precipitaiton calculation methods has relatively complete with many methods from simple to complex. However, the division or applying suitable methods for a specific geographic area, climate is not so much, especially for tropical climates. This paper focuses on calculating, analyzing the result of PMP calculation with two methods are maximization method and statistic method for Vu Gia-Thu Bon river basin, from which recommend a PMP calculation method suitable for tropical climates with the lack of the data.*
Key words: Probable maximum precipitation, tropical climate, Vu Gia-Thu Bon

1. GIỚI THIỆU

Mưa cực hạn (Probable Maximum Precipitation-PMP) là một khái niệm dùng để chỉ *"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"* [4]. Các phương pháp tính toán lượng mưa PMP có thể phân thành 6 nhóm phương pháp tính toán cơ bản là (i) Phương pháp suy luận; (ii) Phương pháp tổng quát hóa; (iii) Phương pháp chuyển vị; (iv) Phương pháp kết hợp; (v) Phương pháp cực đại hóa và (vi) Phương pháp thống kê, song việc áp dụng chúng sao cho phù hợp với các vùng địa lý, khí hậu khác nhau đến nay vẫn còn nhiều tranh cãi. Đặc biệt là đối với các vùng, lưu vực có khí hậu nhiệt đới gió mùa, nơi có lượng ẩm dồi dào và thường xuyên phải đón nhận những cơn bão nhiệt đới có cường độ mạnh. Chế độ mưa, bão của các khu vực này nhìn chung rất phức tạp với sự tổ hợp của rất nhiều yếu tố vật lý khí quyển và địa hình của khu vực. Để có thể xác định được giá trị PMP của các vùng khí hậu này đòi hỏi phải sử dụng các phương pháp với các phương trình mô phỏng phức tạp có mức độ chi tiết cao về số lượng cũng như

Ngày nhận bài: 01/9/2016
Ngày thông qua phản biện: 18/10/2016
Ngày duyệt đăng: 28/10/2016

chủng loại số liệu. Tuy nhiên, tình hình số liệu của các vùng khí hậu nhiệt đới hiện nay ở Việt Nam nhìn chung là thiếu về các đặc trưng cũng như liệt quan trắc. Dựa trên việc phân tích, đánh giá ưu nhược điểm chi tiết của từng phương pháp tính toán PMP, nghiên cứu đề xuất hướng sử dụng phương pháp cực đại hóa và phương pháp thống kê, làm nền tảng xác định giá trị PMP tại các vùng khí hậu nhiệt đới có điều kiện số liệu khó khăn. Đây là hai phương pháp xác định giá trị PMP dạng điểm, tại 1 vị trí cụ thể trong không gian lưu vực. Các phương pháp này có ưu điểm sử dụng dữ liệu đầu vào ít phức tạp, phù hợp với điều kiện số liệu của vùng nghiên cứu mà vẫn cho kết quả tính toán tin cậy.



2. GIỚI THIỆU LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Lưu vực Vu Gia-Thu Bồn, một trong 13 lưu vực sông lớn của Việt Nam và là lưu vực sông trọng yếu của khu vực Miền Trung. Do đặc điểm địa hình và điều kiện khí hậu phức tạp, dòng chảy lưu vực Vu Gia – Thu Bồnbiến động mạnh mẽ theo mùa. Mùa mưa ngắn từ tháng 9 đến tháng 12 hàng năm, lượng mưa tập trung chủ yếu vào tháng 10 và tháng 11. Tổng lượng mưa mùa mưa bằng 60-80% tổng lượng mưa cả năm. Nhìn chung lượng mưa và các hình thái gây mưa lớn có diện phủ đều trên toàn bộ lưu vực Vu Gia-Thu Bồn, lượng mưa lớn nhất tại tất cả các trạm trong 38 năm quan trắc đều đạt xấp xỉ 500 mm. Do nằm sát biển nên lưu vực đón nhận nguồn ẩm dồi dào từ biển Thái Bình Dương khiến nơi đây thường xuyên phải đối mặt với các hiện tượng mưa, bão cực đoan. Trong thời gian từ năm 2000 đến năm 2010, lưu vực này phải đón nhận trung bình từ 2-3 cơn bão mỗi năm (*Nguồn: Ban chỉ huy phòng chống lụt bão tỉnh Quảng Nam*). Với địa hình vùng thượng lưu có độ dốc lớn trung bình trên 30%o, sông suối ngắn và vùng hạ du hẹp dạng lòng chảo khiến nơi đây thường xuyên phải hứng chịu những tác động nặng nền về người và của mỗi khi xảy ra mưa, lũ. Tổng số người chết, mất tính và bị thương do bão, lũ từ năm 2000 đến 2010 là khoảng hơn 2000 người, thiệt hại về kinh tế ước tính khoảng 9.500 tỷ đồng.

Do có ưu thế về thủy năng lớn nên chính quyền quản lý nơi đây đã và đang đẩy mạnh công cuộc phát triển năng lượng thủy điện để phát triển kinh tế. Hàng loạt các hồ chứa thủy điện lớn, nhỏ như thủy điện A Vương, sông Bung 4, Dakmi 4, sông Tranh 2 đã được đầu tư và đưa vào hoạt động góp phần không nhỏ vào sự phát triển kinh tế của địa phương. Tuy nhiên, việc xuất hiện các hồ chứa thủy điện cũng gây ra một số hệ lụy cho môi trường, xã hội cũng như cân bằng sử dụng nước giữa các ngành trên lưu vực. Bên cạnh đó, việc tính toán thiết kế các công trình hồ chứa, đập dâng theo quan điểm tần suất bằng chuỗi số liệu quan trắc ngắn về thời gian, thưa về không gian là chưa đảm bảo chắc chắn trong tình hình biến đổi khí hậu hiện nay, tồn tại nhiều nguy cơ gây mất an toàn công trình và nguy hiểm dưới hạ du.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN LƯỢNG MƯA CỰC HẠN CHO LƯU VỰC NGHIÊN CỨU

Việc tính toán giá trị PMP bằng phương pháp cực đại hóa và phương pháp thống kê sẽ là cơ sở cho việc so sánh, lựa chọn được giá trị PMP phù hợp với lưu vực nghiên cứu. Phương pháp thực hiện và kết quả tính toán lượng mưa cực hạn cho lưu vực nghiên cứu bằng hai phương pháp kể trên như sau:

a) Phương pháp cực đại hóa

Bản chất của phương pháp cực đại hóa là việc xác định một hệ số hiệu chỉnh tổng hợp để đưa lượng mưa thực tế lựa chọn về lượng mưa lý thuyết PMP theo công thức

$X_{PMP} = K_{hc}*X_c = K_1*K_2*X_c$

Trong đó: X_{PMP} là lượng mưa cực hạn; Xc là lượng mưa của trận mưa chọn tính toán; K_{hc} là hệ số cực đại tổng hợp; K_1 là hệ số cực đại hóa lượng ẩm; K_2 là hệ số cực đại hóa tốc độ gió theo hướng mang ẩm. Cách xác định cụ thể như sau:

+ Hệ số cực đại lượng ẩm

$K_1 = W_{PM}/W_{PS}$

+ Hệ số cực đại hóa tốc độ gió theo hướng mang ẩm

$K_2 = V_{PM}/V_{PS}$

Trong đó: W_{PM} là lượng nước có thể mưa tính từ nhiệt độ điểm sương lớn nhất trung bình thời khoảng 12 giờ trong chuỗi số liệu quan trắc; W_{PS} là lượng nước có thể mưa tính từ nhiệt độ điểm sương trung bình trong thời khoảng của trận mưa lớn thực đo; V_{PM} là tốc độ gió trung bình lớn nhất thời khoảng theo hướng mang dòng ẩm tới lưu vực của chuỗi quan trắc; V_{PS} là tốc độ gió trung bình lớn nhất cùng thời khoảng và hướng của trận mưa lớn thực đo. Áp dụng cho khu vực nghiên cứu như sau:

1) Chọn trận mưa lớn thực đo: Phân tích nhiều trận mưa lớn trên khu vực nghiên cứu từ năm 1977 đến năm 2010 thấy rằng trận mưa từ ngày 01-07/11/1999 là trận mưa lớn nhất, với thời gian mưa kéo dài, diện mưa rộng trên toàn lưu vực. Vì vậy, nghiên cứu đã chọn trận mưa này làm trận mưa lớn điển hình. Lượng mưa thực đo 1 ngày lớn nhất của trận mưa điển hình tại một số vị trí trên lưu vực như trong bảng 1.

Bảng 1: 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)	STT	Trạm đo mưa	Lượng mưa (mm)
1	Ái Nghĩa	500,6	9	Hội Khách	419,0
2	Cẩm Lệ	594,5	10	Tiên Phước	525,5
3	Câu Lâu	541,9	11	Khâm Đức	274,2
4	Đà Nẵng	592,6	12	Nông Sơn	372,2
5	Giao Thủy	480,6	13	Trà My	377,0
6	Hiên	381,2	14	Quế Sơn	395,0
7	Hiệp Đức	455,6	15	Tam Kỳ	389,9
8	Hội An	666,6	16	Thành Mỹ	621,9

2) Cực đại hóa trận mưa thực đo

- *Cực đại hóa lượng ẩm:*

Các thông tin về nhiệt độ điểm sương lớn nhất 12 giờ liên tục và lượng nước có thể gây mưa lớn nhất được xác định từ bảng tra sẵn của Tổ chức Khí tượng Thế giới [5] áp dụng cho trận mưa điển hình tại các vị trí quan trắc được thể hiện trong bảng 2 và 3.

Bảng 2: Nhiệt độ điểm sương lớn nhất tháng 11 năm 1999 quan sát tại các trạm

STT	Trạm	Nhiệt độ điểm sương 12 giờ max (^{0}C)	Lượng nước gây mưa (mm)
1	Trà My	21,5	55,8
2	Tam Kỳ	23,4	68,8
3	Đà Nẵng	21,0	57,1

Bảng 3: Nhiệt độ điểm sương lớn nhất trong chuỗi quan sát tại các trạm

STT	Trạm	Nhiệt độ điểm sương 12 giờ max (^{0}C)	Năm xuất hiện	Lượng nước gây mưa (mm)	Hệ số cực đại lượng ẩm
1	Trà My	26,3	2011	85,0	1,52
2	Tam Kỳ	26,7	2004	93,0	1,35
3	Đà Nẵng	26,6	2003	92,5	1,62

- Cực đại hóa nguồn mang ẩm

Hướng gió thịnh hành gây mưa lớn trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn là hướng Đông Bắc (NE). Tốc độ gió trung bình lớn nhất trong trận điển hình được liệt kê trong bảng 4:

Bảng 4: Tốc độ gió trung bình lớn nhất trận mưa lũ tháng 11 năm 1999

STT	Trạm	Tốc độ gió (m/s)	Hướng gió
1	Trà My	6	NE
2	Tam Kỳ	4	NE
3	Đà Nẵng	15	NE

Tốc độ gió lớn nhất có cùng hướng Đông Bắc quan sát được tại các trạm như sau:

Bảng 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	Hệ số cực đại nguồn mang ẩm
1	Trà My	25	NE	1984	4,17
2	Tam Kỳ	14	NE	1986	3,50
3	Đà Nẵng	20	NE	1986	1,33

Từ hệ số hiệu chỉnh gió và hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ điểm sương xác định hệ số hiệu chỉnh tổng hợp tại các trạm $K_{hc} = K_1 * K_2$ như sau:

Bảng 6: 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, nghiên cứu 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 sau:

[illegible]

Trong đó, d_1, d_2,….d_n lần lượt là khoảng cách từ trạm quan trắc thứ nhất, thứ hai,…thứ n đến từng trạm quan trắc. Kết quả tính hệ số hiệu chỉnh tại từng trạm và lượng mưa cực hạn được xác định trong bảng 7.

Bảng 7: Giá trị hệ số hiệu chỉnh K_{hc}, lượng mưa cực hạn tại trạm quan trắc

STT	Trạm đo mưa	Lượng mưa ngày max (mm)	Khoảng cách từ trạm tới các điểm tính toán			Trọng số ảnh hưởng của trạm tính toán			Hệ số hiệu chỉnh	Lượng mưa ngày PMP(mm)
			Trà My	Tam Kỳ	Đà Nẵng	Trà My	Tam Kỳ	Đà Nẵng		
1	Ái Nghĩa	500,6	60,03	55,3	18,1	0,18511	0,20095	0,61394	3,44	1.724
2	Cẩm Lệ	594,5	72,26	60,21	3,51	0,04388	0,05267	0,90345	2,47	1.468
3	Câu Lâu	541,9	56,58	41,4	22,1	0,20297	0,27739	0,51964	3,72	2.014
4	Đà Nẵng	592,6	75,75	63,4	0,001	0,00001	0,00002	0,99997	2,15	1.274
5	Giao Thủy	480,6	54,91	50,39	21,94	0,21775	0,23728	0,54497	3,67	1.766
6	Hiên	381,2	88,68	100,58	58,2	0,29365	0,25891	0,44744	4,05	1.543
7	Hiệp Đức	455,6	29,2	44,3	50,86	0,44777	0,29515	0,25708	4,79	2.181
8	Hội An	666,6	59,7	40,3	23,7	0,19998	0,29626	0,50376	3,75	2.501
9	Hội Khách	419	61,3	69,6	37,28	0,28368	0,24985	0,46646	3,98	1.669
10	Tiên Phước	525,5	23,14	23,25	54,75	0,41358	0,41162	0,17480	4,94	2.599
11	Khâm Đức	274,2	42,83	73,93	77,91	0,46969	0,27211	0,25821	4,82	1.322
12	Nông Sơn	372,2	43,84	52,49	39,38	0,33916	0,28327	0,37757	4,30	1.601
13	Trà My	377	0,001	37,68	75,7	0,9999	0,0000	0,0000	6,34	2.390

STT	Trạm đo mưa	Lượng mưa ngày max (mm)	Khoảng cách từ trạm tới các điểm tính toán			Trọng số ảnh hưởng của trạm tính toán			Hệ số hiệu chỉnh	Lượng mưa ngày PMP(mm)
			Trà My	Tam Kỳ	Đà Nẵng	Trà My	Tam Kỳ	Đà Nẵng		
					5	6	3	1		
14	Quế Sơn	395,0	36,96	32,22	39,13	0,32345	0,37104	0,30551	4,46	1.763
15	Tam Kỳ	389,9	37,68	0,001	63,4	0,00003	0,99996	0,00002	4,73	1.844
16	Thành Mỹ	621,9	61,8	75,47	47,73	0,32117	0,26299	0,41584	4,17	2.596
17	**Trung bình**	**469**								**1.855**

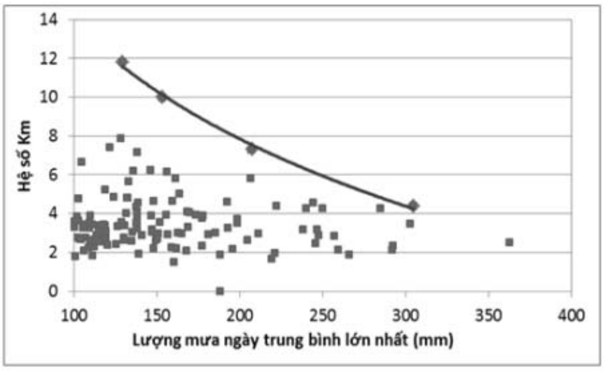
b) Phương pháp thống kê

Phương pháp thống kê được Hershfied đề xuất năm 1961 (Hershfied, 1961, 1965). Nội dung của phương pháp được dựa trên quan điểm phân tích tần suất mưa của V.T.Chow. Hershfied cho rằng, giá trị lượng mưa PMP cũng mang tính chất thống kê và nó có liên quan đến giá trị của hệ số tần suất, thông qua hệ số phản ánh tần suất của PMP K_{PMP} và lượng mưa PMP được tính toán dựa trên phương trình của V.T.Chow (Chow, 1951):

$$X_m = \bar{X}_n + K_m S_n.$$

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.

Với khoảng 60.000 số liệu mưa ngày lớn nhất được lựa chọn từ chuỗi quan trắc từ 2.645 trạm đo mưa trên các vùng của Mỹ, Hershfield đã xác định được giá trị Km = 15 là lớn nhất, đặc trưng cho lượng mưa PMP tại các lưu vực của Mỹ. Tiếp đó, Hershfield nhận thấy giá trị Km = 15 là quá lớn đối với các vùng mưa nhiều và quá nhỏ so với các vùng có lượng mưa ít nên ông đã xây dựng nên một biểu đồ tra sẵn giá trị Km dựa vào giá trị lượng mưa ngày lớn nhất trung bình quan trắc tại trạm đo. Kết quả là giá trị Km có khoảng biến động lên tới 20. Tuy nhiên, do biểu đồ này cũng chỉ được xây dựng với các số liệu thuộc lãnh thổ của Mỹ, nơi hầu hết có đặc trưng khí hậu dạng ôn đới nên việc áp dụng cho các khu vực nhiệt đới như của Việt Nam là chưa phù hợp. Vì vậy, để tính toán giá trị PMP cho các khu vực ở Việt Nam, nghiên cứu đã sử dụng các số liệu đặc trưng cho khu vực nhiệt đới bằng cách phân tích 5.557 số liệu mưa ngày lớn nhất tại 188 trạm đo mưa phân bố trên khắp Việt Nam để tìm ra quy luật phân bố giá trị tần suất Km.



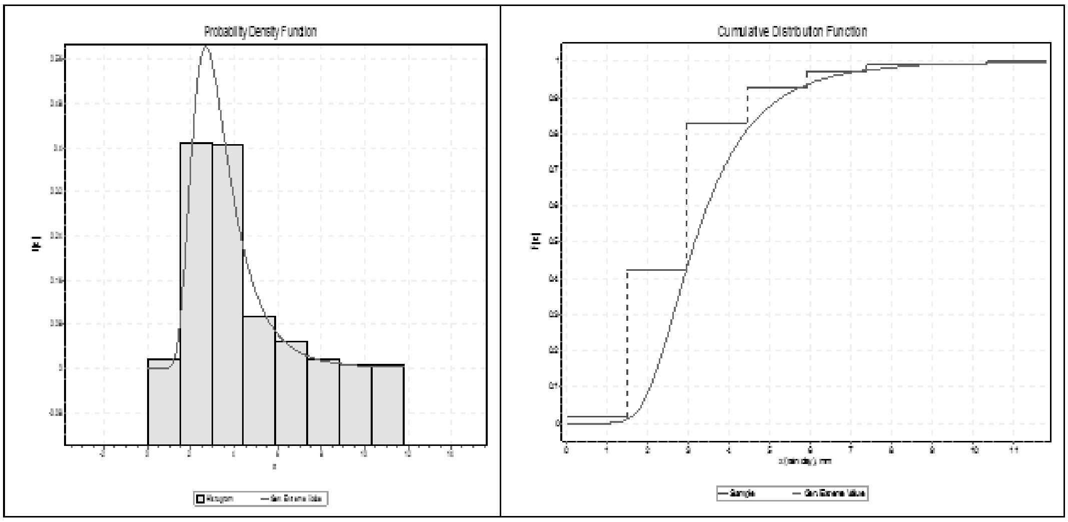
Hình 2: Quan hệ giữa lượng mưa ngày lớn nhất và hệ số Km

Kết quả tính toán cho thấy hầu hết các giá trị Km đều nằm trong khoảng từ 3-4, giá trị trung bình là 3,5 và giá trị lớn nhất được tìm thấy tại trạm Chiêm Hóa là 11,8.

Bảng 8: Thống kê kết quả tính toán

Km	số trạm
1-2	15
2,1-3	74
3,1-4	56
4,1-5	23
5,1-6	7
6,1-8	11
10	1
11,8	1

Từ chuỗi giá trị Km tính được sử dụng hàm phân bố xác suất (GEV) tìm giá trị cực trị không suy biến cho chuỗi số liệu bằng phần mềm Easyfit[3] như hình sau:



Kết quả các tham số tính toán của hàm phân bố GEV:

Bảng 9: Tham số thống kê hàm phân bố GEV

Tham số thống kê	Giá trị
k	0,1395
σ	0,9393
Giá trị trung bình (μ)	2,9723

Từ kết quả tính toán trên cho thấy, giá trị lớn nhất của hệ số Km được xác định tại vị trí Km = 11,8 là giá trị mà tại đó trở đi giá trị hàm thống kê không đổi đối với mọi giá trị của Km. Sử dụng giá trị Km=11,8 tính toán lượng mưa PMP cho lưu vực Vu Gia-Thu Bồn ta có kết quả như trong bảng 10:

Bảng 10: Giá trị PMP tại các trạm quan trắc trên lưu vực Vu Gia-Thu Bồn

[3]. Một phần mềm toán học phục vụ tính toán các hàm thống kê được phát triển bởi công ty Mathwave của Mỹ

STT	Trạm quan trắc	X_1 max (mm)	Xtb (mm)	Sn	$PMP_{1\ ngày}$ (mm)	X_1max/X PMP
1	Ái Nghĩa	501	240	87,8	1276	0,39
2	Cẩm Lệ	595	226	94,0	1335	0,45
3	Câu Lâu	542	214	78,3	1137	0,48
4	Đà Nẵng	593	229	96,9	1373	0,43
5	Giao Thủy	481	229	85,1	1233	0,39
6	Hiền (Trạo)	482	198	109,0	1484	0,32
7	Hiệp Đức	527	242	82,9	1221	0,43
8	Hội An	667	226	101,9	1429	0,47
9	Hội Khách	459	216	98,5	1379	0,33
10	Tiên Phước	534	277	95,0	1398	0,38
11	Khâm Đức	531	249	96,1	1382	0,38
12	Nông Sơn	513	247	83,8	1236	0,41
13	Trà My	504	294	98,4	1455	0,35
14	Quế Sơn	472	239	96,2	1375	0,34
15	Tam Kỳ	405	250	93,5	1353	0,30
16	Thành Mỹ	622	212	106,5	1469	0,42
18	**Trung bình**	**527**	**238**	**94,0**	**1346**	**0,39**

Ghi chú: X_1 ngày max là lượng mưa 1 ngày lớn nhất trong chuỗi quan trắc; Xtb là lượng mưa trung bình 1 ngày lớn nhất; Sn độ lệch chuẩn; PMP 1 ngày là lượng mưa cực hạn 1 ngày.

4. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán PMP bằng phương pháp cực đại hóa cho thấy sự biến động lớn về lượng giữa các vị trí trên lưu vực, mức độ biến động lớn nhất lên tới 104 % khi xét lượng mưa PMP tại trạm Đà Nẵng (1274 mm) và trạm Tiên Phước (2599 mm). Trong khi đó giá trị lượng mưa ngày lớn nhất quan trắc được tại hai trạm này là tương đương nhau với trạm Đà Nẵng là 593 mm và trạm Tiên Phước là 525 mm. Điều này cho thấy sự thiếu chắc chắn của phương pháp cực đại hóa khi xác định lượng mưa PMP của lưu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, phương pháp cực đại hóa có xu hướng cho kết quả PMP là quá cao so với giá trị mưa ngày lớn nhất quan trắc được. Tỷ lệ cao nhất giữa lượng mưa PMP và lượng mưa ngày lớn nhất đạt tới 6,3 lần. Đối với kết quả PMP bằng phương pháp thống kê cho thấy sự đồng nhất hơn, mức độ chênh lệch giá trị PMP giữa các trạm nằm trong khoảng 30% là phù hợp so với sự phân bố mưa thực tế trên lưu vực. 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. Bên cạnh đó lượng mưa ngày lớn nhất tại các điểm quan trắc so với giá trị PMP dao động trong khoảng từ 0,32 đến 0,47 là phù hợp với nhiều tính toán PMP đã thực hiện tại các khu vực trên thế giới. Chính vì vậy, tác giả khuyến nghị nên sử dụng phương pháp thống kê trong tính toán PMP cho lưu vực nói riêng và cho các khu vực khí hậu nhiệt đới có mức độ quan trắc số liệu hạn chế nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Chow, V.T., 1951. *A general formula for hydrologic frequency analynis*. Trans. Am. Geophys. Union, Vol.32. pp. 231-237.

[2] Hershfield, D. M. (1961). *Estimating the probable maximum precipitation*. J. Hydraul. Div., 87(HY5), 99–106.

[3] Hershfield, D. M. (1965). *Method for estimating probable maximum rainfall*. J. Am. Waterworks Assoc., 57(8), 965–972.

[4] WMO, 1986. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation (WMO No. 332). Operational Hydrology Report No. 1, Second Edition, Geneva.

[5] World Meteological Organization, 2009. *Manual for estimation of probable maximum precipitation.* WMO.No.1045. pp.65-75.